

Міністерство освіти і науки України  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника  
Фізико-технічний факультет  
Кафедра комп'ютерної інженерії та електроніки

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до організації самостійної роботи студентів  
з дисципліни “Комп'ютерна електроніка”

Освітня програма 123 Комп'ютерна інженерія

Спеціальність 123 Комп'ютерна інженерія

Галузь знань 12 Інформаційні технології

Івано-Франківськ  
2023

УДК 621.382:004(076.5)

М-23

Мандзюк В.І. Методичні вказівки до організації самостійної роботи студентів з дисципліни “Комп’ютерна електроніка” [Електронне видання]. – Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2023. – 41 с.

Рецензент:

Войтків Г.В. – кандидат педагогічних наук, доцент кафедри фізики і методики викладання Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника

Затверджено на засіданні кафедри комп’ютерної інженерії та електроніки (протокол №2 від 5 жовтня 2022 р.)

Схвалено та рекомендовано до друку науково-методичною комісією фізико-технічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (протокол №3 від 17 січня 2023 р.)

Рекомендовано до друку Вченою радою фізико-технічного факультету Прикарпатського національного університету імені Василя Стефаника (протокол №5 від 18 січня 2023 р.)

© Мандзюк В.І.

© Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, м. Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 57

## ЗМІСТ

|  |    |
|--|----|
| Вступ  | 4  |
| 1 Самостійна та індивідуальна робота студентів                 | 7  |
| 1.1. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу             | 7  |
| 1.2. Підготовка до виконання лабораторної роботи               | 8  |
| 1.3. Виконання практичних робіт                                | 9  |
| 1.4. Вибіркові види самостійної та індивідуальної роботи       | 9  |
| 1.4.1. Написання реферату                                      | 9  |
| 1.4.2. Участь у олімпіадах                                     | 10 |
| 1.4.3. Участь у наукових дослідженнях                          | 10 |
| 2 Методичні рекомендації до виконання плану самостійної роботи | 11 |
| Тема 1 Напівпровідникові прилади                               | 11 |
| Тема 2 Напівпровідникові резистори                             | 14 |
| Тема 3 Напівпровідникові діоди                                 | 16 |
| Тема 4 Біполярні транзистори                                   | 19 |
| Тема 5 Польові транзистори                                     | 20 |
| Тема 6 Підсилювачі   | 27 |
| Тема 7 Спотворення сигналів у підсилювачі                      | 30 |
| Тема 8 Режими роботи підсилювальних елементів                  | 32 |
| Тема 9 Зворотний зв'язок в підсилювачі                         | 33 |
| Тема 10 Операційні підсилювачі                                 | 35 |
| Тема 11 Схеми на основі операційних підсилювачів               | 37 |
| Список рекомендованої літератури                               | 39 |

## ВСТУП

Електронна елементна база на теперішній час через низку суттєвих переваг є найбільш перспективною для побудови сучасних засобів автоматики та систем керування. Широке застосування електроніки та схемотехніки обумовлено новим етапом розвитку засобів автоматизації виробництва – впровадження гнучких автоматизованих виробництв, робототехніки, широке застосування комп'ютерної та мікропроцесорної техніки для реалізації систем керування. Електроніка і мікросхемотехніка забезпечує автоматизоване керування технологічними процесами, науковими і експериментальними дослідженнями окремих об'єктів.

Таким чином, курс “Комп'ютерна електроніка” є однією з фундаментальних загальнотехнічних дисциплін в підготовці бакалаврів до виробничих та дослідницьких робіт в області створення засобів автоматики, комп'ютерних систем, автоматизованого виробництва, гнучких виробничих систем в різних галузях народного господарства України.

**Метою** навчальної дисципліни “Комп'ютерна електроніка” є введення до елементної бази аналогової схемотехніки та комп'ютерної електроніки; роз'яснення студентам принципів дії та використання напівпровідникових елементів та типових інтегральних схем.

**Завданням** навчальної дисципліни “Комп'ютерна електроніка” є розгляд фізичних процесів, які відбуваються в напівпровідникових приладах; оволодіння основами побудови напівпровідникових приладів та інтегральних схем; формування у студентів фундаментальних знань з розрахунку типових аналогових та цифрових електронних схем, що можуть бути використані при розробці, впровадженні та експлуатації апаратних засобів передачі, обробки та захисту інформації, при створенні автоматизованих систем керування тощо.

**Предмет навчальної дисципліни** “Комп'ютерна електроніка” включає в себе розгляд фізичних явищ та процесів, які лежать в основі роботи напівпровідникових приладів; детальний розгляд принципів роботи

радіоелектронних пристроїв, в тому числі і цифрових, побудованих на базі напівпровідникових приладів; методи розрахунку та побудови типових аналогових та цифрових електронних схем, що можуть бути використані при розробці, впровадженні та експлуатації апаратних засобів передачі, обробки та захисту інформації, при створенні автоматизованих систем керування тощо.

У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен

**знати:**

– суть фізичних явищ, які лежать в основі роботи напівпровідникових приладів;

– класифікацію, умовні позначення, принципи функціонування, призначення, основні характеристики, параметри і особливості використання напівпровідникових приладів, що використовуються в електронній та обчислювальній техніці, автоматичних пристроях, комп'ютерних схемах та системах;

– класифікацію, умовні позначення, принципи функціонування, призначення, основні характеристики, параметри і особливості використання радіоелектронних пристроїв, в тому числі і цифрових, побудованих на базі напівпровідникових приладів;

– методи розрахунку та побудови типових аналогових та цифрових електронних схем.

**вміти:**

– пояснити суть фізичних явищ, які лежать в основі роботи напівпровідникових приладів;

– користуючись умовними позначеннями класифікувати напівпровідникові прилади, пояснити їхнє призначення та принципи функціонування;

– користуючись електричними схемами класифікувати радіоелектронні пристрої, в тому числі і цифрові, побудовані на базі напівпровідникових приладів, пояснити їхнє призначення та принципи функціонування;

– самостійно обирати необхідні напівпровідникові прилади при проектуванні та розрахунку радіоелектронних пристроїв, в тому числі і цифрових.

У результаті вивчення дисципліни “Комп’ютерна електроніка” студенти набувають наступних компетентностей:

*Загальні компетентності*

ЗК1. Здатність до абстрактного мислення, аналізу і синтезу.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

*Спеціальні (фахові) компетентності*

Р5. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп’ютерних систем та мереж, Інтернет-додатків, кіберфізичних систем тощо.

