

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 pasożytniczych.
- 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

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

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 kolokwiów 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			
W04: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z zakresie projektowania złożonych układów scalonych	Wykład, Laboratorium	Kolokwium, Laboratorium	P7U_W
W06: 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	P7U_W
UMIEJĘTNOŚCI			
U08: 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	P7U_U
U10: Potrafi formułować i testować hipotezy związane z problemami inżynierskimi i prostymi problemami badawczymi należącymi do zakresu analizy i projektowania złożonych systemów scalonych	Laboratorium	Laboratorium	P7U_U
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium	Laboratorium	P7U_K