

Opis przedmiotów

**dla programu studiów drugiego stopnia o profilu ogólnoakademickim na kierunku
Elektronika dla specjalności: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane, Systemy
Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*, prowadzonych na Wydziale Elektroniki
i Technik Informatycznych Politechniki Warszawskiej**

Wykaz przedmiotów specjalności Systemy Elektroniczne i Wbudowane:

- Integralność Sygnałowa (ISYN),
- Metody optymalizacji w zastosowaniach (MOZA),
- Nowoczesna Elektronika,
- Sieci czujnikowe i Internetu Rzeczy (SCIR),
- Systemy wbudowane i sterowniki (SWIS),
- Wybrane zagadnienia teorii obwodów (WZTO),
- Zaawansowane metody programowania układów FPGA,
- Zaawansowane Aspekty Projektowania PCB (ZAPP),
- Metody opisu i symulacji sprzętu (MOSS),
- Modele i wnioskowanie statystyczne (MWS),
- Projektowanie i modelowanie mikrosystemów (PIMI),
- Cyfrowe przetwarzanie sygnałów z wykorzystaniem LabVIEW (PSYL_ENG) ,
- Cyfrowe przetwarzanie sygnałów z wykorzystaniem LabVIEW (PSYL_POL) ,
- Równoległe implementacje metod numerycznych (RIM),
- Stosowane procesy stochastyczne i analiza regresji,
- Sygnały radiolokacyjne i metody ich przetwarzania (SRMP),
- Stabilizacja i synteza częstotliwości (SSC),
- Technika Impulsowa (TIMP),
- Układy Systemów Bezprzewodowych (USB),
- Współczesne wyzwania bezpieczeństwa informacji i kryptografii (WWBIK),
- Zarządzanie Zwinne,
- Mikrokontrolery ARM Cortex (ARMC),
- Czasowo- częstotliwościowe metody analizy i syntezy sygnałów (CCM) ,
- Informacyjne technologie kwantowe (ITK),
- Metrologia i sensoryka światłowodowa (MISS),

Wykaz przedmiotów specjalności Systemy Zintegrowane Elektroniki i Fotoniki:

- Kompatybilność Elektromagnetyczna Układów Zasilania (EMCZ),
- Fotonika Mikrofalowa,
- Fotoniczne układy scalone (FUS),
- Integracja Przyrządów Elektroniki i Fotoniki (IPEF),
- Komercjalizacja projektu elektroniki wbudowanej (KPeW),
- Kierunki Rozwoju Mikroelektroniki i Fotoniki,
- Metody Matematyczne w Elektronice i Fotonice (MEF),
- Metody Monte Carlo (MMC),
- Nanotechnologie (NAN),
- Nowe oblicze fotoniki (NOFO),
- Projektowanie analogowych układów scalonych,

- Przyrządy mikro- i nanoelektroniki we współczesnych systemach elektroniki wbudowanej (PMiNS),
- Fotowoltaika (PV),
- Zintegrowane Układy do Komunikacji Bezprzewodowej,
- Czujniki (SEN),
- Systemy Komunikacji Optycznej (SKO),
- Scalone Systemy Cyfrowe VLSI (SSCV),
- Algorytmy Symulacji i Projektowania Systemów Elektronicznych ASPE,
- Charakteryzacja materiałów dla elektroniki i fotoniki (CHA),
- Tory analogowe systemów mikroprocesorowych (TASM),
- Techniki spektroskopowe (TSP),
- Urządzenia Internetu Rzeczy i ich Bezpieczeństwo (UIRB),
- Uczenie maszynowe w fotonice obrazowej (UMFO),
- Wzmacniacze i lasery światłowodowe (WLS),
- Współczesne przyrządy i układy mocy (WPiUM),
- Elektronika o Zerowym poborze Energii dla Układów Samozasilających,
- Zintegrowane optoelektroniczne układy logiczne (ZOUL),
- Systemy Wizyjne,
- Zespołowy Projekt Badawczy (ZPB),

Wykaz przedmiotów wspólnych dla obu specjalności

- Przedsiębiorczość startupowa

Zespół autorski:

dr hab. inż. Krzysztof Czuba
mgr inż. Maciej Grzegorzółka
mgr inż. Maciej Urbański

Integralność Sygnałowa (ISYN)
Signal Integrity

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów: *przedmioty obowiązkowe specjalności*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: **2**

Minimalny numer semestru: **1**

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Teoria Elektromagnetyzmu (TEM), Elektronika Mikrofalowa (MIKE),*

Limit liczby studentów: **40**

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zagadnieniami integralności sygnałowej (IS) umożliwiającymi skuteczne projektowanie płyt z obwodami drukowanymi dla układów elektronicznych wykorzystujących szybkie układy cyfrowe oraz układy analogowe wielkich częstotliwości. Wykład jest ukierunkowany na przekazanie informacji praktycznych, które mogą być niezbędne w praktyce inżynierskiej projektantów układów elektronicznych.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. **Wprowadzenie (2h):** omówienie konstrukcji i właściwości współczesnych obwodów elektronicznych, pojęcie Integralności Sygnałowej (IS), znaczenie IS dla współczesnych układów elektronicznych, omówienie technik i przebiegu projektowania układów wykorzystywanych dla zapewnienia IS, przypomnienie podstawowych pojęć z zakresu przetwarzania i propagacji sygnałów. Najważniejsze cechy opisu sygnałów w dziedzinie czasu i częstotliwości.
2. **Podstawowe zależności czasowe (timing) w systemach elektronicznych (2h):** Znaczenie zależności czasowych dla systemów elektronicznych, podstawowe schematy taktowania systemów elektronicznych, podstawowe zależności czasowe dla

przerzutników, czasy setup, hold, czasy propagacji, itd., najważniejsze zależności czasowe w systemach elektronicznych, budżet czasowy systemu.

3. **Konstrukcja obwodów drukowanych w ujęciu IS (2h):** Budowa i rodzaje płyt drukowanych. Zasady konstruowania płyt wielowarstwowych. Rodzaje i parametry laminatów oraz ich znaczenie dla IS. Proces wytwarzania płyt drukowanych.

4. **Propagacja sygnałów oraz linie transmisyjne (3h):** Pojęcie i znaczenie linii transmisyjnej w konstrukcjach PCB, linie długie, rodzaje linii transmisyjnych wykorzystywanych w konstrukcjach PCB. Parametry fizyczne podłoży. Obliczenia podstawowych parametrów linii transmisyjnych (impedancja, pojemność, itd.) oraz projektowanie linii o wyznaczonych parametrach.

5. **Odbicia sygnałów i dopasowanie impedancji (3h):** Mechanizm powstawania odbić sygnałów. Współczynnik odbicia. Znaczenie odbić dla systemów cyfrowych. Metodyka obciążania i dopasowania impedancji linii.

6. **Straty w liniach transmisyjnych (2h):** przyczyny i skutki występowania strat w liniach transmisyjnych. Straty w przewodnikach i dielektrykach, efektywna przenikalność dielektryczna, efekt naskórkowy i głębokość wnikania. Wpływ strat na obciążalność ścieżek. Propagacja impulsów wzdłuż stratnych linii transmisyjnych.

7. **Wprowadzenie do modelowania i symulacji obwodów dla potrzeb IS (1h):** Metodyka modelowania toru transmisyjnego na potrzeby analizy IS, rodzaje modeli (strukturalne, liniowe, behawioralne), Rodzaje symulacji i przykładowe symulatory wykorzystywane do rozwiązywania zagadnień IS. Modele IBIS i ich zastosowanie.

8. **Linie różnicowe i ich zastosowania do transmisji sygnałów (2h):** Parametry linii różnicowych oraz cechy propagacji sygnałów w takich liniach. Linie sprzężone. Przegląd interfejsów wykorzystujących linie różnicowe. Metody obciążania (tzw. „terminacji”) interfejsów.

9. **Przesłuchy sygnałów (2h):** pojęcie oraz przyczyny powstawania przesłuchów, model sprzężonych linii, metody eliminacji przesłuchów, przesłuchy w różnych strukturach i elementach stosowanych do konstrukcji PCB.

10. **Via (2h):** konstrukcja i parametry przelotek, geometria, pady i antypady, modele i elementy pasożytnicze przelotek, prądy masy przy przejściach pomiędzy warstwami. Praktyczne zasady stosowania via w PCB.

11. **Integralność zasilania układów (2h):** rozprowadzanie zasilania, płaszczyzny masy i zasilania, reguły odprężania zasilania, prawidłowa konstrukcja układu warstw „board stackup”, kondensatory blokujące, przetwornice impulsowe i stabilizatory liniowe.

12. **Techniki pomiaru parametrów IS (1h):** omówienie metod i aparatury stosowanej w pomiarach IS. Wykres oczkowy, reflektometria czasowa, pomiary jitter’u, impedancji, odbić, przesłuchów i szumów.

13. **Efekty związane z konstrukcją PCB (2h):**

Płaszczyzny odniesienia, droga powrotna sygnału, powstawanie wyższych modów, pętla masy, przerwy w płaszczyznach masy, ekranowanie i redukcja zakłóceń, odbicia sygnałów, prowadzenie linii, zagięcia linii, zmiany szerokości linii, przejścia między warstwami.

14. **Generacja i synteza sygnałów zegarowych (2h):** rodzaje i parametry generatorów sygnałów zegarowych, rozprowadzanie sygnałów w obwodach, układy fan-out, synchronizacja sygnałów

LABORATORIA:

1. **Zapoznanie się studentów z oprogramowaniem służącym do symulacji i analizy obwodów elektronicznych w celu oceny integralności sygnałowej na przykładzie**

pakietu HyperLynx firmy Mentor Graphics. Dopasowanie impedancji w torach asymetrycznych i różnicowych. Laboratorium obejmuje analizę wybranych struktur, w tym obwodów przygotowanych do testowania dopasowania impedancji linii

2. **Zagadnienia transmisji sygnałów cyfrowych w obwodach drukowanych.** Ćwiczenie ma na celu zapoznanie studentów z zagadnieniami modelowania transmisji sygnałów cyfrowych w liniach transmisyjnych stanowiących fragmenty obwodów drukowanych PCB. W ramach ćwiczenia będą omówione podstawy projektowania i realizacji drukowanych obwodów układów elektronicznych. Przedstawione zostaną podstawy transmisji różnicowej i przyjęte standardy tej transmisji. Omówione zostaną także podstawowe zjawiska zachodzące podczas omawianej transmisji, w tym zjawisko sprzężenia linii (niekoniecznie różnicowych), oraz związane z nim zjawisko przesłuchu. Studenci nauczą się modelować wyżej wymienione zjawiska w oprogramowaniu HyperLynx
3. Celem laboratorium **jest zapoznanie się z problemami mogącymi występować na płytach drukowanych.** W celu ich symulacji będzie użyty pakiet HyperLynx firmy Mentor Graphics. Przy jego pomocy na laboratorium studenci poznają sposoby wyszukiwania, diagnozowania i naprawiania błędów powstałych przy projektowaniu płyty drukowanej.
4. **Pomiary integralności sygnałowej.** Zapoznanie z przyrządami pomiarowymi. Badanie przesłuchów i odbić sygnałów w dziedzinie częstotliwości i czasu. Pomiary szumów fazowych oraz jitter'u sygnałów zegarowych.

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. E. Bogatin, „Signal and power integrity simplified”, Prentice Hall, 2018
2. S. C. Thierauf, „High-speed circuit board signal integrity”, Artech House, 2004
3. S. C. Thierauf, „Understanding signal integrity”, Artech House, 2011
4. J. Dobrowolski, „Technika wielkich częstotliwości”, Oficyna Wydawnicza PW, 2001
5. E. Holzman, „Essentials of RF and microwave grounding”, Artech House, 2006
6. H. Johnson, M. Graham, „High-speed signal propagation”, Prentice Hall, 2008
7. Materiały dedykowane:
 - a. Materiały do wykładów zamieszczone na stronie przedmiotu
 - b. Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych
 - c. Instrukcja posługiwania się wybranym oprogramowaniem

Oprogramowanie: Hyperlynx, Altium Designer

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	0,8	-	(45h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 45 godz., w tym obecność na wykładach 30 godz., obecność na ćwiczeniach laboratoryjnych 12 godz., udział w konsultacjach 3 godz.*
1. *praca własna studenta – 30 godz., w tym*

*przygotowanie do wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury dodatkowej, próba rozwiązania zadań rachunkowych przekazanych na wykładzie) 10 godz.,
przygotowanie do kolokwiiów 10 godz.
opracowanie sprawozdań z laboratorium 10 godz*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,9 pkt ECTS (laboratoria – udział i opracowanie wyników).

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie integralności sygnałowej i jej wpływu na działanie układów i systemów elektronicznych	Wykład, laboratoria,	Kolokwia, laboratoria,	K1_W01 K1_W02
W2: Zna kluczowe zagadnienia w projektowaniu obwodów drukowanych w układach cyfrowych i mieszanych.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z modelowaniem i optymalizacją połączeń i torów sygnałowych w systemach elektronicznych.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W04
W4: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy projektowaniu układów analogowych i cyfrowych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi poprawnie przeprowadzić projekt toru sygnałowego w systemie cyfrowym.	Wykład	Kolokwia	K1_U02,
U2: potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U07,
U3: potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich przy modelowaniu, analizie i projektowaniu torów sygnałowych w systemach cyfrowych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U08
U4: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie integralności sygnałowej w systemach cyfrowych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U12

Zespół autorski:

dr hab. inż. Leszek J. Opalski, prof. uczelni

METODY OPTYMALIZACJI W ZASTOSOWANIACH (MOZA) OPTIMIZATION

METHODS IN APPLICATIONS

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów:

(Przedmioty techniczne)---EITI

(Przedmioty zaawansowane)-Elektronika-dr.-EITI

*(Przedmioty zaawansowane obowiązkowe)-Systemy Elektroniczne i Wbudowane-mgr.-
EITI*

(Przedmioty zaawansowane techniczne)--mgr.-

EITI Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy specjalność SEW/obieralny pozostałe specjalności kierunku
Elektronika*

Język przedmiotu: *polski/angielski*

Semestr nominalny: **3**

Minimalny numer semestru: **2**

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *WNUM*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *: Przedmiot ma wyposażyć studenta w umiejętności formułowania problemów inżynierskich w postaci zadań optymalizacji, znajomość współczesnych metod rozwiązywania tych zadań, umiejętność skutecznego rozwiązania powstałych zadań za pomocą gotowych narzędzi, a także w umiejętność oceny własności numerycznych i użytkowych uzyskanych rozwiązań. Ważną rolę w budowaniu wiedzy i kompetencji będą odgrywały przykłady zastosowania optymalizacji w różnych dziedzinach życia, nauki i techniki - zarówno prezentowane na wykładzie, jak i te, które będą realizowane w formie indywidualnych projektów.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. Podstawowe koncepcje optymalizacji. (3) Składowe zadania optymalizacji: zmienne projektowe (decyzyjne) i wyjściowe, ograniczenia realizowalności, kryteria jakości rozwiązania. Optymalność (lokalna/globalna) i jej użyteczne przybliżenia. Niepewność w sformułowaniu zadania i jej wpływ na metodę rozwiązania i ocenę wyników. Podsumowanie niezbędnych wiadomości matematycznych.

Programowanie liniowe. (2) Zadanie programowania liniowego. Algorytm sympleks. Przykłady użycia.

Optymalizacja bez ograniczeń. (6) Warunki optymalności funkcji jednej i wielu zmiennych. Własności algorytmów iteracyjnych: szybkość zbieżności, asymptotyczna dokładność, uwarunkowanie zadania optymalizacji. Testy zatrzymania algorytmów iteracyjnych. Algorytmy lokalne dla funkcji jednej zmiennej - wykorzystanie złotego podziału i zabezpieczonej interpolacji wielomianowej. Algorytmy lokalne dla wielu zmiennych: najszybszego spadku, kierunków sprzężonych, Newtona, zmiennej metryki, pełzającego sympleksu, poszukiwań wg wzorca. Specjalne algorytmy dla zadania najmniejszych kwadratów i mini-maks. Algorytmy Matlab. Przykłady użycia (estymacja parametrów modeli nieliniowych, wspomaganie projektowania nominalnego układów z wymaganiami przedziałowymi).

Optymalizacja z ograniczeniami. (8) Warunki optymalności. Zadania z parametryzowanymi ograniczeniami; mnożniki Lagrange'a i ich wykorzystanie do analizy wrażliwości rozwiązania. Testy zatrzymania algorytmów iteracyjnych. Wykorzystanie transformacji zmiennych, funkcji kary, mnożników Lagrange'a, lokalnych przybliżeń kwadratowych oraz lokalnych algorytmów optymalizacji bez ograniczeń do konstrukcji algorytmów optymalizacji nieliniowej z ograniczeniami. Optymalizacja graficzna. Przykłady wykorzystania.

Wprowadzenie do optymalizacji globalnej. (2) Wprowadzenie do algorytmów globalnych dla funkcji wielu zmiennych (algorytm DIRECT, wielostart, CRS, symulowane wyżarzanie, algorytmy ewolucyjne). Przykłady użycia.

Wprowadzenie do optymalizacji wielokryterialnej. (2) Sformułowania zadania wielokryterialnego. Warunki optymalności. Metody znajdowania pojedynczych rozwiązań: skalaryzacja kryterium wektorowego, ograniczenia na wartości kryteriów cząstkowych, programowanie celowe. Metody wyznaczania reprezentacji zbioru rozwiązań Pareto. Przykłady wykorzystania.

Wprowadzenie do optymalizacji dyskretnej (2). Metoda podziału i ograniczeń. Programowanie całkowitoliczbowe i binarne. Przykłady wykorzystania.

LABORATORIA:

Tematyka zajęć:

Wprowadzenie do wykorzystania symulatorów układów dynamicznych (jak Spice, Simulink) dla potrzeb optymalizacji w środowisku Matlab

Interfejs bibliotek optymalizacji w środowisku Matlab

Badanie wpływu nieidealności symulatorów oraz skalowania zadania na skuteczność procesów optymalizacji

PROJEKT:

Projekt nr 1 polega na rozwiązaniu zadania projektowania (bądź dopasowania złożonego nieliniowego modelu do danych) przy pomocy metod optymalizacji lokalnej.

Etapy pracy:

Analiza inżynierska wymagań, znajdowanie rozsądnego rozwiązania początkowego, ew. negocjacja wymagań projektowych.

Implementacja kodu (Matlab+symulator zewnętrzny) funkcji odwzorowujących zmienne projektowe na wartości parametrów roboczych. Badanie własności numerycznych tych funkcji (dokładność, gładkość).

Formułowanie matematycznego zadania optymalizacji, wybór metody i algorytmu rozwiązania (biblioteki Matlab i inne). Realizacja kodu, organizującego optymalizację.

Przeprowadzenie obliczeń, badanie własności rozwiązania, dokumentacja projektu.

Projekt nr 2 jest rozwinięciem projektu nr 1, dostosowanym do preferencji studenta, albo niewielkim projektem samodzielnym. Chodzi o wykorzystanie technik optymalizacji dwukryterialnej, optymalizacji dyskretnej, bądź optymalizacji globalnej.

Egzamin: *tak*

Literatura i oprogramowanie:

1. Literatura podstawowa

- A. Stachurski, A.P. Wierzbicki, "Podstawy optymalizacji", Oficyna Wyd. PW, Warszawa 2009.
- A. Ostanin, Metody optymalizacji z MATLAB, Wyd. NAKOM, Poznań, 2009.
- Slajdy wykładowe

- J. Arora, Introduction to Optimum Design, Elsevier Science & Technology, 2011
- D. Kincaid, W. Cheney, Analiza numeryczna, WNT, Warszawa, 2006.
- D. Horla, Metody obliczeniowe optymalizacji w zadaniach, Wyd. Polit. Poznańskiej, 2008.
- P.E. Gill, W. Murray, M.H. Wright, Practical optimization, Academic Press, 1981.
- Bibliografia do wykładu, podawana przy slajdach wykładowych

Oprogramowanie

MATLAB/Simulink, SPICE/LTspice itp.

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	0.6	1.4	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
udział w laboratoriach 9 godz.
udział w konsultacjach (wykład, projekt) 11 godz.*

1. *praca własna studenta – 70 godz., w tym
przygotowanie do wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury
dodatkowej, próba rozwiązania zadań rachunkowych przekazanych na wykładzie) -
8 godz.,
przygotowanie do laboratorium - 12
godz. realizacja projektu - 40 godz.
przygotowanie do egzaminu - 10 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 120 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2 pkt ECTS (9+40 godzin)

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: Znajomość podstawowych koncepcji teorii optymalizacji oraz własności standardowych zadań optymalizacji statycznej.	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_W01
W2: Znajomość metodyki formułowania zadań optymalizacji w obszarach projektowania sprzętu (analogowego i mieszanego) oraz modelowania parametrycznego.	wykład, laboratoria	laboratoria, projekt, egzamin	K1_W04
W3: Znajomość podstaw działania oraz własności numerycznych technik optymalizacji statycznej.	wykład, laboratoria,	laboratoria, projekt, egzamin	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Umiejętność prawidłowego formułowania zadania optymalizacji na podstawie opisu zadania inżynierskiego z obszarów projektowania sprzętu (analogowego i mieszanego) oraz modelowania parametrycznego.	wykład, projekt	projekt, egzamin	K1_U08 U14
U2: Umiejętność właściwego doboru algorytmów numerycznej optymalizacji – z uwzględnieniem cech szczególnych zadania (rozmiar zadania, dostępność wrażliwości, koszt obliczeń funkcji celu, funkcji ograniczeń, rodzaj ograniczeń).	wykład, laboratoria, projekty	projekt, laboratoria egzamin	K1_U15
U3: Umiejętność przeprowadzenia optymalizacji przy użyciu bibliotek numerycznych (np. programu Matlab) oraz symulatorów układów elektronicznych. Umiejętność oceny przebiegu optymalizacji i własności rozwiązania (poprawność, dokładność, uwarunkowanie numeryczne)	wykład, laboratoria, projekty	projekt, laboratoria egzamin	K1_U16 K1_U13
U4. Potrafi udokumentować proces rozwiązywania zadania projektowego oraz osiągnięte wyniki	wykład, laboratoria, projekt	laboratoria, projekt	U01, U02, U03, U06

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01:	laboratoria, projekt	laboratoria, projekt egzamin	K1_K01 K01

Autor/Zespół Autorski:

mgr inż. Maciej Grzegorzówka

mgr inż. Maciej Radtke

**Nowoczesna Elektronika
(Modern Electronics)**

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *3*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *ELA2 (Elektronika Analogowa 2), LELA2 (Laboratorium Elektroniki Analogowej 2)*

Limit liczby studentów:

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zaawansowanymi układami wykorzystywanymi we współczesnej elektronice analogowej i mieszanej. Przedmiot jest kontynuacją przedmiotów „Elektronika Analogowa 1” oraz „Elektronika Analogowa 2”*

i ma rozszerzyć wiedzę studentów w zakresie układów i systemów elektronicznych.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot stanowi kontynuację przedmiotów „Elektronika Analogowa” i „Laboratorium Elektroniki Analogowej”. Stanowi on wprowadzenie studentów studiów magisterskich do zaawansowanych zagadnień elektroniki analogowej i mieszanej. Przedstawione są najważniejsze elementy budowy analogowych i mieszanych układów elektronicznych, w tym:

przetworników A/C i C/A

układów ze wzmacniaczami

operacyjnymi generatorów i syntezerów

częstotliwości.

W trakcie ćwiczeń laboratoryjnych studenci będą mogli zapoznać się z praktycznymi aspektami działania omawianych układów i poznać główne problemy w nich występujące.

Ocena z przedmiotu jest wystawiana na podstawie wyniku jednego kolokwium, egzaminu oraz pięciu laboratoriów.

Tematy wykładów:

WYKŁAD 1 – Przedstawienie zasad organizacji oraz wprowadzenie do tematyki współczesnych układów elektronicznych.

Wprowadzenie i przedstawienie zasad zaliczenia przedmiotu
Przedstawienie problemów, z którymi borykają się projektanci współczesnych układów analogowych i mieszanych.

WYKŁAD 2 – Współczesne przetworniki A/C i C/A

Architektury przetworników

- o A/C o flash
- o SAR
- o delta-sigma o
- o potokowe o z
- o przeplotem

Architektury przetworników

- o C/A o R2R
- o sumacyjne o
- o delta-sigma o
- o PWM

Parametry przetworników A/C i C/A

Projektowanie układów z przetwornikami A/C i C/A

WYKŁAD 3 – Zaawansowane układy ze wzmacniaczami operacyjnymi

Nietypowe rodzaje wzmacniaczy operacyjnych i ich zastosowania o ze sprzężeniem prądowym o precyzyjne o nieskompensowane i częściowo skompensowane o różnicowe

Niestandardowe układy z wykorzystaniem wzmacniaczy operacyjnych Kontroler PID

Zasady projektowania układów ze wzmacniaczami operacyjnymi

WYKŁAD 4 – Mieszacze i transformatory sygnałowe

Transformatory

- o sygnałowe o Rodzaje
- o Parametry
- o Dobór i zastosowanie transformatorów sygnałowych

Mieszacze

- o Budowa
- o Rodzaje
- o Parametry
- o Podstawowe układy i zastosowania

WYKŁAD 5 - Syntezy częstotliwości

Bezpośrednia synteza analogowa, dzielnik częstotliwości
PLL, dzielnik niecałkowity (sigma delta)

DDS

WYKŁAD 6 – Układy nadawczo-odbiorcze

Układy z częstotliwością

pośrednią o Konwersja

częstotliwości

Modulator i demodulator kwadraturowy

o Modulacja jednowstęgowa

o Konstrukcja, zasada działania

Bezpośrednie próbkowanie

WYKŁAD 7 – Generatory

Generatory LC

Generatory z rezonatorem kwarcowym

Generatory przestrajane napięciem (VCO)

WYKŁAD 8 – Filtry analogowe

Budowa podstawowych filtrów pasywnych i aktywnych

Zasady projektowania

WYKŁAD 9 – Szumy

Szum fazowy i

amplitudowy Źródła

szumów

WYKŁAD 10 – Układy wielkiej mocy

Elementy przeznaczone do układów wielkiej mocy i ich sterowanie

Układy z elementami wielkiej mocy i ich projektowanie

Sterowanie obciążeniami nierzystancyjnymi

LABORATORIUM 1 – Układy syntezy częstotliwości

LABORATORIUM 2 – Układy nadawczo odbiorcze

LABORATORIUM 3 – Układy ze wzmacniaczami operacyjnymi

LABORATORIUM 4 – Generatory LABORATORIUM 5 –

Szumy

Egzamin: Tak

Literatura:

- Baranowski, Z. Nosal, Układy elektroniczne, cz. I, Układy analogowe liniowe, WNT 1998.
- J. Baranowski, G. Czajkowski, Układy elektroniczne, cz. II, Układy analogowe nieliniowe i impulsowe, WNT 1998.
- J. Baranowski, B. Kalinowski, Z. Nosal, Układy elektroniczne, cz. III, Układy i systemy cyfrowe, WNT 1998.
- P. Horowitz, P.Hill, Sztuka elektroniki, WKiŁ 1994.
- Baranowski J.: Półprzewodnikowe układy impulsowe. WNT, Warszawa 1970
- W. Nowakowski, Podstawowe układy elektroniczne, Układy impulsowe, WKiŁ 1982.
- Praca zbiorowa pod redakcją J. Baranowskiego, Zbiór zadań z układów elektronicznych nieliniowych i impulsowych, WNT 1997.
- Pawłowski J.: Podstawowe układy elektroniczne. Wzmacniacze i generatory. Warszawa, WKŁ, 1975
- U. Tietze, Ch. Schenk, Układy półprzewodnikowe, WNT 1998.
- Filipkowski, Układy elektroniczne analogowe i cyfrowe, WNT 1998.
- K. Antoszkiewicz, Z. Nosal, Zbiór zadań z układów elektronicznych liniowych, WNT 1998.
- J. Porębski, P. Korohoda, SPICE program analizy nieliniowej układów elektronicznych, WNT 1996, seria USE.
- Król, J. Moczko, PSpice Symulacja i optymalizacja układów elektronicznych, książka z CD-ROM-em, Wydawnictwo Nakom Poznań, 1998.
- J. Izydorzyc, PSPICE, Komputerowa symulacja układów elektronicznych, Helion 1993 r.
- Guziński, Liniowe elektroniczne układy analogowe, WNT 1995.
- W. Golde, L. Śliwa, Wzmacniacze operacyjne i ich zastosowania, podstawy teoretyczne, WNT 1982.
- Praca zbiorowa pod redakcją W. Kestera, Data Conversion Handbook, Elsevier, 2005
- S. Mass, Microwave Mixers, 1993
- Praca zbiorowa, Analog Engineer's Circuit Cookbook: Data Converters, Texas Instrument, 2019
- K. Antoszkiewicz, Generacja i synteza częstotliwości, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 2019

Oprogramowanie:

- Symulator Spice
Programy CAD (Altium Designer, KiCAD itp.)
Matlab

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	-	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *Liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym:
obecność na wykładach 30 godz.,
laboratorium 15h
konsultacje 5h*
2. *Praca własna studenta – 45 godz., w tym:
przygotowanie do kolokwium i egzaminu 30 godz.,
przygotowanie do laboratorium 15 godz.,*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 95 godz., co odpowiada 4 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,8 pkt. ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach przygotowania do laboratoriów 1,6 pkt. ECTS

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach przygotowania do kolokwium i egzaminu: 0,6 pkt. ECTS

Efekty kształcenia/uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: zna kluczowe zagadnienia w projektowaniu obwodów drukowanych w układach cyfrowych i mieszanych.	Wykład, laboratoria	Kolokwium, egzamin, laboratoria	K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z modelowaniem i optymalizacją układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	Wykład, laboratoria	Kolokwium, egzamin, laboratoria	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki,	Wykład,	Kolokwium,	

narzędzia i materiały stosowane przy projektowaniu układów analogowych, mieszanych i wielkiej częstotliwości.	laboratoria	egzamin, laboratoria	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej.	Wykład, laboratoria	Kolokwium, egzamin, laboratoria	K1_U07,
U2: potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich przy modelowaniu, analizie i projektowaniu układów analogowych i mieszanych. Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań.	Wykład, laboratoria	Kolokwium, egzamin, laboratoria	K1_U08 K1_U11
U3: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie systemów analogowych, cyfrowych i mieszanych	Wykład, laboratoria	Kolokwium, egzamin, laboratoria	K1_U12

Zespół autorski:

dr hab. inż. Jerzy Weremczuk

Sieci czujnikowe i Internetu Rzeczy (SCIR)
Sensor and IoT networks

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów: *obowiązkowy specjalności*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/~~obieralny~~*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *2*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *SCZ*

Limit liczby studentów: *24*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Celprzedmiotu: *Celem przedmiotu jest przekazanie studentom wiedzy na temat współczesnych
sieci czujnikowych które są elementem systemów Internetu Rzeczy (IoT).*

Treść kształcenia:

Przedmiot obejmuje zarówno aspekty związane z metodologią konstrukcji sieci jak (wykład) i aspekty praktyczne (zajęcia laboratoryjne)). Pozwala zapoznać się z całym łańcuchem przekazywania informacji od pozyskania danych z czujnika, następnie przesłanie ich z wykorzystaniem współczesnych, nowych standardów komunikacji maszyna-maszyna (M2M), w dalszej kolejności przechowywanie danych w chmurach publicznych / prywatnych i na końcu przetwarzanie oraz analizę danych wraz z prezentacją wyników.

WYKŁADY:

Wprowadzenie do systemów IoT, inteligentne budynki, inteligentne miasta, inteligentne systemy transportowe, przemysł 4.0

Typy konstrukcji czujnika i sieci czujnikowych, wymagania stawiane blokowi interfejsu sieciowego, komponenty systemu IoT od węzła przez bramy do chmury.

Baza do realizacji prototypów sieci / ćwiczeń laboratoryjnych (np. Arduino, STM32 Nucleo, RaspberryPI,...)

Standardy sieciowe/komunikacyjne M2M (BLE, IEEE 802.15.4, 6LoWPAN, LoRa, NB-IoT, WLAN i LPWAN, LoRa, Sigfox, Zigbee, Dash-7, Z-Wave)

Protokoły sieciowe IoT (np. CoAP, MQTT, AMQP, XMPP, WebSocket ...)

przygotowanie do kolokwiów i laboratoriów 35 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 90 godz., co odpowiada 3.6 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2.8 pkt ECTS, co odpowiada 70 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2 pkt ECTS.

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: nabywa specjalistyczną wiedzę z dziedziny elektronika i projektowanie mikrosystemów	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W02 K1_W04
W2: ma wiedzę do rozwiązywania zadań z zakresu Internetu Rzeczy, ma widzę o trendach rozwojowych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W03 K1_W05
W3: nabywa wiedzy dotyczącej mikrosystemów elektronicznych, w tym wbudowanych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W06
UMIĘJĘTNOŚCI			
U1: umie pozyskać niezbędne informacje z literatury światowej	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U01
U2: potrafi porozumiewać się i innymi inżynierami również w j.angielskim	Laboratoria	Laboratoria	K1_U02
U3: ma umiejętność przygotowania prezentacji wyników	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U04
U4: prowadzi proces ciągłego samokształcenia	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U05
U5: potrafi rozwiązywać zadania inżynierskie wymagające integracji wiedzy z obszarów mikrosystemów i systemów elektronicznych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U09
U6: umie krytycznie ocenić rozwiązania sprzętowe Internetu Rzeczy	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U12
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: kreatywne działanie	Laboratoria	Laboratoria	K1_K01

Zespół autorski:

dr hab. inż. Wojciech Zabołotny, prof. PW

Systemy wbudowane i sterowniki (SWIS)
Embedded systems – device drivers

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów:

(Przedmioty techniczne)---EITI

(Przedmioty zaawansowane)-Elektronika-dr.-EITI

*(Przedmioty zaawansowane obowiązkowe)-Systemy Elektroniczne i Wbudowane-mgr.-
EITI*

(Przedmioty zaawansowane techniczne)--mgr.-

EITI Poziom przedmiotu: *zaawansowany Status*

przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: **3**

Minimalny numer semestru: **2**

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Zalecane przedmioty wprowadzające do programowania w języku C:

- Wstęp do informatyki (WINF)
- Paradygmaty programowania (PAPRO)
- Programowanie strukturalne (PROS)
- Programowanie mikrokontrolerów (PMIK)

Zalecane przedmioty omawiające podstawowe techniczne aspekty systemów operacyjnych:

- Systemy operacyjne (SOP, SOE)

Zalecane przedmioty wprowadzające do programowalnych układów logicznych:

- Programowanie układów rekonfigurowalnych (PROSP)
- Programowanie układów FPGA (PUF)

Limit liczby studentów: **30**

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest dostarczenie wiedzy i umiejętności umożliwiających efektywne i bezpieczne wykorzystanie mechanizmów zapewniających komunikację między częścią procesorową systemu wbudowanego, a urządzeniami peryferyjnymi. Omawiane zagadnienia obejmują tworzenie sterowników działających w przestrzeni jądra oraz współpracujących z nim aplikacji. Oprócz tego studenci będą mieli możliwość zapoznania się z realizacją prostych specjalizowanych układów peryferyjnych z wykorzystaniem mikrokontrolerów i logiki programowalnej (między innymi w układach

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

SoC). Praktyczna weryfikacja zdobytych umiejętności będzie możliwa podczas zintegrowanych zajęć projektowo-laboratoryjnych.

Treść kształcenia:

We współczesnych systemach wbudowanych konieczność obsługi specjalizowanego sprzętu łączy się z wykorzystaniem standardowych systemów operacyjnych, pozwalających na realizację złożonego oprogramowania sterującego i przetwarzającego dane. Dlatego projektowanie i realizacja takich systemów wymaga zrozumienia działania interfejsów używanych do komunikacji z urządzeniami peryferyjnymi oraz obsługujących je mechanizmów dostarczanych przez system operacyjny. Ukończenie kursu powinno zapewnić studentom teoretyczną wiedzę i praktyczne umiejętności, pozwalające tworzyć, uruchamiać i testować sterowniki urządzeń działające w przestrzeni jądra oraz współpracujące z nimi aplikacje. Przedmiot uwzględnia zagadnienia związane z bezpieczeństwem i wydajnością stosowanych rozwiązań. Praktyczne aspekty przedmiotu realizowane są na zintegrowanych zajęciach projektowo-laboratoryjnych, na których studenci będą mogli najpierw oswoić się z poznawaną dziedziną, analizując i testując gotowe rozwiązania, następnie rozpocząć samodzielne ich modyfikowanie, a w końcu zaprojektować i zrealizować projekt (w miarę możliwości zespołowy) obejmujący stworzenie urządzenia wraz z jego sterownikiem i obsługującą je aplikacją. Urządzenie może zostać zrealizowane jako model symulacyjny, jako system mikrokontrolerowy, lub jako blok IP realizowany w logice programowalnej systemu SoC (z wykorzystaniem języków HDL i/lub syntezy wysokopoziomowej HLS). Podstawowym systemem operacyjnym omawianym na wykładach i wykorzystywanym na zajęciach projektowo-laboratoryjnych jest Linux. Istnieje jednak możliwość realizacji projektu związanego z innym systemem (np. Windows, Android, Zephyr itp.)

WYKŁADY:

1. Mechanizmy współczesnych systemów operacyjnych wspomagające wydajną i bezpieczną komunikację z urządzeniami peryferyjnymi.
2. Interfejsy sprzętowe używane do komunikacji z urządzeniami peryferyjnymi.
 1. Proste interfejsy - I2C, SPI, UART
 2. Interfejsy o złożonej obsłudze (np. Bluetooth, USB).
 3. Interfejsy o dużej wydajności - AXI, PCIe itp.
3. Metody tworzenia sterowników urządzeń
 1. Metody komunikacji sterownika z aplikacjami
 2. Funkcje związane z obsługą interfejsów komunikacyjnych (w tym obsługa przerwań)
 3. Zarządzanie pamięcią i komunikacja z pamięcią (DMA)
 4. Aspekty związane z pracą w czasie rzeczywistym
4. Realizacja urządzeń peryferyjnych współpracujących ze sterownikami
 1. Układy specjalizowane
 2. Realizacja z wykorzystaniem mikrokontrolerów
 3. Realizacja w postaci modelu symulacyjnego na potrzeby testów

4. Realizacja w logice programowalnej z wykorzystaniem języków opisu sprzętu (Verilog/VHDL) a także syntezy wysokopoziomowej (HLS).
 1. Techniki uruchamiania i testowania urządzeń i sterowników w systemach SoC

5. Realizacja aplikacji współpracujących ze sprzętem
 1. Techniki właściwego wykorzystania interfejsu sterownika
 2. Możliwości bezpośredniej współpracy ze sprzętem - zalety, wady i ograniczenia

6. Realizacja kompletnego systemu
 1. Podział funkcji między sprzęt, sterowniki działające w przestrzeni jądra i aplikacje działające w przestrzeni użytkownika
 2. Wykorzystanie możliwości przenoszenia funkcji między sprzętem, sterownikami i aplikacjami w celu zapewnienia wydajnego uruchamiania.
 3. Zagadnienia związane z niezawodnością i energooszczędnością systemu

ZINTEGROWANE ZAJĘCIA PROJEKTOWO-LABORATORYJNE:

W ramach zajęć projektowo-laboratoryjnych studenci będą mieli możliwość realizacji następujących zadań:

1. Poznanie i testowanie gotowych sterowników urządzeń wirtualnych
2. Poznanie i testowanie sterowników urządzeń zrealizowanych jako model w symulatorze (np. w QEMU).
3. Poznanie i testowanie sterowników urządzeń podłączonych przez interfejsy SPI, I2C itp.
4. Poznanie i testowanie sterowników urządzeń zrealizowanych w logice programowalnej w układzie SoC i podłączonych do magistrali procesora.

Ponadto w ramach zadań projektowo-laboratoryjnych studenci będą zobowiązani do zrealizowania kompletnego systemu (zalecana jest praca zespołowa), wykorzystującego samodzielnie zaproponowane urządzenie peryferyjne (w postaci modelu dla symulatora, w postaci urządzenia mikrokontrolerowego, lub w postaci systemu realizowanego w logice programowalnej), opracowany do niego sterownik urządzenia i współpracujące z nim aplikacje użytkownika.

Egzamin: *tak*

Literatura i oprogramowanie:

1. J. Madieu, Linux Device Drivers Development, Packt Publishing, Limited 2017, ISBN:9781782174752
2. R. Giometti, Linux Device Driver Development Cookbook : Develop Custom Drivers for Your Embedded Linux Applications, Packt Publishing, Limited 2019, ISBN:9781838555863

3. J. Kong, FreeBSD Device Drivers : A Guide for the Intrepid, No Starch Press, Incorporated 2012, ISBN: 9781593272043, 9781593274368
4. D. Koch, F. Hannig, FPGAs for Software Programmers, Springer International Publishing AG 2016, ISBN: 9783319264066, 9783319264080
5. Emulator QEMU
6. Środowiska Buildroot, Yocto project, OpenWRT i Petalinux do tworzenia obrazu systemu Linux
7. Środowiska Vitis lub Vivado oraz Quartus do tworzenia firmware'u i oprogramowania dla FPGA i systemów SoC

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	1	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – **60** godz., w tym
obecność na wykładach **30** godz.,
udział w zajęciach projektowo-laboratoryjnych **30** godz.

1. praca własna studenta – **35** godz., w tym
przygotowanie do zajęć laboratoryjnych **5**
godz. przygotowanie projektu **25** godz.
przygotowanie do egzaminu **5** godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 95 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 3 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2 pkt ECTS, co odpowiada 30 godzinom zajęć projektowo/laboratoryjnych

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w zakresie systemów mikroprocesorowych i systemów wbudowanych	Wykład, Laboratorium/ projekt	Egzamin, raport	K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami w zakresie projektowania systemów wbudowanych	Wykład, Laboratorium/ projekt	Egzamin, raport	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie budowy systemów elektronicznych, w tym systemów wbudowanych	Wykład, Laboratorium/ projekt	Egzamin, raport	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie	Wykład, Laboratorium/ projekt	Egzamin, raport	K1_U01
U2: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w zakresie modelowania analizy i projektowania systemów wbudowanych	Laboratorium/ projekt	Raport	K1_U07
U3: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie modelowania analizy i projektowania systemów wbudowanych	Laboratorium/ projekt	Raport	K1_U08

U4: Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z zakresu mikrosystemów i systemów elektronicznych oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne.	Laboratorium/ projekt	Raport	K1_U09
U5: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie systemów mikroprocesorowych i wbudowane	Laboratorium/ projekt	Raport	K1_U12
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Projekt	Raport	K1_K01

Zespół autorski:

Marek Nałęcz

Edward Śliwa

Wybrane zagadnienia teorii obwodów (WZTO)

Selected topics in circuit theory

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów:

(Przedmioty techniczne)---EITI

(Przedmioty zaawansowane)-Elektronika-dr.-EITI

*(Przedmioty zaawansowane obowiązkowe)-Systemy Elektroniczne i Wbudowane-mgr.-
EITI*

(Przedmioty zaawansowane techniczne)--mgr.-

EITI Poziom przedmiotu: *zaawansowany Status*

przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *nie dotyczy*

Minimalny numer semestru: *pierwszy semestr studiów drugiego stopnia (w uzasadnionych przypadkach kierownik przedmiotu może odstąpić od tego wymagania, a w szczególności umożliwić realizację przedmiotu studentom dwóch ostatnich semestrów studiów pierwszego stopnia)*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Przedmiot może realizować w zasadzie każdy student studiów drugiego stopnia prowadzonych na WEiTI lub doktorant PW. Wymagana jest jednak znajomość podstaw teorii obwodów elektrycznych lub elektrotechniki teoretycznej, a także podstawowe wiadomości z algebry, analizy matematycznej i teorii równań różniczkowych.*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z wybranymi zaawansowanymi zagadnieniami teorii obwodów liniowych pasywnych i aktywnych oraz teorii obwodów nieliniowych.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. Sprawy organizacyjne i regulaminowe. Efekty uczenia się. (1h) Nieoznaczona macierz admitancyjna i jej zastosowania. Dekompozycja obwodów. Wielomiany charakterystyczne nzz , noo , noz , nzo i m . (1h)
2. Matematyczne i komputerowe metody formułowania równań układu. Elementy teorii grafów. Podstawowe podgrafy. Grafy sieciowe, macierze strukturalne, metoda potencjałów węzłowych i metoda prądów obwodowych. Zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych. (2h)
3. Pseudodwójniki i czwórniki aktywne. Nulatory, noratory, fiksatory, zwierciadła prądowe i napięciowe, konwertery, inwertery, konwejoy. Klasyfikacja czwórników aktywnych. (2h)
4. Opis czwórników w dziedzinie czasu i częstotliwości. Odpowiedź impulsowa i jednostkowa. Zastosowanie splotu. Związki między charakterystykami czasowymi a częstotliwościowymi. Podstawowy warunek realizowalności układu. (2h)
5. Rodzaje filtrów. Aproksymacja charakterystyk częstotliwościowych (Butterwortha, Czebyszewa, Cauera, Bessela). Transformacje częstotliwościowe. Skalowanie elementów. Program ELSIE. (2h)
6. Wrażliwość układów elektronicznych. Niezmienniki wrażliwości. Twierdzenie Tellegena. Układy dołączone i ich zastosowanie do obliczania wrażliwości. Metoda Monte-Carlo obliczania wrażliwości. Liczby pseudo-losowe a quasi-losowe. (2h)
7. Równania stanu. Grafy przepływu sygnałów. Redukcja gafu przepływowego. Grafy transponowane. Reguła Masona. Schematy blokowe. Układy ze wzmacniaczami operacyjnymi i grafy dwuwęzłowe. (2h)
8. Stabilność układu transmisyjnego. Kryteria stabilności: Hurwitza-Lienarda, Routha-Hurwitza, Michajłowa, Nyquista. Sprzężenie zwrotne. Wzmocnienie pętli. Stabilność układów ze sprzężeniem zwrotnym. Marginesy stabilności. (2h)
9. Warunki realizowalności różnych klas dwójników i czwórników pasywnych. Funkcje wymierne rzeczywiste dodatnie i ich właściwości. Funkcje reaktancyjne. Immitancje i transmitancje układów pasywnych. Metody syntezy dwójników i czwórników pasywnych i aktywnych. (2h)
10. Przykłady elektronicznych elementów nieliniowych. Memrystory. Układy nieliniowe pierwszego rzędu. Opis równaniami stanu. Metody analizy: graficzne, analityczne, numeryczne, mieszane. Zastosowanie symulatorów układów elektronicznych i programów analizy numerycznej. (2h)
11. Układy nieliniowe rzędu drugiego. Metody płaszczyzny fazowej. Trajektorie fazowe i ich rodzaje. Klasyfikacja punktów osobliwych. Poszukiwanie trajektorii zamkniętych. Układy zachowawcze. Bifurkacje. (2h)
12. Chaos. Odwzorowanie Poincare. Dziwne atraktory. Obwód Chua. Drgania chaotyczne. Zastosowania praktyczne. (2h)
13. Metody wolno zmiennych amplitud i faz w układach nieliniowych. Stany nieustalone w generatorach. Synchronizacja drgań. Rezonans nieliniowy. Układy parametryczne – opis różniczkowy i całkowy. (2h)

14. Drgania w układach nieliniowych. Metody bilansu harmonicznyc. Równania Groszkowskiego. Metoda pierwszej harmonicznej. Metoda równowagi mocy urojonej harmonicznyc. Metoda Van der Pola. Równania Manley'a-Rowe'a. (2h)
15. Stabilność układów nieliniowych. Zasady Lapunowa. Stabilność lokalna i globalna. Uogólnione kryterium Nyquista. Twierdzenie Popowa. (2h)

ĆWICZENIA: *nie dotyczy*

LABORATORIA: Jednogodzinne zajęcia odbywają się raz w tygodniu (po wykładzie), są z nim ściśle skoordynowane i służą przedstawieniu i analizie przykładów dotyczących zagadnień poruszanych na wykładzie. Mają właściwie charakter pośredni pomiędzy laboratoriami a ćwiczeniami audytoryjnymi i gdyby nie ograniczenia formalne, należałoby je nazwać zajęciami zintegrowanymi. Studenci pracują jedynie częściowo samodzielnie – są w dużej mierze sterowani przez bieżące polecenia prowadzącego. Przewiduje się możliwie szerokie wykorzystanie na zajęciach programów komputerowych typu LTspice czy MATLAB. W takim właśnie wysoce skomputeryzowanym i praktycznym podejściu należy upatrywać aspektu unowocześnienia programu studiów.

Zajęcia powinny odbywać się w małych grupach (maksymalnie ośmio- lub dziesięcioosobowych) w sali wyposażonej w odpowiedni sprzęt komputerowy i oprogramowanie, ale koniecznie także w rzutnik komputerowy i w zwykłą tablicę.

Egzamin: *tak*

Literatura:

1. J. Osowski, J. Szabatin: *Podstawy teorii obwodów. Tom III.* PWN, Warszawa 2018
2. J. Kudrewicz: *Nieliniowe obwody elektryczne.* WNT, Warszawa 1996
3. J. Kudrewicz, J. Osowski: *Wybrane zagadnienia teorii obwodów.* WPW, Warszawa 1981
4. St. Osowski: *Wybrane zagadnienia teorii obwodów.* OWPW, Warszawa 2011

Oprogramowanie (wykorzystywane na ćwiczeniach):

1. LTspice
2. MATLAB
3. ELSIE

Wymiar godzinowy zajęć: W	C	L	P	
2	-	1	-	(45h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym
 - obecność na wykładach 30 godz.
 - obecność na laboratoriach 15 godz.
 - udział w konsultacjach wykładowych 1 godz.
 - udział w konsultacjach laboratoryjnych 2 godz.
 - obecność na egzaminie 2 godz.
1. praca własna studenta – 50 godz., w tym
 - przygotowanie do wykładów 14 godz.
 - przygotowanie do laboratoriów 20 godz.
 - przygotowanie do egzaminu 16 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,60 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. praktycznym (obecność na laboratoriach).

Efekty uczenia się i formy ich weryfikacji:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie wybranych metod opisu matematycznego i symulacji układów analogowych liniowych pasywnych i aktywnych w dziedzinie czasu i częstotliwości	Wykład, laboratoria	Egzamin, laboratoria 1-9	K_W01 K_W03 K_W04
W2: posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie wybranych metod opisu matematycznego i symulacji układów analogowych nieliniowych pasywnych i aktywnych w dziedzinie czasu i częstotliwości	Wykład, laboratoria	Egzamin, laboratoria 10-15	K_W01 K_W03 K_W04
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi zaplanować i przeprowadzić symulacje komputerowe układów analogowych liniowych i nieliniowych pasywnych i aktywnych	Wykład, laboratoria	Laboratoria	K_U07
U2: potrafi wykorzystać metody analityczne dotyczące układów analogowych liniowych i nieliniowych pasywnych i aktywnych do sformułowania i rozwiązania prostych zadań	Wykład, laboratoria	Laboratoria	K_U08
U3: potrafi dokonać identyfikacji zadania inżynierskiego polegającego na analizie układu analogowego liniowego lub nieliniowego, pasywnego lub aktywnego	Wykład, laboratoria	Egzamin, laboratoria	K_U14

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: potrafi pracować samodzielnie w kreatywny sposób nad niedużymi problemami dotyczącymi wykorzystania prostych narzędzi CAD do analizy i projektowania liniowych i nieliniowych analogowych układów elektronicznych	Laboratoria	Laboratoria	K_K01

Uwagi:

Przedmiot zaliczany jest na podstawie:

Piętnastu jednogodzinnych laboratoriów, które oceniane są w skali 0...2,5 pkt. każde, z kwantem 0,5 pkt. Pięć najgorszych ocen jest odrzucanych, dlatego łącznie maksymalnie można uzyskać 25 pkt. Laboratoria nie mają kolokwium wstępnego, ani pracy domowej. Podczas laboratorium nie wykonuje się sprawozdania, natomiast przekazuje się prowadzącemu w formie elektronicznej zrzuty ekranów, opracowany kod źródłowy itp.

Jednogodzinnego egzaminu pisemnego przeprowadzanego w sesji – maksymalnie 25 pkt. z kwantem 1 pkt. Egzamin ma formę testu, zawierającego ok. 15 pytań zamkniętych lub otwartych, punktowanych w skali do 1...2 pkt., dotyczących przede wszystkim zagadnień poruszanych na wykładach. Na egzaminie nie można korzystać z żadnych materiałów ani urządzeń pomocniczych, za wyjątkiem kalkulatorów. Studenci, którzy do momentu rozpoczęcia sesji osiągną założone efekty uczenia się, dokumentując to uzyskaniem łącznie co najmniej 20 pkt. z laboratoriów, z czego co najmniej 8 pkt. z laboratoriów 10-15, mogą zostać zwolnieni przez kierownika przedmiotu z obowiązku przystąpienia do egzaminu pisemnego i wówczas zaliczają przedmiot z oceną 4,5 lub 5,0.

Warunkiem zaliczenia przedmiotu, czyli uzyskania oceny co najmniej 3,0, przez osoby, które nie zostały zwolnione z egzaminu, jest uzyskanie sumy punktów z laboratoriów i egzaminu nie mniejszej niż 25 pkt. Ocena przyrasta o 0,5 co 5 pkt.

Autor/Zespół Autorski: *prof. dr hab. inż. Krzysztof Poźniak*

NAZWA PRZEDMIOTU (jęz. polski)
Zaawansowane metody programowania układów FPGA
Nazwa przedmiotu (jęz. angielski)
Advanced FPGA programing methods

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna/niestacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Klasy programowe: *przedmiot obowiązkowy specjalności*

Poziom przedmiotu: *podstawowy/sredniozaawansowany/zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *2*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *SCK, PRURE, PUF*

Limit liczby studentów: *36*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy przedmiot - rozszerzenie oferty przedmiotów dla kierunku elektronika, brak przedmiotu traktującego o praktycznych aspektach zaawansowanego programowania układów FPGA z uwzględnieniem specjalizowanych bloków konfigurowalnych (m.in. pamięci, DSP, PLL, DLL), oraz wbudowanych interfejsów i ich integracji z układami peryferyjnymi (m.in. DDR, PCIe, Ethernet).*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów ze współczesnymi układami programowalnymi typu FPGA, ich strukturą, specjalizowanymi blokami wewnętrznymi metodami ich programowania oraz narzędziami służącymi do konfigurowania układów FPGA. W ramach przedmiotu studenci poznają szczegółowo rozwiązania architektur współczesnych rodzin układów FPGA z uwzględnieniem specjalizowanych bloków konfigurowalnych (m.in. pamięci, DSP, PLL, DLL) oraz interfejsów do układów zewnętrznych (np. DDR, PCIe,, Ethernet) i ich integracji z układami peryferyjnymi. Zostaną omówione dostępne rodzaje narzędzi projektowych (jak kompilatory, symulatory, analizatory konfiguracji, generatory IP-core, HLS itp.) wraz z praktycznymi metodami programowania, symulowania i konfigurowania układów FPGA. Zostanie omówiony proces prawidłowej integracji układów FPGA w urządzeniach i systemach elektronicznych. Przedmiot kładzie duży nacisk na umiejętność praktycznego wykorzystania zdobytej wiedzy związku z czym studenci będą mogli praktycznie zweryfikować swoje umiejętności samodzielnie tworząc, symulując, optymalizując, kompilując i testując układy FPGA na platformach testowych.*

Treść kształcenia:

Treść wykładu:

- Budowa współczesnych układów FPGA – omówienie technologii FPGA i trendów rozwojowych, prezentacja aktualnych rodzin układów FPGA (głównie Intel/Altera, Xilinx) z uwzględnieniem ich podstawowych bloków konfigurowalnych (jak LC, rejestry) oraz bloków specjalizowanych (m.in. pamięci, zegara, DSP) i bloków peryferyjnych (jak porty I/O, PCIe,

SERDES), ponadto przedstawienie przykładów płyt uruchomieniowych (tzw. ewaluacyjnych) dostępnych na rynku – w tym szczegółowe omówienie płyt uruchomieniowych dostępnych w laboratorium

- Omówienie zasobów układów FPGA – omówienie dostępnych we współczesnych rodzinach FPGA podstawowych bloków konfigurowalnych (jak typy prostych i złożonych LC oraz rejestrów), bloków specjalizowanych (m.in. typów pamięci, generatorów zegarów zależnych, bloków przetwarzania numerycznego) i bloków peryferyjnych (jak indywidualne porty I/O, interfejsy specjalizowane typu PCIe, SERDES itp),

- Metodyka projektowania, weryfikacji, konfiguracji i testowania układów FPGA – omówienie dostępnego na rynku oprogramowania projektowego do programowania, analizy projektowej i symulacji układów FPGA. Szczegółowe omówienie ścieżki projektowania (etapy kompilacji, syntezy, analizy czasowej, symulacji, generacji konfiguracji itp.) wykorzystaniem oprogramowania głównych światowych producentów układów FPGA (tj. Intel/Altera i Xilinx). Omówienie na przykładach praktycznych programowania złożonych bloków logicznych, pamiętających, obliczeniowych z uwzględnieniem metod optymalizacji (funkcjonalnej, czasowej i logicznej) oraz narzędzi wspomagających (jak np. generatory IP-core, HLS) i dedykowanych bibliotek.

- Zaawansowane metody projektowania – omówienie realizacji projektów złożonych z użyciem technik parametryzacji i opisu algorytmicznego. Omówienie metod implementacji projektowych struktur hierarchicznych, bloków IP oraz procesów obliczeniowych, synchronizujących, rejestrujących, komunikacyjnych itp. Omówienie metod optymalizacji funkcjonalnej (np. minimalizacja zasobów), czasowej (np. maksymalizacja częstotliwości przetwarzania) na poziomie strategii projektowania oraz przykładach konfiguracji kompilatorów głównych światowych producentów układów FPGA (tj. Intel/Altera i Xilinx). Omówienie efektywnych metod weryfikacji projektów wykorzystaniem technik programowych, symulacji oraz testowania i diagnostyki uruchomionych projektów w czasie rzeczywistym z użyciem płyt uruchomieniowych dostępnych w laboratorium.

- Integracja układów FPGA w urządzeniach i systemach elektronicznych – omówienie metod integracji sygnałów zegarowych, synchronizujących i sterujących, metod integracji interfejsów komunikacyjnych (jak RS-232, I2C, SPI, PCIe, Ethernet) oraz układów peryferyjnych (jak DDR, ADC, DAC itp.). Omówienie metod integracji zaawansowanych implementacji FPGA z oprogramowaniem sterującym (jak C/C++, Python) oraz środowiskami projektowymi (jak Matlab, Octave, LabVwindows itp.) na przykładach praktycznych z użyciem dedykowanego oprogramowania oraz płyt uruchomieniowych dostępnych w laboratorium.

Zakres projektu:

Program projektu dzieli się na dwie części, każda po 3 sesje 5-godzinne.

- Część pierwsza projektu – wprowadzająca, nie podlega ocenie. Celem jest zapoznanie się z oprogramowaniem oraz płytami uruchomieniowymi dostępnymi w laboratorium, a następnie wykonanie przykładowego projektu, przeprowadzenie jego symulacji, kompilacji, syntezy oraz konfiguracji układu FPGA z wykorzystaniem wybranych interfejsów komunikacyjnych i układów peryferyjnych dostępnych na płycie uruchomieniowej.

- Część druga projektu – zaliczeniowa, podlega ocenie. Celem jest opracowanie, symulacja, kompilacja, synteza oraz konfiguracja układu FPGA na płycie uruchomieniowej dostępnej w laboratorium własnego projektu z wykorzystaniem kilku odrębnych komponentów (w tym bloków IP-core) oraz z zastosowaniem metod parametryzacji i optymalizacji projektu. Projekt będzie obejmował realizację algorytmu sterującego oraz przetwarzania i akwizycji danych

z wykorzystaniem wybranych interfejsów komunikacyjnych i układów peryferyjnych

dostępnych na płycie uruchomieniowej, a także będzie obejmował opracowanie i uruchomienie programu sterującego zrealizowanego w wybranym środowisku programistycznym.

Realizacja projektu:

Zajęcia projektowe będą realizowane w laboratoriach Zespołu Internetowych Systemów Pomiarowych ISE (pokoje 330 i 603B) w oparciu o wyposażenie laboratorium - nowoczesne zestawy uruchomieniowe z układami FPGA, DSP i mikrokontrolerami. Projekty będą realizowane w grupach 2-4 osobowych – zależnie od stopnia komplikacji projektu. Rozliczenie projektu przewidziano jako prezentację studencką w godzinach zarezerwowanych na projekt.

Formy weryfikacji wiedzy:

Punkty za realizację projektu – 50 pkt.

Punkty za Egzamin – 50 pkt.

