

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, f_T , f_{max} , 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.

Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

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			
W04: Ma podbudowaną teoretycznie szczegółową wiedzę związaną z zakresie projektowania złożonych układów scalonych i komunikacją mikrofalową	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 oraz złożonych systemów komunikacji mikrofalowej	Wykład, Laboratorium	Kolokwium, Laboratorium	P7U_W
UMIĘTNOŚCI			
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 oraz złożonych systemów komunikacji mikrofalowej	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 oraz złożonych systemów komunikacji mikrofalowej	Laboratorium	Laboratorium	P7U_U
KOMPETENCJE SPOŁECZNE			
K01: Potrafi myśleć i działać w sposób kreatywny i przedsiębiorczy.	Laboratorium	Laboratorium	P7U_K