Р12. Здатність ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу програмно-технічних засобів, комп’ютерних та кіберфізичних систем, мереж та їхніх компонентів шляхом використання аналітичних методів і методів моделювання.

*За результатами навчання студенти повинні:*

Н1. Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп’ютерних засобів, систем та мереж.

Н2. Мати навички проведення експериментів, збирання даних та моделювання в комп’ютерних системах.

Н9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп’ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

Н20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

## 1. Самостійна та індивідуальна робота студентів

### 1.1. Самостійне опрацювання теоретичного матеріалу

Студенти повинні регулярно опрацьовувати теоретичні питання, передбачені робочою програмою. Для повного засвоєння матеріалу дисципліни необхідним елементом є його самостійне опанування студентами, зокрема, й додаткових теоретичних питань, які не розглядаються на лекціях (табл. 1.1). Опрацювання теоретичних питань, зазначених у табл. 1.1, є обов'язковим видом самостійної роботи студента. Утруднення, що виникають під час самостійного розгляду теоретичних питань, розв'язуються під час індивідуально-консультативних занять, які проводить лектор. Графік індивідуально-консультативних занять складається та доводиться до студентів на початку кожного семестру. Контроль за опрацюванням теоретичних питань, що виносяться на самостійний розгляд, здійснюється шляхом включення цих питань (поряд з теоретичними питаннями, що розглядаються під час лекцій) до екзаменаційних білетів.

Таблиця 1.1

#### Теми для самостійного опрацювання теоретичного матеріалу

| № теми   | Найменування тем, що виносяться на самостійне вивчення   | Обсяг годин |
|--|--|-------------|
| <b>Змістовий модуль 1. Фізичні основи роботи напівпровідникових приладів</b> |  |             |
| 1  | Технології, що використовуються для виготовлення напівпровідникових приладів.  | 10          |
| 2  | Матеріали, що використовуються для виготовлення напівпровідникових резисторів.   | 10          |
| 3  | Високочастотні діоди. Імпульсні діоди. Надвисокочастотні діоди. Діоди Ганна. Діоди Шотткі. Динистори і тиристори.  | 12          |
| 4  | Залежність параметрів транзисторів від режиму роботи, температури і частоти. Дрейфові транзистори. Робота транзистора в імпульсному режимі. Шуми транзистора. Конструкції і типи транзисторів. Фототранзистор. | 18          |
| 5  | Технологія виготовлення МДН- (МОН-) транзисторів. Пристрої із зарядовим зв'язком. Польові транзистори на основі гетеропереходу.  | 16          |

| <b>Змістовий модуль 2. Підсилювачі сигналів</b> |   |            |
|---|---|------------|
| 6   | Живлення кола бази транзисторів, температурна стабілізація і температурна компенсація робочої точки. Міжкаскадні зв'язки в підсилювачах. Вихідні каскади підсилення.  | 12         |
| 7   | Підсилювачі з резистивно-ємнісним зв'язком. Підсилювачі з трансформаторним зв'язком. Підсилювачі постійного струму.   | 8          |
| 8   | Однокаскадний підсилювач з послідовним від'ємним зворотнім зв'язком за струмом. Фазоінверсний підсилювач. Однокаскадний підсилювач з паралельним від'ємним зворотнім зв'язком. Паразитні зворотні зв'язки в підсилювачах. | 12         |
| 9   | Відмінності реальних операційних підсилювачів від ідеального. Параметри за постійним струмом. Параметри за змінним струмом. Нелінійні ефекти. Обмеження, обумовлені живленням.  | 12         |
| 10  | Аналогові обчислювальні машини. Принцип їх побудови. Переваги та недоліки порівняно з цифровими ЕОМ.  | 10         |
| <b>Разом на самостійну роботу</b>               |   | <b>120</b> |

## **1.2. Підготовка до виконання лабораторної роботи**

Підготовка до лабораторної роботи відноситься до обов'язкового виду самостійної роботи студента і виконується студентом до початку лабораторного заняття. Рівень підготовки студента до виконання лабораторної роботи контролюється викладачем, що проводить лабораторні заняття, у формі допуску до лабораторної роботи. Під час отримання допуску студент має знати відповіді на контрольні питання, мету роботи, вміти описати обладнання, що використовується, порядок виконання роботи та обробки результатів вимірювань. Утруднення, що виникають при підготовці до лабораторної роботи, з'ясовуються з викладачем під час індивідуально-консультативних занять. Студент, що не склав допуску, вважається таким, що є недопущеним до виконання лабораторної роботи, має належним чином підготуватися до її виконання і відпрацювати лабораторну роботу під час індивідуально-консультативних занять.



### **1.3. Виконання практичних робіт**

Виконання практичних робіт, якщо це заплановано навчальним планом, є обов'язковим видом самостійної роботи студента. На семестр планується виконання певної кількості практичних робіт з розрахунку електронних схем, обов'язкових для перевірки викладачем. Виконання практичних завдань контролюється викладачем практичних занять у вигляді перевірки задач завдання та під час написання контрольних робіт. До дати кожного модуль-контролю студент повинен виконати зазначену викладачем кількість завдань з відповідного змістового модулю. Утруднення, що виникають при розв'язанні задач практичних завдань, з'ясовуються під час індивідуально-консультативних занять, що проводяться викладачем практичних занять. Останнім терміном ліквідації заборгованості є час проведення останнього практичного або лабораторного заняття. Задля успішного виконання студентам надається перелік додаткової літератури, що є у бібліотеці університету та електронні варіанти навчальних посібників та методичних вказівок, що містять основні методи рішення та приклади типових задач з розрахунку електронних схем.

### **1.4. Вибіркові види самостійної та індивідуальної роботи.**

Студент, що має бажання поглибленого вивчення дисципліни, цікавиться науковою роботою в галузі комп'ютерної електроніки або бажає покращити загальний бал у рейтингу, може виконати додаткові завдання, що відносяться до вибірових видів самостійної та індивідуальної роботи студентів, з наступного переліку: написання реферату, участь в олімпіадах, участь у наукових дослідженнях в галузі електроніки.

#### **1.4.1. Написання реферату.**

У семестрі студент має право написати один чи декілька рефератів на тему, яка вказується викладачем, що проводить лекційні заняття. Тема реферату вказується з огляду на необхідність поглиблення знань студента в конкретному розділі електроніки. Студент разом з викладачем формують перелік питань, що

мають бути висвітлені у рефераті. Оформлений реферат має бути захищеним після перевірки його змісту викладачем. Захист реферату відбувається під час лабораторного чи індивідуального заняття у формі доповіді на тему, що висвітлюється.

