

## Zmiany w programie studiów

### I. PODSTAWOWE DANE O STUDIACH

1. **Nazwa wydziału:** Wydział Elektroniki i Technik Informatycznych
2. **Nazwa kierunku:** Elektronika
3. **Poziom studiów:** studia drugiego stopnia
4. **Profil studiów:** profil ogólnoakademicki
5. **Forma studiów:** studia stacjonarne
6. **Język prowadzenia studiów:** polski
7. **Dyscypliny naukowe**, do których przypisany jest kierunek (udział procentowy):

Automatyka, elektronika i elektrotechnika	-	80%	dyscyplina wiodąca
Informatyka techniczna i telekomunikacja	-	20%	

*(w przypadku przyporządkowania kierunku studiów do więcej niż 1 dyscypliny, wskazuje się dyscyplinę wiodącą, w ramach której będzie uzyskiwana ponad połowa efektów uczenia się)*
8. W przypadku zawodu, o którym mowa w art. 68 Ustawy, standardy kształcenia, na podstawie których będą prowadzone studia: .....
9. Liczba semestrów studiów: 4
10. Tytuł zawodowy nadawany absolwentom: magister inżynier

### II. Opis zmian w programie studiów:

#### Przesłanki do wprowadzenia zmian

Aktualnie prowadzone są na Wydziale Elektroniki i Technik Informatycznych na kierunku Elektronika – studiach stacjonarnych drugiego stopnia trzy specjalności: Mikrosystemy i Systemy Elektroniczne (MSE), Mikroelektronika, Fotonika i Nanotechnologie (MFN), oraz Elektronika i Informatyka w Medycynie (EIM). Przeprowadzana zmiana programu studiów dotyczy dwóch specjalności (MSE oraz MFN), prowadzonych odpowiednio przez Instytut Systemów Elektronicznych i Instytut Mikroelektroniki i Optoelektroniki. Powstały one ponad 10 lat temu jako efekt wymuszonego podziału studiów jednolitych na studia dwustopniowe. Niestety czas pokazał, że nie w pełni udało się stworzyć samodzielne, dobrze funkcjonujące, zarówno od strony organizacji studiów, jak i spójności tematycznej specjalności.

Skomplikowana struktura studiowania (np. sześć różnych klas przedmiotów obowiązkowych na specjalności MFN), pozorna obieralność, przedmioty obowiązkowe niezwiązane bezpośrednio z tematyką współczesnych systemów wbudowanych, tematyką IoT i nanotechnologiami, a także problemy z uruchamianiem przedmiotów obieralnych, to główne wady natury organizacyjnej.

Jeszcze bardziej istotnym powodem wprowadzenia proponowanych zmian jest konieczność zaktualizowania treści kształcenia tak, aby obejmowały one poszukiwane przez pracodawców zagadnienia związane np. z: inteligentnymi sensorami, systemami wbudowanymi, Internetem Rzeczy, projektowaniem układów ASIC, fotoniką scaloną i obrazową, energoelektroniką, bezpieczeństwem sprzętowym, integracją systemów i technologią. Zamierzonym efektem wprowadzonych zmian będzie stworzenie elitarnych specjalności kształcących specjalistów potrafiących pracować w interdyscyplinarnym zespole, którzy znają i rozumieją aktualne wyzwania i trendy. Przyszli absolwenci nowych specjalności będą mogli wykorzystywać zdobytą wiedzę i umiejętności pełniąc funkcję członków i kierowników zespołów R&D w firmach hi-tech, czy też rozwijać swoje pasje w ośrodkach naukowych w kraju i zagranicą.

## Ogólny opis zmian

W wyniku podjętych prac powstały dwie nowe specjalności. Pierwsza z nich – Systemy Elektroniczne i Wbudowane (SEiW) zastąpi specjalność Mikrosystemy i Systemy Elektroniczne (MSE), natomiast nowa specjalność Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki (SZEiF) zastąpi specjalność Mikroelektronika, Fotonika i Nanotechnologie (MFN). Wspólne prace Instytutu Systemów Elektronicznych i Instytutu Mikroelektroniki i Optoelektroniki pozwoliły na opracowanie nowych, komplementarnych specjalności na kierunku Elektronika.

