



# Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### 1. Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Перший (бакалаврський)</i>
Галузь знань	10 Природничі науки
Спеціальність	105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма	Прикладна фізика
Статус дисципліни	Вибіркова (цикл професійної підготовки)
Форма навчання	очна(денна)
Рік підготовки, семестр	4-й рік підготовки, Осінній семестр
Обсяг дисципліни	Загальна кількість: 120 год. Лекційних занять: 36 год. Лабораторних занять: 28 год. Самостійна робота студентів: 56 год.
Семестровий контроль/ контрольні заходи	залік, поточний контроль, модульна контрольна робота, реферат
Розклад занять	<a href="http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses">http://ipt.kpi.ua/navchalnij-protses</a>
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: доктор біологічних наук, професор, академік НАН України <i>Веселовський Микола Сергійович</i> , контактні дані e-mail: <a href="mailto:nsvesel@biph.kiev.ua">nsvesel@biph.kiev.ua</a> , тел. 044-256-2423, Лабораторні: д.б.н., професор, академік НАН України <i>Веселовський Микола Сергійович</i> , контактні дані e-mail: <a href="mailto:nsvesel@biph.kiev.ua">nsvesel@biph.kiev.ua</a> , тел. 044-256-2423 Профіль викладача <a href="https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&amp;user=qJV2_0YAAAAJ">https://scholar.google.com.ua/citations?hl=ru&amp;user=qJV2_0YAAAAJ</a>
Розміщення курсу	<a href="#">Посилання на дистанційний ресурс (Moodle, Google classroom, тощо)</a>

### 2. Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Дисципліна «Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень» відноситься до варіативної частини професійного циклу дисциплін. Студенти, які обрали цикл дисциплін, біологічного профілю для успішного засвоєння даної дисципліни повинні мати знання з таких дисциплін, як «фізика» (ЗН 1), «числові методи математики та методи математичної фізики» (ЗН 2); «хімія» (ЗН 3), «основи загальної біології та біохімії» (ЗН 20). Вивченню даної дисципліни передують вивчення дисципліни «Радіоелектроніка для електрофізіологічних досліджень» та дає базові знання принципів будови та роботи обладнання для електрофізіологічних досліджень. Мета предмету «Радіоелектроніка та мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень» полягає у формуванні у студентів знань та умінь з основ радіо- та мікроелектроніки, а також у

формуванні у студентів професійних компетентностей та вміння орієнтуватися в тенденціях розвитку біологічної науки.

Після засвоєння кредитного модуля студент має продемонструвати професійні компетентності: Здатність до постійного розвитку компетентностей у сфері прикладної фізики, інженерії та комп'ютерних технологій (ФК 5), здатність використовувати сучасні теоретичні уявлення в галузі фізики для аналізу фізичних систем (ФК 6); здатність використовувати методи і засоби теоретичного дослідження та математичного моделювання в професійній діяльності (ФК 7), здатність працювати в колективах виконавців, у тому числі в міждисциплінарних проектах (ФК 8).

Силабус навчальної дисципліни «Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень» розроблений на основі принципу конструктивного вирівнювання, що дозволяє передбачити необхідні навчальні завдання та активності, які потрібні студентам для досягнення очікуваних результатів навчання, а потім спроектувати навчальний досвід таким чином, щоб максимально збільшити можливості студентів досягти бажаних результатів. Для виконання завдань викладача студенту необхідно вміти застосовувати знання та навички, отримані з загального курсу фізики електрика, електроніка та ін. Фінальним завданням є домашня контрольна робота з побудови електричної схеми та її моделювання в програмі Micro-Cap 12.

Під час навчання враховуються фактори, які впливають на навчання студентів, принципи ефективного навчання тощо. Навчання здійснюється на основі взаємодії студента і викладача та застосовуються:

- стратегії активного і колективного навчання;
- особистісно-орієнтовані розвиваючі технології, засновані на активних формах і методах навчання, парна робота, метод мозкового штурму, метод кейс-стаді, ділові ігри, дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, круглий стіл тощо;
- евристичні методи (методи створення ідей, методи вирішення творчих завдань, методи активізації творчого мислення);
- метод проблемно-орієнтованого навчання.

Ведеться облік виконання студентами плану навчальної дисципліни, графіку виконання навчальних завдань та оцінювання студентів.

## **2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)**

Студенти, які обрали цикл дисциплін біологічного профілю, для успішного засвоєння даної дисципліни повинні мати знання з таких дисциплін, як «фізика» (ЗН 1), «числові методи математики та методи математичної фізики» (ЗН 2); «хімія» (ЗН 3), «основи загальної біології та біохімії» (ЗН 20).

Для засвоєння матеріалу курсу студенти повинні мати навички розв'язування задач в рамках базових курсів загальної фізики та електроніки, вищої математики та програмування.

