

Міністерство освіти і науки України

Державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку

Кафедра Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій

**МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ
ДЛЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ
ЗДОБУВАЧІВ ВИЩОЇ ОСВІТИ
З ДИСЦИПЛІНИ
«МАТЕРІАЛИ ТА КОМПОНЕНТИ ЕЛЕКТРОНІКИ»**

Одеса – 2024

УДК 621.37

Автори:

Воробйова О.М., кандидат технічних наук, доцент, в.о. завідувача кафедри Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Державного університету інтелектуальних технологій та зв'язку.

Альошина Л.О., викладач кафедри Автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій Державного університету інтелектуальних технологій та зв'язку.

Рецензенти:

Федорова К.Ю., кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри Цивільна інженерія та архітектура Одеського національного морського університету;

Русаловський В.Б., кандидат технічних наук, в.о. декана факультету Телекомунікацій та радіотехніки Державного університету інтелектуальних технологій та зв'язку.

*Рекомендовано до друку Навчально-методичною Радою
Державного університету інтелектуальних технологій і зв'язку
(протокол № 7 від 30 травня 2024 р.)*

Воробйова О.М., Альошина Л. О. Матеріали та компоненти електроніки: методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ. 2024 р. 28 с.

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів вищої освіти містять матеріал, який допоможе самостійно вивчити всі розділи навчальної програми з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки», перевірити свої знання, застосовувати їх при виконанні комплексного завдання, підготуватися до лабораторних, практичних занять та до заліку.

При вивченні змістових тем необхідно використовувати рекомендовану літературу. В кінці кожного розділу надані питання для самоперевірки знань, за допомогою відповідей на які можна здійснити перевірку теоретичних знань, отриманих при самостійній роботі над розділами програми.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. Склад програми навчальної дисципліни та рекомендації з самостійного її вивчення.....	6
Тема 1. <i>Матеріали : провідники, діелектрики та напівпровідники.</i>	
<i>Дискретні компоненти електроніки</i>	6
1.1. Матеріал - провідник. Пасивні компоненти електроніки. Резистори. Характеристики та параметри. Подільники напруги.....	6
1.2. Матеріал - діелектрик. Використання у виробництві електронних приладів.....	7
1.3. Матеріал - напівпровідник. Активні компоненти електроніки. Діоди. Характеристики та параметри. Діодні схеми . Біполярні (БТ) та польові (ПТ) транзистори. Характеристики, параметри, основні схеми включення.....	7
1.4. Біполярні (БТ) та польові (ПТ) транзистори. Характеристики, параметри, основні схеми включення. Підсилювачі на БТ. Схема підсилювача зі спільним емітером. Режими підсилення А, Б, С, Д.....	8
1.5. Підсилювачі на ПТ. Схеми включення	10
1.6. Зворотний зв'язок. Каскади з від'ємним та додатним зворотним зв'язком. Генератори	11
Тема 2. <i>Аналогова інтегральна електроніка</i>	11
2.1. Операційний підсилювач (ОП). Структура ОП. Параметри та характеристики	11
2.2. Схеми на ОП: інвертуючий та неінвертуючий підсилювачі, інвертуючий та неінвертуючий суматори, інтегратор, логарифматор. Мультивібратор на ОП.....	12
Тема 3. <i>Цифрова інтегральна електроніка</i>	14
3.1. Цифрові сигнали. Логічні функції. Бульовий базис. Способи задання логічних функцій. Схемотехніка цифрових елементів.....	14
3.2. Послідовнісні цифрові пристрої: тригери асинхронні та синхронні. Принцип дії. Часові діаграми.....	15
3.3. Лічильники імпульсів: двійкові, двійково-десяткові, регістри послідовні та паралельні	17
3.4. Запам'ятовувальні пристрої на інтегральних мікросхемах ВІС.. Структура, принцип дії, формування команд керування.....	19
3.5. Комбінаційні пристрої. Негативні явища та способи їх уникнення. Перетворювачі кодів. Мультиплексори та демультимплексори. Цифрові компаратори	20
3.6. Програмовані логічні матриці (ПЛМ). Види ПЛМ. Програмування ПЛМ.....	22

Тема 4. Цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі	23
4.1. Цифро-аналогові перетворювачі.(ЦАП). Параметри та характеристики. Схеми ЦАП. Схеми нарощування розрядності двійково-десятькового ЦАП	23
4.2. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП). Параметри та характеристики. АЦП розгортального перетворення. АЦП стежного перетворення. АЦП паралельного кодування. Послідовно-паралельні АЦП	24
Тема 5. Мікропроцесори	26
5.1. Основні положення. Структура мікропроцесорної системи. Узагальнена схема мікропроцесора. Функціонування мікропроцесорної системи та мікро контролера	26

ВСТУП

Методичні рекомендації для самостійної роботи студентів допоможуть вивчити всі розділи навчальної програми з курсу «Матеріали та компоненти електроніки».

При вивченні питань необхідно використовувати рекомендовану літературу. В кінці кожного розділу надані питання для самостійної перевірки, за допомогою відповідей на які можливо здійснити перевірку теоретичних знань, отриманих при самостійній роботі над розділами програми.

Необхідно враховувати, що в кожному розділі є додаткові питання, вивчення яких допоможуть більш глибокому розумінню розглядуваних питань.

Метою викладання навчальної дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки» є забезпечення базової підготовки студентів, яка необхідна для вивчення спеціальних дисциплін і наступного вирішування виробничих, проектних та дослідницьких задач відповідно до кваліфікаційної характеристики бакалавра за спеціальностями 123 «Комп'ютерна інженерія» та 125 «Кібербезпека».