Zaliczenie przedmiotu wymaga uzyskania co najmniej 51pkt. Nie ma możliwości zaliczenia przedmiotu bez realizacji projektu.

Egzamin: tak/nie

Literatura i oprogramowanie:

1. T. Łuba, Synteza układów logicznych, Oficyna Wydawnicza PW
2. D. Kania, Układy logiki programowalnej, Wydawnictwo Naukowe PWN
3. W. Wrona, VHDL – język opisu i projektowania układów cyfrowych
4. M. Zwoliński - Projektowanie układów cyfrowych z wykorzystaniem języka VHDL, WKiŁ
5. Układy programowalne używane w systemach opisywanych podczas wykładu oraz do projektu wraz z językami programowania:
FPGA World Data Base, <http://www.mrc.uidaho.edu/fpga/fpga.html>;
INTEL (d. ALTERA), <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/programmable.html>
XILINX, <http://www.xilinx.com/>
6. Oprogramowanie używane do realizacji projektu:
INTEL(d. ALTERA)/Quartus, <https://www.intel.com/content/www/us/en/programmable/downloads/download-center.html>
Xilinx/Vivado, <https://www.xilinx.com/support/download.html>

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	2	-	-	2(liczba godzin tygodniowo)

Wymiar w jednostkach ECTS:	5
-----------------------------------	---

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 67 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz., obecność
na zajęciach projektowych 30 godz.,
konsultacje 5 godz.,
obecność na egzaminie 2 godz.
2. praca własna studenta – 33 godz., w tym
zapoznanie się z literaturą 5 godz.,
przygotowanie do zajęć projektowych 21 godz.,
przygotowanie do egzaminu 5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,68 pkt. ECTS, co odpowiada 52 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,2 pkt. ECTS, co odpowiada 30 godz. ćwiczeń projektowych

Efekty uczenia się:

Efekty kształcenia dla modułu	Opis efektów kształcenia	Odniesienie do efektów uczenia się dla kierunku
Wiedza		
W01	Posiada uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną w zakresie architektury współczesnych układów FPGA	K1_W03
W02	Posiada uporządkowaną wiedzę na temat współczesnych metod programowania układów FPGA oraz na temat metod i narzędzi zaawansowanej symulacji, optymalizacji, kompilacji, testowania oraz konfiguracji układów FPGA	K1_W04 K1_W05
W03	Posiada uporządkowaną wiedzę na temat metod programowania podstawowych i specjalizowanych bloków konfigurowalnych dostępnych w układach FPGA, integracji FPGA z układami peryferyjnymi, realizacji interfejsów z otoczeniem, użytkownikiem oraz przesyłania danych	K1_W06
W04	Posiada uporządkowaną wiedzę praktyczną na temat istniejących rozwiązań integracji współczesnych układów FPGA dla urządzeniach i systemach elektronicznych	K1_W05
Umiejętności		
U01	Potrafi poprawnie skonfigurować i uruchomić układ FPGA za pomocą odpowiedniego środowiska narzędziowego i płyty uruchomieniowej dostępnej w laboratorium	K1_U07
U02	Potrafi opracować, zweryfikować i uruchomić projekt z wykorzystaniem interfejsów i bloków funkcjonalnych za pomocą odpowiedniego środowiska narzędziowego i płyty uruchomieniowej dostępnej w laboratorium	K1_U08
U04	Potrafi opracować i zweryfikować projekt maszyny stanów o zadanej funkcjonalności oraz uruchomić w układzie FPGA za pomocą odpowiedniego środowiska narzędziowego i płyty uruchomieniowej dostępnej w laboratorium	K1_U08
U05	Potrafi opracować i zweryfikować projekt procesu obliczeniowego oraz uruchomić w układzie FPGA za pomocą odpowiedniego środowiska narzędziowego i płyty uruchomieniowej dostępnej w laboratorium	K1_U09

Kompetencje społeczne		
K01	Potrafi pracować indywidualnie, w tym także potrafi zarządzać swoim czasem oraz podejmować zobowiązania i dotrzymywać terminów.	K1_U14 K1_U16

Formy weryfikacji efektów uczenia się:

Zamierzone efekty	Forma zajęć	Sposób weryfikacji
W01, W02, W03, W04	wykład	egzamin pisemny, polegający na rozwiązaniu zagadnień problemowych
U01, U02, U03, U04, U05	projekt	zespolowe sprawozdanie końcowe z przebiegu i wyników wykonywania zadań praktycznych
K01	wykład i projekt	aktywny udział w zajęciach, umiejętność prezentacji wyników

Zespół autorski:

dr hab. inż. Krzysztof Czuba, prof. PW
mgr inż. Maciej Grzegorzółka

Zaawansowane Aspekty Projektowania PCB (ZAPP)
Advanced Aspects of PCB Design

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Grupa przedmiotów:

(Przedmioty techniczne)---EITI

(Przedmioty zaawansowane)-Elektronika-dr.-EITI

*(Przedmioty zaawansowane obowiązkowe)-Systemy Elektroniczne i Wbudowane-mgr.-
EITI*

(Przedmioty zaawansowane techniczne)--mgr.-

EITI Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *3*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *ISYN (Integralność
Sygnałowa)*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Przedmiot został opracowany jako kontynuacja i rozszerzenie „Integralności Sygnałowej (ISYN)”. Celem przedmiotu jest przekazanie studentom wiedzy teoretycznej oraz praktycznej o problemach jakie mogą występować przy projektowaniu układów na obwodach drukowanych. W szczególności są to problemy związane z integralnością zasilania, rozłożeniem masy i zjawiskami termicznymi. Poruszone zostaną też aspekty związane z technologią produkcji obwodów drukowanych, zasady rozmieszczenia elementów oraz kwestie dobrych praktyk wykorzystywanych przy projektowaniu schematów i mozaiki połączeń w PCB.

W trakcie ćwiczeń laboratoryjnych studenci zapoznają się w praktyce z problemami występującymi w zaawansowanych układach elektronicznych. Będą mogli też wykonać symulacje obwodów elektronicznych pod kątem integralności zasilania.

Ocena z przedmiotu jest wystawiana na podstawie wyniku uzyskanego z dwóch kolokwiiów organizowanych w czasie semestru i oceny sprawozdań z 4 laboratoriów.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. Konstrukcja i wytwarzanie wielowarstwowych PCB

- a. Rodzaje i właściwości materiałów stosowanych przy produkcji PCB.
- b. Proces konstrukcji i wytwarzania obwodów drukowanych.
- c. Technologie rozmieszczenia i lutowania elementów.
- d. Wpływ wyżej wymienionych czynników na parametry obwodów elektronicznych, w tym na integralność sygnałów..

2. Dobre praktyki w projektowaniu złożonych schematów i wielowarstwowych PCB

- a. Zasady tworzenia bibliotek elementów.
- b. Zasady rysowania schematów, ich podział na bloki.
- c. Definiowanie reguł projektowych i korzystanie z ich automatycznego sprawdzania (DRC).
- d. Tworzenie dokumentacji produkcyjnej i komunikacja z producentem.

3. Integralność zasilania

- a. Sieci zasilające i ich impedancja.
- b. Parametry płaszczyzn zasilania.
- c. Parametry i dobór kondensatorów.
- d. Modelowanie oraz symulacje komputerowe aspektów integralności zasilania.

4. Filtracja zasilania w praktyce projektowania wielowarstwowych PCB

- a. Szumy w sieciach zasilających i źródła.
- b. Źródła zakłóceń zasilania.
- c. Metody filtracji aktywnej i pasywnej.

5. Rozmieszczenie elementów na PCB

- a. Sprzężenia i przesłuchy.
- b. Główne zasady rozmieszczania elementów w systemach mieszanych (analogowo-cyfrowych).

6. Masy i izolacja

- a. Izolacja galwaniczna, kiedy i jak ją stosować.
- b. Zasady rozdzielania i łączenia mas.
- c. Transformatory sygnałowe, ich zastosowanie i najważniejsze parametry.
- d. Izolacja w systemach transmisyjnych.

7. Problemy termiczne na PCB

- a. Odprowadzanie ciepła z układów.
- b. Zasady projektowania chłodzenia dla układów elektronicznych.
- c. Symulacje termiczne PCB.

1. *praca własna studenta – 25 godz., w tym
opracowanie sprawozdań z laboratorium 10
godz., przygotowanie do kolokwiów 15 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 70 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału
nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.**

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze
praktycznym: 0,9 pkt ECTS (laboratoria – udział i opracowanie wyników)**

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie integralności zasilania i jej wpływu na działanie układów elektronicznych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria,	K1_W02
W2: zna kluczowe zagadnienia w projektowaniu obwodów drukowanych w układach cyfrowych i mieszanych.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z modelowaniem i optymalizacją układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W04
W4: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy projektowaniu układów analogowe, mieszanych i wielkiej częstotliwości.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi poprawnie przygotować dokumentację produkcyjną do produkcji PCB i montażu elementów.	Wykład	Kolokwia	K1_U02,
U2: potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej.	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U07,

U3: potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich przy modelowaniu, analizie i projektowaniu układów analogowych I mieszanych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U08
U4: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie systemów analogowych, cyfrowych i mieszanych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U12

Zespół autorski:

dr hab. inż. Jan Ogrodzki, prof. uczelni

METODY OPISU I SYMULACJI SPRZĘTU (MOSS)
Methods of hardware description and simulation

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów: *Przedmioty matematyczne specjalności SEW*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *2*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *zalecane są przedmioty wprowadzające w tematykę teorii obwodów, elektroniki analogowej i cyfrowej*

Limit liczby studentów:

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zdobycie wiedzy z zakresu metod numerycznych i algorytmów symulacji komputerowej układów elektronicznych analogowych i cyfrowych oraz nabranie praktycznych umiejętności programowania tego rodzaju algorytmów w środowisku Matlab w przypadku stosunkowo prostych układów.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. Układy liniowe i równania liniowe Zmodyfikowanej Metody Potencjałów Węzłowych (ZMPW) jako podstawowy opis matematyczny do symulacji tych układów w dziedzinie sygnałów stałych i częstotliwości (AC).
2. Układy nieliniowe i ich opis matematyczny do symulacji małosygnałowej w dziedzinie częstotliwości (AC).
3. Opis matematyczny układów nieliniowych do symulacji stałoprądowej (OP). Algorytm Newtona-Raphsona. Symulacja OP metodą linearyzacji równań algebraicznych nieliniowych. Problemy ze zbieżnością.
4. Opis matematyczny układów nieliniowych do symulacji OP za pomocą zastępczych sieci iteracyjnych. Symulacja OP metodą sieci iteracyjnych. Symulacja charakterystyk stałoprądowych (DC).

5. Opis matematyczny układów nieliniowych do symulacji w dziedzinie czasu (TR). Równania algebraiczno różniczkowe zwyczajne ZMPW i ich rozwiązywanie schematami różnicowymi (SR). Właściwości numeryczne SR.
6. Analiza zmiennokrokowa TR układów nieliniowych za pomocą gotowych programów dostępnych w środowisku Matlab, np. ODE 15i
7. Analiza stałokrokowa TR układów nieliniowych metodą liniowych równań stowarzyszonych tworzonych przez podstawienie SR i linearyzację.
8. Analiza stałokrokowa TR układów nieliniowych metodą liniowej sieci stowarzyszonej tworzonej przez podstawienie SR i linearyzację.
9. Kolokwium z materiału wykładów 1 – 8.
10. Metody opisu matematycznego układów cyfrowych: elementy konstytutywne układów, funkcje boolowskie, tablice prawdy, struktury języka VHDL.
11. Analiza logiczna układów cyfrowych bez opóźnień. Metoda cyklu delta.
12. Analiza układów cyfrowych z opóźnieniami. Metoda kierowana zdarzeniami.
13. Metody opisu matematycznego układów mieszanych (analogowo-cyfrowych). Analiza metodą kierowaną zdarzeniami.
14. Metody opisu układów analogowych językiem opisu sprzętu VHDL-AMS.
15. Metody opisu układów mieszanych językiem opisu sprzętu VHDL-AMS.

PROJEKT:

Tematy projektu są indywidualne dla każdej osoby odrabiającej przedmiot. Wykonanie projektu polega na napisaniu programu języku Matlab, rozwiązaniu za jego pomocą zagadnienia symulacyjnego, wykonaniu dla porównania symulacji programem SPICE lub SABER (symulatory dostępne w sieci dla studentów) oraz opracowaniu sprawozdania (wyjątkowo zagadnienia P6, P7 wymagają tylko użycia gotowego programu). Zagadnienia do wykonania (typowo 4) są wybierane spośród poniższych:

- P1 – symulacja AC układu liniowego własnym programem
- P2 – symulacja AC układu nieliniowego własnym programem
- P3 – symulacja OP układu nieliniowego własnym programem
- P4 – symulacja TR układu nieliniowego własnym programem
- P5 – symulacja DC układu nieliniowego własnym programem
- P6 – symulacja kierowana zdarzeniami układu cyfrowego programem dostępnym w bibliotece MOSSLIB
- P7 – symulacja układu mieszanego symulatorem SABER.

Dużą pomocą dla odrabiających projekt jest biblioteka MOSSLIB opracowana przez autora przedmiotu, która zawiera pomocnicze funkcje w języku Matlab realizujące najtrudniejsze fragmenty algorytmów: iteracje Newtona-Raphsona, modele diod, tranzystorów bipolarnych i MOS, funkcje zabezpieczające zbieżność oraz analizator kierowany zdarzeniami.

Egzamin: *tak*

Literatura i oprogramowanie:

1. Jan Ogrodzki, Komputerowa analiza układów elektronicznych, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 1994;
2. Jan Ogrodzki, Circuit simulation methods and algorithms, CRC Press, Boca Raton, Ann Arbor, London, Tokyo 1995;
3. Jan Ogrodzki, Metody opisu i symulacji układów elektronicznych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2021;
4. Biblioteka MOSSLIB programów w języku Matlaba wspomagających wykonanie projektu w ramach przedmiotu MOSS. Opracował Jan Ogrodzki.

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	-	1	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Wyliczenie poniżej:

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
udział w obowiązkowych konsultacjach projektowych 15
godz. konsultacje dodatkowe 5 godz.
1. praca własna studenta – 50 godz., w tym
samodzielna praca nad materiałem wykładowym 25 godz.
samodzielne wykonanie czterech części projektu 25 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym (projekt): 1 pkt ECTS.

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Metody modelowania i matematycznego opisu układów elektronicznych analogowych dla dziedzin sygnałów stałych, sinusoidalnych i dowolnie zmiennych w czasie.	Wykład	Kolokwium, egzamin	W1_W01
W2: Teoria algorytmów symulacji układów elektronicznych dla dziedzin sygnałów stałych, sinusoidalnych i dowolnie zmiennych w czasie	Wykład, częściowo projekt	Kolokwium, egzamin, częściowo projekt	W2_W01
W3: Metody modelowania i matematycznego opisu układów elektronicznych cyfrowych.	Wykład	Kolokwium, egzamin	W3_W01
W4: Teoria algorytmów symulacji układów elektronicznych cyfrowych bez opóźnień i z opóźnieniami.	Wykład, częściowo projekt	Kolokwium, egzamin, częściowo projekt	W4_W01
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Układania równań opisujących układy elektroniczne pracujące w dziedzinie sygnałów stałych, sinusoidalnych i dowolnie zmiennych w czasie.	Wykład	Kolokwium, egzamin	U1_U01 U1_U07
U2: Programowania algorytmów do symulacji układów elektronicznych pracujących w dziedzinie sygnałów stałych, sinusoidalnych i dowolnie zmiennych w czasie.	Projekt	Projekt	U2_U10 U2_U01 U2_U08
U3: Prezentowania opisowego lub za pomocą działającego programu przebiegu symulacji układów elektronicznych cyfrowych z opóźnieniami i bez opóźnień.	Wykład, projekt	Egzamin, projekt	U3_U01 U3_U07 U3_U08

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Projekt skłania do myślenia i działania w praktyce inżynierskiej w sposób kreatywny i zwracający uwagę na potrzebę stosowania narzędzi symulacyjnych	Wykład, projekt	Projekt	K1_K01

Zespół autorski:

dr inż. Marek Rupniewski

Modele i wnioskowanie statystyczne (MWS)
Statistical inference

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów:

- Przedmioty matematyczne specjalności SEW,
- Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności SZEiF, EIM,
- Przedmioty zaawansowane techniczne,
- Przedmioty techniczne

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny w grupie MAT*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *2*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *podstawowy kurs prawdopodobieństwa, np. Rachunek prawdopodobieństwa i statystyka (RPR), Metody probabilistyczne i statystyka (MPS) lub Probabilistyka (PROBA)*

Limit liczby studentów: *45*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest przedstawienie wybranych zagadnień statystyki matematycznej mających zastosowanie we współczesnej technice i przemyśle. Tematyka przedmiotu obejmuje: estymację parametryczną i nieparametryczną, weryfikację hipotez statystycznych, analizę wariancji i regresji.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

Wykłady realizowane są w postaci klasycznej prezentacji przeplatanej pokazami analizy danych przeprowadzanej z wykorzystaniem języka R.

(2h) Wprowadzenie do zagadnień wnioskowania statystycznego i statystyki opisowej.

(2h) Podstawowe rozkłady zmiennych losowych oraz metoda momentów.

(2h) Wprowadzenie do programowania w języku R.

(4h) Estymatory największej wiarygodności. Zgodność, nieobciążoność i asymptotyczna normalność estymatorów. Informacja Fishera. Nierówność Cramera-Rao. Estymatory efektywne.

(2h) Estymacja przedziałowa. Rozkład chi kwadrat i t-Studenta.

(2h) Estymacja bayesowska. Rozkłady sprzężone.

(2h) Testowanie hipotez statystycznych w ujęciu Neymana-Pearsona. Testy najmocniejsze. Testy randomizowane.

(4h) Twierdzenie Pearsona. Testowanie zgodności rozkładu. Testowanie niezależności oraz jednorodności zmiennych losowych. Test Kołmogorowa-Smirnowa.

(2h) Porównywanie prób. Testy parametryczne i nieparametryczne.

(2h) Jądrowe estymatory gęstości.

(2h) Analiza wariancji. Metoda Bonferroniego.

(4h) Regresja liniowa i jej własności. Regresja logistyczna.

LABORATORIA:

Laboratoria realizowane w formie zajęć komputerowych z wykorzystaniem języka R i systemu RStudio. Zajęcia zgrupowane są w pięć 3-godzinnych bloków:

2. Elementy statystyki opisowej
3. Estymacja punktowa i przedziały ufności
4. Estymacja bayesowska
5. Testowanie hipotez statystycznych
6. Regresja liniowa i analiza wariancji

Egzamin: *tak*

Literatura i oprogramowanie:

1. Rice John A., *Mathematical Statistics and Data Analysis*. 3rd ed. Belmont, CA: Duxbury Press, 2006,
2. Bartoszewicz Jarosław, *Wykłady ze statystyki matematycznej*, PWN, Warszawa 1996,
3. Klonecki Witold, *Statystyka dla inżynierów*, PWN, Warszawa 1999,
4. Dudley Richard, *18.443 Statistics for Applications*, Spring 2009. (Massachusetts Institute of Technology: MIT OpenCourseWare), <http://ocw.mit.edu/>
5. Zieliński Ryszard, *Siedem wykładów wprowadzających do statystyki matematycznej*, <http://www.impan.gov.pl/~rziel/7ALL.pdf>
6. Venables W. N., Smith D. M., *An Introduction to R*, <https://cran.r-project.org/doc/manuals/r-release/R-intro.pdf>

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: rozumie podstawowe parametry i właściwości modeli statystycznych	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_W01
W2: zna metody estymacji parametrów modeli statystycznych	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_W01
W3: zna podstawowe konstrukcje testów statystycznych	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_W01
W4: zna metody konstrukcji modeli liniowych	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_W01
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: umie formułować zagadnienia analizy danych w języku statystyki matematycznej	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_U01, K1_U02
U2: potrafi skonstruować estymatory wybranych parametrów modeli statystycznych	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_U07, K1_U08,
U3: potrafi sformułować zagadnienie testowania hipotez statystycznych i wykonać odpowiedni test w wybranych pakiecie statystycznym	wykład, laboratoria	laboratoria, egzamin	K1_U07, K1_U08, K1_U10
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Jest gotów do krytycznej oceny swojej wiedzy i oraz aktywnego jej uzupełniania	laboratoria	aboratoria	K1_K01, K1_K02

Zespół Autorski:

dr hab. inż. Jerzy Weremczuk

NAZWA PRZEDMIOTU:

Projektowanie i modelowanie mikrosystemów (PIMI)
Microsystems modeling and design

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P
1	-	2	-

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Język przedmiotu: polski

Klasy programowe: przedmioty zaawansowane obieralne specjalności SEW

Wymagane przedmioty poprzedzające: -

Zalecane przedmioty poprzedzające:

Podstawy czujników pomiarowych

Metody i procesy technologiczne dla integracji mikrosystemów

Przedmioty podobne: brak

Forma zaliczenia: B

Semestr zalecany: 2-3

Słowa kluczowe: mikrosystemy, modelowanie, projektowanie, CAD, Coventor

Krótką charakterystyka w języku polskim:

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów ze współczesnymi metodami i narzędziami służącymi do projektowania i modelowania mikrosystemów. Po ukończeniu przedmiotu studenci powinni potrafić samodzielnie przejść całą ścieżkę projektowania od narysowania topologii mikrosystemu, poprzez sprawdzenie poprawności i wykonywalności projektu w danej technologii, symulację działania oraz optymalizację projektu.

Krótką charakterystyka w języku angielskim:

The aim of the course is to familiarize students with modern methods and tools for microsystems modelling and design. After completing the course, students should be able to draw microsystems topology, check design rules and project implementability using offered foundry technology and perform microsystem simulation and optimization.

Treść wykładu:

Przegląd pojęć podstawowych i metod modelowania na poziomie stałych rozłożonych, podstawy metod elementów skończonych (Finite Element Method), metody elementów brzegowych (Boundary Element Method), metody objętości skończonej (Finite Volume Method) oraz metody różnic skończonych (Finite Difference Method). (2 godz.)

Zastosowanie elektrycznych obwodów zastępczych do modelowania zjawisk nieelektrycznych występujących w mikrosystemach. Modelowanie z wykorzystaniem elementów o stałych skupionych i rozłożonych (2 godz.)

Wprowadzenie do środowiska Coventor. Przedstawienie metodologii projektowania i symulacji mikrosystemów na przykładowych konstrukcjach (8 godz.).

Omówienie projektów studenckich (3 godz.).

Zakres ćwiczeń, laboratorium, projektu:

Lab.0 (2 godz.) Wprowadzenie do środowiska Coventor.

Lab.1 (8 godz.) Krzemowa belka z aktywacją napięciową (projektowanie geometrii, symulacja naprężeń i odkształceń w trakcie zmian natężenia pola elektrycznego, badanie częstotliwości rezonansowych, optymalizacja rozmiarów Lab.2 (14 godz.) Realizacja jednego z tematów:

- Krzemowy czujnik ciśnienia (projektowanie geometrii, symulacja naprężeń membrany, symulacja zmian pojemności, optymalizacja rozmiarów membrany i lokalizacji piezorezystorów)

- Krzemowy czujniki gazów z grzaną membraną (projektowanie geometrii, obliczenia pola rozkładu temperatury dla zadanej konfiguracji grzejnika, optymalizacja kształtu grzejnika pod kątem uzyskania równomierności rozkładu pola temperatury)

- Krzemowy czujnik przyspieszenia z masą sejsmiczną (projektowanie struktury czujnika, obliczenia odkształceń w warunkach dynamicznych, optymalizacja kształtu i rozmiaru zawieszonych masy sejsmicznej)

- Mikrosystem typu LoC (symulacja przepływu cieczy o zadanych parametrach w mikrokanalach – wymuszenie ciśnieniowe i elektroosmotyczne, mieszanie cieczy, optymalizacja kształtów kanałów)

- Mikrosystem biologiczny (symulacja systemu do PCR-polymerase chain reaction, optymalizacja pola temperatury i szybkości przepływu)

- Konstrukcja czujnika zaproponowana przez zespół studencki

Uwagi realizacyjne: Realizacja głównego celu przedmiotu, jakim jest zaznajomienie studentów specjalności ze współczesnymi środowiskami do symulacji i projektowania mikrosystemów takimi jak Coventor. Warunkiem jest posiadanie aktywnej licencji na program. Zajęcia laboratoryjne mogą być realizowane zdalnie.

Sposoby weryfikacji zakładanych efektów kształcenia:

Zaliczenie wszystkich ćwiczeń laboratoryjnych (80% punktów). Dyskusja (obrona) na temat zrealizowanych projektów i uzyskanych wyników symulacji (20% punktów). Ocena jest wypadkową z sumy uzyskanych punktów wg. skali 50-59% ocena 3, 60-69% ocena 3.5, 70-79% ocena 4, 80-89% ocena 4.5, 90-100% ocena 5.

Materiały dydaktyczne: (dostępne w Bibliotece Głównej, P.W.)

1. Bielski Jan, „Wprowadzenie do inżynierskich zastosowań metody elementów skończonych”, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, 2010
2. Milenin Andrij Anatolijovič, „Podstawy metody elementów skończonych”, Wydawnictwo Akademii Górniczo Hutniczej 2010

3. Sadecka Lilianna, „Metoda różnic skończonych i metoda elementów skończonych w zagadnieniach mechaniki”, Wydawnictwo Politechniki Opolskiej 2010
4. Grabarski Adam, „Wprowadzenie do metody elementów skończonych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej 2008
5. Reddy Junuthula Narasimha, „The finite element method in heat transfer and fluid dynamics”, Boca Raton 2010
6. Faraone L. Red, „Microelectronics, MEMS and Nanotechnology”, Institute of Physics Publ., 2006
7. Senturia, Stephen D, „Microsystem design”, Springer, 2001
8. Meng, Ellis, Biomedical microsystems, CRC Press, 2011
9. Opisy funkcji programu Coventor i kursy multimedialne dostępne na stronie <http://www.coventor.com>
10. Opisy projektów studenckich na stronie <http://www.coventor.com/mems/techinfo/university.html>

Modelowanie i projektowanie mikrosystemów (W-1, L-2)

Efekty uczenia się:

efekty kształcenia student, który zaliczył przedmiot, potrafi	forma zajęć/technika nauczania	sposób sprawdzania (oceny)*	odniesienie do efektów uczenia się
Student zna budowę podstawowych mikrosystemów	wykład (przykłady) zajęcia lab.	zaliczenie ćwiczenia lab., prezentacja projektu	K1_W01 K1_W04 K1_W06
Student potrafi zaprojektować prosty mikrosystem	zajęcia lab.	zaliczenie ćwiczenia lab., prezentacja projektu	K1_U08 K1_U09 K1_U07
Student potrafi pracować indywidualnie i w zespole	ćwiczenia laboratoryjne (realizowany w zespołach 2-osob.)	zaliczenie ćwiczenia lab.	K1_K01

Zespół Autorski:
dr hab. Agnieszka Skala

PRZEDSIĘBIORCZOŚĆ STARTUPOWA

Poziom kształcenia: *drugiego stopnia*
Forma studiów i tryb prowadzenia przedmiotu: *studia stacjonarne*
Kierunek studiów: *Elektronika*
Profil studiów: *ogólnoakademicki*
Specjalność:
Jednostka prowadząca: *Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych*
Jednostka realizująca: *Wydział Zarządzania*
Koordynator przedmiotu: *dr hab. Agnieszka Skala*
Poziom przedmiotu: *średnio zaawansowany*
Status przedmiotu: *obowiązkowy*
Język prowadzenia zajęć: *polski*
Semestr nominalny: *3*
Minimalny numer semestru: *-*
Wymagania wstępne/zalecane przedmioty poprzedzające: *-*
Dyskonta: *-*
Limit liczby studentów: *90*

Powód zgłoszenia przedmiotu: nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika

Cel przedmiotu: *(max 256 znaków)*

Zdobycie wiedzy i umiejętności na temat specyfiki przedsiębiorczości startupowej oraz w zakresie metodyki zarządzania startupem: Lean Startup

Skrócony opis przedmiotu *(max 1000 znaków):*

W ramach przedmiotu słuchacze zapoznają się z zagadnieniami związanymi z przedsiębiorczością innowacyjną, technologiczną, dynamiczną. Poznają narzędzia wdrażania projektów zgodnie z metodyką Lean Startup. Nabywają umiejętności związane z podejmowaniem decyzji w zakresie doboru odpowiedniej metodyki zarządzania w zależności od charakteru przedsięwzięcia. Studenci ćwiczą zdobyte umiejętności w ramach grupowej pracy projektowej. Na koniec studenci prezentują projekt i swoją pracę nad nim w ramach spotkania, w którym uczestniczą specjaliści – przedsiębiorcy, inwestorzy, edukatorzy.

Skrócony opis przedmiotu w języku angielskim *(max 1000 znaków):*

Treści kształcenia:

Wykład: Zdobycie wiedzy na temat specyfiki przedsiębiorczości startupowej oraz w zakresie metodyki zarządzania startupem: Lean Startup

W1: Różne formy przedsiębiorczości we współczesnym świecie. Przedsiębiorczość innowacyjna a inne formy przedsiębiorczości. Startupy jako szczególne formy organizacji aktywności przedsiębiorczej;

W2: Lean Startup jako metodyka zarządzania startupem i jej składowe: zwinny rozwój produktu (agile development), odkrywanie klienta (customer development) i modelowanie biznesowe; triada: klient-problem- rozwiązanie (CPS);

W3: Modelowanie biznesowe na bazie kanwy modelu biznesowego oraz kanwy propozycji wartości wg Osterwaldera; formułowanie hipotez biznesowych;

W4: Weryfikowanie hipotez biznesowych w procesie modelowania biznesowego; odkrywanie klienta – zasady projektowania i przeprowadzania wywiadów z interesariuszami projektu; prototypowanie, koncepcja MVP;

W5: Zasady prawidłowego „pitchu” projektu, prezentacji pomysłu i pracy nad jego weryfikacją i rozwojem.

Projekt: Praca nad realizacją startupu – co najmniej zakończenie etapu Customer Discovery - na projekcie własnym (w grupach):

P0: Selekcja pomysłów na projekty, elementy debaty;

P1: Sformułowanie hipotez biznesowych: CPS i archetypu klienta (persony),

P2-P3: Kanwa propozycji wartości i kanwa modelu biznesowego – warsztaty nad projektami w grupach,

P4: Zaprojektowanie wywiadów i przeprowadzenie ich,

P5: Weryfikacja hipotez biznesowych,

P6: Zajęcia mentoringowe

P7: Ochrona własności przemysłowej i prawa autorskiego, jak korzystać z zasobów informacji patentowej

P8-P9: Prezentacja końcowa projektu (w obecności gości spoza uczelni – inwestorzy, przedsiębiorcy, specjaliści).

Egzamin: *Nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. Blank, S., 2013. Why the lean Startup Changes Everything?, Harvard Business Review, Vol 91(5), ss. 63-72
2. Blank, S., Dorf, B. Podręcznik Startupu. Budowa wielkiej firmy krok po kroku. Helion, 2013
3. Aulet, B. Przedsiębiorczość zdyscyplinowana, Helion
4. Skala, A., 2018. Startupy. Wyzwanie dla zarządzania i edukacji przedsiębiorczości. Kraków: edu-Libr
5. Cieślak, J., 2014. Przedsiębiorczość, polityka, rozwój, Warszawa: Wydawnictwo Akademickie Sedno
6. Osterwalder, A., 2012. Tworzenie modeli biznesowych. Podręcznik wizjonera. Poznań: Helion
7. Osterwalder, A., Pigneur, Y., Bernarda, G., Smith, A. Value proposition design: How to create products and services customers want. John Wiley & Sons.

Wymiar godzinowy zajęć:

Formy prowadzonych zajęć Wymiar godzinowy zajęć

Wykład - 10

Ćwiczenia audytoryjne -

Zajęcia Projektowe - 20

Laboratoria -

Zajęcia komputerowe -
Seminaria -
Lektoraty -
Warsztaty – zajęcia -
zintegrowane
Zajęcia z wykorzystaniem
-
technik kształcenia na odległość

Organizacja zajęć:

Zajęcia wykładowo-konwersatoryjne mają charakter wprowadzający. Następnie studenci w grupach 3-5-osobowych pracują nad projektem startupu. Celem jest osiągnięcie etapu MVP (Minimum Viable Product) lub co najmniej etapu weryfikacji głównych hipotez biznesowych w ramach modelowania biznesowego.

Przewiduje się 15 spotkań w trakcie semestru, przy czym ostatnie 1-2 zajęcia (w zależności od liczności zespołów projektowych) będą przeznaczone na prezentacje końcowe, oraz 1-2 zajęcia w połowie semestru będą przeznaczone na zajęcia mentoringowe. Przewiduje się również fakultatywnie wizytę gościa na zajęciach i/lub wizytę w Inkubatorze Przedsiębiorczości PW.

Każdy student musi wziąć udział w co najmniej jednym wydarzeniu startupowym w semestrze (poza godzinami zajęć) i napisać krótką notatkę z tego wydarzenia.

Zespoły projektowe będą 3 lub 5-osobowe – w zależności od liczebności grupy zajęciowej – nie powinno być więcej niż 8 zespołów w jednej grupie.

Wymiar w jednostkach ECTS: 2

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 30 godz., w tym
obecność na wykładach 10 godz.,
obecność na zajęciach projektowych/warsztatowych 16
godz., obecność na zajęciach mentoringowych 2 godz.
obecność na zajęciach z gościem / w inkubatorze 2 godz.

2. praca własna studenta – 25 godz., w tym
przygotowanie do zajęć projektowych 20
godz., przygotowanie do prezentacji końcowej
5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 55 godz., co odpowiada 2 pkt. ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału
nauczycieli akademickich:** 1,33 pkt. ECTS, co odpowiada 30 godz. kontaktowym.

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze
praktycznym:** 1,91 pkt. ECTS, co odpowiada 16 godz. zajęć projektowych, 2 godz.
zajęć mentoringowych, 20 godz. przygotowań do zajęć projektowych i 5 godz.
przygotowań do prezentacji końcowej.

Wymagania wstępne:

brak

Efekty uczenia się:

symbol efektu uczenia się	opis efektu uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny) ³	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA				
W1	Student zna i rozumie ogólne zasady tworzenia i rozwoju form indywidualnej przedsiębiorczości – odnośnie do przedsięwzięć ambitnych i innowacyjnych.	wykład	Zaliczenie pisemne, aktywność na zajęciach	W_07
W2	Zna i rozumie podstawowe zasady ochrony własności przemysłowej i prawa autorskiego, wie jak korzystać z zasobów informacji patentowej	wykład	Zaliczenie pisemne, aktywność na zajęciach	W_08
UMIĘTNOŚCI				
U1	Student potrafi identyfikować i interpretować podstawowe zjawiska i procesy społeczne z wykorzystaniem wiedzy z zakresu przedsiębiorczości, ze szczególnym uwzględnieniem kreowania postaw przedsiębiorczych i podejmowania wyzwań związanych z rozwojem przedsiębiorczości	zajęcia projektowe	Jakość pracy podczas zajęć projektowych, aktywność na zajęciach, zaangażowanie w pracę grupy, prezentacja końcowa	
U2	Potrafi komunikować się i prezentować wyniki swojej pracy różnicowanemu kręgowi odbiorców	Zajęcia projektowe	prezentacja końcowa	U_02
KOMPETENCJE SPOŁECZNE				
K1	Student jest gotowy do myślenia i działania w sposób przedsiębiorczy.	zajęcia projektowe	obserwacja, ocena aktywności podczas zajęć	K_01
...				

- 3) Sposoby weryfikacji uzyskania efektów uczenia się: egzamin pisemny, egzamin ustny, kolokwium pisemne, kolokwium ustne, test, sprawozdanie/raport pisemny, projekt, prezentacja, praca domowa, esej, wzajemna ocena przez uczestników zajęć, ocena aktywności podczas zajęć samoocena.

Zespół autorski:

dr hab. inż. Piotr Samczyński, prof. uczelni
dr inż. Artur Gromek
dr inż. Łukasz Maślikowski
mgr inż. Bartosz Dzikowski

**Cyfrowe przetwarzanie sygnałów z wykorzystaniem LabVIEW
(PSYL_ENG)**

Digital Signal Processing Techniques using LabVIEW

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane, Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Grupa przedmiotów: *PZ, PZ-E, PZ-OTE*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *angielski*

Semestr nominalny:

Minimalny numer semestru: **1**

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: **SYSY, PSY1, PSY2**

Limit liczby studentów: **48**

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *The course aims to teach the fundamental theoretical and practical application problems related to advanced digital signal processing methods widely used in modern radar systems, radio, or telecommunications. The applications will be presented using LabVIEW environment. The course of LabVIEW programming language will be incorporated in the study to allow students effective implementation for signal processing algorithms and methods in that environment. The laboratory exercises will provide practical knowledge of signal processing algorithm implementation in the LabVIEW environment. After completing the course, students will have the possibility of taking a free CLAD exam (called Certified LabVIEW Associate Developer) certified by National Instruments (NI). In addition, each student participating in a course will receive a full version of the free student edition of LabVIEW. Students choosing this item should have a basic knowledge of signal processing theory and necessary digital signal processing skills.*

After the course, students will possess skills in LabView Graphical programming (G programming language) and the use of digital signal processing techniques in LabVIEW programming environment.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

- W1: Introduction to LabVIEW Environment (2h)
 - W2: Troubleshooting and Debugging VIs (2h)
 - W3: Creating Your First Application - LabVIEW Fundamentals (2h)
 - W4: Modularity (Sub-VI) (2h)
 - W5: Creating and Leveraging Data Structures (2h)
 - W6: Accessing Files and Hardware resources in LabVIEW (2h)
 - W7: Using Sequential and State Machine Programming (2h)
 - W8: Variables and race conditions (2h)
 - W9: Using Decision-Making Structures, Communicating Data Between Parallel Loops (2h)
 - W10: Design Patterns (2h)
 - W11: Controlling the User Interface (VI Server Architecture, property nodes, invoke nodes) (2h)
 - W12: File IO Techniques (1h)
 - W13: Improving an Existing VI, Creating and Distributing Applications (1h)
 - W14: Signal Processing in LabView (2h)
 - W15: LabVIEW in Practical Applications (3h)
- W_Additional: Preparing to the CLAD Exam - Most Commonly Missed Topics on the CLAD (3h)

ĆWICZENIA – ZAJĘCIA O CHARAKTERZE CZĘŚCIOWO ZINTEGROWANYM:

Nie dotyczy

LABORATORIA:

- Lab 0: Introduction to LabVIEW Environment, Creating Your First Application - LabVIEW Fundamentals, Modularity (Sub-VI) (3h).*
- Lab 1: Creating and Leveraging Data Structures (Arrays, Clusters, Type Definitions) (3h).*
- Lab 2: Accessing Files and Hardware resources in LabVIEW (3h).*
- Lab 3: Creating variables, Using Sequential and State Machine Programming (3h).*
- Lab 4: Using Decision-Making Structures, Communicating Data Between Parallel Loops, Controlling the User Interface (VI Server Architecture, property nodes, invoke nodes), Design Patterns (3h).*
- Lab 5: Signal Processing techniques implementation in LabView (3h).*

PROJEKT:

The project consists of two parts:

1. *Mini-project (so-called warm-up): build in LabVIEW simple applications using digital signal processing*
2. *The main project, which consists of two parts:*
Part I. Definition of the subject and scope of the project. Algorithms definition and software structure.
Part II. Final built in LabVIEW applications with software documentation.

PSYL projects examples:

1. *Multi-channel signal spectrum analyzer*
2. *Sonar system for target detection*
3. *Features detection in optical images*
4. *PSK, FSK, QPSK modulations simulator*
5. *Audio signal processing*
6. *Radio- and tele-communication signals coder/decoder (e.g. DAB, DVB-T, GSM, UMTS, WIFI)*

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. Marcin Chruściel, „LabVIEW w praktyce”, Wydawnictwo BTC, 2008.
2. Nesser Kehtarnavaz, „Digital Signal Processing System Design. LabVIEW-Base Hybrid Programming”, Elsevier 2014
3. Cory L. Clark, “LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications”, The McGraw-Hill Companies, 2006
4. Thomas J. Bress, “Effective LabVIEW Programming”, NTS Press 2013
5. Tomasz P. Zieliński, „Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów – Od teorii do zastosowań”, WKŁ 2009
6. S. Lawrence Marple, Jr. „Digital Spectral Analysis with Applications”, Prentice-Hall, 1987
7. Dedicated materials developed by the authors' team as part of the LabView Academy program, based on the educational and training materials of National Instruments, such as: LabView Core 1, 2 i 3, LabView Performance, Advanced Architectures in LabView, LabView Object Oriented Programming, LabView Real-Time, LabView FPGA.
8. Software: LabVIEW 2020, LabVIEW NXG

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2,2	-	1,2	1	(66h/sem.)

30 hours of lectures + 3 hours of additional lectures preparing for the CLAD exam + 15 laboratory hours (scored) + 3 hours introductory laboratory hours (not scored) + 15 design hours

Total: 66 hours / semester

*Należy wpisać wymiar godzinowy w tygodniu dla poszczególnych typów zajęć (modułów), np.
30h wykładu to 2h zajęć tygodniowo (czyli: W 2)*

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

*Oszacowanie nakładu pracy studenta, 1 ECTS to ok. 25h nakładu pracy studenta w semestrze.
W tę wartość wlicza się czas przygotowania do zajęć, kolokwiów, realizację projektów, itp.
Przykładowe wyliczenie poniżej:*

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

- 1. number of contact hours – 61 hours, including
student presence at lectures 33 hours.,
number of laboratory hours 18 hours.,
Consultations with the teacher 10
hours.*

- 1. student's own work – 64 hours, including
preparation for lectures and laboratories (study materials from the lecture and
additional literature, an attempt to solve the tasks given during the lecture), 20 hours.,
preparation for tests (colloquiums) 15
hours, mini-project preparation: 5 hours,
Project part 1 preparation: 4 hours,
Project part 1 preparation: 20 hours.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 125 hours., which corresponds to 5 pkt ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału
nauczycieli akademickich: 1.32 pkt ECTS, which corresponds to 33 contact hours.**

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze
praktycznym: 1,88 pkt ECTS, which corresponds 47 godz. (18 laborathory hours + 29
hours for project realization)**

*Zajęcia o charakterze praktycznym to projekty lub laboratoria, jeśli takie są to
wpisujemy liczbę ECTS*

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_W01
W2:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_W02
W3:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_W03
W5:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_W05
W7:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_W07
UMIEJĘTNOŚCI			
U1:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U01
U2:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U02
U5:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_U05

U7:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_U07
U9:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_U09
U11:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U11
U14:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U14
U15:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U15
U16:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U16
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01:	Laboratoria, Projekt	Laboratoria, Projekt	K1_K01

Zespół autorski:

dr hab. inż. Piotr Samczyński, prof. uczelni
dr inż. Artur Gromek
dr inż. Łukasz Maślikowski
mgr inż. Bartosz Dzikowski

**Cyfrowe przetwarzanie sygnałów z wykorzystaniem LabVIEW
(PSYL_POL)**

Digital Signal Processing Techniques using LabVIEW

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane, Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Grupa przedmiotów: *PZ, PZ-E, PZ-OTE*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny:

Minimalny numer semestru: **1**

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: **SYSY, PSY1, PSY2**

Limit liczby studentów: **48**

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z podstawowymi problemami teoretycznymi i praktycznymi związanymi z implementacją w środowisku LabVIEW metod przetwarzania sygnałów cyfrowych szeroko wykorzystywanych we współczesnych systemach telekomunikacyjnych, radiokomunikacyjnych, czy radiolokacyjnych. Na wykładzie przedstawiony zostanie przegląd współczesnych technik przetwarzania począwszy od omówienia podstaw teorii cyfrowego przetwarzania sygnałów poprzez metody zaawansowane, a kończąc na praktycznych ich realizacjach w środowisku LabVIEW. W ramach wykładów omówione zostaną metody programowania z wykorzystaniem środowiska LabVIEW oraz ich wykorzystanie pod kątem realizacji algorytmów cyfrowego przetwarzania sygnałów. W ramach laboratorium odbędzie się praktyczny kurs korzystania ze środowiska LabVIEW mający na celu efektywne wykorzystanie go w celu implementacji metod przetwarzania sygnałów. Po zakończeniu przedmiotu studenci będą mieli możliwość nieodpłatnego przystąpienia do egzaminu CLAD (ang. Certified LabVIEW Associate Developer) certyfikowanego przez firmę National Instruments (NI). Dodatkowo, każdy student uczestniczący w kursie otrzyma dostęp do bezpłatnej pełnej wersji studenckiej LabVIEW.*

Studenci wybierający ten przedmiot powinni posiadać podstawową wiedzę z teorii sygnałów oraz podstaw cyfrowego przetwarzania sygnałów.

Po zakończeniu przedmiotu studenci nabędą umiejętności programowania graficznego w Labview (ang. G programming language) i wykorzystania metod cyfrowego przetwarzania sygnałów w tym środowisku.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

W1: Wprowadzenie do LabVIEW (2h)

W2: Debugowanie (wyszukiwanie i usuwanie błędów w VI) w środowisku LabVIEW (2h)

W3: Podstawy programowania w LabVIEW, czyli jak zaimplementować prosty VI (2h)

W4: Modularyzacja oprogramowania (Sub-VI) (2h)

W5: Tworzenie i wykorzystanie struktur danych (2h)

W6: Zarządzanie plikami i zasobami sprzętowymi (2h)

W7: Przetwarzanie sekwencyjne, maszyna stanów (2h)

W8: Tworzenie i wykorzystanie zmiennych, wyścigi (race conditions) (2h)

W9: Komunikacja asynchroniczna, kolejki, aplikacje wielowątkowe, wymiana danych pomiędzy wątkami, obsługa zdarzeń (2h)

W10: Wzorce programowe środowiska LabVIEW (2h)

W11: Metody kontroli interfejsu użytkownika (VI Server Architecture, property nodes, invoke nodes) (2h)

W12: Techniki zarządzania różnymi typami plików w LabVIEW (1h)

W13: Techniki refaktoryzacji oprogramowania w LabVIEW (1h); Tworzenie i dystrybucja aplikacji (1h)

W14: Techniki przetwarzania sygnałów z wykorzystaniem LabView (2h)

W15: Przykłady wykorzystania LabVIEW w praktyce (3h)

W_Dodatkowy: przygotowanie do egzaminu CLAD (3h)

ĆWICZENIA – ZAJĘCIA O CHARAKTERZE CZĘŚCIOWO ZINTEGROWANYM:

Nie dotyczy

LABORATORIA:

Lab 0: Wprowadzenie do programowania w środowisku LabVIEW, Tworzenie aplikacji modułowych (Sub-VI) (3h).

Lab 1: Tworzenie i używanie struktur (Operacje na tablicach, Klastry, Definicja Typu) (3h).

Lab 2: Obsługa plików i sprzętu (3h).

Lab 3: Tworzenie i wykorzystanie zmiennych, maszyna stanów, przetwarzanie sekwencyjne (3h).

Lab 4: Aplikacje wielowątkowe, wymiana danych pomiędzy wątkami, obsługa zdarzeń, obsługa błędów, implementacja architektur programistycznych (3h).

Lab 5: Techniki przetwarzania sygnałów z wykorzystaniem LabView (3h).

PROJEKT:

Projekt składa się z dwóch części:

- 1. Mini-projekt (tzw. rozgrzewka): implementacja prostych technik cyfrowego przetwarzania sygnałów z wykorzystaniem LabVIEW*
- 2. Projekt główny, w skład którego wchodzi dwa etapy:
Etap I. Definicja tematu i zakresu projektu oraz opracowanie podstaw teoretycznych algorytmów i struktury oprogramowania.
Etap II. Implementacja, refaktoryzacja i testowanie kodu wraz z odpowiednią dokumentacją oprogramowania*

Przykładowe tematy projektów:

- 1. Implementacja wielokanałowego analizatora widma sygnałów*
- 2. Implementacja systemu sonarowego do wykrywania obiektów*
- 3. Analiza zdjęć/sekwencji optycznych, wykrywanie cech charakterystycznych*
- 4. Symulator modulacji cyfrowych PSK, FSK, QPSK*
- 5. Przetwarzanie sygnałów mowy - koder/dekoder*
- 6. Przetwarzanie, kodowanie i dekodowanie sygnałów wykorzystywanych w radio- i telekomunikacji (np. DAB, DVB-T, GSM, UMTS, WIFI)*

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. Marcin Chruściel, „LabVIEW w praktyce”, Wydawnictwo BTC, 2008.
2. Nesser Kehtarnavaz, „Digital Signal Processing System Design. LabVIEW-Base Hybrid Programming”, Elsevier 2014
3. Cory L. Clark, “LabVIEW Digital Signal Processing and Digital Communications”, The McGraw-Hill Companies, 2006
4. Thomas J. Bress, “Effective LabVIEW Programming”, NTS Press 2013
5. Tomasz P. Zieliński, „Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów – Od teorii do zastosowań”, WKŁ 2009
6. S. Lawrence Marple, Jr. „Digital Spectral Analysis with Applications”, Prentice-Hall, 1987
7. Materiały dedykowane opracowane przez zespół autorski w ramach programu LabView Academy w oparciu o materiały dydaktyczno-szkoleniowe firmy National Instruments, takie jak: LabView Core 1, 2 i 3, LabView Performance, Advanced Architectures in LabView, LabView Object Oriented Programming, LabView Real-Time, LabView FPGA.
8. Oprogramowanie: LabVIEW 2020, LabVIEW NXG

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2,2	-	1,2	1	(66h/sem.)

30 godzin wykładowych + 3godzin wykładu dodatkowego przygotowującego do egzaminu CLAD + 15 godzin laboratoryjnych punktowanych + 3 godziny laboratorium zerowe wprowadzające do tematyki (niepunktowane) + 15 godzin projektowych Razem: 66 godzin/semestr

Należy wpisać wymiar godzinowy w tygodniu dla poszczególnych typów zajęć (modułów), np. 30h wykładu to 2h zajęć tygodniowo (czyli: W 2)

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

Oszacowanie nakładu pracy studenta, 1 ECTS to ok. 25h nakładu pracy studenta w semestrze. W tę wartość wlicza się czas przygotowania do zajęć, kolokwiiów, realizację projektów, itp. Przykładowe wyliczenie poniżej:

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 61 godz., w tym*

obecność na wykładach 33 godz.,

liczba godzin laboratorium 18

godz. udział w konsultacjach 10

godz.

1. *praca własna studenta – 64 godz., w tym*

przygotowanie do wykładów i laboratoriów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury dodatkowej, próba rozwiązania zadań przekazanych na wykładzie) 20 godz.,

przygotowanie do kolokwiiów 15 godz.

przygotowanie mini-projektu: 5 godz.

przygotowanie Projektu cz. 1: 4 godz.

przygotowanie Projektu cz. 1: 20

godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 125 godz., co odpowiada 5 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,32 pkt ECTS, co odpowiada 33 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,88 pkt ECTS, co odpowiada 47 godz. (18 godz.laboratorium + 29 godz. na realizację projektów)

Zajęcia o charakterze praktycznym to projekty lub laboratoria, jeśli takie są to wpisujemy liczbę ECTS

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_W01
W2:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_W02
W3:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_W03
W5:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_W05
W7:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_W07
UMIEJĘTNOŚCI			
U1:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U01
U2:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U02
U5:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_U05

U7:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_U07
U9:	Wykład, laboratoria, projekt	Częściowo Kolokwia, częściowo laboratoria, częściowo projekt	K1_U09
U11:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U11
U14:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U14
U15:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U15
U16:	Wykład, laboratoria, projekt	Kolokwia, laboratoria, projekt	K1_U16
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01:	Laboratoria, Projekt	Laboratoria, Projekt	K1_K01

Zespół autorski:

Marek Nałęcz

Gustaw Mazurek

Równoległe implementacje metod numerycznych (RIM)
Parallel implementations of numerical methods

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów:

(Przedmioty techniczne)---EITI

(Przedmioty zaawansowane)-Elektronika-dr.-EITI

(Przedmioty zaawansowane obieralne)-Systemy Elektroniczne i Wbudowane-mgr.-EITI

(Przedmioty zaawansowane techniczne)--mgr.-EITI

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *nie dotyczy*

Minimalny numer semestru: *pierwszy semestr studiów drugiego stopnia (w uzasadnionych przypadkach kierownik przedmiotu może odstąpić od tego wymagania, a w szczególności umożliwić realizację przedmiotu studentom dwóch ostatnich semestrów studiów pierwszego stopnia)*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Przedmiot może realizować w zasadzie każdy student studiów drugiego stopnia prowadzonych na WEiTI lub doktorant PW. Wymagana jest jednak umiejętność programowania w języku C i C++ oraz znajomość środowiska MATLAB.*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z nowoczesnymi technikami implementacji metod numerycznych i algorytmów przetwarzania sygnałów, w których to technikach szczególnie nacisk położony jest na efektywność obliczeń, uzyskaną przez wykorzystanie równoległości zapewnianej przez wielordzeniowe procesory graficzne i przez układy logiki programowalnej.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. Sprawy organizacyjne i regulaminowe. Technologiczne ograniczenia klasycznego podejścia związanego z przetwarzaniem sekwencyjnym. Najnowsze tendencje w dziedzinie procesorów wielordzeniowych i masywnie wielordzeniowych. Porównanie procesorów CPU i GPU, ich zalety i wady. Przyspieszenie, prawa Amdahla i Gustafsona-Barsisa. Podstawowe języki i modele programowania równoległego. Opis potoku przetwarzania w kartach graficznych. Początki technologii CUDA. Generacje procesorów GPU firmy NVIDIA i ich możliwości obliczeniowe. (2h)
2. Model sprzętowy platformy GPU. Hierarchiczna struktura urządzenia – wieloprocessor strumieniowy i procesory skalarne. Taksonomia Flynna. Współpraca komputera nadrzędnego (gospodarza) z urządzeniami GPU. Sposoby wykonywania wątków przez GPU i ich hierarchia: sieć, bloki, sploty, wątki. Sposoby indeksowania wątków. Zanurzenie modelu wykonania w modelu platformy sprzętowej. Wprowadzenie do języka CUDA C/C++. Struktura kodu gospodarza i urządzeń podrzędnych. Fazy i ścieżki kompilacji programu, opcje linii komendy kompilatora nvcc. Koncepcja języka PTX. Architektury sprzętowe i obliczeniowe. Wybrane cechy funkcjonalne i parametry architektury wieloprocessorów strumieniowych różnych rodzin. (2h)
3. Studium przypadku – mnożenie macierzy. Rola współczynnika CGMA (Compute to Global Memory Access). Podstawowa referencyjna implementacja algorytmu sekwencyjnego na procesorze CPU. Sposób weryfikacji poprawności obliczeń. Najprostszy „naiwny” program równoległy na procesor GPU. Pomiar czasu wykonania całego programu i samego jądra obliczeniowego. Pomiar przyspieszenia. Testowanie błędów wykonania. Ograniczenia technologiczne wieloprocessorów strumieniowych i ich wpływ na dopuszczalne konfiguracje wykonania jądra. Mnożenie macierzy o dowolnych (nawet absurdalnie wielkich) rozmiarach. Precyzyjne dostrajanie konfiguracji wykonania jądra. Wykorzystanie hierarchicznego modelu podsystemu pamięci. Hierarchia pamięci a szybkość dostępu. Pamięć gospodarza, globalna, stała, współdzielona, podręczna, rejestry. (2h)
4. Studium przypadku – ciąg dalszy. Technika „kafelkowania” danych wejściowych z wykorzystaniem pamięci współdzielonej. Dynamicznie alokowana pamięć współdzielona. Grupowanie dostępu do banków pamięci współdzielonej. Upraszczenie kodu operującego na brzegowych obszarach dziedziny obliczeń. Wykorzystanie szablonów języka C++ do efektywnej implementacji adaptacyjnego rozmiaru „kafelka”. Rozwijanie pętli. Zmiana kolejności pętli w „szkolnym” algorytmie mnożenia macierzy. Algorytm Wołkowa równoległego mnożenia macierzy. Porównanie wydajności ręcznie zoptymalizowanego kodu z firmową biblioteką na różnych platformach sprzętowych. (2h)
5. Metody optymalizacji programów równoległych rekomendowane przez firmę NVIDIA. Firmowa metodyka Assess – Parallelize – Optimize – Deploy. Heurystyka związana z maksymalizacją wykorzystania zasobów wieloprocessora strumieniowego, arkusz kalkulacyjny i interfejs programistyczny do optymalizacji wykorzystania zasobów. Parametry wydajnościowe wieloprocessorów strumieniowych różnych rodzin. Potokowe programowanie aplikacji równoległych. Strumienie i grafy wykonania programu. Profilowanie aplikacji równoległej. (2h)

6. Programowanie wysokiego poziomu i biblioteki. Biblioteka szablonów Thrust. Pojemniki, iteratory, funktory wbudowane i zdefiniowane przez użytkownika. Podstawowe algorytmy równoległe biblioteki Thrust: zbieranie, rozrzucanie, generacja, transformacja, redukcja, skanowanie, sortowanie, scalanie, wyszukiwanie, podział, wybór, operacje na zbiorach. Iteratory generujące, układ danych w pamięci i iteratory „zazębiające” dane, składanie operacji. Współpraca biblioteki Thrust z systemem CUDA. Biblioteka algebry liniowej CUBLAS. Definicja poziomów BLAS. Konwencje nazewnictwa funkcji. Podstawowe operacje na wektorach i macierzach. Sposób wykorzystania biblioteki, także w wariancie „lekkim” i „rozszerzonym”. Generatory liczb pseudolosowych i quasi-losowych. Biblioteka CURAND w wariancie na komputer nadrzędny i na urządzenie GPU – sposoby użycia w programie użytkownika. Generowanie niestandardowych rozkładów. (2h)
7. Biblioteka CUFFT. Dyskretna transformata Fouriera, algorytm FFT, biblioteka FFTW i jej główne cechy funkcjonalne. Podstawowe funkcje interfejsu użytkownika, również w rozszerzonej wersji biblioteki. Funkcje zwrotne. Wzorce optymalizacji systemów wielowątkowych. Optymalny układ danych w pamięci, transformacja rozrzucania do zbierania, „kafelkowanie” danych wejściowych i „prywatyzacja” danych wyjściowych, wstępne grupowanie i pakowanie danych, wyrównywanie obciążeń. Synchronizacja w przetwarzaniu równoległym. Synchronizacja komputera nadrzędnego do zdarzeń, do urządzeń GPU i do strumieni. Synchronizacja pomiędzy różnymi urządzeniami GPU. Synchronizacja na barierze, szeregowanie zapisów do pamięci. Synchronizacja wątków w ramach współpracujących grup mniejszych i większych niż standardowe bloki. Operacje atomowe w zależności od wersji wieloprocesora strumieniowego. Operacja atomowa Compute – And – Swap. (2h)
8. Geneza układów FPGA. Architektury programowalnych układów logicznych w porównaniu z technologią FPGA. Podstawowa struktura zasobów logicznych FPGA. Zastosowanie tablic LUT do modelowania bramek logicznych. Pamięć konfiguracji układu. Możliwości konfiguracji bloków wejścia/wyjścia (IOB). Programowalna matryca połączeń. Przegląd rodzin układów FPGA dostępnych od różnych producentów. Funkcjonalność komórek CLB/Slice na podstawie rodziny Xilinx Virtex-7. Alternatywne zastosowania tablic LUT: pamięć rozproszona i rejestry przesuwne. Dedykowane bloki funkcjonalne: pamięć RAM, układy mnożące (Mult18x18, DSP48A), transiwery gigabitowe. Możliwości współpracy układu z pamięcią zewnętrzną DDR2/3/4. Prezentacja najnowszych technologicznie układów FPGA (Xilinx Virtex UltraScale+, Xilinx Versal). (2h)
9. Typowa ścieżka projektu dla układu FPGA. Etapy: syntezy logicznej, implementacji i mapowania, rozmieszczenia i łączenia (*Place & Route*). Definicja pliku ograniczeń. Metody fizycznej konfiguracji układu. Geneza i rozwój języka VHDL, prezentacja kolejnych rewizji standardu IEEE Std. 1076. Struktura przykładowego pliku w języku VHDL – biblioteki, deklaracja jednostki projektowej, opis architektury. Podstawowe typy danych: BIT, STD_LOGIC, funkcja rezolucji. Syntezowalne i niesyntezowalne biblioteki VHDL z uwzględnieniem bibliotek arytmetycznych. Wykorzystanie portów, sygnałów, komponentów we własnym projekcie. Atrybuty i metakomentarze VHDL. Instrukcje współbieżne, podstawowe operacje na wektorach bitowych. Przykłady kodowania typowych elementów logicznych (multipleksery, dekodery, bramki). Operatory języka VHDL i ich priorytety. Przepływowy i strukturalny styl opisu w języku VHDL. (2h)
10. Sposoby wykorzystania specjalizowanych bloków FPGA we własnych projektach: instancja, wnioskowanie, elementy biblioteczne. Przykłady instancji bloku

mnożącego, pamięci RAM, bloku zegarowego DCM, bufora wejścia / wyjścia LVDS. Behavioralny styl opisu w języku VHDL, ograniczenia możliwości implementacji. Definicja procesu, instrukcje sekwencyjne (warunku, przypadku, pętli). Synchroniczne i asynchroniczne działanie procesu. Techniki kodowania RTL zgodnie ze standardem IEEE Std. 1076.6. Przykłady kodowania elementów synchronicznych: przerzutniki, liczniki, rejestry przesuwne, akumulatory, pamięci ROM u RAM. Ograniczenia i zagrożenia związane z zastosowaniem zatrząsków (*Latch*). Operatory i biblioteki arytmetyczne języka VHDL: `ieee.std_logic_arith`, `ieee.numeric_std`. Realizacja operacji dodawania i odejmowania w strukturze FPGA: pełny sumator bitowy, dedykowana logika do obliczania i propagacji bitów przeniesienia. Łącuchy bitów przeniesienia jako kolejny typ zasobu FPGA. Przykłady realizacji prostych sumatorów w logice FPGA, ścieżka krytyczna sumatora. Zalecenia do kodowania VHDL z uwzględnieniem ograniczeń układów FPGA. (2h)