При вивченні курсу «Мікроелектроніка для електрофізіологічних експериментів» використовуватимуться теоретичні знання та практичні навички які отримані в результаті вивчення суміжного курсу «Основи радіоелектроніки для електрофізіологічних досліджень».

Для засвоєння матеріалу курсу студенти повинні мати навички розв'язування задач в рамках базових курсів загальної фізики та електроніки, вищої математики та програмування.

В результаті вивчення навчальної дисципліни «Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень» студенти зможуть:

3. Орієнтуватися в сучасних методах електрофізіологічних досліджень та знаходити науково-технічну інформацію з різних джерел з використанням сучасних інформаційних технологій (ПРН 11).
4. Розробляти електричні схеми та їх моделювати в програмі Micro-Cap. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для вирішення завдань при дослідженні живих об'єктів, базуючись на знанні сучасної фізики на рівні, достатньому для розв'язання практичних проблем прикладної фізики (ПРН 1).
5. Використовувати професійні знання для вирішення практичних задач в галузі електрофізіології, керуючись знаннями основ професійно-орієнтованих дисциплін спеціальності для розв'язання практичних проблем прикладної фізики (ПРН 5).
6. Вибирати методи та інструментальні засоби проведення досліджень у галузі прикладної фізики, зокрема фізики живих систем, користуватись обладнанням та устаткуванням для здійснення фізичного експерименту та обробляти і аналізувати результати (ПРН 10).
7. Застосовувати знання закономірностей розвитку прикладної фізики, її місця в розвитку техніки, технологій і суспільства, у тому числі в розв'язанні екологічних проблем (ПРН 8).
8. Застосовувати фізичні, математичні та комп'ютерні моделі для дослідження фізичних явищ, розробки приладів, нових матеріалів, речовин і наукоємних технологій (ПРН 9).

### **3. Зміст навчальної дисципліни**

*Надається перелік розділів і тем всієї дисципліни.*

Розділ 1. Введення в предмет. Мікроелектронні та радіоелектронні компоненти.

Тема 1.1. Загальна характеристика мікроелектроніки.

Тема 1.2. Фізичні явища у напівпровідниках, що закладені в основу роботи різних приладів, інтегральних мікросхем та їх елементів.

Тема 1.3. Пасивні мікроелектронні компоненти

Тема 1.4. Активні мікроелектронні компоненти

Тема 1.5. **Пасивні радіоелектронні компоненти.**

Тема 1.6. **Активні радіоелектронні компоненти.**

Розділ 2. Мікроелектронна схемотехніка

Тема 2.1. Вхідні диференційні підсилювачі інтегрованих мікросхем

Тема 2.2. **Підсилювачі напруги і допоміжні каскади.**

Тема 2.3. Вихідні каскади

Тема 2.4. Базові логічні елементи

Розділ 3. **Об'єкти та методи дослідження в електрофізіології.**

Тема 3.1. Позаклітинне відведення електричних сигналів від нервових клітин та нервових волокон спеціалізованим підсилювачем

Тема 3.2. Метод фіксації потенціалу при відведенні електричних сигналів від нервових клітин.

Тема 3.3. Метод фіксації струму при відведенні електричних сигналів від нервових клітин

Тема 3.4. Блок-схеми для модифікованих методів відведення сигналів від живого об'єкта за допомогою багатофункціонального підсилювача

Тема 3.5. Стимулятори

Тема 3.6. Оптичні та методи дослідження живих об'єктів

Тема 3.7. Полярнографічні методи в електрофізіології

Тема 3.8. Електрохімічні сенсори на основі польових транзисторів

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

Нижче наводиться перелік навчальних матеріалів та ресурсів для засвоєння матеріалу, який розглядається на лекційних заняттях та запропонований для додаткового вивчення.

##### Базова література

Фолкенберри Л., Применения операционных усилителей и линейных ИС, // перевод с английского под ред. К. техн. н. М.В. Гальперина/ М.: Мир. – 1985. – 572 с.

2. [Прищеп М. М., Погребняк В. П.](#) Мікроелектроніка: В 3 ч. Ч. 2. Елементи мікросхемотехніки: Навч. посіб. / За ред. [М. М., Прищепи.](#) – К.: Вища шк., 2006. – 503 с.

3. [Прищеп М. М., Погребняк В. П.](#) Мікроелектроніка. Елементи мікросхем. Збірник задач. Навч. посіб. / За ред. [М. М., Прищепи.](#) — К.: Вища шк., 2005. — 167 с

4. Хоровиц П., Хилл У., Искусство схемотехники: Пер. с англ. - Изд. 2-е. - М.: Издательство БИНОМ 2014. - 704 с.

5. Волович Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. — М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2005. — 528 с.

6. Сигворс Ф., Сакман Б., Неер Э. и др., Регистрация одиночных каналов: Пер. с англ./ Под ред. Сакмана и Б. и Неера Э. - М.: Мир, 1987. - 448 с.