Основним завданням вивчення дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки» є

- сформулювати у здобувачів вищої освіти систем понять, певної сукупності знань, умінь, навичок, зв'язаних зі законами електроніки.
- сформулювати здатності виконувати розробку та налагодження електронних пристроїв для задач комп'ютерних наук з ціллю використання сучасних досліджень в області електроніки, мікроелектроніки и мікропроцесорної техніки з потребою стандартів;
- сформулювати необхідні знання для виконання обґрунтованого вибору компонентів електроніки відповідно до їх призначення, умов експлуатації та технології. формування у студентів принципів побудови, розробки та обслуговування електронних пристроїв при грамотному виборі компонентів.

Вимоги до компетенції визначаються галузевими стандартами вищої освіти України та освітньо-професійною програмою підготовки бакалаврів за спеціальностями 123 «Комп'ютерна інженерія» та 125 «Кібербезпека».

1. СКЛАД ПРОГРАМИ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ З САМОСТІЙНОГО ЇЇ ВИВЧЕННЯ

Програма навчальної дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки» викладається на другому курсі. Увесь курс складається з п'яти тем та закінчується заліком. Кожна тема поділяється на підтеми або розділи. У кожному розділі достатньо широко розкриваються питання, які треба вивчати у даній темі. Тому треба ознайомитися з переліком тем, а у кожній темі з переліком підтем.

Тема 1. Матеріали: провідники, діелектрики та напівпровідники. Дискретні компоненти електроніки.

1.1. Матеріал - провідник. Пасивні компоненти електроніки. Резистори. Характеристики та параметри. Подільники напруги.

Пасивні компоненти електроніки. Характеристики та параметри. Структура та властивості матеріалів для виробництва пасивних компонентів (електричні провідники, магнітні матеріали, матеріали для спеціальних структурних елементів).

Резистори. ВАХ. Зв'язок між струмом та напругою. Основні властивості. Параметри. Застосування резисторів.

Подільники напруги. Параметри. Емпіричні вхідної та вихідної напруги (постійних і змінних). Коефіцієнти передавання. Схеми на холостому ході та під навантаженням.

Конденсатори. Типи. Параметри. Котушки індуктивності. Параметри. Трансформатори. Зв'язок між вхідними і вихідними напругами, струмами і опорами.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 3-6 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс. 2009. 19-32 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки» Одеса: ДУІТЗ, 2024. 6-14 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Матеріал компонентів електроніки - провідник. Які його властивості та параметри.

2. Пасивні компоненти та їх властивості.
3. Основні параметри резисторів, конденсаторів та котушок індуктивності.
4. Накресліть ВАХ резистора.
5. Накресліть схему резистивного подільника напруги та поясніть його роботу на холостому ходу.
6. Поясніть вплив опору навантаження на вихідну напругу резистивного подільника.
7. Розв'яжіть самостійно задачу. Тема 1. Матеріали електроніки (провідники). Резистори. Резистивний подільник напруги. Розрахунок подільника.

Додаткові питання

Д. 1. Трансформатори. Розрахунок. Використання.

1.2. Матеріал - діелектрик. Використання у виробництві електронних приладів.

1.3. Матеріал - напівпровідник. Активні компоненти електроніки.

Діоди. Характеристики та параметри. Діодні схеми.

Біполярні (БТ) та польові (ПТ) транзистори.

Характеристики, параметри, основні схеми включення.

Напівпровідникові діоди. Вимоги до ВАХ ідеального вентиля. Вентильні властивості: діод під прямою та зворотною напругами. ВАХ діода. Вплив температури.

Випрямлячі. Структурна схема випрямляча. Епюри вхідної та вихідної напруги. Принцип дії випрямляча. Графоаналітичний розрахунок випрямляча. Послідовне і паралельне з'єднання діодів.

Діодний обмежувач. Розрахунок. Діаграма роботи. Епюри $U_{вх}$, $U_{вих}$, $U_{д}$. Вплив температури.

Параметричні стабілізатори напруги. Амплітудна характеристика $U_{вих} = f(U_{вх})$. Структурна схема стабілізатора як подільника напруги, яка складається з обмежувального резистора та стабілізуючого елемента. Стабілізуючий елемент у вигляді стабілітрона. Пробій p - n переходу. ВАХ. Діаграми роботи, коефіцієнт стабілізації. Термостабілізація.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 6-25 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 33-58 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 15-25 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Матеріал компонентів електроніки - діелектрик. Які його властивості та параметри?

2. Матеріал компонентів електроніки - напівпровідник. Які його властивості та параметри?

3. Наведіть ВАХ діода та поясніть її хід.

4. Накресліть схему однопівперіодного випрямляча для отримання позитивної напруги.

5. Накресліть схему однопівперіодного випрямляча для отримання негативної напруги.

6. Накресліть схему симетричного діодного обмежувача напруги.

7. Накресліть схему параметричного стабілізатора.

8. Поясніть, як змінити полярність вихідної напруги стабілізатора.

9. Розв'яжіть самостійно задачу. Тема 2. Матеріали електроніки (напівпровідники, діелектрики). Напівпровідникові діоди. Випрямлячі. Розрахунок випрямляча.

Додаткові питання

Д. 1. Вплив температури на струми діода. Пробій діодів.

1.4. Біполярні (БТ) та польові (ПТ) транзистори.