11. Kodowanie i realizacja operacji mnożenia. Mnożenie liczb ze znakiem i bez znaku. Realizacja mnożenia przez stałą. Realizacja w komórkach logicznych i dedykowanych blokach mnożących. Ewolucja bloków obliczeniowych w układach firmy Xilinx: MULT18x18, DSP48, DSP48A, DSP48E, DSP48E1, DSP58. Mnożenie liczb zespolonych: realizacja podstawowa i zoptymalizowana, z uwzględnieniem wykorzystania bloków DSP48 i DSP58. Kombinacyjny przesuwnik bitowy (*Barrel shifter*) z przykładową realizacją kombinacyjną i potokową w języku VHDL. Obliczanie modułu liczby zespolonej, algorytm aproksymacji min+max. Dzielenie liczb całkowitych przez stałą oraz w algorytmach iteracyjnych (odtworzących i nieodtworzących). Metody przyspieszenia operacji dzielenia. Koncepcja arytmetyki rozproszonej (obliczanie splotu) z uwzględnieniem specyfiki FPGA. (2h)
12. Geneza algorytmu CORDIC. Tryby pracy z obrotem po okręgu, hiperboli i przesuwaniu po prostej. Możliwości zastosowań CORDIC do obliczania funkcji elementarnych, przykładowe realizacje. Stałoprzecinkowa reprezentacja liczb – wady i zalety. Biblioteka `ieee.fixed_pkg` (VHDL-2008). Standardy zmiennoprzecinkowej reprezentacji liczb (IEEE Std. 754-2008). Realizacja podstawowych operacji zmiennoprzecinkowych w układach FPGA. Przykładowe bloki biblioteczne typu *Floating-point*. Biblioteka `ieee.float_pkg` (VHDL-2008). Wsparcie sprzętowe dla obliczeń zmiennoprzecinkowych w układach FPGA z serii Intel-10 oraz Xilinx Versal. Podejście System-on-Chip (SoC) w najnowszych układach. Procesory typu *Hard* oraz *Soft* w FPGA. Przegląd układów SoC firmy Xilinx: Zynq-7000, Zynq UltraScale+ MPSoC. Alternatywne sposoby specyfikacji projektu FPGA: opis w języku OpenCL. Kodowanie w jęz. C/C++ dla układu FPGA na przykładzie środowiska Xilinx Vivado HLS – trzy etapy syntezy: *Scheduling*, *Binding*, *Control Logic Extraction*. (2h)
13. Wirtualna maszyna i asembler PTX. Model programowy maszyny PTX. Modele spójności pamięci. Składnia języka asemblera. Operandy i typy danych. Lista rozkazów i dyrektywy. Przykłady wykorzystania asemblera PTX. Wstawki asemblerowe w języku CUDA C/C++. Implementacja nietypowego wariantu algorytmu FFT – wywoływanie kodu w języku PTX z poziomu środowiska MATLAB. Ogólne uwagi o współpracy MATLAB-a z procesorami GPU. Inne środowiska potrafiące wykonywać kod w języku PTX. (2h)
14. Inne niż CUDA środowiska programowania GPU. Język OpenCL. Historia. Przenośność kodu. Modele: platformy sprzętowej, wykonania programu, indeksowania wątków, hierarchii pamięci. Konteksty wykonania i ich elementy składowe: programy, jądra, obiekty pamięci i kolejki zleceń. Struktura aplikacji. Przykładowy program – dodawanie wektorów. Środowisko OpenACC. Historia,

aktualne wsparcie w różnych kompilatorach i językach. Najważniejsze dyrektywy i ich klauzule. Przykładowy program. Modele programowania równoległego z pamięcią lokalną i pamięcią wspólną. Model PGAS (Partitioned Global Address Space) na przykładzie języka X10. Inne projekty programowe i sprzętowe wykorzystujące model PGAS. (2h)

15. W poszukiwaniu równoległości. Graf przepływu sygnałów i jego zastosowanie do wyszukiwania równoległości w regularnych algorytmach iteracyjnych. Wykres zależności – definicja. Szeregowanie i rzutowanie punktów wykresu zależności. Krótki przegląd około dziesięciu zaczerpniętych z literatury przykładów konkretnych równoległych implementacji metod numerycznych i zastosowanych w nich mechanizmów optymalizacji wydajności programu. Zmieniająca się rola procesora nadrzędnego w systemach z akceleracją obliczeń na procesorach GPU. (2h)

ĆWICZENIA: *nie dotyczy*

LABORATORIA:

Laboratorium ma na celu nauczenie wszystkich słuchaczy kursu sprawnego posługiwania się systemami uruchomieniowymi (zarówno w aspekcie sprzętowym, jak i programowym) dla przedstawicieli obu rozważanych platform równoległych (procesorów graficznych Nvidia i układów logiki programowalnej Xilinx). Tematy laboratoriów obejmują pięć ćwiczeń po 3h każde:

1. **Zapoznanie się ze środowiskiem programistycznym CUDA.** Mój pierwszy program CUDA. (Utworzenie projektu. Upiększenie programu. Testy. Pomiar czasu wykonania brutto i netto. Wydruki kontrolne. Nadchodzi zmienny przecinek. Profilowanie programu. Odpluskwanie programu. Ścieżka kompilacji. Podglądanie rozkazów maszynowych. Kompilacja z linii komendy. Refaktoryzacja kodu). Program rysujący śliczne fraktale (Wersja CPU. Wersja GPU.). (3h)
2. **Optymalizacja programów w języku CUDA C.** Filtracja zakłóceń sygnału akustycznego. (Współczynnik CGMA dla filtracji FIR. Implementacja filtracji FIR na CPU. Wybór sygnału akustycznego. Niszczenie i odtwarzanie sygnału akustycznego. Uruchomienie filtracji FIR na CPU dla sygnału akustycznego. Pierwsza (naiwna) implementacja w środowisku CUDA. Lekko zmieniona implementacja w środowisku CUDA. Umieszczenie współczynników filtra w pamięci stałej. Przetwarzanie sygnału techniką „kafelkową”. Statyczny rząd filtra i rozwinięcie pętli. Dodatkowe próby optymalizacji.). Mnożenie macierzy przez jej transpozycję. (Wyjściowa implementacja w środowisku CUDA. Konflikty dostępu do pamięci współdzielonej. Grupowanie dostępu do pamięci globalnej. Zmiana algorytmu. Badanie wpływu konfiguracji wykonania programu.). (3h)
3. **Biblioteki wysokiego poziomu.** Całkowanie metodą Monte Carlo. (Sformułowanie problemu. Prototypowy program na procesor CPU – obliczanie objętości kuli. Przeniesienie programu na procesor GPU. Generacja liczb pseudolosowych za pomocą biblioteki CURAND. Badanie rozrzutu wyników w zależności od liczby punktów. Zastąpienie liczb pseudolosowych quasi-losowymi. Liczenie objętości innych brył. Liczenie innych typów całek – momenty bezwładności). **Odtwarzanie**

w języku MATLAB. Implementacja w języku CUDA C z wykorzystaniem biblioteki CUBLAS. Badanie wydajności programu.). (3h)

4. **Implementacja operacji numerycznych w układzie FPGA.** Zapoznanie się ze środowiskiem Xilinx ISE / Vivado i platformą sprzętową. Pierwszy projekt dla układu FPGA. Implementacja operacji dodawania i mnożenia z wykorzystaniem operatorów VHDL i atrybutu `impl_style`. Obliczanie iloczynu skalarnego w projekcie opisanym językiem VHDL. Porównanie różnych możliwości implementacji operacji mnożenia (komórki logiczne / bloki mnożące) dla przypadku stałych oraz zmiennych współczynników. Optymalizacja dynamiki oraz szybkości przetwarzania. (3h)
5. **Biblioteki obliczeniowe dla układów FPGA.** Zapoznanie się z listą bibliotek (IP Core) dostępnych w środowisku projektowym. Realizacja obliczenia splotu (filtracja FIR) z wykorzystaniem gotowej biblioteki. Porównanie szybkości przetwarzania i zajętości zasobów FPGA dla różnych sposobów implementacji: w strukturze bezpośredniej – równoległej, oraz z wykorzystaniem arytmetyki rozproszonej (16 cykli na próbkę oraz 1 cykl na próbkę). Realizacja algorytmu szybkiej estymacji modułu liczby zespolonej we własnym kodzie VHDL. Implementacja algorytmu FFT w dwóch wersjach (Radix 4, Radix 2) – porównanie szybkości przetwarzania i zajętości zasobów. Weryfikacja widma ampl. obliczonego w FPGA ze wzorcem wyznaczanym w środowisku Matlab. Obserwacja skutków wykonywania obliczeń w arytmetyce stałoprzecinkowej. (3h)

PROJEKT:

W ramach projektu wiedza pozyskana na wykładach i laboratoriach będzie wykorzystywana do rozwiązywania konkretnych, choć z konieczności odpowiednio uproszczonych, problemów praktycznych na jednej wybranej platformie (albo procesor graficzny, albo układ logiki programowalnej). Projekt ma charakter grupowy i odbywa się w zespołach liczących od 2 do 4 osób. W wyjątkowych przypadkach, po udokumentowaniu przez studenta jego doświadczenia w pracy zespołowej, kierownik przedmiotu może wyrazić zgodę na indywidualną realizację. Projekt obejmuje następujące etapy:

- utworzenie zespołu, wybór platformy sprzętowej (albo FPGA, albo GPU) i uzgodnienie z prowadzącym tematu projektu,
- opracowanie koncepcji i algorytmu rozwiązania problemu projektowego, uruchomienie kodu prototypowego implementującego ten algorytm (niekoniecznie równoległego, niekoniecznie w docelowym języku i niekoniecznie na docelowej platformie),
- opracowanie dokumentacji wstępnej (zawierającej opis problemu i sposobu jego rozwiązania, wyniki działania programu prototypowego i dyskusję przewidywanych sposobów zrównoleglenia implementacji na platformie docelowej),
- napisanie kodu źródłowego równoległej implementacji algorytmu rozwiązania problemu (kod nie musi jeszcze działać poprawnie, ale musi się kompilować),
- uruchomienie i optymalizacja równoległej implementacji algorytmu rozwiązania problemu oraz przekazanie projektu prowadzącemu do testowania podczas terminu projektowego,
- przekazanie kodu źródłowego i dokumentacji końcowej (zaktualizowana dokumentacja wstępna plus opis implementacji równoległej, przebiegu jej uruchamiania i optymalizacji, napotkanych problemów i ciekawostek itp.).

Egzamin: *tak*

Literatura:

1. J. Sanders, E. Kandrot: *CUDA w przykładach. Wprowadzenie do ogólnego programowania procesorów GPU*. Helion, 2012
2. D. B. Kirk, W. W. Hwu: *Programming Massively Parallel Processors: A Hands-on Approach. Third Edition*. Morgan Kaufmann, 2017
3. R. Farber: *CUDA Application Design and Development*. Morgan Kaufmann, 2011
4. S. Cook: *CUDA Programming. A Developer's Guide to Parallel Computing with GPUs*. Morgan Kaufmann, 2013
5. N. Wilt: *The CUDA Handbook. A Comprehensive guide to GPU Programming*. Addison-Wesley, 2013
6. A. V. Boreskov, A. A. Kharlamov: *Osnovy raboty s tekhnologiej CUDA*. DMK, Moskwa, 2010 (po rosyjsku)
7. A. Munshi I in.: *OpenCL Programming Guide*. Addison-Wesley, 2012
8. M. Zwoliński: *Projektowanie układów cyfrowych z wykorzystaniem języka VHDL*, WKŁ, 2002
9. K. Skahill: *Język VHDL. Projektowanie programowalnych układów logicznych*, WNT, 2001
10. J. Majewski, P. Zbysiński: *Układy FPGA w przykładach*, BTC, 2007
11. M. Nowakowski, *PicoBlaze. Mikroprocesor w FPGA*, BTC, 2009
12. Z. Hajduk: *Wprowadzenie do języka Verilog*, BTC, 2009
13. C. Maxfield: *The Design Warrior's Guide to FPGAs Devices, Tools, and Flows*, Elsevier, 2004. Dostępna w sieci jako e-Book
14. J. Van der Spiegel: *VHDL Tutorial*. Dostępna w sieci pod adresem: https://www.seas.upenn.edu/~ese171/vhdl/vhdl_primer.html
15. P. J. Ashenden: *The VHDL Cookbook*, Dostępna w sieci pod adresem: <https://tams.informatik.uni-hamburg.de/vhdl/doc/cookbook/VHDL-Cookbook.pdf>
16. U. Meyer-Baese: *Digital signal processing with field programmable gate arrays*, Springer, 2001
17. P. Krzyżanowski: *Obliczenia inżynierskie i naukowe. Szybkie, skuteczne, efektywne*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2011
18. F. Gebali: *Algorithms and Parallel Computing*. John Wiley & Sons, 2011
19. D. R. Martinez, R. A. Bond, M. M. Vai: *High Performance Embedded Computing Handbook – A Systems Perspective*. CRC Press, 2008
20. A. Karbowski, E. Niewiadomska-Szynkiewicz (red.): *Programowanie równoległe i rozproszone*. Oficyna Wydawnicza PW, 2009
21. R. G. Lyons: *Wprowadzenie do cyfrowego przetwarzania sygnałów*, WKŁ, 2000

Oprogramowanie:

1. NVIDIA CUDA
2. Microsoft Visual Studio
3. MATLAB
4. Xilinx ISE / Vivado

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	1	1	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 71 godz., w tym*

<i>obecność na wykładach</i>	30 godz.
<i>obecność na laboratoriach</i>	15 godz.
<i>uruchamianie i prezentacja projektu prowadzącemu</i>	10 godz.
<i>udział w konsultacjach wykładowych</i>	3 godz.
<i>udział w konsultacjach laboratoryjnych</i>	5 godz.
<i>udział w konsultacjach projektowych</i>	7 godz.
<i>obecność na egzaminie</i>	1 godz.

1. *praca własna studenta – 79 godz., w tym*

<i>przygotowanie do wykładów</i>	5 godz.
<i>przygotowanie do laboratoriów</i>	15 godz.
<i>przygotowanie do egzaminu</i>	9 godz.
<i>realizacja projektu</i>	50 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 150 godz., co odpowiada 5 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,37 pkt ECTS, co odpowiada 71 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,50 pkt ECTS, co odpowiada 75 godz. praktycznym (obecność na laboratoriach, realizacja projektu, uruchamianie i prezentacja projektu prowadzącemu).

Efekty uczenia się i formy ich weryfikacji:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie wybranych metod przetwarzania równoległego	Wykład, laboratoria, projekt	Egzamin, laboratoria, projekt	K1_W03 K1_W04 K1_W05 K1_W06
W2: posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie metodyki i technik implementacji wybranych metod numerycznych i algorytmów przetwarzania sygnałów na wielordzeniowych procesorach graficznych	Wykład, laboratoria, projekt	Egzamin, laboratoria 1, 2 i 3, ew. projekt	K1_W04 K1_W05 K1_W06
W3: posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie metodyki i technik implementacji wybranych metod numerycznych i algorytmów przetwarzania sygnałów na układach logiki programowalnej	Wykład, laboratoria, projekt	Egzamin, laboratoria 4 i 5, ew. projekt	K1_W04 K1_W05 K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi napisać w języku strumieniowym i uruchomić prosty program na wielordzeniowy procesor graficzny	Wykład, laboratoria, projekt	Laboratoria 1, 2 i 3, ew. projekt	K1_U01 K1_U07 K1_U08 K1_U09 K1_U10 K1_U11 K1_U12
U2: potrafi napisać w języku opisu sprzętu i uruchomić prosty program dla układu logiki programowalnej	Wykład, laboratoria, projekt	Laboratoria 4 i 5, ew. projekt	K1_U01 K1_U07 K1_U08 K1_U09 K1_U10 K1_U11 K1_U12

U3: potrafi optymalizować kod opracowany w języku strumieniowym lub w języku opisu sprzętu przez odpowiedni dobór bibliotek i wykorzystywanych elementów architektury użytego procesora czy układu	Wykład, laboratoria, projekt	Laboratoria, projekt	K1_U07 K1_U08 K1_U09 K1_U10 K1_U11 K1_U12 K1_U13
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: potrafi pracować indywidualnie i w małym zespole nad niedużymi projektami dotyczącymi implementacji wybranych metod numerycznych i algorytmów przetwarzania sygnałów w systemach wbudowanych zawierających wielordzeniowe procesory graficzne lub układy logiki programowalnej	Laboratoria, projekt	Laboratoria, projekt	K1_K01

Uwagi:

Przedmiot zaliczany jest na podstawie:

Pięciu trzygodzinnych laboratoriów wykonywanych samodzielnie, które oceniane są w skali 0...8 pkt. każde, z kwantem 0,5 pkt. – łącznie maksymalnie 40 pkt. Laboratoria nie mają kolokwium wstępnego, a ew. praca domowa oceniana jest łącznie z wykonaniem laboratorium. Podczas laboratorium nie wykonuje się sprawozdania, natomiast przekazuje się prowadzącemu opracowany kod źródłowy.

Projektu grupowego, obejmującego następujące etapy, dające łącznie maksymalnie 35 pkt.:

- o utworzenie zespołu, wybór platformy sprzętowej (FPGA/GPU) i uzgodnienie z prowadzącym tematu projektu – 0 pkt.
- o opracowanie koncepcji i algorytmu rozwiązania problemu projektowego, uruchomienie kodu prototypowego implementującego ten algorytm, opracowanie dokumentacji wstępnej – maksymalnie 5 pkt. z kwantem 0,5 pkt.
- o napisanie kodu źródłowego równoległej implementacji algorytmu rozwiązania problemu – maksymalnie 10 pkt. z kwantem 0,5 pkt.
- o uruchomienie i optymalizacja równoległej implementacji algorytmu rozwiązania problemu oraz przekazanie projektu prowadzącemu do testowania – maksymalnie 15 pkt. z kwantem 0,5 pkt.
- o przekazanie kodu źródłowego i dokumentacji końcowej – maksymalnie 5 pkt. z kwantem 0,5 pkt.

Jednogodzinnego egzaminu pisemnego przeprowadzanego w sesji – maksymalnie 25 pkt. z kwantem 0,5 pkt. Egzamin ma formę testu, zawierającego ok. 15 pytań otwartych, punktowanych skali do 1...2 pkt., dotyczących przede wszystkim zagadnień poruszanych na wykładach. Na egzaminie nie można korzystać z żadnych materiałów ani urządzeń pomocniczych, za wyjątkiem kalkulatorów. Studenci, którzy do momentu rozpoczęcia sesji osiągną założone efekty uczenia się, dokumentując to uzyskaniem łącznie z laboratoriów i projektu co najmniej 65 pkt., mogą zostać zwolnieni przez kierownika

przedmiotu z obowiązku przystąpienia do egzaminu pisemnego i wówczas zaliczają przedmiot z oceną 5,0.

Warunkiem zaliczenia przedmiotu, czyli uzyskania oceny co najmniej 3,0, przez osoby, które nie zostały zwolnione z egzaminu, jest uzyskanie sumy punktów z laboratoriów, projektu i egzaminu nie mniejszej niż 50 pkt. Ocena przyrasta o 0,5 co 10 pkt.

Zespół autorski: dr hab. Wojciech Matysiak

Stosowane procesy stochastyczne i analiza regresji
Applied stochastic processes and regression analysis

Poziom kształcenia: II stopień

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: stacjonarna

Kierunek studiów: Elektronika

Specjalność: Wszystkie kierunku Elektronika

Grupa przedmiotów: Przedmioty matematyczne specjalności SEW

Poziom przedmiotu: zaawansowany

Status przedmiotu: obieralny

Język przedmiotu: polski

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): 2

Minimalny numer semestru: 1

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: MANA, PWS, WNUM

Limit liczby studentów:

Powód zgłoszenia przedmiotu: zmiana programu studiów na drugim stopniu kierunku Elektronika

Cel przedmiotu: zapoznanie studentów z podstawowymi zagadnieniami stosowanych procesów stochastycznych, zarówno z czasem dyskretnym, jak i ciągłym, oraz zaprezentowanie elementarnych metod i zastosowań analizy regresji (liniowej, logistycznej i poissonowskiej). Istotną uwagę będzie zwrócona na wyrabianie intuicji probabilistycznych, podstawowych umiejętności symulacyjnych, umiejętności analizy danych oraz umiejętności widzenia metod losowych jako narzędzia przydatnego w pracy inżyniera.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

- 1. Przypomnienie wiadomości z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki.**
- 2. Modele liniowe:** model zależności liniowej między dwiema zmiennymi, model regresji liniowej wielorakiej, regresja wielomianowa – estymacja, predykcja, diagnostyka, problem wyboru zmiennych do modelu.
- 3. Uogólnione modele liniowe:** regresja logistyczna, regresja poissonowska – estymacja, predykcja, diagnostyka, problem wyboru zmiennych do modelu.
- 4. Procesy Poissona:** jednorodne procesy Poissona i ich przekształcenia (przerzedzanie, superpozycja), niejednorodne procesy Poissona, złożone procesy Poissona.
- 5. Procesy kolejkowe:** kolejki M/M/c, inne markowskie procesy kolejek, wzór Little'a.
- 6. Elementy teorii niezawodności:** funkcja niezawodności, funkcja intensywności uszkodzeń, skumulowana funkcja uszkodzeń, modele niezawodności obiektów

aproksymowane rozkładami prawdopodobieństwa (rozkład wykładniczy, rozkład normalny, rozkład Weibulla)

7. **Procesy gaussowskie:** wielowymiarowe rozkłady gaussowskie, funkcje kowariancji, symulacje.
8. **Procesy stacjonarne w szerszym sensie:** podstawowe pojęcia, elementy analizy widmowej, biały szum, szумы kolorowe, ergodyczność.
9. **Proces Wienera:** definicja, proces Wienera jako proces gaussowski, podstawowe własności trajektorii.
10. **Rozkłady z ciężkimi ogonami i ich zastosowania:** podstawowe własności, symulacje.

LABORATORIA:

W ramach zajęć laboratoryjnych studenci będą mieli do wykonania zadania praktyczne, ściśle związane z bieżącą problematyką omawianą na wykładzie i ćwiczeniach, które będą wykonywać w środowiskach Matlab, Simulink i R.

Treść kształcenia - streszczenie w jęz. angielskim:

(do dodania później)

Egzamin: tak

Literatura i oprogramowanie:

Materiały do zajęć – slajdy, zestawy zadań ćwiczeniowych, zestawy zadań symulacyjnych, opracowania

Książki:

1. Julian Faraway, „Linear Models in R”; 2005, Chapman & Hall/CRC texts in statistical science series.
2. Bruce Hajek “Random Processes for Engineers”, 2015, Cambridge University Press.
3. Oliver C. Ibe „Markov Processes for Stochastic Modeling”, 2009, Academic Press.
4. Jacek Koronacki, Jan Mielniczuk “Statystyka dla studentów kierunków technicznych i przyrodniczych”, 2001, Wydawnictwa Naukowo-Techniczne.
5. Wojbor A. Woyczynski, “A First Course in Statistics for Signal Analysis”,

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	Z
	-	15	-	- (w semestrze)

45

Wymiar w jednostkach ECTS: 5 pkt.

Realizacja przedmiotu obejmuje następujące formy zajęć:
wykład prowadzony w wymiarze 3 godz. tygodniowo,

zajęcia laboratoryjne w wymiarze 1 godz. tygodniowo; w ramach tych zajęć studenci będą realizować wskazane zadania z użyciem komputerów i pakietów matematycznych i statystycznych.

Sprawdzanie założonych efektów kształcenia realizowane jest przez:
ocenę wiedzy i umiejętności związanych z realizacją zadań laboratoryjnych – ocenę poprawności realizowanych zadań,
ocenę wiedzy i umiejętności wykazanych na egzaminie pisemnym oraz ustnym.

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się/kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych –**godz.**, w tym
 - obecność na wykładach: 45 godz.,
 - obecność na zajęciach laboratoryjnych: 15 godz.,
 - udział w konsultacjach związanych z realizacją przedmiotu: 4 godz.
 - obecność na egzaminie: 2 godz. (pomijamy ew. egzamin ustny)
2. praca własna studenta –**godz.**, w tym
 - analiza literatury i materiałów wykładowych związana z przygotowaniem do kolejnych wykładów, ćwiczeń, realizacji projektu i przygotowań do laboratorium: 30 godz.
 - przygotowanie do egzaminu: 20 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi godz., co opowiada 5 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,6 pkt. ECTS.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,6 pkt. ECTS, co odpowiada godz. przygotowań do realizacji (godz.) oraz realizacji (godz.) ćwiczeń laboratoryjnych i zadań projektowych.

Efekty kształcenia:

Formy weryfikacji efektów kształcenia:

Zamierzone efekty	Forma zajęć	Sposób weryfikacji	Odniesienie do kierunkowych efektów uczenia się
W01: student ma podstawową wiedzę z modeli liniowych i uogólnionych modeli	wykład, laboratoria	aktywność podczas laboratoriów, egzamin końcowy	K1_W01

liniowych			
W02: student ma podstawową wiedzę na temat najważniejszych klas stosowanych procesów stochastycznych (procesy Poissona, kolejkowe, gaussowskie, stacjonarne)	wykład, laboratoria	aktywność podczas laboratoriów, egzamin końcowy	K1_W01 K1_W03 K1_W06
U01: student umie analizować dane metodami modeli liniowych i uogólnionych modeli liniowych	laboratoria	aktywność podczas laboratoriów, egzamin końcowy	K1_U01 K1_U07 K1_U08
U02: student umie rozwiązać prosty problem techniczny metodami analitycznymi i symulacyjnymi wykorzystującymi procesów stochastyczne	laboratoria	aktywność podczas laboratoriów, egzamin końcowy	K1_U09 K1_U10 K1_U15

Zespół autorski:

dr hab. inż. Mateusz Malanowski, prof. uczelni
mgr inż. Marcin Żywek

Sygnaly radiolokacyjne i metody ich przetwarzania (SRMP)
Radar signal processing

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów: *--*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *--*

Minimalny numer semestru: *--*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

*Cyfrowe Przetwarzanie Sygnałów, Teoria Sygnałów i Modulacji,
Sygnały i Systemy*

Limit liczby studentów: *24*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest zaznajomienie studentów z nowoczesnymi metodami przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych. Główny nacisk położony będzie na praktyczne aspekty wykorzystania metod cyfrowego przetwarzania sygnałów, takich jak filtracja cyfrowa, szybkie przekształcenie Fouriera, czy filtracja kalmanowska, w radiolokacji.

Treść kształcenia:

Efektem kształcenia studentów będzie znajomość klasycznych metod przetwarzania sygnałów radiolokacyjnych, takich jak filtracja MTI/MTD, detekcja, estymacja czy śledzenie. Ponadto studenci poznają mniej rozpowszechnione, ale równie ważne, metody przetwarzania sygnałów w radarach z syntetyczną aperturą (SAR), radarach pasywnych (PCL) i radarach szumowych.

WYKŁADY:

- 1. Wprowadzenie do radiolokacji, propagacja fal, apertura anteny, powierzchnia skuteczna odbicia, równanie zasięgowe (4 godz.)*
- 2. Czasowo-częstotliwościowe metody reprezentacji sygnałów radiolokacyjnych, problem rozróżnialności w odległości i prędkości, przykłady stosowanych w praktyce sygnałów sondujących, kompresja impulsu, redukcja listków bocznych (4 godz.)*

3. *Przetwarzanie dopplerowskie: MTI (filtracja górnoprzepustowa) i MTD (filtracja pasmowo-przepustowa) (4 godz.)*
4. *Detekcja obiektu, algorytm CFAR, estymacja parametrów (4 godz.)*
5. *Śledzenie obiektów, filtracja kalmanowska, inicjalizacja trasy. (6 godz.)*
6. *Radary z falą ciągłą FMCW (2 godz.)*
7. *Obrazowanie radarowe, techniki SAR, ISAR, kompensacja ruchu (2 godz.)*
8. *Radary pasywne, wykorzystywane źródła promieniowania, usuwanie clutteru, lokalizacja obiektów (2 godz.)*
9. *Radary szumowe, sygnały szumowe (2 godz.)*

ĆWICZENIA – ZAJĘCIA O CHARAKTERZE CZĘŚCIOWO ZINTEGROWANYM:

Jeśli są, to należy opisać formę, proszę wymienić w punktach kluczowe zagadnienia omawiane na tych zajęciach:

LABORATORIA:

Jeśli są należy opisać formę, proszę wymienić w punktach kluczowe zagadnienia omawiane na tych zajęciach:

Temat 1. Kompresja impulsu (2 godz.)

Temat 2. Filtracja dopplerowska (MTI/MTD) (2 godz.)

Temat 3. Detekcja obiektów (CFAR) (2 godz.)

Temat 4. Śledzenie obiektów (filtr Kalmana) (2 godz.)

PROJEKT:

Jeśli jest należy opisać formę, proszę wymienić w punktach kluczowe zagadnienia

Projekt polega na realizacji zagadnienia związanego z przetwarzaniem sygnałów radiolokacyjnych

Preferowane są tematy związane z przetwarzaniem danych rzeczywistych

Przykładowe tematy projektu:

- o *Realizacja radaru z wykorzystaniem analizatora sieci*
- o *Realizacja sodaru (radaru akustycznego)*
- o *Śledzenie pozycji na podstawie danych z loggera GPS (np. z telefonu komórkowego)*
- o *Wykorzystanie Arduino z czujnikiem odległości do śledzenia odległości*
- o *Detekcja i śledzenie drona w obrazie wideo*
- o *Rozpoznawanie i klasyfikacja obiektów w obrazowaniu radarowym SAR*
- o *Odbiór, wizualizacja oraz analiza danych ADS-B w czasie rzeczywistym*
- o *Realizacja lidarowego skanera otoczenia*

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

Literatura podstawowa:

1. Z. Czekala, *Parada radarów*, Bellona, 2014.
2. Tomasz Zieliński, *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów. Od teorii do zastosowań*, WKŁ, 2014.
3. A.V. Oppenheim, *Sygnały cyfrowe, przetwarzanie i zastosowania*, WNT, 1982.
4. Skolnik, M. I. *Introductions to radar systems*. McGraw-Hill, 2006.
5. Skolnik, M. I, (Ed.) *Radar Handbook*. 3-rd Edition, McGraw-Hill, 2008.

6. P. Z. Peebles, *Radar Principles*. John Wiley and Sons, Inc., 1998.
7. M. A. Richards, *Fundamentals of Radar Signal Processing*. 2nd edition McGraw-Hill, 2013.

Literatura uzupełniająca:

1. B. R. Mahafza, *Radar Systems Analysis and Design Using MATLAB*. 3rd Edition, Chapman and Hall, 2013.
2. M. C. Budge, *Basic Radar Analysis*. Artech House, 2015
3. M. A. Richards, *Principles of Modern Radar: Basic Principles*. SciTech Publishing, Inc., 2010
4. K. Kulpa, *Signal processing in noise waveform radar*. Artech House, 2013.
5. M. Malanowski, *Signal Processing for Passive Bistatic Radar*. Artech House, 2019.
6. V. Zyl, *Synthetic Aperture Radar (SAR) Imaging Basics*. John Wiley & Sons, Inc., 2011.
7. C. Ozdemir, *Inverse Synthetic Aperture Radar Imaging with MATLAB Algorithms*. John Wiley & Sons, Inc., 2012

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	1	(60h/sem.)

Należy wpisać wymiar godzinowy w tygodniu dla poszczególnych typów zajęć (modułów),
np. 30h wykładu to 2h zajęć tygodniowo (czyli: W 2)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: zna podstawowe metody przetwarzania sygnałów w aktywnych impulsowych radarach monostatycznych	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W01
W2: zna metody przetwarzania sygnałów w radarach z falą ciągłą FMCW	Wykład	Kolokwia	K1_W01
W3: zna metody przetwarzania sygnałów w radarach szumowych	Wykład	Kolokwia	K1_W01
W4: zna metody przetwarzania sygnałów w radarach pasywnych PCL	Wykład	Kolokwia	K1_W01
W3: zna metody przetwarzania sygnałów w radarach obrazujących SAR, ISAR	Wykład	Kolokwia	K1_W01

UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi zaimplementować podstawowe algorytmy kompresji impulsów	Wykład, laboratoria	Laboratoria, projekt	K1_U08
U2: potrafi zaimplementować podstawowe algorytmy filtracji dopplerowskiej	Wykład, laboratoria	Laboratoria, projekt	K1_U08
U3: potrafi zaimplementować podstawowe algorytmy detekcji obiektów	Wykład, laboratoria	Laboratoria, projekt	K1_U08
U4: potrafi zaimplementować podstawowe algorytmy śledzenia obiektów	Wykład, laboratoria	Laboratoria, projekt	K1_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Jest gotów uzupełniać i dzielić się wiedzą w zakresie radiolokacji	Projekt	Projekt	K1_K02

Zespół autorski:

mgr inż. Bartosz Gąsowski

Stabilizacja i synteza częstotliwości (SSC)
Frequency stabilisation and synthesis

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów: *przedmioty techniczne, przedmioty zaawansowane techniczne, przedmioty zaawansowane obieralne specjalności SEW*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *3*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *podstawowa wiedza z zakresu teorii obwodów, teorii sygnałów ciągłych, technik wielkiej częstotliwości i statystyki*

Limit liczby studentów: *40*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Celprzedmiotu: *Celem przedmiotu jest przedstawienie podstawowych problemów teoretycznych i praktycznych związanych z analizą, projektowaniem i pomiarami źródeł sygnału wielkiej częstotliwości o dużej stałości częstotliwości. W ramach przedmiotu omawiane są metody modelowania generatorów i ich szumów fazowych. Przedstawione są podstawowe metody opisu szumów i stabilności źródeł sygnału, a także podstawowe metody pomiaru tych parametrów oraz ich poprawy. Omówione są podstawowe układy oraz problemy analogowej syntezy częstotliwości bezpośredniej, pośredniej (PLL) oraz cyfrowej syntezy częstotliwości (DDS). W ramach laboratorium bada się rzeczywiste układy generatorów i syntezerów oraz ich podstawowe parametry.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. *Wykład wstępny:* omówienie przedmiotu, wprowadzenie do tematyki stabilizacji częstotliwości, przypomnienie zagadnień podstawowych wykorzystywanych w dalszej części wykładu
2. *Opis stałości częstotliwości:* przedstawienie podstawowego modelu sygnału sinusoidalnego z modulacjami szumowymi, omówienie metod opisu szumów fazowych w dziedzinach częstotliwości oraz czasu (w szczególności wprowadzenie pojęcia szumów fazowych oraz wariancji Allana), przedstawienie podstawowych związków pomiędzy szumami fazowymi, szumami amplitudy oraz widmem sygnału

3. *Modelowanie szumów fazowych w generatorze*: omówienie zasady działania generatora oraz warunków generacji, wprowadzenie podstawowych modeli liniowych oraz nieliniowych generatora rzeczywistego, wprowadzenie podstawowych modeli szumowych generatorów
4. *Metody stabilizacji częstotliwości*: omówienie wpływu elementów składowych generatora na stałość częstotliwości (krótko- oraz długoterminową), omówienie związku dobroci rezonatora z szumami fazowymi, zarys tematu wzorców częstotliwości (wzorce atomowe oraz kwarcowe), zarys stabilizacji przez synchronizację (bezpośrednią przez wstrzykiwanie oraz pośrednią w pętli)
5. *Bezpośrednia analogowa synteza częstotliwości*: omówienie zasady działania oraz właściwości syntezy bezpośredniej, omówienie podstawowych operacji na częstotliwości (sumowanie, odejmowanie, powielanie oraz dzielenie) oraz ich wpływu na szumy fazowe, przedstawienie przykładowych układów realizujących powyższe operacje
6. *Pośrednia synteza częstotliwości*: omówienie budowy i zasady działania pętli synchronizacji fazy (PLL) oraz częstotliwości (FLL), analiza małosygnałowa i szumowa pętli fazowej, wprowadzenie pojęć zakresu chwytania i trzymania, omówienie dynamicznego zachowania pętli fazowej, omówienie całkowitej oraz ułamkowej konwersji częstotliwości w pętli fazowej
7. *Bezpośrednia cyfrowa synteza częstotliwości (DDS)*: omówienie budowy i zasady działania układu DDS, przedstawienie problemów implementacyjnych takich układów oraz ich rozwiązań, omówienie widma sygnału wyjściowego
8. *Mieszana synteza częstotliwości*: omówienie syntezerów złożonych na wybranych przykładach praktycznych
9. *Metody pomiaru stałości częstotliwości*: omówienie podstawowych metod pomiarów szumów fazowych źródeł sygnałów (generatorów i syntezerów), omówienie podstawowych metod pomiaru wariancji Allana
10. *Atomowe wzorce częstotliwości*: omówienie podstawowych metod realizacji wzorców atomowych, przedstawienie wybranych przykładów współczesnych wzorców

LABORATORIA:

1. *Pomiary podstawowych parametrów generatorów*: pomiar podstawowych parametrów wybranych generatorów przestrajanych (częstotliwość, moc), pomiar widma wyjściowego generatorów, badanie wpływu warunków pracy na częstotliwość wyjściową generatora, badanie wpływu wybranych modyfikacji generatora na jego częstotliwość wyjściową
2. *Badanie układu pętli synchronizacji fazy (PLL)*: badanie zakresu chwytania i trzymania, badanie zależności charakterystycznych napięć w układzie od częstotliwości, obserwacja dynamicznego zachowania pętli fazowej
3. *Badanie układu cyfrowej syntezy bezpośredniej (DDS)*: obserwacje sygnału wyjściowego w dziedzinie czasu oraz częstotliwości, badanie wpływu filtra antyaliasingowego, obserwacja wpływu nastawy częstotliwości na zachowanie układu ze szczególnym naciskiem na wystąpienie modulacji pasożytniczych
4. *Pomiary szumów fazowych różnych źródeł sygnału*: pomiar i analiza szumów fazowych na wyjściach wybranych generatorów oraz układu PLL, obserwacja zjawiska mikrofonowania na szumy fazowe generatorów, badanie wpływu filtra pętli układu PLL na kształt charakterystyki szumów fazowych

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. *Antoszkiewicz, Generacja i synteza częstotliwości, OWPW, 2015.*
2. *Banerjee, PLL Performance, Simulation, and Design, 5th Edition, 2017.*
3. *Robins, Phase noise in signal sources, IEE Telecommunications series 9, 1984.*
4. *Galwas, Mikrofalowe generatory i wzmacniacze tranzystorowe, WKŁ, 1991.*
5. *Blanchard, Phase Locked Loops, Willey, 1987.*
6. *Manasevitch, Frequency synthesizers, Wiley, 1976.*
7. *Egan, Phase Lock Basics, Wiley, 1999.*
8. *Egan, Frequency synthesis by phase lock, Wiley, 2000.*
9. *Rhode, Digital PLL frequency synthesizers, Prentice Hall, 1983.*
10. *Goldberg, Digital frequency synthesis demystified, FFH, 2000.*

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	1	-	(45h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 55 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
udział w ćwiczeniach laboratoryjnych 15 godz.,
udział w konsultacjach 10 godz.*
2. *praca własna studenta – 45 godz., w tym
przygotowanie do wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury
dodatkowej, próba rozwiązania zadań rachunkowych przekazanych na wykładzie)
20 godz.,
przygotowanie do laboratoriów (przejrzenie materiałów z wykładu oraz innych
wskazanych przez prowadzącego) oraz wykonanie sprawozdań z wykonanych ćwiczeń
15 godz.,
przygotowanie do kolokwium 10 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,2 pkt ECTS, co odpowiada 55 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,6 pkt ECTS.

Zajęcia o charakterze praktycznym to projekty lub laboratoria, jeśli takie są to wpisujemy liczbę ECTS

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę z zakresu metod opisu oraz analizy sygnałów stochastycznych z szumową modulacją fazy i częstotliwości	Wykład	Kolokwia, laboratoria	K1_W01
W2: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy budowie układów generacji i syntezy częstotliwości z zakresu mikrofal	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W06
W3: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną z zakresu budowy złożonych układów syntezy częstotliwości	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W03
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać oraz właściwie interpretować informacje z not katalogowych oraz innych dokumentów dostarczonych przez producentów badanych urządzeń i układów	Laboratoria	Laboratoria	K1_U01
U2: Potrafi wyznaczyć istotne parametry źródeł sygnałów (generatorów i syntezerów) przy pomocy symulacji komputerowych, a także zweryfikować te parametry eksperymentalnie	Wykład, laboratoria	Laboratoria	K1_U07
U3: Potrafi wykorzystać poznane metody projektowania oraz poprawy parametrów układów generatorów oraz syntezerów częstotliwości	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			

Zespół autorski:

dr inż. Aleksander Burd

Technika Impulsowa (TIMP)

Pulse Techniques

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny:

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: ELA 1 ELA 2, KOAN

Limit liczby studentów: 24

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika, zmiana specjalności EiK na Elektronika i Fotonika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest zaznajomienie słuchaczy z zaawansowanymi układami techniki analogowej, zwłaszcza impulsowej, a także ze zjawiskami występującymi w układach przerzutników zarówno analogowych, jak i cyfrowych. W szczególności omawiane jest zjawisko metastabilności. Omawiane są zjawiska odbić w liniach długich, problemy obserwacji i pomiaru sygnałów bardzo szybkich oraz praca sinusoidalnych generatorów LC widziana od strony impulsowej.

Wszystkie poruszane zagadnienia są prezentowane pod kątem problemów występujących w praktyce. Omawiane są głównie te układy i zjawiska, które znajdują zbyt ubogie odzwierciedlenie w literaturze lub też są omawiane w dostępnych źródłach na bardzo abstrakcyjnym poziomie. Celem wykładu jest przybliżenie omawianych zjawisk i układów, a także umożliwienie praktycznego zastosowania wybranych układów. Większość omawianych zagadnień ujęto w postaci przykładów – rozwiązania określonego problemu poprzez realizację konkretnego układu.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1 Wzmacniacze szerokopasmowe małych i dużych sygnałów; wzmacniacze-ograniczniki. Problem przenoszenia składowej stałej. Dobór typu wzmacniacza w zależności od potrzeb. Wybór realizacji scalonej i dyskretniej. Wzmacniacze z małą rezystancją wejściową.

Wtórnik – struktury proste i złożone; dobór pod kątem zastosowania. Przenoszenie składowej stałej. Wtórnik “oscylloskopowy” z tranzystorami J-FET, wtórnik komplementarne

w technice impulsowej, wtórnik czterotranzystorowy (“kwadrowtórnik”). Obwody zabezpieczenia wejść.

Układy przerzutników prostych i złożonych. Zastosowanie przesuwników poziomu w przerzutnikach. Elementarny opis procesu przerzutu. Wybór struktury przerzutnika pod kątem parametrów funkcjonalnych (szybkość przerzutu, częstotliwość maksymalna, możliwość przestrajania, liniowość itd). Przerzutniki – rozwiązania scalone i dyskretne. Optymalizacja szybkości przerzutu i maksymalnej częstotliwości poprawnej pracy.

Realizacja stałych i regulowanych opóźnień – układy monostabilne i układy opóźniające, uzyskiwanie szerokiego przestrajania, liniowość. Pomiar czasu – metoda ekspansji czasu.

Próbkowanie sygnałów szerokopasmowych – bramki transmisyjne i układy próbkujące. Elementy typowe dla szybkich układów próbkujących. Zależność pomiędzy szerokością pobieranej próbki a uzyskiwanym pasmem. Wzmacnianie próbek.

Skrócona klasyfikacja oscyloskopów – zasada działania a możliwości pomiarowe oscyloskopu.

Metastabilność przerzutników. Przerzutniki z elementami o rezystancji ujemnej. Ogólny opis przerzutnika w ujęciu ujemnorezystancyjnym. Definicja metastanu. Zarys klasycznej teorii metastabilności. Ujęcie alternatywne – ujemnorezystancyjna teoria metastabilności (teoria tremoru). Praktyczna demonstracja tremoru na oscyloskopie.

Metody redukcji metastabilności – podział technik; wady i zalety poszczególnych metod.

Zjawiska propagacyjne w liniach długich, odbicia. Reflektometria czasowa – techniki rozpoznawania zaburzeń w linii długiej: odległość od przeszkody, typ/charakter przeszkody (zwarcie, rozwarcie, oporność, pojemność, indukcyjność, obwody złożone). Naskórkowość w liniach długich.

Problemy praktyczne w szybkiej technice impulsowej – pomiary oscyloskopem, stosowanie sond, typy sond, wpływ elementów pasożytniczych. Projektowanie płytek – prowadzenie ścieżek, rozmieszczanie elementów. Sprzężenia pasożytnicze, ekranowanie.

Typowy generator LC w ujęciu impulsowym – zasada działania. Wzmacniacz rezonansowy z dodatnim sprzężeniem zwrotnym. Mechanizmy ograniczania i stabilizacji amplitudy. Techniki przybliżonego projektowania i uruchamiania generatora LC. Złożony generator LC o uproszczonej technice projektowania – zalety i wady w stosunku do konfiguracji elementarnych.

ĆWICZENIA – ZAJĘCIA O CHARAKTERZE CZĘŚCIOWO ZINTEGROWANYM:

nie dotyczy

LABORATORIA:

Jeśli są należy opisać formę, proszę wymienić w punktach kluczowe zagadnienia zagadnienia omawiane na tych zajęciach:

Dwa ćwiczenia laboratoryjne o charakterze badawczo-demonstracyjnym:

1. Odbicia w liniach długich i reflektometria czasowa (TDR): dopasowanie, zwarcie, rozwarcie, pojemność, indukcyjność, kilkuelementowe obwody RLC.
2. Obserwacja metastabilności/tremoru w przerzutnikach analogowych i cyfrowych.

PROJEKT:

Przeznaczeniem projektu jest praktyczne zastosowanie materiału wykładowego przy opracowywaniu omawianych układów oraz zaznajomienie się z projektowaniem zaawansowanych układów analogowych. W ciągu semestru każdy student otrzymuje do opracowania jeden lub dwa projekty. Tematy projektów są ustalane indywidualnie z każdym studentem.

Egzamin: *tak*

Literatura:

1. J. Baranowski: Półprzewodnikowe układy impulsowe i cyfrowe. WNT 1976.
2. Praca zbiorowa pod red. J. Baranowskiego "Zbiór zadań z układów nieliniowych i impulsowych", WNT 1997.
3. S. Misiaszek: "Elementy i układy techniki pikosekundowej", OW PW, 1997
4. P. Horowitz, W. Hill "Sztuka elektroniki cz.I i II", WKŁ Warszawa, 1996

Oprogramowanie:

Symulator układów elektronicznych np. LTspice,
Oprogramowanie do projektowania schematów i płytek PCB, np. KiCAD

Wymiar godzinowy zajęć:

	W	C	L	P
godz./sem	30h	-	8h	15h
:				
godz/tydz	2h	-	*	1h
:				

** Laboratorium: dwa ćwiczenia po 4h w semestrze*

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. Liczba godzin kontaktowych – 57 godz., w tym:

- obecność na wykładach 30 godz.,
- obecność na zajęciach projektowych 15 godz.,
- obecność na konsultacjach indywidualnych 4 godz.,
- obecność na laboratoriach 8 godz.

2. Praca własna studenta – 70 godz., w tym

- przygotowanie do wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury dodatkowej, próba rozwiązywania zadań rachunkowych przekazanych na wykładzie)

20 godz.,

- przygotowanie do kolokwium 10 godz.,
- praca nad projektem 25 godz.
- Przygotowanie do egzaminu 15 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2.28 pkt ECTS, co odpowiada 57 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1 pkt ECTS.

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
<p>W1: Ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z matematyki w jednym z trzech następujących zakresów</p> <p>zjawiska fizyczne istotne dla modelowania, analizy i projektowania obiektów technicznych specyficznych dla działania złożonych układów, systemów i mikrosystemów elektronicznych oraz nanoelektronicznych.</p>	<p>Wykład, ćwiczenia, laboratoria</p>	<p>laboratoria, egzamin</p>	<p>K1_WO1</p>
<p>W2: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.</p>	<p>Wykład, ćwiczenia, laboratoria</p>	<p>Kolokwia, laboratoria, egzamin projekt</p>	<p>K1_W02</p>
<p>W3: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w jednym z trzech następujących zakresów:</p> <p>- konstruowanie aparatury medycznej lub - zaawansowane materiały i struktury mikroelektroniki i fotoniki lub - z zakresu systemów analogowych i cyfrowych, w tym mikroprocesorowych, wbudowanych, Internetu Rzeczy i systemów pomiarowych.</p>	<p>Wykład, ćwiczenia, laboratoria</p>	<p>Kolokwia, egzamin projekt</p>	<p>K1_W03</p>
<p>W4: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów:</p> <p>...</p> <p>- projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, - projektowanie systemów wbudowanych i sprzętowych rozwiązań Internetu</p>	<p>Wykład, projekt</p>	<p>Kolokwia, projekt, egzamin</p>	<p>K1_W04</p>

Rzeczy, - modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.			
W5: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	Wykład	Egzamin	K1_W05
W6: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do jednego z trzech następujących zakresów: ... - systemy elektroniczne, w tym systemy wbudowane, mikro i nanosystemy, - układy analogowe impulsowe i wielkiej częstotliwości.	Wykład, projekt	Kolokwia, projekt, egzamin	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	Wykład, projekt, laboratoria	Kolokwia, laboratoria, egzamin	K1_U01
U2: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski: - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	Wykład, projekt, laboratoria	Kolokwia, laboratoria, egzamin	K1_U07

<p>U3: Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z jednego z trzech następujących obszarów: - elektroniki i informatyki w zastosowaniach medycznych lub - mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii lub - mikrosystemów i systemów elektronicznych oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne.</p>	<p>Wykład, projekt, laboratoria</p>	<p>Kolokwia, laboratoria, egzamin</p>	<p>K1_U09</p>
<p>U4: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi należącymi do jednego z trzech następujących zakresów: - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.</p>	<p>Wykład, projekt laboratoria</p>		<p>K1_U10</p>
<p>U5: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w jednym z trzech następujących zakresów: - systemy mikroprocesorowe i wbudowane, - warstwy sprzętowej Internetu Rzeczy, - systemów analogowych, cyfrowych i mieszanych, - systemów pomiarowych.</p>	<p>Wykład, projekt laboratoria</p>		<p>K1_U12</p>
<p>U6: Potrafi dokonać identyfikacji i sformułować specyfikację złożonych zadań inżynierskich, charakterystycznych dla studiowanej specjalności.</p>	<p>Wykład, projekt laboratoria</p>		<p>K1_U14</p>
<p>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</p>			

Zespół autorski:

prof. dr hab. inż. Yevhen Yashchyshyn
dr inż. Grzegorz Bogdan
dr inż. Konrad Godziszewski

Układy Systemów Bezprzewodowych (USB)
Electronic devices of wireless systems

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów: *zaawansowane specjalności SEW*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny:

Minimalny numer semestru: **1**

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest przekazanie studentom wiedzy teoretycznej oraz praktycznej z zakresu układów elektronicznych stosowanych do bezprzewodowej komunikacji w systemach wbudowanych, Internetu Rzeczy oraz 5G. Zrozumienie wymagań stawianym układom elektronicznym przeznaczonym do urządzeń bezprzewodowych wymaga szerszego omówienia kluczowych cech systemów radiokomunikacyjnych, dlatego przedstawione zostaną najpopularniejsze techniki modulacji cyfrowych oraz wielodostępu. Pozwoli to na szczegółowe omówienie różnic pomiędzy standardami sieci bezprzewodowych przeznaczonych dla systemów wbudowanych określonego przeznaczenia. W przypadku rozległych sieci małej mocy LPWAN (ang. low-power wide-area network) zostaną omówione standardy LoRa, NarrowBand IoT (NB-IoT), Sigfox oraz Weightless. Jako przykłady bezprzewodowych sieci osobistych WPAN (ang. wireless personal area network) zostaną przedstawione standardy Bluetooth (classic oraz low-energy), a także ZigBee. Przekazane zostanie również wiedza z zakresu bezprzewodowych sieci w obszarze ludzkiego ciała WBAN (ang. wireless body area network), a także komunikacji zbliżeniowej NFC (ang. near field communication). Omówione zostaną standardy szerokopasmowe w sieciach WLAN (ang. wireless local area network) z rodziny IEEE 802.11 oraz interfejsy radiowe w systemach

komórkowych drugiej, trzeciej, czwartej i piątej generacji. Głównym celem przedmiotu jest ówienie różnorodnych rozwiązań sprzętowych w systemach transmisji bezprzewodowej, dlatego studentom zostanie przekazana wiedza z zakresu kluczowych parametrów i charakterystyk odbiorników i nadajników radiowych, ich architektur oraz wymagań stawianym poszczególnym elementom elektronicznym takim jak: filtry, mieszacze, wzmacniacze i anteny. Zaprezentowane zostaną techniki pomiaru anten i układów radioelektronicznych. Istotnym elementem uzupełniającym wykład będą zajęcia zintegrowane (ćwiczenia) oraz laboratoria, pozwalające w rzeczywistych warunkach zapoznać się z kluczowymi zagadnieniami związanymi z łącznością bezprzewodową w systemach wbudowanych.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

Sygnały w systemach transmisji bezprzewodowej:

Przeгляд sygnałów stosowanych w systemach bezprzewodowych, podstawowe modulacje cyfrowe, transmisja OFDM, transmisja z rozpraszaniem widma (DSSS, FHSS, CSS)

Podstawowe techniki wielodostępu i organizacja transmisji w łączu radiowym

Wpływ właściwości poszczególnych sygnałów na wymagania stawiane układom nadawczo-odbiorczym (liniowość, pasmo pracy, architektura)

Bezprzewodowe systemy wąskopasmowe dla IoT

- a. Sieci LPWAN (LoRa, LTE NBIoT, Sigfox, Weightless)
- b. System Bluetooth (classic i low energy)
- c. System ZigBee

Bezprzewodowe systemy szerokopasmowe

- a. WiFi: IEEE 802.11n/ac/ax
- b. Systemy komórkowe GSM, UMTS, LTE, 5G

Rozwiązania sprzętowe w systemach transmisji bezprzewodowej:

Parametry i charakterystyki urządzeń radiowych

- a. Odbiornik: szумы, czułość, dynamika, selektywność
- b. Nadajnik: liniowość (IMD, ACPR, EVM), sprawność
- c. Budżet energetyczny i szumowy łącza radiowego

Elementy składowe układów radiowych: wzmacniacze niskoszumne, mieszacze i modulatory (IQ), oscylatory, wzmacniacze mocy, filtry

Nadawczo-odbiorcze moduły radiowe

- a. Układy z przemianą częstotliwości – odbiornik superheterodynowy i homodynowy
- b. Rola mieszacza kwadraturowego
- c. Przeгляд rozwiązań komercyjnych

Układy sterowania i przetwarzania sygnałów

- a. Mikrokontrolery (w tym mikrokontrolery zawierające część radiową oraz mikrokontrolery wielosystemowe) – przeгляд rozwiązań
- b. Przetwarzanie „w chmurze”

Projektowanie obwodów drukowanych wysokiej częstotliwości i integralność sygnałów

Anteny:

- a. Rodzaje anten stosowanych w systemach wbudowanych (w tym anteny paskowe, ceramiczne)
- b. Symetryzatory i układy dopasowujące (rola, typy układów)

Metody pomiaru kluczowych parametrów układów komunikacji bezprzewodowej

Przyrządy stosowane w technice pomiarowej układów komunikacji bezprzewodowej: generatory, analizatory widma, wektorowe analizatory sygnałów zmodulowanych, wektorowe analizatory obwodów, mierniki mocy
Pomiary kluczowych parametrów anten: kierunkowości, zysku, współczynnika odbicia.

Pomiary nadajników: moc wyjściowa, punkt 1dB kompresji, emisje pozapasmowe
Pomiary odbiorników: czułości, stosunek sygnału do szumu, bitowa stopa błędów.