7. Первес Р., Микроэлектродные методы внутриклеточной регистрации и ионофореза: Пер. с англ. - М.: Мир, 1983. \_ 208 с.

8. Основи реєстрації та аналізу біосигналів. Навчальний посібник / О.Г. Аврунін, В.В. Семенець, В.Г. Абакумов, З.Ю. Готра, С.М. Злепко, А.В. Кіпенський, С.В. Павлов. – Харків: ХНУРЕ, 2019. – 400 с.

##### Допоміжна література

1. Парфенов О. Д. Технология микросхем / О. Д. Парфенов. – М. : Высш. шк., 1986. – 320 с.

2. Павлов С. М. Основи мікроелектроніки : навч. посіб. / С. М. Павлов. – Вінниця : ВНТУ, 2010. – 224 с.

3. Ефимов И. Е. Основы микроэлектроники / И. Е. Ефимов, И. Я. Козырь. – М.: Высш. шк., 1983. – 384 с.

4. Гутников В.С. Интегральная электроника в измерительных устройствах. 2-е изд., перераб. и доп. - Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1988. - 304 с.

5. Алексенко А.Г. Коломбет Е.А., Стародуб Г.И., Применение прецизионных аналоговых микросхем/ - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1985. - 304 с.

6. Прищеп М.М., Лозовий С.В. , Іон-селективні польові транзистори розрахунок порогової напруги. Функціональна електроніка. Мікро- та наноелектронна техніка. - Вісник Національного технічного університету України "КПІ" Серія – Радіотехніка. Радіоапаратобудування.-2012.-№50, с. 105 – 113.

7. Костюк П.Г., Микроэлектродная техника./ Киев, Изд. АН УкрССР, 1960г. 128 с.

##### Студенти можуть поглибити свої знання, скориставшись інформаційними ресурсами:

1. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/857> Основи радіоелектроніки. Частина 1[Електронний ресурс] : навчальний посібник для підготовки фахівців напряму 6.050902 «Радіоелектронні апарати» / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. П. Смирнов. - Електронні текстові дані (1 файл: 2,80 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2010.

2. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/1856> Основи радіоелектроніки. Частина 2 [Електронний ресурс] : навчальний посібник для підготовки фахівців напряму 6.050902 «Радіоелектронні апарати» / НТУУ «КПІ» ; уклад. В. П. Смирнов. - Електронні текстові дані (1 файл: 2,55 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2011.

3. <https://www.moleculardevices.com/en/assets/ebook/dd/cns/axon-guide-to-electrophysiology-and-biophysics-laboratory-techniques#ref> The Axon Guide/ Electrophysiology and Biophysics Laboratory Techniques.

4. <http://journals.uran.ua/index.php/wissn021/article/download/135539/132393> Никифорова Л. Є. , Пристрій для електрофізіологічних досліджень рослинних біоб'єктів ./ с. 107 – 109./ Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. 2017. - Вип. 186. – с. 107 – 109.

## 9. Навчальний контент

### 5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Заплановані лекційні заняття за темами з розкриттям основних питань:

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
<b>Розділ 1. Введення в предмет. Мікроелектронні та радіоелектронні компоненти компоненти.</b>	
1	<b>Загальна характеристика мікроелектроніки.</b> Мікроелектроніка, як розділ електроніки. Основна задача мікроелектроніки.
2	<b>Фізичні явища у напівпровідниках, що закладені в основу роботи різних приладів, інтегральних мікросхем та їх елементів.</b> Зонна теорія напівпровідників. Власна провідність напівпровідників. Домішкові напівпровідники. Діод із р-п переходом. Електронно-дірковий перехід (р-п перехід).
3	<b>Пасивні мікроелектронні компоненти</b> Резистори та конденсатори.
4	<b>Активні мікроелектронні компоненти</b> Діоди, транзистори біполярні та польові.
5	<b>Пасивні радіоелектронні компоненти.</b> Резистори, конденсатори, котушки індуктивності, трансформатори. Види, принципи роботи, властивості, характеристики, позначення на принципових електричних схемах. Можливість використання як сенсорних елементів.
6	<b>Активні радіоелектронні компоненти.</b> Діоди, транзистори біполярні та польові. Види, принципи роботи, властивості, характеристики, позначення на принципових електричних схемах. Можливість використання як сенсорних елементів.
<b>Розділ 2. Мікроелектронна схемотехніка</b>	
7	<b>Вхідні диференційні підсилювачі інтегрованих мікросхем</b> Диференційні підсилювачі з резистивним навантаженням. Диференційні підсилювачі на складених транзисторах. Диференційні підсилювачі з резисторами в колах емітерів. Диференційні підсилювачі з активним навантаженням.
8	<b>Підсилювачі напруги і допоміжні каскади.</b> Підсилювачі напруги за схемою спільний емітер. Підсилювачі напруги за схемою спільний

