

**AGH**AGH UNIVERSITY OF SCIENCE
AND TECHNOLOGY

Nazwa modułu: Przystawy i układy półprzewodnikowe

Rok akademicki: 2017/2018 Kod: JFM-1-504-s Punkty ECTS: 9

Wydział: Fizyki i Informatyki Stosowanej

Kierunek: Fizyka Medyczna Specjalność: —

Poziom studiów: Studia I stopnia Forma i tryb studiów: Stacjonarne

Język wykładowy: Polski Profil kształcenia: Ogólnoakademicki (A) Semestr: 5

Strona www: —

Osoba odpowiedzialna: prof. dr hab. inż. Dąbrowski Władysław (w.dabrowski@ftj.agh.edu.pl)

Osoby prowadzące: prof. dr hab. inż. Dąbrowski Władysław (w.dabrowski@ftj.agh.edu.pl)
dr inż. Wiącek Piotr (wiacek@agh.edu.pl)
dr inż. Fiutowski Tomasz (tomasz.fiutowski@agh.edu.pl)

Opis efektów kształcenia dla modułu zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Powiązania z EKK	Sposób weryfikacji efektów kształcenia (forma zaliczeń)
Wiedza			
M_W004	Student posiada wiedzę na temat struktury pasmowej i mechanizmów transportu nośników w półprzewodnikach. Student zna budowę i zasadę działania diod i tranzystorów półprzewodnikowych. Student posiada wiedzę na temat charakterystyk prądowo-napięciowych tranzystorów. Student zna koncepcję małosygnałowego schematu zastępczego.	FM1A_W05, FM1A_W13	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium
M_W005	Student posiada wiedzę na temat jednostopniowych wzmacniaczy tranzystorowych. Student posiada wiedzę na temat struktury i parametrów wzmacniaczy różnicowych zbudowanych na tranzystorach bipolarnych i tranzystorach MOSFET.	FM1A_W05, FM1A_W13	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium
M_W006	Student posiada wiedzę na temat struktury układów scalonych CMOS i zna zasady skalowania w technologii CMOS.	FM1A_W05, FM1A_W13	Aktywność na zajęciach, Egzamin
Umiejętności			

M_U004	Student potrafi przeprowadzić analizę stałoprądową i małosygnałową prostych stopni wzmacniających zbudowanych na tranzystorach bipolarnych i MOSFET.	FM1A_U17	Aktywność na zajęciach, Egzamin, Kolokwium
M_U005	Student potrafi posługiwać się elektronicznymi przyrządami pomiarowymi i zestawić proste stanowisko pomiarowe. Student potrafi zmierzyć i opracować charakterystyki prostych analogowych obwodów elektronicznych.	FM1A_U20, FM1A_U17, FM1A_U18	Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
M_U006	Student potrafi zaprojektować proste kombinacyjne i sekwencyjne obwody logiczne. Student potrafi zweryfikować poprawność działania prostych obwodów logicznych.	FM1A_U20, FM1A_U17, FM1A_U18	Sprawozdanie, Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych
Kompetencje społeczne			
M_K001	Student potrafi pracować w zespole.	FM1A_K06	Wykonanie ćwiczeń laboratoryjnych

Matryca efektów kształcenia w odniesieniu do form zajęć

Kod EKM	Student, który zaliczył moduł zajęć wie/umie/potrafi	Forma zajęć										
		Wykład	Ćwiczenia audytoryjne	Ćwiczenia laboratoryjne	Ćwiczenia projektowe	Konwersatori um	Zajęcia seminaryjne	Zajęcia praktyczne	Zajęcia terenowe	Zajęcia warsztatowe	Inne	E-learning
Wiedza												
M_W004	Student posiada wiedzę na temat struktury pasmowej i mechanizmów transportu nośników w półprzewodnikach. Student zna budowę i zasadę działania diod i tranzystorów półprzewodnikowych. Student posiada wiedzę na temat charakterystyk prądowo-napięciowych tranzystorów. Student zna koncepcję małosygnałowego schematu zastępczego.	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W005	Student posiada wiedzę na temat jednostopniowych wzmacniaczy tranzystorowych. Student posiada wiedzę na temat struktury i parametrów wzmacniaczy różnicowych zbudowanych na tranzystorach bipolarnych i tranzystorach MOSFET.	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_W006	Student posiada wiedzę na temat struktury układów scalonych CMOS i zna zasady skalowania w technologii CMOS.	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Umiejętności												
M_U004	Student potrafi przeprowadzić analizę stałoprądową i małosygnalową prostych stopni wzmacniających zbudowanych na tranzystorach bipolarnych i MOSFET.	-	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U005	Student potrafi posługiwać się elektronicznymi przyrządami pomiarowymi i zestawić proste stanowisko pomiarowe. Student potrafi zmierzyć i opracować charakterystyki prostych analogowych obwodów elektronicznych.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
M_U006	Student potrafi zaprojektować proste kombinacyjne i sekwencyjne obwody logiczne. Student potrafi zweryfikować poprawność działania prostych obwodów logicznych.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Kompetencje społeczne												
M_K001	Student potrafi pracować w zespole.	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-