ĆWICZENIA – ZAJĘCIA O CHARAKTERZE CZĘŚCIOWO ZINTEGROWANYM:

Zajęcia zintegrowane z wykorzystaniem Altair Feko oraz Matlab Antenna Toolbox. Projektowanie podstawowych typów anten takich jak dipol, monopol i antena mikropaskowa; optymalizacja geometrii anten pod kątem kluczowych parametrów

Zajęcia zintegrowane z wykorzystaniem AWR Design Environment. Projektowanie układów pasywnych takich jak linie transmisyjne, filtry, transformatory impedancji i układy dopasowujące impedancję anteny do impedancji linii zasilającej

LABORATORIA:

1. Anteny w systemach wbudowanych

- a. Badania dopasowania anteny drukowanej (z i bez układu dopasowującego)
- b. Badania wpływu obudowy na dopasowanie i charakterystyki promieniowania
- c. Badania wpływu umiejscowienia anteny ceramicznej na płycie PCB

2. Badania właściwości czasowych i częstotliwościowych sygnałów wykorzystywanych w systemach bezprzewodowych

- a. Sygnały wąskopasmowe
- b. Sygnały szerokopasmowe (OFDM, sygnały z rozpraszaniem widma)

3. Badania łącza LoRa

- a. Cechy sygnałów, odporność na zakłócenia
- b. Badania bitowej stopy błędów
- c. Pomiar pobieranego prądu w zależności od klasy urządzenia końcowego

4. Badania łącza Bluetooth Low Energy

- a. Cechy sygnałów, odporność na zakłócenia
- b. Transmisja rozsiewcza i zwykła
- c. Badania bitowej stopy błędów
- d. Pomiar pobieranego prądu

PROJEKT:

nie

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. B. Razavi, RF Microelectronics, Prentice Hall, 1998.
2. Kai Chang, RF and Microwave Wireless Systems, Wiley, 2000.
3. John S. Seybold, Introduction to RF Propagation, Wiley, 2005.
4. Louis E. Frenzel Jr., Principles of Electronic Communication Systems, 3rd Edition, McGraw Hill, 2008.
5. Michael Steer, Microwave and RF Design – A System Approach, SciTech, 2010.
6. D. M. Pozar, Microwave and RF Wireless Systems, Wiley, 2001.
7. Materiały dedykowane:
 - o Materiały do wykładów zamieszczone na stronie przedmiotu
 - o Instrukcje do ćwiczeń laboratoryjnych
 - o Instrukcja posługiwania się wybranym oprogramowaniem

Oprogramowanie: AWR Design Environment, Altair FEKO

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	1	1	-	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 60 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na zajęciach zintegrowanych 15 godz.,
obecność na ćwiczeniach laboratoryjnych 12
godz., udział w konsultacjach 3 godz.*

1. *praca własna studenta – 40 godz., w tym
przygotowanie do ćwiczeń laboratoryjnych 15 godz.,
opracowanie sprawozdań z laboratorium 10 godz.,
przygotowanie do kolokwium 15 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,4 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,88 pkt ECTS (laboratoria – udział i opracowanie wyników)

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: ma ugruntowaną wiedza o standardach opisujących warstwę fizyczną systemów łączności bezprzewodowej do zastosowań w systemach wbudowanych i sprzętowych rozwiązań Internetu Rzeczy	Wykład, laboratoria	Kolokwia, częściowo laboratoria,	K1_W02
W2: zna podstawowe architektury modułów nadawczo/odbiorczych, a także układów i elementów elektronicznych stosowanych do łączności bezprzewodowej w systemach wbudowanych i urządzeniach Internetu Rzeczy	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_W04
W3: posiada ugruntowaną wiedzę o kluczowych parametrach układów analogowych wielkiej częstotliwości i systemów łączności bezprzewodowej wraz z wiedzą o przyrządach i metodach umożliwiających pomiar tych parametrów	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Częściowo kolokwia, laboratoria	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi trafnie wskazać typ standardu komunikacji bezprzewodowej, który spełnia wymagania systemu wbudowanego	Wykład, ćwiczenia	Kolokwia	K1_U01, K1_U11, K1_U12
U2: potrafi stworzyć projekt, a następnie zaimplementować komercyjny układ transmisji bezprzewodowej w systemie wbudowanym oraz dobrać odpowiednią antenę	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U03, K1_U10, K1_U13
U3: potrafi wykorzystać typowe przyrządy i metody do wyznaczenia charakterystyk jakościowych układu bezprzewodowego	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Kolokwia, laboratoria	K1_U10, K1_U12

Zespół autorski:

*Krzysztof Gołofit
Piotr Z. Wieczorek*

Współczesne wyzwania bezpieczeństwa informacji i kryptografii (WWBIK)
Contemporary challenges in information security and cryptography

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów: *zaawansowane specjalności SEW*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *nie dotyczy*

Minimalny numer semestru: *pierwszy semestr studiów drugiego stopnia (w uzasadnionych przypadkach dwa ostatnie semestry studiów pierwszego stopnia)*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *brak*

Limit liczby studentów: **24**

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z nowoczesnymi technikami ochrony informacji, w szczególności kompleksowe spojrzenie na zagadnienia współczesnej kryptografii, podatności na różne zagrożenia (w tym nowoczesna ataki typu side-channel), czynnik ludzki w bezpieczeństwie oraz rozwiązania specjalizowane w zakresie zabezpieczeń. Przedmiot pozwoli na kompleksowe spojrzenie na zarządzanie informacją od bezpieczeństwa fizycznego, osobowo-organizacyjnego po rozwiązania informatyczne i kryptograficzne. W szczególności omówione zostaną techniki zapewniania poufności, integralności, dostępności, niezaprzeczalności, rozliczalności, autentyczności i niezawodności.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

Wprowadzenie do bezpieczeństwa informacji

- potrzeba chronienia informacji różnego rodzaju
- kompleksowe spojrzenie na zarządzanie informacją (od informacji na papierze, przez elektroniczną, aż po informacje w głowach pracowników)
- bezpieczeństwo fizyczne, osobowo-organizacyjne oraz informatyczne
- zapewnienie poufności, integralności, dostępności, niezaprzeczalności, rozliczalności, autentyczności i niezawodności

- monitorowanie obiektów, systemów, sieci i baz danych, monitorowanie uzyskiwania i zakresu dostępu do pomieszczeń, systemów i informacji
- testowanie zabezpieczeń (szacowanie kosztów i trudność przełamania zabezpieczeń, testy penetracyjne, analiza ryzyka)
- zasady i procedury reakcji na incydenty (w zależności od rozmiaru i poziomu)
- normy i standardy zapewniania bezpieczeństwa informacji
- zgodność i dostosowanie procedur przetwarzania informacji z obowiązującym prawem
- szkolenia pracowników w zakresie bezpieczeństwa informacji

Podstawy kryptografii

- kryptografia z kluczem prywatnym,
- kryptografia z kluczem publicznym
- szyfry blokowe, strumieniowe, tryby wykorzystania szyfrów
- funkcje skrótu
- podpis cyfrowy

Generatory liczb losowych i pseudolosowych oraz fizyczne klucze elektroniczne

- generatory pseudolosowe (zalety, ograniczenia)
- generatory fizyczne, w szczególności liczb prawdziwie losowych
- fizycznie niekopiowalne funkcje
- weryfikacja losowości

Protokoły kryptograficzne

- protokoły głosowania,
- stemplowanie czasem
- identyfikacja i uwierzytelnianie

Uwierzytelnianie ludzi

- uwierzytelnianie oparte na wiedzy (przegląd technik, zalet i wad)
- uwierzytelnianie oparte na posiadaniu (przegląd technik, zalet i wad)
- uwierzytelnianie biometryczne (przegląd technik, zalet i wad)
- podatności i ataki na techniki uwierzytelniania

Kryptoanaliza i łamanie szyfrów

- klasyczne podejście do kryptoanalizy
- złożoność obliczeniowa i wnioskowanie
- tablice tęczowe i inne techniki kryptoanalizy

Ataki polegające na łamaniu sprzętu (side-channel)

- analiza kanałów ataków (czasowy, mocy, elektromagnetyczny itp.)
- techniki analizy informacji (różnicowa itp.)
- zabezpieczenia na poziomie: fizycznym, elektronicznym, algorytmicznym

Bezpieczeństwo w dobie Internetu Rzeczy

- ograniczone możliwości przechowywania i przetwarzania informacji a kryptografia
- rozproszona struktura i podatności środowiskowe
- wnioskowanie bez przełamania dostępu do informacji

ĆWICZENIA – ZAJĘCIA O CHARAKTERZE CZĘŚCIOWO ZINTEGROWANYM:
brak

LABORATORIA:

1. Tendencyjne i kierunkowe łamanie haseł

- zebranie informacji prywatnych na podstawie profilu internetowego
- opracowanie reguł i priorytetów sprawdzania haseł
- implementacja mechanizmu łamania haseł i weryfikacja poprawności jego działania

2. Przeprowadzenie ataku polegającego na podsłuchu sprzętu

- implementacja wybranego algorytmu/protokołu na wybranej platformie sprzętowej (mikrokontroler/FPGA/CPLD/system wbudowany)
- rejestracja poboru mocy i/lub ulotu elektromagnetycznego
- wnioskowanie na podstawie zebranych danych

3. Atak aktywny na generator liczb prawdziwie losowych lub kluczy elektronicznych

- implementacja sprzętowa wybranego generatora (TRNG, PUF) na wybranej platformie sprzętowej (mikrokontroler/FPGA/CPLD/system wbudowany)
- zakłócanie środowiska pracy generatora (zasilania i/lub elektromagnetycznie)
- analiza skuteczności wpływu działania na generator

4. Analiza komunikacji radiowej prostych urządzeń Internetu Rzeczy

- rejestracja komunikacji RFID/NFC pomiędzy dwoma urządzeniami
- dekodowanie komunikatów nadawcy i odbiorcy
- analiza możliwości śledzenia urządzeń/podszywania się pod urządzenie

PROJEKT:

W ramach projektu wykorzystywana będzie wiedza i umiejętności nabyte w ramach wykładu i laboratoriów, jednak projekt będzie wymagał samodzielnego pogłębienia wiedzy i umiejętności w zakresie wybranej tematyki. Projekty mogą być wykonywane samodzielnie lub w zespołach od 2 do 5 osób. W tym drugim przypadku konieczny jest jasny podział zadań, doraźna współpraca oraz synteza wyników. Przykładowe tematy projektów obejmują:

1. Implementacja mechanizmu kryptograficznego.
2. Kryptoanaliza mechanizmu kryptograficznego.
3. Implementacja protokołu kryptograficznego.
4. Przeprowadzenie ataku na protokół kryptograficzny.
5. Implementacja zabezpieczenia przeciw atakom typu side-channel.
6. Przeprowadzenie aktywnego ataku typu side-channel.
7. Przeprowadzenie pasywnego ataku typu side-channel.
8. Przeprowadzenie wnioskowania bez przełamania dostępu do informacji.
9. Zaproponowanie polityki zarządzania informacją w firmie.
10. Zaproponowanie polityki ochrony informacji dla konkretnej firmy.
11. Zaproponowanie polityki zapewnienia poufności, integralności, dostępności, niezaprzeczalności, rozliczalności, autentyczności i niezawodności.
12. Zaproponowanie polityki uwierzytelniania ludzi i dostępu do zasobów w firmie.
13. Opracowanie systemu bezpiecznej komunikacji prostych urządzeń Internetu Rzeczy.

Egzamin: *tak*

Literatura i oprogramowanie:

- Catalano, D.; Cramer, R.; Crescenzo, G.; Darmgard, I.; Pointcheval, D.; Takagi, T. & Takagi, T. Casacuberta, C. (Ed.) Contemporary Cryptology Birkhäuser Verlag, 2005
- Gebotys, C. H. Security in Embedded Devices Springer, 2010
- Mochnacki, W. Kody Korekcyjne i Kryptografia Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, 2000
- Kitsos, P. & Zhang, Y. (Eds.) RFID Security --- Techniques, Protocols and System-on-Chip Design Springer Science+Business Media, 2008
- Koren, I. & Krishna, C. M. Fault Tolerant Systems Elsevier --- Morgan Kaufmann Publishers, 2007
- Li, S. Z. & Jain, A. K. (Eds.) Encyclopedia of Biometrics Springer Science+Business Media, 2009
- Mangard, S.; Oswald, E. & Popp, T. Power Analysis Attacks --- Revealing the Secrets of Smart Cards Springer Science+Business Media, Inc., 2007
- Menezes, A., Oorschot, P., Vanstone, S., Handbook of Applied Cryptography, CRC Press, 1997
- Pernici, B. (Ed.) Mobile Information Systems --- Infrastructure and Design for Adaptivity and Flexibility Springer-Verlag, 2006
- van Tilborg, H. C. A. (Ed.) Encyclopedia of Cryptography and Security Springer Science+Business Media, Inc., 2005
- Verbauwhede, I. M. R. (Ed.) Secure Integrated Circuits and Systems Springer Science+Business Media, Inc., 2010
- FIPS-3, Security Requirements for Cryptographic Modules, 2007
- ISO_IEC_15408- 1-2009, Information technology --- Security techniques --- Evaluation criteria for IT security, 2009
- PN13335-1, Technika informatyczna - Wytyczne do zarządzania bezpieczeństwem systemów informatycznych - Pojęcia i modele bezpieczeństwa systemów informatycznych, 1999

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	1	1	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

Oszacowanie nakładu pracy studenta, 1 ECTS to ok. 25h nakładu pracy studenta w semestrze. W tę wartość wlicza się czas przygotowania do zajęć, kolokwium, realizację projektów, itp.

Przykładowe wyliczenie poniżej:

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 60 godz., w tym

<i>obecność na wykładach</i>	<i>30 godz.</i>
<i>obecność na laboratoriach</i>	<i>20 godz.</i>
<i>udział w konsultacjach wykładowych</i>	<i>2 godz.</i>
<i>udział w konsultacjach laboratoryjnych</i>	<i>4 godz.</i>
<i>udział w konsultacjach projektowych</i>	<i>3 godz.</i>
<i>obecność na egzaminie</i>	<i>1 godz.</i>

1. praca własna studenta – 80 godz., w tym

<i>przygotowanie do laboratoriów</i>	<i>20 godz.</i>
<i>przygotowanie projektu</i>	<i>50 godz.</i>

przygotowanie do egzaminu

10 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 140 godz., co odpowiada 5 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,4 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,5 pkt ECTS, co odpowiada 70 godz. kontaktowym
Zajęcia o charakterze praktycznym to projekty lub laboratoria, jeśli takie są to wpisujemy liczbę ECTS

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: posiada uporządkowaną wiedzę w zakresie technik zapewniania bezpieczeństwa informacji	Wykład, laboratoria, projekt	Egzamin, laboratoria, projekt	K1_W01 K1_W02 K1_W03 K1_W05 K1_W07
W2: posiada ugruntowaną wiedzę odnośnie zagrożeń i podatności dotyczących implementacji zabezpieczeń kryptograficznych i uwierzytelniania	Wykład, laboratoria, projekt	Egzamin, laboratoria, projekt	K1_W01 K1_W05 K1_W06 K1_W07
W3: zna techniki zapewniania poufności, integralności, dostępności, niezaprzeczalności, rozliczalności, autentyczności i niezawodności	Wykład, projekt	Egzamin, projekt	K1_W01
W4: posiada wiedzę odnośnie gamy współczesnych ataków nakierowanych na implementacje sprzętowe różnych mechanizmów kryptograficznych i mechanizmów pobocznych	Wykład, laboratoria, projekt	Egzamin, laboratoria, projekt	K1_W01 K1_W02 K1_W03 K1_W04 K1_W05
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi stworzyć szkic polityki bezpieczeństwa ukierunkowanej na zapewnienie bezpieczeństwa w określonym obszarze funkcjonowania instytucji	Wykład, projekt	Projekt	K1_U01 K1_U09 K1_U11 K1_U12 K1_U13 K1_U15 K1_U16
U2: potrafi dobrać właściwe techniki uwierzytelniania ludzi do specyfiki potrzeby zapewnienia ochrony informacji, z którymi dana osoba ma do czynienia	Wykład, projekt	Egzamin, projekt	K1_U01 K1_U09 K1_U11 K1_U12 K1_U13 K1_U14 K1_U15
U3: potrafi przeanalizować bezpieczeństwo złożonego systemu obejmującego pojedyncze urządzenia (systemy wbudowane, przedmioty Internetu Rzeczy itp.), ocenić podatności, zaproponować techniki zabezpieczania	Wykład, projekt	Egzamin, projekt	K1_U01 K1_U03 K1_U07 K1_U10 K1_U11 K1_U12 K1_U15

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: potrafi uwzględnić pozatechniczne aspekty mające istotny wpływ na skonstruowanie bezpiecznego systemu informacyjnego (takie jak czynnik ludzki w uwierzytelnianiu i dostępie do informacji, czynniki środowiskowe, cele i strategia firmy)	Projekt	Projekt	K1_K01

*Formularz
WKAP_v2.1*

Zespół Autorski:

prof. dr hab. inż. Tomasz Starecki

**Zarządzanie Zwinne
(Agile Management)**

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne i Wbudowane*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *średniozaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *2*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *-*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest wprowadzenie do zarządzania zwinnego. Po przedstawieniu podstawowej terminologii wykład koncentruje się na omówieniu typowych działań realizowanych w ramach metodyki SCRUM - jednej z najchętniej stosowanych metodyk zarządzania zwinnego. Materiał opanowany na wykładzie jest utrwalany podczas zajęć projektowych. Istotnym elementem tych zajęć jest analiza i dyskusja rozwiązań zadań projektowych przedstawianych przez poszczególne zespoły projektowe.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: Przedmiot zaliczany jest w oparciu o realizację opisanych dalej projektów zespołowych

Opis wykładu (29 godzin):

Źródła i początki ruchu Agile. (2)

Manifest programowania zwinnego (2)

Zasady zwinności (2)

Metody zwinne w wytwarzaniu oprogramowania (2)

Toyota Production System. Lean (4)

Metoda Sześć Sigma, Kanban (2)

Scrum jako ramy postępowania (1)

Scrum – odpowiedzialności, artefakty, wydarzenia (2)

Scrum – fundamenty, filary (2)
Zasady funkcjonowania zespołu scrumowego – wartości Scruma (2)
Narzędzia stosowane w Scrumie. Skalowanie Scruma. (4)
Psychologiczne aspekty funkcjonowania w zespole scrumowym (2)
Współczesne trendy w zarządzaniu: Zarządzanie 3.0, Socjokracja 3.0, Turkusowe organizacje (2)

Projekt (16 godzin):

Projekt realizowany jest w kilkusobowych zespołach projektowych. Tematami kolejnych projektów są:

Scrum (4)
 Scrum Tale (4)
 Iterate (4)
Lego Kanban (4)

Egzamin: nie

Literatura:

Podstawowa:

1. Ken Schwaber, Jeff Sutherland "The Scrum Guide. The Definitive Guide to Scrum: The Rules of the Game"
2. Gunther Verheyen "Scrum - A Pocket Guide - A Smart Travel Companion", wydanie 3

Uzupełniająca:

1. Krystian Kaczor "Scrum i nie tylko. Teoria i praktyka w metodach Agile"
2. Roman Pichler "Agile Product Management with Scrum"
3. Daniel Pink "Drive"
4. Jurgen Appelo "Zarządzanie 3.0"
5. Patrick Lencioni "The Five Dysfunctions of a Team: A Leadership Fable"

Oprogramowanie: -

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	-	1	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 45 godz., w tym
obecność na wykładach 29 godz.,
obecność na projektach 16 godz.
2. praca własna studenta – 15 godz., w tym

przygotowanie do projektów - 15 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 60 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1 pkt ECTS, co odpowiada 16 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
Ma podstawową wiedzę dotyczącą zarządzania, w tym zarządzania jakością i prowadzenia działalności gospodarczej.	wykład + projekty zespołowe	ocena realizacji projektów zespołowych	K1_W07
UMIEJĘTNOŚCI			
Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.	projekty zespołowe	ocena realizacji projektów zespołowych	K1_U16
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	projekty zespołowe	ocena realizacji projektów zespołowych	K1_K01

Zespół autorski:

mgr inż. Lucjan Bryndza
dr hab. inż. Piotr Z. Wieczorek, prof. PW

Mikrokontrolery ARM Cortex (ARMC)
ARM Cortex microcontrollers

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów: *Przedmioty zaawansowane obieralne*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/obieralny*

Język przedmiotu: *polski/angielski*

Semestr nominalny: **2**

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

- *Podstawy techniki mikroprocesorowej*
- *Programowanie mikrokontrolerów w języku C*
- *Technika mikroprocesorowa*

Limit liczby studentów: **30**

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest zapoznanie z architekturą mikrokontrolerów z rdzeniami ARM Cortex-M0,M3,M4,M7s Po zapoznaniu z podstawowymi informacjami o budowie i działaniu rdzeni firmy ARM o profilu dedykowanym dla mikrokontrolerów omawiane są przykładowe zastosowania. Głównymi elementami zajęć jest zapoznanie studentów z jednej strony z budową i możliwościami oraz ograniczeniami architektury ARM v6m/v7m z drugiej z strony, peryferiami dostępnymi w mikrokontrolerach bazujących na rdzeniach ARM, ich możliwościami oraz metodami konfiguracji. Praktyczne aspekty wykorzystywania mikrokontrolerów są analizowane podczas zajęć laboratoryjnych na przykładzie popularnej rodziny mikrokontrolerów jednokładowych STM32.

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

- Wprowadzenie, zarys historii oraz profile rdzeni firmy ARM, opis oraz porównanie różnych rdzeni opartych o architekturę ARMv6m/v7m (2h)
- Opis architektury ARMv7m, rejestry, tryby pracy, wyjątki procesora, koprocessor numeryczny, budowa stosu (3h)

- Peryferia zintegrowane z rdzeniem mikrokontrolera, kontroler przerwań NVIC, Timer SysTick, Jednostka ochrony pamięci MPU (3h)
- Lista instrukcji Thumb/Thumb2, podstawy assemblera (3h)
- Magistrale wewnętrzne, pamięć cache mikrokontrolera (2h)
- Narzędzia developerskie, kompilatory ze szczególnym uwzględnieniem GCC, środowiska IDE, systemy budowania, oprogramowanie middleware dostarczane przez producentów, narzędzia openSource (2h)
- Metody uruchamiania oprogramowania, narzędzia debugger OpenOCD/GDB, przykłady oprogramowania związane z rdzeniem mikrokontrolera (2h)
- Uruchamianie procesora (boot), omówienie podtypów rodziny STM32, zegar systemowy, pętla PLL, budowa portów GPIO (2h)
- Interfejsy szeregowo: UART, SPI, I2C, I2S (3h)
- Układy czasowo licznikowe ogólnego przeznaczenia, liczniki czuwające (2h)
- Systemy operacyjne czasu rzeczywistego przeznaczone dla mikrokontrolerów na przykładzie systemu ISIX-RTOS (2h)
- Przetworniki analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe (2h)
- Układ bezpośredniego dostępu do pamięci DMA (2h)

LABORATORIA:

Zajęcia laboratoryjne wykonywane są w zespołach jednoosobowych w oparciu o dedykowane pakiety dydaktyczne wyposażone w mikrokontrolery STM32 z zestawem układów peryferyjnych oraz narzędzi uruchomieniowych. Laboratorium umożliwia praktyczne zweryfikowanie wiedzy z zakresu obsługi wewnętrznych zasobów mikrokontrolerów opartych na architekturze ARMv6m/v7m, ich komunikacji z przykładowymi, urządzeniami zewnętrznymi oraz podstaw implementacji systemów operacyjnych.

Zajęcia obejmują podstawy poruszania się w środowisku uruchomieniowym VSCODE/GCC, inicjalizację mikrokontrolera i konfigurację oraz obsługę jego układów peryferyjnych takich, jak liczniki, system przerwań, sterownik DMA, przetwornik A/C i C/A, a także typowych urządzeń zewnętrznych, jak klawiatura, akcelerator, żyroskop, kompas., zewnętrzne przetworniki A/C i C/A, czujniki temperatury, ciśnienia, pamięć SD itp.

Tematy laboratoriów:

1. Zapoznanie się z narzędziami oraz środowiskiem programistycznym, uruchamianie oprogramowania oraz debugowanie, pierwszy projekt w Visual Studio Code / ARM-GCC
2. Zapoznanie się z obsługą portów GPIO mikrokontrolera z użyciem niskopoziomowych bibliotek Low Level API dostarczanych przez firmę ST, oraz bibliotekami niskopoziomowymi systemu ISIX. Zapoznanie się ze sposobem zgłaszania przerwań zewnętrznych z wykorzystaniem kontrolera EXTI.

3. Zapoznanie z zestawami ewaluacyjnymi STM32F411E oraz STM32F469I discovery, środowiskiem deweloperskim opartym o kompilator GCC oraz Visual Studio Code. Uruchamianie i debugowania kodu w środowisku deweloperskim. Podstawowe funkcje API systemu ISIX przydatne podczas realizacji laboratoriów.
4. Konfiguracja portu szeregowego, oraz oprogramowanie portu szeregowego w trybie odpytywania oraz z wykorzystaniem systemu przerwań i kontrolera NVIC.
5. Obsługa magistral szeregowych I2C oraz SPI, sposoby komunikacji z przykładowymi układami MEMS: akcelerometr oraz żyroskop.
6. Systemy operacyjne czasu rzeczywistego na przykładzie systemu ISIX-RTOS. Działanie algorytmu szeregującego, tworzenia zadań (wątków), mechanizmy synchronizacji międzyprocesowej: semafony, mutexy, zmienne warunkowe, kolejki komunikatów. Komunikacja pomiędzy przerwaniami, a zadaniami (wątkami)
7. Pomiary wartości skutecznej (RMS) z wykorzystaniem przetwornika A/C. Generowanie sygnałów analogowych z wykorzystaniem wbudowanego przetwornika C/A

Egzamin: nie

Literatura i oprogramowanie:

1. K. Paprocki, Mikrokontrolery STM32 w praktyce, BTC 2009
2. Lucjan Bryndza, Mikrokontrolery z rdzeniem ARM 9 w przykładach, BTC 2009
3. Lucjan Bryndza, LPC2000 mikrokontrolery z rdzeniem ARM 7, BTC 2009
4. Jacek Majewski, Programowanie mikrokontrolerów LPC2000 w języku C, pierwsze kroki, BTC 2009
5. Dane katalogowe i noty aplikacyjne firm ST, Atmel, NXP, Texas Instruments, Analog Devices, artykuły z czasopisma Elektronika Praktyczna opisujące budowę systemu ISIX-RTOS itd.

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	2	-	(60h/sem)

*Należy wpisać wymiar godzinowy w tygodniu dla poszczególnych typów zajęć (modułów), np.
30h wykładu to 2h zajęć tygodniowo (czyli: W 2)*

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 70 godz., w tym

obecność na wykładach 30 godz.,

obecność na laboratoriach 30 godz.

udział w konsultacjach 10 godz.

1. praca własna studenta – 35 godz., w tym

*przygotowanie do wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury
dodatkowej, próba rozwiązania zadań rachunkowych przekazanych
na wykładzie) 20 godz.,*

przygotowanie do kolokwiiów 15 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 105 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału
nauczycieli akademickich: 2,8 pkt ECTS, co odpowiada 40 godz. kontaktowym.**

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze
praktycznym: 1,2 pkt ECTS.**

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
<p>W1: Ma podbudowaną wiedzę ogólną na temat architektury ARmv6M ARmv7M obejmującą:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Budowę rdzenia • Zestawu dostępnych instrukcji dla poszczególnych rdzeni: Cortex-M0/M3/M4/M7 • Budowy wewnętrznych układów peryferyjnych zintegrowanych z rdzeniem. • Modelu programowego architektury oraz zestawu instrukcji 	Wykład,	Kolokwia	K1_W04
<p>W2: Zna podstawowe metody, techniki i narzędzia służące do produkcji oprogramowania dla mikrokontrolerów ARM z następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> • systemy kontroli wersji (SCM) • Zarządzanie kompilacją wielomodułowych projektów z wykorzystaniem narzędzi do budowania oprogramowania • Debugowanie oprogramowania przeznaczonego dla mikrokontrolerów • Zastosowanie zewnętrznych bibliotek dostarczanych przez producentów oraz openSource do realizacji skomplikowanych zagadnień programistycznych 	Wykład, laboratoria	Kolokwia, laboratoria,	K2_W04
<p>W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę techniczną związaną z układami peryferyjnymi mikrokontrolerów jednoukładowych obejmujących:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Porty wejścia-wyjścia • Układy czasowo-licznikowe • Kontrolery magistral szeregowych • Przetworniki analogowo – cyfrowe oraz cyfrowo-analogowe 	Wykład, laboratoria	Kolokwia laboratoria	K3_W04

W4: Ma podbudowaną teoretycznie	Wykład, laboratoria	Kolokwia laboratoria	K4_W04
szczegółową wiedzę na temat systemów operacyjnych czasu rzeczywistego dedykowanych dla mikrokontrolerów należących do jednego z poniższych zakresów: <ul style="list-style-type: none"> • Działanie algorytmów szeregujących systemów operacyjnych czasu rzeczywistego • synchronizacja oraz komunikacja międzyprocesowa. • Tworzenia zadań systemu operacyjnego oraz podział poszczególnych części projektu na zadania systemu 			
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi wybrać odpowiedni mikrokontroler w zależności od problemu, który powinien być zrealizowany.	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Kolokwia, laboratoria, egzamin	K1_U12
U2: Potrafi tworzyć oraz uruchamiać oprogramowanie w języku C/C++ dla mikrokontrolerów z wykorzystaniem dostępnych narzędzi OpenSource oraz środowisk IDE	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Kolokwia, laboratoria, egzamin	K2_U12
U3: Potrafi wykorzystać oraz oprogramować wewnętrzne układy peryferyjne mikrokontrolera potrzebne do realizacji określonego zadania.	Wykład, ćwiczenia, laboratoria	Kolokwia, laboratoria, egzamin	K3_U12
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny.	Laboratoria	Laboratoria	K1_K01

Zespół autorski:

dr inż. Rafał Rytel-Andrianik

**CZASOWO-CZĘSTOTLIWOŚCIOWE METODY
ANALIZY I SYNTEZY SYGNAŁÓW (CCM)
Time-frequency methods of signal analysis and synthesis**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *SEW, SZEiF, EiM*

Grupa przedmiotów: *zaawansowane obieralne specjalności SEW*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *2*

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *kurs obejmujący podstawy cyfrowego przetwarzania sygnałów*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów ze współczesnymi metodami analizy częstotliwościowej sygnałów stacjonarnych oraz czasowo-częstotliwościowej analizy i syntezy sygnałów niestacjonarnych. W odniesieniu do sygnałów stacjonarnych, studenci poznają nieparametryczne (np. periodogram) i parametryczne (np. model AR) metody wyznaczania widma, a w odniesieniu do sygnałów niestacjonarnych czasowo-częstotliwościowe przekształcenia liniowe (np. widmo chwilowe) oraz biliniowe (np. transformata Wignera). Przedstawione zostaną też pojęcia częstotliwości i częstotliwości chwilowej oraz różne metody ich estymacji. Uczestnicząc w wykładach i wykonując zadania projektowe studenci poznają sposoby realizacji przedstawionych metod przetwarzania sygnałów oraz przykłady praktycznych ich zastosowań m.in. w systemach kompresji i rekonstrukcji dźwięku, w echolokacji i rozpoznaniu elektronicznym.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. *Analiza widmowa sygnałów deterministycznych*: widmo sygnału o ograniczonej energii, szereg Fouriera, dyskretne przekształcenie Fouriera (DTF) (2h).
2. *Filtry liniowe o współczynnikach niezmiennych w czasie*: filtry SOI, filtry NOI, praktyczne metody projektowania filtrów (2h).
3. *Aspekty obliczeniowe transformaty Fouriera*: algorytm szybkiej transformaty Fouriera (FFT), algorytm Geortzel'a, algorytm z transformatą chirp (2h).
4. *Widmowa gęstość mocy sygnału losowego*: rzeczywiste i zespolone sygnały stochastyczne, macierz i funkcja korelacji, definicja i właściwości widmowej gęstości mocy, funkcja koherencji sygnałów (2h).
5. *Estymacja widma mocy metodami nieparametrycznymi*: periodogram, metody Bartletta, Welch, Blackmana – Tukeya i najmniejszej wariancji; estymacja funkcji korelacji (4h).
6. *Estymacja widmowej gęstości mocy metodami parametrycznymi*: porównanie metod nieparametrycznych i parametrycznych, modele ARMA, AR i MA, równania Yule'a-Walkera (1h).
7. *Model AR*: związki modelu AR z predykcją liniową i z maksymalizacją entropii, metody estymacji parametrów modelu AR, wyznaczenie rzędu modelu – kryterium Akaike (AIC), rozdzielczość widmowa, zastosowanie modelu AR w kompresji sygnału mowy i inne przykłady (1h).
8. *Detekcja sygnałów harmonicznych*: problem detekcji, kryteria Bayesa i Neymana-Pearsona, przykłady problemów detekcji z algorytmami decyzyjnymi i analizą otrzymanych krzywych detekcji (1h).
9. *Estymacja sygnałów harmonicznych*: podstawy estymacji (kryterium Bayesa, estymacja deterministycznych parametrów, kres Cramera-Rao, estymator największej wiarygodności), wybrane metody estymacji parametrów pojedynczej harmonicznej lub wielu harmonicznych w szumie (np. estymator NW; metody z wyznaczeniem podprzestrzeni sygnałowej lub szumowej: metody Pisarenki, MUSIC) (3h).
10. *Widmo chwilowe*: definicja i różne interpretacje widma chwilowego, przykłady analizy sygnałów syntetycznych i rzeczywistych (akustycznych, wibracji, radiolokacyjnych), właściwości widma chwilowego, synteza sygnału na podstawie widma chwilowego, analiza widmowa losowych sygnałów niestacjonarnych, transformaty biliniowe (transformata Wignera, funkcja nieoznaczoności, klasa Cohen'a) (2h).
11. *Częstotliwość chwilowa sygnału*: definicja częstotliwości chwilowej, transformata Hilberta i sygnał analityczny, częstotliwość chwilowa sygnału dyskretnego, wybrane algorytmy wyznaczania częstotliwości chwilowej, praktyczne przykłady (2h).
12. *Przegląd zaawansowanych metod*: wyostrzanie reprezentacji czasowo-częstotliwościowych; analiza wielorozdzielcza; ułamkowa transformata Fouriera (2h).

13. *Liniowy równomierny szyk sensorów*, sygnał wąskopasmowy, częstotliwość przestrzenna, formowania wiązki i estymacja kierunku nadejścia fali (2h).

PROJEKT:

W trakcie trwania semestru student indywidualnie opracowuje projekt związany merytorycznie z wykładanym materiałem. Temat i zakres projektu zostaje na początku semestru uzgodniony indywidualnie ze studentem. Projekt powinien zawierać: sformułowanie problemu i jego analizę teoretyczną, analizę możliwości rozwiązania za pomocą wybranych narzędzi teoretycznych i programowych, opis komputerowych badań eksperymentalnych z zastosowaniem sygnałów rzeczywistych lub syntetycznych, analizę otrzymanych wyników wraz z wnioskami i literaturą. Projekty mogą być realizowane na dowolnych platformach (np. komputerach PC (w tym na GPU), układach FPGA, Raspberry Pi, ARM Cortex, Red Pitaya, itp.) przy czym dopuszcza się wspólne projekty z innymi przedmiotami (np. dla FPGA lub GPU może to być projekt wspólny z przedmiotem RIM).

Alternatywną możliwością jest wykonanie kilku mniejszych tzw. mikro-projektów polegających np. na analizie widmowej lub czasowo-częstotliwościowej podanego sygnału lub opracowaniu i zaimplementowaniu prostego toru przetwarzania sygnału radia FM z odbiornika SDR.

Egzamin: tak

Literatura i oprogramowanie:

1. T. Zieliński: *Cyfrowe przetwarzanie sygnałów: Od teorii do zastosowań*, WKŁ 2005.
2. Patrick Flandrin: *Explorations in Time-Frequency Analysis*, Cambridge University Press, 2018.
3. Boualem Boashash: *Time-Frequency Signal Analysis and Processing: A Comprehensive Reference*, Academic Press, 2015.
4. P. Stoica, R.L. Moses: *Spectral Analysis of Signals*, Prentice Hall 2005.
5. F. Hlawatsch, G.F. Boudreaux-Bartels: *Linear and Quadratic Time-Frequency Signal Representations*, IEEE Signal Processing Magazine, April 1992.
6. B. Boashash: *Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal – part 1: fundamentals*, Proceedings of the IEEE, vol. 80, no.4, April 1992.
7. B. Boashash: *Estimating and interpreting the instantaneous frequency of a signal – part 2: algorithms and applications*, Proceedings of the IEEE, vol. 80, no.4, April 1992.

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	-	2	(60h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 46 godz., w tym obecność na wykładach 30 godz., udział w konsultacjach 14 godz. (w tym 12 godz. związane z projektami) udział w egzaminie 2 godz.,

1. *praca własna studenta – 54 godz., w tym*
przygotowanie do wykładów (przejrzenie materiałów z wykładu i literatury
dotychczasowej, próba rozwiązania przykładowych zadań rachunkowych) 8
godz.,
wykonanie projektu i opracowanie raportu 28
godz. przygotowanie do egzaminu 18 godz.,

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,8 pkt ECTS, co odpowiada 46 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,6 pkt ECTS., co odpowiada 40 godzinom.

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
W1: ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę na temat metod analizy częstotliwościowej i czasowo-częstotliwościowej sygnałów	wykład, zajęcia projektowe	egzamin, projekt	K1_W01 K1_W03
W2: rozumie pojęcie częstotliwości chwilowej i zna metody jej wyznaczenia	wykład, zajęcia projektowe	egzamin, projekt	K1_W03
W3: zna podstawowe pojęcia związane ze statystycznym przetwarzaniem sygnałów, potrafi ocenić jakość metody estymacji.	wykład, zajęcia projektowe	egzamin, częściowo projekt	K1_W01
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: potrafi dobrać właściwe metody parametrycznej lub nieparametrycznej analizy lub syntezy sygnału o zadanych właściwościach widmowych, w celu rozwiązania postawionego problemu	wykład, zajęcia projektowe	projekt egzamin	K1_U12 K1_U15
U2: potrafi wykorzystać podane metody analizy lub syntezy sygnału o zadanych właściwościach widmowych do przeprowadzenia eksperymentów i analiz symulacyjnych	zajęcia projektowe	projekt	K1_U07 K1_U08
U3: potrafi pozyskać z literatury fachowej (bądź z innych źródeł) informacje niezbędne o wykonania projektu, dokonać ich krytycznej oceny i wyciągnąć wnioski	zajęcia projektowe	projekt	K1_U01
U4. potrafi przygotować sprawozdanie z wykonanych prac projektowych i dokonać prezentacji uzyskanych wyników	zajęcia projektowe	projekt	K1_U02

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny.	zajęcia projektowe	projekt, ew. otwarte pytania na egzaminie	K1_K01

Autor:

prof. dr hab. inż. Ryszard Romaniuk

Informacyjne technologie kwantowe (ITK)
Information quantum technologies

Poziom kształcenia: *II i III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Elektroniczne Wbudowane*

Grupa przedmiotów: *zaawansowane obieralne specjalności*

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *stacjonarny*

Język przedmiotu: *polski lub angielski*

Semestr nominalny:

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *fizyka, optoelektronika/fotonika, materiały elektroniczne, architektura komputerów, teoria sygnałów;*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *dynamiczny rozwój informacyjnych technologii kwantowych, perspektywy rozwoju niektórych z technologii kwantowych w kraju także na poziomie innowacyjno-komercyjnym, bardzo atrakcyjna tematyka realizacji prac magisterskich, a szczególnie doktorskich w najbliższej dekadzie.*

Cel przedmiotu: Informacyjne technologie kwantowe (ITK) nie są wykładane w postaci zwartej jako całość tworząca nowy obszar nauk inżynieryjno-technicznych, obejmujących w szczególności dyscypliny naukowe AEE oraz ITT. Obszar ten jest interdyscyplinarny i obejmuje następującą wiedzę z przymiotnikiem kwantowa: zasadę działania, technologię elementów i urządzeń funkcjonalnych, fotonikę, informatykę, architekturę komputerów, złożone systemy kwantowe, itp. Przy obecnym szybkim rozwoju obszaru IKT, przedmiot na ten temat wydaje się wręcz obowiązkowy.

Treść kształcenia:

Opis wykładu:

Informacyjne Technologie Kwantowe. Obszar zainteresowań i działy ITK. Różnice między klasycznymi technologiami informacyjnymi i kwantowymi. Krótkie przypomnienie fizyki kwantowej. Podstawowe pojęcia mechaniki kwantowej, stan kwantowy układu. Układy

dwupoziomowe. Zasada Heisenberga. Kwantowe wielkości niekomutujące. Reguła Pauliego. Dualizm i fala deBroglie. Tunelowanie kwantowe. Pola nieklasyczne. Interferencja i superpozycja stanów kwantowych. Kwantowe stany czyste i mieszane. Splątanie i nielokalność kwantowa, Tunel Schwarzschilda i jego stabilność. Związek mechaniki kwantowej z ITK.

- Informatyczna teoria kubitów. Działania na kubitach. Bramki kwantowe jedno i wielokubitowe. Algorytmy kwantowe.
- Komputing kwantowy, otwarte programistyczne inicjatywy społecznościowe. Inicjatywa QWorld. Kwantowa społeczność krajowa QAIF. Strukturalny kwantowy język programowania QCL. Platforma Qiskit. Wybrane algorytmy kwantowe (Bernsteina, Deutscha, Kitajewa, Simona, Grovera,...).
- Kryptografia kwantowa. Kryptograficzne architektury i algorytmy kwantowe. Algorytm faktoryzacji Shora.
- Fizyczna realizacja kubitów 1. Optyka atomowa. Rodzaje kubitów - jonowe, nadsubtelne, atomowe, spinowe, wakancyjne, molekularne, fazowe, strumieniowe, nadprzewodzące, quazicząsteczkowe. Konstrukcja pułapek jonowych. Miniaturyzacja elementów i urządzeń kwantowych. Optymalizacja energetyczna.
- Fizyczna realizacja kubitów 2. Fotonika kwantowa. Światło nieklasyczne. Światło ściśnięte. Światło powolne. Lasery dla technologii kwantowych. Co oznacza szerokość spektralna wiązki laserowej 10^{-6} Hz i jakie są tego konsekwencje? Kubity stacjonarne i lotne. Rejestry kwantowe, ich realizacja i stabilność.
- Komputer kwantowy. Teoria. Co jest naprawdę potrzebne do budowy dobrego komputera kwantowego?
- Komputer kwantowy. Praktyka. Uniwersalny komputer kwantowy. Komputer NISQ. Parametry niektórych maszyn IONQ, Google/Sycamore, Honeywell, IBM/Hummingbird, D-Wave. Współczynnik Quantum Supremacy/Advantage. Metryka wydajności Objętość Kwantowa.
- Kwantowy komputer foniczny. Algorytm próbkowania bozonu. Problem ujarzmięcia fotonu.
- Kwantowe środowiska chmurowe. Azure Quantum. Amazon Bracket.
- Czujniki kwantowe. Kwantowe pomiary NMR. Grawimetry absolutne. Nawigacja bez GPS. Pomiary poniżej limitu kwantowego. Anihilacja kwantowego szumu projekcji. Jak działa LIGO? Wielokrotne stany splątane NOON.
- Obrazowanie kwantowe. Kwantowe obrazowanie superrozdzielcze. Pomiary poniżej limitu dyfrakcyjnego. Kwantowe oświetlenie strukturalne. Ghost imaging. Mikroskop kwantowy. Teleskop kwantowy.

- Zegary atomowe. Grzebień optyczny. Co oznacza niestabilność zegara 10^{-20} i jakie są tego konsekwencje?
- Telekomunikacja kwantowa. Teleportacja kwantowa informacji. Kwantowy kanał telekomunikacyjny. Teleportacja kwantowa lokalnej energii próżni? Kwantowy limit informacyjny.
- Sprzętowo-programistyczne kwantowe standaryzowane środowisko projektowe ARTIQ i SINARA. Otwarte inicjatywy kwantowo-sprzętowe github/sinara. Standard ATCA i microTCA. Laboratorium PERG ISE dysponuje środowiskiem Artiq/Sinara i możliwe jest zorganizowanie kilku demonstracyjnych ćwiczeń/pokazów laboratoryjnych związanych z projektowaniem komputera kwantowego.

Opcjonalne laboratorium i projekt:

Podstawowym celem zajęć laboratoryjnych jest przekazanie ich uczestnikom informacji, w jaki sposób projektuje się środowisko sprzętowo – programistyczne komputera kwantowego. Laboratorium nie jest bezpośrednio związane z wykładem. Jest skoncentrowane na środowisku projektowym rzeczywistego komputera kwantowego klasy NISQ – Noisy Intermediate-Scale Quantum. Zespół w ISE dysponuje środowiskiem Artiq-Sinara umożliwiającym zaprojektowanie ćwiczeń demonstracyjnych i wykonywanych przez studentów. Studenci przygotowują się do ćwiczeń laboratoryjnych teoretycznie na podstawie polecanej literatury. Po ćwiczeniach demonstracyjnych i instruktażowych studenci dostają zdalny dostęp do środowiska projektowego Artiq-Sinara mogą realizować założone programowe lub własne projekty kwantowe.

Egzamin: *tak*

Literatura (przykładowa):

- [1] T. Fortier and E. Baumann (2019). 20 years of developments in optical frequency comb technology and applications. *Commun Phys*, Vol. 2, Issue 153, pp. 1-15.
- [2] J.Tom, et al (Dec. 2020), Exploring the role of high-purity laser light in quantum technology, *Photonics Spectra*.
- [3] T. Ladd et al. (2010). Quantum computers. *Nature*, Vol. 464, Issue 45, pp. 45-53.
- [4] X. S.L.Bayliss et al. (2020), Optically addressable molecular spins for quantum information processing, arXiv 2004.07998.
- [5] X. G.Wolfowicz, et al (2020), Vanadium spin qubits as telecom quantum emitters in silicon carbide, arXiv 1908.09817.
- [6] Z.Ma, et al. (Dec.2020), Ultrabright quantum photon sources on chip, *PRL* 125, 263602.
- [7] H-S.Zhong, et al. (2020), Quantum computational advantage using photons, *Science* 370(6523), 1460-1463,

- [8] D.P.DiVincezno (2000), The physical implementation of quantum computation, arxiv:quant-ph/02077.
[9] G.B.Lemos, et al. (Jan.2014), Quantum imaging using undetected photons, Nature.
[10] <http://scienceinpoland.pap.pl/en/news/news%2C33740%2Ctwo-polish-scientists-eu-quantumtechnologies-advisory-board.html>
[11] <https://github.com/sinara-hw/meta/wiki/Team>
[12] <https://sinara-hw.github.io/>
[13] <https://m-labs.hk/experiment-control/artiq/>
[14] <https://github.com/sinara-hw/meta/wiki/Status>
[15] C.J.Ballance, et al (2016), High-fidelity quantum logic gates using trapped-ion hyperfine qubits, PRL 117, 060504.

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	-	-	(30h/sem)
<i>opcjonalnie</i>	2	-	1		(45h/sem.)

Wymiar w jednostkach ECTS: 2 (opcjonalnie 3)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *Liczba godzin kontaktowych – 30 godz (opcjonalnie 45 godz)., w tym*
 - *uczestnictwo w wykładach: 30 godz.,*
 - *uczestnictwo w laboratoriach/projekcie: 15 godz.*

Praca własna studenta – 30 godz., w tym

- *przygotowanie do laboratorium z projektem: 10 godz.,*
- *przygotowanie do egzaminu: 20 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 50 godz., co odpowiada 2 pkt ECTS.
(opcjonalnie 75 godz, co odpowiada 3 pkt ECTS)

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,8 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,6 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. ćwiczeń laboratoryjnych.

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)*	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:			
WIEDZA			
Ma wiedzę w zakresie: podstaw fizyki relatywistycznej i kwantowej, lokalnych i nielokalnych zjawisk kwantowych wykorzystywanych do budowy urządzeń technicznych.	wykład	egzamin	K1_W01
Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie projektowania i zasad użytkowania technicznych urządzeń kwantowych jak: komputerów, czujników i urządzeń pomiarowych, systemów złożonych w tym telekomunikacyjnych.	wykład	egzamin	K1_W02 K1_W03
UMIEJĘTNOŚCI			
Potrafi wykorzystać poznane metody oraz modele teoretyczne i techniczne do analizy podstawowych zagadnień z obszaru informacyjnych technologii kwantowych oraz do podstawowych metod projektowania technicznych urządzeń kwantowych.	wykład	egzamin	K1_U08
Potrafi wykorzystać poznane zasady i metody informacyjnych technologii kwantowych oraz odpowiednie narzędzia projektowania do rozwiązywania podstawowych zadań z obszaru komputingu kwantowego, metrologii kwantowej, i podstaw telekomunikacji kwantowej.	wykład <i>opcjonalnie</i> <i>laboratorium</i>	egzamin praca w laboratorium, sprawozdanie	K1_U08 K1_U07
Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie. Potrafi skutecznie pracować w projektowym środowisku wirtualnym.	wykład <i>opcjonalnie</i> <i>laboratorium</i>	egzamin praca w laboratorium, sprawozdanie	K1_U01

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
Rozumie potrzebę uczenia się przez całe życie; potrafi inspirować i organizować proces uczenia się innych osób.	wykład, laboratorium	egzamin, praca w laboratorium	K1_K01 K1_K02
Potrafi współdziałać i pracować w grupie, przyjmując w niej różne role.	wykład laboratorium	egzamin, praca w laboratorium	K1_K01 K1_K02

Zespół autorski:

Dr hab. inż. Tomasz Osuch, prof. PW

Dr inż. Alicja Anuszkiewicz

Metrologia i sensoryka światłowodowa (MISS)
Fiber optic metrology and sensors

Poziom kształcenia: *II/III stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *wszystkie specjalności prowadzone na kierunku Elektronika*

Grupa przedmiotów:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny:

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Wstęp do fotoniki (WDF),
Fotonika światłowodowa (FOS)*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów
dla kierunku Elektronika*

Celprzedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zaawansowanymi zagadnieniami w zakresie pomiarów w technice światłowodowej. W szczególności przedmiot obejmuje tematykę związaną z czujnikami światłowodowymi w systemach pomiarowych oraz z zagadnieniami metrologicznymi wykorzystywanymi w laboratoriach badawczych i wzorcujących. W zakresie metrologii światłowodowej nacisk położony został na omówienie: specjalistycznych metod pomiarowych stosowanych do charakteryzacji światłowodów i podzespołów światłowodowych, tematyki wzorców pomiarowych, spójności pomiarowej oraz analizy niepewności.*

Treść kształcenia:

WYKŁADY:

1. Wstęp: przypomnienie i rozszerzenie podstawowych zagadnień z zakresu techniki światłowodowej (rodzaje, parametry i właściwości), oraz pojęć z zakresu czujników oraz metrologii (4h)
2. Światłowodowe czujniki natężeniowe (1h)
3. Interferometry światłowodowe (2h)
4. Periodyczne struktury światłowodowe w zastosowaniach czujnikowych (4h)
5. Dwójłomność i polaryzacja w sensoryce światłowodowej (2h)

6. Rozłożone systemy pomiarowe (technologie: OTDR, OFDR, rozpraszanie ramanowskie, rozpraszanie Brillouina) (3h)
7. Rezonatory pętlowe i laserowe układy czujnikowe (2h)
8. Techniki pomiarowe w badawczym laboratorium światłowodowym (6h):
 - a) pomiary właściwości włókien światłowodowych (straty zgięciowe, długość fali odcięcia, apertura numeryczna, tłumienność, charakterystyka spektralna)
 - b) pomiary zaawansowane (polaryzacja i dwójłomność, dyspersja polaryzacyjna, dyspersja chromatyczna, straty zależne od polaryzacji, współczynnik ekstynkcji)
9. Spójność pomiarowa w technice światłowodowej (6h):
 - a) wzorce pomiarowe stosowane w technice światłowodowej
 - b) zaawansowane metody pomiarowe
 - c) szacowanie niepewności pomiarowej

LABORATORIA: *Celem laboratorium jest ugruntowanie wiedzy teoretycznej i nabycie umiejętności praktycznych przygotowujących do pracy w laboratorium badawczym w zakresie techniki i metrologii światłowodowej. Studenci mają możliwość własnoręcznego zestawienia stanowiska badawczego, zdobycia umiejętności eksperymentatorskich, poznania zaawansowanych metod pomiarowych oraz analizy, przetwarzania i opracowywania wyników badań.*

Tematyka zajęć laboratoryjnych:

1. Badania podstawowych właściwości światłowodów – część 1: zestawienie stanowiska pomiarowego do obserwacji rozkładu modów w światłowodzie, pobudzenie modów, obserwacja i pomiary (4h).
2. Badanie podstawowych właściwości światłowodów – część 2: pomiar strat zgięciowych, długości fali odcięcia, wyznaczenie apertury numerycznej światłowodów (4h).
3. Badania właściwości polaryzacyjnych światłowodów – pomiar stanu polaryzacji, pomiar dyspersji polaryzacyjnej, szacowanie niepewności pomiarowej (4h).

Egzamin: *nie*

Literatura i oprogramowanie:

1. K. Thyagarajan, A. Ghatak, „Fiber Optic Essentials,” John Wiley & Sons, Inc., 2007
2. G. Rajan, “Optical Fiber Sensors: Advanced Techniques and Applications, CRC Press, 2015
3. D. Derickson, “Fiber Optic Test and Measurement”, Prentice Hall PTR, NJ, Upper Saddle River, 1998.
4. R. Hui, M. O’Sullivan, “Fiber Optic Measurement Techniques”, Elsevier Academic Press, New York, 2009,
5. JCGM 100:2008. “Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement”, Joint Committee for Guides in Metrology, 2008
6. Publikacje naukowe
7. Normy

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	30	-	16	-
<i>w wymiarze tygodniowym</i>	2		1	

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 46 godz., w tym*

obecność na wykładach 30 godz.,

udział w konsultacjach 4 godz.

obecność na laboratorium 12 godz.

1. *praca własna studenta – 32 godz., w tym*

przygotowanie do kolokwium 20 godz.

przygotowanie do laboratoriów 6 godz.

przygotowanie sprawozdań (laboratoria) 6 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 78 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,77 pkt ECTS, co odpowiada 46 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,92 pkt ECTS, co odpowiada 12 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 6 godz. przygotowania do laboratorium oraz 6 godz. przygotowywania sprawozdań z laboratorium.

Efekty uczenia się:

efekty uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z matematyki w zakresie metod obliczeniowych przydatnych do rozwiązywania złożonych zagadnień dotyczących mikroelektroniki i fotoniki oraz rozszerzoną i pogłębioną wiedzę z fizyki w zakresie zjawisk fizycznych istotnych dla działania zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład, laboratoria	Kolokwium, raport	K1_W01
W2: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie analizy, projektowania, modelowania, charakteryzacji i wytwarzania zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład, laboratoria	Kolokwium, raport	K1_W06
UMIĘJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w zakresie modelowania i charakteryzacji zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Laboratoria	Raport	K1_U07
U2: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych z zakresu analizy, projektowania, modelowania, charakteryzacji i wytwarzania zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki.	Laboratoria	Raport	K1_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	Laboratoria	Raport	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Konrad Kiełbasiński

dr inż. Jakub Jasiński

**Kompatybilność Elektromagnetyczna Układów Zasilania (EMCZ)
(Electromagnetic Compatibility of Power Supplies)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest nabycie przez studentów zaawansowanych umiejętności projektowania, symulowania oraz konstruowania układów zasilających w zgodzie z obecnie obowiązującymi przepisami dotyczącymi kompatybilności elektromagnetycznej. Wiedza z tego zakresu jest niezbędna do wprowadzenia układów zasilających do produkcji i legalnej sprzedaży na terenie Unii Europejskiej.*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: Suma punktów 100, w tym dwa kolokwia po 35 pkt każde oraz projekt 30 pkt. Warunkiem zaliczenia jest zdobycie łącznie co najmniej 51 pkt.

Opis wykładu: *(szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)*

Ogólna klasyfikacja zakłóceń elektromagnetycznych pod względem ich źródła pochodzenia, mocy, widma, koherentności z podziałem na przewodzone i promieniowane

Zagadnienia jakości energii w sieciach energetycznych jedno i trójfazowych z omówieniem pojęć: moc bierna, czynna, pozorna, tangens i kosinus przesunięcia fazowego prądu i napięcia, trójkąt mocy, współczynnik mocy, harmoniczne prądu i napięcia, współczynnik całkowity zniekształceń harmonicznym.

Porównanie typowych topologii zasilaczy takich jak buck, boost, flyback, half-bridge, full bridge pod względem odkształceń ich przebiegów prądowych i napięciowych od strony linii zasilającej oraz obiektu zasilanego.

Wpływ konstrukcji elementów biernych wykorzystywanych w układach zasilających takich jak kondensatory, dławiki, transformatory, w tym wielkości szczeliny powietrznej i jej umiejscowienia, kształtu rdzenia, sposobu nawijania, na poziom emisji zakłóceń.

Wpływ zastosowanych elementów czynnych, takich jak m.in. diody i tranzystory w tym ich pojemności pasożytniczych w tym złączowych i dyfuzyjnych na poziom emisji zakłóceń

w typowych topologiach układów zasilania. Omówienie korzyści z zastosowania półprzewodników szeroko-przerwowych.

Sposoby ochrony wejść i wyjść zasilaczy przed skutkami przepięć, zapadów i krótkotrwałych przerw w zasilaniu m.in. poprzez przykładowe układy wykorzystujące odgromniki, diody transil i trisil, filtry linii zasilającej, układy miękkiego startu.

Omówienie wpływu sposobu wykonywania projektu PCB zasilaczy w tym wymiarów i technologii przelotek, szerokości i sposobu prowadzenia ścieżek, ich ekranowania i impedancji charakterystycznej na emisję zakłóceń oraz podatność na zakłócenia zewnętrzne.

Sposoby eliminacji zakłóceń przewodzonych. Omówienie pasywnych filtrów dolnoprzepustowych, środkowo zaporowych i filtrów rezonansowych

Konstrukcja ekranów przeciwzakłóceniovych. Omówienie skuteczności ekranowania w zależności od geometrii i doboru materiałów.

Bieżące wymogi i normy stawiane zasilaczom na przykładzie ich zastosowań. m.in. w oprawach oświetleniowych.

Projekt:

Zadaniem studenta jest wybór tematu projektu zaproponowanego przez prowadzącego lub złożenie własnej propozycji zaakceptowanej przez prowadzącego. Tematami projektów są obwody układów zasilających, których poprawność jest weryfikowana poprzez wyniki symulacji LTSpice i/lub pomiary układów fizycznie wykonanych przez studentów.

Egzamin: nie

Literatura:

1. J. L. Norman Violette, Donald R. J. White, Michael F. Violette, "Electromagnetic compatibility handbook", 1987.
2. Grzegorz Benysek, "Improvement in the quality of delivery of electrical energy using power electronics systems", 2007.
3. PN-EN 50160 – „Parametry napięcia zasilającego w publicznych sieciach elektroenergetycznych”.
4. PN-EN 55015 - „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Poziomy dopuszczalne i metody pomiarów zaburzeń radioelektrycznych wytwarzanych przez elektryczne urządzenia oświetleniowe i urządzenia podobne”.

5. PN-EN IEC 63129 - „Określenie charakterystyki prądu rozruchowego urządzeń oświetleniowych”.
6. PN-EN 61000-3-2 - „Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) - Dopuszczalne poziomy emisji harmonicznych prądu (fazowy prąd zasilający odbiornika mniejszy lub równy 16 A)”.
7. PN-EN 61000-3-3 - „Kompatybilność elektromagnetyczna - Dopuszczalne poziomy - Ograniczanie wahań napięcia i migotania światła powodowanych przez odbiorniki o prądzie znamionowym mniejszym lub równym 16 A w sieciach zasilających niskiego napięcia”.
8. PN-EN 61000-4-11 - “Kompatybilność elektromagnetyczna (EMC) -- Część 4-11: Metody badań i pomiarów -- Badania odporności na zapady napięcia, krótkie przerwy i zmiany napięcia dla urządzeń o znamionowym prądzie fazowym nie przekraczającym 16 A”.

Oprogramowanie: *(wpisać używane oprogramowanie – o ile jest potrzebne)*

Symulator obwodów elektronicznych LTSpice lub podobny. Narzędzie do projektowania obwodu drukowanego (PCB), np. Eagle.

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	-	1	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 45 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
udział w konsultacjach 15 godz.,
2. praca własna studenta – 30 godz., w tym
przygotowanie do kolokwiiów 10 godz.,
wykonywania zadań projektowych: 15 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1.8 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0.6 pkt ECTS, co odpowiada - 15 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
--	---	----------------------------------	---

WIEDZA			
<p>W1: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, - modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych. 	wykład	kolokwium	K1_W04
<p>W2: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.</p>	wykład	kolokwium	K1_W05
<p>W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do jednego z trzech następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - układy analogowe impulsowe i wielkiej częstotliwości. 	wykład	kolokwium	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
<p>U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie</p>	projekt	zaliczenie projektu	K1_U01
<p>U2: Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.</p>	projekt	zaliczenie projektu	K1_U05
<p>U3: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski:</p> <ul style="list-style-type: none"> - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów 	projekt	zaliczenie projektu	K1_U07

analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.			
U4: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów: - - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	projekt	zaliczenie projektu	K1_U08
U5: Potrafi zaproponować ulepszenia (usprawnienia) istniejących rozwiązań technicznych w zakresie studiowanej specjalności.	projekt	zaliczenie projektu	K1_U13
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	projekt	zaliczenie projektu	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Krzysztof Madziar, dr inż. Agnieszka Szymańska,
dr inż. Piotr Witoński, dr inż. Jerzy Piotrowski

**Fotonika Mikrofalowa
Microwave Photonics**

Poziom kształcenia: *drugiego stopnia*
Forma studiów i tryb *studia stacjonarne*
prowadzenia przedmiotu:
Kierunek studiów: *Elektronika*
Profil studiów: *ogólnoakademicki*
Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*
Jednostka prowadząca: *Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych*
Jednostka realizująca: *Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki*
Koordynator przedmiotu:
Poziom przedmiotu: *zaawansowany*
Status przedmiotu: *obieralny*
Język prowadzenia zajęć: *polski*
Semestr nominalny:
Minimalny numer ---
semestru:
Wymagania ---
wstępne/zalecane
przedmioty poprzedzające:
Dyskonta ---
Limit liczby studentów: *40*

Powód zgłoszenia przedmiotu:

nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z systemami fotoniki mikrofalowej, które dzięki interakcji na linii systemy elektroniczne – systemy foniczne, otwierają bardzo szerokie spektrum możliwości rozszerzenia funkcjonalności dotychczas wykorzystywanych systemów mikrofalowych. W ramach przedmiotu studenci zostaną

-
- 1 Kod przedmiotu uzupełnia Dziekanat WEiTI
 - 2 W przypadku nowego programu studiów grupy przedmiotów wprowadza Dziekanat WEiTI, w innym przypadku grupy przedmiotów, do których ma należeć zgłoszony przedmiot podaje koordynator przedmiotu

zapoznani z zasadą działania i projektowania fonicznych układów filtracji, wzmacniania i generacji sygnałów mikrofalowych, a także opto-mikrofalowych układów przemiany częstotliwości. Przedstawione zostaną analogie między światem układów mikrofalowych, a światem układów fonicznych. Wskazane zostaną fizyczne ograniczenia obu tych technik oraz punkty, w których mogą się one wzajemnie uzupełniać.

Skrócony opis przedmiotu (max 1000 znaków):

Przedmiot stanowi przegląd zastosowań techniki fonicznej w przetwarzaniu, wytwarzaniu i przesyłaniu sygnałów mikrofalowych. W jego ramach mieści się przedstawienie szeregu procesów, które są dobrze znane i opisane w domenie mikrofalowej, jednak ze względu na znacznie szersze możliwości i większy potencjał układów fonicznych, są zdecydowanie bardziej efektywne kiedy przeprowadzi się je w domenie fonicznej. W ramach przedmiotu, student pozna te mechanizmy, zapozna się z typowymi układami realizującymi opisywane funkcjonalności i z metodologią ich projektowania.