	емітер на транзисторах Дарлінгтона. Підсилювачі напруги за схемою спільний витік. Каскади переходу від диференціального до несиметричного виходу. Каскад зміщення рівня постійної напруги.
9	<b>Вихідні каскади</b> Класифікація підсилювачів за режимом роботи (А, В, АВ, С) Вихідні каскади за схемою спільний колектор. Вихідні каскади на комплементарних транзисторах за схемою спільний колектор. Двотактний вихідний каскад у режимі класу В на n-p-n транзисторах. Вихідні каскади на комплементарних складених транзисторах Дарлінгтона за схемою спільний колектор.
10	<b>Базові логічні елементи</b> Логічні елементи на біполярних транзисторах. Інвертор на МДН-транзисторах. Логічні елементи на МДН-транзисторах. Елементи пам'яті запам'ятовувальних пристроїв.
<b>Розділ 3.Об'єкти та методи дослідження в електрофізіології.</b>	
11	<b>Позаклітинне відведення електричних сигналів від нервових клітин та нервових волокон спеціалізованим підсилювачем</b> Підсилювач для зовнішньоклітинного відведення. Побудова електричних схем та їх моделювання в програмі Micro-Cap 12.
12	<b>Метод фіксації потенціалу при відведенні електричних сигналів від нервових клітин.</b> Підсилювач для реєстрації струму в режимі фіксації потенціалу.Електричні схеми та їх моделювання в програмі Micro-Cap 12.
13	<b>Метод фіксації струму при відведенні електричних сигналів від нервових клітин</b> Позаклітинне відведення електричних сигналів від нервових клітин спеціалізованим підсилювачем. Підсилювач для внутрішньоклітинного відведення методом фіксації струму. Побудова електричних схем та їх моделювання в програмі Micro-Cap 12
14	<b>Блок-схеми для модифікованих методів відведення сингалів від живого об'єкта за допомогою багатофункціонального підсилювача</b> Метод двохелектродної фіксації потенціалу на мембрані. Метод фіксації потенціалу з перемиканням.
15	<b>Стимулятори</b> Застосування мікроелектроніки в наукових дослідженнях та медицині (нейрохірургія, офтальмологія, неврологія).
16	<b>Оптичні та методи дослідження живих об'єктів</b> Принципи роботи оптичних сенсорів на прикладі фотоелектронного помножувача для реєстрації надслабких потоків випромінення. Принципи роботи багатоелементних оптичних сенсорів на прикладі ПЗС-матриці. Вимірювання потенціалу та концентрації внутрішньоклітинного кальцію за допомогою потенціалчутливих та кальційчутливих барвників відповідно.
17	<b>Полярнографічні методи в електрофізіології</b> Вимірювання концентрації кисню в розчині. Вимоги до підсилювача для полярнографічних вимірювань, розробка електричної схеми.
18	<b>Електрохімічні сенсори на основі польових транзисторів</b> рН-чутливі польові транзистори, іон-селективні польові транзистори, біосенсори. Вимірювальні прилади на їх основі.

Лабораторні заняття проводяться у відповідності зі структурою та темами кредитного модуля. Основні завдання лабораторних занять:

На основі програми для аналогового і цифрового моделювання електричних та електронних схем з інтегрованим візуальним редактором Micro-Cap 12 моделювання типових схем включення електронних компонент, що були розглянуті в курсі лекцій для засвоєння матеріалу.

Ознайомлення з підсилювачами для електрофізіологічних досліджень.

Розробка та моделювання електронних схем. Характеристики різних схем включення біполярних транзисторів.

Вивчення роботи підсилювального каскаду на транзисторі, який включений по схемі зі спільним емітером.

№ з/п	Назва теми заняття	Кількість аудиторних годин
1.	Розрахунок різних видів джерел постійного струму на біполярних транзисторах.	3
2.	Розрахунок різних видів джерел постійного струму на польових транзисторах.	3
3.	Розрахунок різних видів джерел постійної напруги.	3
4.	Розрахунок диференційних підсилювачів на біполярних транзисторах.	3
5.	Розрахунок диференційних підсилювачів на польових транзисторах.	3
6.	Розрахунок підсилювачів напруги за схемою спільний емітер.	3
7.	Розрахунок підсилювачів напруги за схемою спільний витік.	3
8.	Розрахунок каскадів переходу від диференційного до несиметричного виходу та каскадів зміщення рівня постійної напруги.	3
9.	Розрахунок вихідних каскадів в режимах А, В, АВ та С.	4

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

- 1) методи проблемного навчання (проблемний виклад, частково-пошуковий (евристична бесіда));
- 2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на активних формах і методах навчання («мозковий штурм», дискусія, експрес-конференція, навчальні дебати, та ін.);
- 3) інформаційно-комунікаційні технології, що забезпечують проблемно-дослідниць-

кий характер процесу навчання та активізацію самостійної роботи студентів (електронні презентації для лекційних занять, використання аудіо-, відеопідтримки навчальних занять, Розробка і застосування на основі комп'ютерних і мультимедійних засобів творчих завдань, доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережних комунікаційних можливостей (інтернет-форум, інтернет-семінар та ін.);

- 4) самостійна робота студента включає опрацювання лекційного матеріалу, рекомендованої літератури.

## 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Самостійна робота студента включає опрацювання лекційного матеріалу та рекомендованої літератури. Завданнями самостійної роботи студентів є: навчити їх самостійно працювати з літературою, творчо сприймати навчальний матеріал, осмислювати його; закріплювати у студентів навички до щоденної роботи з навчальним матеріалом і додатковою літературою з метою одержання та узагальнення знань та умінь.

Самостійна робота студента має на меті розвиток творчих здібностей та активізацію розумової діяльності студентів, формування потреби безперервного та самостійного поповнення знань, а також розвиток морально-вольових зусиль.

## 10. Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система оцінювання

№ з/п	Контрольний захід	%	Ваговий бал	Кіл-ть	Всього
1.	Поточний контроль	34	2	17	34
2.	експрес контрольні роботи	12	6	2	12
3.	Виконання домашньої контрольної роботи	35	35	1	35
4.	Активність на лабораторних заняттях/лекціях	19	1	19	19
	Всього				100

Результати поточного контролю та експрес контрольних робіт та тематичних завдань оголошуються кожному студенту окремо у присутності студента або в дистанційній формі. Результати семестрового індивідуального завдання(домашня контрольна робота) оголошуються кожному студенту окремо у присутності або в дистанційній формі та супроводжуються позитивними коментарями та зауваженнями стосовно помилок.

Заохочувальні бали

Заохочувальні бали		Штрафні бали	
Критерій	Ваговий бал	Критерій	Ваговий бал
Конспект лекційних занять	3 бали	Порушення термінів виконання контрольної роботи без поважних причин	-5 балів
Схемотехнічне моделювання	5 балів	Порушення термінів виконання домашньої контрольної роботи	-5 балів



### **Відвідування занять**

Відвідування лекцій та лабораторних занять є обов'язковим. Відвідування лекцій, а також відсутність на них, не оцінюється. Однак, студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання (ДКР) та тематичних завдань. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні розвинути практичні уміння та навички.

### **Пропущені контрольні заходи**

Пропущене лабораторне заняття /лекція може бути зарахована, якщо студент надасть письмове пояснення пропуску та виконає контрольну роботу.

Тематичне завдання, яке подано на перевірку з порушенням терміну виконання, не оцінюється.

Проміжна атестація студентів (далі – атестація) є календарним рубіжним контролем. Метою проведення атестації є підвищення якості навчання студентів та моніторинг виконання графіка освітнього процесу студентами.

Критерій		Перша атестація	Друга атестація	
Термін атестації		8-ий тиждень	14-ий тиждень	
Умови отримання атестації	Поточний рейтинг	≥ ... балів	≥ ... балів	
	Поточний рейтинг	≥ 16 балів	≥ 45 балів	
	Поточний контрольний захід	Поточне опитування	+	+
		Експрес контрольні роботи	6	6
	Семестрове індивідуальне завдання	Домашня контрольна робота	-	35

### **Академічна доброчесність**

Політика та принципи академічної доброчесності визначені у розділі 3 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Норми етичної поведінки**

Норми етичної поведінки студентів і працівників визначені у розділі 2 Кодексу честі Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського». Детальніше: <https://kpi.ua/code>.

### **Процедура оскарження результатів контрольних заходів**

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто згідно із наперед визначеними процедурами.

### **Дистанційне навчання для лабораторних занять не дозволяється**

## 8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)

Вхідний контроль проводиться викладачем на початку навчання з навчальної дисципліни «Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень» з метою визначення готовності студентів до її засвоєння.

*Поточний контроль: експрес-опитування, опитування за темою заняття, МКР, тощо*

Поточний контроль проводиться викладачем на під час аудиторних занять. Основне завдання поточного контролю – перевірка рівня підготовки студентів до засвоєння поточного матеріалу. Основна мета поточного контролю – забезпечення зворотного зв'язку між викладачем та студентами у процесі навчання, забезпечення управління навчальною мотивацією студентів. Поточний контроль проводиться у формі усного опитування на лекціях, виступів студентів при обговоренні питань на семінарському занятті.

Календарний контроль: провадиться двічі на семестр як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу.

*Семестровий контроль:*

Семестровий контроль з кредитного модуля проводиться відповідно до навчального плану у вигляді семестрового заліку.