Wprowadzone zmiany w obu specjalnościach dotyczą zarówno organizacji studiów jak i konsultowanych z otoczeniem gospodarczym zmian treści kształcenia.

Zmiany w organizacji studiów:

- poszerzona klasa przedmiotów podstawowych obejmująca szeroki zakres różnych zagadnień. Pozwala to, szczególnie kandydatom z innych niż PW ośrodków akademickich, na podjęcie studiów i w porozumieniu z opiekunem pracy dyplomowej uzupełnienie wiedzy w wybranej tematyce. W efekcie uzyskano możliwość profilowania ścieżki kształcenia już od 1 semestru studiów,
- propozycja optymalnego planu modelowego. (w przypadku specjalności SZEiF z możliwością jego modyfikacji),
- duży stopień obieralności (40% dla SEiW i 47% dla SZEiF),
- nowe przedmioty opracowywane z możliwością zdalnego prowadzenia części wykładowej i projektowej.

Zmiany w treści kształcenia:

- po konsultacjach z przedstawicielami przemysłu i analizie aktualnych dokumentów Ministerstwa Rozwoju dotyczących kierunków rozwoju Kluczowych Technologii Cyfrowych i perspektywy ich zastosowania w gospodarce (w szczególności: projektowania układów scalonych, systemów wbudowanych, przyrządów fonicznych, sensorów oraz ich integracji) wprowadzono nowe i gruntownie zmodyfikowano pozostałe treści kształcenia. Warto wspomnieć, że na specjalności SEiW opracowano 12 nowych przedmiotów i zmodernizowano 11, natomiast na specjalności SZEiF opracowano 20 nowych i zmodernizowano 10 przedmiotów,
- wprowadzono obowiązkowy przedmiot matematyczny oraz dwa przedmioty z zakresu przedsiębiorczości i zarządzania projektami,
- część treści wybranych przedmiotów będzie wykładana w języku angielskim,
- w przedmiotach będą wykorzystywane nowoczesne formy kształcenia wykorzystujące np. techniki PBL,
- wprowadzono duży stopień obieralności oraz możliwość realizowania przedmiotów ogólnowydziałowych, które pozwolą studentom na kształtowanie własnej ścieżki rozwoju w wybranych obszarach.

Wprowadzone gruntowne zmiany w obu specjalnościach na kierunku Elektronika pozwolą na stworzenie warunków do kształcenia wyspecjalizowanych kadr co przyczyni się do „rozwoju ekosystemu zastosowań nowoczesnych rozwiązań technicznych w przemyśle, opartych o intensywne wykorzystanie zaawansowanych systemów mikroelektronicznych, fonicznych i sensorowych do realizacji celów zdefiniowanych w SOR”, co jest jednym z aktualnych priorytetów wyznaczonych przez Ministerstwo Rozwoju.

## Odniesienie do działalności naukowej prowadzonej w uczelni w zakresie wskazanych dyscyplin

Studia na kierunku Elektronika są związane z dwoma dyscyplinami naukowymi tj. automatyką, elektroniką i elektrotechniką (AEE), która jest dyscypliną wiodącą, oraz informatyką techniczną i telekomunikacją (ITT). Dynamiczny rozwój gospodarek krajów wysoko rozwiniętych jest nierozzerwalnie związany z szeroko rozumianą elektroniką (urządzenia elektroniczne są nieodłącznym elementem życia człowieka), mikroelektroniką, systemami zintegrowanej fotoniki, ich projektowaniem, ale także technologią wytwarzania. Współczesna elektronika nierozzerwalnie wiąże się także z elektrotechniką i automatyką (automatyzacja procesów przemysłowych, przemysł 4.0 itd.).