Характеристики, параметри, основні схеми включення.

Підсилювачі на БТ. Схема підсилювача зі спільним емітером.

Режими підсилення А, Б, С, Д.

Структура, спосіб дії та властивості біполярного транзистора. Взаємодія переходів. Струми в транзисторі. Управління струмом колекторам. Режими транзисторів (активний, відсіку, насичення). Можливість підсилення потужності.

Схеми включення і статичні характеристики транзистора. Коефіцієнти передавання струму. Вплив температури на вхідні і вихідні характеристики. Практичні схеми включення транзистора із ЗБ та ЗЕ. Співвідношення між параметрами для ЗБ та ЗЕ.

Задача підсилювача. Епюри $U_{вх}$ та $U_{вих}$ (з поворотом фази і без нього). Структурна схема підсилювача як подільника напруги з опору навантаження і керованого опору. Максимальна вихідна напруга. Вимоги до ВАХ ідеального керованого опору. Діаграма роботи підсилювача. Керований опір у вигляді біполярного транзистора (БТ).

Підсилювачі на БТ. Принципові схеми підсилювачів з ЗБ та ЗЕ.

Розрахунок підсилювачів зі СЕ: діаграми роботи, епюри напруги та струмів, коефіцієнти підсилення струму, напруги та потужності. Вплив температури. Граничні значення вихідної напруги. Забезпечення неспотвореного підсилення. Потужність, яка розсіюється колектором. Загальні положення.

Ключі на БТ. Схема, вибір робочої точки.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 31-42, 59-71 с.
2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 74-136 с.; 74, 89-104 с.
3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 67-73 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Наведіть умовні позначення транзисторів типів $p-n-p$ та $n-p-n$
2. Наведіть схеми включення транзисторів $p-n-p$ та $n-p-n$ типів з СЕ.
3. Наведіть схеми включення транзисторів $p-n-p$ та $n-p-n$ типів з СБ.
4. Накресліть вхідні та вихідні ВАХ для схем з СБ та СЕ і поясніть їх хід.
5. Накресліть схему підсилювача на біполярному транзисторі з СЕ.
6. Дайте визначення режимів транзистора: активного, насичення та відсікання.
7. Поясніть вибір робочої точки для здійснення режиму А.
8. Виконайте самостійно розрахунок (Тема Ф1) «Підсилювача на біполярному транзисторі для схеми з СЕ для заданого варіанта».
9. Режими А, В, С, D. Діаграми роботи, епюри вхідної та вихідної напруги, ККД.

Додаткові питання

- Д. 1. Частотні властивості підсилювачів на БТ. Нелінійні створення.

1.5. Підсилювачі на ПТ. Схеми включення.

Польові транзистори. Умовне позначення. Структура ПТ.

Польові транзистори з керуючим електронно-дірковим переходом.

Статичні характеристики (вихідні, прямої передачі). Порогова напруга.

Параметри польових транзисторів. Схеми увімкнення.

Польові транзистори з ізольованим заслоном. МОН-транзистор. Схеми увімкнення. Параметри.

МОН-транзистор з індукованим каналом. Принцип дії. Схеми увімкнення. Застосування.

МОН-транзистор із вбудованим каналом.

Підсилювач на ПТ з керуючим $p-n$ переходом: Схеми, діаграма роботи, епюри.

Ключі на польових транзисторах. Переваги на недоліки.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. I. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 48-59, 71-73 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: навч. посіб. Ч. I. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. 106-116, 131-136 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Конструкція та принцип дії польового транзистора з керуючим $p-n$ переходом. Умовне позначення. Схеми включення.

2. Конструкція та принцип дії польового транзистора з індукованим каналом. Умовне позначення. Схеми включення.

3. Порівняльні характеристики транзисторів. Діапазон застосування.

4. Назвіть показники підсилювача на польових транзисторах.

5. Накресліть схему підсилювача на польовому транзисторі з керуючим $n-p$ переходом.

6. Накресліть схему ключа на МОН-транзисторі з індукованим каналом.

7. Частотні властивості ключа на польових транзисторах.

Додаткові питання

Д. 1. Передавальна ВАХ польових транзисторів.

1.6. Зворотний зв'язок. Каскади з від'ємним та додатним зворотним зв'язком. Генератори.

Вплив від'ємного ЗЗ на вхідний та вихідний опори, внутрішні завади, нелінійні спотворення. Транзисторні каскади з від'ємним ЗЗ.

Генератор автоколивань. Умови самозбудження.

Структурна схема автогенератора. Автогенератор гармонічних коливань.

Мультивібратор.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 81-93 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. 117-158 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Наведіть схему емітерного повторювача.
2. Наведіть структурну схему автогенератора
3. Назвіть умови збудження автогенератора.
4. Накресліть вихідні епюри роботи мультивібратора
5. Накресліть схему мультивібратора на біполярному транзисторі.

Додаткові питання

Д. 1. Схеми автогенератора гармонічних коливань.

Тема 2. Аналогова інтегральна електроніка.

2.1. Операційний підсилювач (ОП). Структура ОП.

Параметри та характеристики.

Аналогові інтегральні схеми. (АІС). Типи АІС. Параметри. . Операційний підсилювач (ОП). Структурна схема. Характеристики. Властивості ідеального підсилювача. Умовне позначення.

Вхідне коло операційного підсилювача (ОП) – диференційний каскад (ДК). Придушення наводок. ДК як симетричне РЗ.

ДК з динамічним навантаженням у вигляді струмового дзеркала.

