

**Zespół Autorski:**

*dr inż. Andrzej Mazurak*

*dr inż. Jakub Jasiński*

*(wpisać zespół autorów tworzących sylabus)<sup>1</sup>*

**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 Zintegrowane 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.

---

<sup>1</sup> 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 kilkusobowych 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

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

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.*

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

- 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:**

<b>Efekty kształcenia/uczenia się</b> student, który zaliczył przedmiot:	<b>forma zajęć/ technika kształcenia</b>	<b>sposób weryfikacji (oceny)</b>	<b>odniesienie do efektów uczenia się dla programu</b>
<b>WIEDZA</b>			
Ma szczegółową wiedzę w zakresie wybranych kierunków rozwijających się w ścisłym związku z elektroniką.	wykład	dokumentacja projektowa	W02
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	W03
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	W04
Ma wiedzę o trendach rozwojowych i najistotniejszych nowych osiągnięciach z zakresu elektroniki.	wykład	dokumentacja projektowa	W05
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	W06

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

<b>UMIEJĘTNOŚCI</b>			
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	U01
Potrafi porozumiewać się przy użyciu różnych technik w środowisku zawodowym oraz w innych środowiskach, także w języku angielskim.	projekt	prezentacja końcowa	U02
Potrafi określić kierunki dalszego uczenia się i zrealizować proces samokształcenia.	projekt	dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa	U05
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	U07
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	jakość pracy podczas zajęć projektowych/ aktywność na zajęciach/ zaangażowanie w pracę grupy/ dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa	U08
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	jakość pracy podczas zajęć projektowych/ aktywność na zajęciach/ zaangażowanie w pracę grupy/ dokumentacja projektowa/	U12

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

		prezentacja końcowa	
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	projekt	dokumentacja projektowa/ prezentacja końcowa	K01