#### **1.4.2. Участь у олімпіадах.**

Студенти мають право приймати участь у олімпіадах з дисциплін, що пов'язані з електронікою, які проводяться у вищих навчальних закладах України. У разі, якщо студент приймає участь у відбірному турі олімпіади, він отримує додаткову кількість балів лише за умов здобуття призового місця. У випадку участі у турах олімпіади, вищих за відбірний, студент обов'язково отримує додаткову кількість балів на підставі документу, що підтверджує його участь в олімпіаді (диплому учасника олімпіади, диплому за отримання призового місця, подяки оргкомітету за участь у олімпіаді тощо).

#### **1.4.3. Участь у наукових дослідженнях.**

Студенти, які цікавляться науковою роботою в сфері комп'ютерної електроніки, можуть приймати участь у наукових дослідженнях, що проводяться викладачами кафедри комп'ютерної інженерії та електроніки. Після з'ясування наукових інтересів студента, йому призначають наукового керівника з числа тих викладачів кафедри, які займаються дослідженнями за науковим напрямком, близьким до того, що цікавить студента. Додаткові бали студент отримує наприкінці кожного семестру за результатами відгуку наукового керівника про роботу студента, або ж на підставі прийнятої до друку статті, доповіді на науковій конференції, співавтором яких є студент, тощо.

## 2. Методичні рекомендації до виконання плану самостійної роботи

### Тема 1. Напівпровідникові прилади.

1. Електропровідність напівпровідників. Будова напівпровідників. Типи провідностей.
2. Електронно-дірковий перехід. Його параметри і характеристики.
3. Класифікація напівпровідникових приладів.
4. Технології, що використовуються для виготовлення напівпровідникових приладів (**самостійна робота**).

### *Контрольні запитання до теми*

1. На які типи поділяються тверді тіла з точки зору їх здатності проводити електричний струм?
2. Які типи зв'язку існують в твердих тілах?
3. Що є носіями зарядів в металах, газах, вакуумі, електролітах і напівпровідниках?
4. Під впливом якого фактору з'являються носії заряду в напівпровідниках? Як називається цей процес?
5. Які типи домішок можна ввести в напівпровідниковий кремній чи германій? З якою метою здійснюється таке легування?
6. Які процеси мають місце при формуванні  $p-n$ -переходу?
7. Зарисувати і пояснити основні ділянки ВАХ напівпровідникового  $p-n$ -переходу.
8. Які види пробою спостерігаються в напівпровідниковому  $p-n$ -переходу? За яких умов вони виникають?
9. Який вигляд має вольт-фарадна характеристика напівпровідникового  $p-n$ -переходу? Чим зумовлена така поведінка?
10. Які прилади називаються напівпровідниковими? Якою є їх класифікація?

### *Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента*

1. До класу яких матеріалів за типом провідності належать кремній і германій при кімнатній температурі?

- A) провідник
- Б) діелектрик
- В) напівпровідник
- Г) надпровідник

2. Як називаються негативно заряджені носії заряду у напівпровідниках?

- A) електрони
- Б) дірки
- В) позитрони
- Г) іони

3. Як називається процес народження електрон-діркових пар у напівпровідниках?

- A) рекуперація
- Б) регенерація
- В) рекомбінація
- Г) генерація

4. Як називається провідність чистих напівпровідникових матеріалів?

- A) електронною
- Б) власною
- В) домішковою
- Г) дірковою

5. Домішку з якої групи таблиці Менделєєва потрібно додати в кремній (германій), щоб отримати *n*-тип провідності?

- A) IV
- Б) V
- В) III
- Г) V, VI

6. Як називаються домішки, які формують *p*-тип провідності напівпровідникового матеріалу?

- A) донорні
- Б) негативні
- В) акцепторні
- Г) позитивні

7. Для чого використовується процес впровадження домішок в напівпровідниковий матеріал?

- А) зменшення питомого опору
- Б) стабілізації структури
- В) анігіляції дефектів
- Г) збільшення питомого опору

8. Яка особливість роботи електронно-діркового переходу при прикладанні до нього прямого зміщення?

- А) перехід закритий, його опір малий
- Б) перехід відкритий, його опір малий
- В) перехід відкритий, його опір великий
- Г) перехід закритий, його опір великий

9. Якими носіями заряду переноситься струм при прямому зміщенні електронно-діркового переходу?

- А) неосновними
- Б) основними
- В) електронами
- Г) дірками

10. Який тип пробою виникає в електронно-дірковому переході при використанні слабо-легованих напівпровідників?

- А) тепловий
- Б) на основі ефекту Зенера
- В) лавинний
- Г) зворотний

11. Який тип пробою виникає в електронно-дірковому переході при поганому тепловідведенні від нього?

- А) на основі ефекту Зенера
- Б) лавинний
- В) зворотний
- Г) тепловий

12. Залежність струму, який протікає через електронно-дірковий перехід, від прикладеної напруги називається ... характеристикою.

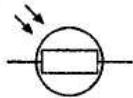
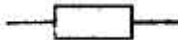
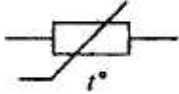
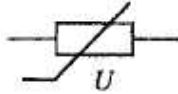
- А) фазо-частотною
- Б) амплітудно-частотною
- В) вольт-амперною
- Г) вольт-фарадною



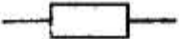
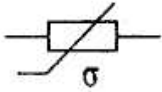
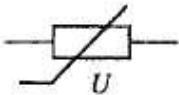
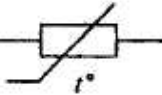
3. Як називається резистор, в якому використовується залежність його опору від магнітного поля?

- А) лінійний резистор                      Б) магніторезистор  
 В) терморезистор                         Г) варистор

4. Як на електричних схемах позначається терморезистор?

- А)                       Б)   
 В)                       Г) 

5. Як на електричних схемах позначається варистор?

- А)                       Б)   
 В)                       Г) 

6. Як називається терморезистор, у якого з підвищенням температури опір зменшується?

- А) позистор                                      Б) пористор  
 В) тиристор                                     Г) термістор

7. Температурний коефіцієнт опору терморезистора визначається за формулою:

- А)  $\alpha = R_T \frac{dR_T}{dT} \cdot 100\%$                       Б)  $\alpha = \frac{1}{R_T} \frac{dT}{dR_T} \cdot 100\%$   
 В)  $\alpha = \frac{1}{R_T} \frac{dR_T}{dT} \cdot 100\%$                       Г)  $\alpha = R_T \frac{dT}{dR_T} \cdot 100\%$





7. Назвіть основні параметри напівпровідникового діода.
8. Які існують схеми випрямлячів електричного струму?
9. Що називається стабілітроном? Якою є ВАХ стабілітрона? Назвіть основні параметри стабілітрона. Чим відрізняється стабілітрон від стабістора?
10. Назвіть основні параметри варикапа.
11. Чим тунельний діод відрізняється від оберненого? Основні параметри тунельного діода.
12. Назвіть основні параметри і характеристики фото- і світлодіода.