Вихідний каскад ОП – комплементарний емітерний повторювач. Схема, нульова вихідна напруга спокою, максимальні вихідні напруги сигналу,

Зворотний зв'язок у схемах на ОП. Схеми введення зворотного зв'язку в каскадах на ОП.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 140-157 с.
2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: навч. посіб. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2004. 159–166 с.
3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 25-39 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Які інтегральні схеми називають аналоговими?
2. Операційний підсилювач. Накресліть структурну схему ОП.
3. Параметри ОП. Як зменшують коефіцієнт підсилення схем на ОП?
4. Вхідне коло операційного підсилювача (ОП) – диференційний каскад (ДК).
5. Придушення наводок. ДК як симетричне РЗ.
6. ДК з динамічним навантаженням у вигляді струмового дзеркала.
7. Вихідний каскад ОП – комплементарний емітерний повторювач. Схема, нульова вихідна напруга спокою, максимальні вихідні напруги сигналу, спотворення.

Додаткові питання

- Д.1. Як реалізуються параметри ідеального підсилювача у структурі ОП?
- Д.2. Як працює диференційний каскад ОП з керуванням по одному входу?
- Д.3. Як розраховується коефіцієнт підсилення проміжного каскаду ОП?

2.2. Схеми на ОП: інвертуючий та неінвертуючий підсилювачі, інвертуючий та неінвертуючий суматори, інтегратор, логаріфматор. Мультивібратор на ОП.

Схеми на ОП: Приймач струму, близький до ідеального, як базовий елемент каскадів на ОП.

Інвертуючий та неінвертуючий підсилювачі. Підсилення, вхідний опір. Повторювач.

Обмежувачі рівнів. Інвертуючий та неінвертуючий суматори струмів та напруги, Інтегратор, диференціатор. Схеми. Епюри вихідних напруг

Компаратори. Типи. Принцип дії.

Мультивібратор на ОП. Схема, епюри, зміна частоти. Порівняльна характеристика мультивібраторів на БТ та ОП.

Джерела напруги, що керуються напругою і струмом. Джерела струму, що керуються напругою і струмом. Порівняльний аналіз завадостійкості підсилювачів напруги і струму.

Регулювання у каскадах на ОП.

Живлення ОП від одного і двох джерел. Каскадне з'єднання ОП

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 157-171 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 167–194 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 25-39 с.

Питання для самоперевірки знань

1. Накресліть схему інвертуючого та неінвертуючого підсилювачів. Поясніть функції кожного елемента схеми.

2. Накресліть схему повторювача на ОП.

3. Накресліть схему інвертуючого суматора на ОП. Поясніть коли одна й та же схема може бути суматором струмів, а коли суматором напруги.

4. Накресліть схему інтегратора та диференціатора. Приведіть епюри вхідних та вихідних напруги.

5. Компаратор напруги однополярних та різноколірних вхідних сигналів

6. Накресліть схему мультівібратора.

7. Амплітудні характеристики для інвертуючого підсилювача для схеми живлення від одного та двох джерел.

8. Виконайте самостійно розрахунок (Тема 3). Інтегральні мікросхеми. Операційний підсилювач. Розрахунок каскадів на операційних підсилювачах.

9. Накресліть схему інтегратора та диференціатора. Приведіть епюри вхідних та вихідних напруги.

10. Компаратор напруги однополярних та різноколірних вхідних сигналів.

11. Накресліть схему мультівібратора.

12. Амплітудні характеристики для інвертуючого підсилювача для схеми живлення від одного та двох джерел.

Додаткові питання

- Д. 1. Накресліть епюри інвертуючого та неінвертуючого підсилювачів.
- Д. 2. Накресліть епюри суматора напруги.
- Д. 3. Перемножувач напруги та дільник напруги на ОП.
- Д. 4. Формувачі рівнів. Діаграма роботи. Придушення завад формувачем рівнів.
- Д. 5. Поясніть способи балансування О.

Тема 3. Цифрова інтегральна електроніка.

3.1. Цифрові сигнали. Логічні функції. Бульовий базис. Способи задання логічних функцій. Схемотехніка цифрових елементів.

Цифрові сигнали. Основні закони та поняття булевої алгебри. Логічні функції булевого базису: НЕ, І, АБО (на електромеханічному еквіваленті та діодні). Фізичні рівні “0” та “1”. Форми зображення логічних функцій. Таблиці істинності.

Комбіновані логічні функції.

Схемотехніка цифрових елементів. Класифікація цифрових елементів.

Основні характеристики та параметри цифрових мікросхем.

Типи цифрових мікросхем. ТТЛ: базовий елемент, багатомітерний транзистор, вхідне коло як несиметричне РЗ, складний інвертор. МОН- і КМОН-логіка. Порівняльний аналіз. Включення під напругу. Засоби подачі логічних рівнів. Узгодження ІМС різноманітних логік. Узгодження аналогових мікросхем із цифровими.

Правила схемного включення елементів.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 171-219 с.
2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.
3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 39-47 с.

Питання для перевірки знань

1. Які сигнали називають цифровими?
2. Яка система числення називається двійковою?
3. Що таке логічна функція?

4. Який набір логічних функцій вважається повним?
5. Що таке логічна функція «НЕ»?
6. Що таке логічна функція «І»?
7. Що таке логічна функція «АБО»?
8. Які цифрові мікросхеми називають потенційними, а які імпульсними?
9. Які переваги та недоліки мікросхеми ТТЛ?
10. Що таке МОН- або МДН-логіка?
11. Що таке КМОН- логіка?
12. Накресліть схему інвертора КМОН-логіки.

