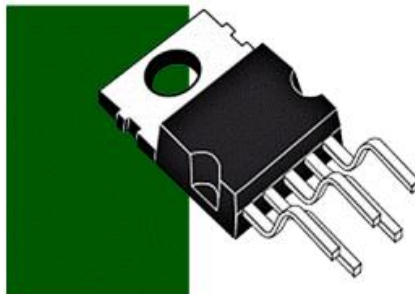




[RE-9] СХЕМОТЕХНІКА. ЧАСТИНА 1. ЕЛЕКТРОННІ КОМПОНЕНТИ



Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Галузь знань	17 Електроніка та телекомунікації
Спеціальність	172 Телекомунікації та радіотехніка
Освітня програма	172Б РТС - Радіотехнічні інформаційні технології (ЄДЕБО id: 6842)172Б РОС - Радіозв'язок і оброблення сигналів (ЄДЕБО id: 6364)172Б ІТР Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 49229)172Б ІКР - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 49228)172Б РКС - Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 49227)172Б ІТРЕТ+ - Інтелектуальні технології радіоелектронної техніки (ЄДЕБО id: 57907)172Б ІКРІ+ - Інформаційна та комунікаційна радіоінженерія (ЄДЕБО id: 57910)172Б РТКС+ Радіотехнічні комп'ютеризовані системи (ЄДЕБО id: 57920)172Б ТРЕБ Технології радіоелектронної боротьби (ЄДЕБО id: 63920)
Статус дисципліни	Нормативна
Форма навчання	очна
Рік підготовки, семестр	2 курс, осінній семестр
Обсяг дисципліни	3 кредити (Лекц. 30 год, Практ. 0 год, Лаб. 16 год, СРС. 44 год)
Семестровий контроль/ контрольні заходи	Залік
Розклад занять	https://rozklad.kpi.ua
Мова викладання	Українська
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: к.т.н., ТОВКАЧ Ігор Олегович, e-mail – tovkach.igor@gmail.com Лабораторні: к.т.н., доцент, с.н.с., ПІДДУБНИЙ Володимир Олексійович, тел. 0671929139, e-mail - VAPoddubny@gmail.com ,
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: Moodle http://iot.kpi.ua/lms/course/view.php?id=28 https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6394

Програма навчальної дисципліни

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

Метою кредитного модуля є:

- набуття знань про сучасну компонентну базу РЕА; будову і принцип дії, характеристики та параметри електронних приладів та інтегральних мікросхем (IC), основні напрямки їх розвитку;
- набуття знань про вплив конструкцій та властивостей матеріалів на характеристики компонентів, а також про вплив технологічного розкиду та умов експлуатації на основні параметри компонентів РЕА, електронних приладів та IC;
- навчитися застосовувати набуті знання для правильного вибору схемотехнічних рішень при розробці РЕА;
- набуття навичок вимірювання параметрів, електронних компонентів, об'єктивної оцінки функціональних та параметричних можливостей компонентної бази РЕА

Предметом кредитного модуля є:

- пасивна компонентна бази радіоелектронної техніки, до якої відносяться резистори, конденсатори, котушки індуктивності;
- активна компонентна бази радіоелектронної техніки, до якої відносяться діоди, тиристори, біполярні та польові транзистори, електронні лампи, трубки та інше, гібридні та інтегральні мікросхеми.

В дисципліні розглядається їх схемотехніка, технологія виготовлення та особливості використання в сучасних радіотехнічних системах, їх характеристики та властивості.

Згідно з освітньо-професійною програмою дисципліна забезпечує

Загальні компетенції (ЗК):

- Здатність абстрактного мислення, аналізу та синтезу (ЗК 01).
- Здатність застосовувати набуті знання у практичних ситуаціях (ЗК 02).
- Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності (ЗК 04).
- Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями (ЗК 07).
- Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблем (ЗК 08).

Фахові компетентності (ФК):

- Здатність здійснювати комп'ютерне моделювання пристроїв, систем і процесів з використанням універсальних пакетів прикладних програм (ФК 04).
- Готовність сприяти впровадженню перспективних технологій та стандартів (ФК 08).
- Здатність здійснювати приймання та освоєння нового обладнання відповідно до чинних нормативів (ФК 09).
- Здатність здійснювати монтаж, налагодження, налаштування, регулювання, дослідну перевірку працездатності, випробування та здачу в експлуатацію споруд, засобів і устаткування телекомунікацій та радіотехніки (ФК 10).
- Здатність складати нормативну документацію (інструкції) з експлуатаційно-технічного обслуговування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем, а також за програмами випробувань (ФК 11).

Програмовані результати навчання (ПРН):

- Аналізувати, аргументувати, приймати рішення при розв'язанні спеціалізованих задач та практичних проблем телекомунікацій та радіотехніки, які характеризуються комплексністю та неповною визначеністю умов (ПРН 01).

- Адаптуватись в умовах зміни технологій інформаційно-комунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (ПРН 06).
- Аналізувати та виконувати оцінку ефективності методів проектування інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних та радіотехнічних систем (ПРН 09).
- Застосування розуміння основних властивостей компонентної бази для забезпечення якості та надійності функціонування телекомунікаційних, радіотехнічних систем і пристроїв (ПРН 14).
- Розуміння та дотримання вітчизняних і міжнародних нормативних документів з питань розроблення, впровадження та технічної експлуатації інформаційно-телекомунікаційних мереж, телекомунікаційних і радіотехнічних систем (ПРН 17).

