**Nazwa przedmiotu:**

Projektowanie układów analogowych dla systemów VLSI Design of analog integrated circuits for VLSI sy

**Koordynator przedmiotu:**

Wiesław KUŹMICZ

**Status przedmiotu:**

Fakultatywny dowolnego wyboru

**Poziom kształcenia:**

Studia I stopnia

**Program:**

Elektronika

**Grupa przedmiotów:**

Przedmioty techniczne

**Kod przedmiotu:**

PUAV

**Semestr nominalny:**

7 / rok ak. 2019/2020

**Liczba punktów ECTS:**

5

**Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów uczenia się:**

120

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich:**

3

**Język prowadzenia zajęć:**

polski

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym:**

3

**Formy zajęć i ich wymiar w semestrze:**

|  |  |
| --- | --- |
| Wykład:  | 30h |
| Ćwiczenia:  | 0h |
| Laboratorium:  | 30h |
| Projekt:  | 0h |
| Lekcje komputerowe:  | 0h |

**Wymagania wstępne:**

Układy elektroniczne lub
Układy i systemy elektroniczne
oraz
Podstawy mikroelektroniki

**Limit liczby studentów:**

24

**Cel przedmiotu:**

Celem przedmiotu jest przygotowanie studentów do praktycznego projektowania układów analogowych w postaci samodzielnych układów scalonych CMOS i BiCMOS lub bloków analogowych w systemach VLSI. Szczególny nacisk będzie położony na aspekty realizacyjne w technologiach CMOS/BiCMOS takie, jak elementy i sprzężenia pasożytnicze, efekty termiczne, globalne i lokalne rozrzuty produkcyjne. Materiał wykładowy będzie ilustrowany licznymi przykładami pokazującymi, jak wspomniane wyżej efekty wpływają na charakterystyki rzeczywistych układów. Celem będzie nie tylko prezentacja materiału teoretycznego, ale wyrobienie u studentów intuicyjnego wyczucia i umiejętności jakościowego przewidywania skutków decyzji projektowych, a w tym zależności charakterystyk układu od jego topografii. Dla wzmocnienia tego wyczucia w zajęciach projektowych będą wykorzystywane specjalne narzędzia CAD opracowane w IMiO.

The goal of the course is to train designers of analog circuits to be implemented either as CMOS and BiCMOS intergated circuits or as functional blocks in VLSI systems. Special attention will be paid to such practical aspects of CMOS/BiCMOS implementation as parasitic components and parasitic couplings, thermal effects, global and local variations of device parameters inherent in the manufacturing processes. The lectures will include numerous examples showing how these effects affect characteristics of real circuits. The goal will be not only to present the theory but also to give the students an opportunity to get intuitive feeling and ability of qualitative prediction of the consequences of decisions made in the design process, including IC layout. To this end, in the design lab special CAD tools developed at IMiO will be used.

**Treści kształcenia:**

Treść wykładu:
1. Wstęp (1h): Rola układów analogowych, specyfika ich projektowania.
2. Technologia (1h): Przypomnienie technologii CMOS i BiCMOS.
3. Elementy czynne i bierne: właściwości i modelowanie (4h): Omówienie modeli tranzystorów MOS, w tym modeli przeznaczonych dla układów analogowych (EKV, BSIM3) i tranzystorów bipolarnych. Elementy bierne.
4. Elementy i zjawiska pasożytnicze (4h): pasożytnicze elementy czynne, zjawisko "latch-up", pasożytnicze elementy bierne, sprzężenia pasożytnicze i ich modelowanie, efekty termiczne.
5.Statystyka procesów produkcyjnych (2h): klasyfikacja rozrzutów produkcyjnych, ich wpływ na rozrzuty parametrów elementów, modelowanie rozrzutów lokalnych ("device mismatch").
6.Podstawowe bloki funkcjonalne i ich praktyczna realizacja (6h): źródła i zwierciadła prądowe, źródła napięciowe, stopnie wzmacniające.
7.Wzmacniacze operacyjne, komparatory i ich praktyczna realizacja (6h): typowe układy, wzmocnienie, niezrównoważenie, szerokość pasma,"slew rate", liniowość, szumy.
8. Wybrane układy nieliniowe (2h)
9. Układy dużej mocy, buforowe, zabezpieczające (4h): specjalne warianty technologii i elementów, zabezpieczenia przeciw wyładowaniom elektrostatycznym i przeciążeniom.
Zakres laboratorium:
1. Wstęp: Zapoznanie się ze środowiskami i narzędziami CAD.
2. Część 1: Elementy, ich modele, statystyka parametrów. Na zajęciach studenci będą zapoznawać się z charakterystykami, parametrami, modelami i statystyką rozrzutów pojedynczego tranzystora MOS oraz pary tranzystorów w zależności od wymiarów i topografii tych elementów.
3. Część 2: Projekt układu źrodła prądowego lub podobnego układu: wybór układu, obliczenia "ręczne", symulacja elektryczna, projekt topografii, weryfikacja formalna i funkcjonalna, symulacja statystyczna, ocena wyniku projektu.
4. Część 3: Projekt wysokostabilnego źródła napięcia lub podobnego układu, obliczenia "ręczne", symulacja elektryczna, projekt topografii, weryfikacja formalna i funkcjonalna, ocena wyniku projektu.
5. Część 4: Projekt prostego układu wzmacniacza lub innego, z wykorzystaniem bloków zaprojektowanych uprzednio: obliczenia "ręczne", symulacja elektryczna, projekt topografii, weryfikacja formalna i funkcjonalna, ocena wyniku projektu.