Skrócony opis przedmiotu w języku angielskim (max 1000 znaków):

The goal of the course is an overview of the applications of photonic technology in the processing, production and transmission of microwave signals. It includes the presentation of a number of processes that are well known and described in the microwave domain, but due to the much wider possibilities and greater potential of photonic systems, they are definitely more effective when carried out in the photonic domain. As part of the course, the student will learn these mechanisms, learn about typical systems implementing the described functionalities and the methodology of their design.

Treści kształcenia:

Wykład:

- 1. Wprowadzenie do komunikacji opto-mikrofalowej.** Idea opto-radiowej transmisji sygnałów z wykorzystaniem fali nośnej. Idea łącza radiowego, światłowodowego, ewolucja systemów, łącza analogowe i cyfrowe.
- 2. Elementy teorii obwodów I.** Obwody z elementami nieliniowymi: nieliniowa rezystancja i nieliniowa pojemność. Metoda perturbacji. Analiza obwodu w dziedzinie częstotliwości i czasu.
- 3. Elementy teorii obwodów II.** Warunki stabilności dwuwrotników mikrofalowych. Techniki dopasowania obwodów mikrofalowych, szerokopasmowe obwody dopasowujące. Modelowanie i ekstrakcja parametrów diod i tranzystorów mikrofalowych. Modelowanie nieliniowości.
- 4. Rezonatory i filtry w układach fotoniki mikrofalowej.** Rezonatory: parametry i podstawowe struktury. Techniki przestrajania obwodów rezonansowych. Podstawowe struktury filtrów mikrofalowych i fonicznych. Zasady projektowania filtrów.
- 5. Anteny foniczne.** Podstawowe struktury i zasady działania anten radiowych i mikrofalowych. Podstawowe parametry anten. Fotonika w układach formowania wiązki. Równanie transmisji mocy. Transmisja mocy w łączy optycznym i w wolnej przestrzeni. Anteny inteligentne.

6. **Wzmacnianie sygnałów mikrofalowych na drodze fotonicznej.** Mikrofalowe tranzystory HBT i HEMT. Tranzystorowe wzmacniacze mikrofalowe. Wzmacniacze wielostopniowe. Wzmacniacze szerokopasmowe. Praca w warunkach nieliniowych. Praca wielotonowa i zniekształcenia intermodulacyjne. Wykorzystanie układów fotonicznych do wzmacniania sygnałów mikrofalowych.
7. **Mikrofalowe tranzystorowe wzmacniacze mocy.** Praca wzmacniacza w warunkach silnego wysterowania. Metody zwiększania sprawności wzmacniaczy. Modelowanie obwodów wyjściowych na częstotliwościach harmonicznym. Wzmacniacze Doherty'ego. Zasady projektowania wzmacniaczy mocy.
8. **Fotoniczna i optoelektroniczna generacja sygnałów mikrofalowych.** Modele i warunki generacji oscylatorów optoelektronicznych. Zasady projektowania generatorów tranzystorowych.
9. **Praca oscylatora w warunkach nieliniowych.** Generacja harmonicznym. Histereza i nieciągłości. Szumy oscylatora. Techniki stabilizacji częstotliwości oscylatorów. Techniki powielania częstotliwości. Synteza częstotliwości.
10. **Modulacja sygnałów optycznych, zaawansowane schematy modulacji.** Rodzaje modulacji sygnałów. Modulatory elektrooptyczne i elektroabsorpcyjne. Wielostanowa modulacja amplitudy i fazy sygnałów mikrofalowych. Synteza sygnałów mikrofalowych o zmiennej amplitudzie i fazie.
11. **Procesy optoelektronicznej przemiany częstotliwości.** Zasady przemiany częstotliwości. Parametry mieszaczy. Mieszacze zrównoważone. Mieszacze tranzystorowe. Konfiguracje mieszaczy opto-mikrofalowych i optofalowych.
12. **Radiolinie mikrofalowe.** Podstawowa struktura łącza radiowego. Konstrukcja układów nadajników. Konstrukcja układów odbiorników. Szumy łącza. Bilans mocy i stosunek sygnał szum.
13. **Fotoniczne systemy radiokomunikacji ruchomej i satelitarnej.** Złożone systemy komunikacyjne. Systemy komunikacji mobilnej. Systemy komunikacji satelitarnej. Systemy komunikacji kablowej.
14. **Systemy radiowo-światłowodowe.** Podstawowa struktura systemów radiowo-światłowodowych, techniki modulacji i transmisji danych, generacja nośnej w pasmach milimetrowym. Przykłady zastosowań, układy odwrócone, rozwiązania eksperymentalne.

Laboratoria:

1. Badanie filtrów i rezonatorów w układach fotoniki mikrofalowej.
2. Badanie oscylatorów optoelektronicznych.
3. Badanie wzmacniaczy sygnału wykorzystujących układy fotoniki mikrofalowej.
4. Badanie układów opto-mikrofalowej przemiany częstotliwości.
5. Badanie układów elektrooptycznych modulatorów mikrofalowych.

Projekt:

1. projektowanie wzmacniaczy mikrofalowych (niskoszumne, szerokopasmowe, mocy),
2. projektowanie optoelektronicznych oscylatorów mikrofalowych,
3. projektowanie opto-mikrofalowych układów przemiany częstotliwości,
4. projektowanie odbiorników w układach fotoniki mikrofalowej.

Egzamin: *Tak*

Literatura:

- [1] S. Iezekiel, *Microwave Photonics: Devices and Applications*. Chichester, U.K.; Hoboken, NJ, 2009.
- [2] D. Jäger and A. Stöhr, "Microwave Photonics," in *Microwave Conference, 2001. 31st European*, Sep. 2001, pp. 1–4, doi: 10.1109/EUMA.2001.339044.
- [3] A. Vilcot, B. Cabon, and J. Chazelas, Eds., *Microwave Photonics: From Components to Applications and Systems*, Softcover reprint of the original 1st ed. 2003 edition. New York; London: Springer, 2010.
- [4] C. H. Lee, *Microwave Photonics*. Boca Raton: CRC Press, 2006.
- [5] W. S. C. Chang, Ed., *RF Photonic Technology in Optical Fiber Links*, 1 edition. Cambridge, UK; New York: Cambridge University Press, 2007.

Wymiar godzinowy zajęć: 60 godzin

**Formy prowadzonych zajęć Wymiar godzinowy
zajęć**

*Wykład - 30 godzin
Zajęcia Projektowe - 15 godzin
Laboratoria - 15 godzin*

Organizacja zajęć:

Przedmiot składa się części wykładowej, laboratoryjnej oraz projektowej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny z każdej ww. części. W ramach części laboratoryjnej, każdy uczestnik kursu uczestniczy w pięciu ćwiczeniach laboratoryjnych, za które może uzyskać maksymalnie 30 punktów. W ramach części projektowej każdy uczestnik kursu wykonuje projekt indywidualny za który może uzyskać do 30 punktów. W ramach wykładu przewidziany jest egzamin, za który można uzyskać maksymalnie do 40 punktów. Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0
81-90 punktów ocena: 4.5
71-80 punktów ocena: 4.0
61-70 punktów ocena: 3.5
51-60 punktów ocena: 3.0
do 50 punktów ocena: 2.0

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 60 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na zajęciach projektowych – 15 godz.,
obecność na ćwiczeniach laboratoryjnych – 15 godz.,*
2. *praca własna studenta – 80 godz., w tym
przygotowanie do egzaminu – 22 godz.,
wykonywania zadań projektowych – 35 godz.,
przygotowania do ćwiczeń laboratoryjnych – 10 godz.*

przygotowanie sprawozdań z ćwiczeń laboratoryjnych – 13 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 140 godz., co odpowiada 5 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 3 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2 pkt ECTS, co odpowiada 30 godz. zadań projektowych i laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie zjawisk zachodzących we współczesnych elementach i układach mikrofalowych i fotonicznych.	wykład	egzamin	K1_W01 K1_W03
W2: Ma szczegółową wiedzę w obszarze elementów i technologii mikrofalowych i fotonicznych	wykład	egzamin	K1_W03 K1_W04
W3: Ma uporządkowaną wiedzę o obecnym stanie oraz najnowszych trendach rozwojowych fotoniki i techniki mikrofalowej.	wykład	egzamin	K1_W03 K1_W04
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.	Projekt wykład	projekt egzamin	K1_U01 K1_U09
U2: Potrafi przygotować w języku polskim i języku angielskim, dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu fotoniki.	projekt	projekt	K1_U03
U3: Ma umiejętność samokształcenia się.			K1_U05
U4: Potrafi wykorzystać poznane metody oraz modele matematyczne do analizy podstawowych zagadnień fizycznych i technicznych.	projekt	projekt	K1_U07 K1_U08
U5: Potrafi zastosować poznane metody, modele matematyczne i narzędzia do analizy elementów fotonicznych.	wykład	Projekt laboratorium	K1_U07

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.	projekt	projekt	K1_K01

Zespół Autorski:

Ryszard Piramidowicz

Anna Jusza

Krzysztof Anders

Stanisław Stopiński

**Fotoniczne układy scalone (FUS)
(Photonic integrated circuits)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *2*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *48*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest wprowadzanie studentów w zagadnienia współczesnej fotoniki scalonej, zapewnienie wiedzy na temat podstaw fizycznych działania, konstrukcji podstawowych i zaawansowanych bloków funkcjonalnych oraz głównych platform technologicznych. Studenci zostaną gruntownie wprowadzeni w zagadnienia projektowania, wytwarzania, charakteryzacji i implementacji układów fotoniki scalonej. Ambicją autorów przedmiotu jest przede wszystkim przygotowanie studentów do podejmowania ról projektantów i użytkowników układów fotoniki zintegrowanej, ale również przedstawienie trendów rynkowych i perspektyw biznesowych.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz laboratoryjnej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50% punktów z każdej części. Laboratorium punktowane jest w skali od 0 do 40 punktów, egzamin od 0 do 60 punktów. Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91 - 100 punktów	ocena: 5,0
81 - 90 punktów	ocena: 4,5
71 - 80 punktów	ocena: 4,0
61 - 70 punktów	ocena: 3,5
51 - 60 punktów	ocena: 3,0
do 50 punktów	ocena: 2,0

Opis wykładu:

1. Wstęp do fotoniki scalonej

Część wstępna wykładu posłuży do przedstawienia istniejącego stanu wiedzy nt. technologii fotoniki scalonej. Najważniejsze poruszane tematy będą dotyczyły samej koncepcji integracji w fotonice, technologii wytwarzania (krzemowej, fosforu indu, azotku krzemu i innych), metodom i narzędziom modelowania i projektowania układów scalonych, technikom charakteryzacji, potencjalnym dziedzinom zastosowania z konkretnymi przykładami układów PIC, technologiom montowania układów w hermetyczne obudowy z wyprowadzeniami elektrycznymi i światłowodowymi (packaging).

2. Podstawy propagacji światła w falowodach planarnych/prostokątnych

W ramach tej części wykładu zostaną omówione podstawowe warunki propagacji sygnałów optycznych w falowodach (półprzewodnikowych) wytworzonych w technologii planarnej. Analiza teoretyczna będzie bazowała na równaniach Maxwella, równaniu falowym oraz równaniu dyspersyjnym. Omówione zostaną podstawowe struktury falowodów – odcinki proste, zakręty oraz przewężenia. Przedstawione zostaną podstawowe metody (EIM, BPM, FDTD) używane do wyznaczania rozkładu pola elektromagnetycznego oraz analizy propagacji sygnałów optycznych.

3. Podstawowe elementy pasywne – struktury MMI, (de)multipleksery AWG, sprzęgacze kierunkowe, struktury periodyczne

Ta część wykładu poświęcona jest podstawowym właściwościom struktur pasywnych, z uwzględnieniem zasady działania, metod i narzędzi projektowania, ich wykorzystania w obwodach scalonych. Zostaną omówione takie elementy jak sprzęgacze i zwierciadła MMI, (de)multipleksery AWG, sprzęgacze kierunkowe, struktury periodyczne. Dodatkowo, zostaną przedstawione problemy związane z technologią wytwarzania danych struktur (np. dla zwierciadeł Bragga).

4. Wzmacniacze optyczne

Na wykładzie zostaną przedstawione fundamentalne właściwości fizyki półprzewodników (kryształów i złącz p-n), z uwzględnieniem teorii struktury pasmowej, procesów elektro-

optycznych (absorpcja i emisja światła), technologii wytwarzania. Właściwości wzmacniacza SOA (semiconductor optical amplifier) zostaną omówione w sposób szczegółowy. W szczególności zostaną przedstawione np. równania bilansu, wzmocnienie małosygnalowe, procesy wpływające na krzywą wzmocnienia, techniki pomiaru wzmocnienia, podstawowe metody numeryczne służące do modelowania wzmacniaczy półprzewodnikowych.

5. Struktury laserów

W tej części wykładu zostanie przedstawiona zasada działania i projekty struktur laserowych stosowanych typowo w układach optoelektroniki zintegrowanej. Omówione będą lasery wykorzystujące rezonatory Fabry-Perot, rezonatory ze zwierciadłami Bragga (DBR), rezonatory z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym (DFB), lasery z filtrowanym sprzężeniem zwrotnym, lasery wielokanałowe, lasery pierścieniowe, lasery z synchronizacją modów.

6. Modulatory światła

Ta część wykładu będzie poświęcona omówieniu różnych technik modulacji światła, zarówno fazy, jak i amplitudy sygnału optycznego. Przedstawione zostaną takie techniki jak wstrzykiwanie i wymiatanie nośników, elektro-absorpcja, efekt termo-optyczny, efekt elektro-optyczny. W ramach wykładu zostanie zarówno omówiona fizyka poszczególnych efektów, jak również praktyczne aspekty projektowania zintegrowanych modulatorów światła.

7. Zintegrowane fotodetektory

W tej części wykładu zostaną przedstawione podstawowe struktury fotodetektorów używanych w fotonicznych układach scalonych, czyli fotodiody p-i-n. Omówione zostaną takie parametry opto-elektroniczne jak m.in. wydajność kwantowa, czułość detektora i szumy.

8. Fotoniczne układy scalone

Ostatnia część wykładu będzie poświęcona najważniejszym praktycznym aplikacjom fotonicznych układów scalonych w różnych dziedzinach nauki i techniki (np. telekomunikacja, sensoryka, metrologia). Zostanie omówiona zasada działania i architektura przykładowych urządzeń, takich jak wielokanałowe nadajniki, odbiorniki i modulatory wykorzystujące metodę zwielokrotniania falowego WDM, multipleksery optyczne w dziedzinie czasu, interrogatory sieci czujnikowych, spektrometry, żyroskopy optyczne, konwertery długości fali i in.

Laboratorium:

Laboratorium obejmuje zaprojektowanie i przeprowadzenie symulacji trzech projektów elementów/ układów fotoniki scalonej.

1. Projekt i symulacja struktur falowodów planarnych i sprzęgaczy falowodowych
2. Projekt topografii fotonicznego układu scalonego do aplikacji w systemach komunikacji optycznej lub sieci czujnikowych
3. Projekt i symulacja systemu komunikacji światłowodowej ze zintegrowanymi nadajnikami i odbiornikami WDM

Egzamin: tak

Literatura:

1. L.A. Coldren, S.W. Corzine "Diode Lasers and Photonic Integrated Circuits," Wiley; 2 ed., 2012
2. C. Pollock, M. Lipson, "Integrated Photonics," Springer, 2003
3. G. Lifante, "Integrated Photonics: Fundamentals," Wiley, 2007
4. H. Zimmermann, „Integrated Silicon Optoelectronics,” Springer; 2ed. 2010
5. J. Gao, "Optoelectronic Integrated Circuit Design and Device Modeling," Wiley, 2011
6. L. Vivien, L. Pavesi, "Handbook of Silicon Photonics", CRC Press, 2013

Oprogramowanie: (wpisać używane oprogramowanie – o ile jest potrzebne)

1. Synopsys OptoDesigner
2. Nazca Design
3. Optiwave Optisystem

Wymiar godzinowy zajęć: W C L P
 30 - 30 - (60)

Wymiar w jednostkach ECTS:(4)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych: 65 godz., w tym
obecność na wykładach: 30 godz.,
obecność na laboratorium: 30 godz.,
udział w konsultacjach: 5 godz.
2. praca własna studenta: 35 godz., w tym
przygotowanie do laboratoriów: 10 godz.,
przygotowanie sprawozdań z laboratoriów: 15 godz.
przygotowanie do egzaminu: 10 godz.,

Łączny nakład pracy studenta wynosi (100) godz., co odpowiada (4) pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (2,6) pkt ECTS, co odpowiada (65) godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (1,8) pkt ECTS, co odpowiada (45) godz. ćwiczeń laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla
student, który zaliczył przedmiot:			

			programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład	Egzamin	K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu projektowanie złożonych fonicznych układów scalonych.	Wykład, laboratorium	Egzamin, laboratorium	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analizy, projektowania, modelowania, charakteryzacji i wytwarzania zaawansowanych struktur fotoniki, analizy i charakteryzacji materiałów fotoniki oraz analizy i projektowania złożonych fonicznych układów scalonych.	Wykład	Egzamin	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym symulacje komputerowe z zakresu weryfikacji złożonych fonicznych układów scalonych.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U07
U2: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych z zakresu analizy i projektowania złożonych fonicznych układów scalonych.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U08
U3: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi z zakresu analizy, projektowania i modelowania zaawansowanych struktur fotoniki oraz analizy i projektowania złożonych fonicznych systemów scalonych.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U09

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium	Laboratorium	K1_K01
K2: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	Wykład, laboratorium	Egzamin, laboratorium	K1_K02

Zespół Autorski:

Robert Mroczyński
Ryszard Piramidowicz
Stanisław Stopiński
Ryszard Kisiel

Integracja Przyrządów Elektroniki i Fotoniki (IPEF)
(Integration of Electronic and Photonic Devices)

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *3*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Sensory (SEN), Scalone Systemy Cyfrowe VLSI (SSCV), Fotoniczne Układy Scalone (FUS)*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Student po realizacji części wykładowej i laboratoryjnej przedmiotu będzie:

posiadał zaawansowaną wiedzę z zakresu metod wytwarzania oraz typów nowoczesnych przyrządów elektronicznych i fotonicznych;

potrafił sklasyfikować podstawowe metody i techniki integracji przyrządów, układów i systemów elektronicznych i fotonicznych;

potrafił zaproponować plan rozwiązania prostych problemów technicznych z zakresu wytwarzania zintegrowanych przyrządów współczesnej elektroniki i fotoniki;

potrafił pracować w grupie, przyporządkowywać poszczególnym członkom zespołu rolę oraz zakres obowiązków w trakcie rozwiązywania problemów technicznych, zabierać krytyczny głos w dyskusji, przedstawiać na forum uzyskaną wiedzę oraz oceniać efekty pracy innych studentów.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Gwałtowny rozwój techniki i technologii w XX wieku, szczególnie związany z rozwojem technologii krzemowych układów scalonych (U. Sc.), doprowadził do rewolucji XXI wieku, jakim jest Internet Rzeczy (ang. Internet of Things – IoT / Internet of Everything – IoE). IoT jest obecnie na świecie najprężniej rozwijającą się gałęzią gospodarki w obszarze wysokich

technologii. Fundamentem rozwoju przyrządów IoT jest integracja przyrządów elektronicznych oraz fonicznych w tzw. Systems-on-Chip (SoCs). Jeśli elektronikę można uznać za technologię XX wieku, która napotkała już w wielu miejscach ograniczenia fundamentalne, to o fotonice mówi się jako o technologii XXI wieku. W fotonice, szczególnie w fotonice scalonej, wciąż drzemią nie do końca wykorzystane możliwości, dlatego integracja technologii przyrządów elektronicznych i fonicznych w tzw. przyrządy Mikro-Opto-Elektromechaniczne (ang. Micro-Opto-Electromechanical Systems – MOEMS) stwarza nową klasę przyrządów i nieograniczone możliwości zastosowań we wszystkich gałęziach gospodarki. Na wykładzie przybliżę rozwiązania techniczne i technologiczne integracji elementów, przyrządów oraz systemów elektronicznych i fonicznych. Omówię podstawowe technologie i typy materiałów wykorzystywanych do realizacji tego typu struktur zintegrowanych, przybliżę specyficzne warunki wytwarzania takich przyrządów oraz omówię dalsze kierunki rozwoju, które mogą doprowadzić do cywilizacyjnego przełomu w XXI wieku. Przedstawię problemy i wyzwania integracji współczesnych przyrządów typu SoCs.

Zagadnienia poruszane na wykładzie są niezmiernie interdyscyplinarne oraz reprezentują specyficzną dziedzinę techniki. W związku z tym, aby ułatwić studentom proces zdobywania i przyswajania wiedzy, wykłady będą prowadzone przy wykorzystaniu nowoczesnych metod kształcenia i tutoringu, takich jak: „flipped class”, „blended learning”, czy „jigsaw”. Metody te z pewnością uatrakcyjnią proces uczenia się oraz zaktywizują studentów do samodzielnego zdobywania wiedzy z zakresu przedmiotu. Pozwoli to na znacznie skuteczniejsze ugruntowanie wiedzy po realizacji przedmiotu i przygotowanie słuchaczy do kolejnych etapów kariery zawodowej. Studenci będą mieli również znaczny wpływ na zagadnienia, które będą sprawdzane na kolokwiah poprzez wspólną dyskusję i definiowanie najważniejszych zagadnień (np. wykorzystanie metod ankietowych lub wspólnego przygotowywania kryteriów oceny, tzw. „rubric”). Przedmiot będzie prowadzony przy wykorzystaniu wykładów multimedialnych bogato wzbogaconych o zdjęcia oraz filmy multimedialne ułatwiające zrozumienie przedstawianych na wykładzie treści. Szczególny nacisk w trakcie wykładów będzie położony na liczne dyskusje i prace w grupach oraz samodzielne zdobywanie wiedzy przez studentów przy wykorzystaniu źródeł elektronicznych. W ramach wykładu planowana jest również organizacja wycieczki do Centrum Zaawansowanych materiałów i Technologii (CEZAMAT), aby studenci mogli przekonać się, jak wyglądają nowoczesne laboratoria technologiczne, w których prowadzone są prace naukowo-badawcze oraz wdrożeniowe związane z produkcją zintegrowanych elementów i przyrządów elektronicznych i fonicznych omawianych na wykładach.

Zaliczenie przedmiotu będzie przeprowadzone na podstawie ocen uzyskanych z dwóch kolokwów sprawdzających (w sumie 70 pkt.) oraz trzech ćwiczeń laboratoryjnych (30 pkt.). Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 36 punktów z części wykładowej oraz 16 punktów z części laboratoryjnej. Realizacja przedmiotu, zarówno w części wykładowej, jak i laboratoryjnej, będzie przygotowana w taki sposób, aby nauka była realizowana w całości w formie zdalnej (w uzasadnionych przypadkach).

Opis wykładu:

1. Wprowadzenie

Pojęcie „Integracja” w kontekście przyrządów elektronicznych i fonicznych, rys historyczny i rozwój technologii przyrządów półprzewodnikowych dla elektroniki i fotoniki, granice i bariery rozwoju oraz prognozy, pojęcia: „skalowanie”, „More Moore”, „More than Moore” i „beyond CMOS/Si”, nowe technologie, nowe materiały, nowe architektury przyrządów, rynek przyrządów elektronicznych i fonicznych, perspektywy rozwoju na świecie i w Polsce.

2. Warunki wytwarzania elementów i przyrządów elektronicznych i fonicznych

Warunki wytwarzania przyrządów elektronicznych i fonicznych, laboratoria i fabryki, w których prowadzone są procesy wymagające wysokiej skali czystości pomieszczeń, podstawowe procesy technologiczne, przykładowe sekwencje procesów technologicznych, uzysk produkcyjny, metody optymalizacji, metody charakteryzacji materiałów i struktur elektronicznych i fonicznych.

3. Podstawowe materiały i procesy technologii planarnej

Materiały wykorzystywane do wytwarzania elementów oraz przyrządów elektronicznych i fonicznych, podstawowa klasyfikacja metod wytwarzania, uwarunkowania stosowalności tych metod.

4. Technologia SOI/SON i elektroniczne układy scalone

Metody wytwarzania podłoży typu „Silicon-On-Insulator” (SOI), klasyfikacja, zalety technologii, ograniczenia, porównanie do klasycznych technologii planarnych i innych stosowanych współcześnie w produkcji układów scalonych. Rozwój technologii (PD-, FD-) SOI -> SON -> UTB-SOI. Przykłady przyrządów, sekwencje i metody wytwarzania w kontekście przyrządów elektronicznych i fonicznych.

5. Przyrządy i układy fotoniki zintegrowanej

Podstawowe bloki funkcjonalne, przyrządy pasywne i aktywne, elementy i układy technologii krzemowej (Si), fosforu indu (InP) i innych materiałów (np. azotku krzemu – Si₃N₄), cechy charakterystyczne tych technologii i zakresy stosowalności. Przykłady technologii podstawowych elementów aktywnych i pasywnych. Propagacja i detekcja promieniowania. Aplikacje.

6. Przyrządy MOEMS – technologia hybrydowa

Klasyfikacja i podział przyrządów. Podstawowe bloki i elementy mikromechaniczne i elektro-optyczne, podstawowe technologie i metody obróbki powierzchniowej i objętościowej materiałów. Przykłady sekwencji technologicznych. Współczesne aplikacje przyrządów.

7. Metody integracji struktur elektronicznych i fonicznych

Technologie montażu struktur półprzewodnikowych elektronicznych i fonicznych, metody, przykłady, ograniczenia. Montaż struktur półprzewodnikowych do obudów oraz zagadnienia hermetyzacji, odprowadzanie ciepła. Technologie połączeń elektrycznych i optycznych.

8. Kolokwia sprawdzające wiedzę studentów

9. Zajęcia w „terenie” – wycieczka

Laboratorium:

Część laboratoryjna przedmiotu poświęcona jest zaznajomieniu studentów z zaawansowanymi technikami realizacji elementów półprzewodnikowych, ich charakterystyce elektrycznej i optycznej oraz metodami integracji. W ramach laboratoriów studenci pod okiem wykwalifikowanej kadry będą samodzielnie realizować. Laboratorium składa się z trzech części:

1. *Elektronika: sekwencja procesów wytwarzania podstawowych elementów półprzewodnikowych (zajęcia w laboratorium o podwyższonej czystości typu "clean-room" w IMiO PW);*
2. *Fotonika: pomiary i charakterystyka struktur falowodowych i/lub przyrządów pasywnych wykonanych w laboratoriach technologicznych IMiO PW oraz CEZAMAT;*
3. *Integracja: metody montażu elementów, wykonywania mikropołączeń, hybrydowa integracja.*

Projekt:

brak

Egzamin: NIE

Literatura:

1. *Robert Doering and Yoshio Nishi "Handbook of Semiconductor Manufacturing Technology", CRC Press (2008).*
2. *Stanley Wolf and Richard N. Tauber "Silicon Processing for the VLSI Era, Vol. 1: Process Technology", Lattice Press (2000).*
3. *J.P. Collinge, "Silicon-On-Insulator Technology: Materials to VLSI", Kluwer (1991).*
4. *Tapan K. Gupta; "Handbook of Thick- and Thin-Film Hybrid Microelectronics", J. Wiley & Sons Inc., Hoboken, New Jersey (2003).*
5. *G.T. Reed and A.P. Knights, "Silicon Photonics: an introduction", J. Wiley & Sons Inc. (2004).*
6. *Źródła dostępne w sieci www (serwisy TED, MOOCs, YouTube, knowledge clips, itp.)*
7. *Publikacje dostępne w czasopismach i bazach naukowych oraz prezentacje multimedialne w sieci www.*

Oprogramowanie: brak

Wymiar godzinowy zajęć: W C L P
 2 (30) - 1 (15) - (45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 55 godz., w tym:*

*obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 15 godz.,
udział w konsultacjach 10 godz.*

*2. praca własna studenta – 45 godz., w tym:
przygotowanie do laboratoriów 10 godz.,
przygotowanie do kolokwiów 12 godz.,
przygotowanie prezentacji na zajęcia zgodnie z metodyką kształcenia 11 godz.,
przygotowanie sprawozdań (laboratoria) 12 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2.1 pkt ECTS, co odpowiada 55 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1.48 pkt ECTS, co odpowiada 37 godz. ćwiczeń laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W01. Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	Wykład	Kolokwium Laboratorium	K1_W02
W02. Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład	Kolokwium Laboratorium	K1W03
W03. Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu nanoelektroniki, fotoniki zintegrowanej, materiałów i nanotechnologii oraz charakteryzacji i diagnostyki materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych.	Wykład	Kolokwium Laboratorium	K1W04
W04. Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	Wykład	Kolokwium Laboratorium	K1W05
UMIĘJĘTNOŚCI			
U01. Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	Wykład	Wykład	K1_U01

U02. Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach, także w języku angielskim.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U02
U03. Potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu elektroniki.	Wykład	Wykład	K1_U04
U04. Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski w zakresie modelowania i charakteryzacji zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki, wytwarzania struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Laboratorium	Laboratorium Kolokwium	K1_U07
U05. Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z zakresu mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii.	Wykład Laboratorium	Kolokwium Laboratorium	K1_U09
U06. Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań.	Wykład Laboratorium	Kolokwium Laboratorium	K1_U011
U07. Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz metod ich charakteryzacji i wytwarzania.	Wykład Laboratorium	Wykład Kolokwium Laboratorium	K1_U12

Zespół Autorski:

dr inż. Andrzej Mazurak

dr inż. Jakub Jasiński

(wpisać zespół autorów tworzących sylabus)1

**Komercjalizacja projektu elektroniki wbudowanej (KPeW)
(Embedded electronics design for manufacturability)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): -

Minimalny numer semestru: *3*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Student posiada wiedzę umiejętności z zakresu podstaw elektroniki analogowej i cyfrowej, technik mikroprocesorowych, projektowania obwodów drukowanych.

zalecane przedmioty poprzedzające: POMIK, TASM, EMCZ

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Słowa kluczowe: *projekt, prototyp, wdrożenie*

Cel przedmiotu: *(wpisać, kilka-kilkanaście zdań)*

Celem przedmiotu jest ukazanie drogi, jaką trzeba pokonać, aby ideę zamienić w skomercjalizowany produkt. Głównym narzędziem do osiągnięcia tego celu jest proces prototypowania, w erze czwartej rewolucji przemysłowej (*Przemysłu 4.0*) prowadzony również z wykorzystaniem narzędzi CAD (*Computer Aided Engineering*). Prototypowanie umożliwia weryfikację założeń mechanicznych i elektronicznych jak również identyfikację problemów funkcjonalnych przed rozpoczęciem produkcji, oraz optymalizację kosztów przyszłej produkcji.

1 W miejsce objaśnień w nawiasach wpisać potrzebne dane, a objaśnienia wraz z nawiasami usunąć. Pozostałe treści pozostawić bez zmian.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: (ogólne informacje na temat prowadzenia zajęć, zasad zaliczenia itd. - o ile potrzebne)

Przedmiot podzielony jest na część wykładowo-konwersatoryjną oraz część projektową realizowaną w kilkuosobowych zespołach. Przewiduje się 15 spotkań w czasie semestru. Zajęcia związane z realizacją projektu będą miały charakter konsultacji oraz zajęć mentoringowych. Ostatnie 1-2 zajęcia w semestrze (w zależności od liczebności grupy) będą przeznaczone na prezentacje końcowe.

Opis wykładu: (szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)

W przypadku urządzeń elektronicznych, które powstają w ramach zajęć projektowych będących dopełnieniem wykładów przedmiotów zawodowych, powstają modele spełniające najczęściej jedynie założenia funkcjonalne zdefiniowane na bardzo wczesnym etapie procesu prototypowania. Wynika to bądź z przyjętych założeń dotyczących tematyki kursu, bądź z ograniczeń czasowych oraz szerokiego spektrum poruszanych zagadnień.

Zupełnie inaczej jest z projektami komercyjnymi, gdzie na ich twórcach spoczywa zwykle duża odpowiedzialność prawna i finansowa za wytworzony projekt i produkt końcowy. Konsekwencją wszelkich wad (czy nawet pomniejszych niedociągnięć) mogą być znaczne straty finansowe, utrata zaufania do marki (a w konsekwencji utrata pozycji rynkowej). Stąd produkt wdrażany do produkcji jest efektem wieloetapowego, wszechstronnego prototypowania i testowania. Zgodnie z zasadą Pareto udoskonalanie i optymalizacja pierwotnego pomysłu może pochłaniać 80% całkowitych nakładów poniesionych na stworzenie produktu. Celem przedmiotu jest pokazanie i omówienie kolejnych etapów, jakie należy pokonać przechodząc od pierwszego pomysłu do komercjalizacji produktu, czyli uruchomienia jego produkcji. Omówienie tego procesu wsparte będzie studiami przypadków (*case studies*).

W1: Kreacja pomysłu produktu w myśl strategii *Technology-Push* lub *Market-Pull*. Definiowanie założeń projektowych.

W2: Trendy w projektowaniu: model kaskadowy, metody zwinne, prototypowanie poziome i pionowe, porzucenie prototypu, prototypowanie ewolucyjne, metoda selekcji wielokryterialnej. Metastrategia optymalizacyjna „dziel i zwyciężaj”- podział układu (a więc i problemu projektowo- optymalizacyjnego) na mniejsze podproblemy, jak najmniej powiązane ze sobą parametrycznie (tzn. z minimalizacją wzajemnych interakcji w zakresie parametrów roboczych).

W3: Testowanie i optymalizacja prototypu: dobór zmiennych diagnostycznych, optymalizacja prototypu (funkcjonalna, kosztowa). Rodzaje prototypów: *MVP (Minimum Viable Product)*, *DFMA (Design for Manufacture and Assembly)*, wersja przedprodukcyjna, wersja produkcyjna.

W3: Wymagania nakładane przez normy: niezbędne badania i procedury prawne dopuszczające urządzenie na rynek od strony formalnej; certyfikacja, badania potwierdzające spełnianie norm; kompatybilność (w tym *EMC*), bezpieczeństwo elektryczne (klasy ochronności, *ESD*), ocena środowiskowa, testy klimatyczne, badanie

narażeń mechanicznych (np. odporności na upadek), określenia stopnia ochrony (*IP*), bezpieczeństwo użytkowania, spełnianie specyficznych norm branżowych (medycznych, telekomunikacyjnych, wojskowych, pożarniczych i innych).

W4: Przygotowanie do sprzedaży: wolumen sprzedaży, cena jednostkowa, logistyka.

W5: Narzędzia projektowania i symulacji, narzędzia deweloperskie do zwinnego prototypowania; rozwiązania wspierające sprawne prototypowanie.

Laboratorium: (zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)

Brak.

Projekt: (sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)

Projekt realizowany jest w kilkusobowych zespołach i jest prowadzony z wykorzystaniem technik *PBL* oraz *Design Thinking*. Wyniki pracy zostaną przedstawione na forum grupy w postaci prezentacji.

Studenci pracując w grupach zaprojektują prosty układ elektroniki wbudowanej. Przeprowadzą symulacje działania układu zakładając nominalne wartości parametrów elementów. Przeprowadzą analizę najgorszego przypadku (*Worst-case scenario analysis*, *Worst-case circuit analysis*) uwzględniającą w realizowanym projekcie wszelkie możliwe odstępstwa (tolerancja, rozrzut parametrów, dopuszczalne marginesy) parametrów dla wszystkich stosowanych podzespołów, elementów i rozwiązań oraz wzajemną interakcję wymienionych odstępstw. Przeprowadzą analizę uwzględniającą efekty pasożytnicze, wpływ efektów starzeniowych i oddziaływań klimatycznych. Przeprowadzą optymalizację funkcjonalną i kosztową prototypu. Przeprowadzą analizę wymagań podyktowanych normami prawnymi i potrzebami certyfikacji. Zaprojektują obudowę urządzenia, okablowanie. Oszacują koszt urządzenia dla produkcji pilotażowej, mało- i wielkoseryjnej (korzyści skali). Sporządzą dokumentację projektową i produkcyjną. W pracy stosowany będzie kaskadowy model prototypowania oraz zostaną zaadaptowane zwinne metody tworzenia (*Agile*).

Etapy projektu:

P0: Powstanie idei i sprawdzenie pomysłu.

P1: Projektowanie produktu.

P2: Prototypowanie urządzenia: wieloetapowy proces wielokrotnej rewizji prototypu umożliwiający walidację zastosowanych rozwiązań, poprawności działania, spełniania norm jakościowych, dopasowania produktu do obowiązujących standardów i norm, spełniania założeń projektowych oraz umożliwiający optymalizację projektu pod kątem produkcji.

Pierwsza iteracja tego etapu zostanie przeprowadzona z wykorzystaniem prototypu sprzętowego MVP (działający produkt z minimum funkcjonalności), kolejne iteracje zostaną wykonane z użyciem symulacyjnych narzędzi komputerowych.

- P3:** Ostateczna rewizja produktu, która kończy się sporządzeniem pełnej dokumentacji, wymagań materiałowych, szczegółowej specyfikacji i pełnego opisu produktu gotowego do produkcji w partii seryjnej (*DFMA- Design for Manufacture and Assembly*).
- P4:** Preprodukcja: pilotażowa wersja produktu (*golden sample*), którą cechuje pełna realizacja gotowego produktu, w finalnej obudowie. Prototyp jest w pełni funkcjonalny i spełnia wszelkie wymagania techniczne wobec gotowego produktu. Stanowi on wzór dla każdej jednostki wytworzonej później w produkcji masowej.
- P5:** Produkcja masowa: produkcja pierwszej partii, która umożliwia analizę możliwych wad produktu, definiuje działania kontroli jakości, które w kolejnych etapach mogą wykryć usterki w produkcji.

Egzamin: *nie*

Literatura: (*wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe*)

1. B. R. Ingle „Design thinking dla przedsiębiorców i małych firm. Potęga myślenia projektowego w codziennej pracy”, Wydawnictwo Helion, 2015.
2. Z. Nosal, J. Baranowski „Układy elektroniczne cz. I”, Wydaw. Nauk.-Techn, 1994.
3. P. Misiurewicz „Podstawy techniki mikroprocesorowej”, Wydaw. Nauk.-Techn., 1991.
4. R. Kisiel, A. Bajera „Podstawy konstruowania urządzeń elektronicznych”, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, 1999.
5. Materiały seminaryjne, noty aplikacyjne i inne firm: Texas Instruments, Analog Devices, National Semiconductors, Linear Technology, itd., (Dostępne w Internecie).

Oprogramowanie: Oprogramowanie CAE/ CAD / CAM – *Computer Aided Engineering / Design / Manufacturing*: do symulacji obwodów elektrycznych (np. *PSpice, LTspice*), oprogramowanie do projektowania obwodów drukowanych (np. Eagle, Altium Designer), graficzne (np., *AutoCAD*), oprogramowanie do weryfikacji zbiorów produkcyjnych (np. *GC-Prevue*), zintegrowane środowisko uruchomieniowe (np. *Microchip Studio, Keil uVision*).

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
1	-	-	2	(30)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych: 45 godz., w tym
obecność na wykładach: 15 godz.,
obecność na zajęciach projektowych: 30 godz.,*
2. *praca własna studenta: 30 godz., w tym*

wykonywania zadań projektowych: 25 godz.,
przygotowanie prezentacji i sprawozdań (projekt): 5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,8 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,4 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. zadań projektowych.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	wykład	dokumentacja projektowa	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu systemów analogowych i cyfrowych, w tym mikroprocesorowych, wbudowanych, Internetu Rzeczy i systemów pomiarowych	wykład	dokumentacja projektowa	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu: - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, -modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	wykład	dokumentacja projektowa	K1_W04
W4: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	dokumentacja projektowa	K1_W05

W5: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do zakresu systemów elektronicznych, w tym systemów wbudowanych, mikro i nanosystemów.	wykład	dokumentacja projektowa	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	projekt	dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa	K1_U01
U2: Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach, także w języku angielskim.	projekt	prezentacja końcowa	K1_U02
U3: Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.	projekt	dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa	K1_U05
U4: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski: - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	projekt	jakość pracy podczas zajęć projektowych/ aktywność na zajęciach/ zaangażowanie w pracę grupy/ dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa	K1_U07

<p>U5: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej. 	projekt	<p>jakość pracy podczas zajęć projektowych/ aktywność na zajęciach/ zaangażowanie w pracę grupy/ dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa</p>	K1_U08
<p>U6: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne z zakresu</p> <ul style="list-style-type: none"> - systemy mikroprocesorowe i wbudowane, - warstwy sprzętowej Internetu Rzeczy, - systemów analogowych, cyfrowych i mieszanych, - systemów pomiarowych. 	projekt	<p>jakość pracy podczas zajęć projektowych/ aktywność na zajęciach/ zaangażowanie w pracę grupy/ dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa</p>	K1_U12
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
<p>K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.</p>	projekt	<p>dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa</p>	K1_K01

Zespół Autorski:

Prof. dr hab. inż. Jan Szmidt
Prof. dr hab. inż. Tomasz Skotnicki
Prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański

Kierunki Rozwoju Mikroelektroniki i Fotoniki (Development Trends in Microelectronics and Photonics)

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *3*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *brak*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest przedstawianie szeregu zagadnień związanych z wyzwaniem stojącymi przed współczesną elektroniką i fotoniką. Wszystkie te zagadnienia posiadają ogromny potencjał rozwojowy w perspektywie najbliższych 10-15 lat i ze względu na dynamikę tego procesu będą w kolejnych edycjach uzupełniane i zmieniane. Zapewne będzie to nieuniknione. Przedmiot ten, usytuowany w ostatnim semestrze studiów ma także na celu:

- pobudzenie wyobraźni rozwojowej słuchaczy – głównie dyplomantów drugiego stopnia,
- przygotowanie ich do wejścia w nowoczesne tematy, z którymi mogą spotkać się w przyszłości w różnych sytuacjach w trakcie swojej kariery zawodowej i rozumienie podstaw tych zagadnień,
- tych, którzy zechcą podjąć się realizacji prac doktorskich, wyposażyć w możliwość szerszego spojrzenia na problem i obszary badań naukowych z obszarów elektroniki i fotoniki, a co za tym idzie bardziej świadomy wybór tematyki badawczej w przyszłości.

Wszystkie wykłady prowadzone będą (w różnej formie, nie wyłączając seminaryjnej) przez osoby o znaczących, a nawet wybitnych, w skali międzynarodowej osiągnięciach w tematyce ich wykładów i nie tylko.

Słuchacze tego przedmiotu, w ramach pracy własnej, poza godzinami wykładów, będą mogli sprawdzić swoje możliwości przygotowywania referatów (ok. 15 min., z wybranych, nowych/oryginalnych zagadnień wg ich propozycji, uzgodnionej z prowadzącym wykład z danego obszaru) i predyspozycje do podejmowania próby rozwiązania problemów o charakterze naukowym. Do tego powinny przygotowywać studia II stopnia.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Wykłady w ramach danej tematyki obejmować będą 3 lub 4-ro godzinne kwanty (patrz „opis wykładu”).

W trakcie części wykładowej lub po jej zakończeniu, słuchacze zgłaszają propozycje tematów do samodzielnego opracowania i uzgadniają ten temat z prowadzącym wykład z obszaru tej tematyki.

Zaliczenie przedmiotu następuje zależnie od liczby studentów tj.

- a) w drodze złożenia pisemnego referatu – maksymalnie 3 strony A4 (czcionka 12) i prezentacji swojej pracy na seminarium z udziałem słuchaczy, którzy biorą udział wraz z prowadzącym
- b) w ocenianiu prezentacji (wariant ten ma miejsce gdy liczba słuchaczy nie przekracza 30),
- c) jak w przypadku wariantu a), z tym, że praca może być do 5 stron A4 (czcionka 12) i jest oceniana tylko przez prowadzącego, ewentualnie w drodze kilkuminutowej rozmowy ze słuchaczem, bez prezentacji w trakcie seminarium (wariant ten ma miejsce gdy liczba słuchaczy przekracza 30).

W każdej części wykładu zarysowane zostaną stan i dynamika rozwoju danej tematyki oraz kierunki, bariery i granice tego rozwoju (fizyczne, technologiczne, ekonomiczne) wg bieżącego stanu wiedzy.

Wielkim wyzwaniem stojącym przed prowadzącymi będzie takie ujęcie (treść i forma) danej tematyki, aby była możliwa do percepcji i zrozumienia przez słuchaczy o różnym poziomie (choć wcióż uniwersyteckim) przygotowania.

Forma wykładów może być w pewnym stopniu zróżnicowana przechodząc od klasycznej do seminaryjno-dyskusyjnej.

Wybór tematu referatu końcowego (po akceptacji prowadzącego) zaliczającego przedmiot ma między innymi ukierunkowywać przyszłe zainteresowania słuchaczy i przyczynić się być może do bardziej świadomego wyboru przyszłej ścieżki zawodowej czy zainteresowań badawczych, a nawet tylko hobbystycznych. To także ważny aspekt w kształtowaniu sylwetki naszych absolwentów w końcowej fazie kształcenia.

Opis wykładu: (szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)

Przykładowe tematy wykładów: (lista otwarta, mogąca ulec zmianie)

Tytuł: Technologie krzemowe – z nanometrów w angstromy?

Prowadzący: prof. dr hab. inż. Tomasz Skotnicki, dr hab. inż. Lidia Łukasiak, prof.

PW Literatura

1. Thomas Skotnicki, Frédéric Boeuf, “Optimal scaling methodologies and transistor performance”, Chapter 6 Published in Book "High dielectric constant materials - VLSI MOSFET applications" Edited by Howard R. Huff and David Gilmer, Springer series Advanced Microelectronics, Vol. 16, 2004
2. Rozdział 21 Advanced MOS-Devices
J. Bokor, T.-J. King, J. Hergenrother, J. Bude, D. Muller, T. Skotnicki, S. Monfray, G. Timp, str. 667
W High dielectric constant materials for VLSI MOSFET applications, edited by H.R.Huff & D.C. Gilmer, SPRINGER, Advance Microelectronics series, vol. 16, 2004
3. Thomas Skotnicki, Claire Fenouillet-Beranger, Claire Gallon, Frederic Boeuf, Stephane Monfray, Fabrice Payet, Arnaud Pouydebasque, Melanie Szczap, Alexis Farcy, Franck Arnaud, Sylvain Clerc, Manuel Sellier, Augustin Cathignol, Jean-Pierre Schoellkopf, Ernesto Perea, Richard Ferrant, Hervé Mingam, "Innovative materials, devices, and CMOS technologies for low-power mobile multimedia", pp. 96-130, IEEE, Transaction on Electron Devices, vol. 55, January 2008.

Tytuł: Terahertze - skok w niezbadane pasmo?

Prowadzący: prof. dr hab. Wojciech Knap

Literatura:

1. Wojciech Knap, Mikhail Dyakonov, Dominique Coquillat, Frederic Teppe, Nina Dyakonova, Jerzy Łusakowski, Krzysztof Karpierz, Maciej Sakowicz, Gintaras Valusis, Dalius Seliuta, Irmantas Kasalynas, Abdelouahad El Fatimy, Y. M. Meziani & Taiichi Otsuji; “Field Effect Transistors for Terahertz Detection: Physics and First Imaging Applications”, Journal of Infrared, Millimeter, and Terahertz Waves volume 30, pages 1319–1337(2009) Cite this article

Tytuł: Fotoniczne układy scalone

Prowadzący: dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz, prof. PW, dr inż. Stanisław

Stopiński Literatura:

1. L. Vivien, L. Pavesi, “Handbook of Silicon Photonics”, CRC Press, 2013
2. C. Pollock, M. Lipson, “Integrated Photonics”, Springer, 2003

Tytuł: Nanofotonika

Prowadzący: prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański, dr inż. Anna Tyszka-Zawadzka

Literatura:

1. Arthur McGurn “Nanophotonics”, Springer 2018

2. Zeev Zalevsky and Ibrahim Abdulhalim "Integrated Nanophotonic Devices", Wiley 2010
3. James W. M. Chong, Krzysztof Iniewski „Nanoplasmonics - Advanced Device Application”, CRS Pres Francis@Taylor Group 2014
4. Sergey V. Gaponenko "Introduction to Nanophotonics" Cambridge University Press, 2010

Tytuł: Elektornika i fotonika kosmiczna

Prowadzący: dr hab. inż. Piotr Orleański, Centrum Badan Kosmicznych

PAN Literatura:

1. Klaus Wittmann and Willi Hallmann, „Handbook of Space Technology” Edited by Wilfried Ley, © 2009 John Wiley & Sons, Ltd. ISBN: 978-0-470-69739-9
2. Piotr Orleański, monografia habilitacyjna "Satelitarna aparatura naukowa – projektowanie instrumentów ze szczególnym uwzględnieniem reguł dotyczących niezawodności", CBK PAN, 2019, ISBN: 978-83-89439-02-4
3. Różne dokumenty Europejskiej Agencji Kosmicznej zebrane jako zestaw standartów nazwany ECSS, European Cooperation for Space Standardization i wydawany przez ECSS Secretariat, ESA-ESTEC, Requirements & Standards Division, Noordwijk, The Netherlands, <https://ecss.nl/standards/>

Literatura będzie uzupełniona przez dodanie najbardziej aktualnych pozycji przed rozpoczęciem wykładu.

Tytuł: Obliczenia kwantowe

Prowadzący: prof. dr hab. Marek Kuś, Centrum Fizyki Teoretycznej PAN

Literatura

1. M. Hirvensalo, „Algorytmy kwantowe”, WSiP 2004
2. M. Le Bellac, „Wstęp do informatyki kwantowej”, PWN 2011
3. M. Sawerwain, J. Wiśniewska, „Informatyka kwantowa”, PWN 2020
4. M. A. Nielsen, I. L. Chung, „Quantum Computation and Quantum Information”, Cambridge University Press 2010
5. J. Preskill, Quantum Computation, <http://theory.caltech.edu/~preskill/ph229/>

Tytuł: Współczesna energoelektronika

Prowadzący: dr hab. inż. Mariusz Sochacki, prof. dr hab. inż. Jan Szmidt

Literatura:

1. Peter Friedrichs, Tsunenobu Kimoto, Lothar Ley, Gerhard Pensl, „Silicon Carbide”, WILEY, 2011, ISBN: 9783527629084
2. Wengang Wayne Bi, Haochung Henry Kuo, Peicheng Ku, Bo Shen, „Handbook of GaN Semiconductor Materials and Devices”, CRC Press, 2018, ISBN: 9780367875312
3. Stephen Pearton, Fan Ren, Michael Mastro, Ghenadii Korotcenkov, „Gallium Oxide: Technology, Devices and Applications”, Elsevier, 2019, ISBN: 9780128145210
4. Muhammad H. Rashid, „Power Electronics Handbook”, Elsevier, 2018, ISBN: 9780128114070

Tytuł: Elektronika organiczna

Prowadzący: dr inż. Aleksander Werbowy

Literatura:

1. Materiały z wykładu i bieżąca literatura naukowa (*Nature, Science* itp.),
2. Olle Inganäs, „Organic Photovoltaics over Three Decades”, *Adv. Mater.* 2018, **30**, 1800388
3. Hiroyuki Matsui, Yasunori Takeda, Shizuo Tokito, „Flexible and printed organic transistors: From materials to integrated circuits”, *Organic Electronics* **75** (2019) 105432

Tytuł: Sensoryka (MEMS, MOEMS) na potrzeby IoT

Prowadzący: prof. dr hab. inż. Tomasz Skotnicki, prof. dr hab. inż. Romuald Beck

1. Partha Pratim Ray, Dinesh Dash, Neeraj Kumar, Sensors for internet of medical things: State-of-the-art, security and privacy issues, challenges and future directions, *Computer Communications*, 160 (2020) 111-131; [main.pdf \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167636920300000)
2. Rustam Pirmagomedov, Yevgeni Koucheryavy, IoT technologies for Augmented Human: A Survey, *Internet of Things*, 2020 (in press); [IoT technologies for Augmented Human: A survey \(sciencedirectassets.com\)](https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2092907920300000)
3. Yang Yang, Zhiqun Daniel Deng, Stretchable sensors for environmental monitoring, *Applied Physics Reviews* 6, 011309 (2019); <https://doi.org/10.1063/1.5085013>
4. Huicong Liu, Junwen Zhong, Chengkuo Lee, Seung-Wuk Lee, and Liwei Lin, A comprehensive review on piezoelectronics energy harvesting technology: Materials, mechanisms and applications, *Applied Physics Reviews* 5, 041306 (2018); <https://doi.org/10.1063/1.5074184>
5. Deepti Sehrawat and Nasib Singh Gill, Smart Sensors: Analysis of Different Types of IoT Sensors, Proceedings of the Third International Conference on Trends in Electronics and Informatics (ICOEI 2019) IEEE Xplore Part Number: CFP19J32-ART; ISBN: 978-1-5386-9439-8; [IEEE Xplore Full-Text PDF: \(pw.edu.pl\)](https://www.ieee.org/xploreFullText.jsp?xqnr=&xqns=urn:doi:10.1109/ICOEI4812019.2019.09439800)

Egzamin: *nie*

Wymiar godzinowy zajęć: W C L P
 - (30) -

Wymiar w jednostkach ECTS: 2

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – (35) godz., w tym
obecność na zajęciach 30 godz.,
wygłoszenie prezentacji 1 godzina
udział w konsultacjach min. 4 godz.

2. *praca własna studenta – (15) godz., w tym
przegląd literatury (10) godz.,
przygotowanie prezentacji i sprawozdania (5) godz.,*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 35+15 godz., co odpowiada 2 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (1,5) pkt ECTS, co odpowiada 35 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (0,5) pkt ECTS, co odpowiada (15) godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1.: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	wykład	prezentacja	K1_W02
W2.: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	prezentacja	K1_W05
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	przegląd literatury	prezentacja	K1_U01
U2: Potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu elektronik	wykład	prezentacja	K1_U04
U3: Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań	wykład	prezentacja	K1_U11

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K02: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	wykład	prezentacja	K1_K02

Zespół Autorski:

Andrzej Pfitzner, Agnieszka Mossakowska-Wyszyńska, Dominik Kasprowicz

**Metody Matematyczne w Elektronice i Fotonice (MEF)
(Mathematical Methods in Electronics and Photonics)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *2*

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *-*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Celprzedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z metodami opisu matematycznego i symulacji działania składników systemów elektronicznych i fonicznych, ukształtowanie umiejętności w zakresie posługiwania się algorytmami, modelami i symulatorami o charakterze uniwersalnym do rozwiązywania problemów technicznych i badawczych w tym obszarze.*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz projektowej. W ramach części projektowej każdy uczestnik kursu wykonuje dwa projekty indywidualne, za które może uzyskać odpowiednio po 25 punktów. W ramach wykładu przewidziane są dwa kolokwia zaliczeniowe, za które można uzyskać po 25 punktów. Pierwsze kolokwium odbędzie się w połowie, a drugie pod koniec semestru. Terminy kolokwiów będą przekazane z co najmniej tygodniowym wyprzedzeniem. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie co najmniej 13 punktów z każdego kolokwium i co najmniej 12 punktów z każdego projektu. Łącznie można uzyskać maksymalnie 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

50-60 punktów ocena: 3.0

Opis wykładu:

Materiał wykładu obejmuje następujące bloki tematyczne:

- *Wprowadzenie. Rodzaje równań różniczkowych. Opis matematyczny podstawowych zagadnień elektroniki i fotoniki (równania Maxwella, równanie kinetyczne Boltzmann, model termodynamiczny). Klasyfikacja równań różniczkowych cząstkowych (eliptyczne, paraboliczne, hiperboliczne).*
- *Pojęcie równania różniczkowego zwyczajnego i jego rozwiązania. Zagadnienie początkowe. Równania wyższych rzędów. Przykład generator drgań sinusoidalnych*
- *Metody numerycznego całkowania dla zagadnień 1D, 2D i 3D. Przykład wyznaczania bilansu mocy ośrodków aktywnych. Równania różniczkowe niejednorodne, funkcje Greena.*
- *Przybliżone metody rozwiązywania równań nieliniowych. Przykład: numeryczne rozwiązywanie równania dyspersyjnego w światłowodzie planarnym.*
- *Równania hiperboliczne, równanie falowe. Metoda separacji zmiennych (Fouriera). Numeryczne rozwiązywanie równania falowego a przybliżone rozwiązania analityczne. Przykład dla światłowodu planarnego.*
- *Metody numerycznego rozwiązywania układu równań różniczkowych sprzężonych pierwszego stopnia. Przykład porównanie rozwiązań numerycznych z wynikami przybliżonego rozwiązania analitycznego dla lasera DFB.*
- *Częstotliwościowe metody elektrodynamiki obliczeniowej, pół-analityczne metody macierzowe. Metoda macierzy przejścia TMM i metoda macierzy rozpraszania SMM. Przykłady ich zastosowania do analizy kryształów fonicznych (TMM) i struktur o symetrii parzystej (SMM).*
- *Zagadnienia eliptyczne, operator Laplace'a, równanie Poissona. Zagadnienia paraboliczne - przepływ prądu i ciepła w strukturach elektronicznych (równania ciągłości prądów elektronów i dziur, równanie Fouriera). Warunki brzegowe i początkowe.*
- *Dyskretyzacja równań w przestrzeni położenia i czasu, różnice i elementy skończone, schemat Cranka-Nicolson. Iteracyjne rozwiązywanie dużych układów równań liniowych - metody sprzężonych gradientów, generacja i adaptacja siatek dyskretyzacyjnych.*
- *Numeryczne algorytmy rozwiązywania układów równań różniczkowych cząstkowych zależnych: uogólniona metoda Newtona-Raphsona a metoda kolejnych przybliżeń. Metody przyspieszania algorytmów numerycznych, ekstrapolacja rozwiązań, analiza małosygnałowa. Przybliżenia początkowe i zastosowanie algorytmów ewolucyjnych.*
- *Metody tworzenia modeli "kompaktowych" elementów elektronicznych dla systemów CAD, efektywne przybliżenia analityczne, ciągłość modeli, konstruowanie wzorów empirycznych i modeli tablicowych.*
- *Symulacja statystyczna oparta na metodzie Monte-Carlo, przewidywanie uzysku produkcyjnego, analiza korelacyjna.*

Projekt:

Zadania projektowe w części fonicznej obejmują wykonanie analizy numerycznej wzmocnienia ośrodków aktywnych w wybranych strukturach falowodowych oraz

analizy własności transmisyjnych struktur wykazujących parzystą symetrię. Zadania te będą realizowane w środowisku programistycznym Matlab z wykorzystaniem omawianych na wykładzie metod numerycznych.

Zadania projektowe w części elektronicznej obejmują analizę numeryczną rozkładów pola i koncentracji nośników w strukturach układów scalonych dla różnych warunków chłodzenia, wyznaczanie charakterystyk prądowo-napięciowych i czasowych skalowanych przyrządów półprzewodnikowych, tworzenie bądź modyfikacje modelu kompaktowego elementu elektronicznego pod kątem efektywności obliczeniowej i dokładności. Część zadań będzie realizowana w środowisku Matlab, część przy użyciu profesjonalnych symulatorów TCAD.