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

Міждисциплінарні зв'язки: дисципліна базується на знаннях з дисциплін «Основ метрології» та «Вступу до спеціальності» та є основою для вивчення всіх наступних спеціальних дисциплін, з якими разом створює фундамент схемотехнічної та конструкторської підготовки зі спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка», і використовується як база для вивчення дисциплін пов'язаних з аналоговою та цифровою схемотехнікою.

3. Зміст навчальної дисципліни

Навчальна дисципліна «Схемотехніка. Частина 1. Електронні компоненти» викладається в третьому семестрі.

Розділ 1. Загальна характеристика компонентної бази РЕЗ

Компонентна база РЕЗ. Загальна характеристика компонентної бази. Загальні відомості про пасивні та активні радіоелементи. Класифікація РЕЗ за компонентною базою та конструкцією.

Розділ 2. Пасивні радіокомпоненти.

Тема 2.1. Діелектричні матеріали. Класифікація та призначення діелектричних матеріалів. Пасивні та активні діелектрики. Діелектрики, які використовуються в РЕЗ. Діелектричні матеріали для друкованих плат (фольговані гетинакс, склотекстоліт, поліетилен та фторопласт), гібридних інтегральних мікросхем та НЧ та НВЧ діапазонів (ситали, сапфір, двоокис кремнію, нітрид кремнію то що). Конструктивних елементів (радіотехнічна кераміка).

Тема 2.2. Конденсатори. Призначення конденсаторів. Класифікація. Основні характеристики та параметри. Ряди номінальних значень ємності та ряди допусків. Високочастотні та низькочастотні конденсатори. Еквівалентні схеми. Конструкція конденсаторів постійної та змінної ємності. Конденсатори для поверхневого монтажу. Конденсатори з електричним управлінням ємністю: варистори та варикапи. Конденсатори ГІС та напівпровідникових інтегральних мікросхем (НП ІС).

Тема 2.3. Провідникові матеріали. Основні властивості та класифікація. Матеріали високої провідності для навісного монтажу, друкованих плат та ІС. Обмоточні та радіомонтажні дроти. Матеріали високого питомого опору та їх використання для створення резисторів. Тонкоплівкові резистивні матеріали для ІС.

Тема 2.4. Резистори. Класифікація. Основні характеристики та еквівалентні схеми. Ряди номінальних значень опору та ряди допусків. Конструктивні типи резисторів різного призначення (для навісного та друкованого монтажу, надвисокочастотні та ін.), резистори для ГІС та НП ІС.

Тема 2.5. Магнітні матеріали. Характеристики магнітних матеріалів. Магнітом'які та магнітотверді матеріали. Трансформаторне залізо. Феро- та феримагнетики. Ферити та магнітодіелектрики. Магнітні плівки.

Тема 2.6. Котушки індуктивності. Основні властивості котушок індуктивності. Класифікація. Характеристики котушок індуктивності. Високочастотні котушки індуктивності та ВЧ дроселі. Їх призначення та конструкції. Розрахунок індуктивності та числа витків. Варіометри. Друковані котушки індуктивності. Котушки індуктивності для ПС. Характеристики та параметри дроселів та трансформаторів. Конструкції НЧ та ВЧ дроселів та трансформаторів. Особливості роботи на підвищених (високих) частотах.

Тема 2.7. Контактні та комутаційні пристрої. Перемикачі. Реле. З'єднувачі. Контактні та комутаційні пристрої мікрозбірок та мікроблоків.

Тема 2.8. Друковані плати. Класифікація. Матеріали друкованих плат. Конструкція друкованих плат. Особливості друкованих плат НВЧ діапазону. Односторонні, двосторонні та багатошарові друковані плати. SMD – компоненти та технологія.

Розділ 3. Напівпровідникові матеріали.

Тема 3.1. Фізичні основи напівпровідників. Основні матеріали напівпровідникової техніки. Основи зонної теорії напівпровідників. Вільні носії зарядів у власних та домішкових напівпровідниках. Основні та неосновні носії зарядів. Генерація та рекомбінація рухомих носіїв зарядів. Рівноважний та нерівноважний стани напівпровідника.

Тема 3.2. Концентрація носіїв заряду. Концентрація носіїв заряду та рівень Фермі у власному та домішковому напівпровідниках. Залежність рівня Фермі від температури та концентрації домішок.

Тема 3.3. Струми в напівпровіднику. Дрейфовий струм: дрейфовий рух носіїв заряду, рухливість носіїв заряду. Залежність рухливості від температури, концентрації домішок, напруженості електричного поля. Дифузійний струм: дифузійний рух часток, коефіцієнт дифузії, дифузійна довжина. Рівняння дифузії. Електропровідність напівпровідників. Поверхневі явища: поверхневі стани, поверхневий заряд, поверхнева рекомбінація.

Розділ 4. Напівпровідникові діодні структури.

Тема 4.1. Електричні переходи. Різновиди електричних переходів. Контактна різниця потенціалів. Електронно-дірковий перехід в рівноважному (потенціальний бар'єр, потенціальна діаграма, ширина переходу) та нерівноважному стані (інжекція, екстракція).