Politechnika Warszawska w „Strategii rozwoju Politechniki Warszawskiej do roku 2020” uznała działalność naukową w obszarze mikro/nanoelektroniki, zaawansowanych materiałów, oraz fotoniki, za priorytetową. Ponadto, Politechnika Warszawska uznała zagadnienia badawcze związane z technologiami fonicznymi robotyką czy cyberbezpieczeństwem za Priorytetowe Obszary Badawcze. Należy tu podkreślić, że cyberbezpieczeństwo to nie tylko warstwa aplikacji, ale także bezpieczeństwo sprzętu, które jest silnie reprezentowane w proponowanym programie Elektroniki.

### Porównanie programów

Dotychczasowy program	Nowy program
<b>Specjalności</b>	
- Mikrosystemy i Systemy Elektroniczne (pierwsza rekrutacja 2012Z, ostatnia rekrutacja 2021L), - Mikroelektronika, Fotonika i Nanotechnologie (pierwsza rekrutacja 2012Z, ostatnia rekrutacja 2021L), - Elektronika i Informatyka w Medycynie.	- Systemy Elektroniczne i Wbudowane (pierwsza rekrutacja 2021Z), - Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki (pierwsza rekrutacja 2021Z) -Elektronika i Informatyka w Medycynie (bez zmian).
<b>ECTS</b>	
MFN 120 MSE 120 EIM 120	SZEiF 120 SEiW 120 EIM 120
<b>Efekty uczenia się</b>	
Zgodne z 7 poziomem PRK Wiedza: 8 Umiejętności: 16 Kompetencje społeczne: 2	Zgodne z 7 poziomem PRK Wiedza: 8 Umiejętności: 16 Kompetencje społeczne: 2  Kierunkowe efekty uczenia się nie uległy zmianie – dodano odniesienia do efektów uczenia się zdefiniowanych przez ABET  <i>Załącznik nr 2 do Uchwały Senatu PW przedstawia tabelę efektów uczenia się z dodanymi odniesieniami do efektów uczenia się zdefiniowanych przez ABET</i>
<b>Grupy przedmiotów</b>	
Przedmioty ekonomiczno-społeczne  Przedmioty podstawowe kierunku	Przedmioty ekonomiczno-społeczne  Przedmioty podstawowe kierunku

Przedmioty obowiązkowe specjalności MSE	Przedmioty obowiązkowe specjalności SEiW
Przedmioty obowiązkowe specjalności MFN	Przedmioty obowiązkowe specjalności SZEiF (z grupy 7 przedmiotów student musi wybrać minimum 5 przedmiotów)
Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności MSE	Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności SEiW
Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności MFN	Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności SZEiF
Przedmioty zaawansowane techniczne obieralne	Przedmioty zaawansowane obieralne matematyczne specjalności SEiW
	Przedmioty zaawansowane techniczne obieralne
Dyplomowanie	Dyplomowanie (bez zmian)
Opis zmian w poszczególnych przedmiotach dla obu specjalności	
Przedmioty ekonomiczno-społeczne Przedsiębiorczość startupowa – nowy przedmiot obowiązkowy	
Zwinne Zarządzanie Projektami – nowy przedmiot w grupie przedmiotów obieralnych z klasy HES	
<b>Zmiany w przedmiotach dla specjalności: Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki</b>	
Przedmioty obowiązkowe specjalności SZEiF (z grupy 7 przedmiotów do wyboru student musi wybrać minimum 5 przedmiotów).	
<p><b>Przedmioty obowiązkowe nowe:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- KRMiF (Kierunki Rozwoju Mikroelektroniki i Fotoniki),</li> <li>- ZPB (Zespołowy Projekt Badawczy - w języku angielskim),</li> <li>- PS (Przedsiębiorczość startupowa).</li> </ul>	
<p>W nowych przedmiotach obowiązkowych specjalności przedstawione zostaną:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- wyzwania i kierunki rozwoju mikroelektroniki i fotoniki (KRMiF) (zajęcia będą miały charakter seminaryjny a wykładowcami będą wybitni specjaliści z PW oraz zaproszeni goście),</li> <li>- zagadnienia związane z pracą w interdyscyplinarnym zespole (ZPB) , którego celem będzie analiza i rozwiązywanie określonych problemów badawczych (przedmiot będzie prowadzony w języku angielskim),</li> <li>- zagadnienia związane ze współpracą z otoczeniem gospodarczym oraz mechanizmy wdrażania nowatorskich rozwiązań technicznych w przemyśle.</li> </ul>	
<p><b>Przedmioty obowiązkowe zmodyfikowane:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- MEF (Metody Matematyczne w Elektronice i Fotonice)</li> </ul> <p>Dostosowano treści do aktualnych potrzeb nowej specjalności. Zmieniono sposób prezentacji materiału (po ogólnym wstępie do poszczególnych metod przedstawiane są ich praktyczne zastosowania).</p>	