Для оцінювання результатів навчання застосовується 100-бальна рейтингова система і університетська шкала.

*Умови допуску до семестрового контролю:*

Обов'язкова умова допуску до екзамену/заліку		Критерій
1	Поточний рейтинг	RD $\geq$ 60
2	Поточний контрольний захід	Позитивні відповіді виконання експрес контрольних робіт
3	Семестрове індивідуальне завдання	ДКР $\delta$ 35

### **Додаткові умови допуску до заліку:**

Студенти, які набрали протягом семестру необхідну кількість балів (RD  $\geq$  60), отримують залікову оцінку (залік), так званим "автоматом", відповідно до кількості набраних балів протягом семестру.

Студентам, які протягом семестру набрали більш ніж 60 балів, надається можливість виконувати залікову контрольну роботу з метою підвищення оцінки. Якщо оцінка за контрольну роботу більша ніж за рейтингом, студент отримує оцінку за результатами залікової контрольної роботи.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Питання, які виносяться на залік «Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень» представлені в Додатку А.

**Індивідуальні завдання.**

Ціллю індивідуального завдання домашня контрольна робота (ДКР) є розвиток та закріплення вміння розробки електронного обладнання для електрофізіологічних експериментів. Тематика індивідуальних завдань додається до робочої програми (Додаток Б).

**Робочу програму навчальної дисципліни (силабус): Мікроелектроніка для електрофізичних досліджень**

**Складено:** Професор, д.б.н., професор Веселовський Микола Сергійович

*Доцент, к.б.н. Пурнинь Олена Едуардівна*

**Ухвалено:** кафедрою прикладної фізики (протокол № 2 /<sub>2020-21</sub> від 04 вересня 2020 року )

**Затверджено:** Вченою радою ФТІ (протокол № 7/1 від 07 вересня 2020 року)

**Питання, які виносяться на залік з дисципліни  
«Мікроелектроніка для електрофізіологічних досліджень»**

1. Пасивні мікроелектронні компоненти.
2. Активні мікроелектронні компоненти.
3. Джерела живлення каскадів інтегральних мікросхем.
4. Принципи функціонування диференційних підсилювачів.
5. Активне навантаження диференційних підсилювачів.
6. Диференційні підсилювачі на польових транзисторах.
7. Вхідні диференційні підсилювачі інтегрованих мікросхем.
8. Підсилювачі напруги за схемами спільний емітер на звичайних транзисторах та на транзисторах Дарлінгтона. Підсилювачі напруги за схемою спільний витік.
9. Вихідні каскади підсилювачів за схемою спільний колектор.
10. Логічні елементи на біполярних транзисторах.
11. Інвертор на МДН-транзисторах.
12. Логічні елементи на МДН-транзисторах.
13. Елементи пам'яті запам'ятовувальних пристроїв.
14. Позаклітинне відведення електричних сигналів від нервових клітин.
15. Підсилювач для внутрішньоклітинного відведення методом фіксації струму.
16. Підсилювач для реєстрації струму в режимі фіксації потенціалу.
17. Електричні схеми підсилювачів та їх моделювання в програмі Micro-Cap 12 в залежності від поставленої задачі дослідником.
18. Пояснити принципову відмінність дії схеми компенсації електродного потенціалу в підсилювачах для фіксації потенціалу і для фіксації струму.
19. Пояснити принципову відмінність дії схеми компенсації ємності електродної системи у в підсилювачах для фіксації потенціалу і для фіксації струму.
20. Компенсація послідовного опору піпетки в підсилювачах для фіксації потенціалу.
21. Компенсація струму витоку в підсилювачах для фіксації потенціалу.
22. Компенсація струму витоку в підсилювачах для фіксації потенціалу.
23. Компенсація падіння напруги на мікроелектроді при пропусканні струму в підсилювачах для фіксації струму.

**Задачі**

1. В схемі на Рис. 1 розрахувати номінали резисторів та ін., що позначені "?", враховуючи, що  $K_u(\text{вч})$ ,  $K_u(\text{нч})$  - коефіцієнти підсилення на високій і низькій частоті відносно впливу конденсатора в ланцюгу емітера (конденсатори на вході та виході достатньої ємності, щоб не враховувати їх впливу). Транзистор на основі кремнію з  $\beta \geq 200$ .