Додаткові питання

Д. 1 Розв'яжіть самостійно задачу. Тема 4. Цифрові інтегральні мікросхеми. Логічні функції бульового базису.

3.2. Послідовнісні цифрові пристрої: тригери асинхронні та синхронні. Принцип дії. Часові діаграми.

Послідовнісні цифрові пристрої: Склад. Класифікація.

Особливості функціонування. Тригер – двостановий запам'ятовувач бінарних сигналів.

Тригер на логічних елементах: схема, два усталених стана.

Загальна структура та класифікація тригерів. Схеми запусків.

Синхронні та асинхронні тригери. Різновиди тригерів. Умовно-графічне позначення. Принцип дії. Часові діаграми.

Асинхронний тригер R/S-типу. Умовне позначення. Входи та виходи тригера. Перевід тригера з одного стану в інший. Епюри роботи тригера.

Синхронний RS-тригер.

Синхронний D-тригер. Умовне позначення. Входи та виходи. Реалізація на логічних елементах. Часові діаграми роботи.

Умовне позначення JK-тригера

Двоступеневі тригери. Принцип дії. Особливості роботи. Організація синхросигналів для повного циклу работ. Схема. Часові діаграми.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 224-243 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 47-55с.

Питання для перевірки знань

1. Що таке тригер?
 2. Який тригер називається синхронним, а який асинхронним?
 3. Як можна керувати тригерами? Який вхід називається потенційним, а який вхід?
 4. Називають імпульсним. Який тригер носить назву RS-тригер?
 5. Наведіть схему реалізації на логічних елементах.
 6. Накресліть часові діаграми роботи асинхронного RS-тригера.
 7. Коли RS-тригер стає синхронним? Який вхід добавляється?
 8. Накресліть часові діаграми синхронного RS-тригера.
 9. Розв'яжіть самостійно задачу. Тема 5. Послідовнісні пристрої. Тригери.
 10. Поясніть принцип дії синхронного D-тригера. Умовне позначення.
- Входи та виходи.
11. Накресліть схему реалізації D-тригера на логічних елементах.
 12. Накресліть часові діаграми роботи.
 13. Накресліть умовне позначення JK-тригера.
 14. Чому ці тригери називають синхронними. Як вони працюють?
 15. Де використовують синхронні, а де асинхронні тригери?
 16. Поясніть принцип дії D-тригера. Який вхід показує момент спрацювання тригера?
 17. Поясніть принцип дії JK-тригера.
 18. Накресліть умовне позначення MS-тригера.
 19. Як виконується взвод чи скид першого ступеня тригера?
 20. Як і коли виконується взвод чи скид другого ступеня тригера?
 21. На які входи подаються керуючі сигнали, а куди подається синхроімпульс?
 22. Які виходи S або M називають виходами тригера?

Додаткові питання

- Д. 1. Накресліть епюри цифрового сигналу та укажіть його параметри.
- Д. 2. Як визначається стан тригера: за входом чи за виходом? Тригери асинхронні та синхронні.
- Д. 3. Підвищення завадостійкості тригерів.
- Д. 4. Формувачі тривалості фронтів.
- Д. 5. Методи боротьби з впливом деренчання контактів.
- Д. 6. Накресліть часові діаграми роботи MS-тригера.

3.3. Лічильники імпульсів: двійкові, двійково-десяткові. Регістри послідовні та паралельні.

Лічильники імпульсів: Параметри лічильників. Модуль лічби, ваговий коефіцієнт.

Класифікація лічильників за принципом дії, за системою числення: двійкові, двійково-десяткові лічильники.

Послідовні лічильники.

Паралельні лічильники.

Розрядність лічильників.

Двійкові послідовні лічильники. Модуль лічби двійкового лічильника.

Циклічність роботи лічильника.

Схема 4-х розрядного двійкового сумуючого та віднімаючого лічильників. Умовні позначення.

Епюри роботи 4-х розрядного двійкового сумуючого та віднімаючого лічильників.

Вихід переповнення Р.

Зворотний зв'язок у лічильниках.

Змінення ємності. Лічильники з довільним модулем лічби.

Двійково-десятковий лічильник. Схема. Таблиця станів. Епюри.

Нарощування ємності лічильників. Каскадування.

Ділення частоти за довільним коефіцієнтом. Подільники частоти на основі лічильників.

Регістри. Класифікація регістрів. Умовно-графічне позначення. Параметри регістрів. Застосування регістрів.

Послідовні регістри – регістри зсуву. Схема регістра зсуву вправо на Д-тригерах. Часова діаграма його роботи. Схема регістра зсуву вліво на Д-тригерах. Часова діаграма його роботи. Застосування регістрів зсуву.

Паралельні регістри. Схема. Часова діаграма роботи. Швидкодія регістрів.

Застосування регістрів пам'яті.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 243-273 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 55-63 с.