**Przedmioty obowiązkowe nowe do wyboru:**

- SWZ (Systemy Wizyjne),
- SEN (Sensory),
- Fotoniczne Układy Scalone,
- ISEiF (Integracja Systemów Elektronicznych i Fotonicznych),
- UIRiB (Urządzenia Internetu Rzeczy i ich Bezpieczeństwo).

W nowych przedmiotach obowiązkowych specjalności położono nacisk na: zasadę działania, budowę oraz integrację systemów elektronicznych i fotonicznych, układów do analizy i przetwarzania obrazów oraz zagadnienia projektowania i wytwarzania urządzeń Internetu Rzeczy oraz kwestie ich bezpieczeństwa.

**Przedmioty obowiązkowe zmodyfikowane do wyboru:**

- PAUS (Projektowanie Analogowych Układów Scalonych),
- SSCV (Scalone Systemy Cyfrowe VLSI).

Dostosowano treści do aktualnych potrzeb nowej specjalności. Omawiane są ogólne zagadnienia obowiązujące zarówno w aplikacjach „klasycznych” jak i w scalonych po czym przedstawiana jest specyfika rozwiązań w wersji scalonej.

**Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności: Systemy Zintegrowanej Elektroniki i Fotoniki**

**Przedmioty obieralne nowe:**

- Elektronika o Zerowym poborze Energii dla Układów Samozasilających,
- Współczesne przyrządy i układy mocy,
- Przyrządy mikro i nanoelektroniki w systemach wbudowanych,
- Tory analogowe systemów mikroprocesorowych,
- Zintegrowane optoelektroniczne układy logiczne,
- Nowe oblicze fotoniki,
- Fotonika Mikrofalowa,
- Uczenie maszynowe w fotonice obrazowej,
- Algorytmy symulacji i projektowania systemów elektronicznych,
- Zintegrowane Układy do Komunikacji Bezprzewodowej,
- Kompatybilność elektromagnetyczna układów zasilania
- Komercjalizacja projektu elektroniki wbudowanej.

Nowe zaawansowane przedmioty obieralne pozwalają studentom na uzupełnienie zdobytej wiedzy w kierunkach odpowiadających ich zainteresowaniom zawodowym i tematem dyplomowania np.: projektowanie, wytwarzanie i programowanie urządzeń typu „smart sensor”, integracja systemów elektronicznych i fotonicznych, zagadnienia związane z rozpoznawaniem obrazów, fotowoltaiką, a także a aktualnymi trendami i zagadnieniami naukowymi związanymi z materiałami i technologiami w elektronice i fotonice.

**Przedmioty obieralne zmodyfikowane:**

- Techniki Spektroskopowe,
- Wzmacniacze i lasery światłowodowe,
- Fotowoltaika,
- Systemy Komunikacji Optycznej,
- Metody Monte Carlo,

- Charakteryzacja materiałów dla mikro i nanoelektroniki, i fotoniki,
- Nanotechnologie.

W wymienionych przedmiotach dokonano gruntownej analizy prezentowanych treści, tak żeby dostosować materiał do wymagań nowej specjalności.