Treść modułu zajęć (program wykładów i pozostałych zajęć)

Wykład

1. Podstawy fizyki półprzewodników

Półprzewodniki samoistne, półprzewodniki domieszkowane, równowagowe koncentracje nośników.

2. Transport nośników w półprzewodnikach

Dryf i dyfuzja nośników ładunku, procesy generacyjno-rekombinacyjne w półprzewodnikach, czas życia nośników mniejszościowych.

3. Złącze półprzewodnikowe p-n

Polaryzacja diody w kierunku przewodzenia i zaporowym, charakterystyka prądowo-napięciowa diody, pojemność złączowa.

4. Elektryczny schemat zastępczy diody

Wielosygnalowy i małosygnalowy elektryczny schemat zastępczy diody.

Zastosowanie diod w prostownikach napięcia.

5. Przyrządy optoelektroniczne oparte na złączu półprzewodnikowym

Fotodiody, fotodiody lawinowe, diody elektroluminescencyjne, laser półprzewodnikowy.

6. Tranzystor bipolarny

Budowa i zasada działania tranzystora, charakterystyki stałoprądowe, małosygnalowy schemat zastępczy, współczynniki wzmocnienia prądowego β i β_{AC}

7. Tranzystor bipolarny jako wzmacniacz

Podstawowe konfiguracje pracy tranzystora bipolarnego: wspólny emiter, wspólna baza, wspólny kolektor, polaryzacja stałoprądowa, małosygnalowe schematy zastępcze i parametry małosygnalowe.

8. Tranzystor polowy MOSFET

Budowa i zasada działania tranzystora polowego, charakterystyki stałoprądowe, skalowanie charakterystyk stałoprądowych, obszary pracy tranzystora polowego MOS: podprogowy, słabej inwersji, silnej inwersji.

9. Tranzystor polowy MOSFET jako wzmacniacz

Podstawowe konfiguracje pracy tranzystora polowego MOS: wspólne źródło, wspólna bramka, wspólny dren, polaryzacja stałoprądowa, małosygnałowe schematy zastępcze i parametry małosygnałowe.

10. Lustro prądowe

Zasada działania i właściwości lustra prądowego zbudowanego na tranzystorach bipolarnych, zasada działania i właściwości lustra prądowego zbudowanego na tranzystorach MOSFET, zastosowanie lusterek prądowych w obwodach elektronicznych: wzmacniacz prądowy, obciążenie aktywne.

11. Parametry i charakterystyki tranzystorów w zakresie wysokich częstotliwości

Wysokoczęstotliwościowy schemat zastępczy tranzystora bipolarnego, wysokoczęstotliwościowy schemat zastępczy tranzystora polowego MOSFET, wzmacniacz kaskodowy.

12. Wzmacniacz różnicowy na tranzystorach bipolarnych

Budowa, charakterystyki wielkosygnałowe, małosygnałowy schemat zastępczy, wzmocnienie różnicowe, wzmocnienie wspólne, współczynnik tłumienia sygnału wspólnego

13. Wzmacniacz różnicowy na tranzystorach polowych MOSFET

Budowa, zasada działania, charakterystyki wielkosygnałowe, małosygnałowy schemat zastępczy, wzmocnienie różnicowe, wzmocnienie wspólne, współczynnik tłumienia sygnału wspólnego

14. Podstawy technologii CMOS

Struktura fizyczna układów scalonych CMOS i podstawowe etapy procesu technologicznego, zasady skalowania w technologiach CMOS

15. Budowa i właściwości podstawowych bramek logicznych w technologii CMOS
Charakterystyki stałoprądowe i dynamiczne inwertera, budowa i charakterystyki bramek NAND i NOR w technologii CMOS

Ćwiczenia audytoryjne

1. Transport nośników w półprzewodnikach i złącze p-n

Efekty kształcenia:

- Student potrafi oszacować przewodnictwo elektryczne półprzewodnika na podstawie danych o domieszkowaniu, temperaturze i ruchliwości nośników.
- Student potrafi wyliczyć rozkład pola elektrycznego w złączu.
- Student potrafi wyliczyć grubość i pojemność warstwy złączowej na podstawie danych o domieszkowaniu i napięciu polaryzacji.
- Student potrafi oszacować pasmo przenoszenia wzmacniacza jednostopniowego.

2. Tranzystor bipolarny

Efekty kształcenia:

- Student potrafi wyliczyć punkt pracy tranzystora bipolarnego dla zadanego schematu polaryzacji
- Student potrafi narysować małosygnałowy schemat zastępczy wzmacniacza jednostopniowego i wyznaczyć jego parametry: wzmocnienie, rezystancje wejściową i rezystancje wyjściową.
- Student potrafi oszacować pasmo przenoszenia wzmacniacza jednostopniowego zbudowanego na tranzystorze bipolarnym.

3. Tranzystor MOSFET

Efekty kształcenia:

- Student potrafi wyliczyć punkt pracy tranzystora MOSFET dla zadanego schematu polaryzacji
- Student potrafi narysować małosygnałowy schemat zastępczy wzmacniacza jednostopniowego i wyznaczyć jego parametry: wzmocnienie, rezystancje wejściową i rezystancje wyjściową.
- Student potrafi oszacować pasmo przenoszenia wzmacniacza jednostopniowego zbudowanego na tranzystorze MOSFET.

4. Wzmacniacze różnicowe

Efekty kształcenia:

- Student potrafi wyliczyć wzmocnienie dla podstawowych konfiguracji wzmacniaczy różnicowych.
- Student potrafi oszacować współczynnik tłumienia sygnału wspólnego dla podstawowych konfiguracji wzmacniaczy różnicowych.

Ćwiczenia laboratoryjne

1. Linia transmisyjna

Efekty kształcenia:

- Student potrafi wyznaczyć współczynniki odbicia linii w zależności od obciążenia.
- Student potrafi określić warunki dopasowania wejścia i wyjścia linii na podstawie zaobserwowanego przebiegu.
- Student potrafi podać warunki wystąpienia efektu pojemnościowego linii długiej.
- Student potrafi wyznaczyć współczynnik tłumienia linii długiej.

2. Filtry

Efekty kształcenia:

- Student potrafi zbudować proste filtry biernie górno-, dolno- i pasmowo-przepustowe.
- Student potrafi zmierzyć charakterystykę amplitudowo-częstotliwościową układu.
- Student potrafi wyznaczyć częstotliwość graniczną badanego filtra.
- Student potrafi zbudować filtry aktywne: o tłumieniu krytycznym, Butterwortha, Chebyszewa, Bessela.

3. Wzmacniacz operacyjny w układach liniowych

Efekty kształcenia:

- Student potrafi zbudować wtórnik napięcia.
- Student potrafi wyznaczyć szybkość narastania sygnału na wyjściu układu.
- Student potrafi zbudować wzmacniacz odwracający i nieodwracający o zadanym wzmocnieniu.
- Student potrafi określić zależność pomiędzy wzmocnieniem a pasmem przenoszenia wzmacniacza.

4. Charakterystyki tranzystorów bipolarnych i FET

Efekty kształcenia:

- Student potrafi zbudować układ pomiarowy zapewniający jednoczesny pomiar napięcia i natężenia prądu.
- Student potrafi poprawnie spolaryzować tranzystor bipolarny i FET.
- Student potrafi wyznaczyć charakterystyki przejściowe i wyjściowe tranzystorów.
- Student potrafi określić obszar pracy aktywnej normalnej tranzystora.

5. Kombinacyjne układy logiczne

Efekty kształcenia:

- Student potrafi w postaci sumy iloczynów zrealizować podstawowe funkcje logiczne: NOT, AND, NAND, OR, NOR, XOR, XNOR.
- Student potrafi zaprojektować prosty multiplekser 2 do 1 i uogólnić projekt dla większej liczby wejść.
- Student potrafi zbudować dekodery kodu 1 z 8 na kod wyświetlacza 7-mio segmentowego.

- Student potrafi zbudować dekodер kodu binarnego na kod wyświetlacza 7-mio segmentowego.

6. Sekwencyjne układy logiczne

Efekty kształcenia:

- Student potrafi zbudować licznik o zadanej pojemności liczący w kodzie binarnym w przód, w tył i rewersyjny.
- Student potrafi zbudować licznik liczący w kodzie Gray'a.
- Student potrafi zbudować konwerter z kodu Gray'a na kod BCD.

Sposób obliczania oceny końcowej

Uzyskanie pozytywnej oceny końcowej wymaga uzyskania pozytywnych ocen z egzaminu, ćwiczeń audytoryjnych i ćwiczeń laboratoryjnych. Ocena końcowa (OK) obliczana jest jako średnia arytmetyczna ocen z egzaminu (E), ćwiczeń audytoryjnych © i ćwiczeń laboratoryjnych (L): $OK = (E+C+L)/3$

Wymagania wstępne i dodatkowe

- Znajomość podstaw teorii obwodów i podstaw elektronik na poziomie kursu Podstawy elektroniki.
- Znajomość fizyki ciała stałego na poziomie podstawowego kursu fizyki.

Zalecana literatura i pomoce naukowe

M. Nadachowski, Z. Kulka, Analogowe układy scalone. Warszawa, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, 1985.

Elementy i układy elektroniczne. Cz. 1 i Cz. 2. pod red. Stanisława Kutę. Kraków, AGH Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne, 2000.

P. Horowitz, W. Hill, Sztuka elektroniki Cz. 1 i Cz. 2, Warszawa, Wydawnictwa Komunikacji i Łączności, 2003.

U. Tietze, Ch. Schenk. Układy półprzewodnikowe, WNT, Warszawa 1998.

J. Kalisz, Podstawy elektroniki cyfrowej, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2002.

J. D. Irvine, R.M. Nelms, Basic Engineering Circuit Analysis, International Student Version, Ninth Edition, John Wiley & Sons Inc. 2008.

B. Razavi, Fundamentals of Microelectronics, John Wiley & Sons Inc. 2008.

Publikacje naukowe osób prowadzących zajęcia związane z tematyką modułu

Nie podano dodatkowych publikacji

Informacje dodatkowe

1. Warunkiem przystąpienia do egzaminu jest uzyskanie pozytywnej oceny z ćwiczeń audytoryjnych i z ćwiczeń laboratoryjnych.
2. Zaliczenie ćwiczeń audytoryjnych student uzyskuje na podstawie ocen cząstkowych ze sprawdzianów pisemnych przeprowadzanych regularnie w czasie trwania semestru. Student, który bez usprawiedliwienia opuścił więcej niż 2 ćwiczenia audytoryjne w danym semestrze, nie uzyskuje zaliczenia i zostaje pozbawiony możliwości poprawkowego zaliczenia zajęć.
3. W razie nieobecności na ćwiczeniach audytoryjnych student jest zobowiązany do samodzielnego opanowania przerabianego na tych zajęciach materiału. W przypadkach nieobecności na sprawdzianie studentowi przysługuje możliwość napisania opuszczonego sprawdzianu w wyznaczonym przez prowadzącego terminie, lecz nie później niż w ciągu dwóch tygodni od daty nieobecności.
4. Podstawowym terminem uzyskania zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych jest koniec zajęć w danym semestrze. Student może dwukrotnie przystąpić do poprawkowego zaliczenia ćwiczeń audytoryjnych w terminach ustalonych przez prowadzącego zajęcia.
5. Warunkiem zaliczenia ćwiczeń laboratoryjnych jest uzyskanie pozytywnych ocen cząstkowych ze wszystkich ćwiczeń przewidzianych w programie. W razie nieobecności na ćwiczeniach laboratoryjnych studentowi przysługuje możliwość wykonania tych ćwiczeń w wyznaczonym przez prowadzącego terminie.
6. Student, który bez usprawiedliwienia opuścił więcej niż 2 ćwiczenia laboratoryjne w danym semestrze, zostaje pozbawiony możliwości wykonania tych ćwiczeń w dodatkowym terminie i nie uzyskuje zaliczenia.

Nakład pracy studenta (bilans punktów ECTS)

Forma aktywności studenta	Obciążenie studenta
Egzamin lub kolokwium zaliczeniowe	2 godz
Udział w wykładach	30 godz
Samodzielne studiowanie tematyki zajęć	61 godz
Udział w ćwiczeniach audytoryjnych	30 godz
Przygotowanie do zajęć	28 godz
Udział w ćwiczeniach laboratoryjnych	30 godz
Przygotowanie sprawozdania, pracy pisemnej, prezentacji, itp.	44 godz
Sumaryczne obciążenie pracą studenta	225 godz
Punkty ECTS za moduł	9 ECTS