### ***Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента***

1. За конструкцією напівпровідникові діоди поділяються на:

- |                                    |                      |
|------------------------------------|----------------------|
| А) площинні                        | Б) мікросплавні      |
| В) точкові, мікросплавні           | Г) точкові           |
| Д) площинні, точкові, мікросплавні | Е) площинні, точкові |

2. За частотою напівпровідникові діоди поділяються на:

- |                     |                      |
|---------------------|----------------------|
| А) низькочастотні   | Б) ВЧ і НВЧ          |
| В) НЧ, СЧ, ВЧ і НВЧ | Г) надвисокочастотні |
| Д) високочастотні   | Е) НЧ і СЧ           |

3. Стабілітрони на електричних схемах позначаються наступним чином:

- |  |  |
|--|--|
| А)  | Б)  |
| В)  | Г)  |

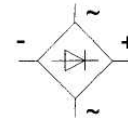
4. Тунельні діоди на електричних схемах позначаються наступним чином:

- |  |  |
|--|--|
| А)  | Б)  |
| В)  | Г)  |

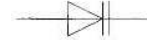
5. Світлодіоди на електричних схемах позначаються наступним чином:



Б)



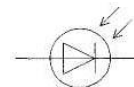
Г)



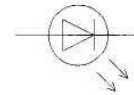
6. Випрямні блоки на електричних схемах позначаються наступним чином:



Б)



Г)



7. Якщо напруга в колі перевищує максимально допустиму зворотну напругу діода, то в цьому випадку допускається ... ввімкнення діодів:

A) мішане

Б) послідовне

В) з допомогою індуктивності

Г) паралельне

8. Стабілітрон вмикається у коло ... ввімкненням?

A) послідовним

Б) прямим

В) зворотним

Г) паралельним

9. Стабілітрони, призначені для стабілізації малих напруг, називаються:

A) стабілізаторами

Б) стабіраторами

В) стандартизаторами

Г) стабісторами

10. Основний параметр варикапа визначається за формулою:

A) 
$$G = \frac{\mu \mu_0 \sigma}{\rho}$$

Б)

$$L = 2\pi d S$$

В) 
$$C = \frac{\epsilon \epsilon_0 S}{d}$$

Г)

$$P = \epsilon \epsilon_0 M$$

11. Коефіцієнт перекриття за ємністю варикапа визначається рівністю:

A)  $k_c = \frac{C_{\max}}{C_{\min}}$

Б)  $k_c = \frac{C_{\min}}{C_{\max}}$

В)  $k_c = C_{\max} - C_{\min}$

Г)  $k_c = \frac{C_{\max} - C_{\min}}{C_{\min}}$

12. Залежність струму, який протікає через електронно-дірковий перехід, від прикладеної напруги називається ... характеристикою.

A) фазо-частотною

Б) амплітудно-частотною

В) вольт-амперною

Г) вольт-фарадною

13. Фотодіодом називається напівпровідниковий діод, призначений для перетворення:

A) теплової енергії в електричну

Б) світлової енергії в електричну

В) електричної енергії в світлову

Г) світлової енергії в теплову

14. Спектральна характеристика фотодіода – це залежність:

A) довжини хвилі від фотоструму

Б) фотоструму від довжини хвилі

В) довжини хвилі від величини

Г) фотоструму від величини

світлового потоку

світлового потоку

15. Світлодіодом називається напівпровідниковий діод, в якому відбувається безпосереднє перетворення:

A) електричної енергії в світлову

Б) електричної енергії в електричну

В) теплової енергії в електричну

Г) світлової енергії в теплову

16. Яскравісна характеристика світлодіода – це залежність:

A) потужності випромінювання від довжини хвилі

Б) фотоструму від потужності випромінювання

В) потужності випромінювання від прямого струму

Г) довжини хвилі від потужності випромінювання

#### **Тема 4. Біполярні транзистори.**

1. Класифікація і маркування транзисторів. Будова біполярних транзисторів. Принцип дії біполярних транзисторів.
2. Схеми увімкнення біполярних транзисторів.
3. Статичні характеристики транзисторів. Динамічний режим роботи транзистора.
4. Еквівалентні схема транзистора.
5. Система  $h$ -параметрів транзистора.  $Y$ -параметри.
6. Залежність параметрів транзисторів від режиму роботи, температури і частоти. Дрейфові транзистори. Робота транзистора в імпульсному режимі. Шуми транзистора. Конструкції і типи транзисторів. Фототранзистор (самостійна робота).

#### ***Контрольні запитання до теми***

1. Що називається біполярним транзистором? За якими ознаками класифікуються біполярні транзистори? З чого складається маркування біполярних транзисторів?
2. Яка будова і позначення на схемі біполярного транзистора?
3. Назвіть режими роботи біполярного транзистора.
4. Які існують співвідношення між струмами в біполярному транзисторі і через які коефіцієнти вони подаються?
5. Які існують схеми увімкнення біполярного транзистора в електричне коло? Назвіть переваги і недоліки кожної схеми.
6. Що називається статичною характеристикою біполярного транзистора. Зарисуйте і поясніть їх для випадку увімкнення біполярного транзистора в схемі із загальною базою і загальним емітером.
7. Який режим роботи транзистора називається динамічним? Зарисуйте динамічні характеристики транзистора і дайте означення робочої точки.
8. Суть ключового режиму роботи транзистора.