#### **Zmiany w przedmiotach dla specjalności: Systemy Elektroniczne i Wbudowane**

##### **Przedmioty obowiązkowe nowe:**

- SCIR Sieci czujnikowe i Internetu Rzeczy,
- ZAMPF Zaawansowane metody programowania układów FPGA,
- WZTO Wybrane zagadnienia teorii obwodów,
- NEL Nowoczesna Elektronika,
- ZAPP Zaawansowane aspekty projektowania PCB,
- SWIS Systemy wbudowane i sterowniki.

W nowych przedmiotach obowiązkowych specjalności położono nacisk na systemy wbudowane, Internet Rzeczy, współczesne metody programowania systemów rekonfigurowalnych, wybrane zagadnienia nowoczesnej elektroniki i teorii obwodów.

##### **Przedmioty obowiązkowe zmodyfikowane:**

- ISYN Integralność Sygnałowa;

Część treści przedmiotowych przeniesiono do przedmiotu ZAPP, odświeżono materiały wykładowe i zagadnienia laboratoryjne;

- MOZA Metody optymalizacji w zastosowaniach;

Zaktualizowano treści przedmiotu pod kątem praktycznych zagadnień optymalizacji w elektronice i systemach wbudowanych, wprowadzono mieszane zajęcia projektowo-wykładowe (hands-on).

#### **Przedmioty zaawansowane obieralne specjalności: Systemy Elektroniczne i Wbudowane**

##### **Przedmioty obieralne nowe:**

- USB Układy systemów bezprzewodowych,
- ARMC Mikrokontrolery ARM Cortex,
- WWBIK Współczesne wyzwania bezpieczeństwa informacji i kryptografii,
- MISS Metrologia i sensoryka światłowodowa,
- ITK Informacyjne technologie kwantowe,
- PSYL\_ENG Digital Signal Processing Techniques using LabView.

Nowe przedmioty obieralne zaawansowane pozwalają na indywidualny rozwój magistrantów w kierunkach odpowiadających ich zainteresowaniom zawodowym – komunikacji systemów, programowaniu systemów, a także najnowocześniejszym zagadnieniom naukowym jak choćby informacyjne technologie kwantowe czy cyberbezpieczeństwo sprzętowe. Wprowadzono jeden przedmiot w języku angielskim.

##### **Przedmioty obieralne zmodyfikowane:**

- CCM Czasowo-częstotliwościowe metody przetwarzania sygnałów;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści, a także umożliwiono realizację praktycznych projektów sprzętowych;

- SSC Synteza i stabilizacja częstotliwości,

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści;

- SRMP Sygnały radiolokacyjne i metody przetwarzania;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści;

- PSYL\_POL Przetwarzanie Sygnałów w LabView;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści;

- TIMP Technika impulsowa;

Przygotowano nowe materiały wykładowe (np. webinaria Youtube) i zaktualizowano treści, zwiększono wymiar godzin kontaktowych w ramach projektu i wymiar ECTS całego przedmiotu;

- PIMI Projektowanie i modelowanie mikrosystemów;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści;

- RIM Równoległe implementacje metod numerycznych;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści.

**Przedmioty zaawansowane obieralne matematyczne specjalności: Systemy Elektroniczne i Wbudowane**

**Przedmioty zaawansowane obieralne nowe:**

- SPAR Stosowane procesy stochastyczne i analiza regresji;

Przedmiot omawiający językiem matematyki takie praktyczne zagadnienia elektroniki jak: procesy stochastyczne, podstawy teorii kolejek, prawdopodobieństwo pracy bezawaryjnej w określonym czasie, wpływ rozrzutów produkcyjnych na uzysk itp.

**Przedmioty zaawansowane obieralne zmodyfikowane:**

- MOSS Metody opisu sprzętu i symulacji;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści, zmieniono typ przedmiotu z obowiązkowego na obieralny matematyczny;

- MWS Modele i wnioskowanie statystyczne;

Przygotowano nowe materiały wykładowe i zaktualizowano treści, zmieniono typ przedmiotu z obowiązkowego na obieralny matematyczny.

