

УКРАЇНА  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
Факультет електроніки  
Кафедра фізичної та біомедичної електроніки

## МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до самостійної роботи студентів  
з дисципліни «Цифрова схемотехніка»  
за спеціальністю 6.050801 мікро - та наноелектроніка

Затверджено на засіданні кафедри  
№ 1 від 28.08. 2012 року

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.І. Тимофєєв

Київ 2012

## Загальні рекомендації

Курс «Цифрова схемотехніка» спрямований на вивчення теоретичних засад і надання практичних навичок проектування та використання цифрових електронних схем і цифрових пристроїв. Розвиток сучасної цифрової схемотехніки та комп'ютерної схемотехніки йде двома напрямками: вдосконаленням елементної бази і розвитком функціональних можливостей схем. Впроваджуються нові технології, збільшуються ступінь інтеграції мікросхем.

Метою кредитного модуля «Цифрова схемотехніка» є формування цілісного уявлення про цифрові системи та елементи цифрової схемотехніки, а також створення підґрунтя для подальшого використання цифрових електронних схем і цифрових пристроїв у практичній діяльності.

Завдання кредитного модуля «Цифрова схемотехніка»:

1. Студент повинен знати системи числення, елементи цифрової схемотехніки, комбінаційні та послідовні функціональні вузли, цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі, пам'ять цифрових пристроїв, програмовані логічні інтегральні схеми, таймери, тестування цифрових схем.
2. Студент повинен уміти проектувати та використовувати цифрові електронні схеми і цифрові пристрої.

Методичні рекомендації з курсу «Цифрова схемотехніка» включають такі розділи:

- підготовка студентів до лекцій;
- підготовка студентів до практичних занять;
- підготовка студентів до лабораторних робіт;
- підготовка студентів до контрольних робіт;
- підготовка студентів до заліку або іспиту.

Підготовка студентів до лекцій передбачає ознайомлення з темою лекцій за електронною версією з цього курсу лекцій, а також рекомендованою літературою. Завдання до самостійної роботи студентів (СРС) наводяться до кожної теми окремо. Крім цього, надається список літератури.

Підготовка до практичних занять (всього їх дев'ять) включає назву теми заняття, місце його проведення, зміст заняття і контрольні запитання. З цими матеріалами студенти знайомляться в методичних рекомендаціях з практичних занять. Крім цього, надається список необхідної літератури.

Відповідно навчальної програми в семестрі передбачається дві контрольні роботи. Для підготовки до них є відповідний перелік питань. Контрольна робота включає по дві задачі.

По курсу цифрової схемотехніки передбачена розрахунково-графічна робота, метою якої є набування студентом у процесі її виконання навичок практичного використання теоретичних положень. Вона охоплює усі теми курсу. Її рекомендується виконувати тільки після засвоєння теоретичного матеріалу.

Тематика розрахунково-графічної роботи: Синтез лічильних схем.

Лабораторні заняття призначені для проведення натурних експериментів з метою практичного підтвердження окремих теоретичних положень дисципліни, набуття практичних навичок роботи з лабораторним обладнанням, вимірювальною апаратурою, оволодіння методикою експериментальних досліджень.

Лабораторна робота **№1** Електронні ключі

- 1.1 Перемикач напруги на біполярному транзисторі
- 1.2 Перемикач напруги на МДН – транзисторі з індукованим каналом.

Лабораторна робота **№2** Одновібратори

- 2.1 Одновібратор на операційному підсилювачі.
- 2.2 Одновібратор на основі логічних схем.
- 2.3 Одновібратор на основі спеціалізованої інтегральної схеми.

Лабораторна робота **№3** Генератори

- 3.1 Генератор на операційному підсилювачі.
- 3.2 Генератор на основі таймера.
- 3.3 Генератор на основі спеціалізованої інтегральної схеми.

Лабораторна робота **№4** Цифро-аналоговий і аналого-цифровий перетворювачі.

Лабораторна робота **№5** Комбінаційні елементи.

Лабораторна робота **№6** Комбінаційні пристрої.

Лабораторна робота **№7** Тригери.

Лабораторна робота **№8** Лічильники

Підготовка студентів до іспиту проводиться по білетах. В кожному із них є три запитання та одна задача. Студентам надається відповідна література, включаючи лекції з дисципліни та приклади задач, які розглядалися на практичних заняттях.

### **СРС з підготовки до лекцій**

Лекція 1.(2 год.). Основи теорії цифрової та комп'ютерної схемотехніки.  
Література: 1, 2, 5, 9, 10.

Завдання для СРС: Цифрові системи та сигнали, системи числення. Арифметичні операції, мінімізація булевих функцій. Застосування основних законів булевої алгебри в логічному проектуванні.