Тема 4.2. Вольт-амперна характеристика (ВАХ) ідеалізованого переходу. ВАХ реального переходу (струми генерації рекомбінації, опір бази, пробої переходу, ємності переходу). Контакт метала-напівпровідник (омічний та випрямний переходи). Гетеропереходи.

Тема 4.3. Напівпровідникові діоди (випрямні та імпульсні). Будова, характеристики, основні параметри. Паралельне та послідовне сполучення діодів. Робота діода в режимах малої та великої інжекції. Діоди з бар'єром Шоткі.

Тема 4.4. Стабілітрони: схема ввімкнення, ВАХ, параметри. Напівпровідникові світловипромінювальні (світло діоди) та світлочутливі прилади (фоторезистори, фотодіоди, фототранзистори і фототиристри) та області їх використання. Оптрони.

Тема 4.5. НП діоди зі змінною ємністю (варикапи, варактори). НВЧ діоди (параметричні, змішувальні, детекторні, тунельні діоди). Призначення, будова, параметри, застосування.

Розділ 5. Біполярні транзистори (БТ).

Тема 5.1. Структура та принцип дії біполярного транзистора. Схеми ввімкнення, режими роботи. Потенціальна діаграма і фізичні процеси в активному режимі. Розподіл неосновних носіїв.

Тема 5.2. Струми в транзисторі. Коефіцієнти передачі струму емітера, бази. Статичні ВАХ транзистора в схемах з спільною базою та спільним емітером. ідеалізованого транзистора. Температурний дрейф характеристик транзистора.

Тема 5.3. Системи малосигнальних параметрів. Визначення параметрів на ВАХ. Зв'язок між системами параметрів і фізичними параметрами. Низькочастотні схеми заміщення транзистора (схема з двома джерелами, П- та Т-подібні схеми). Підсилювальні властивості транзистора для трьох схем ввімкнення. Розрахунок підсилення за ВАХ.

Тема 5.4. Вплив часу прольоту носіїв крізь базу, ємностей емітерного та колекторного переходів, опору бази при роботі на високій частоті. Рубіжна та гранична частоти. Особливості НВЧ транзисторів (дрейфові та гетероперехідні біполярні транзистори).

Тема 5.5. Схема транзисторного ключа. Особливості роботи транзисторного ключа (нагромадження та розосередження об'ємного заряду в базі та колекторі). Параметри транзистора в режимах насичення, відсічки. Власні шуми в транзисторах, джерела шумів.

Розділ 6. Тиристори.

Тема 6.1. Чотиришарові перемикальні прилади (диністори, тиристори). Класифікація, будова, принцип дії, ВАХ, застосування.

Розділ 7. Польові транзистори.

Тема 7.1. Класифікація. Структура та процеси в МДН-структурі з індукованим каналом. Режими збагачення, збіднення, інверсії. Статичні ВАХ транзистора. Температурний дрейф характеристик. Фізичні параметри: порогова напруга, крутість та ін. Структура, принцип дії. ВАХ МДН-транзистора з вбудованим каналом. Транзистор з довгим каналом. Робота МДН-транзистора в схемах підсилювача та ключа. Імпульсні параметри. Частотні властивості транзистора.

Тема 7.2. Структура, принцип дії, ВАХ та параметри польового транзистора з керувальним р-п переходом. Області застосування. Транзистори для НВЧ з високою рухливістю електронів.

Розділ 8. Конструкторсько-технологічні основи мікроелектроніки.

Тема 8.1. Інтегральні схеми (ІС). Класифікація ІС за конструкторсько-технологічними ознаками та функціональному призначенню. Гібридні інтегральні схеми. Монолітні (напівпровідникові) ІС, ВІС, мікросбірки.

Тема 8.2. Технологічні операції виготовлення ІС: епітаксія, дифузія домішок, іонне легування, термічне окислення, травлення, нанесення тонких плівок, створення з'єднань та контактів, фотолітографія, субмікронна та нанолітографія.

Розділ 9. Гібридні інтегральні мікросхеми (ГІС).

Тема 9.1. Різновиди ГІС. Елементи ГІС: плівкові резистори, конденсатори, індуктивності, провідники і контактні площадки. Навісні компоненти ГІС.

Розділ 10. Напівпровідникові (монолітні) інтегральні мікросхеми.

Тема 10.1. Напівпровідникові біполярні ІС. Епітаксійно-планарний n-p-n транзистор з комбінованою і повною діелектричною ізоляцією; р-р-р транзистори; багатоемітерні та багатоколекторні транзистори, транзистори з діодом Шоткі. Діодні ввімкнення транзисторів. Пасивні елементи напівпровідникових ІС (напівпровідникові та плівкові резистори, конденсатори).

Тема 10.2. МДН-транзистори ІС. Транзистори з кремнійовими самосуміщеними заслонами. Особливості параметрів та характеристик МДН-транзисторів з коротким каналом для НВІС. Елементи НВЧ ІС. Підшарки НВЧ ІС, мікросмужкові лінії передачі, пасивні елементи

Розділ 11. Основи цифрової та аналогової мікросхемотехніки.

Тема 11.1. Основи цифрової схемотехніки. Загальні характеристики та параметри логічних елементів цифрових інтегральних мікросхем. Логічні елементи ІС.

Тема 11.2. Основи схемотехніки аналогових ІС. Диференційні каскади. Поняття про операційний підсилювач, його характеристики, параметри та області застосування.

Тема 11.3. Прилади із зарядовим зв'язком. Принцип дії. Використання в аналогових ІС.