**Załącznik nr 2 do Uchwały Senatu PW przedstawia opisy przedmiotów**

### III. Realizacja programu studiów po zmianach:

Liczba godzin zajęć:	Specjalność SEiW 1572 godz. Specjalność SZEiF 1575 godz.
Liczba punktów ECTS konieczna do ukończenia studiów:	120 ECTS
Procentowy udział liczby punktów ECTS w liczbie punktów ECTS koniecznej do ukończenia studiów ze wskazaniem <b>dyscypliny wiodącej:</b> <b>- dyscyplina naukowa WIODĄCA:</b> - dyscyplina naukowa:	Automatyka, elektronika i elektrotechnika <b>82%</b> Informatyka techniczna i telekomunikacja 18%
Liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich lub innych osób prowadzących zajęcia:	63 ECTS
Liczba punktów ECTS jaką student musi uzyskać w ramach zajęć z dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych, w przypadku kierunków studiów przyporządkowanych do dyscyplin w ramach dziedzin innych niż dziedziny nauk humanistycznych lub nauk społecznych:	5 ECTS
Liczba godzin zajęć z wychowania fizycznego na studiach prowadzonych w formie stacjonarnej:	nie dotyczy
Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć podlegających wyborowi przez studenta ( <i>w wymiarze nie mniejszym niż 30% liczby punktów ECTS koniecznych do ukończenia studiów na danym poziomie</i> ):	Specjalność SEiW 49 ECTS tj. 40 %  Specjalność SZEiF 55 ECTS tj. 46%
<b>Dla studiów o profilu praktycznym:</b> Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach przedmiotów/zajęć kształtujących umiejętności praktyczne ( <i>w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS koniecznych do ukończenia studiów na danym poziomie</i> ):	nie dotyczy
<b>Dla studiów o profilu ogólnoakademickim:</b> Łączna liczba punktów ECTS, którą student musi uzyskać w ramach zajęć związanych z prowadzoną w Uczelni działalnością naukową w dyscyplinie lub dyscyplinach, do których przyporządkowany jest kierunek studiów ( <i>w wymiarze większym niż 50% liczby punktów ECTS wymaganej do ukończenia studiów na danym poziomie</i> ), z uwzględnieniem udziału studentów w zajęciach przygotowujących	105 ECTS tj. 87 %



do prowadzenia działalności naukowej lub udziału w tej działalności:	
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS z matematyki.	Zgodnie z uchwałą Senatu PW nr 58/L/2020 z dnia 25 listopada w sprawie ustalania programów studiów w Politechnice Warszawskiej wymagane godziny i punkty ECTS zrealizowanym na pierwszym stopniu studiów. Jednakże z racji zaawansowanego charakteru przedmiotów obowiązkowych wymagana jest dodatkowa wiedza matematyczna, której nie posiadają absolwenci pierwszego stopnia studiów. W związku z tym wprowadzono dodatkową grupę przedmiotów specjalistycznych z matematyki. Studenci wybierają jeden przedmiot z grupy przedmiotów matematycznych, tak by minimalna liczba godzin w toku studiów II st. wynosiła 45 i 4 ECTS.
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS z fizyki	Zgodnie z uchwałą Senatu PW nr 58/L/2020 z dnia 25 listopada w sprawie ustalania programów studiów w Politechnice Warszawskiej wymagane godziny i punkty ECTS zrealizowano na pierwszym stopniu studiów.
Łączna liczba godzin oraz punktów ECTS języków obcych  Przedmioty obowiązkowe w j. angielskim na poziomie B2+	zgodnie z uchwałą Senatu PW nr 58/L/2020 z dnia 25 listopada 2020 r. w sprawie ustalania programów studiów w Politechnice Warszawskiej <b>realizacja</b> poprzez prowadzenie przedmiotu w języku angielskim na poziomie B2+.  Specjalność SZEiF (przedmiot ZPB 45 godzin) Specjalność SEiW (przedmiot PSYL_ENG 60 godzin).
Liczba punktów ECTS za pracę dyplomową	20 ECTS