Питання для перевірки знань

1. Що таке лічильник?
2. Що таке модуль лічби?
3. Які лічильники називаються послідовними?
4. Що таке реверсивний лічильник?
5. Як перетворити підсумовувальний лічильник на віднімальний?
6. Мінімальна кількість розрядів лічильників.
7. Які лічильники називаються послідовними?
8. Що таке реверсивний лічильник? Як виконується реверс лічильника?
9. Які керуючі імпульси треба формувати для роботи реверсивного лічильника?
10. Використання реверсивних лічильників.
11. Накресліть схему підсумовувального та віднімального лічильників на Д-тригерах.
11. Як збільшити розрядність лічильника?
12. Каскадне з'єднання двійкових лічильників.
13. Зворотний зв'язок у лічильника
14. Накресліть схему двійково-десятькового лічильника на Д-тригерах.
15. Накресліть часову діаграму роботи двійково-десятькового лічильника.
16. Складіть таблицю станів двійково-десятькового лічильника.
17. Що таке лічильник з довільним модулем лічби? Де вони використовуються?
18. Нарощування ємності лічильників. Каскадування.
19. Ділення частоти за довільним коефіцієнтом. Подільники частоти на основі лічильників.
20. Які прилади називають регістрами?
21. Які операції можна виконувати на регістрах?
22. Основна класифікація регістрів.
23. Чотири типи регістрів (SISO; SIPO; PISO; PIPO).
24. Що таке регістр зсуву вправо?
25. Накресліть схему регістра зсуву вправо та приведіть часову діаграму його роботи.
26. Накресліть схему регістра зсуву вліво та приведіть часову діаграму його роботи.
27. Як здійснюється збільшення розрядності регістрів зсуву?
28. Паралельні регістри.
29. Наведіть схему паралельного регістру.
30. Приведіть часову діаграму роботи.
31. Яка швидкодія вища у регістрів зсуву чи регістрів пам'яті?
32. Як здійснюється збільшення розрядності регістрів пам'яті?
33. Де застосовуються регістри пам'яті? Яку інформацію вони зберігають?

Додаткові питання

- Д. 1. Підвищення завадостійкості лічильників.
- Д. 2. Послідовно-паралельні лічильники.
- Д. 3. Виконайте самостійно практичну роботу. Тема 6. Лічильники імпульсів. Розробка послідовних двійкових лічильників.
- Д. 4. Наведіть схему реверсивного лічильника на Д-тригерах.
- Д. 5. Паралельно-послідовні регістри.
- Д. 6. Швидкодія регістрів зсуву.
- Д. 7. Швидкодія регістрів пам'яті.

3.4. Запам'ятовувальні пристрої на інтегральних мікросхемах ВІС. Структура, принцип дії, формування команд керування.

Запам'ятовувальні пристрої на інтегральних мікросхемах ВІС. Структура. Класифікація. Параметри. Принцип побудови запам'ятовувального пристрою (статичного та динамічного). Режим роботи та часові діаграми.

Оперативні пристрої ВІС ОЗП. Класифікація. Режим роботи.

Схема статичного запам'ятовувача ОЗП. Переваги та недоліки статичних та динамічних ОЗП.

Часові діаграми роботи запам'ятовувача ОЗП. Структурна схема ВІС ОЗП з однокоординатною вибіркою. Принципова схема ОЗП з однокоординатною вибіркою.

Структурна схема ВІС ОЗП з двокоординатною вибіркою.

Умовно-графічне позначення ВІС ОЗП.

Інформаційні та керуючі сигнали ВІС ОЗП.

Класифікація ПЗП. Структура ВІС ПЗП. Узагальнена структурна схема ВІС

ПЗП. Діодна матриця накопичувача ПЗП. Біполярна матриця накопичувача ПЗП.

Типи запам'ятовувачів програмованих ПЗП. Програмування ВІС ПЗП.

Умовно-графічне позначення ВІС ПЗП.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. II. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 6-28 с.
2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.
3. Воробйова О.М., Савицька М.П., Флейта Ю.В. Цифрові пристрої: навч. Посібник. Ч. II. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2016. 112 с.

Питання для перевірки знань

1. Що таке запам'ятовувач?
2. Що таке оперативні ЗП?
3. Які функції виконує оперативний ЗП?
4. Які імпульси керування треба сформувати для роботи ОЗП?
5. Що таке ОЗП?
6. Які вузли входять до типової структурної схеми ОЗП і які функції виконує кожен з них?
7. Як відбуваються запис та зчитування у накопичувач ОЗП?
8. Які часові співвідношення між вхідними сигналами ВІС ОЗП?
9. Накресліть схему ОЗП з однокоординатною вибіркою.
10. Що таке ПЗП? Які функції вони виконують?
11. Яка існує класифікація ПЗП за способом програмування?
12. Які принципи побудови ВІС ПЗП?
13. Які типи запам'ятовувачів використовуються в ВІС ПЗП?
14. Яка різниця між МЗП, ППЗП та РПЗП?
15. Стеки. На яких пристроях вони виконуються.
16. Типи команд для керування роботою стеків.
17. Спеціальні команди.
18. Схема роботи стека.

Додаткові питання

Д. 1. Що таке однонаправлена, а що таке двонаправлена шина даних та як їх використовують?

Д. 2. Накресліть структурні схеми ВІС ОЗП з одно- та двокоординатною вибірками.

Д. 3. Де та як можна запрограмувати ВІС ПЗП? Яка інформація записується у ВІС ПЗП?

Д. 4. Моделювання стека у пам'яті зі стековою організацією.

3.5. Комбінаційні пристрої. Негативні явища та способи їх уникнення.

Перетворювачі кодів. Мультиплексори та демультимплексори.

Цифрові компаратори.

Комбінаційні пристрої. Негативні явища та способи їх уникнення.

Шифратори. Схеми. Умовно-графічне позначення. Таблиці істинності. Часові діаграми.

Дешифратори. Схеми. Умовно-графічне позначення. Таблиці істинності. Часові діаграми.

Перетворювачі кодів.

Застосування шифраторів та дешифраторів.