Egzamin: *nie*

Literatura (wybrane, wskazane przez wykładowcę rozdziały publikacji):

1. *Salah Obayya, Computational Photonics, John Wiley & Sons, Inc. 2011*
2. *Herbert Baaser, Development and Application of the Finite Element Method based on MatLab, Springer-Verlag 2010*
3. *Matthew N. O. Sadiku, Numerical techniques in electromagnetics, CRC Press LLC 2001*
4. *A. Pfitzner, Modelowanie elementów półprzewodnikowych dla statystycznej symulacji układów scalonych VLSI, Prace Naukowe Elektronika z.120, OWPW, 1999*
5. *D. Potter, Metody obliczeniowe fizyki, PWN Warszawa 1977*
6. *G.H. Golub and C. F. Van Loan, Matrix Computations, Baltimore: The Johns Hopkins University Press, 2nd ed., 1989.*
7. *Z. Fortuna, B. Macukow, J. Wąsowski, Metody numeryczne, Podręczniki Akademickie EIT, WNT Warszawa, 2005*
8. *E. Dudek-Dyduch, J. Wąs, L. Dutkiewicz, K. Grobler-Dębska, B. Gudowski, Metody Numeryczne – Wybrane zagadnienia, Wydawnictwa AGH, Kraków 2011*

Materiały uzupełniające wg wskazówek wykładowcy:

9. *Wartak, M., Computational Photonics: An Introduction with MATLAB, Cambridge University Press. 2013*
10. *Autar Kaw, E. Eric Kalu, Numerical Methods with Applications, Abridged, Second Edition, 2010*
11. *Won Y. Yang, Wenwu Cao, Tae S. Chung, John Morris, Applied Numerical Methods Using MATLAB, John Wiley & Sons, Inc. 2005*
12. *Steven T. Karris, Numerical Analysis Using MATLAB and Excel, Orchard Publications 2007*
13. *Jaan Kiusalaas, Numerical Methods in Engineering with MATLAB, Cambridge University Press 2005*
14. *D.R. Fokkema, G. L.G. Sleijpen, and H. A. Van der Vorst, Generalized conjugate gradient squared, Journal of Computational and Applied Mathematics, vol. 71, no. 1, pp.125–146, 1996.*

W2: Wie jak stosować zaawansowane metody numeryczne do rozwiązywania złożonych problemów inżynierskich i prostych badawczych w zakresie elektroniki i fotoniki	wykład	kolokwium	K1_W03 K1_W04 K1_W06
W3: Zna metody tworzenia modeli elementów dla systemów EDA (ECAD)	wykład	kolokwium	K1_W04 K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.	projekt	projekt	K1_U01 K1_U09
U2: Potrafi przygotować dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu elektroniki i fotoniki	projekt	projekt	K1_U03
U3: Ma umiejętność samokształcenia się.	wykład, projekt	kolokwium, projekt	K1_U05
U4: Potrafi przeprowadzać eksperymenty symulacyjne dla charakteryzacji elementów elektronicznych i fonicznych.	projekt	projekt	K1_U07 K1_U08
U5: Potrafi wykorzystać poznane metody oraz modele matematyczne do analizy szczegółowych zagadnień fizycznych i technicznych elektroniki i fotoniki	projekt, wykład	projekt, kolokwium	K1_U07 K1_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.	projekt	projekt	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Marek Niewiński

dr inż. Dominik Kasprowicz

Metody Monte Carlo (MMC)
(Monte Carlo Methods)

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z metodami symulacyjnymi znanymi powszechnie jako metody Monte Carlo. Stanowią one obecnie coraz powszechniej stosowane narzędzie do rozwiązywania bardzo złożonych problemów spotykanych w nauce i technice.

Kolejnym - praktycznym celem - jest przygotowanie studentów do samodzielnego wykonywania obliczeń symulacyjnych metodami MC - przy użyciu dostępnych narzędzi programistycznych - oraz poprawnego szacowania niepewności uzyskiwanych wyników.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Bloki wykładowe dwugodzinne; bloki laboratoryjne dwugodzinne. Zajęcia laboratoryjne realizowane w drugiej części semestru. Zaliczenie przedmiotu na podstawie liczby punktów uzyskanej podczas dwóch kolokwii wykładowych oraz na zajęciach laboratoryjnych.

Opis wykładu: (szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)

Przypomnienie podstawowych pojęć z rachunku prawdopodobieństwa i statystyki matematycznej. Elementy testowania hipotez statystycznych.

Generowanie liczb losowych. Przegląd typów generatorów liczb losowych: generatory prawdziwie losowe, pseudolosowe oraz Quasi losowe. Ich podstawowe wady i zalety. Pakiety testów statystycznych. Testy aplikacyjne.

MCMC (Markov Chain Monte Carlo). Pojęcie łańcucha Markowa. Model błędzenia przypadkowego. Algorytmy Metropolis-Hastingsa i Gibbsa – efektywne próbkowanie z rozkładów wielowymiarowych.

Całkowanie metodą podstawową MC. Metody redukcji wariancji. Pojęcie niepewności wyników symulacji MC.

Rozwiązywanie równań transportu dla gazu klasycznego i dla gazu elektronowego z uwzględnieniem zjawisk rozpraszania.

Typy aplikacji do symulacji MC. Dobre praktyki podczas tworzenia własnego oprogramowania.

Model perkolacji i jego zastosowania.

Model propagacji niepewności : ISO/IEC GUIDE 98-3:2008. Propagacja rozkładów zmiennych losowych – szacowanie rozrzutów parametrów układów elektronicznych, uzysku produkcyjnego.

Zastosowania metod MC w optymalizacji.

Symulacja działania Systemów Masowej Obsługi dla nietypowych rozkładów zmiennych losowych.

Algorytm „Monte Carlo tree search” i jego zastosowania.

Szacowanie ryzyka metodami MC na przykładzie szacowanie wartości instrumentów pochodnych i ryzyka inwestycyjnego.

Krytyczna analiza wyników otrzymywanych metodami MC na przykładzie wybranych współczesnych publikacji naukowych .

Dwa kolokwia wykładowe.

Laboratorium:

Badanie efektywności generatorów liczb pseudolosowych w wybranych językach programowania.

Generacja liczb losowych o wybranych rozkładach nierównomiernych.

Całkowanie metodami Monte Carlo, metody ograniczenia niepewności wyników.

Całkowanie metodami Monte Carlo wykorzystującymi łańcuchy Markowa.

Szacowanie uzysku produkcyjnego za pomocą modelowania propagacji rozkładów prawdopodobieństwa.

Rozwiązywanie równań różniczkowych metodą błędzenia przypadkowego.

Zastosowanie perkolacji do modelowania rozprzestrzeniania się epidemii.

Szacowanie wartości instrumentów pochodnych w finansach oraz ryzyka inwestycji.

Projekt: brak

Egzamin: *nie*

Literatura:

1. *Wit R.: Metody Monte Carlo, Wyd. Politechniki Częstochowskiej, 2004.*
2. *Gentle J.E.: Random Number Generation and Monte Carlo Methods, Springer-Verlag, NY, 2003*
3. *Reuven Y. Rubinstein, Dirk P. Kroese: Simulation and the Monte Carlo Method 3rd Edition, Wiley Series in Probability and Statistics, 2016*

Oprogramowanie:

Na zajęciach laboratoryjnych używane będzie oprogramowanie typu Open Source

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	1	-	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 60 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 15 godz.,
udział w konsultacjach 15 godz.*
2. *praca własna studenta – 35 godz., w tym
przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
przygotowanie do laboratoriów 8 godz.,
przygotowanie do kolokwiów 20 godz.,
wykonywania zadań projektowych 0 godz.,
przygotowanie sprawozdań (laboratoria) 7 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 95 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,5 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,5 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. zajęć laboratoryjnych, 8 godz. przygotowywania się do zajęć laboratoryjnych i 7 godz. przygotowania sprawozdań.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną wiedzę na temat algorytmów generacji liczb pseudolosowych oraz quasi losowych o dowolnych rozkładach ciągłych i dyskretnych	Wykład, zajęcia laboratoryjne	Kolokwium, ocena zajęć laboratoryjnych	K1_W01
W2: Ma uporządkowaną wiedzę na temat podstawowych algorytmów symulacji MC wykorzystywanych przy modelowaniu transportu gazów (w tym gazu elektronowego w ciele stałym) w aspekcie ich zastosowań w elektronice.	Wykład	Kolokwium	K1_W01
W3: Ma uporządkowaną wiedzę na temat podstawowych algorytmów symulacji MC stosowanych w obszarach optymalizacji, propagacji niepewności (zastosowania w metrologii i przy szacowaniu ryzyk).	Wykład, zajęcia laboratoryjne	Kolokwium, ocena zajęć laboratoryjnych	K1_W01
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Posiada umiejętność wyznaczania wartości całek wielowymiarowych wykorzystując algorytm MC. Ma podstawową wiedzę na temat algorytmów redukcji niepewności wyników i potrafi je praktycznie zastosować.	Zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	K1_U16
U2: Potrafi wskazać ograniczenia stosowalności metod MC oraz krytycznie analizować uzyskane wyniki symulacyjne.	Wykład	Kolokwium	K1_U15
U3: Posiada umiejętność poprawnego szacowania wartości niepewności obliczeń symulacyjnych (standardową i/lub złożoną)	Wykład, zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	K1_U7
U4: Posiada umiejętność praktycznego wykorzystania typowych modeli symulacyjnych tj. model Isinga, model perkolacji, model błędzenia przypadkowego.	Zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	K1_U7
U5: Potrafi zastosować model propagacji rozkładów zmiennych losowych do szacowania rozrzutów wybranych parametrów układów elektronicznych.	Zajęcia laboratoryjne	ocena zajęć laboratoryjnych	K1_U7

Zespół Autorski:

Dr inż. Aleksander Werbowy

**Nanotechnologie (NAN)
(Nanotechnologies)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): -

Minimalny numer semestru: *(1)*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: -

Limit liczby studentów: *60*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem wykładu jest zaprezentowanie stanu obecnego i perspektyw rozwoju nanotechnologii oraz związanych z tym problemów i ograniczeń, szczególnie w kontekście realizacji struktur przetwarzających informację. Prezentowane są produkty branży nanotechnologicznej. Dyskutowane są uwarunkowania fizyczne i technologiczne procesów umożliwiających wytwarzanie i obróbkę materiałów, struktur, przyrządów i układów w skali nanometrowej, tj. specyfika środowisk "clean-room", próżni oraz plazmy. Omawiane są również wybrane metody wytwarzania nanostruktur niskowymiarowych (np. techniki plazmowe, MBE, MOCVD, fotolitografia i jej modyfikacje, jak OPC, OAI, MPL, PSM, litografia immersyjna, EUV). Zadaniem projektu jest umożliwienie studentom pogłębienia wiedzy w zakresie szeroko pojmowanych nanotechnologii i nanonauk poprzez przygotowanie krótkiej prezentacji multimedialnej.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: W trakcie semestru zostaną przeprowadzone dwa 45-minutowe kolokwia, każde oceniane w skali 0-10 punktów. W takiej samej skali (0-10 punktów) oceniany będzie projekt. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie z kolokwiów i projektu łącznie minimum 50% + 1 (czyli 16) punktów.

Opis wykładu:

Wprowadzenie

Definicje nanotechnologii oraz wybranych dziedzin przez nie realizowanych (m.in. nanoelektroniki, elektroniki molekularnej, spintroniki i nanobiotechnologii). Dwie filozofie realizacji nanostruktur: "top-down" i "bottom-up".

Historia, stan obecny oraz perspektywy rozwoju nanotechnologii

Rys historyczny, przykłady już istniejących i przewidywanych zastosowań; główne trendy rozwojowe. Uwarunkowania ekonomiczno-społeczne.

Problemy i ograniczenia związane z redukcją rozmiarów struktur elektronicznych a przetwarzanie informacji

Ograniczenia klasyczne (technologiczno-konstrukcyjne) oraz fundamentalne (m.in. ziarnistość materii, termodynamika, efekty mezoskopowe i kwantowe, fundamentalne oddziaływania w przyrodzie).

Środowisko clean-room i środowisko próżni w technologiach elektronicznych i nanotechnologiach

Definicje, parametry i wielkości podstawowe. Elementy kinetycznej teorii gazów. Sposoby wytwarzania próżni i próżniomierze - klasyfikacja urządzeń, zasada działania oraz podstawowe parametry.

Środowisko plazmy w technologiach wytwarzania nanomateriałów, nanostruktur i kształtowaniu nanoobszarów

Stany skupienia materii. Plazma - definicje, parametry, charakterystyczne zjawiska. Korzyści wynikające z zastosowań plazmy w nanotechnologiach. Wybrane procesy nanotechnologiczne realizowane w środowisku plazmy (np. synteza i trawienie materiałów, płytka implantacja) i ich specyfika.

Technologie wytwarzania ultracienkich warstw (nanostruktury 1-wymiarowe)

Epitaksja - definicja, odmiany, specyfika. Wybrane zagadnienia związane ze wzrostem epitaksjalnym. Technologie fizycznego (PVD) a chemicznego (CVD) osadzania z fazy lotnej na przykładzie wybranych technik, np. epitaksji z wiązek molekularnych (MBE) i chemicznego osadzania z fazy lotnej przy użyciu związków metalo-organicznych MO CVD (oraz organo-metalicznych (OM CVD)) - definicje, cechy charakterystyczne, specyfika, wybrane zagadnienia konstrukcyjno-technologiczne, kontrolowanie i przebieg procesów, wybrane modyfikacje. Wady i zalety omawianych technik - porównanie.

Sposoby odwzorowywania kształtów w skali nanometrowej (nanostruktury 2 i 3-wymiarowe)

Idea, możliwości i ograniczenia. Problemy związane z redukcją rozmiarów przy użyciu układów projekcyjnych – maksymalna rozdzielczość, zjawisko dyfrakcji i interferencji, kryteria Rayleigha i Abbego. Techniki litograficzne - fotolitografia klasyczna i jej modyfikacje, jak np.: litografia z korekcją efektów bliskości (OPC), litografia pozaosiowa (OAI), litografia z przesunięciem fazowym (PSM), litografia z wielokrotnym

odwzorowywanie m (MPL), litografia immersyjna. Fotolitografia w dalekim ultrafiolecie (EUV). Litografia elektronowa.

Laboratorium: (-)

Projekt: W trakcie zajęć projektowych studenci przygotowywać będą krótkie (~15 min.) referaty na zadane bądź samodzielnie zaproponowane, leżące w obszarze ich zainteresowań tematy, dotyczące szeroko rozumianych nanotechnologii i nanonauk.

Terminy zajęć zostaną ustalone w porozumieniu ze słuchaczami wykładu po rozpoczęciu semestru.

Egzamin: („nie”)

Literatura:

1. Materiały z wykładu i bieżąca literatura naukowa (*Nature, Science* itp.).
2. *"Springer Handbook of Nanotechnology (3rd rev. & ext. ed.)"*, B. Bhushan (ed.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2010).
3. *"Introduction to Nanoscience and Nanotechnology"*, Ch. Binns, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey (2010).
4. *"Nanoscience. Nanotechnologies and Nanophysics"*, C. Dupas, P. Houdy, M. Lahmani (eds.), Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg (2007).
5. *"Nanotechnology for Electronic Materials and Devices"*, A. Korokin, J. Labanowski, E. Gusev, S. Luryi (eds.), Springer (2007).
6. *"Mechanika kwantowa dla chemików"*, D.O. Hayward, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa (2007).

Oprogramowanie: (-)

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	2(30h)	-	-	1(15h) (45h)

Wymiar w jednostkach ECTS: (4)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 52 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 0 godz.,
udział w konsultacjach 22 godz.
2. praca własna studenta – 49 godz., w tym
przygotowanie do wykładu 14
godz., przygotowanie do ćwiczeń 0
godz.,
przygotowanie do laboratoriów 0 godz.,
przygotowanie do kolokwii 8 godz.,
wykonywania zadań projektowych 15 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 12 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 101 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,06 pkt ECTS, co odpowiada 52 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,07 pkt ECTS, co odpowiada 0 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 27 godz. zadań projektowych.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w zakresie zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu materiałów i nanotechnologii.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	K1_W04
W4: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	K1_W05
UMIĘJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	Wykład/projekt	Ocena z projektu	K1_U01
U2: Potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu elektroniki.	Wykład/projekt	Ocena z projektu	K1_U04

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1:Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	Wykład/projekt	Kolokwium /ocena z projektu	K1_K02

Formularz WKAP_v2.1

Zespół Autorski:

*prof. dr hab. inż. Paweł Szczepański, mgr inż. Bartosz Janaszek, dr inż. Anna
Tyszka-Zawadzka, dr inż. Agnieszka Mossakowska-
Wyszyńska*

**Nowe oblicze fotoniki (NOFO)
(Roadmap to contemporary photonics)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *WDOF*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie słuchaczy z bieżącymi nurtami badań oraz najnowszymi rozwiązaniami w dziedzinie fotoniki, a także modelami opisu zjawisk zachodzących w strukturach fonicznych.*

Przedmiot zawiera przegląd najnowszych badań w dziedzinie fotoniki wraz z omówieniem ich praktycznych zastosowań oraz fizycznej podstawy działania omawianych przyrządów, włączając w to:

- Przetwarzanie sygnału w systemach jednofotonowych,*
- Pułapkowanie optyczne atomów oraz manipulacje i pozycjonowanie optyczne obiektów w skali nano,*
- Współczesną metodykę projektowania układów fonicznych,*
- Kształtowanie odpowiedzi elektromagnetycznej układów nanocząsteczkowych,*
- Technologia struktur samoorganizujących oraz materiałów niskowymiarowych na potrzeby zastosowań fonicznych,*
- Metaoptyka i właściwości metaatomów,*
- Współczesne konstrukcje laserów (nanolasery plazmoneczne, lasery jednofotonowe, generacja superkontinuum, lasery rentgenowskie).*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz projektowej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny z każdej ww. części. W

ramach części projektowej każdy uczestnik kursu wykonuje dwa projekty indywidualne za które może uzyskać odpowiednio do 20 oraz 30 punktów. W ramach wykładu przewidziane jest kolokwium zaliczeniowe, za które można uzyskać maksymalnie do 50 punktów. Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

51-60 punktów ocena: 3.0

do 50 punktów ocena: 2.0

Opis wykładu:

Materiał wykładu można podzielić na następujące bloki tematyczne:

- 1. Współczesne trendy w rozwoju fotoniki – wykład wprowadzający.*
- 2. Sterowanie optyczne układów fotonicznych (ang. all-optical photonic systems) – właściwości i zastosowania, wprowadzenie do optyki nieliniowej.*
- 3. Objętościowe i zintegrowane układy plazmoniczne – właściwości propagacyjne plazmonów, właściwości i zastosowania metamateriałów, wprowadzenia do metapowierzchni i metamateriałów anizotropowych.*
- 4. Nanolasery plazmoniczne - oddziaływanie światła ze strukturami o wymiarach nano, wstęp do plazmoniki, pojęcie plazmonu powierzchniowego oraz plazmonu zlokalizowanego. Sposoby wzbudzenia oraz właściwości plazmonów. Generacja promieniowania w spaserach.*
- 5. Rozpraszanie fal oraz kształtowanie odpowiedzi elektromagnetycznej w układach nanocząstek – omówienie właściwości przejść dipolowych oraz kwadrupolowych, rozpraszanie fal elektromagnetycznych.*
- 6. Materiały niskowymiarowe w zastosowaniach fotonicznych.*
- 7. Projektowanie współczesnych układów nanofotonicznych – wstęp do metodyki symulacji zjawisk elektromagnetycznych, metodyka projektowania odwrotnego, niejednoznaczność opisu parametrów optycznych.*
- 8. Biofotonika – właściwości, zastosowania i technologia struktur samoorganizujących, struktury organiczne i hybrydowe na potrzeby zastosowań fotonicznych.*
- 9. Systemy jednofotonowe – zasada działania, sposoby generacji pojedynczego fotonu oraz możliwe zastosowania, wstęp do optyki kwantowej.*
- 10. Lasery jednofotonowe, Generacja stanów splątanych, teleportacja, możliwe zastosowania w kryptografii.*
- 11. Efekty generacyjne wykorzystujące zjawiska nieliniowe. Generacja drugiej i wyższych harmonicznych. Wymuszone rozpraszanie Ramana. Generacja superkontinuum.*
- 12. Pułapkowanie optyczne - omówienie fizycznej podstawy działania, możliwe zastosowania.*
- 13. Lasery wielkiej mocy, lasery na swobodnych elektronach.*

Projekt:

Tematyka zajęć projektowych dotyczy praktycznych zastosowań współczesnych układów fotonicznych. W ramach projektu studenci mają za zadanie zaproponować aplikację wybranego elementu/systemu fotonicznego w konkretnym praktycznym zastosowaniu, wraz z omówieniem fizycznych podstaw działania urządzenia. Jednym z etapów projektu będzie wykonanie ilościowej oraz jakościowej analizy proponowanego zastosowania układu fotonicznego w kontekście dostępnych rozwiązań komercyjnych. Analiza ta może zostać wykonana bazując na dostępnych źródłach naukowych i/lub własnych autorskich danych symulacyjnych. Zaliczenie projektu będzie realizowane poprzez prezentację ustną oraz opracowanie naukowe. W zależności od zakresu prac przewidzianych w projekcie, powyższe zadania będą wykonywane w grupach dwu- lub wieloosobowych.

Egzamin: nie

Literatura:

1. Novotny, L., & Hecht, B. (2006). *Principles of Nano-Optics*. Cambridge: Cambridge University Press. doi:10.1017/CBO9780511813535.
2. Tsang L., Kong J.A. and Ding K.-H., „Scattering of electromagnetic waves: theories and application”, 2000 John Wiley & Sons, Inc.
3. Keller O., „Light: The physics of the photon”, 2014 CRC Press

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	45	-	-	30	(75)

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 60 godz., w tym
obecność na wykładach 45 godz.,
udział w konsultacjach 15 godz.
2. praca własna studenta – 62 godz., w tym
przygotowanie do kolokwium 12 godz.,
wykonywania zadań projektowych 35 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty) 15 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 122 godz., co odpowiada 5 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2.4 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2.5 pkt ECTS, co odpowiada 30 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie zjawisk zachodzących we współczesnych elementach i układach fotonicznych.	wykład	kolokwium	K1_W01 K1_W03
W2: Ma szczegółową wiedzę w obszarze elementów i technologii fotonicznych	wykład	kolokwium	K1_W03 K1_W04
W3: Ma uporządkowaną wiedzę o obecnym stanie oraz najnowszych trendach rozwojowych fotoniki.	wykład	kolokwium	K1_W03 K1_W04
UMIĘJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.	projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U01 K1_U09
U2: Potrafi przygotować w języku polskim i języku angielskim, dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu fotoniki.	projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U03
U3: Ma umiejętność samokształcenia się.	wykład, projekt	kolokwium, projekt	K1_U05
U4: Potrafi wykorzystać poznane metody oraz modele matematyczne do analizy podstawowych zagadnień fizycznych i technicznych.	projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U07 K1_U08
U5: Potrafi zastosować poznane metody, modele matematyczne i narzędzia do analizy elementów fotonicznych.	wykład	kolokwium	K1_U07

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.	projekt	projekt zaliczeniowy	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Krzysztof Siwiec

dr inż. Tomasz Borejko

**Projektowanie analogowych układów scalonych
(Integrated Analog Circuit Design)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *2*

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Podstawy Mikroelektroniki (PMK)*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest przygotowanie studentów do projektowania układów analogowych we współczesnych technologiach CMOS i BiCMOS. Studenci poznają cykl projektowania oraz zdobędą wiedzę i umiejętności niezbędne w projektowaniu analogowych układów scalonych. W ramach wykładu omówione zostaną podstawowe bloki analogowe, sposoby ich analizy oraz metody projektowania. Przedstawione zostaną praktyczne aspekty projektowania analogowych układów scalonych, tj. elementy pasożytnicze, efekty temperaturowe, globalne i lokalne rozrzuty produkcyjne, sprzężenia przez podłoże oraz inne tzw. efekty zależne od topografii LDE (ang. Layout Dependent Effects). Poruszone zostaną również zagadnienia dotyczące bezpiecznych układów scalonych, w szczególności generatory liczb prawdziwie losowych oraz funkcje fizycznie nieklonowalne. W ramach zajęć praktycznych studenci będą mieli okazję zastosować poznane metody projektowania na prostych blokach analogowych. Zdobędą tym sposobem intuicję i umiejętność jakościowego przewidywania skutków podejmowanych decyzji projektowych.

Treść kształcenia:

Opis wykładu:

- 1. Układy analogowe: specyfika, zastosowania i znaczenie.**
- 2. Cykl projektowy scalonych układów analogowych.** Omówienie podstawowego cyklu projektowego obejmującego projekt schematu elektrycznego, metody weryfikacji symulacyjnej, projekt topografii masek produkcyjnych układu, weryfikacja reguł projektowych DRC oraz LVS, uwzględnienie elementów pasywnych.
- 3. Efekty krótkiego kanału w tranzystorach MOS oraz podstawy metody projektowania „gm/Id”.** Przedstawienie efektów krótkiego kanału występujących we współczesnych technologiach MOS oraz ich wpływu na komplikację modeli analitycznych. Omówienie założeń oraz podstaw metody projektowania „gm/Id”.
- 4. Wzmacniacze (transkonduktancyjne, instrumentalne i operacyjne) i komparatory.** Omówienie podstawowych architektur ze szczególnym uwzględnieniem pary różnicowej jako podstawowego elementu składowego. Omówienie metod projektowania, podstawowych parametrów i metod ich weryfikacji symulacyjnej. Analiza wpływu rozrzutów produkcyjnych lokalnych i globalnych.
- 5. Układy polaryzacji: źródła prądu i napięcia odniesienia, lustra prądowe.** Dokładna analiza efektów temperaturowych oraz rozrzutów produkcyjnych.
- 6. Implementacja filtrów w układach scalonych.** Filtry czasu ciągłego oraz wykorzystujące przełączane pojemności. Problem kalibracji układów analogowych.
- 7. Przetworniki AC i CA (zarys).** Typowe układy i problemy projektowe. Modelowanie układów analogowych i mieszanych.
- 8. Analogowe tory pomiarowe.** Omówienie przykładowych zastosowań analogowych układów przetwarzania sygnału. Analiza podstawowych parametrów i metoda projektowania top-down.
- 9. Generatory w układach scalonych.** Omówienie oscylatorów kwarcowych, RC oraz gm-C. Układy PLL.
- 10. Analogowe układy we/wy, zabezpieczenia przeciw wyładowaniom elektrostatycznym.**
- 11. Układy analogowe a cyberbezpieczeństwo – generacja liczb prawdziwie losowych, funkcje fizycznie nieklonowalne, wykrywanie ingerencji zewnętrznej (układy monitorujące).**
- 12. Przygotowanie układu scalonego do produkcji.**

Laboratorium:

Wstęp: (1h): Zapoznanie się ze środowiskami i narzędziami CAD.

Część 1 (11h): Projekt wzmacniacza transkonduktancyjnego, określenie punktu pracy na podstawie charakterystyk tranzystora MOS, projekt środowiska

symulacyjnego, symulacja elektryczna, projekt topografii, weryfikacja formalna i funkcjonalna, symulacja statystyczna, ocena wyniku projektu.

Część 2 (6h): Projekt wysokostabilnego źródła napięcia lub podobnego układu, określenie punktu pracy na podstawie charakterystyk tranzystora MOS, symulacja elektryczna, projekt topografii, weryfikacja formalna i funkcjonalna, ocena wyniku projektu.

Część 3 (12h): Projekt układu wykorzystującego przełączane pojemności oraz opracowanie metody jego kalibracji.

Egzamin: *NIE*

Literatura:

1. F. Maloberti "Analog Design for CMOS VLSI Systems", Kluwer Academic Publishers, 2001
2. R Jacob Baker, CMOS: circuit design, layout and simulation, Hoboken, John Wiley & Sons Inc.: IEEE Press 2010.
3. Materiały pomocnicze przygotowane specjalnie do wykładu, dostępne w wersji elektronicznej i w Internecie

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	2	-	2	-	(60)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 66 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 30 godz.,
udział w konsultacjach 6 godz.

2. praca własna studenta – 40 godz., w tym
przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
przygotowanie do laboratoriów 10 godz.,
przygotowanie do kolokwiiów 20 godz.,
wykonywania zadań projektowych 0 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 10 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 106 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,3 pkt ECTS, co odpowiada 66 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,7 pkt ECTS, co odpowiada 30 godz. ćwiczeń laboratoryjnych, 10 godz. przygotowanie do laboratoriów i 10 godz. przygotowanie sprawozdań

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z zakresie projektowania złożonych układów scalonych	Wykład, Laboratorium	Kolokwium, Laboratorium	K1_W04
W2: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analizy i projektowania złożonych układów scalonych	Wykład, Laboratorium	Kolokwium, Laboratorium	K1_W06
UMIĘJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych do analizy i projektowania złożonych układów scalonych	Laboratorium	Laboratorium	K1_U08
U2: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi należącymi do zakresu analizy i projektowania złożonych systemów scalonych	Laboratorium	Laboratorium	K1_U10
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium	Laboratorium	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Jakub Jasiński

dr inż. Konrad Kielbasiński

**Przyrządy mikro- i nanoelektroniki we współczesnych systemach
elektroniki wbudowanej (PMiNS)
(Microelectronic and nanoelectronic devices in modern embedded systems)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Słowa kluczowe: przyrządy półprzewodnikowe, systemy wbudowane, kondycjonowanie sygnałów, układy zasilania, przetwarzanie analogowo-cyfrowe i cyfrowo-analogowe.

Cel przedmiotu:

Główną ideą realizowaną w ramach przedmiotu jest przekazanie wiedzy studentom o układowych aspektach wykorzystania przyrządów i elementów mikro- i nanoelektronicznych we współczesnych systemach elektroniki wbudowanej. Nacisk położony jest w głównej mierze na praktyczne problemy związane z projektowaniem analogowo-cyfrowych systemów wbudowanych w oparciu o takie elementy półprzewodnikowe jak: diody (p n, Schottky'ego, Zenera, Esakiego, transil, trisil), tranzystory (MOSFET, bipolarne, IGBT, HEMT, TFET), tyrystory, triaki, diaki, dynistory, termistory NTC oraz PTC, warystory, fotodiody, fotorezystory, fototranzystory, optotriaki, a także inne o bardziej złożonej budowie, np. mikromechaniczne (MEMS) czujniki: przyspieszenia, obrotu, pochyłu, ciśnienia, gazów itd., itp.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: *(ogólne informacje na temat prowadzenia zajęć, zasad zaliczenia itd. - o ile potrzebne)*

Suma punktów 100, w tym kolokwium 50 pkt. i projekt 50 pkt.. Warunkiem zaliczenia jest zdobycie łącznie, co najmniej 51 pkt.

Opis wykładu: *(szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)*

(6 godz.) Wstęp. Przypomnienie wiadomości z zakresu fizyki półprzewodników. Omówienie właściwości oraz charakterystyk (statycznych, małosygnalowych oraz czasowych) podstawowych przyrządów półprzewodnikowych takich jak: diody (p-n, Schottky'ego, Zenera, tunelowe), kondensatory MIS, tranzystory bibolarnie oraz MISFET, tranzystory heterozłączone oraz IGBT.

(2 godz.) Systemy wbudowane – klasyfikacja. Omówienie pojęć: urządzenie elektroniki wbudowanej, systemy mieszane analogowo-cyfrowe, wbudowane przetwarzanie, techniki mikroprocesorowe, IoT, era post-PC.

(4 godz.) Układy zasilania urządzeń elektroniki wbudowanej. Ochrona przepięciowa – omówienie sposobu wykorzystania elementów półprzewodnikowych typu: transil, trisil, warystor, termistor NTC oraz PTC w zabezpieczających obwodach zasilania układów elektroniki wbudowanej – charakterystyki oraz aplikacje. Przybliżenie pojęć i aspektów związanych z kompatybilnością elektromagnetyczną urządzeń elektroniki wbudowanej (deklaracja zgodności CE).

(4 godz.) Układy korekcji współczynnika mocy. Elementy półprzewodnikowe w układach korekcji współczynnika mocy (PF). Omówienie aktywnych oraz pasywnych półprzewodnikowych układów korekcji współczynnika mocy w zasilanych sieciowo urządzeniach elektroniki wbudowanej.

(2 godz.) Podstawowe funkcje toru kondycjonowania – przypomnienie. Ochrona przeciwzakłócenieniowa; izolacja galwaniczna; wzmacnianie; tłumienie; filtracja; linearyzacja sprzętowa i programowa; kalibracja i autokalibracja; adaptacja, itp.

(4 godz.) Półprzewodnikowe układy/przyrządy pomiarowe – przegląd. Pomiar napięcia, siły, ciśnienia i przepływu w tym układy mostkowe, pomiary temperatury i wilgotności, pomiary natężenia oświetlenia w zakresie niezerowej czułości widmowej ludzkiego oka oraz w zakresach IR i UV, fotodiody, ogniwo PV, rezystancyjne czujniki temperatury (RTD), termistory, krzemowe czujniki temperatury.

(4 godz.) Półprzewodnikowe obwody kluczujące. Omówienie podstawowych problemów związanych z projektowaniem i optymalizacją obwodów kluczujących opartych na tranzystorach bipolarnych, unipolarnych, IGBT oraz HEMT.

(4 godz.) Źródła i mechanizmy generacji szumów w przyrządach półprzewodnikowych. Szumy termiczne i śrutowe, niskoczęstotliwościowe 1/f, szum RTS. Modele i schematy zastępcze źródeł szumów.

Laboratorium: (zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)

Brak.

Projekt: (sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)

Celem projektu jest praktyczne wykorzystanie materiału wykładowego przy opracowywaniu zadanego problemu z zakresu wykorzystania przyrządów półprzewodnikowych różnego rodzaju w poszczególnych blokach ogólnie pojętych systemów elektroniki wbudowanej. Każdy dwuosobowy zespół otrzyma do opracowania jeden projekt. Tematyka projektu będzie ustalana z każdym zespołem - mile widziane będą własne propozycje studentów.

Egzamin: *nie*

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. Walt Kester, Practical Design Techniques For Sensor Signal Conditioning, Analog Devices 1999. (Dostępne w Internecie).
2. Z. Nosal, J. Baranowski "Układy elektroniczne cz. I". WNT 1994.
3. Walter G. Jung, Op Amp Applications, Analog Devices 2002, (Dostępne w Internecie).
4. Ott H. W., Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons, 2009 (Dostępne w Internecie – Biblioteka PW).
5. W. Marciniak, "Przyrządy półprzewodnikowe i układy scalone", WNT 1987.
6. Ott H. W., Metody redukcji zakłóceń i szumów w układach elektronicznych, WNT, 1979.
7. Walt Kester, „Practical design techniques for power and thermal management”, Analog Devices 1998, (Dostępne w Internecie).
8. Materiały seminaryjne, noty aplikacyjne i inne firm: Texas Instruments, Analog Devices, National Semiconductors, Linear Technology, itd., (Dostępne w Internecie).

Oprogramowanie: Oprogramowanie do symulacji obwodów elektrycznych (PSpice, LTspice), Oprogramowanie do projektowania obwodów drukowanych (Eagle, Altium Designer).

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	-	1	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych: 45 godz., w tym
obecność na wykładach: 30 godz.,
obecność na zajęciach projektowych: 15 godz.,

2. *praca własna studenta: 30 godz., w tym
przygotowanie do kolokwium: 10 godz.,
wykonywania zadań projektowych: 15 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria): 5 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1.8 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0.6 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	wykład	kolokwium	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu systemów analogowych i cyfrowych, w tym mikroprocesorowych, wbudowanych, Internetu Rzeczy i systemów pomiarowych	wykład	kolokwium	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu: - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, -modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	wykład	kolokwium	K1_W04
W4: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	kolokwium	K1_W05
W5: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do zakresu systemów elektronicznych, w tym systemów wbudowanych, mikro i nanosystemów,	wykład	kolokwium	K1_W06

UMIEJĘTNOŚCI			
<p>U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie</p>	projekt	zaliczenie projektu	K1_U01
<p>U2: Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.</p>	projekt	zaliczenie projektu	K1_U05
<p>U3: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski:</p> <ul style="list-style-type: none"> - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej. 	projekt	zaliczenie projektu	K1_U07
<p>U4: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej. 	projekt	zaliczenie projektu	K1_U08
<p>U5: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne z zakresu</p> <ul style="list-style-type: none"> - systemy mikroprocesorowe i wbudowane, - warstwy sprzętowej Internetu Rzeczy, - systemów analogowych, cyfrowych i mieszanych, - systemów pomiarowych. 	projekt	zaliczenie projektu	K1_U12

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	projekt	zaliczenie projektu	K1_K01

Zespół Autorski:

dr hab. inż. Marcin Kaczkan

dr hab. inż. Mateusz Śmietana

**Fotowoltaika (PV)
(Photovoltaics)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Wstęp do fotoniki (WDF),
Elementy Fotoniczne (ELFO)*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Kształcenie studentów w zakresie funkcjonowania systemów oraz zasady działania, konstrukcji i technologii elementów fotowoltaicznych generujących energię elektryczną i stanowiących istotną część współczesnych systemów pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych.

Treść kształcenia:

Przedmiot składa się z 30 godzin wykładów w wymiarze 2 godziny tygodniowo, projektu (4 godz.) oraz 4 zajęć laboratoryjnych (4 godziny każde) realizowanych w drugiej części semestru. Po wstępie dotyczącym podstawowych zagadnień z zakresu fotowoltaiki, omówione zostaną elementy niezbędne do prawidłowej pracy systemów fotowoltaicznych. Przedstawione zostaną mechanizmy działania różnych typów ogniw fotowoltaicznych oraz typowe konstrukcje, materiały i technologie stosowane do ich produkcji. Jednym z ważniejszych poruszanych zagadnień będzie określenie podstawowych zasad konfiguracji systemu pod względem optymalnej produkcji energii przez taki system. Zaliczenie przedmiotu odbywać się będzie na postawie oceny z kolokwium wykładowego oraz wyników uzyskanych z projektu i zajęć laboratoryjnych.

Opis wykładu

Wykłady poświęcone są poznaniu: fizycznych zjawisk wykorzystywanych w realizacji elementów fotowoltaicznych, technologii stosowanych do ich wytwarzania oraz

podstawowych konstrukcji systemów fotowoltaicznych. Zakres tematyczny wykładu obejmuje zagadnienia:

- 1. Fotowoltaika - wiadomości ogólne.** *Problemy rozwoju zrównoważonego: zużycie energii a środowisko i rozwój gospodarczy; konwersja energii promieniowania słonecznego na energię elektryczną; podstawy fizyczne działania ogniw fotowoltaicznych i ich parametry. Zastosowania i perspektywy rozwoju fotowoltaiki.*
- 2. Promieniowanie słoneczne - podstawowe pojęcia.** *Wpływ atmosfery ziemskiej na parametry promieniowania słonecznego docierającego do powierzchni Ziemi, promieniowanie bezpośrednie, rozproszone, całkowite, Airmass (AM), itp.; zasoby słoneczne w Polsce i na świecie; sposoby wykorzystania energii słonecznej w Polsce i na świecie.*
- 3. Mechanizmy absorpcji promieniowania w półprzewodniku.** *Rozkład nośników ładunku; czas życia nośników mniejszościowych; rekombinacja nośników: objętościowa i powierzchniowa.*
- 4. Ogniwa fotowoltaiczne.** *Konstrukcja ogniwa; zasada działania ogniwa; absorpcja światła i generacja prądu; charakterystyki prądowo-napięciowe; parametry ogniwa: współczynnik wypełnienia, sprawność, itp.; układ zastępczy, zależność od promieniowania i temperatury; sprawność idealnego ogniwa słonecznego.*
- 5. Materiały stosowane do budowy ogniw fotowoltaicznych.** *Właściwości krzemu, GaAs, CdTe, CIGS; krzemowe ogniwa monokrystaliczne i multykrystaliczne; ogniwa z GaAs i jego związków; ogniwa cienkowarstwowe: Si amorficzny, CIGS, CdTe. Technologie ogniw fotowoltaicznych; otrzymywanie krzemu mono- i polikrystalicznego, otrzymywanie cienkich warstw: Si amorficzny i mikro-krystaliczny, CIGS, CdTe; otrzymywanie ogniw z półprzewodnikowych materiałów złożonych. Nowe materiały: ogniwa organiczne, nanokrystaliczne, DSC (dye-sensitized cells).*
- 6. Moduły fotowoltaiczne.** *Hermetyzacja modułów, analiza sprawności modułów i odporność na częściowe zacinienie w zależności od technologii, recykling.*
- 7. Systemy fotowoltaiczne - generalne koncepcje.** *Różne konfiguracje systemów fotowoltaicznych (systemy wolnostojące, systemy dołączone do sieci, elektronika powszechnego użytku, zastosowania kosmiczne), przykładowe systemy fotowoltaiczne i ich zastosowania.*
- 8. Akumulatory i kontrolery.** *Budowa akumulatora, reakcje zachodzące w akumulatorze podczas ładowania i rozładowywania, rodzaje akumulatorów stosowanych w PV (kwasowo-ołowiowe, NiCd, NiFe, niklowo-metalowo-wodorkowe NiMH, litowo-polimerowe i inne), warunki pracy akumulatorów stosowanych w fotowoltaice, koszty i czas życia akumulatorów PV, Budowa i rodzaje kontrolerów, zadania kontrolera w systemie PV, aktywne systemy zarządzania energią.*
- 9. Falowniki.** *Budowa falowników PV (falowniki tyrystorowe, falowniki tranzystorowe), wymagania techniczne stawiane falownikom, rodzaje pracy falowników w systemach PV (falownik centralny, falownik podporządkowany, falownik szeregowy), monitorowanie systemu przez falownik.*
- 10. Produkcja energii przez system PV.** *Wpływ natężenia promieniowania, zacinienia, orientacji systemu oraz kąta nachylenia płaszczyzny modułów na produkcję energii przez system, wpływ jakości elementów systemu na jego pracę, wpływ połączeń modułów na sprawność systemu, analiza kosztów i czasu zwrotu energii.*

11. Rozproszona generacja energii elektrycznej i systemy hybrydowe. Systemy hybrydowe, konfiguracje fotowoltaicznych systemów hybrydowych z turbiną wiatrową generatorem spalinowym lub ogniwem paliwowym. Produkcja energii elektrycznej w rozproszeniu - celowość budowy systemów hybrydowych i trendy światowe.

12. Integracja fotowoltaiki z budownictwem. Możliwości integracji fotowoltaiki z istniejącymi budynkami, integracja fotowoltaiki z budynkami w fazie projektowej, rodzaje modułów stosowanych w budownictwie (szkło półtransparentne, dachówki, markizy, itp.), przykłady współczesnych rozwiązań integracji PV z budownictwem.

Laboratorium

W trakcie laboratoriów studenci mają możliwość ugruntowania i praktycznego wykorzystania wiedzy zdobytej podczas wykładów. W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci poznają i kluczowe etapy technologii elementów fotowoltaicznych, a także zbadają wykonane przyrządy i określą ich parametry. Uzyskają także wiedzę z zakresu projektowania systemów fotowoltaicznych oraz ich weryfikacji.

1. Technologia wykonania systemu opartego na ogniwach fotowoltaicznych barwnikowych. Badania i pomiary wykonanego systemu ogniw w układzie zasilającym drobne elementy elektroniczne np. diody LED.
2. Konstrukcja małego systemu fotowoltaicznego. Testy systemu wraz z analizą możliwości poprawy sprawności.
3. Pomiar charakterystyk i wyznaczenie istotnych parametrów ogniw fotowoltaicznych (wykonanych z różnych materiałów) w standardowych warunkach testowych. Badanie wpływu natężenia promieniowania i temperatury otoczenia na te parametry.
4. Rzeczywiste elementy systemów fotowoltaicznych oraz metody monitorowania ich parametrów pracy. Analiza parametrów pracy wybranych systemów fotowoltaicznych (w tym: performance ratio, sprawność, źródła strat, uzyski energii).

Projekt

Studenci zaprojektują prosty system fotowoltaiczny i przeprowadzą symulację jego działania używając wybranej z dedykowanych do tego celu popularnych aplikacji, np. PVsyst. Użyta aplikacja będzie narzędziem umożliwiającym modelowanie i symulację pracy systemów fotowoltaicznych zarówno podłączonych do sieci energetycznej (on-grid) jak i autonomicznych (stand alone). Student otrzymuje indywidualne zadanie, w ramach którego projektuje system pod kątem maksymalizacji uzyskanej energii zgodnie z otrzymanymi wytycznymi (np. system on-grid, dach dwuspadowy o kącie 60st i wymiarach 2x(10x4m), Kraków, itp). Następnie przeprowadza szereg symulacji przy zmianie określonych parametrów i porównuje otrzymane wyniki.

Egzamin: nie

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. Ewa Klugmann-Radziemska, „Fotowoltaika w teorii i praktyce”, Wydawnictwo BTC, Legionowo 2010.
2. Zbysław Pluta, „Słoneczne instalacje energetyczne”, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2007.

3. Jerzy Sanetra, „Efekt fotowoltaiczny w organicznych ogniwach słonecznych – zagadnienia wybrane”, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2006.
4. Mariusz Sarniak, „Podstawy fotowoltaiki”, Oficyna Wydawnicza PW, Warszawa 2008.
5. Dodatkowe materiały dostępne u prowadzącego wykład.

Oprogramowanie:

Oprogramowanie dedykowane do modelowania i symulacji pracy systemów fotowoltaicznych np. PVsyst.

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	30	-	16	6

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 56 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na laboratorium 16 godz.,
obecność na zajęciach projektowych 6
godz. udział w konsultacjach 4 godz.*
2. *Praca własna studenta - 46 godz., w tym
przygotowanie do laboratoriów 8 godz.,
przygotowanie do kolokwii 16 godz.,
wykonywanie zadań projektowych 10 godz.
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 12 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 102 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,2 pkt ECTS, co odpowiada 56 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,0 pkt ECTS, co odpowiada 16 godz. ćwiczeń laboratoryjnych, 16 godz. zajęć projektowych, 8 godz. przygotowania do laboratorium oraz 12 godz. przygotowywania sprawozdań z projektu i laboratorium.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się	forma zajęć/ technika	sposób weryfikacji	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
student, który zaliczył przedmiot:	kształcenia	(oceny)	
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	Wykład	Kolokwium	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki	Wykład Laboratorium	Kolokwium Raport	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu fotowoltaiki oraz projektowania systemów fotowoltaicznych	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_W04
W4: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analizy i projektowania systemów fotowoltaicznych	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w zakresie analizy złożonych systemów fotowoltaicznych oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski:	Laboratorium	Raport	K1_U07
U2: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie analizy i projektowania złożonych systemów fotowoltaicznych	Laboratorium Projekt	Raport	K1_U08
U3: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi w zakresie analizy i projektowania złożonych systemów fotowoltaicznych	Laboratorium Projekt	Raport	K1_U10
U4: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie lub analizy i projektowania złożonych systemów fotowoltaicznych	Laboratorium Projekt	Raport	K1_U12

U5: Potrafi rozwiązywać złożone zadania inżynierskie, charakterystyczne dla studiowanej specjalności, w tym zadania nietypowe oraz zadania zawierające komponent badawczy	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_U15
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Tomasz Borejko

**Zintegrowane Układy do Komunikacji Bezprzewodowej
(Radio Frequency Integrated Circuits)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Podstawy Mikroelektroniki (PMK)*

Limit liczby studentów: *24*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest przedstawienie studentom podstaw na temat projektowania układów nadawczo-odbiorczych do komunikacji radiowej w realizacji scalonej (RFIC – ang. Radio-Frequency Integrated Circuit). Studenci zostaną zapoznani z zasadami działania i realizacją scalonych układów CMOS/BiCMOS i systemów elektronicznych charakteryzujących się specjalnymi wymaganiami, takimi jak mały pobór mocy, małe szумы, małe zniekształcenia nieliniowe, duża sprawność. Tego typu układy i systemy są stosowanych we współczesnych bezprzewodowych systemach komunikacyjnych, systemach przenośnych typu GPS, GSM, LTE, Bluetooth itp.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: Treści przedstawiane na wykładzie będą obrazowane zadaniami do samodzielnego wykonania podczas laboratorium w praktycznej aranżacji stosowanej w przemyśle oraz praktyce inżynierskiej. Laboratorium będzie prowadzone przy wykorzystaniu profesjonalnego oprogramowania firm Cadence, Mentor Graphics i Keysight dostępne w laboratoriach Zakładu Metod Projektowania w Mikroelektronice IMiO.

Przedmiot będzie zaliczany na podstawie dwóch sprawdzianów wykładowych (50 pkt) i laboratoriów (50 pkt). Ocena zależy od sumy punktów uzyskanych za sprawdziany i laboratoria.

Opis wykładu:

- 1. Bezprzewodowe systemy komunikacyjne:** parametry i właściwości systemów RF. Parametry RF (macierz rozproszenia S), wzmacnienie, szумы, nieliniowość, wrażliwość. Przyrządy aktywne RF, modele, fT, fmax, ograniczenia pasmowe. Wybór technologii, CMOS/BiCMOS, SiGe, FD-SOI. Elementy pasywne.
- 2. Topografia elementów i układów analogowych RF:** topografia scalonych rezystorów, kondensatorów i cewek. Topografia tranzystorów.
- 3. Modelowanie scalonych elementów biernych i czynnych:** modele rezystorów, kondensatorów i cewek planarnych. Modele małosygnałowe, wielkosygnałowe i szumowe tranzystorów.
- 4. Pasmowe wzmacniacze małoszumne (LNA):** zasady realizacji i architektury. Parametry, szумы, zakres dynamiczny, zniekształcenia nieliniowe.
- 5. Mieszacze:** zasady działania i realizacji. Mieszacze pasywne i aktywne. Szумы 1/f tranzystorów, szумы wzmacniacza pośredniej częstotliwości, zniekształcenia intermodulacyjne i zakres dynamiczny.
- 6. Wzmacniacze mocy RF:** sprawność, liniowość, odporność na przeciążenia. Zasady realizacji wzmacniaczy w różnych architekturach. Zakres dynamiczny i zasady linearyzacji.
- 7. Oscylatory:** wymagania, częstotliwość i przestrajanie, liniowość przestrajania, szумы fazowe, zniekształcenia harmoniczne, zrównoważenie I/Q. Oscylatory RC, zasady działania i różne architektury. Oscylatory LC, zasady działania. Właściwości.
- 8. Syntezy częstotliwości:** zasada działania. Architektura układu z pętlą fazową. Wymagania, zakres przestrajania, minimalny krok przestrajania, sygnały pasożytnicze, szумы fazy. Bloki PLL, VCO/DCO, dzielnik częstotliwości, detektor częstotliwości, pasywne i aktywne filtry w PLL. Programowalne dzielniki częstotliwości.

Laboratorium:

Wstęp: (1h): Zapoznanie się ze środowiskami i narzędziami CAD.

Część 1 (11h): Projekt i symulacja wzmacniacza niskoszumnego LNA, symulacja elektryczna (DC, SP, PSS, PAC, PSP), symulacja statystyczna oraz skrajnych rozrzutów procesu.

Część 2 (12h): Projekt topografii zaprojektowanego układu LNA, jego weryfikacja oraz ekstrakcja topografii z elementami pasożytniczymi. Ocena wyniku projektu po wykonaniu topografii masek produkcyjnych.

Część 3 (6h): Symulacja przykładowego mieszacza RF, symulacja elektryczna (DC, SP, PSS, PAC, PXF, QPSS, PSP, Pnoise, QPAC), symulacja statystyczna.

Egzamin: *NIE*

Literatura:

1. T. H. Lee, The Design of CMOS Radio-Frequency Integrated Circuits, Cambridge Univ.Press,
2. B. Razavi, RF Microelectronics, Prentice-Hall, ISBN 0138875715, 1997
3. J.A. Dobrowolski, "Technika wielkich częstotliwości", Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2001.
4. Materiały pomocnicze przygotowane specjalnie do wykładu, dostępne w wersji elektronicznej i w Internecie

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	2	-	(60)

Wymiar w jednostkach ECTS: 5

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 66 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 30 godz.,
udział w konsultacjach 6 godz.
2. praca własna studenta – 60 godz., w tym
przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
przygotowanie do laboratoriów 30 godz.,
przygotowanie do kolokwiiów 20 godz.,
wykonywania zadań projektowych 0 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 10 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 126 godz., co odpowiada 5 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,5 pkt ECTS, co odpowiada 66 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,7 pkt ECTS, co odpowiada 30 godz. ćwiczeń laboratoryjnych, 30 godz. przygotowanie do laboratoriów i 10 godz. przygotowanie sprawozdań

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z zakresie projektowania złożonych układów scalonych i komunikacją mikrofalową	Wykład, Laboratorium	Kolokwium, Laboratorium	K1_W04
W2: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analizy i projektowania złożonych układów scalonych oraz złożonych systemów komunikacji mikrofalowej	Wykład, Laboratorium	Kolokwium, Laboratorium	K1_W06
UMIĘTNOŚCI			
U1: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych do analizy i projektowania złożonych układów scalonych oraz złożonych systemów komunikacji mikrofalowej	Laboratorium	Laboratorium	K1_U08_
U1: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi należącymi do zakresu analizy i projektowania złożonych systemów scalonych oraz złożonych systemów komunikacji mikrofalowej	Laboratorium	Laboratorium	K1_U10

KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium	Laboratorium	K1_01

Zespół Autorski:

dr hab. inż. Mateusz Śmietana, prof. uczelni

dr hab. inż. Marcin Koba

dr inż. Monika Janik

**Czujniki (SEN)
(Sensors)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny: *2*

Minimalny numer semestru: *-*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *-*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Kształcenie studentów w zakresie zasady działania, konstrukcji i technologii elementów czujnikowych wykorzystywanych w nowoczesnych układach i systemach elektronicznych oraz optoelektronicznych. Zapoznanie z podstawowymi parametrami urządzeń czujnikowych i obszarami ich zastosowań badawczych, rozwojowych i przemysłowych.

Skrócony opis przedmiotu:

Znajomość funkcjonowania czujników ma obecnie fundamentalne znaczenie inżynierskie. Czujniki wykorzystywane są we wszystkich gałęziach przemysłu i obszarach działalności człowieka, w tym do określenia stanu zdrowia, czy uzyskania informacji o potencjalnym niebezpieczeństwie. Ponadto, czujniki intensywnie wspomagają badania naukowe i szeroko rozumiane prace rozwojowe.

Przedmiot obejmuje kompleksowy przegląd czujników ujętych w czterech podstawowych grupach: czujników wielkości nieelektrycznych, czujników wielkości elektrycznych, chemosensorów oraz biosensorów. Po wstępie dotyczącym podstawowych pojęć i zagadnień z zakresu czujnikowego, zostaną szczegółowo omówione poszczególne grupy czujników. W ramach każdej z grup przedstawione zostaną mechanizmy działania, typowe konstrukcje, materiały oraz technologie stosowane do wytwarzania wybranych struktur czujnikowych. Przegląd czujników uzupełni studium zagadnień związanych z ich implementacją w warunkach rzeczywistych wraz z dyskusją perspektyw rozwoju. Wiedza zdobyta podczas wykładu będzie uzupełniona o elementy praktyczne uzyskane w ramach laboratoriów technologiczno-pomiarowych i projektu.

Treść kształcenia:

Opis wykładu

1. **Pojęcie czujnika i podstawowe pojęcia związane z czujnikami (limit detekcji, czułość, powtarzalność, rozdzielczość). Czujnik jako element systemu;** Przedstawienie rysu historycznego, potrzeba stosowania czujników, pojęcie czujnika, przykłady zastosowań, pojęcia podstawowe, wielkości mierzone;
2. **Czujniki wielkości nieelektrycznych (ciśnienie, temperatura, przepływ, przyspieszenie, deformacje mechaniczne, odległość, gęstość, lepkość, zapylenie, wilgotności);** Przegląd czujników, zasada działania, konstrukcje, metody wytwarzania i zastosowania wraz ich ograniczeniami;
3. **Czujniki wielkości elektrycznych (prąd, napięcie, rezystancja, pojemność, indukcyjność, moc);** Przegląd urządzeń pomiarowych elektrycznych, np. mierniki napięcia, prądu, częstotliwości. Ich opis i zasada działania.
4. **Chemosensory (gazy, leki, glukoza, narkotyki, alkohole);** Zapoznanie z pojęciem czujnika chemicznego i podstawowymi zasadami działania. Pojęcia specyficzności, selektywności. Wykrywanie substancji chemicznych w kontekście zastosowań diagnostycznych, farmaceutycznych i monitorowaniu środowiska na przykładach wykrywania glukozy, alkoholu, narkotyków/leków, metali ciężkich oraz określonych gazów. Rozwiązania czujnikowe obejmujące metody elektrochemiczne, fluorescencyjne i optyczne. Aktualne obszary badań i nowe systemy czujnikowe, w tym mikro i nanotechnologie.
5. **Biosensory (białka, wirusy, bakterie);** Zapoznanie z pojęciem biosensora i podstawowymi zasadami/mechanizmami działania. Aspekty chemii powierzchni – w tym metod wiązania biomolekuł do powierzchni czujników. Pojęcie receptora i targetu, oraz ich łączenia w zależności od zastosowanego mechanizmu czujnikowego. System wykrywania znacznikowego i bezznacznikowego. Klasyczne metody biodetekcji w kontekście zastosowań diagnostycznych i monitorowaniu środowiska na przykładach zakażeń wirusowych, bakteryjnych, chorób nowotworowych i badań hormonalnych. Rozwiązania bioczujnikowe obejmujące metody elektrochemiczne i optyczne. Aktualne obszary badań i nowe systemy czujnikowe, w tym mikro i nanotechnologie.
6. **Pomiary wieloparametryczne;** Określenie współzależności parametrów mierzonych. Zagadnienia związane z wykorzystaniem jednego sensora i wpływem różnych warunków zewnętrznych na wynik pomiaru. Pomiary wielu parametrów: pojedynczym czujnikiem, wieloma czujnikami w jednej strukturze i czujnikami rozłożonymi.
7. **Systemy przetwarzania informacji czujnikowej;** Układy i elementy układów pomiarowych, akwizycja i analiza danych pomiarowych.
8. **Trendy i perspektywy rozwoju.**

Laboratorium

W trakcie laboratoriów studenci będą mieli możliwość ugruntowania i praktycznego wykorzystania wiedzy zdobytej podczas wykładów. W trakcie zajęć laboratoryjnych studenci poznają kluczowe etapy konstrukcji i technologii czujników, zbadają wykonane sensory, określą ich parametry i przeanalizują otrzymane dane.

1. Wybrane zagadnienia technologii czujników cienkowarstwowych (3h).
2. Ocena parametryczna elementów czujnikowych (3h).
3. Pomiary czujników wielkości nieelektrycznych (temperatura, ciśnienie, współczynnik załamania) (3h).
4. Pomiary biosensoryczne (wybrane metody znacznikowe i bezznacznikowe) (3h).
5. Przetwarzanie informacji czujnikowej i analiza danych (3h).

Projekt

W ramach projektu studenci opracują dedykowane rozwiązanie czujnikowe. W odpowiedzi na zadany problem badawczy, parametry i warunki pomiaru, zaproponują elementy systemu spełniające określone na wstępie kryteria.

Egzamin: *nie*

Literatura: *(wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)*

1. Janusz Piotrowski i inni, „Pomiary: Czujniki i metody pomiarowe wybranych wielkości fizycznych i składu chemicznego”, WNT 2017
2. Jacob Fraden, “Handbook of modern sensors: physics, designs, and applications”, Springer 2010
3. Ping Wang, Qingjun Liu, „Biomedical Sensors and Measurement”, Springer 2011
4. Dodatkowe materiały dostępne u prowadzącego wykład.

Oprogramowanie: *nie*

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	30	-	15	8

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – **60** godz., w tym
*obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na laboratorium 15 godz.,
obecność na zajęciach projektowych 8
godz. udział w konsultacjach 7 godz.*
2. Praca własna studenta - **55** godz., w tym
*przygotowanie do laboratoriów 10 godz.,
przygotowanie do kolokwium/egzaminu 16 godz.,
wykonywanie zadań projektowych 14 godz.
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 15 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 115 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,4 pkt ECTS, co odpowiada 60 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,0 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. ćwiczeń laboratoryjnych, 8 godz. zajęć projektowych, 10 godz. przygotowania do laboratorium oraz 15 godz. przygotowywania sprawozdań z projektu i laboratorium.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	Wykład	Kolokwium Raport	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki	Wykład Laboratorium	Kolokwium Raport	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu konstrukcji elementów czujnikowych	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_W04
W4: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analizy i projektowania czujników	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w zakresie analizy złożonych systemów czujnikowych oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	Laboratorium	Raport	K1_U07
U2: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie analizy i	Laboratorium Projekt	Raport	K1_U08

projektowania elementów i złożonych systemów czujnikowych			
U3: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi w zakresie analizy i projektowania elementów czujnikowych	Laboratorium Projekt	Raport	K1_U10
U4: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie analizy i projektowania rozwiązań czujnikowych	Laboratorium Projekt	Raport	K1_U12
U5: Potrafi rozwiązywać złożone zadania inżynierskie, charakterystyczne dla studiowanej specjalności, w tym zadania nietypowe oraz zadania zawierające komponent badawczy	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_U15
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Wykład Laboratorium Projekt	Kolokwium Raport	K1_K01

Zespół Autorski:

Ryszard Piramidowicz

Anna Jusza

Krzysztof Anders

Stanisław Stopiński

**Systemy Komunikacji Optycznej (SKO)
(Optical Communication Systems)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *brak*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem wykładu jest wprowadzenie studentów w zagadnienia warstwy fizycznej nowoczesnych systemów komunikacji optycznej. Tak określony cel wymaga szczegółowego przedstawienia i przedyskutowania aktualnych rozwiązań w dziedzinie elementów i systemów fotoniki światłowodowej i free-space, jak również odniesienia się do aktualnie prowadzonych prac badawczo rozwojowych. Z tego powodu zaplanowany zakres przedmiotu obejmuje w szczególności podstawy fizyczne propagacji światła w wolnej przestrzeni oraz jednomodowych i wielomodowych strukturach światłowodowych, omówienie podstawowych właściwości medium transmisyjnego (jak tłumienność, dyspersja, efekty nieliniowe), szczegółową charakteryzację podstawowych pasywnych i aktywnych elementów optyki światłowodowej (jak źródła światła, modulatory, multipleksery i demultipleksery, kompensatory dyspersji, wzmacniacze optyczne, przestrajalne filtry, detektory itp.).*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się z części wykładowej oraz laboratorium. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50% punktów z każdej ww. części.