Розділ 12. Введення в функціональну електроніку та наноелектроніку.

Тема 12.1. Елементи акустоелектроніки. Лінії затримки, фільтри та резонатори на об'ємних та поверхневих акустичних хвилях, підсилювачі на ПАХ, генератори сигналів на ПАХ, конвольвери та корелятори. Елементи кріоелектроніки, магнітоелектроніки, хемотроніки, діелектричної, молекулярної, біологічної електроніки.

Тема 12.2. Принципи наноелектроніки. Фізичні основи наноелектроніки. Нанотехнологія. Наноелектронні прилади (Діодні і транзисторні структури).

4. Навчальні матеріали та ресурси

Рекомендована література

Базова

1. Елементна база радіоелектронної апаратури: Пасивні радіокомпоненти В 4 ч. Ч. 1. [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.О.Піддубний, І.О.Товкач. – Електронні текстові дані (1 файл: 1,05 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 98 с. URL https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41346/1/EBRA_1.pdf
2. Елементна база радіоелектронної апаратури: В 4 ч. Ч. 2. Напівпровідники та діоди [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.О.Піддубний, І.О.Товкач. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,83 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 117 с. URL https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41347/1/EBRA_2.pdf
3. Елементна база радіоелектронної апаратури: В 4 ч. Ч. 3. Багатоперехідні структури [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.О.Піддубний, І.О.Товкач. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,09 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 134 с. URL https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41348/1/EBRA_3.pdf
4. Елементна база радіоелектронної апаратури: В 4 ч. Ч. 4. Основи мікроелектроніки [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: В.О.Піддубний, І.О.Товкач. – Електронні текстові дані (1 файл: 2,22 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 119 с. URL https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/41349/1/EBRA_4.pdf
5. Схемотехніка. Частина 1. Електронні компоненти: Фізичні властивості напівпровідників [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.О.Піддубний – Електронні текстові дані (1 файл: 2,0 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 72 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/54655>
6. Схемотехніка. Частина 1. Електронні компоненти: Лабораторний практикум [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: В.О.Піддубний, І.О.Товкач. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 85 с. – Назва з екрана. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/54658>
7. Твердотільна електроніка [Електронний ресурс] : підручник для студ. спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка» / О. В. Борисов, Ю. І. Якименко ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 19,2 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 484 с. URL https://me.kpi.ua/downloads/Borysov_Yakymenko_TTE_2018.pdf

Допоміжна

1. Троцишин І.В. Фізичні основи електронних приладів: Навчальний посібник / І.В.Троцишин – Хмельницький: ХДУ. – 2004. – 488 с.
2. Борисов О.В. Твердотільна електроніка / О.В.Борисов, Ю.І.Якименко – К.: БХВ – НТУУ «КПІ», 2015. – 484 с.

3. Радіотехніка: Енциклопедичний навчальний довідник / За ред. Ю.Л.Мазора, Є.А.Мачуського, В.І.Правди. – К.: Вища шк., 1999. – 838 с
4. *Шуаїбов О.К.* Низьковольтна імпульсна електроніка / Шуаїбов О.К., Шевера І.В., Малініна А.О., Малінін О.М. – Ужгород, Ужгородський національний університет, 2018, –236 с.
5. *Прищеп М. М.,* Погребняк В. П. Мікроелектроніка. Елементи мікросхем. Збірник задач. Навч. посіб. / За ред. М. М, Прищепи. – К.: Вища шк., 2005. – 167 с.
6. *Прищеп М.М.,* Погребняк В.П. Мікроелектроніка. В 3 ч. Ч. 1. Елементи мікроелектроніки: Навч. посіб. / За ред. М.М, Прищепи. – К.: Вища шк., 2004. – 431 с.
7. *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

Дистанційний курс навчання викладено на платформі дистанційного навчання Moodle МікроТік <http://iot.kpi.ua/lms/course/view.php?id=28>) та на платформі НТУУ КПІ Сікорський дисципліна «Схемотехніка. Частина 1. Електронні компоненти» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6394>

Подивитися матеріали про диференційний підсилювач, відеолекцію з теоретичного матеріалу та практичне виконання лабораторної роботи (для ознайомлення) можна на <https://www.youtube.com/watch?v=UPMSP3MSNyU> - лекція та https://www.youtube.com/watch?v=FmlpvqyG_0k – лабораторна робота.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Лекції (30 годин) проводяться в відповідності до змісту матеріалу навчальної дисципліни в режимі of line в відповідності до розкладу деканату або в режимі on line в Zoom та на платформі Moodle Мікро Тік – iot.kpi.ua/lms

Перелік питань винесених на лекційні заняття

№	Назва теми лекції та перелік основних питань
1	Компоненти РЕА. Загальна характеристика компонентної бази РЕА. Загальні відомості про пасивні та активні радіoelementи. Призначення та основні характеристики матеріалів. Класифікація. Діелектричні матеріали. Фізичні процеси в діелектриках. Пасивні та активні діелектрики. Діелектрики, які використовуються в РЕЗ. Неполарні ВЧ полімери. Слабополарні НЧ полімери. Поларні НЧ полімери. Композиційні діелектричні матеріали. Лаки, емалі, компаунди. Діелектричні матеріали для друкованих плат та ПС. Радіотехнічна кераміка. Сегнето-, п'єзоелектрики, електрики. Газоподібні, рідкі діелектрики. Конденсатори постійної та змінної ємності. Призначення. Класифікація. Основні характеристики. Ряди номінальних значень ємності та ряди допусків. Високочастотні та низькочастотні конденсатори. Схеми заміщення. Конструкції конденсаторів постійної та змінної ємності. Конденсатори спеціального призначення: варистори та варікапи.
2	Провідникові та резистивні матеріали. Основні властивості провідникових матеріалів. Матеріали високої провідності для навісного монтажу, друкованих плат та інтегральних мікросхем. Обмоточні та радіомонтажні дроти. Матеріали високого питомого опору (манганін, константан, ніхром, сплав МЛТ, кермет, вуглець, металосиліциди). Резистори постійного та змінного опору. Основні характеристики та схеми заміщення. Ряди номінальних значень опору і ряди допусків. Типи резисторів (навісні, для друкованого монтажу, надвисокочастотні та інші.). Резистори для гібридних та інтегральних мікросхем.
3	Магнітні матеріали. Характеристика магнітних матеріалів. Магнітом'які та магнітотверді матеріали. Трансформаторне залізо. Феро- та феримагнетики. Ферити та магнітодіелектрики. Магнітні плівки. Котушки індуктивності. Характеристики

	катушок індуктивності. Типи намоток. Високочастотні катушки індуктивності. Їх призначення та конструкції. Схеми заміщення. Варіометри. Друковані катушки індуктивності. Гіратори. Магнітні матеріали спеціального призначення. Катушки індуктивності для ГІС. Дроселі та трансформатори. Магнітні осердя. Обмотки трансформаторів та дроселів. Конструкції НЧ та ВЧ дроселів та трансформаторів. Особливості роботи на підвищених частотах. Класифікація контактних та комутаційних пристроїв. Схеми заміщення, основні параметри і характеристики. Перемикачі. Реле. З'єднувачі. Контактні та комутаційні пристрої мікрозбірок та мікроблоків. Друковані плати та їх класифікація. Матеріали друкованих плат. Конструкція друкованих плат. Особливості друкованих плат НВЧ діапазону (матеріали та плати). Плати персональних ПК та іншої сучасної електронної техніки. Smd – компоненти та технологія.
4	Основні матеріали НП приладів. Типи кристалічних решіток. Основи зонної теорії. носії зарядів у власних та домішкових НП. Основні та неосновні носії зарядів. Генерація та рекомбінація вільних носіїв заряду. Види генерацій та рекомбінації. Рівноважний та нерівноважений стани НП. Концентрація носіїв заряду у власному та домішковому НП. Рівень Фермі для власного та домішкового НП. Залежність рівня Фермі від температури та концентрації домішок. Рівень Фермі – електротехнічний потенціал.
5	Дрейфовий струм носіїв заряду, рухливість носіїв, залежність рухливості від температури, концентрації домішок, напруженості електричного поля. Густина дрейфового струму. Електропровідність НП. Дифузійний струм. Дифузійний рух часток, коефіцієнт дифузії, дифузійна довжина. Рівняння дифузії та його зв'язок. Рівняння повного струму. Властивості поверхні НП: поверхневі стани, їх густина, поверхневий заряд та поверхнева рекомбінація. Ефект поля.
6	Різновиди електричних переходів. Контактна різниця потенціалів. Контакт метал-напівпровідник: омічні та випрямні переходи. ВАХ переходу, параметри. Гетероперехід. Електронно-дірковий перехід (р-п перехід). Перехід в рівноважному стані: потенціальний бар'єр, потенціальна діаграма, ширина переходу. Перехід в нерівноважному стані: інжекція, екстракція, потенціальний бар'єр, потенціальна діаграма, ширина переходу. ВАХ ідеалізованого переходу: тепловий струм, диференційний опір. ВАХ реального переходу: струми генерації, рекомбінації, опір бази, пробої переходу, ємності переходу.
7	Класифікація НП діодів. Випрямні діоди. Будова, характеристики, основні параметри. Послідовне та паралельне сполучення діодів. Імпульсні діоди. Робота діода в режимах перемикачання з малими та великими рівнями інжекції. Типи випрямних та імпульсних діодів. Кремнієві стабілітрони. ВАХ, параметри. Варикапи, варактори, параметричні діоди: призначення, будова характеристики, параметри, моделі. Напівпровідникові випромінювальні прилади. Детекторні і змішувальні діоди. Тунельні діоди, обернені діоди. Будова, принцип дії, характеристики, параметри, моделі. Застосування діодів.
8	Біполярні транзистори (БТ). Типи БТ, схеми ввімкнення, режими роботи. Структура планарно-епітаксійного БТ. Потенціальна діаграма та фізичні процеси в активному режимі. Струми транзистора. Розподіл неосновних носіїв в транзисторі. Принцип підсилення БТ.
9	Коефіцієнти передачі струму. Фізичні параметри. Статичні ВАХ БТ. Модель Еберса-Молла. ВАХ в схемах із спільною базою та спільним емітером. Температурний дрейф характеристик. Системи малосигнальних параметрів. Визначення параметрів за ВАХ. Зв'язок між системами параметрів і фізичними параметрами. Схеми з двома джерелами, П- та Т-подібні схеми. Робота транзистора в схемі підсилення напруги на низькій частоті, графоаналітичний розрахунок режиму підсилення. Підсилювальні властивості БТ для трьох схем ввімкнення.

10	Частотні властивості БТ. Вплив часу прольоту носіїв, опору бази, ємностей переходів на роботу транзистора. Моделювання БТ на високій частоті. Рубіжна, гранична частоти. Особливості НВЧ транзисторів. Дрейфові, гетероперехідні транзистори. Схеми заміщення транзистора на високій частоті. Схема транзисторного ключа. Нагромадження та розосередження об'ємного заряду в базі та колекторі. Перехід від режиму відсічки в активний режим і режим насичення. Параметри БТ в режимах відсічки та насичення. Імпульсні параметри.
11	Власні шуми в транзисторах, джерела шумів. Шумові параметри. Залежність шумових параметрів від режимів узгодження і роботи. Низькочастотні малопотужні транзистори, високочастотні малопотужні транзистори, НВЧ транзистори, потужні транзистори. Чотиришарові перемикальні прилади. Динистори, тиристори. Класифікація. Будова, принцип дії, основні параметри, ВАХ, застосування.
12	Типи польових транзисторів (ПТ). Структура та принцип дії МДН-транзистора з індукованим каналом. Фізичні процеси в МДН-структурі. Режими збіднення, збагачення, інверсії. Схеми ввімкнення ПТ. Сімейство ВАХ ПТ. Температурний дрейф характеристик. Параметри МДН-транзистора. Структура, принцип дії ВАХ МДН-транзистора з вбудованим каналом. МДН-транзистор як лінійний чотириполюсник. Система малосигнальних параметрів. Робота МДН-транзистора на ВЧ. Малосигнальна схема ПТ на ВЧ. Вплив ємностей на роботу ПТ. Рубіжна та гранична частоти транзистора.
13	Будова і принцип дії транзистора з керівним р-п переходом. ВАХ і параметри. Транзистори з гетеропереходом. ПТ. Будова і принцип дії транзистора. Статичні ВАХ транзистора, диференційні параметри транзистора. Температурний дрейф ВАХ. Три схеми ввімкнення транзистора. Інтегральні мікросхеми (ІС). Класифікація ІС за конструкторсько-технологічними ознаками та функціональним призначенням. Гібридні інтегральні схеми, напівпровідникові ІС, ВІС, мікрозбірки.
14	Основні етапи створення ІС. Технологічні операції: епітаксія, дифузія домішок, іонне легування, термічне окислення, травлення. Нанесення тонких плівок, створення з'єднань та контактів. Фотолітографія та субмікронна літографія. Нанотехнологія. Матеріали підшарків ГІС. Елементи ГІС: плівкові резистори, конденсатори, індуктивності, провідники і контактні площадки. Вплив матеріалів і конструкції ГІС на точнісні характеристики та розкид параметрів. Основи розрахунку пасивних елементів. Навісні компоненти ГІС.
15	ІС на БТ. Напівпровідникові біполярні ІС. Епітаксійно-планарний n-p-n транзистор з комбінованою і повною діелектричною ізоляцією. Багатоемітерні та багатоколекторні транзистори, транзистори з діодом Шоткі. Діодні ввімкнення транзисторів. Напівпровідникові та плівкові резистори, конденсатори, структури і параметри. Технологія виготовлення біполярних ІС. Основні властивості біполярних ІС. МДН-транзистори в напівпровідникових ІС. Транзистори з кремнієвими самосуміщеними заслонами. Особливості параметрів та характеристик транзисторів з коротким каналом для НВІС.
16	Поняття про мікросхемотехніку і її загальні принципи, обумовлені інтегральною технологією. Відмінність мікросхемотехніки від схемотехніки на дискретних компонентах. Основи цифрової схемотехніки. Транзисторні ключі на БТ. Навантажувальна здатність ключа. Логіки ТТЛ, ЕЗЛ, І-І-Л. Їх основні параметри. порівняльні характеристики логік. Перемикач струму. МДН-транзисторні ключі. Ключ з динамічним навантаженням. Комплементарний ключ. Завадостійкість ключів. Логічні елементи ВІС на n-канальних та комплементарних МДН-транзисторах, їх структури, принцип дії, параметри. Програмовані логічні ІС.
17	Основи схемотехніки аналогових ІС. Поняття про диференційний і операційний підсилювачі, їх характеристики, параметри та області застосування. Генератори струму та напруги, вихідні каскади ІС. Введення в функціональну електроніку та

	наноелектроніку. Елементи акустоелектроніки. Лінії затримки, фільтри та резонатори на об'ємних та поверхневих акустичних хвилях (ПАХ), підсилювачі на ПАХ, генератори сигналів на ПАХ, конвольвери та корелятори.
18	Елементи кріоелектроніки, магнітоелектроніки, хемотроніки, діелектричної, молекулярної, біоелектроніки. Принципи наноелектроніки. Фізичні основи наноелектроніки. Нанотехнологія. Наноелектронні прилади (Діодні і транзисторні структури).

Лабораторні заняття (16 годин) проводяться для:

- поглиблення і закріплення теоретичних знань;
- набуття навиків експериментальних досліджень;
- набуття навиків роботи з вимірювальною апаратурою;
- набуття навиків роботи в комп'ютерному стимуляторі схем Multisim (Trial);
- набуття навиків оцінки достовірності отриманих результатів;
- набуття навиків оформлення документів.