Мультиплексори. Умовно-графічне позначення. Таблиці істинності.
Схема.

Демультимплексори. Умовно-графічне позначення. Таблиці істинності.
Схема.

Логічний вислів мультиплексора та демультимплексора.

Застосування мультиплексорів та демультимплексорів.

Цифрові компаратори. Вибір режиму роботи компаратора. Виходи
цифрового компаратора. Коли використовується кожний з них.

Нуль-орган.

Умовно-графічне позначення компараторів.

Цифрові суматори. Схема. Таблиця станів.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С.Попова, 2020. 272-294 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 62-66 с.

Питання для перевірки знань

1. Що таке шифратор?
2. Що таке дешифратор?
3. Які шифратори (дешифратори) називаються повними, а які неповними?
4. Система рівнянь станів кожного виходу шифратора.
5. Система рівнянь станів кожного виходу дешифратора.
6. Що таке мультиплексор? Накресліть схему мультиплексора.
7. Що таке демультимплексор? Накресліть схему демультимплексора.
8. Наведіть умовно-графічне позначення мультиплексора та демультимплексора.
9. Де застосовується мультиплексор, а де демультимплексор?
10. Виконати самостійно роботу по темі 7 Комбінаційні пристрої. Мультиплексор та демультимплексор.
11. Скільки керуючих входів має цифровий компаратор?
12. Режим роботи компаратора.
13. Скільки входів має компаратор? Коли здійснюється кожен з них?
14. Накресліть умовно-графічне позначення компаратора.
15. Принцип дії цифрового суматора.

Додаткові питання

Д. 1. Правила схемного включення елементів.

Д. 2. Перетворювачі коду з семисегментним індикатором. Схема з'єднання.

Д. 3. Варіант по будови схеми мультиплексора та демультиплексора на дешифратора та логічних елементів.

Д. 4. Принципи дії цифрового компаратора.

3.6. Програмовані логічні матриці (ПЛМ). Види ПЛМ. Програмування ПЛМ.

Програмовані логічні матриці. Класифікація. Структурна схема. Умовно-графічне позначення. Програмування ПЛМ. Каскадування однотипних мікросхем ПЛМ.

Матрична схема.

Програмування ПЛМ.

Зв'язок ПЛМ зі входом та виходом.

Таблиця програмування ПЛМ.

Трирівнева матриця. Які функції виконує кожен рівень.

Дворівнева матриця. Поясніть функції М1 та М2.

Терми. Яку роботу вони виконують.

Які пристрої комбінаційні або послідовнісні реалізуються на ПЛМ.

Програмування ПЛМ. Таблиця програмування

Розрахунок кількості входів для реалізації ДШ.

Розрахунок кількості термів для реалізації ДШ.

Розрахунок кількості виходів для реалізації ДШ.

Використання першого рівня М1 дворівневої матриці для реалізації ДШ.

Використання другого рівня М2 дворівневої матриці для реалізації ДШ.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 294-300 с.

2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.

3. Воробйова О.М., Альошина Л.О. Методичний посібник до практичних занять з дисципліни «Матеріали та компоненти електроніки». Одеса: ДУІТЗ, 2024. 78-83 с.

Питання для перевірки знань

1. Що таке програмовані логічні матриці (ПЛМ)?
2. Які функції виконує кожен рівень ПЛМ?
3. Що таке перепрограмована логічна матриця ППЛМ?
4. Що таке трирівнева матриця? Які функції виконує кожен рівень?
5. Що таке дворівнева матриця? Поясніть функції М1 та М2?
6. Що таке терми? Як розраховується їх кількість? Яку роботу вони виконують?
7. Які пристрої реалізуються на ПЛМ?
8. Як виконується програмування ПЛМ?
9. Як складається таблиця програмування?
10. На якому рівні М1 або М2 можна зібрати шифратор?
11. На якому рівні М1 або М2 можна зібрати дешифратор?
12. Можна збирати на кожній ПЛМ тільки один пристрій або багато?
13. Які шини виконують зв'язок між М1 та М2?
14. Як здійснюється зв'язок ПЛМ зі входами x та з виходами y ?
15. Складіть таблицю програмування для реалізації дешифратора.
16. Накресліть матричні схеми М1 та М2 для реалізації ДШ.

Додаткові питання

- Д. 1. Накресліть умовно-графічне позначення ПЛМ та поясніть кожен групу цифр у позначенні.
- Д. 2. Чи існує зв'язок між кількістю входів, термів та виходів?
- Д. 3. Виконайте розрахунок і накресліть матричні схеми М1 та М2 для реалізації шифратора.

Тема 4. Цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі.

4.1.Цифро-аналогові перетворювачі.(ЦАП). Параметри та характеристики. Схеми ЦАП. Схеми нарощування розрядності двійково-десятькового ЦАП.