12. Коефіцієнт підсилення за напругою біполярного транзистора визначається за формулою:

- А)  $K_U = \frac{R_H}{K_I R_{ex}}$       Б)  $K_U = K_I \frac{R_H}{R_{ex}}$   
 В)  $K_U = K_I R_{ex} R_H$       Г)  $K_U = K_I \frac{R_{ex}}{R_{вих}}$

13. Статичним режимом роботи транзистора називається такий режим, при якому зміна вхідного струму чи напруги ... вихідної напруги:

- А) викликає зміни      Б) не викликає зміни  
 В) рівна зміні      Г) пропорційна змінам

14. Вихідна характеристика для схеми із загальною базою має вигляд:

- А)  $I_\kappa = f(U_{\delta\kappa})$  при  $I_e = const$       Б)  $I_\kappa = f(U_{\delta e})$  при  $I_e = const$   
 В)  $I_\kappa = f(U_{\delta e})$  при  $I_\kappa = const$       Г)  $I_\kappa = f(U_{\delta\kappa})$  при  $I_\delta = const$

15. Вхідна характеристика для схеми із загальним емітером має вигляд:

- А)  $I_\delta = f(U_{e\kappa})$  при  $U_{e\delta} = const$       Б)  $I_\delta = f(U_{e\delta})$  при  $U_{e\kappa} = const$   
 В)  $I_\kappa = f(U_{e\delta})$  при  $U_{e\kappa} = const$       Г)  $I_e = f(U_{\kappa\delta})$  при  $U_{e\kappa} = const$

16. Динамічним режимом роботи транзистора називається такий режим, при якому у вихідному колі стоїть ..., за рахунок якого зміна вхідного струму чи напруги ... викликати зміну вихідної напруги:

- А) конденсатор, не буде      Б) резистор навантаження, не буде  
 В) конденсатор, буде      Г) резистор навантаження, буде

17. Для режиму відсічки рівняння динамічного режиму роботи транзистора має вигляд:

- А)  $U_{ке} = E_k - I_k \cdot R_k$                       Б)  $U_{ке} \rightarrow E_k$   
В)  $U_{ке} = I_k \cdot R_k$                                       Г)  $E_k = 0$

18. Вхідний опір для схеми із загальною базою визначається за формулою:

- А)  $R_{вх} = r_e + (1 - \alpha)r_o$                       Б)  $R_{вх} = r_e + (1 + \alpha)r_o$   
В)  $R_{вх} = r_e - (1 + \alpha)r_o$                       Г)  $R_{вх} = r_o + (1 - \alpha)r_e$

19. У системі у-параметрів транзистора у вигляді незалежних змінних беруть..., а у вигляді залежних змінних ...:

- А)  $I_1$  та  $I_2$ ,  $U_1$  та  $U_2$                       Б)  $U_1$  та  $U_2$ ,  $I_1$  та  $I_2$   
В)  $I_1$  та  $U_1$ ,  $I_2$  та  $U_2$                       Г)  $I_1$  та  $U_2$ ,  $I_2$  та  $U_1$

20. У системі h-параметрів транзистора у вигляді незалежних змінних беруть..., а у вигляді залежних змінних ...:

- А)  $I_1$  та  $I_2$ ,  $U_1$  та  $U_2$                       Б)  $U_1$  та  $U_2$ ,  $I_1$  та  $I_2$   
В)  $I_1$  та  $U_1$ ,  $I_2$  та  $U_2$                       Г)  $I_1$  та  $U_2$ ,  $I_2$  та  $U_1$

21. Фізичний зміст параметра  $h_{12}$ :

- А) коефіцієнт підсилення за струмом                      Б) коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою  
В) вхідний опір    Г) вихідна провідність

22. Фізичний зміст параметра  $h_{22}$ :

- А) вихідна провідність    Б) вхідний опір  
В) коефіцієнт зворотного зв'язку за напругою                      Г) коефіцієнт підсилення за струмом



## **Тема 5. Польові транзистори.**

1. Будова і принцип дії польових транзисторів з керуючим  $p-n$ -переходом.
2. Характеристики і параметри польових транзисторів.
3. Польові транзистори з ізолюваним затвором.
4. Технологія виготовлення МДН- (МОН-) транзисторів. Пристрої із зарядовим зв'язком. Польові транзистори на основі гетеропереходу (самостійна робота).

### ***Контрольні запитання до теми***

1. Що називається польовим транзистором?
2. Як називаються області польового транзистора? Як польовий транзистор позначається на електричних схемах?
3. Який принцип дії польового транзистора з керуючим  $p-n$ -переходом?
4. Назвіть основні параметри і характеристики польового транзистора.
5. Яка будова польового транзистора з ізолюваним затвором? Які види МОН-транзисторів?
6. Назвіть основні параметри і характеристики МОН-транзистора.

### ***Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента***

1. Польовим називається транзистор, в якому струм визначається рухом:  
А) неосновними носіями заряду                      Б) електронів і дірок  
В) електронів і позитронів                              Г) основними носіями заряду
2. Струм у польовому транзисторі створюється під дією поздовжнього електричного поля, прикладеного між:  
А) витоком і затвором                                      Б) стоком і затвором  
В) витоком і стоком    Г) затвором і землею
3. Польовий транзистор з каналом  $n$ -типу на електричних схемах позначається наступним чином:

- A)  Б) 
- B)  Г) 

4. При відсутності напруги на керуючому електроді польового транзистора струм стоку:

- A)  $I_c = 0$  Б)  $I_c \neq f(U)$
- B)  $I_c = I_{\max}$  Г)  $I_c \neq I_{\max}$

5. При значно великих напругах на керуючому електроді польового транзистора струм стоку:

- A)  $I_c \neq f(U)$  Б)  $I_c = I_{\max}$
- B)  $I_c \neq I_{\max}$  Г)  $I_c = 0$

6. Польовий транзистор з керуючим  $p$ - $n$ -переходом працює тільки в режимі:

- A) збагачення каналу Б) збіднення каналу
- B) відсічки Г) насичення

7. Стокова характеристика польового транзистора має вигляд:

- A)  $I_c = f(U_{3B})$  при  $U_{3C} = const$  Б)  $I_c = f(U_{CB})$  при  $U_{3C} = const$
- B)  $I_B = f(U_{CB})$  при  $U_{3B} = const$  Г)  $I_c = f(U_{CB})$  при  $U_{3B} = const$

8. Внутрішній (вихідний) опір польового транзистора визначається за формулою:

- A)  $R_i = \frac{\Delta I_c}{\Delta U_{CB}}$  при  $U_{3B} = const$  Б)  $R_i = \frac{\Delta U_{3B}}{\Delta I_c}$  при  $U_{CB} = const$
- B)  $R_i = \frac{\Delta U_{CB}}{\Delta I_c}$  при  $U_{3B} = const$  Г)  $R_i = \frac{\Delta U_{CB}}{\Delta I_B}$  при  $U_{3B} = const$



2. Якщо для підсилювача виконується наступне співвідношення між внутрішнім опором джерела вхідного сигналу  $R_r$  та його вхідним опором  $R_{BX}$  –  $R_{BX} \gg R_r$ , то підсилювач працює в режимі:

- А) короткого замикання
- Б) насичення
- В) узгодження
- Г) холостого ходу

3. Якщо для підсилювача виконується наступне співвідношення між внутрішнім опором джерела вхідного сигналу  $R_r$  та його вхідним опором  $R_{BX}$  –  $R_{BX} \approx R_r$ , то підсилювач працює в режимі:

- А) насичення
- Б) короткого замикання
- В) узгодження
- Г) холостого ходу

4. За співвідношенням між вихідним опором підсилювача  $R_{ВИХ}$  та опором навантаження  $R_H$  –  $R_H \ll R_{ВИХ}$  підсилювачі діляться на підсилювачі з ... виходом:

- А) індуктивним
- Б) струмовим
- В) потужнісним
- Г) потенціальним

5. Структура, яка складається із декількох з'єднаних між собою підсилювачів, називається ... підсилювачем:

- А) багатомодовим
- Б) багатокаскадним
- В) багатоступеневим
- Г) багатоджерельним

6. Коефіцієнт підсилення за напругою підсилювача визначається рівністю:

- А)  $K_u = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$
- Б)  $K_u = \frac{U_{вих}}{I_{вх}}$
- В)  $K_u = \frac{U_{вх}}{U_{вих}}$
- Г)  $K_p = \frac{U_{вих}}{U_{вх}}$

7. При узгодженні на виході коефіцієнт підсилення за потужністю визначається рівністю:

|    |   |    |  |
|----|---|----|--|
| A) | $K_p = \left( \frac{E}{U_{\text{вх}}} \right)^2 \frac{R_{\text{вх}}}{R_{\text{вих}}}$ | Б) | $K_p = \left( \frac{E}{U_{\text{вх}}} \right)^2 \frac{R_{\text{вих}}}{R_{\text{вх}}}$  |
| В) | $K_p = \frac{E}{U_{\text{вх}}} \cdot \frac{R_{\text{вх}}}{4R_{\text{вих}}}$           | Г) | $K_p = \left( \frac{E}{U_{\text{вх}}} \right)^2 \frac{R_{\text{вх}}}{4R_{\text{вих}}}$ |

8. Коефіцієнт підсилення за потужністю, виражений в децибелах, визначається рівністю:

|    |                                |    |                                |
|----|--------------------------------|----|--------------------------------|
| A) | $K_p [\text{дБ}] = 20 \lg K_p$ | Б) | $K_u [\text{дБ}] = 20 \ln K_p$ |
| В) | $K_p [\text{дБ}] = 10 \lg K_p$ | Г) | $K_u [\text{дБ}] = 10 \lg K_p$ |

9. Загальний коефіцієнт підсилення багатокаскадного підсилювача, виражений в децибелах, визначається рівністю:

|    |  |
|----|--|
| A) | $K[\text{дБ}] = K_1[\text{дБ}] \cdot K_2[\text{дБ}] \cdot K_3[\text{дБ}] \cdot \dots \cdot K_n[\text{дБ}]$ |
| Б) | $K[\text{дБ}] = K_1[\text{дБ}] + K_2[\text{дБ}] + K_3[\text{дБ}] + \dots + K_n[\text{дБ}]$                 |
| В) | $K[\text{дБ}] = \lg K_1[\text{дБ}] + \lg K_2[\text{дБ}] + \lg K_3[\text{дБ}] + \dots + \lg K_n[\text{дБ}]$ |
| Г) | $K[\text{дБ}] = \ln K_1[\text{дБ}] + \ln K_2[\text{дБ}] + \ln K_3[\text{дБ}] + \dots + \ln K_n[\text{дБ}]$ |

10. Електричний ККД підсилювача визначається рівністю:

|    |  |    |  |
|----|--|----|--|
| A) | $\eta_n = \frac{P_{\text{заг}}}{P_{\text{кол}}}$       | Б) | $\eta_{\text{ел}} = \frac{P_{\text{кол}}}{P_{\kappa}}$ |
| В) | $\eta_{\text{ел}} = \frac{P_{\kappa}}{P_{\text{кол}}}$ | Г) | $\eta_n = \frac{P_{\kappa}}{P_{\text{кол}}}$           |

## Тема 7. Спотворення сигналів у підсилювачі.

1. Нелінійні спотворення у підсилювачі.
2. Лінійні спотворення у підсилювачі.
3. Амплітудно-частотна і фазо-частотна характеристики.
4. Фазові спотворення у підсилювачі.
5. Методи досліджень лінійних і нелінійних спотворень в підсилювачах (самостійна робота).

### *Контрольні запитання до теми*

1. Які види спотворень виникають при роботі підсилювача?
2. З чим пов'язані лінійні і нелінійні спотворення підсилювача?
3. Показати, як виникають нелінійні спотворення у підсилювачі аналітичним і графічним способами.
4. Які параметри використовують для оцінки спотворень підсилювача?
5. Що називається амплітудно-частотною і фазо-частотною характеристиками?
6. За рахунок чого виникають фазові спотворення у підсилювачі?
7. Як відбувається спотворення імпульсних сигналів при їх підсиленні?

### *Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента*

1. Для ідеального підсилювача умова неспотвореного підсилення має вигляд:

|  |  |
|--|--|
| А) $U_{ex}(t) = K_u U_{вix}(t - \Delta t)$ | Б) $U_{вix}(t) = K_u U_{ex}(t - \Delta t)$         |
| В) $U_{вix}(t) = K_u U_{ex}(t)$            | Г) $U_{вix}(t) = \frac{K_u}{U_{ex}(t - \Delta t)}$ |

2. Нелінійні спотворення виникають внаслідок наявності в підсилювачі елементів з ... ВАХ:

- |                    |              |
|--------------------|--------------|
| А) нелінійними     | Б) коловими  |
| В) синусоїдальними | Г) лінійними |



9. Для вибіркового підсилювачів характерним є співвідношення:

- А)  $f_{\epsilon} \gg f_n$                       Б)  $f_{\epsilon} \approx f_n$   
В)  $f_{\epsilon} = f_n = 0$                       Г)  $f_{\epsilon} > f_n + 1$

10. Підсилювачі, для яких  $f_n = 0$ , називаються підсилювачами:

- А) постійного струму                      Б) синусоїдального струму  
В) вимушеного струму                      Г) змінного струму

### **Тема 8. Режими роботи підсилювальних елементів.**

1. Поняття про прохідну динамічну характеристику.

2. Режим роботи класу А.

3. Режим роботи класу В.

4. Режим роботи класу АВ.

5. Режим роботи класу С.

6. Режим роботи класу D.