Виконуються наступні лабораторні роботи:

1. Дослідження кремнієвого стабілітрона – 5 годин.
2. Дослідження вольт-амперних характеристик транзистора та розрахунок h-параметрів – 5 годин.
3. Робота транзистора в ключовому режимі – 6 годин.

Студенти в кінці семестру для підвищення рейтингу можуть виконати (за бажанням) додаткову лабораторну роботу (індивідуальне заняття): "Дослідження інтегральної мікросхеми диференційного підсилювача".

В режимі дистанційного навчання лабораторні виконуються на домашньому персональному комп'ютері в відповідності до вимог, що наведені в дистанційному курсі <http://iot.kpi.ua/lms/course/view.php?id=28>. Додаткова робота проводиться в ознайомчому режимі за відповідними матеріалами (текстові документи з фото та відео на Ютуб, пояснення в Zoom).

Лабораторні роботи починаються з вступного заняття в Zoom а потім проводяться студентами самостійно. При роботі в лабораторії заняття проводяться на лабораторних макетах в ауд. 208-17.

При вивченні дисципліни заплановано **індивідуальні завдання** (домашня контрольна робота). Метою цього індивідуального завдання є:

- опанування навчальної програми в повному об'ємі;
- набуття навичок роботи з літературою, оформлення технічної документації в відповідності до ДСТУ 3008-2015, оформлення коротких тез для публікації на науково-технічних конференціях, проведення розрахунків і оцінки їх результатів;
- поглиблення та розширення матеріалів викладених в лекціях.

Індивідуальні завдання виконується за темами індивідуально заданим студентам.

Студент має право за узгодженням з викладачем вибрати іншу тему, яка стосується матеріалів дисципліни, або уточнити перелік питань вибраної зі списку.

Терміни здачі робіт вказані в Moodle.

6. Самостійна робота студента

На самостійну роботу студентів відводиться 44 годин. Вона складається з:

- Опрацювання матеріалу лекцій за лекційними матеріалами – 12 год.;
- підготовки до лабораторних робіт, проведення необхідних розрахунків та оформлення протоколів лабораторних робіт, підготовка до захисту лабораторних робіт – 7 год.;
- виконання домашньої контрольної роботи – 17 год.;
- підготовка до модульних контрольних робіт – 3 год.;
- підготовка до заліку та залік – 5 год.

7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які викладач ставить перед студентом:

- **правила відвідування занять** – всі заняття проводяться в аудиторії або в дистанційному режимі, лекції та лабораторні роботи проводяться в відповідності до розкладу наданого деканатом. Контроль здійснюється на занятті викладачем, якщо воно проводиться в аудиторії, або за результатами тестів та надходженню звітів про виконання лабораторних робіт, якщо воно дистанційне. Відвідування занять обов'язкове (як лекцій, так і лабораторних занять);
- **правила поведінки на заняттях** – необхідно виконувати загально установлені правила поведінки на заняттях. При проведенні контрольних заходів не допускається списування та використання ноутбуків та телефонів. Під час проведення лабораторних робіт допускається та бажано використання вказаних засобів;
- **правила захисту лабораторних робіт та індивідуальних завдань** вказано в розділі рейтингова система оцінювання результатів навчання. Заохочувальні бали призначаються за активну участь в роботі семінарів кафедри а штрафні за несвоєчасну здачу контрольних завдань (тестів) та звітів лабораторних робіт;
- **терміни здачі матеріалів** встановлюються індивідуально та доводяться до студентів в Moodle та надсилаються на групову пошту студентів чи в групу Телеграм. Студенти, які набрали за семестр рейтинг менше 30 балів, до початку залікової сесії в терміни узгоджені з викладачем можуть підвищити рейтинг і бути допущеними до заліку.

Політика академічної доброчесності лежить на совісті студентів та контролюється викладачем шляхом порівнянь змісту індивідуальних завдань.

Студенти мають можливість отримати знання з окремих тем та розділів навчальної дисципліни на навчальних курсах платформи дистанційного навчання Сікорський (<https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6394>) та платформі МікроТік (<http://iot.kpi.ua/lms/course/view.php?id=28>), у якості змішаного чи додаткового навчання згідно Положення про визнання в КПІ ім. Ігоря Сікорського результатів навчання, набутих у неформальній/інформальній освіті (<https://osvita.kpi.ua/node/179>).

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

Поточний контроль: виконання лабораторних робіт (звіти – 5х3 балів), тест по ЛР (захист – 10х3 балів), дві МКР (20х2 балів), домашня контрольна робота (15х1 балів)

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

Семестровий контроль: залік

Умови допуску до семестрового контролю: мінімально позитивна оцінка за індивідуальне завдання та зарахування усіх лабораторних робіт. Семестровий рейтинг повинен бути більше 30 балів.

Рейтингова оцінка з дисципліни RD (тобто залікова оцінка за семестр) формується як сума балів поточної успішності навчання та розраховується за 100 бальною шкалою.

Рейтинг студента з дисципліни складається з балів, які він отримує за:

1. Виконання та захист 3 лабораторних робіт.
2. Виконання індивідуального завдання (реферативна робота).
3. Модульний контроль. Виконується дві МКР тривалістю по 30 хвилин (в Moodle).

Пункти 1-3 складають суму балів поточної успішності навчання і є основним в рейтингу дисципліни. Оцінка може бути покращена шляхом виконання додаткового індивідуального завдання.

Система рейтингових балів та критерії оцінювання:

1. Лабораторні роботи.

За кожне заняття по ЛР нараховуються бали:

- оформлення звіту відповідно до вимог та своєчасна здача (протягом тижня після виконання роботи) – 5 балів; оформлення звіту відповідно до вимог та здача з запізненням (більше ніж через тиждень після виконання роботи) – 1 бал;
- захист лабораторної роботи (тест в системі Moodle, вхід за посиланням iot.kpi.ua/lms, дисципліна «Схемотехніка. Електронна компонентна база») – 10 балів;

Максимальна сума балів за ЛР – 45 балів.

2. Модульний контроль МКР має 2 питання. За кожне питання нараховуються бали:

- повна відповідь - 10 бали;
- достатньо повна відповідь (має неістотні неточності) - 8 бали;
- відповідь не повністю розкриває питання, є деякі помилки – 4 бал;
- немає відповіді, неправильна відповідь - 0 балів.

Максимальна сума балів за один МКР – 20 балів.

Сумарна кількість балів за два МКР – 40 балів.

3. Індивідуальна (домашня контрольна робота) робота виконується в вигляді реферату.

Вона оцінюється наступним чином:

- повне розкриття теми, наявність ґрунтовних висновків, посилання на сучасні джерела інформації 15 балів – «відмінно»;
- достатньо повна відповідь (розкрита не менше 80% потрібної інформації, або є незначні неточності) 12 балів – «дуже добре»;
- тема в цілому розкрита, зроблені висновки, відображена власна позиція – 10 балів – «добре»;
- тема розкрита неповністю, реферат компілятивного рівня, посилання на застарілі джерела – 5 бали – «задовільно»;
- тема не розкрита, відсутні висновки, посилання на застарілі джерела інформації – «незадовільно». ДКР не зараховано.

Максимальна сума балів – 15 балів

Сума максимально можливих балів контрольних заходів (п.1-3) протягом семестру складає: $RD = 45 + 40 + 15 = 100$ балів.

Залікова оцінка виставляється автоматично, як сума оцінок за всі завдання.

Підвищити свою оцінку студент може виконавши додаткове індивідуальне завдання (лабораторну роботу ЛР4). Умовою допуску до заліку є сума не менша 30 балів.

Студентам, які мають RC менше 30 балів, до початку залікової сесії надається можливість підвищити рейтинг шляхом доопрацювання виконаних завдань та виконання додаткового або скласти залік (лише в режимі навчання offline).

Студенти, які набрали 60- 65 бали, при бажанні отримують оцінку «достатньо» або складають залік.

Студенти, які набрали більше 65 балів, отримують відповідну оцінку автоматично і можуть її покращити виконавши додаткове індивідуальне завдання або склавши залік (лише в режимі навчання offline).

Залік проводиться лише при проведенні занять в режимі offline.

На заліку студенти дають відповіді на чотири запитання білета. Перелік питань наведені в методичних вказівках до засвоєння кредитного модуля. Кожне питання оцінюється в 25 балів.

Система оцінювання відповіді на питання:

- «відмінно», повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 24-25 балів;

- «дуже добре», достатньо повна відповідь (не менше 80% потрібної інформації, або незначні неточності) – 21-23 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь (не менше 70% потрібної інформації, або незначні неточності) – 19-21 балів;
- «задовільно», неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації та деякі помилки) – 16-19 балів;
- «достатньо», неповна відповідь (не менше 50% потрібної інформації, або деякі помилки) – 15-16 балів;
- «незадовільно», незадовільна відповідь – менше 15 балів.

Загальна оцінка виставляється як сума відповідей на всі чотири питання та вноситься до загального рейтингу в графу додаткові бали як різниця між оцінкою отриманою на заліку та під час навчання.

Рейтингові оцінки з дисципліни RD вносяться до залікової відомості та книжки.

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)

Дистанційний курс навчання викладено на платформі дистанційного навчання Moodle МікроТік <http://iot.kpi.ua/lms/course/view.php?id=28> та на платформі НТУУ КПІ Сікорський дисципліна «Схемотехніка. Частина 1. Електронні компоненти» <https://do.ipk.kpi.ua/course/view.php?id=6394>

Опис матеріально-технічного та інформаційного забезпечення дисципліни

Для ефективного засвоєння матеріалу проводяться наступні лабораторні роботи:

Назва лабораторної роботи:

- Дослідження кремнієвого стабілітрона (2 макета)
- Дослідження імпульсних властивостей напівпровідникового діода (2 макета)
- Дослідження вольт-амперних характеристик транзистора (2 макета) - Робота транзистора в ключовому режимі (2 макета)
- Дослідження базового елемента транзисторно-транзисторної логіки (2 макета)
- Дослідження інтегральної мікросхеми диференційного підсилювача (1 макет)

Вони забезпечують поглиблення і закріплення теоретичних знань; набуття навиків експериментальних досліджень; набуття навиків роботи з вимірювальною апаратурою; оцінка достовірності отриманих результатів; набуття навиків оформлення документів

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено Піддубним В.О., Товкач І.О.

Ухвалено кафедрою радіотехнічних систем (протокол № 06/25 від 26 червня 2025 р.)

Погоджено Методичною комісією факультету/ННІ¹ (протокол № 06/2025 від 26 червня 2025 р.)

¹ Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.