- Яку роботу виконує цифро-аналоговий перетворювач. Переваги ЦСП. Переваги цифрової обробки сигналів.
- Цифро-аналоговий перетворювач, принцип цифро-аналогового перетворення. Параметри ЦАП.
- Типи резистивних матриць.
- Схема ЦАП на двійково-зважених резисторах.
- Схема нарощування розрядності двійково-десятькового ЦАП.
- Недоліки ЦАП на матриці двійково-зважених резисторів.
- Схема ЦАП на матриці R-2R.
- Умовне позначення ЦАП.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 302-311 с.
2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.
3. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Методичний посібник для практичних занять з дисципліни «Промислова електроніка». Ч. II. Одеса; ДУІТЗ. 56-72 с

Питання для перевірки знань

1. Які функції виконує ЦАП?
2. Що таке характеристика перетворення (ХП) двійкового ЦАП?
Накресліть характеристики перетворення трирозрядного двійкового ЦАП.
3. Що таке крок квантування ЦАП?
4. При якому кроку квантування ХП наближається до прямої лінії?
5. Якій параметр показує максимальне відхилення реальної ХП від ідеальної?
6. Що таке резистивна матриця на двійково-зважених резисторах?
7. Накресліть схему ЦАП на двійково-зважених резисторах.
8. Накресліть схему 4-декадного двійково-десятькового ЦАП.
9. Накресліть схему ЦАП на матриці R-2R.

Додаткові питання

- Д. 1. Що таке час установлення вихідного сигналу?
- Д. 2. Порівняльна характеристика ЦАП на матриці двійково-зважених резисторах та на матриці R-2R.

4.2. Аналого-цифрові перетворювачі (АЦП).

Параметри та характеристики. АЦП розгортального перетворення.

АЦП стежного перетворення. АЦП паралельного кодування.

Послідовно-паралельні АЦП.

- Принципи аналого-цифрового перетворення (АЦП).
- Класифікація АЦП.
- Параметри АЦП.
- Дискретизація та квантування неперервного сигналу.
- Крок квантування АЦП.
- Номінальна характеристика перетворення двійкового трирозрядного АЦП.
- Схема стежного АЦП. Умовно-графічне позначення АЦП.

Схема АЦП паралельного кодування.
Стани елементів АЦП паралельного кодування.
Схема послідовно-паралельного АЦП.
Структурна схема АЦП послідовного наближення.
Порівняльний аналіз. Швидкодія.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. І. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2020. 314-324 с.
2. Воробйова О.М., Іванченко В.Д. Основи схемотехніки: підручник. Одеса: Фенікс, 2009. 137-157 с.
3. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Методичний посібник для практичних занять з дисципліни «Промислова електроніка». Ч. І. Одеса: ДУІТЗ, 2021. 56-72 с.

Питання для перевірки знань

1. Які функції виконує АЦП?
2. Назвіть типи АЦП та приведіть порівняльну характеристику.
3. Назвіть основні параметри АЦП.
4. Накресліть номінальну характеристику перетворення двійкового трирозрядного АЦП.
5. У чому полягає принцип АЦ перетворення? З яких процесів він складається?
6. Що таке АЦП розгортальної дії? Які переваги та недоліки мають такі АЦП?
7. Що таке АЦП стежного перетворення?
8. Що таке АЦП паралельного кодування? Які переваги та недоліки мають такі АЦП?
9. Що таке послідовно-паралельні АЦП? Які переваги та недоліки мають такі АЦП?

Додаткові питання

- Д. 1. З яких процесів складається принцип АЦ перетворення?
- Д. 2. Як розраховується крок квантування?
- Д. 4. Накресліть структурні схему подвійного інтегрування.

Тема 5. Мікропроцесори.

5.1. Основні положення. Структура мікропроцесорної системи. Узагальнена схема мікропроцесора. Функціонування мікропроцесорної системи та мікро контролера.

Типова структура мікрокомп'ютера. Мікропроцесори (МП) – нова ера промислової електроніки. Основні положення.

Процесори цифрового оброблення сигналу.

Медійні та мультимедійні МП.

Мікропроцесорний комплект.

Мікроконтролер.

Структурна схема перетворення інформації в МП системі.

Функціонування МС або мікроконтролера.

Пристрої структурної схеми мікроконтролера.

Що таке алгоритм? Характеристика алгоритму. Властивості алгоритму.

Дані та команди. Запис.

Пам'ять мікрокомп'ютерів.

Застосування мікроконтролерів.

Узагальнена структура мікропроцесора.

Арифметико-логічний пристрій. Які функції він виконує.

Лічильник команд.

Вказівник стека.

Регістр адреси.

Регістр команд.

Пристрої керування та синхронізації.

Рекомендована література

1. Воробйова О.М., Флейта Ю.В. Промислова електроніка: навч. посібник. Ч. II. Одеса: ДУІТЗ, 2021. 28-80 с.

2. Воробйова О.М., Савицька М.П., Флейта Ю.В. Цифрові пристрої: навч. посібник. Ч. II. Одеса: ОНАЗ ім. О.С. Попова, 2016. 84-110 с.

Питання для перевірки знань

1. Накресліть структурну схему перетворення інформації в мікропроцесорній системі.

2. Що таке ЦП (центральний процесор)? Його склад.

3. Що таке пам'ять: внутрішня і зовнішня?

4. Для чого використовується регістр команд?

5. Що таке лічильник команд?
6. Що таке арифметико-логічний пристрій (АЛП)?
7. Система команд однакова для різних мікропроцесорів.
8. Що таке алгоритм?
9. Назвіть найбільш важливі властивості алгоритмів.
10. Які елементи входять у мікропроцесорний комплект?
11. Навіщо використовується синхронізація у МК?

Додаткові питання

Д. 1. Які елементи входять у мікропроцесорний комплект?

Д. 2. Які види синхронізації ви знаєте? Що таке однофазна синхронізація?

Що таке двофазна синхронізація?

Навчально-методичне видання

Олена Михайлівна Воробйова
Лариса Олексіївна Альошина,

**Методичні вказівки для самостійної роботи
здобувачів вищої освіти
з дисципліни
«Матеріали та компоненти електроніки »**