7. Підсилювачі з резистивно-ємнісним зв'язком. Підсилювачі з трансформаторним зв'язком. Підсилювачі постійного струму (**самостійна робота**).

### ***Контрольні запитання до теми***

1. Що називається прохідною характеристикою підсилювача? Як її можна отримати з допомогою вхідних і вихідних статичних характеристик?

2. Які режими роботи підсилювача розрізняють? Чим визначається вибір режиму роботи?

3. Охарактеризуйте роботу підсилювача класу А.

4. Чим характеризується робота підсилювача класу В.

5. Опишіть роботу підсилювача класу АВ.

6. Вкажіть переваги підсилювача класу С.

7. Опишіть роботу підсилювача класу D.



### **Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента**

1. Прохідною динамічною характеристикою називається залежність:

- A) вихідного струму від вхідного струму                      Б) вихідної напруги від вхідного струму  
В) вихідного струму від вхідної напруги                      Г) вхідної напруги від вихідної напруги

2. Половина часу за період, протягом якого через транзистор протікає струм, називається кутом:

- A) зміщення                      Б) відсічки  
В) зсуву фаз                      Г) проходження

3. Кут відсічки для підсилювача класу А становить:

- A)  $45^\circ$                       Б)  $90^\circ$   
В)  $120^\circ$                       Г)  $180^\circ$

4. Кут відсічки для підсилювачів класу АВ і С становить:

- A)  $< 90^\circ$                       Б)  $> 90^\circ$   
В)  $180^\circ$                       Г)  $90^\circ$

5. Режим роботи класу D – це ... режим роботи транзистора:

- A) інверсний                      Б) автономний  
В) ключовий                      Г) пасивний

### **Тема 9. Зворотний зв'язок в підсилювачі.**

1. Види зворотного зв'язку.
2. Вплив від'ємного зворотного зв'язку на основні показники підсилювача.
3. Однокаскадний підсилювач з послідовним від'ємним зворотнім зв'язком за струмом. Однокаскадний підсилювач з паралельним від'ємним зворотнім зв'язком (**самостійна робота**).

4. Фазоінверсний підсилювач (**самостійна робота**).
5. Паразитні зворотні зв'язки в підсилювачах (**самостійна робота**).

### ***Контрольні запитання до теми***

1. Що називається зворотним зв'язком в підсилювачі?
2. Що являє собою коло і петля зворотного зв'язку?
3. За якими ознаками класифікують зворотний зв'язок?
4. Зарисуйте кола із послідовним і паралельним зворотним зв'язком.
5. Зобразіть кола із зворотним зв'язком за напругою і струмом.

### ***Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента***

1. Зворотним зв'язком в підсилювачі чи в окремо взятому каскаді називається такий зв'язок між входом і виходом, при якому частина енергії підсиленого сигналу передається з:

- |                           |                    |
|---------------------------|--------------------|
| А) входу на вихід         | Б) виходу на землю |
| В) виходу на навантаження | Г) виходу на вхід  |

2. Добуток  $K \cdot \beta$ , де  $K$  – коефіцієнт передачі підсилювача, а  $\beta$  – коефіцієнт передачі кола зворотного зв'язку, називається ... коефіцієнтом передачі:

- |             |              |
|-------------|--------------|
| А) петлевим | Б) дуговим   |
| В) землевим | Г) каскадним |

3. Від'ємним зворотним зв'язком називається такий зв'язок, при якому сигнал на вхід підсилювача через коло зворотного зв'язку поступає:

- |                                   |                                    |
|-----------------------------------|------------------------------------|
| А) у фазі з вихідним сигналом     | Б) у протифазі з вихідним сигналом |
| В) у протифазі з вхідним сигналом | Г) у фазі з вхідним сигналом       |

4. Коефіцієнт передачі підсилювача із від'ємним зворотним зв'язком, виражається рівністю:

$$\begin{array}{ll} \text{А)} & K_{33} = \frac{K}{1 + \beta \cdot K} \\ \text{Б)} & K_{33} = \frac{K}{1 - \beta \cdot K} \\ \text{В)} & K_{33} = \frac{1 + \beta \cdot K}{K} \\ \text{Г)} & K = \frac{K_{33}}{1 + \beta \cdot K_{33}} \end{array}$$

### **Тема 10. Операційний підсилювач.**

1. Історія розвитку операційного підсилювача. Позначення операційного підсилювача.

2. Виводи та властивості операційного підсилювача. Живлення операційного підсилювача.

3. Ідеальний операційний підсилювач.

4. Параметри та характеристики операційних підсилювачів.

5. Способи ввімкнення операційних підсилювачів.

6. Класифікація операційних підсилювачів.

7. Відмінності реальних операційних підсилювачів від ідеального (**самостійна робота**).

8. Параметри за постійним струмом. Параметри за змінним струмом (**самостійна робота**).

9. Нелінійні ефекти. Обмеження, обумовлені живленням (**самостійна робота**).

### ***Контрольні запитання до теми***

1. Які функції може виконувати операційний підсилювач?

2. Як позначається операційний підсилювач на схемі? Як називаються його виводи?

3. Назвіть основні властивості ідеального операційного підсилювача?

4. Якими параметрами характеризуються операційні підсилювачі?

5. Зарисуйте схеми увімкнення неінвертуючого та інвертуючого операційного підсилювачів.

6. Чому рівний коефіцієнт підсилення схеми на неінвертуючому та інвертуючому операційному підсилювачі?

**Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента**

1. Диференціальна вхідна напруга операційного підсилювача обчислюється за формулою:

- A)  $U_d = U_2 + U_1$                       Б)  $U_d = (U_2 - U_1)/2$   
В)  $U_d = U_2 - U_1$                       Г)  $U_d = (U_2 + U_1)/2$

2. Коефіцієнт підсилення операційного підсилювача за синфазною вхідною напругою визначається рівністю:

- A)  $K_c = U_{\text{вх}}/U_c$                       Б)  $K_c = U_{\text{вих}}/U_d$   
В)  $K_d = U_{\text{вих}}/U_d$                       Г)  $K_c = U_{\text{вих}}/U_c$

3. Входи операційного підсилювача отримали назву ... та ... входів.