Opis wykładu:

1. Wprowadzenie do systemów komunikacji optycznej: perspektywa historyczna, ewolucja rozwiązań, podstawowe komponenty układów komunikacji optycznej: nadajniki, odbiorniki i media transmisyjne transmisyjne
2. Systemy komunikacji światłowodowej - światłowody: światłowody planarne i włóknowe do zastosowań w układach komunikacji optycznej, klasyfikacja włókien optycznych, włókna jednomodowe vs. włókna wielomodowe, aspekty materiałowe – włókna kwarcowe, wieloskładnikowe i polimerowe; podstawy teorii propagacji światła - opis przy pomocy równań optyki geometrycznej i optyki falowej; efekt dyspersji w wielomodowych i jednomodowych włóknach światłowodowych, ograniczenia dyspersyjne transmisji, straty w światłowodach włóknowych; wybrane aspekty technologii wytwarzania włókien światłowodowych
3. Nadajniki optyczne: wprowadzenie - emisja światła w strukturach półprzewodnikowych; diody LED i lasery półprzewodnikowe (LD); praca jednocześnie laserów półprzewodnikowych, charakterystyki spektralne źródeł LED i LD (krawędziowych, DFB, DBR, VSCSEL), modulatory światła i izolatory optyczne; podstawy projektowania nadajników telekomunikacyjnych oraz do komunikacji w wolnej przestrzeni
4. Odbiorniki optyczne: podstawowe rozwiązania i parametry odbiorników; porównanie parametrów diod p-n, p-i-n i diod lawinowych (APD) jako odbiorników do systemów komunikacji optycznej
5. Analogowe łącza optyczne: struktura łącza analogowego, idea i opis łącza za pomocą mikrofalowej macierzy rozproszenia, wzmocnienie i transmitancja łącza analogowego, transmisja światłowodem sygnału zmodulowanego, łącza do transmisji sygnałów mikrofalowych.
6. Wzmacniacze optyczne: wprowadzenie i podstawy działania; podstawowe parametry - pasmo, wzmocnienie, moc nasycenia, liczba szumowa, etc.; wzmacniacze półprzewodnikowe (SOA), wzmacniacze światłowodowe domieszkowane jonami ziem rzadkich (REDFA, REDWA) - EDFA, EDWA, PDFA, TDFA; wzmacniacze ramanowskie (FRA); zastosowania w systemach światłowodowych;
7. Kontrola i zarządzanie dyspersją w systemach telekomunikacji światłowodowej: techniki kompensacji dyspersji chromatycznej, światłowody kompensujące dyspersję, siatki braggowskie; techniki kompensacji dyspersji polaryzacyjnej (PMD); problemy dyspersji modowej w systemach wykorzystujących światłowody wielomodowe.
8. Systemy wielokanałowe: WDM, FDM, TDM, SCM, CDM, SDM; główne komponenty systemu (D)WDM: nadajniki i odbiorniki (D)WDM, multipleksery i demultipleksery, sprzęgacze, przełącznice optyczne (OXC), konwertery długości fali,

wzmacniacze etc.; wybrane układy fotoniki scalonej do zastosowań w systemach wielokanałowych

9. Systemy FTTx: podstawowe zalety i ograniczenia; elementy nadawczo-odbiorcze do systemów FTTx, specyfika mediów transmisyjnych do zastosowań w systemach FTTx
10. Systemy RoF: podstawowa struktura systemów radiowo-światłowodowych, techniki modulacji i transmisji danych, generacja nośnej w pasmach milimetrowych. Przykłady zastosowań, układy odwrócone, rozwiązania eksperymentalne. Złożone systemy radiowo-światłowodowe, zastosowanie technik multipleksacji, układy sieci z transmisją do wielu punktów.
11. Systemy komunikacji optycznej w wolnej przestrzeni bliskiego i dalekiego zasięgu, Omówienie przykładowych systemów m.in. OPALS, LiFi, systemy komunikacji międzysatelitarnej (m.in. SpaceX Starlink) oraz systemu komunikacji podwodnej – możliwości, ograniczenia, perspektywy rozwoju.

Laboratorium: (zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)

Zajęcia teoretyczne zostaną wzbogacone ofertą laboratoryjną, obejmująca zestaw czterech ćwiczeń z zakresu:

1. Charakteryzacji parametrów propagacyjnych mediów transmisyjnych
2. Charakteryzacji nadajników i odbiorników optycznych
3. Charakteryzacja wzmacniaczy optycznych, przy wykorzystaniu nowoczesnych metod i urządzeń pomiarowych.
4. Budowy i charakteryzacji prostego linku optycznego ze zwielokrotnieniem kanałów informacyjnych

Egzamin: *tak*

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. G.P. Agrawal, Fiber Optic Communication Systems, Wiley, 2010 (lub nowsze)
2. B. Galwas, Telekomunikacja optofalowa, podręcznik elektroniczny z dostępem w Internecie, 2010
3. Alberto Paradisi, Rafael Carvalho Figueiredo, Andrea Chiuchiarelli, Eduardo de Souza Rosa, Optical Communications - Advanced Systems and Devices for Next Generation Networks, Springer, 2019

Oprogramowanie: *Origin Lab, MS Office*

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	30	-	15	-	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: (3)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – (50) godz., w tym

*obecność na wykładach (30) godz.,
obecność na laboratorium (15)
godz., udział w konsultacjach (5)
godz.*

*2. praca własna studenta – (25) godz., w tym
przygotowanie do laboratoriów (5) godz.,
przygotowanie do egzaminów (10) godz.,
przygotowanie sprawozdań (laboratoria) (10) godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi (75) godz., co odpowiada (3) pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (2) pkt ECTS, co odpowiada (50) godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (1) pkt ECTS, co odpowiada (25) godz. ćwiczeń laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład	Egzamin	K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu komunikacja optycznej.	Wykład	Egzamin	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej.	Wykład, laboratorium	Egzamin, laboratorium	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe z zakresu analizy złożonych systemów komunikacji optycznej.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U07
U2: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania	Laboratorium	Laboratorium	K1_U08

i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych z zakresu analizy i projektowania złożonych systemów komunikacji optycznej.			
U3: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi z zakresu analizy i projektowania złożonych systemów komunikacji optycznej.	Laboratorium	Laboratorium	K1_U10
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium	Laboratorium	K1_K01
K2: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	Laboratorium	Laboratorium	K1_K02

Zespół Autorski:

dr inż. Zbigniew Jaworski, dr inż. Elżbieta Piwowarska

**Scalone Systemy Cyfrowe VLSI (SSCV)
Digital VLSI Systems**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): 2

Minimalny numer semestru: 2

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

wymagania wstępne: znajomość języka programowania C/C++, języka opisu sprzętu Verilog lub VHDL, znajomość zagadnień syntezy logicznej

zalecane przedmioty: Systemy cyfrowe i komputerowe (SCK), Projektowanie systemów scalonych w technice VLSI (PSSV)

Limit liczby studentów: 24

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest przedstawienie metod projektowania i weryfikacji systemów cyfrowych realizowanych w postaci mikroelektronicznych układów scalonych. Prezentowane są zagadnienia z zakresu organizacji i architektury zintegrowanych systemów cyfrowych. Przedstawiane są metody projektowania wykorzystujące syntezę behawioralną (HLS) oraz języki opisu systemu (SystemC, SystemVerilog). Omawiane są metody weryfikacji formalnej i funkcjonalnej dużych systemów cyfrowych (systemy asercji PSL/SystemVerilog, metodyka UVM), zagadnienia syntezy logicznej uwzględniające generację testów oraz zarządzanie poborem mocy.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: Zajęcia laboratoryjne i projektowe są realizowane w laboratoriach Zakładu Metod Projektowania w Mikroelektronice IMiO, w których zainstalowane jest profesjonalne oprogramowanie CAD oraz biblioteki umożliwiające realizację projektów

w przemysłowych technologiach. Wynikiem zaliczenia przedmiotu będzie znajomość zagadnień projektowania dużych systemów cyfrowych VLSI realizowanych we współczesnych procesach nanometrowych oraz umiejętność posługiwania się profesjonalnymi narzędziami EDA.

Opis wykładu:

Mikroelektroniczne systemy cyfrowe – przegląd: system zintegrowany (*System-on-Chip*): przykłady architektur, w tym układy wielordzeniowe i wieloprocesorowe. Układy rekonfigurowalne. Bloki IP. Komunikacja: magistrale, sieć zintegrowana (*Network-on-Chip*). Układy wejścia/wyjścia.

Metody modelowania systemów i ich wykorzystanie w projektowaniu: języki opisu systemu (SystemC, SystemVerilog) ich wykorzystanie: specyfikacja, synteza, weryfikacja, synteza wysokiego poziomu (*high level synthesis*). Przejście od algorytmu do sprzętowej implementacji: harmonogramowanie (scheduling), wybór mikroarchitektury systemu. Problemy projektowania sprzętowo-programowego. Ograniczenia i możliwości syntezy.

Problemy realizacji segmentu danych: Metody reprezentacji liczb: liczby całkowite, liczby rzeczywiste. Standard IEEE 754, pakiety VHDL fixed i float. Synteza struktury fizycznej.

Problemy projektowania dużych systemów jednoukładowych: Dystrybucja sygnałów zegarowych. Szacowanie poboru mocy dynamicznej i zarządzanie poborem mocy (bramkowanie zegara i adaptacyjne sterowanie częstotliwością taktowania, itp.). Techniki minimalizacji poboru mocy statycznej, adaptacyjne sterowanie napięciem zasilania i polaryzacją podłoża itp. Rozprowadzanie masy i zasilania.

Weryfikacja i testowanie: metody weryfikacji na różnych poziomach abstrakcji, weryfikacja formalna, narzędzia do weryfikacji formalnej. Zarys problemów testowania i projektowania systemów łatwo testowalnych: strategie zwiększające testowalność, techniki projektowania zorientowanego na testowanie DFT: ścieżka krawędziowa, układy samotestowalne. Standardy IEEE.

Bezpieczeństwo systemów VLSI. Projektowanie i weryfikacja systemów wykorzystujących bloki IP. Zabezpieczanie bloków IP. Kompromisy projektowe wynikające z konfliktów pomiędzy wymaganiami dotyczącymi funkcjonalności, bezpieczeństwa, weryfikowalności i testowalności.

Laboratorium: Zajęcia laboratoryjne będą polegać na wykonywaniu zadań indywidualnie przydzielanych każdemu studentowi, które ilustrują główne zagadnienia poruszane na wykładzie: modelowanie systemów z wykorzystaniem języka opisu sprzętu, synteza behawioralna, synteza logiczna, weryfikacja formalna i funkcjonalna.

Projekt: W ramach zajęć projektowych wykonywane są zadania wyrabiające umiejętności implementacji systemów, na podstawie wiedzy uzyskanej na wykładach. W ramach pracy zespołowej studenci wykonują projekt prostego systemu cyfrowego. Tematy projektów będą nawiązywać do przykładowych praktycznych zastosowań

Egzamin: tak

Literatura:

1. W.Wolf, "Modern VLSI Design, IP-based Design", Prentice Hall 2008.
2. B.Wong, A.Mital, Y.Cao, G.Starr, „Nano-CMOS Circuits And Physical Design”, A John Wiley & Sons, 2005.
3. R.Aitken, A.Gibbons, K.Shi, M.Keating, D.Flynn, „Low Power Methodology Manual For System-on-Chip Design”, Springer 2008.
4. D.C. Black, J.Donovan, B.Bunton, A.Keist, “SystemC: From the Ground Up”, Springer 2010.

5. C.Eisner, D.Fisman, "A Practical Introduction to PSL", Springer 2006.
6. S.Bhunja, S. Ray, S-K. Sandip, S.Sur-Kolay,"Fundamentals of IP and SoC Security", Springer 2017.
7. 1666-2011 IEEE Standard for Standard SystemC Language Reference Manual.
8. 1800.2-2020 IEEE Standard for Universal Verification Methodology Language Reference Manual (UVM).
9. 1850-2010 IEEE Standard for Property Specification Language (PSL).
10. 1800-2017 IEEE Standard for SystemVerilog-Unified Hardware Design, Specification and Verification Language.

Oprogramowanie: Laboratorium będzie prowadzone przy wykorzystaniu profesjonalnego oprogramowania firm Cadence, Mentor Graphics i Synopsys. Wyposażenie to będzie dostępne w laboratoriach Zakładu Metod Projektowania w Mikroelektronice IMiO.

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	1	(60)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – 55 godz., w tym*
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 15 godz.,
udział w konsultacjach 10 godz.
2. *praca własna studenta – 55 godz., w tym*
przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
przygotowanie do laboratoriów 15 godz.,
przygotowanie do egzaminu 5 godz.,
wykonywania zadań projektowych 30
godz., przygotowanie sprawozdań 5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 110 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,0 pkt ECTS, co odpowiada 55 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2,0 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 30 godz. zadań projektowych oraz 10 godzin konsultacji.

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
<p>W1: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - systemy komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej, - techniki tomograficzne stosowane w diagnostyce obrazowej i metody rekonstrukcji obrazów, - diagnostyczne techniki medycyny nuklearnej <p>lub</p> <ul style="list-style-type: none"> - projektowanie złożonych układów scalonych, - nanoelektronika lub fotonika zintegrowana, 	Wykład/ laboratorium	Projekt/ egzamin	K1_W04
<p>W:06 Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do jednego z trzech następujących zakresów:</p> <ul style="list-style-type: none"> - aparatura elektromedyczna (EKG, EEG itd.) - systemy komputerowego wspomagania diagnostyki medycznej, - techniki tomograficzne stosowane w diagnostyce obrazowej i metody rekonstrukcji obrazów, - diagnostyczne techniki medycyny nuklearnej <p>lub</p> <ul style="list-style-type: none"> - analiza, projektowanie, modelowanie, charakteryzacja i wytwarzanie zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analiza i charakteryzacja materiałów mikroelektroniki i fotoniki, - analiza i projektowanie złożonych układów scalonych, - technika laserowa i optoelektronika półprzewodnikowa lub analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub analiza i projektowanie złożonych systemów fotowoltaicznych <p>lub</p> <ul style="list-style-type: none"> - systemy elektroniczne, w tym systemy wbudowane, mikro i nanosystemy, - układy analogowe impulsowe i wielkiej częstotliwości. 	Wykład/ laboratorium	Projekt/ egzamin	K1_W06
UMIEJĘTNOŚCI			
U01: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie	laboratorium	projekt	K1_U01

dobrych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.			
U08: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów: - projektowanie algorytmów detekcji i diagnozy symptomów patologii, - projektowanie aparatury medycznej, - kontrola jakości aparatury diagnostycznej stosowanej w medycynie lub - analiza, projektowanie, modelowanie, charakteryzacja i wytwarzanie zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analiza i charakteryzacja materiałów mikroelektroniki i fotoniki, - analiza i projektowanie złożonych układów scalonych, - analiza, modelowanie, charakteryzacja i projektowanie laserów i optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych lub analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub analiza i projektowanie złożonych systemów fotowoltaicznych lub - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	laboratorium	projekt	K1_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium/ projekt	Laboratorium/ projekt	K1_K01

Zespół Autorski:
Dominik Kasprowicz

Algorytmy Symulacji i Projektowania Systemów Elektronicznych ASPE
(Algorithms for Simulation and Design of Electronic Systems)

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *1*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *Wstęp do metod numerycznych (WNUM), Podstawy mikroelektroniki (PMK), znajomość dowolnego języka programowania wysokiego poziomu*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Przedmiot przeznaczony jest dla studentów pragnących poznać sposób działania narzędzi programistycznych używanych w procesie projektowania zintegrowanych systemów elektronicznych. Algorytmy leżące u podstaw tych narzędzi są analizowane pod względem złożoności obliczeniowej i ograniczeń w ich zastosowaniu a algorytmy numeryczne pod względem zbieżności i dokładności. Omówione są metody poprawy tych parametrów. Podstawowe obszary to symulacja układów elektronicznych (analogowych i cyfrowych), testowanie i diagnostyka tych układów oraz synteza ich topografii. Część praktyczna przedmiotu obejmuje projekt programistyczny dotyczący jednego z zagadnień wykładowych, wybranego przez studenta zgodnie z jego zainteresowaniami.*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: *(ogólne informacje na temat prowadzenia zajęć, zasad zaliczenia itd. - o ile potrzebne)*

Opis wykładu:

1. *Symulacja układów analogowych. Podstawy: zmodyfikowana metoda potencjałów węzłowych, modele elementów liniowych i nieliniowych. Analiza stałoprądowa, w dziedzinie czasu, w dziedzinie częstotliwości, analiza wrażliwości.*
2. *Testowanie i diagnostyka układów analogowych.*

3. *Symulacja układów cyfrowych. Symulacja sterowana zdarzeniami. Statystyczna analiza opóźnień.*
4. *Testowanie układów cyfrowych. Modele uszkodzeń: uszkodzenia sklejeniowe, uszkodzenia fizyczne na poziomie topografii (zwarcia i rozwarcia).*
5. *Synteza topografii układu. Podstawy algorytmów metaheurystycznych. Optymalizacja rozmieszczenia bloków funkcjonalnych i połączeń między nimi.*

Laboratorium: Brak

Projekt: Projekt polega na stworzeniu w języku wysokiego poziomu jednego z narzędzi omawianych na wykładzie, np. symulatora obwodów analogowych lub cyfrowych, narzędzia do rozmieszczania bloków w układzie cyfrowym lub trasowania połączeń między nimi, narzędzia do optymalizacji układów analogowych lub ich diagnostyki itp. W przypadku bardziej zaawansowanych narzędzi ich funkcjonalność będzie ograniczona do pewnej klasy przypadków (np. symulacji obwodu analogowego o ustalonej topologii).

Egzamin: nie

Literatura:

- A. Dobrowolski, *Pod maską SPICE'a. Metody i algorytmy analizy układów elektronicznych*, Wydawnictwo BTC, 2004.
- S. H. Gerez, *Algorithms for VLSI Design Automation*, John Wiley & Sons, 1999.
- D. Grzechca, *Hybrydowe metody testowania i diagnostyki analogowych układów elektronicznych : wybrane zagadnienia*, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, 2012.
- J. Rutkowski, *Słownikowe metody diagnostyczne analogowych układów elektronicznych*, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2003.

Oprogramowanie: Projekt będzie wykonywany w dowolnym języku wysokiego poziomu lub w środowisku do obliczeń (np. Matlab).

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	30	0	0	30	(60)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 34 godz., w tym
obecność na wykładach – 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych (wpisać) godz. – 0 godz.
obecność na laboratorium (wpisać) godz. – 0 godz.
udział w konsultacjach (wpisać) godz. – 4 godz.
2. praca własna studenta – 41 godz., w tym
przygotowanie do ćwiczeń – 0 godz.,
przygotowanie do laboratoriów – 0 godz.,

*przygotowanie do kolokwiów (wpisać) godz. – 6 godz.
wykonywania zadań projektowych – 30 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) – 5 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,5 pkt ECTS, co odpowiada 34 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,5 pkt ECTS, co odpowiada 0 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 41 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę z zakresu symulacji i diagnostyki układów elektronicznych oraz synteza topografii układów scalonych.	Wykład	Kolokwium	K1_W04
W2: Zna podstawowe metody, techniki i algorytmy stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu symulacji i diagnostyki układów elektronicznych i syntezy topografii układów scalonych.	Wykład, projekt	Kolokwium, sprawozdanie z projektu	K1_W06
UMIĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	Wykład, projekt	Sprawozdanie z projektu	K1_U01
U2: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane symulacje komputerowe w zakresie analizy i diagnostyki układów elektronicznych oraz oszacować zgodność uzyskanych wyników z rzeczywistością.	Wykład, projekt	Sprawozdanie z projektu	K1_U07

U3: Potrafi wykorzystać metody symulacyjne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie analizy i projektowania złożonych układów scalonych.	Projekt	Sprawozdanie z projektu	K1_U08
U4: Potrafi ocenić przydatność metod i narzędzi służących do symulacji i diagnostyki układów elektronicznych, w tym dostrzec ograniczenia tych metod i narzędzi. Potrafi proponować ulepszenia znanych algorytmów używanych w tych dziedzinach.	Wykład, projekt	Kolokwium, sprawozdanie z projektu	K1_U15
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi jasno opisywać napotkane problemy i wymieniać doświadczenia na specjalistycznych forach poświęconych analizowanym metodom i używanym narzędziom.	Projekt	Sprawozdanie z projektu	K1_K01

Zespół Autorski:

Dr inż. Aleksander Werbowy

Dr inż. Piotr Firek

Charakteryzacja materiałów dla elektroniki i fotoniki (CHA)
(Characterization of materials for electronic and photonic applications)

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: -

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem wykładu jest zapoznanie studentów z najczęściej używanymi współczesnymi technikami charakteryzacji materiałów oraz mikro- i nanostruktur. Przedstawione zostaną metody mikroskopowe, skanujące, dyfrakcyjne, spektroskopowe oraz profilowe, ich wady i zalety, zakresy zastosowań oraz zasady działania urządzeń. Podczas zajęć laboratoryjnych studenci wykorzystają w praktyce wiedzę zdobytą w trakcie wykładu, poprzez udział w działaniach na specjalistycznym sprzęcie do charakteryzacji materiałów oraz mikro- i nanostruktur.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: *(W trakcie semestru zostaną przeprowadzone dwa 45-minutowe kolokwia, każde oceniane w skali 0-40 punktów. Ćwiczenia laboratoryjne z kolei oceniane będą każde w skali 0-4 punktów. Warunkiem zaliczenia przedmiotu jest uzyskanie z kolokwiów i projektu łącznie minimum 50% + 1 (czyli 51) punktów.)*

Opis wykładu:

1. Wprowadzenie

Ogólna klasyfikacja metod charakteryzacji materiałów i struktur. Obrazowanie a techniki analityczne. Rodzaje informacji uzyskiwanych dzięki charakteryzacji (morfologia, struktura elektronowa i krystaliczna, skład chemiczny materiału). Podstawy fizyki zjawisk rozpraszania. Promieniowanie rentgenowskie i jego oddziaływanie z materią. Elektrony, neutrony i jony oraz ich oddziaływanie z materią. Rozpraszanie sprężyste i dyfrakcja.

2. Techniki mikroskopowe

Obrazowanie. Powiększenie obrazu, głębia ostrości, rozdzielczość, ograniczenie dyfrakcyjne. Dualizm korpuskularno-falowy. Aberracje układów optycznych i sposoby ich redukcji. Fizjologia widzenia. Mikroskopia świetlna i kontrasty. Wybrane współczesne techniki mikroskopowe, jak np.: mikroskopia fluorescencyjna, konfokalna, TIRF, dekonwolucyjna, 2-fotonowa, STED, PALM, fPALM, StORM. Mikroskopia elektronowa - aspekty optyki elektronowej, generowanie wiązki elektronów, oddziaływanie elektron-próbka. Preparatyka próbek. Skaningowa mikroskopia elektronowa (SEM) - obrazowanie za pośrednictwem elektronów wtórnych i wstecznie rozproszonych, kontrasty. Transmisyjna mikroskopia elektronowa (TEM) - dyfrakcja elektronów, kontrasty obrazów TEM. Skaningowa transmisyjna mikroskopia elektronowa (STEM). Elektronowa mikroskopia kriogeniczna (cryoEM). Inne mikroskopy, np. jonowa.

3. Techniki mikroskopii bliskich oddziaływań wykorzystujące sondę skanującą

Skaningowa mikroskopia tunelowa (STM). Budowa i idea działania mikroskopu z sondą skanującą. Tryby pracy mikroskopu STM. Oddziaływanie ostrze-próbka. Mikroskopia sił atomowych (AFM) – budowa mikroskopu, zasada działania, tryby pracy (kontaktowy, bezkontaktowy, przerywanego kontaktu), modyfikacje. Inne metody wykorzystujące sondę skanującą.

4. Techniki dyfrakcyjne

Techniki dyfrakcyjne objętościowe: dyfrakcja promieniowania rentgenowskiego i dyfrakcja neutronów. Wymagania, obszary zastosowań. Dyfraktometria proszkowa. Badania przy małych kątach rozproszenia. Techniki dyfrakcyjne powierzchniowe – wykorzystanie elektronów odbitych (odbiciowa spektrometria wysokoenergetycznych elektronów (RHEED) i spektrometria niskoenergetycznych elektronów (LEED)).

5. Techniki spektroskopowe

Pomiary spektroskopowe – omówienie wybranych technik. Na przykład: Spektroskopia fotonowa – pomiary optyczne (pomiar współczynnika odbicia i absorpcji/transmisji), fotoluminescencja, spektroskopia oscylacyjna Ramana i w podczerwieni, spektroskopia promieniowania rentgenowskiego (odmiany i modyfikacje). Spektroskopia zakresu fal radiowych – spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego (NMR), obrazowanie za pomocą rezonansu magnetycznego (MRI). Spektroskopia elektronowa – emisja promieniowania rentgenowskiego w SEM i TEM (metody wykorzystujące pomiar energii lub długości fali promieniowania), katodoluminescencja w SEM i STEM, spektroskopia strat energii elektronów.

6. Analiza powierzchni i profilowanie głębokościowe

Spektroskopia elektronowa powierzchni na przykład: metody rentgenowskiej spektroskopii fotoelektronów (XPS) i spektroskopii elektronów Augera (AES). Spektroskopie masowe na przykład spektroskopia mas jonów wtórnych (SIMS) oraz spektroskopia masowa wtórnych cząstek neutralnych (SNMS); badanie powierzchni i profili głębokościowych. Rozpylanie jonowe na przykład metody spektroskopii rozpraszania wstecznego Rutherforda (RBS) oraz spektroskopii promieniowania rentgenowskiego powstającego pod wpływem bombardowania protonami (PIXE). Reflektometria neutronowa i rentgenowska.

7. Wybrane techniki badania właściwości kształtowanych przez mikro- i nanostrukturę materiału.

Techniki analizy właściwości mechanicznych (wytrzymałość, ciągliwość, odporność na pękanie, twardość i energia odkształcenia sprężystego), elektrycznych (np. przewodność, przenikalność), magnetycznych (np. podatność magnetyczna) i termicznych (np. temperatura, przewodność cieplna, entalpia).

8. Dwa kolokwia wykładowe

Laboratorium:

Program zajęć laboratoryjnych obejmuje 5 trzygodzinnych ćwiczeń, na przykład: rezonansowe pomiary i analiza parametrów elektrofizycznych (jak przewodność) ultracienkich (do 10 nm grubości) warstw metalicznych w celu zademonstrowania zmiany charakteru badanego układu z objętościowego na mezoskopowy, badanie powierzchni (np. topografii, struktury, składu pierwiastkowego) ciała stałego oraz mikro- i nanostruktur przy użyciu: mikroskopii sił atomowych (AFM), skaningowej mikroskopii elektronowej (SEM) i mikroskopii konfokalnej oraz analiza składu chemicznego ich powierzchni oraz objętości techniką spektroskopii mas jonów wtórnych (SIMS). Wizyty w laboratoriach z dostępem do najnowszych technik charakteryzacji (na przykład CEZAMAT). Terminy zajęć zostaną ustalone w porozumieniu ze słuchaczami wykładu po rozpoczęciu semestru.

Projekt: -

Egzamin: *nie*

Literatura:

Materiały z wykładów i instrukcje laboratoryjne.

Bieżąca literatura naukowa (*Nature, Science* itp.).

„*Nanotechnologie. Nanotechnologie krok po kroku*”, Praca zbiorowa pod red.: R.W. Kelsall, I.W. Hamley, M. Geoghegan, Wyd. Nauk. PWN, Warszawa, 2008.

„*Scanning Microscopy for Nanotechnology. Techniques and Applications*”, W. Zhou, Z.-L. Wang (eds.), Springer, 2007.

„*Nanostructures & Nanomaterials*”, G. Cao, Imperial College Press, London, 2004.

„*Metody doświadczalne fizyki ciała stałego*”, A. Oleś, WNT, Warszawa, 1998.

Oprogramowanie: -

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P
	2(30h)	-	1(15h)	- (45h)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 62 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 15 godz.,
udział w konsultacjach 17 godz.
2. praca własna studenta – 41 godz., w tym
przygotowanie do wykładu 13
godz., przygotowanie do ćwiczeń 0
godz.,
przygotowanie do laboratoriów 10 godz.,
przygotowanie do kolokwium 8 godz.,
wykonywania zadań projektowych 0 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) 10 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 103 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2,41 pkt ECTS, co odpowiada 62 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0,97 pkt ECTS, co odpowiada 25 godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 0 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	Wykład	kolokwium	K1_W02
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z charakteryzacją i diagnostyką materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych.	Wykład	Kolokwium/ ocena z laboratorium	K1_W04
UMIĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary, modelowanie i charakteryzacja zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski:	laboratorium	Ocena z laboratorium	K1_U07

U2: Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z jednego z trzech następujących obszarów: mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne.	laboratorium	Ocena z laboratorium	K1_U09
U3: Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań	laboratorium	Ocena z laboratorium	K1_U11
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	Wykład/ laboratorium	Kolokwium/ ocena z laboratorium	K1_K02

Zespół Autorski:

dr inż. Jakub Jasiński

dr inż. Konrad Kiełbasiński

dr inż. Sławomir Szostak

dr hab. Lidia Łukasiak

**Tory analogowe systemów mikroprocesorowych (TASM)
(Signal chains of microprocessor systems)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *150*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Słowa kluczowe: sygnał, czujnik, tor analogowy, system mikroprocesorowy, kondycjonowanie, wzmacnianie, przetwarzanie analogowo-cyfrowe, akwizycja danych, szумы, zakłócenia.

Cel przedmiotu: *(wpisać, kilka-kilkanaście zdań)*

Wykład przeznaczony jest dla konstruktorów systemów wbudowanych (embedded systems), czyli systemów elektronicznych, które, w ogólności, pobierają informacje z otaczającego świata w postaci sygnałów analogowych, przetwarzają je w dziedzinie cyfrowej oraz wytwarzają/dostarczają informacje wyjściowe. Celem wykładu jest zapoznanie studentów ze sposobami przetwarzania przez system elektroniki wbudowanej informacji ze „świata analogowego”. Sprowadza się to do przetworzenia sygnałów analogowych, poczynając od ich wczytania z czujników wielkości fizyko-chemicznych, a kończąc na przesłaniu ich cyfrowej reprezentacji do cyfrowego systemu przetwarzającego.

1 W miejsce objaśnień w nawiasach wpisać potrzebne dane, a objaśnienia wraz z nawiasami usunąć. Pozostałe treści pozostawić bez zmian.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne: (ogólne informacje na temat prowadzenia zajęć, zasad zaliczenia itd.
- o ile potrzebne)

Suma punktów 100, w tym kolokwium 50 pkt. i projekt 50 pkt.. Warunkiem zaliczenia jest zdobycie łącznie, co najmniej 51 pkt.

Opis wykładu: (szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)

(2 godz.) Wstęp. Sygnały – analogowe i „cyfrowe” - podstawowe właściwości; potrzeba, metody i techniki przetwarzania; analogowe czy cyfrowe?; struktura typowego systemu wbudowanego; trójportowość elektroniki (zakłócenia i szумы); rodzaje mezurandów, czujników i wielkości (sygnałów) wyjściowych; pojęcie lokalności czujnika; wyzwania – układy precyzyjne, szybkie, zasilane pojedynczym, niskim napięciem i pobierające małą moc; przykłady.

(2 godz.) Podstawowe właściwości przetwarzania analogowo-cyfrowego. Wymagania; zniekształcenia, szумы i błędy; aliasing – czy zawsze należy ograniczać pasmo analogowo? filtr ochronny (problemy: opóźnienie, zniekształcenia amplitudowe i fazowe; rozwiązanie – nadpróbkowanie (decymacja), przetworniki -).

(2 godz.) Szумы i zakłócenia. Źródła szumów, zniekształceń i zakłóceń - niedostateczna filtracja zasilania, niedostateczne odsprężnienie zasilania analogowego i cyfrowego, szumiące elementy toru standaryzacji, szумы kwantyzacji, zegar próbkowania, sprzężenie wyjściowe, itd.; budżet szumowy toru - maksymalizacja stosunku sygnał/szum (optymalizacja szumowa toru kondycjonowania).

(2 godz.) Podstawowe funkcje toru kondycjonowania. Ochrona przepięciowa i przeciwzakłóceńowa; izolacja; wzmacnianie; tłumienie; filtracja; linearyzacja sprzętowa i programowa; kalibracja i autokalibracja; adaptacja, itp.

(4 godz.) Kondycjonowanie sygnałów - wzmacniacze. Podstawowe właściwości precyzyjnych wzmacniaczy operacyjnych; błędy statyczne i dynamiczne wzmacniaczy; podstawowe układy pracy wzmacniaczy operacyjnych; szумы; układy z pojedynczym zasilaniem – problemy i rozwiązania; wzmacniacze różnicowe i instrumentalne; regulacja wzmocnienia; wzmacniacze z przetwarzaniem; wzmacniacze izolujące; wybór właściwego wzmacniacza do danego zastosowania.

(2 godz.) Akwizycja danych – przetworniki A/D. Rodzaje przetworników A/D; podstawowe właściwości przetworników A/D; możliwości poprawy rozdzielczości; sterowanie; próbkowanie; ADC z aproksymacją sukcesywną (SAR); systemy akwizycji danych na chipie – mikrokontrolery z kompletnymi torami kondycjonowania i akwizycji; przetwarzanie wspomagane cyfrowo – zamiana niedoskonałości w szum; przetworniki pomiarowe A/D typu Sigma-Delta – zalety i ograniczenia; niskoczęstotliwościowe przetworniki pomiarowe A/D

typu Sigma-Delta o wysokiej rozdzielczości; nowoczesne, szybkie przetworniki Sigma-Delta; wybór właściwego przetwornika do danego zastosowania.

(4 godz.) Wybrane zagadnienia konstrukcji torów kondycjonowania i akwizycji. Napięcia odniesienia i zasilacze niskoszumne; multipleksery – przesłuchy (stany przejściowe – wstrzykiwanie ładunku, szpilki napięciowe, przesłuch pojemnościowy); pasożytnicze stałe czasowe; sterowanie przetworników; wielokanałowość – próbkowanie synchroniczne; zasilanie czujników; zegar próbkowania – wymagania; jitter, problemy i sposoby zmniejszania; właściwości elementów biernych (rezystory – dobór, tolerancja, pasożyty, wpływ temperatury, napięcia i czasu, termosem, szumy; kondensatory – absorpcja dielektryczna, straty, pasożyty, tolerancja, wpływ temperatury i czasu); regulacja wzmacnienia – potencjometry cyfrowe; zasilanie bateryjne – sposoby oszczędzania i pozyskiwania energii (przykład – monitorowanie ciśnienia w oponach).

(6 godz.) Przykładowe rozwiązania układów kondycjonowania. Układy mostkowe – konfiguracje mostków, linearyzacja i wzmacnianie sygnałów z mostków, zasilanie mostków; układy pomiaru naprężenia, siły, ciśnienia i przepływu; czujniki wysokoimpedancyjne - przedwzmacniacze fotodiod, kompensacja szybkich przetworników I/U fotodiod, wysokoimpedancyjne czujniki ładunkowe, pomiary elektrochemiczne; pomiary temperatury - termopary i kompensacja zimnego końca, rezystancyjne czujniki temperatury (RTD), termistory, krzemowe czujniki temperatury.

(6 godz.) Techniki projektowania sprzętu. Błędy rezystancji i termosemów w systemach o dużej dokładności; integralność sygnałów – linie długie – terminowanie; efekt naskórkowości i odległości; promieniowanie; uziemianie w systemach z mieszanymi sygnałami – szumy „masy” i podział mas; redukcja szumów zasilania i filtracja; zapobieganie prostowaniu RFI; „żelazne” reguły projektowania.

Laboratorium: *(zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)*

Brak.

Projekt: *(sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)*

Celem projektu jest praktyczne wykorzystanie materiału wykładowego przy opracowywaniu zadanego problemu z zakresu kondycjonowania sygnałów i/lub akwizycji danych. Każdy dwuosobowy zespół otrzyma do opracowania jeden projekt. Tematyka projektu będzie ustalana z każdym zespołem - mile widziane będą własne propozycje studentów.

Egzamin: *nie*

Literatura: *(wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)*

1. Walt Kester, Practical Design Techniques For Sensor Signal Conditioning, Analog Devices 1999. (Dostępne w Internecie).

2. Walt Kester, Mixed-Signal And DSP Design Techniques, Analog Devices 2000, (Dostępne w Internecie).
3. Walter G. Jung, Op Amp Applications, Analog Devices 2002, (Dostępne w Internecie).
4. Ott H. W., Electromagnetic Compatibility Engineering, John Wiley & Sons, 2009 (Dostępne w Internecie – Biblioteka PW).
5. Walt Kester, ANALOG-DIGITAL CONVERSION, Analog Devices, March 2004, (Dostępne w Internecie).
6. Walt Jung, Op Amp Applications Handbook, Analog Devices 2005, (Dostępne w Internecie).
7. Materiały seminaryjne, noty aplikacyjne i inne firm: Texas Instruments, Analog Devices, National Semiconductors, Linear Technology, itd., (Dostępne w Internecie).

Oprogramowanie: Oprogramowanie do symulacji obwodów elektrycznych (PSpice, LTspice), Oprogramowanie do projektowania obwodów drukowanych (Eagle, Altium Designer).

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	-	1	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych: 45 godz., w tym
obecność na wykładach: 30 godz.,
obecność na zajęciach projektowych: 15 godz.,*

2. *praca własna studenta: 30 godz., w tym
przygotowanie do kolokwiów: 10 godz.,
wykonywanie zadań projektowych: 15 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria): 5 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1.8 pkt ECTS, co odpowiada 45 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0.6 pkt ECTS, co odpowiada 15 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	wykład	kolokwium	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu systemów analogowych i cyfrowych, w tym mikroprocesorowych, wbudowanych, Internetu Rzeczy i systemów pomiarowych	wykład	kolokwium	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu: - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, -modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	wykład	kolokwium	K1_W04
W4: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	kolokwium	K1_W05
W5: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich należących do zakresu systemów elektronicznych, w tym systemów wbudowanych, mikro i nanosystemów,	wykład	kolokwium	K1_W06
UMIĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie	projekt	zaliczenie projektu	K1_U01
U2: Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.	projekt	zaliczenie projektu	K1_U05

U3: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski: - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	projekt	zaliczenie projektu	K1_U07
U4: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do jednego z trzech następujących zakresów: - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	projekt	zaliczenie projektu	K1_U08
U5: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne z zakresu - systemy mikroprocesorowe i wbudowane, - warstwy sprzętowej Internetu Rzeczy, - systemów analogowych, cyfrowych i mieszanych, - systemów pomiarowych.	projekt	zaliczenie projektu	K1_U12
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy. Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	projekt	zaliczenie projektu	K1_K01

Zespół Autorski:

*prof. dr hab. inż. Michał Malinowski,
dr hab. inż. Marcin Kaczkan
dr hab. inż. Ryszard Piramidowicz, prof.
uczelnni dr inż. Anna Jusza
mgr inż. Krzysztof Anders*

**TECHNIKI SPEKTREOSKOPOWE (TSP)
(Spectroscopic methods)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): -

Minimalny numer semestru: -

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *(PFOT)*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest poznanie najważniejszych metod badania i charakteryzacji materiałów i struktury elektronicznych i fonicznych, opartych na oddziaływaniu różnego typu promieniowania z materią.*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się z części wykładowej oraz laboratoryjnej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny z każdej ww. części. W ramach wykładu przewidziane są dwa kolokwia zaliczeniowe, za które można uzyskać maksymalnie do 60 punktów, z laboratorium 40 punktów. Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

51-60 punktów ocena: 3.0

do 50 punktów ocena: 2.0

Opis wykładu: (szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)

1. **Promieniowanie elektromagnetyczne.** Oscylatorowy model materii. Oddziaływanie promieniowania EM z materią, absorpcja, emisja spontaniczna i wymuszona, szerokość linii widmowej. Emisja i absorpcja oscylującego dipola, moment przejścia, reguły wyboru, siła oscylatora. Przejścia oscylacyjno – rotacyjne.
2. **Definicja i rodzaje spektroskopii,** widmo spektroskopowe. Spektroskopia w zakresie ultrafioletu, widzialnym i podczerwieni. Jednostki energetyczne i fotometryczne. Źródła światła i podstawy działania laserów. Lasery do zastosowań spektroskopowych.
3. **Oprzędownie, metody dyspersji światła** - monochromatory i detektory, spektrometry i fluorymetry, technika heterodynowa. Aparatura do rejestracji widm absorpcyjnych w podczerwieni, spektrometry podczerwieni, spektrometry z transformacją Fouriera. Podstawowe informacje o pracy z wysoką próżnią i niskimi temperaturami.
4. **Spektroskopia transmisyjna/absorpcyjna, emisyjna i odbiciowa.** Układy optyczne i aparatura i ich charakterystyka. Widma emisji i wzbudzenia.
5. **Techniki impulsowe,** zasada, rozdzielczość czasowa. Metody pikosekundowej i femtosekundowej spektroskopii rozdzielczej w czasie. Zliczanie fotonów z korelacja czasową (TCSPC), aparatura i przykłady zastosowań, widma rozdzielcze w czasie. Pomiarów czasów życia stanów wzbudzonych - detekcja fazy i modulacji; porównanie z metodą TCSPC.
6. **Spektroskopia nieliniowa,** spektroskopia dwufotonowa i nasyceniowa, konwersja wzbudzenia, efekty kooperatywne. Spektroskopia mieszania czterech fal (4WM). Techniki typu wiązka pompująca-wiązka sondująca. (pump-probe), absorpcja przejściowa, femtosekundowy optyczny efekt Kerra.
7. **Spektroskopia laserowa** wysokiej rozdzielczości, technika zawężania linii widmowej (FLN) i wypalania dziur (hole burning).
8. **Zastosowanie spektroskopii optycznej do charakteryzacji ośrodków** laserów na ciele stałym i materiałów półprzewodnikowych. Zastosowanie spektroskopii w podczerwieni do charakteryzacji i określenia struktury molekuł.
9. **Metoda osłabionego całkowitego wewnętrznego odbicia ATR** (Attenuated Total Reflection) Reflekcyjno-absorpcyjna spektroskopia w podczerwieni RAIRS (IRRAS) Reflection-Absorption InfraRed Spectroscopy
10. **Nieelastyczne rozpraszanie światła:** podstawy fizyczne zjawiska nieelastycznego rozpraszania światła; spektroskopia Ramana jako narzędzie badań strukturalnych i metoda analizy chemicznej w nanoskali. Spektroskopia ramanowska w badaniach powierzchni, powierzchniowo wzmocniona spektroskopia Ramana (SERS)
11. **Spektroskopia promieni X:** techniki eksperymentalne, promieniowanie synchrotronowe i jego właściwości; lasery na swobodnych elektronach.
12. **Struktura subtelna widm** absorpcji jako źródło informacji o lokalnej struktury atomowej i elektronowej materiałów (XANES, EXAFS), zastosowania w fizyce, chemii i inżynierii materiałowej.
13. **Fluorescencja rentgenowska** i jej zastosowania do analizy chemicznej.
14. **Spektrometria magnetycznego rezonansu jądrowego** (NMR): podstawy teoretyczne, aparatura; wykorzystanie widm NMR do ustalania budowy cząsteczek od małych cząsteczek do makromolekuł; spektrometria NMR w medycynie i innych dziedzinach wiedzy.

15. **Spektrometria paramagnetycznego rezonansu elektronowego (EPR):** podstawy teoretyczne, aparatura; wykorzystanie widm EPR
16. **Spektrometria mas:** podstawowe pojęcia spektrometrii mas; budowa spektrometru mas; wybrane metody analizy jonów i metody jonizacji; podstawy interpretacji widm masowych.
17. **Sensoryka luminescencyjna** bezkontaktowy pomiar temperatury, ciśnienia, składu substancji z wykorzystaniem jonów ziem rzadkich

Laboratorium:

W ramach ćwiczeń laboratoryjnych studenci zapoznają się praktycznie ze sposobami przygotowania próbek, wykonaniem pomiaru oraz analizą wyników pomiarowych dla wybranych metod badań spektroskopowych:

1. Spektroskopia THz w dziedzinie czasu (TDS)
2. Elipsometria
3. Spektroskopia absorpcyjna/emisyjna UV-VIS-NIR.
4. Spektroskopia FTIR i Ramana

Projekt: (sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)

Egzamin: nie

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. Z. Kęcki, „Podstawy spektroskopii molekularnej”, PWN, W-wa, 2020.
2. W. Gawlik „Spektroskopia optyczna UV/VIS” w Fizyczne metody badań w biologii, medycynie i ochronie środowiska (red. A.Z. Hryniewicz, E. Rokita) PWN W-wa 1999, str. 188-221
3. J. Garcia Sole, L.E. Bausa, D. Jaque, „Introduction to the Optical Spectroscopy of Inorganic Solids”, John Wiley & Sons
4. R. Naskręcki „Femtosekundowa spektroskopia absorpcji przejściowej” Wyd. Uniw. Adama Mickiewicza w Poznaniu 2000
5. H. Bubern and H. Jenett “Surface and thin film analysis: principles, instrumentation, application”Wiley-VCH Verlag, 2002
6. H. Günther, „Spektroskopia magnetycznego rezonansu jądrowego” PWN 1983
7. J. A. Well, J. R. Bolton, J. E. Wertz, "Electron Paramagnetic Resonance, Elementary theory and Practical Applications", Wiley, 1994
8. R.A.W. Johnstone, M.E. Rose „Spektrometria mas” PWN 2001.
9. W. Zieliński, „Metody spektroskopowe i ich zastosowanie do identyfikacji związków organicznych”, WNT 2000

Oprogramowanie: *Origin for Windows, MS Office*

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	30	-	16		(46)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 50 godz., w tym
obecność na wykładach 30 godz.,
udział w zajęciach laboratoryjnych 16 godz.
udział w konsultacjach 4 godz.
2. praca własna studenta – 30 godz., w tym
przygotowanie do kolokwium 10 godz.,
przygotowanie do laboratorium 10 godz.,
przygotowanie sprawozdań z laboratorium 10 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 80 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1 pkt ECTS, co odpowiada 16 godz. ćwiczeń laboratoryjnych, 10 godz. przygotowanie sprawozdań z laboratorium

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w zakresie zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki	wykład	kolokwium	K1_W03
W2: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	wykład, laboratorium	kolokwium. raport	K1_W06
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z charakteryzacją i diagnostyką materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych	wykład, laboratorium	kolokwium. raport	K1_W04

UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w zakresie modelowania i charakteryzacji zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski	Laboratorium	Raport	K1_U07
U2: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	laboratorium	Raport	K1_U08
U3: Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z jednego z obszarów mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii	laboratorium	Raport	K1_U09
U4: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	laboratorium	Raport	K1_U10
U5: Potrafi ocenić przydatność metod i narzędzi służących do rozwiązania zadania inżynierskiego, charakterystycznego dla studiowanej specjalności, w tym dostrzec ograniczenia tych metod i narzędzi.	wykład	kolokwium	K1_U15
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	Wykład, laboratorium	Kolokwium, raport	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Sławomir Szostak

**Urządzenia Internetu Rzeczy i ich Bezpieczeństwo (UIRB)
(Internet of Things Devices)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *3*

Minimalny numer semestru: *2*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: zalecane przedmioty poprzedzające: Podstawy Techniki Cyfrowej, Systemy Cyfrowe i Komputerowe, Podstawy Mikrokontrolerów, Sensory, Programowanie mikrokontrolerów

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem przedmiotu jest przedstawienie zagadnień związanych z budową i działaniem urządzeń Internetu Rzeczy ze szczególnym uwzględnieniem systemów wbudowanych pełniących rolę końcowych węzłów kontrolno-pomiarowych tzw. „inteligentnych sensorów”.

Omówiony zostanie schemat blokowy takiego systemu: układy kondycjonowania sygnałów pochodzących z przetworników pomiarowych, przetworniki A/C, mikrokontroler, moduły zasilania z uwzględnieniem rozwiązań „energy harvesting” oraz układy do przewodowej i bezprzewodowej komunikacji mikrokontrolera z modułami wewnętrznymi i otoczeniem zewnętrznym.

Przedstawione zostaną także zagadnienia inżynierii oprogramowania systemów wbudowanych. Nacisk zostanie położony na problematykę: doboru mikrokontrolera i urządzeń peryferyjnych do wymagań aplikacji z uwzględnieniem czynników technicznych i ekonomicznych, integracji części sprzętowej i „niskopoziomowej warstwy” programistycznej, efektywnego wykorzystania zasobów mikrokontrolerów, zastosowania optymalnych metod przetwarzania danych przez system oraz minimalizacji zużycia energii.

Przedstawione zostaną także zagadnienia związane z kwestiami bezpieczeństwa sprzętowego oraz norm jakie musi spełniać oprogramowanie systemów wbudowanych.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Zasady zaliczania przedmiotu zostaną podane w regulaminie przedmiotu na początku zajęć.

Opis wykładu: (szczegółowy opis treści omawianych na wykładach)

Organizacja i zasady zaliczania przedmiotu - omówienie spraw organizacyjnych, regulaminu przedmiotu, sposobów wyboru projektów, typowych problemów występujących w trakcie realizacji projektu.

Przedstawienie aktualnych trendów dotyczących rynku urządzeń Internetu Rzeczy, ze szczególnym uwzględnieniem „inteligentnych czujników”.

Schemat blokowy urządzenia typu „smart sensor” – przedstawienie i omówienie głównych elementów składowych urządzenia IoT (przetwornik, układy kondycjonujące, mikrokontroler, układ zasilania, moduł łączności).

Przetworniki i układy kondycjonujące - omówienie wybranych typów przetworników wielkości elektrycznych i nieelektrycznych. Parametry, charakterystyki, aspekty miniaturyzacji i obniżania poboru mocy. Integracja z systemem. Wybrane typy układów kondycjonujących, dopasowanie amplitudy, pasma, filtracja zakłóceń.

Przetwarzanie sygnałów w inteligentnych sensorach– multipleksowanie wejść, przetwarzanie analogowo-cyfrowe, linearyzacja i kalibracja toru kondycjonowania, autoadaptacja zakresów pomiarowych,

Przetwarzanie danych w urządzeniach IoT - rola i zastosowanie mikrokontrolerów, detekcja i korekcja błędnych danych, rejestracja i kompresja danych, wstępna analiza danych, wizualizacja danych, autodiagnostyka systemu, zapis i weryfikacja danych zapisywanych na nośnikach nieulotnych.

Transmisja danych – wewnętrzne interfejsy komunikacyjne (pomiędzy wewnętrznymi modułami urządzenia), bezprzewodowe interfejsy do komunikacji z zewnętrznymi urządzeniami, zagadnienia związane ze zdalną modyfikacją oprogramowania.

Zasilanie urządzeń Internetu Rzeczy i minimalizowanie zużycia energii – metody zasilania urządzeń Internetu Rzeczy, źródła odnawialne („energy harvesting”). Optymalizacja sprzętowa i programistyczna zużycia energii.

Bezpieczeństwo sprzętowe urządzeń Internetu Rzeczy – wybrane zagadnienia związane z atakami polegającymi na tzw. łamaniu sprzętu (side-channel). Omówione zostaną podstawowe techniki analizy kanałów ataków, oraz wskazane możliwe zabezpieczenia na różnych poziomach (od implementacji po część algorytmiczną). Przedstawione zostaną także zagadnienia związane z autotestowaniem urządzenia np.: testy po włączeniu zasilania, badanie integralności danych zapisanych w różnego typu pamięciach (Flash, EEPROM, karty

SD), metody detekcji stanów awaryjnych, reakcja systemu na zaniki zasilania. Normy jakie musi spełniać oprogramowanie systemów wbudowanych.

Zagadnienia konstrukcyjne – wymagania środowiskowe, technologia wytwarzania i montażu, integracja poszczególnych elementów Urządzeń Internetu Rzeczy, miniaturyzacja i realizacja scalona systemu.

Laboratorium: *(zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)*

W ramach zajęć laboratoryjnych studenci zostaną zapoznani z wybranymi aspektami związanymi z projektowaniem, realizacją, badaniem i optymalizacją urządzeń Internetu Rzeczy np. ..:

- badanie zagadnień związanych z kondycjonowaniem sygnałów pomiarowych (dopasowanie poziomów sygnału, pasma, filtrowanie zakłóceń, przetwarzanie analogowo-cyfrowe, kalibracja toru kondycjonowania),
- badanie efektywności energetycznej, analiza pracy mikroprocesora i systemu IoT w różnych trybach oszczędzania energii,
- badanie efektywności obliczeniowej systemów wbudowanych,
- przeprowadzenie ataku polegającego na podsłuchu sprzętu, w którym uprzednio zaimplementowano wybrany algorytm, oraz atak polegający na tzw. "wstrzykiwaniu energii" do generatora liczb prawdziwie losowych (ang. True Random Number Generator).
- przetwarzanie obrazów w systemach wbudowanych.

Projekt: *(sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)*

W ramach projektu studenci uzgadniają z prowadzącym sposób realizacji ustalonego zadania, kryteria jego zaliczenia i sporządzają dokumentację wstępną projektu. Zaliczenie projektu odbywa się w formie krótkiej, połączonej z dyskusją prezentacji uzyskanych rezultatów (m. in: zgodności uzyskanych wyników z przyjętymi założeniami, opisem napotkanych problemów i sposobami ich rozwiązania).

Egzamin: nie

Literatura:

- 1) J. D. Bakos, „Embedded Systems – ARM programming and optimisation”, 2016 Elsevier
- 2) Nikolay V. Kirianaki and Sergey Y. Yurish are the authors of Data Acquisition and Signal Processing for Smart Sensors, Wiley 2002
- 3) D. Kleidermacher, M. Kleidermacher, „Embedded Systems Security: Practical Methods for Safe and Secure Software and Systems Development”, Springer 2012
- 4) <https://www.misra.org.uk/Activities/MISRAC/tabid/160/Default.aspx>
- 5) <https://wiki.sei.cmu.edu/confluence/display/c/SEI+CERT+C+Coding+Standard>

Oprogramowanie: *(wpisać używane oprogramowanie – o ile jest potrzebne)*

W ramach przedmiotu studenci wykorzystują aktualne, dostępne na rynku oprogramowanie specjalistyczne typu:

- oprogramowanie do konfigurowania zasobów mikrokontrolerów np. STM32CubeMX
- oprogramowanie do projektowania i symulowania systemów elektronicznych (np. Altium Designer),
- zintegrowane, dedykowane do wybranego mikrokontrolera środowisko programistyczne (np. STM32CUBEIDE IDE, ARM Keil, rozwiązania typu „open source”)

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P
2(30)	-	1(15)	1(15)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – (50) godz., w tym*

- *obecność na wykładach 30 godz.,*
- *obecność na laboratorium 15 godz.,*
- *udział w konsultacjach 5 godz.*

2. *praca własna studenta – (48) godz., w tym*

- *przygotowanie do laboratoriów (5) godz.,*
- *przygotowanie do obrony projektu (3) godz.,*
- *wykonywania zadań projektowych (30) godz.,*
 - *przygotowanie do realizacji projektu (analiza materiałów i literatury technicznej, opracowanie specyfikacji technicznej, konfigurowanie narzędzi programistycznych: 10 godzin,*
 - *prace programistyczne związane z realizacją projektu: 20 godzin,*
- *przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) (10) godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi (98) godz., co odpowiada (4) pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (2) pkt ECTS, co odpowiada (50) godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (2) pkt ECTS, co odpowiada (15) godz. ćwiczeń laboratoryjnych i (30) godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu systemów analogowych i cyfrowych, w tym mikroprocesorowych, wbudowanych, Internetu Rzeczy i systemów pomiarowych.	Wykład,	Kolokwium, obrona projektu	K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z zakresie projektowanie systemów wbudowanych i sprzętowych rozwiązań Internetu Rzeczy,	Wykład, projekt	Kolokwium, obrona projektu	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu systemy elektroniczne, w tym systemy wbudowane, mikro i nanosystemy.	Wykład, Laboratorium, Projekt	Laboratorium obrona projektu	K1_W06
UMIĘTNOŚCI			
U1: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych do analizy i projektowania układów analogowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	Laboratorium Projekt	Laboratorium obrona projektu	K1_U08
U2: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi należącymi do zakresu modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej.	Laboratorium Projekt	Laboratorium obrona projektu	K1_U10

U3: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie: - systemy mikroprocesorowe i wbudowane, - warstwy sprzętowej Internetu Rzeczy,	projekt	obrona projektu	K1_U12
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy	Laboratorium Projekt	Laboratorium Projekt	K1_K01

Zespół Autorski:
dr inż. Piotr Garbat

Uczenie maszynowe w fotonice obrazowej (UMFO)
Machine Learning in Image Photonics

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych)

Minimalny numer semestru: *--*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *--*

Limit liczby studentów: *60*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Celem przedmiotu jest zapoznanie słuchaczy ze współczesnymi metodami przetwarzania i analizy obrazów w ujęciu systemów wizyjnych dla potrzeb IoT.*

Przedmiot zawiera, dyskusję podstawowych i zaawansowanych metod przetwarzania i analizy obrazu. W ramach przedmiotu słuchacz zostanie zaznajomiony z metodami przetwarzania i analizy obrazów statycznych, zmiennych w czasie, wielospektralnych. Kolejny dział ma na celu przedstawienie architektur głębokiego uczenia oraz nauczenie sposobu trenowania oraz ewaluacji istniejących i własnych sieci neuronowych do rozpoznawania obrazów. Celem przedmiotu jest również pokazanie skuteczności wprowadzonych metod w rozwiązywaniu praktycznych problemów automatycznego rozpoznawania. W ramach przedmiotu przedstawione zostaną metodyki projektowania i ewaluacji wizyjnych systemów IoT.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz projektowej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny. W ramach wykładu przewidziane jest 8 zadań domowych, za które można uzyskać maksymalnie do 40 punktów, z projektu 60 punktów. Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

51-60 punktów ocena: 3.0

do 50 punktów ocena: 2.0

Wykład:

1. *Wprowadzenie w problematykę przedmiotu. Definicje podstawowych pojęć. Rozwój metod analizy i przetwarzania obrazu.*
2. *Przegląd metod przetwarzania obrazu metodami klasycznymi: poprawa jakości obrazu, segmentacja, wyodrębnianie cech charakterystycznych obrazu, filtracja obrazu transformacje Hougha.*
3. *Przegląd metod klasyfikacji i rozpoznawania obiektów: klasyfikator Baysa, k-NN, SVM.*
4. *Wprowadzenie do metod analizy ruchu: przepływ optyczny, metody śledzenia wielu obiektów, metody modelowania tła.*
5. *Kalibracja układu kamer. Podstawy przetwarzania obrazów trójwymiarowych*
6. *Wprowadzenie do sieci neuronowych.*
7. *Klasyfikacja obrazów, funkcje strat, optymalizacja. Trenowanie sieci neuronowych. Sprzęt oraz oprogramowanie. Konwolucyjne sieci neuronowe i przykładowe architektury.*
8. *Detekcja obiektów i analiza wideo. Rekurencyjne sieci neuronowe.*
9. *Modele generatywne.*

Laboratoria:

brak

Projekt:

Celem projektu jest opracowanie kompletnego wizyjnego systemu IoT bazującego na metodach analizy obrazów rozwiązującego konkretne zadanie. System powinien zawierać moduły:

- pozyskiwania danych obrazowych*
- przetwarzania obrazów*
- analiza obrazów*

W ramach realizacji zadania projektowego przewidziane są cztery spotkania ewaluacyjne mające na celu wspólną ocenę osiągniętych kamieni milowych projektu.

1. *Analiza przedstawionego problemu i zaproponowanie rozwiązań,*
2. *Przygotowanie danych obrazowych i/lub budowa układu wizyjnego IoT,*
3. *Implementację systemu realizującego główne wymagania techniczne projektu,*
4. *Przeprowadzenie eksperymentu umożliwiającego testowanie opracowanego rozwiązania.*

Egzamin: nie

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. A.J. Jain: Fundamentals of digital image processing, Prentice-Hall, 1995
2. C. Bishop: Neural networks for recognition, Clarendon Press, 1995
3. A. Pandya, R. Macy: Pattern recognition with neural networks in C++, CRC Press, 1996
4. Richard Szeliski: Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer 2010

5. A. Geron: *Uczenie maszynowe z użyciem Scikit-Learn i TensorFlow*, Helion 20206.
I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville: *Deep Learning*, PWN 2019

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
20	-	-	25	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3 (wpisać z siatki SZEiF)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – (50) godz., w tym
obecność na wykładach (20) godz.,
obecność na zajęciach projektowych (25)
godz., udział w konsultacjach (5) godz.
2. praca własna studenta – (30) godz., w tym
wykonywania zadań projektowych (20) godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) (10) godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi (80) godz., co odpowiada (3) pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1 pkt ECTS, co odpowiada 25 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie technologii obrazu	Wykład	projekt zaliczeniowy	K1_W06
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu technologii obrazu	Wykład	projekt zaliczeniowy	K1_W04
UMIĘJĘTNOŚCI			

U1: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w zakresie technologii obrazu	Projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U12
U2: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.	Projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U01
U3: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych w zakresie technologii obrazu	Projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U08
U4: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski dla potrzeb technologii obrazu.	Projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U07
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	Projekt	projekt zaliczeniowy	K1_K02

Zespół Autorski:

Ryszard Piramidowicz

Anna Jusza

Krzysztof Anders

Stanisław Stopiński

**Wzmacniacze i lasery światłowodowe (WLS)
(Fiber lasers and amplifiers)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru: *(wpisać wg poprzedników wymaganych przez zespół autorski)*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:

Limit liczby studentów: *26*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *Głównym celem przedmiotu jest zaznajomienie studentów z aktualnym stanem wiedzy na temat aktywnych układów światłowodowych, zarówno od strony teoretycznej, jak i z punktu widzenia zastosowań w układach telekomunikacji i optoelektroniki zintegrowanej. Wykład zaznajamia studentów z nowoczesnym formalizmem opisu zjawisk oddziaływania fal elektromagnetycznych z ośrodkami liniowymi, nieliniowymi i wzmacniającymi, opartym na półklasycznej teorii promieniowania, rachunku operatorowym oraz metodami rozwiązywania nieliniowych równań Schrödingera. Omawiane zagadnienia stanowią rozszerzenie wiadomości z wybranych działów fizyki, szczególnie teorii pola elektromagnetycznego i optyki kwantowej. Materiał wykładu obejmuje analizę parametrów spektroskopowych ośrodków aktywnych, teorię propagacji promieniowania w światłowodowych strukturach aktywnych oraz zaawansowany teoretyczny opis parametrów wzmocnienia i generacji dla pracy impulsowej i CW, z odniesieniami do konkretnych zastosowań. Wykład bazuje na najnowszych doniesieniach z literatury światowej, jak również na wynikach prac własnych autorów*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się z części wykładowej, projektowej oraz laboratorium. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50% punktów z każdej ww. części.

Opis wykładu:

1. Wstęp

Zastosowanie światłowodów do transmisji sygnałów optycznych, uwarunkowania technologiczne i konstrukcyjne. Zastosowania aktywnych struktur światłowodowych - wzmacniacze i lasery. Przypomnienie zjawisk prowadzących do generacji promieniowania w strukturach aktywnych. Równania Maxwella. Przejście do równania falowego.

2. Podstawy propagacji światła w światłowodach

Opis propagacji światła w światłowodach włóknowych i planarnych o różnych profilach współczynnika załamania. Mody prowadzone, mody wypromieniowania, mody upływowe. Równanie dyspersyjne i metody jego rozwiązywania.

3. Dielektryczne ośrodki czynne domieszkowane jonami ziem rzadkich

Przejścia optyczne w jonach aktywatora w matrycy dielektrycznej. Podstawy spektroskopii optycznej lantanowców w szklach i kryształach. Zjawiska związane z oddziaływaniem promieniowania elektromagnetycznego z jonami aktywnymi - procesy absorpcji, emisji spontanicznej i wymuszonej, bezpromienistego wygaszania fluorescencji, konwersji wzbudzenia.

4. Pompowanie optyczne

Zagadnienie pobudzania optycznego wzmacniaczy i laserów światłowodowych. Teoria sprzęgania układów włóknowych i planarnych ze źródłami pompującymi. Światłowody wielopłaszczyznowe, pompowanie płaszczyznowe. Realizacje źródeł pompujących.

5. Teoria pracy wzmacniaczy włóknowych i planarnych

Określenie wzmocnienia małosygnałowego w układach trzy- i cztero-poziomowych na podstawie równań bilansu. Zależność wzmocnienia od mocy pompującej oraz geometrii pompowania. Uwzględnienie efektu nasycenia wzmocnienia. Tłumienność oraz starty związane z procesami wielojonowymi i wielofotonowymi.

6. Wzmacniacze światłowodowe

Światłowodowe wzmacniacze telekomunikacyjne na pasmo 1.3 i 1.55 μm (pasma S, C, L). Materiały, technologia i właściwości optyczne. Pompy optyczne do wzmacniaczy telekomunikacyjnych. Charakterystyki wzmocnienia. Zagadnienie wzmocnionej emisji spontanicznej (ASE). Metody pomiarowe parametrów wzmacniaczy optycznych.

7. Teoria generacji we włóknach optycznych i strukturach planarnych

Trzy- i cztero-poziomowe układy pracy, warunki progowe i ponad progowe generacji, oddziaływanie modu pompującego i laserowego. Wpływ rezonatora na parametry generowanego promieniowania. Analiza mocy wyjściowej przy pomocy całki mocy.

8. Lasery światłowodowe

Lasery włóknowe wielkiej mocy - generacja promieniowania w laserze Yb^{3+} . Lasery włóknowe na zakres widzialny, w tym lasery z konwersją wzbudzenia. Lasery włóknowe na zakres UV. Zastosowania.

9. Rezonatory w laserach światłowodowych

Podstawy teorii rezonatorów siatkowych. Dielektryczne lasery planarne oraz włóknowe z rozłożonym sprzężeniem zwrotnym (DFB) i z rozłożonym zwierciadłem braggowskim (DBR). Kształtowanie charakterystyk wzmacniacza przy pomocy struktur siatkowych. Siatki braggowskie jako filtry częstotliwościowe.

10. Generacja krótkich impulsów

Generacja krótkich impulsów optycznych w laserach światłowodowych. Przełączanie dobroci rezonatora i synchronizacja modów. Kompresja impulsów. Lasery w konfiguracji MOPA (master oscillator power amplifier).

11. Mikrolasery

Indukowany termicznie efekt światłowodowy w ośrodkach dielektrycznych. Mikrolasery. Zasada działania, materiały i konstrukcje. Praca jednomodowa i sposoby modulacji promieniowania mikrolaserów.

Laboratorium: (zakres laboratorium, tematy i opis ćwiczeń laboratoryjnych itp.)

1. Ośrodki aktywne do laserów włóknowych cz. 1
2. Ośrodki aktywne do laserów włóknowych cz. 2
3. Badanie parametrów światłowodowych wzmacniaczy optycznych
4. Badanie parametrów laserów światłowodowych

Projekt: (sposób prowadzenia, opis zajęć projektowych)

Indywidualny projekt obejmujący modelowanie podstawowych parametrów propagacyjnych, wzmocnieniowych i generacyjnych wybranych światłowodowych elementów czynnych i układów generacyjnych.

Egzamin: nie

Literatura: (wpisać zestaw literatury do przedmiotu, to pole jest obowiązkowe)

1. M.J.F. Digonnet, Rare-Earth-Doped Fiber Lasers and Amplifiers, Revised and Expanded, 2ed, Marcel Dekker, Inc., 2001
2. E. Desurvire, Erbium doped fiber amplifiers - principles and applications, Wiley, 1994 (lub nowsze)
3. L. Dong, B. Samson, Fiber Lasers: Basics, Technology, and Applications, CRC Press, 2016
4. A. Majewski: Teoria i projektowanie światłowodów, WNT, 1991.

Oprogramowanie: *Optiwave Optisystem, Origin* (dostęp do obu programów zapewniony przez prowadzących zajęcia)

Wymiar godzinowy zajęć: W C L P
 30 - 15 15 (60)

Wymiar w jednostkach ECTS: (5)

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – (65) godz., w tym
obecność na wykładach (30) godz.,
obecność na laboratorium (15) godz.,
obecność na zajęciach projektowych (15)
godz., udział w konsultacjach (5) godz.*
2. *praca własna studenta – (65) godz., w tym
przygotowanie do laboratoriów (10) godz.,
przygotowanie do kolokwii (10) godz.,
wykonywania zadań projektowych (25) godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) (20) godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi (130) godz., co odpowiada (5) pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (2,5) pkt ECTS, co odpowiada (65) godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (2,9) pkt ECTS, co odpowiada (15) godz. ćwiczeń laboratoryjnych i (60) godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia z zakresu zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki.	Wykład	Kolokwia wykładowe	K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu techniki laserowej.	Wykład	Kolokwia wykładowe	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich z zakresu techniki laserowej.	Wykład, projekt	Kolokwia wykładowe, projekt	K1_W06

UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	Projekt	Projekt	K1_U01
U2: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe z zakresu analizy i modelowania laserów.	Laboratorium, projekt	Laboratorium, projekt	K1_U07
U3: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych z zakresu analizy, modelowania, charakteryzacji i projektowania laserów.	Projekt	Projekt	K1_U08
U4: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi z zakresu analizy, modelowania, charakteryzacji i projektowania laserów.	Laboratorium, projekt	Laboratorium, projekt	K1_U10
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium, projekt	Laboratorium, projekt	K1_K01
K2: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.	Laboratorium, projekt	Laboratorium, projekt	K1_K02

Zespół Autorski:

dr hab. inż. Lidia Łukasiak,
dr inż. Krystian Król,
mgr inż. Maciej Kamiński

**Współczesne przyrządy i układy mocy (WPiUM)
Modern Power Devices and Circuits**

Kod przedmiotu (USOS)¹:

.....
Grupa/Grupy przedmiotów (USOS)²:

.....

Poziom kształcenia: *drugiego stopnia*
Forma studiów i tryb *studia stacjonarne*
prowadzenia przedmiotu:
Kierunek studiów: *Elektronika*
Profil studiów: *ogólnoakademicki*
Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*
Jednostka prowadząca: *Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych*
Jednostka realizująca: *Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki*
Koordynator przedmiotu: *Dr hab. inż. Lidia Łukasiak*
Poziom przedmiotu: *zaawansowany*
Status przedmiotu: *obieralny*
Język prowadzenia zajęć: *polski*
Semestr nominalny: *X*
Minimalny numer ---
semestru:
Wymagania ---
wstępne/zalecane
przedmioty poprzedzające:
Dyskonta ---
Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z zagadnieniami dotyczącymi nowoczesnych rozwiązań energoelektronicznych od strony zasady działania i specyfiki półprzewodnikowych przyrządów mocy oraz z praktycznymi aspektami i problemami aplikacyjnymi związanymi z tego typu przyrządami. Przedmiot ma umożliwić studentom

świadomy dobór odpowiednich elementów do aplikacji energoelektronicznych z uwzględnieniem nowoczesnych trendów rozwojowych oraz rozwinać w słuchaczach umiejętność świadomej pracy z nowoczesnymi układami energoelektronicznymi.

Skrócony opis przedmiotu (max 1000 znaków): W trakcie realizacji przedmiotu studenci zapoznają się z teoretycznymi i praktycznymi aspektami energoelektroniki od strony układowej i przyrządowej, m.in. ze strukturą, zasadą działania i charakterystykami elektrycznymi typowych półprzewodnikowych przyrządów mocy (np. diody, tyrystory, tranzystory MOS, tranzystory IGBT, HEMT), ich parametrami użytkowymi oraz zastosowaniami w kontekście nowoczesnych układów i urządzeń energoelektronicznych. Dyskutowane będą także problemy niezawodności przyrządów mocy.

Skrócony opis przedmiotu w języku angielskim (max 1000 znaków): The students are acquainted with theoretical and practical aspects of energoelectronics at the device and circuit level including the structure, principle of operation and electrical characteristics of typical semiconductor power devices (e.g. diodes, thyristors, MOSFETs, IGBTs, HEMTs), their parameters and applications in modern energoelectronic circuits and appliances. The issues associated with power device reliability are discussed, too.

Treści kształcenia:

Wykład:

Wykład podzielony jest na trzy części tematyczne. Każda z nich jest realizowana w trakcie kilku spotkań wykładowych:

1. Wstęp i zagadnienia podstawowe:

W tej części tematycznej omówione zostaną podstawowe techniki realizacji układów energoelektronicznych i problemy z nimi związane obejmujące m.in. sposób działania układów przełączających, wymagania stawiane idealnym łącznikom, działanie podstawowych elementów układów przełączających np. prostownika i mostka H przy różnego rodzaju obciążeniach: rezystancyjnym i indukcyjnym .

Pokazane zostaną wymagania dotyczące przyrządów pracujących w takich układach i sposoby realizacji elementów kluczujących za pomocą przyrządów półprzewodnikowych. Wskazane zostaną problemy związane z przekształcaniem dużej mocy za pomocą tego typu przyrządów (np. wpływ temperatury, materiału półprzewodnikowego, konstrukcji i technologii wykonania). Omówione zostaną zagadnienia związane z praktycznym wykorzystaniem przyrządów półprzewodnikowych w zakresie przetwarzania dużej mocy we współczesnej energoelektronice.

2. Właściwości współczesnych przyrządów półprzewodnikowych mocy i ich zastosowanie w energoelektronice. Druga część wykładowa poświęcona będzie omówieniu właściwości poszczególnych stosowanych współcześnie na szeroką skalę rodzajów przyrządów półprzewodnikowych.

Studenci zapoznani zostaną z fizyką działania poszczególnych przyrządów półprzewodnikowych, ze szczególnym uwzględnieniem właściwości materiałowych (Si, SiC, GaN), elementów konstrukcyjnych i technologicznych typowych dla przyrządów mocy. Omówiony zostanie wpływ tych elementów na właściwości użytkowe gotowych przyrządów wyrażone za pomocą m.in. teorio-obwodowego modelu zastępczego. Następnie wskazane zostaną typowe aplikacje układowe danego przyrządu mocy w energoelektronice wraz z praktycznymi problemami z nimi związanymi. Studenci zaznajomieni zostaną z wpływem fizyki działania przyrządu, właściwości konstrukcyjnych i technologicznych na pracę omawianych układów energoelektronicznych. Przedstawione zostaną również trendy rozwojowe dziedziny.

Przewiduje się omówienie następujących kategorii przyrządów półprzewodnikowych:

Diody mocy – w tym diody o różnych konstrukcjach: Schottkyego, diody złączowe, pin.

Tyrystory

Tranzystory MOS – w tym tranzystory o różnych konstrukcjach np. strukturze lateralnej i pionowej oraz energoelektroniczne moduły tranzystorowe

Tranzystory IGBT – w tym konstrukcje punch-through oraz non-punch-through

Tranzystory heterozłączowe (HEMT) – w tym tranzystory normalnie wyłączone i układ kaskodowy MOSFET-HEMT.

3. Niezawodność przyrządów mocy

W tej części wykładowej zostaną omówione zagadnienia niezawodności przyrządów półprzewodnikowych - zjawiska fizyczne prowadzące do najczęściej spotykanych uszkodzeń, sposoby zabezpieczania przyrządów półprzewodnikowych przed niepożądanymi zjawiskami na poziomie technologiczno-produkcyjnym oraz na poziomie układowym.

Laboratoria:

Laboratoria będą realizowane jednocześnie z wykładem, będą miały charakter mieszany symulacyjno-pomiarowy i dotyczyć będą przyrządów i zagadnień aplikacyjnych omawianych na wykładzie. W pierwszej części laboratoriów studenci zapoznają się z właściwościami omawianych przyrządów mocy (diody, tranzystory) oraz podstawowymi problemami praktycznymi występującymi w zagadnieniach energoelektroniki.

W późniejszej części studenci będą badać właściwości konkretnych przyrządów mocy w typowych zastosowaniach poprzez wykonanie pomiarów charakterystyk samych przyrządów oraz pomiarów podstawowych układów

energoelektronicznych zbudowanych z wykorzystaniem tych przyrządów w różnych warunkach pracy typowych dla szeroko stosowanych układów energoelektronicznych.

Egzamin: *nie*

Literatura:

1. J. Lutz, H. Schlangenotto, U. Scheuermann, R. De Doncker, "Semiconductor Power Devices. Physics, Characteristics, Reliability", Springer, 2011
2. R. Barlik, M. Nowak, „Energoelektronika – elementy, podzespoły, układy, Oficyna Wydawnicza PW, 2014
3. N. Mohan, T.M. Undeland, W.P. Robbins, "Power Electronics", John Wiley & Sons, NY, 1998
4. A. Lidow, J. Strydom, M. de Rooij, D. Reusch, "GaN Transistors for Efficient Power Conversion", J. Wiley & Sons 2015

Wymiar godzinowy zajęć:

W	C	L	P	
2	-	1	-	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. *liczba godzin kontaktowych – (wpisać) godz., w tym*
obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na ćwiczeniach audytoryjnych 0 godz.,
obecność na laboratorium 15 godz.,
udział w konsultacjach 5 godz.
2. *praca własna studenta – (wpisać) godz., w tym*
przygotowanie do ćwiczeń 0 godz.,
przygotowanie do laboratoriów $5 \times 2 = 10$
godz., przygotowanie do kolokwium $2 \times 6 = 12$
godz., wykonywania zadań projektowych 0
godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) $5 \times 2 = 10$ godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 82 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 0.6 pkt ECTS, co odpowiada 15h godz. ćwiczeń laboratoryjnych i 0 godz. zadań projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Rozumie fizykę działania półprzewodnikowych przyrządów mocy	wykład, laboratorium	kolokwium	K1_W03, K1_W04, K1_W05
W2: Rozumie wpływ parametrów materiałowo- konstrukcyjnych na działanie przyrządu, parametry modelu zastępczego i działanie układu energoelektronicznego	Wykład, laboratorium	kolokwium, sprawozdanie laboratoryjne	K1_W03, K1_W04, K1_W05
W3: Rozumie problemy niezawodności przyrządów mocy i układów energoelektronicznych	Wykład	kolokwium	K1_W03, K1_W04
UMIĘTNOŚCI			
U1: Potrafi przeprowadzić pomiary właściwości przyrządów mocy i układów elektroenergetycznych oraz zinterpretować ich wyniki	Laboratorium	Sprawozdanie laboratoryjne	K1_U07, K1_U09
U2: Potrafi przeprowadzić symulacje właściwości przyrządów mocy i układów elektroenergetycznych oraz zinterpretować ich wyniki	Laboratorium	Sprawozdanie laboratoryjne	K1_U07, K1_U09
U3: Potrafi posługiwać się zdobytą wiedzą w celu dobrania odpowiednich elementów do wybranych układów energoelektronicznych	Wykład, laboratorium	Kolokwium, sprawozdanie laboratoryjne	K1_U08, K1_U09

Zespół Autorski: Tomasz Skotnicki

Elektronika o Zerowym poborze Energii dla Układów Samozasilających

IOT (Zero-power Electronics for Self-supplied IOT Sensors)

- Poziom kształcenia:** *drugiego stopnia*
Forma studiów i tryb *studia stacjonarne*
prowadzenia przedmiotu:
Kierunek studiów: *Elektronika*
Profil studiów: *ogólnoakademicki*
Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*
Jednostka prowadząca: *Wydział Elektroniki i Technik Informacyjnych*
Jednostka realizująca: *Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki*
Koordinator przedmiotu:
Poziom przedmiotu: *zaawansowany*
Status przedmiotu: *obieralny*
Język prowadzenia zajęć: *polski*
Semestr nominalny: *2 lub 3*
Minimalny numer *2*
semestru:
Wymagania *Podstawy z teamów: Układy elektroniczne i Technologie*
wstępne/zalecane *wytwarzania układów scalonych*
przedmioty poprzedzające:
Dyskonta *---*
Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku*

Elektronika

Cel przedmiotu:

wprowadzenie studentów w nowy obszar tak zwanej elektroniki „zero-power”. Koncepcja ta jest wynikiem znacznej redukcji poboru mocy przez zaawansowane technologie CMOS, umożliwiającej ich zasilanie za pomocą energii zbieranej z otoczenia tzw. „energy harvesting”. Ma to szczególne znaczenie dla rozwoju systemów Internetu Rzeczy (IOT) gdyż sensory IOT występują w tak wielkiej liczbie (tryliony sztuk) iż zasilanie bateryjne staje się niepraktyczne.

Skrócony opis przedmiotu (max 1000 znaków):

Koncepcja „zero-power electronics” pojawiła się jako wynik tak znacznej redukcji poboru mocy przez zaawansowane technologie CMOS, że ich zasilanie staje się możliwe za pomocą minimalnych ilości energii zbieranej z otoczenia, tzw. „energy harvesting”. Ma to szczególne

znaczenie dla rozwoju systemów Internetu Rzeczy (IOT), gdyż sensory IOT występują w wielkiej liczbie (tryliony sztuk), co sprawia, że zasilanie bateryjne staje się niepraktyczne. Wykład składać się będzie z dwóch części. W części I – przedstawimy nowoczesne technologie CMOS zwracając uwagę na te cechy, które szczególnie przyczyniają się do ich wyjątkowo małego zapotrzebowania na energię. W części II – przedstawimy nowoczesne metody pozyskiwania energii z otoczenia z uwzględnieniem problemów prostowania małych sygnałów i przechowywania małych porcji energii. Omówione zostaną harvestery energii światła (ogniwa fotowoltaiczne), termo-generatory Seebecka, generatory wibracyjne, harvestery energii promieniowania elektromagnetycznego i inne innowacyjne metody pojawiające się obecnie w literaturze. Przedstawimy także metody konwersji energii mechanicznej w elektryczną, takie jak transducery piezoelektryczne, elektrostatyczne, elektromagnetyczne i inne.

Treści kształcenia:

Wykład:

Wykład składał się będzie z dwóch części. W pierwszej omówimy problematykę pracy samo-zasilających się sieci węzłów IoT. Wskażemy na zmianę paradygmatu pracy sieci IoT w stosunku do innych urządzeń elektronicznych (tzw. zmiana z paradygmatu Watta na paradygmat Joule'a). Przeanalizujemy schemat pracy węzła IoT. Następnie przedstawimy nowoczesne rozwiązania, które najskuteczniej przyczyniają się do zmniejszenia zapotrzebowania technologii CMOS na energię. Przeanalizujemy takie rozwiązania materiałowe jak: dielektryki HK (o wysokiej stałej dielektrycznej), naprężony krzem, krzemo-german, a także rozwiązania ingerujące w architekturę tranzystora (mowa o architekturach Bulk, FDSOI, FinFET, nano-druty), jak również rozwiązania układowe i systemowe (mowa tu o sleep-mode transistor, burst-mode, back-bias i forward-bias). Na zakończenie części pierwszej wykładu porównamy skuteczność przedstawionych rozwiązań i wybierzemy najlepszych kandydatów.

W drugiej części wykładu przeanalizujemy dostępne w otoczeniu źródła energii, które nadają się do zasilania sieci IoT. Przedstawimy zjawiska fizyczne i metody służące do pozyskiwania energii z tych źródeł. Przeanalizujemy ogniwa fotowoltaiczne służące do pozyskiwania energii elektrycznej z energii światła, zwracając uwagę na ich sprawność i metody jej poprawy, a także na ograniczenia fundamentalne. Następnie przedstawimy termo-generatory oparte na zjawisku Seebecka, służące do pozyskiwania energii elektrycznej z energii cieplnej, zwracając uwagę na ich optymalizacje pod względem doboru materiału i architektury. Następną kategorią będą generatory wibracyjne, służące do pozyskiwania energii elektrycznej z energii mechanicznej (wibracje). W odniesieniu do ostatniego punktu, przeanalizujemy transducery piezoelektryczne, elektrostatyczne i elektromagnetyczne. W końcu pokażemy nowe niekonwencjonalne metody harvestingu które pojawiają się w literaturze.

Laboratoria:

Przewidujemy trzy doświadczenia laboratoryjne. Każde z nich powinno być wykonane w dwóch sesjach po 2 godziny (tj. dwa laboratoria po 2 godziny przez dwa kolejne tygodnie).

1. Pierwsze doświadczenie będzie miało na celu zapoznanie się z pozyskiwaniem energii elektrycznej ze światła. Studenci otrzymają paski ogniwa fotowoltaicznych. Ich zadaniem

będzie scharakteryzowanie prądu ogniwa w funkcji intensywności światła (przez zmianę kąta ekspozycji). Następnie, zadaniem studentów będzie zgromadzenie pozyskiwanej energii w kondensatorze i scharakteryzowanie napięcia i ilości gromadzonej energii w czasie. Efektywne zasilenie prostego urządzenia (węzła IOT lub innego) z naładowanego kondensatora będzie dowodem skutecznego pozyskania i przechowania energii.

2. Drugie doświadczenie będzie miało na celu zapoznanie się z pozyskiwaniem energii elektrycznej z energii cieplnej. Studenci otrzymają generatory Seebecka. Ich zadaniem będzie scharakteryzowanie napięcia i prądu generatora w funkcji czasu i temperatury. Następnie, zadaniem studentów będzie zgromadzenie pozyskiwanej energii w kondensatorze i scharakteryzowanie napięcia i ilości gromadzonej energii w czasie. Efektywne zasilenie prostego urządzenia (węzła IOT lub innego) z z naładowanego kondensatora będzie dowodem skutecznego pozyskania i przechowania energii.
3. Trzecie doświadczenie będzie miało na celu zapoznanie się z pozyskiwaniem energii elektrycznej z energii mechanicznej. Studenci otrzymają paski piezoelektryka i regulowane generatory wibracyjne (częstość i amplituda). Ich zadaniem będzie scharakteryzowanie impulsów napięcia na wyjściu piezoelektryka umocowanego na wibratorze w funkcji częstości i amplitudy wibracji. Następnie, zadaniem studentów będzie zgromadzenie pozyskiwanej energii w kondensatorze i scharakteryzowanie napięcia i ilości gromadzonej energii w czasie. Efektywne zasilenie prostego urządzenia (węzła IOT lub innego) z z naładowanego kondensatora będzie dowodem skutecznego pozyskania i przechowania energii.

Projekt:

Zaprojektowanie i wykonanie układu mającego istotne znaczenie w zastosowaniu do sieci samo-zasilających się i komunikujących sensorów IoT

Egzamin: *Nie*

Literatura:

1. Maciej Haras and Thomas Skotnicki; “**Thermoelectricity for IoT – a review**”; review paper, Nano Energy 54 (2018) 461–476.

Organizacja zajęć:

Wykład: 2 godziny wykładu tygodniowo.

Projekt 2 godziny tygodniowo, w tym 1 godz konsultacji

Laboratorium : trzy doświadczenia, każde wymagające 5-ciu godzin zajęć w laboratorium

Wymiar godzinowy zajęć: W C L P
2 (30) - 1 (15) 1 (15)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 55 godz., w tym:

obecność na wykładach 30 godz.,
obecność na laboratorium 15
godz., udział w konsultacjach 10
godz.

2. praca własna studenta – 45 godz., w tym:

przygotowanie do laboratoriów 10
godz., przygotowanie do kolokwium 10
godz., praca nad projektem 20 godz.
przygotowanie sprawozdań (laboratoria) 5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 100 godz., co odpowiada 4 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 2.1 pkt ECTS, co odpowiada 55 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1.4 pkt ECTS, co odpowiada 35 godz. ćwiczeń laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_W02
W2:Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu - nanoelektronika lub fotonika zintegrowana,	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_W04
W3: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_W05
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_U01

oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.			
U2: Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach, także w języku angielskim.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_U02
U3: Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_U05
U4: Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę obszaru: - mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_U09
U5: Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_U11
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	wykład, laboratorium, projekt	kolokwium, laboratorium	K1_K01

Zespół Autorski:

*prof. dr hab. inż. Michał Malinowski
dr inż. Agnieszka Mossakowska-Wyszyńska*

**Zintegrowane optoelektroniczne układy logiczne (ZOUL)
(Roadmap to contemporary photonics)**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obieralny*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych):

Minimalny numer semestru:

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *WDOF*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Celem wykładu jest zapoznanie studentów z zaawansowanymi układami optyki zintegrowanej i ich wykorzystaniem w procesie przetwarzania informacji. Przewaga systemów fonicznych nad elektronicznymi wynika z wyższej częstotliwości promieniowania optycznego, możliwości równoległego przetwarzania sygnału oraz wykorzystania kwantowej natury fotonów.

Efekty kształcenia obejmują znajomość podstaw fizycznych oraz sposobów realizacji optycznych elementów logicznych i pamięciowych w postaci objętościowej i planarnej. Ponadto znajomość takich zagadnień jak: przełączanie i modulacja z wykorzystaniem optycznych efektów nieliniowych, mikro-rezonatory optyczne, bistabilność optyczna oraz połączenia optyczne. Wynikiem zaliczenia przedmioty będzie też opanowanie tematyki analogowego i cyfrowego przetwarzania sygnału optycznego i znajomość architektury procesora optycznego.

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej oraz projektowej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny z każdej ww. części. W ramach części projektowej każdy uczestnik kursu wykonuje projekt indywidualny, za który może uzyskać do 40 punktów. W ramach wykładu przewidziane są dwa kolokwia

zaliczeniowe, za które można uzyskać maksymalnie do 60 punktów Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

51-60 punktów ocena: 3.0

do 50 punktów ocena: 2.0

Opis wykładu:

- 1. Wstęp, foton i elektron jako nośniki informacji, fala świetlna, komunikacja światłowodowa, optyczne przetwarzanie informacji. Teoria falowa propagacji promieniowania w planarnych i paskowych falowodach dielektrycznych i półprzewodnikowych. Równanie charakterystyczne światłowodu planarnego. Klasyfikacja modów światłowodu planarnego.*
- 2. Fale niejednorodne. Teoria modów sprzężonych, równania modów sprzężonych, droga sprzężenia i transfer mocy. Tunelowanie optyczne.*
- 3. Sprzęgacze siatkowe, klasyfikacja siatek, warunek dopasowania fazowego sprzężenie współliniowe, sprzężenie pomiędzy modami TE -TE i z konwersją modów.*
- 4. Mikrorezonatory optyczne, zwierciadlane (F-P), fotoniczne (PBG) oraz wykorzystujące całkowite wewnętrzne odbicie. Mody typu WGM w rezonatorach dyskowych i pierścieniowych.*
- 5. Przelączanie i modulacja optyczna. Optyka nieliniowa, efekt elektrooptyczny, akustooptyczny, absorpcja dwufotonowa, wymuszone rozpraszanie Ramana, mieszanie 4 fal, optyka fotorefrakcyjna, Planarne modulatory optyczne wykorzystujące wzmacniacze półprzewodnikowe (SOA) i układy interferometryczne.*
- 6. Połączenia optyczne, zależne i niezależne. Elementy zmieniające kierunek propagacji modów falowodowych- planarne pryzmaty, soczewki geodezyjne, soczewki fresnelowskie, soczewki siatkowe, siatki ogniskujące, zwierciadła, siatki odbiciowe, polaryzatory planarne. Modulatory przestrzenne (SLM), komputerowo generowane hologramy i siatki fazowe.*
- 7. Bistabilność optyczna, absorpcyjna, dyspersyjna i polaryzacyjna. Modulatory i przełączniki bistabilne, fotoniczne i hybrydowe. Elementy SEED (self elektro-optic effect device).*
- 8. Materiały i technologie wytwarzania zintegrowanych układów fotonicznych (Photonic Integrated Circuits PIC).*
- 9. Optyczna transformata Fouriera, funkcje splotu i korelacji. Koherentne przetwarzanie sygnałów optycznych, filtracja optyczna, optyczne rozpoznawanie obrazów, procesor optyczny w konfiguracji "4f".*
- 10. Analogowe i cyfrowe optyczne przetwarzanie informacji. Przykłady elementów optycznych realizujących funkcje logiczne, bistabilne, sprzężeniowe, elementy holograficzne. Systemy optyczne wykonujące operacje na macierzach. Procesory algebry liniowej, rozwiązywanie parabolicznych równań różniczkowych cząstkowych metodami optycznymi.*

11. *Przykłady pamięci optycznych - pamięci optoelektroniczne i pamięci holograficzne. Elementy i architektura komputera optycznego, procesory optyczne.*
12. *Podstawy optycznych obliczeń kwantowych.*

Projekt:

Ćwiczenia projektowe umożliwią studentom rozszerzenie wiadomości z obszaru optycznych układów logicznych. Zajęcia obejmą wykonanie analizy numerycznej oraz symulacji działania wybranych optycznych elementów logicznych, rezonatorów z kryształem fonicznym i rezonatorów pierścieniowych, nieliniowych modulatorów, przełączników bistabilnych, a także interferometru Macha-Zehndera z elementem nieliniowym. Ponadto, w ramach ćwiczeń projektowych studenci będą dokonywać numerycznych symulacji procesów optycznych; sumowania, rzutowania, iloczynu skalarnego i wektorowego, mnożenia macierzy, całkowania, filtracji, splotu i korelacji.

Egzamin: *nie*

Literatura:

1. T. Tamir, "Integrated Optics", Springer - Verlag, Berlin, 1975
2. J. Petykiewicz, "Podstawy fizyczne optyki scalonej," PWN, Warszawa 1989
3. H. Nishimura, M. Haruna, T. Suhara, "Optical Integrated Circuits," McGraw-Hill, New York, 1989
4. B.E.A. Salech, M.C. Teich, "Fundamentals of photonics," John Wiley & Sons, New York, 1991
5. J. Jahns, S.H. Lee, "Optical computing hardware" Academic Press, Boston, 1994
6. S. Martellucci, A. N. Chester, "Nonlinear optics and optical computing," Plenum Press, New York, London, 1990
7. C. Polloc, M. Lipson, "Integrated Photonics", Kluwer A.P., Boston, 2003
8. B. Ziętek, "Optoelektronika", Toruń, 2005
9. K. Gniadek, "Optyczne przetwarzanie informacji", PWN 1992
10. A. Vander Lugt "Optical Signal Processing" Willey 2005
11. M. Błahut <http://mb.optics.polsl.gliwice.pl/>
12. R. Kotyński <http://www.igf.fuw.edu.pl/zoi/>"Metody obliczeniowe mikrooptyki i fotoniki"

Oprogramowanie: *Origin for Windows, MS Office, Matlab*

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	P	
	30	-	-	15	(45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. liczba godzin kontaktowych – 40 godz., w tym

- obecność na wykładach 30
godz., udział w konsultacjach 10
godz.*
2. *praca własna studenta – 36 godz., w tym
przygotowanie do kolokwium 8 godz.,
wykonywanie zadań projektowych 20 godz.,
przygotowanie sprawozdań (projekty) 8 godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi 76 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału
nauczycieli akademickich: 1.7 pkt ECTS, co odpowiada 40 godz. kontaktowym.**

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze
praktycznym: 1.4 pkt ECTS, co odpowiada 36 godz. zadań projektowych**

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma poszerzoną i pogłębioną wiedzę w zakresie matematyki, obejmującą metody numeryczne niezbędne do modelowania i analizy działania zaawansowanych elementów elektronicznych i fotonicznych.	wykład	kolokwium	K1_W01 K1_W03
W2: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z analizą i projektowaniem oraz charakteryzacją struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych oraz układów fotoniki zintegrowanej.	wykład	kolokwium	K1_W04
W3: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie analizy i charakteryzacji materiałów mikroelektroniki i fotoniki	wykład	kolokwium	K1_W06

UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji, a także wyciągać wnioski oraz formułować i uzasadniać opinie.	projekt	projekt	K1_U01 K1_U09
U2: Potrafi przygotować dobrze udokumentowane opracowanie problemów z zakresu elektroniki i fotoniki.	projekt	projekt	K1_U03
U3: Ma umiejętność samokształcenia się.	wykład, projekt	kolokwium, projekt	K1_U05
U4: Potrafi przeprowadzać eksperymenty symulacyjne dla charakteryzacji elementów elektronicznych i fonicznych.	projekt	projekt	K1_U07 K1_U08
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K1: W1: Potrafi odpowiednio określić priorytety służące realizacji określonego przez siebie lub innych zadania.	projekt	projekt	K1_K01

Zespół Autorski:

dr inż. Piotr Garbat,

dr inż. Marek Sutkowski

**Systemy Wizyjne
Vision Systems**

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy*

Język przedmiotu: *polski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *3*

Minimalny numer semestru: *--*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *--*

Limit liczby studentów: *50*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu: *(max 256 znaków)*

Celem przedmiotu jest zapoznanie słuchaczy ze współczesnymi systemami i metodami rejestracji, przetwarzania, analizy obrazu.

Przedmiot zawiera, przedstawienie podstawowych pojęć, właściwości i uwarunkowań funkcjonalnych współczesnych systemów wizyjnych ze szczególnym uwzględnieniem systemów rejestracji. Jednym z głównych celów przedmiotu jest zapoznanie z technologią i techniką współczesnych systemów rejestracji obrazu z uwzględnieniem technik obrazowania obliczeniowego. Przedmiot porusza zagadnienia rejestracji obrazów barwnych, obrazów 3D, obrazów wielopasmowych, podstawowych metod pozyskiwania, przetwarzania i generowania obrazów metodami rejestracji bezpośredniej i pośredniej.

Treści kształcenia:

Informacje ogólne:

Przedmiot składa się części wykładowej, laboratoryjnej oraz projektowej. Do zaliczenia przedmiotu wymagane jest uzyskanie co najmniej 50 % maksymalnej oceny. W ramach wykładu przewidziane jest 5 zadań domowych, za które można uzyskać maksymalnie do 30 punktów, z projektu 40 punktów, z zajęć laboratoryjnych 30 pkt. . Łącznie można uzyskać 100 punktów, zaś ocena końcowa z przedmiotu jest wystawiana według poniższej reguły:

91-100 punktów ocena: 5.0

81-90 punktów ocena: 4.5

71-80 punktów ocena: 4.0

61-70 punktów ocena: 3.5

51-60 punktów ocena: 3.0
do 50 punktów ocena: 2.0

Opis wykładu:

1. *Wprowadzenie w problematykę przedmiotu. Definicje podstawowych pojęć oraz matematyczny opis systemów pozyskiwania obrazów. Rozwój technologii obrazowania.*
2. *Zasady działania systemu percepcji wzrokowej człowieka i jego właściwości (percepcja obrazów). Źródła błędów cyfrowej reprezentacji obrazu.*
3. *Sposoby reprezentacji cyfrowych danych obrazowych w systemach wizyjnych. Klasyfikacja metod i technik pozyskiwania obrazów.*
4. *Układy rejestracji obrazu. Omówienie współczesnych rozwiązań przetworników obrazowych CMOS i CCD – model fizyczny, konstrukcja, parametry MS i PG*
5. *Klasyczne metody rejestracji obrazów. Proces fotochemiczny, obraz utajony, ujawnianie obrazu, proces natychmiastowy. Cechy rejestracji traycyjnej, zastosowanie.*
6. *Pasywne metody pozyskiwania obrazów – HDR, stereowizja, multi-view, lightfield, Klasyfikacje różnych typów układów, modele i fizyczne podstawy ich działania. Parametry funkcjonalne, konstrukcyjne i użytkowe.*
7. *Aktywne i hybrydowe metody rekonstrukcji obrazów. Klasyfikacje różnych typów układów, modele i fizyczne podstawy ich działania. Parametry funkcjonalne, konstrukcyjne i użytkowe. Algorytmy rekonstrukcji obrazów. ToF, SL, FlashLight, SfS. Wprowadzenie w zagadnienie obliczeniowego pozyskiwania obrazu z wykorzystaniem technik kodowanej apertury. Podział technik i metod pozyskiwania obrazów w technice CA. Metody konwersji obrazów. Edycja i poprawa jakości obrazów. Wprowadzenie do metod Compressed Sensing. Podstawy mikroskopii obliczeniowej - omówienie stosowanych technik akwizycji.*
8. *Obrazowanie wielo-spektralne, wielo-modalne i wielo-wymiarowe. Definicje podstawowych pojęć oraz matematyczny opis systemów. Klasyfikacje różnych typów układów, modele i fizyczne podstawy ich działania. Parametry funkcjonalne, konstrukcyjne i użytkowe. Metody analizy i przetwarzania zobrazowań wielo-X.*
9. *Wyświetlanie obrazu - zasady działania i budowa na przykładzie nowoczesnych konstrukcji układów wyświetlaczy 3D. Właściwości technologiczne i użytkowe. Metody i algorytmy syntezy obrazów .*

Laboratorium:

1. *Rejestracja obrazu, przetworniki obrazowe*
2. *Pasywne metody rekonstrukcji obrazu. Metody HDR i SfM.*
2. *Aktywne metody rejestracji obrazów. Metoda “structer light” i ToF.*
4. *Przetwarzanie i analiza obrazu z wykorzystaniem współczesnych narzędzi analizy*

Projekt:

Celem projektu jest opracowanie kompletnego systemu bazującego na metodach rejestracji rozwiązującego konkretne zadanie. System powinien zawierać moduły:

*pozyskiwania danych
obrazowych przetwarzania
obrazów*

wizualizacji lub kompresji obrazów

W ramach realizacji zadania projektowego przewidziane są cztery spotkania ewaluacyjne mające na celu wspólną ocenę osiągniętych kamieni milowych projektu.

- 1. Analiza przedstawionego problemu i zaproponowanie rozwiązań,*
- 2. Przygotowanie danych obrazowych i/lub budowa układu wizyjnego,*
- 3. Implementację systemu realizującego główne wymagania techniczne projektu,*
- 4. Przeprowadzenie eksperymentu umożliwiające testowanie opracowanego rozwiązania.*

Organizacja zajęć:

Wykład prowadzony w tradycyjnej formie.

Realizacja projektu będzie podzielona na cztery etapy. Na zakończenie każdego z etapów przewidziana jest wspólna dyskusja rezultatów:

- 1. Analiza przedstawionego problemu i zaproponowanie rozwiązań,*
- 2. Przygotowanie danych obrazowych i/lub budowa układu wizyjnego,*
- 3. Implementację systemu realizującego główne wymagania techniczne projektu,*
- 4. Przeprowadzenie eksperymentu umożliwiające testowanie opracowanego rozwiązania*

Egzamin: *nie*

Literatura:

1. Cremers Daniel, Video Processing and Computational Video, International Seminar, Dagstuhl Castle, Germany, 2010,
2. McAndrew Alasdair, Computational Introduction to Digital Image Processing
3. A.J. Jain: Fundamentals of digital image processing, Prentice-Hall, 1995
4. Richard Szeliski, Computer Vision: Algorithms and Applications, Springer 2010
5. M.Rafałowski: Scalone analizatory obrazu w pomiarach techniki świetlnej i ocenie kształtu obiektów, WPB 2004
- 6.

Wymiar godzinowy zajęć: W C L P

30 - 15 15 (60)

Wymiar w jednostkach ECTS: 4

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

- 1. liczba godzin kontaktowych: 65 godz., w tym
obecność na wykładach: 30 godz.,
obecność na laboratorium: 15 godz.,
obecność na zajęciach projektowych (15)
godz., udział w konsultacjach: 5 godz.*
- 2. praca własna studenta: 35 godz., w tym*
- 3. wykonywania zadań projektowych (25) godz.,*
- 4. przygotowanie sprawozdań (projekty i laboratoria) (10) godz.*

Łączny nakład pracy studenta wynosi (100) godz., co odpowiada (4) pkt ECTS

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: (2,6) pkt ECTS, co odpowiada (65) godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: (1,8) pkt ECTS, co odpowiada (45) godz. ćwiczeń laboratoryjnych i zajęć projektowych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami z zakresu technologii obrazu	wykład	projekt zaliczeniowy	K1_W04
W2: Zna podstawowe metody, techniki, narzędzia i materiały stosowane przy rozwiązywaniu złożonych zadań inżynierskich w zakresie - technologia obrazu	wykład	projekt zaliczeniowy	K1_W06
W3: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	projekt zaliczeniowy	K1_W05
UMIĘJĘTNOŚCI			
U12: Potrafi dokonać krytycznej analizy sposobu funkcjonowania i ocenić istniejące rozwiązania techniczne w - technologia obrazu	projekt, laboratoria	projekt zaliczeniowy, laboratoria	K1_U12
U01: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	projekt, laboratoria	projekt zaliczeniowy, laboratoria	K1_U01
U08: Potrafi wykorzystać metody analityczne, symulacyjne oraz eksperymentalne do formułowania i rozwiązywania zadań inżynierskich i prostych problemów badawczych należące do zakresu - technologia obrazu	projekt, laboratoria	projekt zaliczeniowy, laboratoria	K1_U8
U07: Potrafi planować i przeprowadzać eksperymenty, w tym zaawansowane pomiary i symulacje komputerowe w jednym z trzech podanych poniżej zakresów oraz opracować i interpretować uzyskane wyniki i wyciągać wnioski: - projektowanie podstawowych algorytmów detekcji i diagnozy symptomów patologii,	projekt	projekt zaliczeniowy	K1_U7

<ul style="list-style-type: none"> - projektowanie aparatury medycznej, - kontrola jakości aparatury diagnostycznej stosowanej w medycynie <p>lub</p> <ul style="list-style-type: none"> - modelowanie i charakteryzacja zaawansowanych materiałów i struktur mikroelektroniki i fotoniki, - wytwarzanie struktur mikroelektroniki i fotoniki, - weryfikacja złożonych układów scalonych, - analiza i modelowanie laserów i optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych lub analiza złożonych systemów komunikacji optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub analiza złożonych systemów fotowoltaicznych <p>lub</p> <ul style="list-style-type: none"> - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej. 			
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
<p>K1: Ma świadomość roli społecznej absolwenta uczelni technicznej, a zwłaszcza rozumie potrzebę formułowania i przekazywania społeczeństwu, w szczególności poprzez środki masowego przekazu, informacji i opinii dotyczących osiągnięć techniki i innych aspektów działalności inżynierskiej; podejmuje starania, aby przekazać takie informacje i opinie w sposób powszechnie zrozumiały, z uzasadnieniem różnych punktów widzenia.</p>	projekt	projekt zaliczeniowy	K1_K02

Zespół Autorski:
Robert Mroczyński

Zespołowy Projekt Badawczy (ZPB)
(Joint Research Project)

Poziom kształcenia: *II stopień*

Forma i tryb prowadzenia przedmiotu: *stacjonarna*

Kierunek studiów: *Elektronika*

Specjalność: *Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki*

Klasy programowe:

Poziom przedmiotu: *zaawansowany*

Status przedmiotu: *obowiązkowy/obieralny*

Język przedmiotu: *angielski*

Semestr nominalny (tylko dla przedmiotów obowiązkowych): *4*

Minimalny numer semestru: *3*

Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające: *brak*

Limit liczby studentów: *30*

Powód zgłoszenia przedmiotu: *nowy program studiów II stopnia na kierunku Elektronika*

Cel przedmiotu:

Student po realizacji przedmiotu będzie:

- *potrafił przeszukiwać różnego typu źródła wiedzy i wybierać istotne informacje do realizacji powierzonych problemów do rozwiązania;*
- *potrafił pracować w grupie, przyporządkowywać poszczególnym członkom zespołu rolę oraz zakres obowiązków w trakcie rozwiązywania problemów, zabierać krytyczny głos w dyskusji, przedstawiać na forum uzyskaną wiedzę oraz oceniać efekty pracy innych studentów;*
- *potrafił wykorzystać zdobytą wiedzę do rozwiązywania interdyscyplinarnych problemów inżynierskich i badawczych.*

Treść kształcenia:

Informacje ogólne:

„Houston, we’ve had a problem...!” – pamiętne słowa Jima Lovella w trakcie dramatycznej misji „Apollo 13” w 1970 roku stanowiły precedens w ówczesnej astronautyce. Po raz pierwszy doszło do sytuacji, w której zespoły na ziemi oraz trzech astronautów znajdujących się w przestrzeni kosmicznej w module załogowym „Odyssey”, musiały połączyć wysiłki, aby misja nie zakończyła się tragicznie. Astronauci po wybuchu zbiornika tlenu dynamicznie reagowali na sytuację i wciąż pojawiające się w trakcie misji problemy. Wykorzystali lądownik „Aquarius” jako szalupę ratunkową po tym, jak zasilanie modułu załogowego przestało działać. Musieli również zbudować swojego rodzaju ‘przejściówkę’, aby można było połączyć ze sobą zupełnie różne kształty filtrów dwutlenku węgla z kapsuły „Apollo” do tych dostępnych w lądowniku. Przejściówka ta stanowiła zbiór połączonych ze sobą we właściwy sposób elementów, które akurat były dostępne w kapsule/lądowniku, więc był to naprędce

zrealizowany projekt. Te i inne działania doprowadziły do bezpiecznego powrotu astronautów do domu.

Problemy do rozwiązania w ramach tego przedmiotu nie będą tak dramatyczne (sic!), jak w przypadku pamiętnej misji, jednak będą wymagały stworzenia zespołu osób, których kompetencje pozwolą rozwiązać postawiony przed nimi problem. Wybór metodyki rozwiązania, sposób realizacji, a na koniec forma prezentacji wyniku realizacji zadania, będzie zależała od członków zespołu. Studenci będą musieli połączyć swoje zainteresowania i umiejętności, podzielić się zadaniami i rolami, aby w twórczy i samodzielny sposób zrealizować cele zadania projektowego. Połączenie wiedzy, która została już zdobyta przez studentów do tego etapu studiów oraz nowo zdobyte informacje w trakcie pracy indywidualnej z różnego typu obszarów, pozwolą na skuteczne ugruntowanie wiedzy.

Przedmiot będzie prowadzony w formie „nauczania problemowego” („Project Based Learning” – PBL), w którym prowadzący będzie pełnił rolę mentora (tutora), mającego za zadanie zachęcać do współpracy zarówno w czasie trwania pracy nad problemem w ramach zajęć warsztatowych, jak również w trakcie samodzielnej pracy studentów oraz konsultacji. Szczególny nacisk w trakcie realizacji zadań będzie położony na liczne dyskusje i prace w grupach oraz samodzielne zdobywanie wiedzy przez studentów oraz wzajemną ocenę własnej pracy („peer assesment”).

Zaliczenie przedmiotu będzie przeprowadzone na podstawie oceny jakości realizacji postawionego przed zespołem problemu do rozwiązania. Ocena realizacji będzie podzielona między prowadzącego zajęcia, który będzie miał do dyspozycji 51 pkt. oraz do studentów, którzy będą mogli przyznać kolegom 49 pkt. Projekt będzie prezentowany w wybranej formie na zajęciach końcowych na forum grupy studenckiej. Do pozytywnego rozliczenia projektu wymagane jest uzyskanie co najmniej 51 punktów. Realizacja przedmiotu będzie przygotowana w taki sposób, aby proces przyswajania wiedzy oraz realizacji projektów był możliwy w całości w formie zdalnej (w uzasadnionych przypadkach).

Opis wykładu:

Zajęcia prowadzone w ramach tego przedmiotu mają charakter wykładów w formie warsztatów, pracy indywidualnej oraz konsultacji. Na warsztatach prowadzący będzie przedstawiał studentom zagadnienia przydatne do realizacji i rozwiązania problemów. Treść tych zajęć będzie dotyczyła zagadnieniom pracy w zespole, organizacji pracy, budowy oraz analizy źródeł niezbędnych do realizacji zadań projektowych. Na zajęciach przedstawione zostaną również elementy przygotowania różnych form prezentacji. Zajęcia warsztatowe przyczynią się do zdobycia nowych i ugruntowania już posiadanych umiejętności oraz kompetencji nie tylko technicznych, ale i społecznych. Konsultacje będą poświęcone dyskusji wszelkich aspektów związanych ze sposobem, metodyką oraz charakterystyką postawionych zadań badawczych.

Projekt:

Postawiony problem do rozwiązania przed każdym zespołem będzie ustalany na zajęciach wprowadzających. Charakter tego projektu będzie uzależniony od liczby studentów, ich zainteresowań badawczych lub tematyki realizowanych prac dyplomowych. W pierwszym etapie grupa studencka zostanie podzielona na grupy; każda grupa ma za zadanie przedstawić oryginalne rozwiązanie postawionego problemu. Następnie zostanie dokonany przegląd literatury, dyskusja w ramach grup pod opieką tutora oraz burza mózgów w celu wyboru

rozwiązania postawionego problemu. Następnie poszczególne grupy, biorąc pod uwagę specyfikę rozwiązania, możliwości finansowe i techniczne oraz zakładane funkcjonalności, przystępują do realizacji projektu. Kolejny etap prac będzie związany z walidacją zrealizowanej wstępnej wersji projektu oraz jego ew. optymalizacją. W ostatnim etapie studenci na forum grupy prezentują rozwiązanie postawionego problemu oraz następuje dyskusja i ocena efektów realizacji. W ciągu całego procesu realizacji zadań projektowych będą prowadzone wszechstronne konsultacje z tutorem. Charakter problemów do rozwiązania oraz typ projektów może być różny. Może to być budowa złożonych elementów elektroniki i fotoniki oraz ich testowanie w warunkach laboratoryjnych, symulacja i eksperymentalna weryfikacja prostych przyrządów testowych, budowa modeli funkcjonalnych pewnych systemów zintegrowanych lub napisanie „abstractu” na międzynarodową konferencję naukową. Wybór i możliwości realizacji problemów jest bardzo duży i uzależniony od aktualnych potrzeb studentów związanych np. z realizacją ich prac dyplomowych.

Egzamin: nie

Literatura:

Powszechnie dostępne źródła literaturowe oraz elektroniczne, w zależności od typu i charakteru problemu do rozwiązania. Spis literatury będzie przekazywany studentom na początku semestru oraz na bieżąco i będzie dostosowany do wybranej tematyki projektowej oraz aktualnego stanu wiedzy.

Oprogramowanie:

Dostępne w Instytucie licencje na oprogramowanie lub oprogramowanie dostępne w zasobach elektronicznych, które może okazać się niezbędne do realizacji projektu (w zależności od postawionych i wybranych typów zadań projektowych).

Wymiar godzinowy zajęć:	W	C	L	I	P
	-	-	-	1 (15)	2 (30) (45)

Wymiar w jednostkach ECTS: 3

Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

- liczba godzin kontaktowych – 25 godz., w tym:
 - obecność na zajęciach warsztatowych 10 godz.,
 - udział w konsultacjach 15 godz.
- praca własna studenta – 50 godz., w tym:
 - przygotowanie do realizacji projektów (analiza literatury i materiałów) 10 godz.
 - realizacja projektu (w zależności od typu zadania projektowego) 35 godz.
 - przygotowanie prezentacji podsumowujących realizację projektu 5 godz.

Łączny nakład pracy studenta wynosi 75 godz., co odpowiada 3 pkt ECTS.

Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1 pkt ECTS, co odpowiada 25 godz. kontaktowym.

Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 2 pkt ECTS, co odpowiada 50 godz. ćwiczeń laboratoryjnych

Efekty kształcenia/uczenia się:

Efekty kształcenia/uczenia się student, który zaliczył przedmiot:	forma zajęć/ technika kształcenia	sposób weryfikacji (oceny)	odniesienie do efektów uczenia się dla programu
WIEDZA			
W1: Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	warsztaty projekt	projekt	K1_W02
W2: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę ogólną obejmującą kluczowe zagadnienia w jednym z trzech następujących zakresów: - konstruowanie aparatury medycznej lub - zaawansowane materiały i struktury mikroelektroniki i fotoniki lub - z zakresu systemów analogowych i cyfrowych, w tym mikroprocesorowych, wbudowanych, Internetu Rzeczy i systemów pomiarowych.	warsztaty projekt	projekt	K1_W03
W3: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z wybranymi zagadnieniami jednego z trzech następujących zakresów: - systemy komputerowego wspomaganie diagnostyki medycznej, - techniki tomograficzne stosowane w diagnostyce obrazowej i metody rekonstrukcji obrazów, - diagnostyczne techniki medycyny nuklearnej lub - projektowanie złożonych układów scalonych, - nanoelektronika lub fotonika zintegrowana, - technika laserowa i optoelektronika półprzewodnikowa lub komunikacja optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub fotowoltaiki, - materiały i nanotechnologie, - charakteryzacja i diagnostyka materiałów i struktur nanoelektronicznych i nanofotonicznych lub - projektowanie systemów i mikrosystemów elektronicznych, - projektowanie systemów wbudowanych i sprzętowych rozwiązań Internetu Rzeczy, - modelowanie i optymalizacja układów analogowych, cyfrowych i mieszanych.	warsztaty projekt	projekt	K1_W04

W4: Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	warsztaty projekt	projekt	K1_W05
W5: Ma wiedzę niezbędną do rozumienia społecznych, ekonomicznych, prawnych i innych pozatechnicznych uwarunkowań działalności inżynierskiej oraz ich uwzględniania w praktyce inżynierskiej.	warsztaty projekt	projekt	K1_W07
UMIEJĘTNOŚCI			
U1: Potrafi pozyskiwać informacje z literatury, baz danych oraz innych właściwie dobranych źródeł, także w języku angielskim; potrafi integrować uzyskane informacje, dokonywać ich interpretacji i krytycznej oceny, a także wyciągać wnioski oraz formułować i wyczerpująco uzasadniać opinie.	warsztaty projekt	projekt	K1_U01
U2: Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach, także w języku angielskim.	warsztaty projekt	warsztaty	K1_U02
U3: Potrafi przygotować opracowanie naukowe w języku polskim i krótkie doniesienie naukowe w języku angielskim, przedstawiające wyniki własnych badań naukowych.	warsztaty projekt	projekt	K1_U03
U4: Potrafi przygotować i przedstawić w języku polskim i języku angielskim prezentację ustną, dotyczącą szczegółowych zagadnień z zakresu elektroniki.	warsztaty projekt	Projekt	K1_U04
U5: Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.	warsztaty projekt	projekt	K1_U05
U6: Ma umiejętności językowe w zakresie elektroniki, zgodne z wymaganiami określonymi dla poziomu B2+ Europejskiego Systemu Opisu Kształcenia Językowego.	warsztaty projekt	projekt	K1_U06
U7: Potrafi przy formułowaniu i rozwiązywaniu zadań inżynierskich – integrować wiedzę z jednego z trzech następujących obszarów: - elektroniki i informatyki w zastosowaniach medycznych lub - mikroelektroniki, fotoniki i nanotechnologii lub - mikrosystemów i systemów elektronicznych oraz zastosować podejście systemowe, uwzględniające także aspekty pozatechniczne.	warsztaty projekt	projekt	K1_U09
U8: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi należącymi do jednego z trzech następujących zakresów:			K1_U10

<ul style="list-style-type: none"> - projektowanie algorytmów detekcji i diagnozy symptomów patologii, - projektowanie aparatury medycznej, - kontrola jakości aparatury diagnostycznej stosowanej w medycynie lub - analiza, projektowanie, modelowanie, charakteryzacja i wytwarzanie zaawansowanych struktur mikroelektroniki i fotoniki oraz analiza i charakteryzacja materiałów mikroelektroniki i fotoniki, - analiza i projektowanie złożonych systemów scalonych, - analiza, modelowanie, charakteryzacja i projektowanie laserów i optoelektronicznych przyrządów półprzewodnikowych lub analiza i projektowanie złożonych systemów komunikacji optycznej lub mikrofalowej, - technologia obrazu lub analiza i projektowanie złożonych systemów fotowoltaicznych lub - modelowanie, analiza i projektowanie obiektów technicznych w tym: układów analogowych, impulsowych, systemów mieszanych wykorzystujących nowoczesne rozwiązania z dziedziny elektroniki układowej oraz zintegrowanej. 			
<p>U9: Potrafi ocenić przydatność i możliwość wykorzystania nowych technologii w zakresie elektroniki i jej zastosowań.</p>	<p>warsztaty projekt</p>	<p>projekt</p>	<p>K1_U11</p>
<p>U10: Potrafi ocenić przydatność metod i narzędzi służących do rozwiązania zadania inżynierskiego, charakterystycznego dla studiowanej specjalności, w tym dostrzec ograniczenia tych metod i narzędzi. Potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - stosując także koncepcyjnie nowe metody - rozwiązywać złożone zadania inżynierskie, charakterystyczne dla studiowanej specjalności, w tym zadania nietypowe oraz zadania zawierające komponent badawczy. 	<p>warsztaty projekt</p>	<p>projekt</p>	<p>K1_U15</p>
<p>U11: Potrafi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -zgodnie z zadaną specyfikacją, uwzględniającą aspekty pozatechniczne - wykonać złożony projekt z zakresu studiowanej specjalności oraz zrealizować ten projekt - co najmniej w części - używając właściwych metod, technik i narzędzi, w tym przystosowując do tego celu istniejące lub opracowując nowe narzędzia. 	<p>warsztaty projekt</p>	<p>projekt</p>	<p>K1_U16</p>
<p>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</p>			
<p>K1: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.</p>	<p>warsztaty projekt</p>	<p>warsztaty</p>	<p>K1_K01</p>