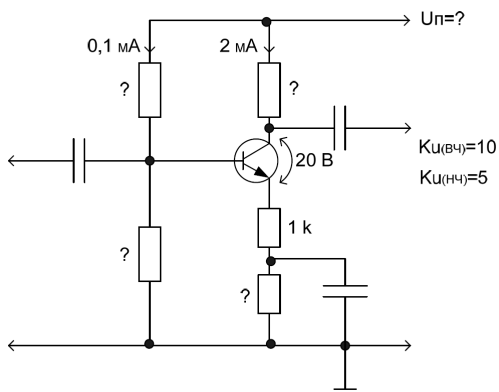


Рис. 1

2. Підсилювач має три каскади з  $K_{u1}=40, K_{u2}=15$  та  $K_{u3}=10$ , охоплений колом негативного зворотного зв'язку. з  $\beta=0.01$ . Чому дорівнює коефіцієнт підсилення цього підсилювача з урахуванням дії петлі зворотного зв'язку з а)  $\beta=0.01$ , та б)  $\beta=0.005$ . Чому дорівнюватиме коефіцієнт підсилення цього підсилювача якщо петля зворотного зв'язку охоплює лише два останні каскади.  
98.36, 193.55, 2400

3. Розрахувати опір резистора  $R2$  та ємність конденсатора  $C2$  так, щоб коефіцієнт передачі атенюатора на Рис.2 не залежав від частоти і дорівнював 0.1. При отриманих значеннях  $R2$  та  $C2$  змінити номінали  $R1$  та  $C1$  так, щоб коефіцієнт передачі став дорівнювати 0.01 і не залежав від частоти.

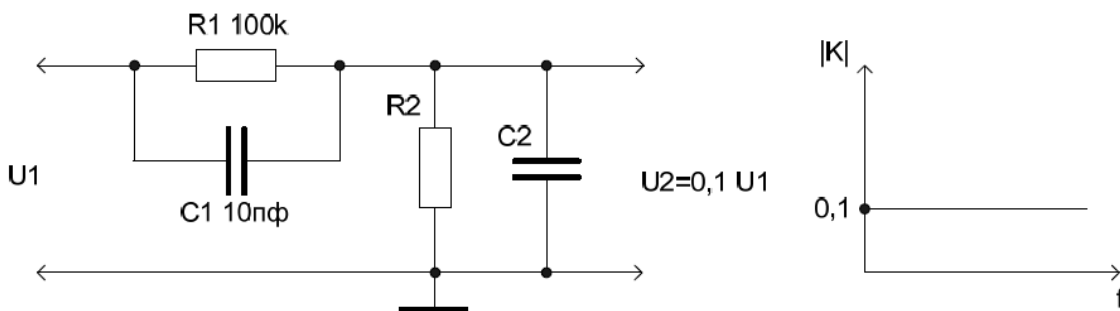


Рис. 2

4. В схемі на Рис. 3 номінали резисторів  $R1, R3, R5, R7, R9, R11, R13, R14$  дорівнюють 1 кОм. Опір інших резисторів дорівнює 2 кОм. Визначити напругу джерела живлення  $U1$ , якщо напруга на  $R14$  дорівнює 0.2 В. Визначити струми, що протікають через резистори з парними індексами  $R2, R4, \dots, R14$ .

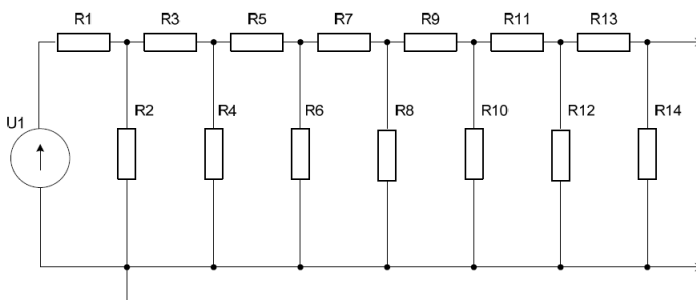


Рис. 3

5. В схемі на Рис. 4 визначити коефіцієнти підсилення на високій і низькій частоті. Розрахувати номінали резисторів та ін., що позначені "?". Транзистор на основі кремнію з  $\beta \geq 200$ .

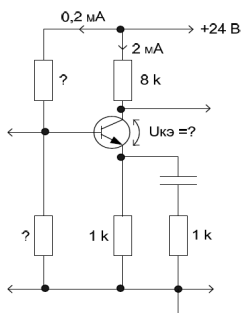


Рис. 4

6. Знайти коефіцієнт підсилення напруги каскадом на Рис.5. Побудувати АЧХ в логарифмічних координатах (діаграма Боде), порівняти з АЧХ операційного підсилювача без зворотного зв'язку.

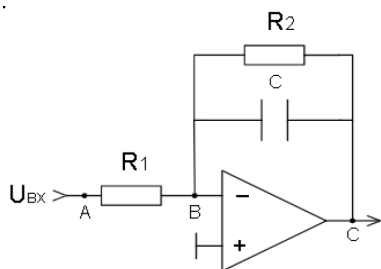


Рис. 5

7. Який вид має напруга в точці  $U_2$  схеми на Рис. 6, якщо сигнал на вході  $U_2$  це послідовність позитивних імпульсів з амплітудою 10 В тривалістю 0.1 мс та періодом повторення 10 мс. Ємність конденсатора може приймати значення 100нФ, 1мкФ, 10 мкФ, 100мкФ.

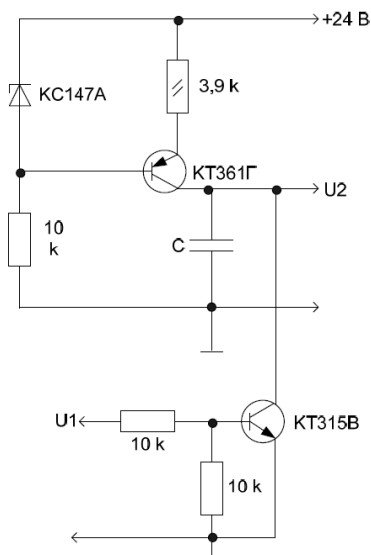


Рис. 6

8. При двохелектродній фіксації потенціалу на мембрані клітини(Рис. 7) оцінити похибку фіксації в стаціонарному стані у відсотках, якщо  $R_m=10 \text{ Мом}$ ,  $R_{p2}=90 \text{ Мом}$ ,  $f=100$ .

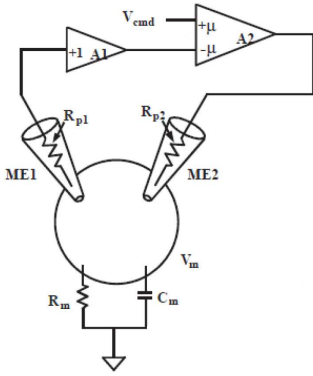


Рис. 7

9. Для стабілізації напруги (Рис. 8) використовують напівпровідниковий стабілітрон, напруга стабілізації якого  $U_{CT}=10$  В. Визначити допустимі межі зміни напруги живлення  $E$ , якщо максимальний струм стабілітрона  $I_{CTmax}=30$  мА, мінімальний струм стабілітрона  $I_{CTmin}=1$  мА, опір навантаження  $R_H=1$  кОм, опір  $R_0=0.5$  кОм

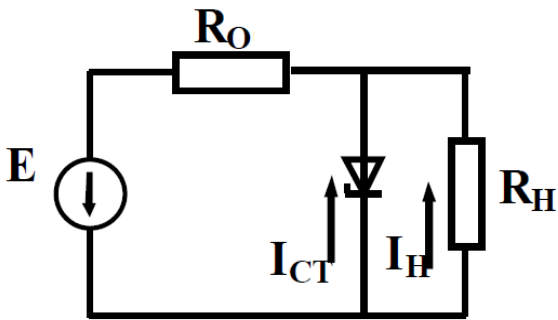


Рис. 8

10. У підсилювачі (Рис. 9) при  $U_{зв}=-2$  В струм стоку  $I_c=2$  мА. Визначити: 1) опір резистора  $R_B$  при умові, що падінням напруги на  $R_3$ , що обумовлене струмом заслону, можна знехтувати; 2) напругу  $E$  при  $R_H=10$  кОм,  $U_{BC}=4$  В.

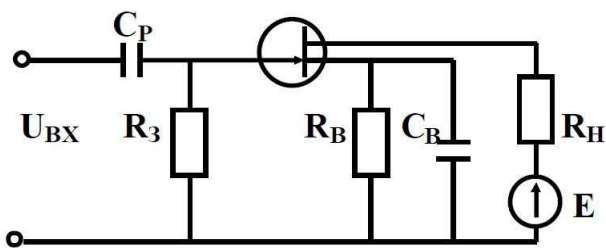


Рис. 9

**Індивідуальні завдання домашньої контрольної роботи**

1. Розрахунок елементів схем електронних підсилювачів (перетворювачів), що надані викладачем з вимогами щодо їх характеристик.
2. Розробка принципової схеми та моделювання в програмі Micro-Cap 12 підсилювача для позаклітинного відведення біопотенціалів.
3. Розробка принципової схеми та моделювання в програмі Micro-Cap 12 підсилювача для внутрішньоклітинного мікроелектроелектродного відведення.
4. Розробка принципової схеми та моделювання в програмі Micro-Cap 12 підсилювача для фіксації потенціалу на мембрані клітини
5. Розробка принципової схеми та моделювання в програмі Micro-Cap 12 підсилювача для полярографічних методів дослідження.
6. Розробка принципової схеми та моделювання в програмі Micro-Cap 12 підсилювача для роботи з іон-селективними польовими транзисторами.
7. Розробка принципової схеми та моделювання в програмі Micro-Cap 12 лабораторного лінійного регульованого стабілізатора напруги від 0 В до 20 В з обмеженням струму на рівнях 10мА, 100 мА та 1000 мА (перемикається користувачем) з коефіцієнтом стабілізації не менше 1000.