- A) інвертуючого, неінжектуючого                      Б) синфазного, диференціального  
В) інжектуючого, неінжектуючого                      Г) інвертуючого, неінвертуючого

4. Для ідеального операційного підсилювача коефіцієнт підсилення за синфазною вхідною напругою відповідає рівності:

- A)  $K_c \rightarrow 0$                       Б)  $K_c \rightarrow 1$   
В)  $K_c \rightarrow \infty$                       Г)  $K_d \rightarrow \infty$

5. В ідеальному операційному підсилювачі для вихідного опору виконується наступне співвідношення:

- A)  $R_{\text{вих}} \rightarrow \infty$                       Б)  $R_{\text{вх}} = R_{\text{вих}}$   
В)  $R_{\text{вих}} \rightarrow 0$                       Г)  $R_{\text{вих}} \rightarrow 1$



2. Які особливості застосування операційних підсилювачів в схемах компараторів?

3. На чому базується робота компаратора з фіксованої зоною вхідної напруги?

4. З яких умов виводиться співвідношення між вхідною і вихідною напругою у схемі суматора на основі операційного підсилювача?

5. При яких обмеженнях на вхідні сигнали схема суматора працює в лінійному режимі?

6. Поясніть принцип дії схем для диференціювання та інтегрування напруг.

### ***Типові тестові завдання для самоперевірки знань студента***

1. Схема додавання на основі операційного підсилювача за умови рівності опорів схеми та інвертуючого увімкнення реалізує взаємозв'язок між вихідною і вхідними напругами виду:

$$\begin{array}{ll} \text{А)} & U_{\text{вх}} = U_{\text{вх}2} - U_{\text{вх}1} \\ \text{Б)} & U_{\text{вх}} = -(U_1 + U_2) \\ \text{В)} & U_{\text{вх}} = U_1 + U_2 \\ \text{Г)} & U_{\text{вх}} = -\frac{U_1 + U_2}{U_1 - U_2} \end{array}$$

2. Схема інтегрування на основі операційного підсилювача реалізує взаємозв'язок між вихідною і вхідними напругами виду:

$$\begin{array}{ll} \text{А)} & U_{\text{вх}} = -RC \int U_{\text{вх}}(t) dt \\ \text{Б)} & U_{\text{вх}} = -\frac{R}{C} \int U_{\text{вх}}(t) dt \\ \text{В)} & U_{\text{вх}} = -\frac{1}{RC} \int U_{\text{вх}}(t) dt \\ \text{Г)} & U_{\text{вх}} = \frac{1}{RC} \int U_{\text{вх}}(t) dt \end{array}$$

3. Схема логарифмування на основі операційного підсилювача реалізує взаємозв'язок між вихідною і вхідними напругами виду:

$$\begin{array}{ll} \text{А)} & U_{\text{вх}} = -\frac{1}{\alpha} \ln \left( \frac{U_{\text{вх}}}{I_0 R} \right) \\ \text{Б)} & U_{\text{вх}} = -\ln \left( \frac{\alpha U_{\text{вх}}}{I_0 R} \right) \\ \text{В)} & U_{\text{вх}} = \alpha \ln \left( \frac{U_{\text{вх}}}{I_0 R} \right) \\ \text{Г)} & U_{\text{вх}} = \frac{1}{\alpha} \ln \left( \frac{I_0 R}{U_{\text{вх}}} \right) \end{array}$$

## Список рекомендованої літератури

### Базова

1. Оксанич А.П., Притчин С.Є., Вашерук О.В. Комп'ютерна електроніка. Ч. I-II. – К.: Вища школа, 2005, 456 с.
2. Бех І.І., Левитський С.М. Фізичні основи комп'ютерної електроніки. – К.: ТОВ “Карбон”, 2010. – 233 с.
3. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка / М.С. Будіщев; Ред. Мельников О.В. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
4. Скаржена В.А., Луценко А.Н. Электроника и микроэлектроника. Часть 1. – К.: Вища школа, 1991.
5. О.К. Каганюк, М.М. Поліщук, Н.В. Здолбіцька, К.Я. Бортник. Комп'ютерна електроніка: навчальний посібник для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освітньо-професійної програми «Комп'ютерна інженерія» галузь знань 12 Інформаційні технології спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія денної та заочної форм навчання. – Луцьк : Луцький НТУ, 2020. 224 с.
6. А. Буняк. Електроніка та мікросхемо техніка. – К.: Київ-Тернопіль, 2001. – 382 с.
7. Електроніка і мікросхемотехніка: Навч. посібник / В.Т. Дмитрів, В.М. Шиманський. – Львів: Вид-во Афіша, 2004. – 175 с.
8. Електроніка і мікросхемотехніка: підручник /Ю.П. Колонтаєвський, А.Г. Сосков; за ред. А.Г.Соскова. – 2-е вид. Рек МОН. – К.: Каравела, 2009. – 416 с.
9. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник для вищ. навч. закл. освіти: У 4-х т. / В.І. Сенько, М.В. Панасенко, Є.В. Сенько та ін.; Під ред. В.І. Сенька. – К.: ТВО Видавництво “Обереги”, 2000. – т.1. Елементна база електронних пристроїв. 300 с.
10. Основи електротехніки та електроніки: Навч. посіб. для дистанційного навчання: у 2 ч. Ч.2.: Основи електроніки. / І.А. Петренко. – К.: Університет "Україна", 2006. – 307 с.

11. Мандзюк Володимир Ігорович. Комп'ютерна електроніка: матеріали до хрестоматії з дисципліни. - Івано-Франківськ: НБ ПНУ, 2018.

12. Твердотільна електроніка. Фізичні основи і властивості напівпровідникових приладів: навчальний посібник. / А.О. Дружинін. – Львів: Національного університету "Львівська політехніка", 2009. – 332 с.

#### **Додаткова**

13. Схемотехніка електронних систем: У 3 кн. :Підручник /В.І. Бойко, А.М. Гуржій, В.Я. Жуйков та ін.- 2-ге вид., допов. і переробл. Кн. 1.: Аналогова схемотехніка та імпульсні пристрої. – К.: Вища школа, 2004. – 366 с.

14. М.П. Бабич. Комп'ютерна схемотехніка: навч. посібник. – К.: МК-Прес, 2004. – 412 с.

15. С.М. Герасимов, М.В. Белоус, А.М. Москалюк. Физические основы электронной техники: учебное пособие для вузов. – К.: Выща школа, 1981. – 368 с.

16. В.А. Завадский. Комп'ютерна електроніка. – К.: ТОО ВЕК, 1996.



УДК 621.382:004(076.5)  
М-23

Володимир Ігорович Мандзюк

Методичні вказівки до організації самостійної роботи студентів з дисципліни “Комп’ютерна електроніка” [*Електронне видання*] / Мандзюк В.І. – Івано-Франківськ, Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника, 2023. – 41 с.

.....

76018, м. Івано-Франківськ, вул. Шевченка, 57  
Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника