

**Autor/Zespół Autorski:**

*dr hab. inż. Piotr Wieczorek*

*mgr inż. Maciej Radtke*

**Laboratorium Elektroniki Analogowej 1 (LELA1)**  
***Laboratory of Analog Electronics 1***

**Poziom kształcenia:** *I stopień*

**Forma i tryb prowadzenia przedmiotu:** *stacjonarna*

**Kierunek studiów:** *Elektronika*

**Specjalność:** *Elektronika i Fotonika*

**Grupa przedmiotów:**

**Poziom przedmiotu:** *podstawowy*

**Status przedmiotu:** *obowiązkowy*

**Język przedmiotu:** *polski*

**Semestr nominalny:** *4*

**Minimalny numer semestru:** *4*

**Wymagania wstępne, zalecane przedmioty poprzedzające:** *Teoria Obwodów (TOB),  
Podstawy Pomiarów Wielkości Elektrycznych (POME), Elektronika Analogowa 1 (ELA1)*

**Limit liczby studentów:** *150*

**Powód zgłoszenia przedmiotu:** *modyfikacja i unowocześnienie programu studiów dla kierunku Elektronika, zmiana specjalności EiK na Elektronika i Fotonika.*

**Cel przedmiotu:** *Celem przedmiotu jest zapoznanie studentów z praktyczną stroną realizacji podstawowych układów elektronicznych. W trakcie ćwiczeń laboratoryjnych studenci zapoznają się z właściwościami i ograniczeniami badanych układów, mogą też skonfrontować ich rzeczywiste działanie z zachowaniem teoretycznym, poznany w trakcie przedmiotu poprzedzającego o odpowiadającej tematyce (ELA 1). Większość ćwiczeń jest poprzedzona koniecznością wykonania niewielkiego projektu badanego układu, co pozwala na dokładniejsze poznanie zasad jego działania.*

**Treść kształcenia:**

**Informacje ogólne:**

Zajęcia laboratoryjne są podzielone na osiem trzygodzinnych ćwiczeń, z czego oceny z siedmiu (ćwiczenia od 2 do 8) są brane pod uwagę przy wystawianiu oceny końcowej.

Wykonanie ćwiczenia polega na zmontowaniu zaprojektowanego wcześniej układu na dedykowanej płytce laboratoryjnej, zbadaniu jego właściwości, pomiarach podstawowych parametrów, a następnie zestawieniu uzyskanych wyników z teoretycznymi i wyciągnięciu wniosków.

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

Z wykonanych w laboratorium doświadczeń studenci sporządzają pisemne sprawozdanie. Podstawą wystawienia oceny z wykonania ćwiczenia jest zawartość sprawozdania, ocena pracy w laboratorium oraz, ewentualnie, indywidualna rozmowa zaliczeniowa.

Projekt wstępny jest przygotowywany samodzielnie przed zajęciami, z użyciem zarówno obliczeń ręcznych, jak i symulacji (jednak nie dopuszcza się projektowania wyłącznie symulacyjnego, metodą „prób i błędów”).

W szczególnych przypadkach, na życzenie studenta, treść ćwiczenia może zostać zmodyfikowana. Badany układ może zostać zmontowany (zlutowany) na płycie uniwersalnej, może być też zbadany własny układ, o cechach odpowiadających tematyce ćwiczenia. Takie działania wymagają wcześniejszej, indywidualnej zgody osoby prowadzącej zajęcia laboratoryjne.

Instrukcje do ćwiczeń, opisy sprzętu laboratoryjnego i dydaktyczne materiały pomocnicze są na bieżąco publikowane na stronie internetowej przedmiotu.

### ***Tematy ćwiczeń laboratoryjnych:***

#### **1. Ćwiczenie wprowadzające**

Wprowadzenie do laboratorium, zapoznanie się z zasadami pracy oraz ze sprzętem laboratoryjnym.

Realizacja prostego układu (zaproponowanego przez prowadzącego zajęcia) na uniwersalnej uruchomieniowej płycie laboratoryjnej. Pomiary z użyciem wszystkich dostępnych w laboratorium przyrządów pomiarowych, opracowanie wyników przeprowadzonych pomiarów i obserwacji.

#### **2. Wzmacniacz jednotranzystorowy w konfiguracjach WE i WB**

Projekt wzmacniaczy jednotranzystorowych o zadanych parametrach, pracujących w układach WE i WB. Montaż zaprojektowanych układów na płycie uruchomieniowej. Obserwacja charakterystycznych cech zmontowanych układów. Pomiary uzyskanych parametrów i ich zestawienie z parametrami przewidywanymi teoretycznie, analiza przyczyn wystąpienia niezgodności. Ograniczenia amplitudy wzmacnianego sygnału, nieliniowość. Porównanie właściwości wzmacniaczy pracujących w dwóch zbadanych konfiguracjach.

#### **3. Wtórnik: układy WK i WD**

Projekt wtórników o zadanych parametrach, zbudowanych z tranzystorów: bipolarnego i unipolarnego. Montaż zaprojektowanych układów na płycie uruchomieniowej. Obserwacja charakterystycznych cech zmontowanych układów. Pomiary uzyskanych parametrów i ich zestawienie z parametrami przewidywanymi teoretycznie, analiza przyczyn wystąpienia niezgodności. Ograniczenia dynamiki. Porównanie właściwości wtórników zbudowanych przy użyciu dwóch podstawowych typów tranzystorów.

#### **4. Źródła prądowe**

Badanie tranzystorów: bipolarnego i unipolarnego, użytych jako źródła prądu. Proste źródła prądowe i ich rezystancja wewnętrzna (upływu). Wpływ rezystancji włączonej szeregowo w obwód emitera/drenu na upływność źródła prądowego. Lustro prądowe. Precyzyjne źródło prądowe ze wzmacniaczem operacyjnym, jego właściwości i ograniczenia.

#### **5. Układ różnicowy**

Badanie właściwości układów różnicowych zbudowanych z tranzystorów bipolarnych i unipolarnych. Wzmocnienie różnicowe i wzmocnienie składowej wspólnej, CMRR. Wzmacniacz różnicowy

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

z lustrem prądowym, jego właściwości i ograniczenia. Rozszerzenie zakresu liniowej pracy: wzmacniacz różnicowy z poszerzoną strefą przejściową.

### 6. Wzmacniacz operacyjny I

Projekt wzmacniacza o zadanym wzmocnieniu i konfiguracji, montaż układu na płytce laboratoryjnej. Uruchomienie układu, pomiar uzyskanych parametrów. Podstawowe ograniczenia wzmacniacza operacyjnego: slew-rate, pole wzmocnienia, drop-out i ich wpływ na właściwości badanego układu.

### 7. Przelączniki elektroniczne

Tranzystory bipolarne i unipolarne jako przelączniki elektroniczne. Dobór sposobu sterowania, związek warunków sterowania z szybkością przelączania klucza. Porównanie cech kluczy zbudowanych z różnych rodzajów i typów tranzystorów. Przelącznik prądowy, bramka diodowa.

### 8. Stabilizatory napięcia stałego o pracy ciągłej

Badanie właściwości stabilizatora równoległego. Współczynnik stabilizacji i rezystancja wewnętrzna. Stabilizator szeregowy i jego właściwości, porównanie ze stabilizatorem równoległym. Stabilizator ze wzmacniaczem błędu i sprzężeniem zwrotnym.

**Egzamin:** *nie*

#### Literatura:

1. U. Tietze, Ch. Schenk, Układy półprzewodnikowe, WNT 2009
2. P. Horowitz, W. Hill, Sztuka elektroniki, WKŁ 2018
3. M. Rusek, J. Pasierbiński, Elementy i układy elektroniczne w pytaniach i odpowiedziach. WNT, 2006
4. R. Jacob Baker, CMOS: Circuit Design, Layout, and Simulation, Wiley, IEEE press, 2010
5. Dydaktyczne materiały pomocnicze do ćwiczeń (różnych autorów), publikowane na stronie internetowej przedmiotu.

#### Oprogramowanie:

Symulator obwodowy SPICE, środowisko Matlab, system operacyjny Windows lub Linux

**Wymiar godzinowy zajęć:**

W	C	L	P	
-	-	2	-	(30h/sem.)

**Wymiar w jednostkach ECTS:** 2

#### Liczba godzin pracy studenta związanych z osiągnięciem efektów kształcenia (opis):

1. Liczba godzin kontaktowych: 35 godz., w tym
  - obecność na laboratorium 30 godz.,
  - konsultacje i zaliczenia 5 godz.

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

2. *Praca własna studenta: 15 godz., w tym przygotowanie do laboratorium 15 godz.*

**Łączny nakład pracy studenta wynosi 50 godz., co odpowiada 2 pkt. ECTS.**

**Liczba punktów ECTS na zajęciach wymagających bezpośredniego udziału nauczycieli akademickich: 1,4 pkt. ECTS, co odpowiada 35 godz. kontaktowym.**

**Liczba punktów ECTS, którą student uzyskuje w ramach zajęć o charakterze praktycznym: 1,2 pkt. ECTS, co odpowiada 30 godz. ćwiczeń laboratoryjnych.**

### 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
<b>WIEDZA</b>			
W1: Ma uporządkowaną, podbudowaną teoretycznie wiedzę w zakresie podstawowych układów analogowych.	laboratorium	projekt, laboratorium	K1_W08
W2: Ma szczegółową wiedzę w obszarze analogowych układów elektronicznych.	laboratorium	projekt, laboratorium	K1_W12
<b>UMIĘJĘTNOŚCI</b>			
U1: Potrafi zastosować poznane metody, modele matematyczne i narzędzia do analizy obwodów elektrycznych, elementów elektronicznych, analogowych układów elektronicznych oraz prostych systemów elektronicznych.	laboratorium	projekt	K1_U11
U2: Potrafi posłużyć się właściwie dobranymi metodami i urządzeniami umożliwiającymi pomiar charakterystyk elektrycznych elementów elektronicznych oraz prostych układów i systemów elektronicznych, a także opracować i przedstawić ich wyniki oraz wyciągnąć właściwe wnioski.	laboratorium	laboratorium	K1_U12 K1_U21
U3: Potrafi porównać konstrukcje elementów i prostych układów i systemów elektronicznych stosując określone kryteria użytkowe (np. szybkość działania, pobór mocy).	laboratorium	projekt, laboratorium	K1_U13
U4: Potrafi zaprojektować z uwzględnieniem zadanych kryteriów technicznych i ekonomicznych, używając właściwych metod, technik i narzędzi, analogowe układy i systemy elektroniczne.	laboratorium	projekt, laboratorium	K1_U16
U5: Potrafi korzystać z kart katalogowych i not aplikacyjnych w celu dobrania odpowiednich komponentów projektowanego układu lub	laboratorium	projekt, laboratorium	K1_U19

## Wydziałowa Komisja Akredytacji Przedmiotów (WKAP)

systemu elektronicznego.			
<b>KOMPETENCJE SPOŁECZNE</b>			
K1: ma orientację zawodową w obszarze praktycznych zagadnień elektronicznych i jest świadomy konieczności ciągłego procesu samodoskonalenia się w kierunku zwiększania swoich kompetencji.	laboratorium	projekt, laboratorium	K1_K01