**Metody oceny:**

Podstawą zaliczenia jest suma punktów z zajęć projektowych (P) i z dwóch testów z materiału wykładowego. Z zajęć projektowych można otrzymać maksymalnie 40 punktów (P), a z testów po 10 punktów(T1, T2). Łączna suma punktów wynosi: S = P + T1 + T2. Do zaliczenia przedmiotu trzeba spełnić łącznie następujące warunki:
- zaliczyć zajęcia projektowe (wymagana do zaliczenia suma punktów z tych zajęć: 22;
- zaliczyć testy (wymagana do zaliczenia suma punktów z obu testów: 13)
uzyskać łącznie S = 41 lub więcej.
Osoby, które uzyskają z testów mniej niż 13 punktów, będą mogły poprawić wynik w drodze ustnego sprawdzenia wiedzy.

Ocena końcowa będzie określona wg skali:
S<=40: 2
40<S<44: 3
43<S<47: 3,5
46<S<51: 4
50<S<55: 4,5
54<S: 5

**Egzamin:**

nie

**Literatura:**

F. Maloberti "Analog Design for CMOS VLSI Systems", Kluwer Academic Publishers, 2001
oraz materiały pomocnicze dostępne z witryny przedmiotu

**Witryna www przedmiotu:**

http://vlsi.imio.pw.edu.pl/puav/

**Uwagi:**

Liczba godzin pracy studenta wymagana dla osiągnięcia celów kształcenia zawiera 30 godzin wykładu, 30 godzin pracy w laboratorium z udziałem prowadzącego zajęcia oraz 60 godzin samodzielnej pracy w laboratorium nad projektami.

## Charakterystyki przedmiotowe

### Profil ogólnoakademicki - wiedza

**Charakterystyka W\_01:**

zna zasady modelowania elementów i symulacji analogowych układow scalonych

Weryfikacja:

test i wykonanie zadan laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W07

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W\_02:**

zna źródła i rodzaje rozrzutów produkcyjnych w mikroelektronice i ich wpływ na działanie układów analogowych

Weryfikacja:

test i wykonanie zadan laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08, K\_W12

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka W\_03:**

zna budowę podstawowych bloków analogowych układów scalonych

Weryfikacja:

test

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_W08

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - umiejętności

**Charakterystyka U\_01:**

potrafi prawidłowo wybrać modele elementów układu analogowego i wykonać symulacje układu

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11, K\_U15, K\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U\_02:**

potrafi wykonać symulacje statystyczne układu analogowego i ocenić jego produkowalność

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U11, K\_U15

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U\_03:**

potrafi sformułować specyfikację techniczną układu analogowego

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U13, K\_U17

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U\_04:**

potrafi zaprojektować analogowy układ scalony i zweryfikować poprawność projektu

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U16, K\_U21

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka U\_06:**

potrafi sporządzić dokumentację techniczną projektu

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_U06, K\_U10

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

### Profil ogólnoakademicki - kompetencje społeczne

**Charakterystyka K\_01:**

potrafi zorganizować pracę własną i małego zespołu projektantów

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K04, K\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**

**Charakterystyka K\_02:**

potrafi współpracować przy pracy zespołowej nad projektem układu

Weryfikacja:

wykonanie zadań laboratoryjnych

**Powiązane charakterystyki kierunkowe:** K\_K03, K\_K04, K\_K05

**Powiązane charakterystyki obszarowe:**