Лекція 2. (4 год.). Елементи цифрової схемотехніки.  
Література: 1, 2, 5, 9, 10.

Завдання для СРС: Класифікація інтегральних схем, діодно-транзисторні та транзисторно-транзисторні логічні елементи. . Логічні елементи емітерно-зв'язаної логіки та логічні елементи на МОН транзисторах. КМОН-структури, інтегральна інжекційна логіка.

Лекція 3. (6 год.). Комбінаційні функціональні вузли.  
Література: 1, 2, 10, 12.

Завдання для СРС: . Основи проектування комбінаційних схем, перетворювачі коду. Шифратори, дешифратори, мультиплексори та демультіплексори.

Комбінаційні суматори і віднімачі. Комбінаційні перемножувачі та арифметично-логічні пристрої.

Лекція 4. (6 год.). Послідовнісні функціональні вузли.

Література: 1, 2, 5, 9, 10, 12.

Завдання для СРС: Тригери: RS, D, JK, T типу. Регістри. Лічильники імпульсів.

Лекція 5. (4 год.). Цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі (ЦАП, ЦАП).

Література: 1, 2, 5, 9, 10, 12.

Завдання для СРС: Цифро-аналогові перетворювачі. Аналого-цифрові перетворювачі. Високоточні сігма-дельта АЦП. Похибки АЦП перетворень.

Лекція 6. (6 год.). Пам'ять цифрових пристроїв.

Література: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Завдання для СРС: Оперативна пам'ять. Постійна пам'ять. Динамічна пам'ять. Флеш-пам'ять.

Лекція 7. (4 год.). Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС).

Література: 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Завдання для СРС: . Програмовані логічні матриці та програмована матрична логіка. . Інструментальні засоби програмування ПЛІС. Проектування пристроїв на ПЛІС.

Лекція 8. (2 год.). Таймери.

Література: 1, 2, 5, 7, 9, 10, 12.

Завдання для СРС: Аналогові таймери. Цифрові таймери та генератори цифрових послідовностей.

Лекція 9. (2 год.). Тестування цифрових схем.

Література: 1, 2, 5, 7, 9, 10, 12.

Завдання для СРС: Похибки роботи цифрових схем. . Методи тестування комбінаційних схем. Тестування послідовнісних схем і складних систем.

### **СРС з підготовки до практичних занять**

Практичні заняття призначені для закріплення теоретичного матеріалу, що розглянуто на лекціях та в ході самостійної роботи.

Практичне заняття № 1 (2 год.). Арифметичні операції, мінімізація булевих функцій, застосування основних законів булевої алгебри.

Практичне завдання № 2 (2год.). Інтегральні логічні схеми

Література: 1, 2, 10.

Завдання для самостійної роботи: по заданому рівнянню мінімізувати та побудувати схему по заданим логічним елементам.

Практичне завдання № 3. (2год.). Комбінаційні функціональні схеми.

Література: 1, 2, 5, 9, 10.

Завдання для самостійної роботи: побудувати пірамідальний дешифратор на 3 або 4 розряди, побудувати матричний дешифратор на 6 розрядів, по заданому рівнянню побудувати мультиплексом, побудувати суматор або віднімач на логічних елементах АБО-НІ, І-НІ, 2І-НІ.

Практичне завдання № 4. (2 год.). Регістри.

Література: 1, 2, 5, 9, 10.

Завдання для самостійної роботи: приклади мікросхем регістрів та особливості їх використання.

Практичне завдання № 5. (2 год.). Тригери: RS, D, JK, T типу.

Література: 1, 2, 5, 9, 10.

Завдання для самостійної роботи: практичні проблеми проектування цифрових схем на тригерах.

Практичне завдання № 6. (2 год.). Лічильники імпульсів.

Література: 1, 2, 5, 9, 10.

Завдання для самостійної роботи: типи лічильників та особливості їх роботи, серійні мікросхеми лічильників та їх використання, галузі використання лічильників.

Практичне завдання № 7. (2 год.). Цифро-аналогові та аналого-цифрові перетворювачі (ЦАП, АЦП).

Література: 10, 11.

Завдання для самостійної роботи: загальні відомості і принципіальні схеми ЦАП та АЦП. Шум квантування ЦАП. Класифікація АЦП. Паралельні АЦП. Послідовно-паралельні АЦП. Послідовні АЦП. Інтегруючі АЦП.

Практичне завдання № 8. (2 год.). Пам'ять цифрових пристроїв.

Література: 1, 10, 12.

Завдання для самостійної роботи: Постійні запам'ятовуючі пристрої (принципи побудови, типи, характеристики) (ПЗП). Використання ПЗП. Оперативні запам'ятовуючі пристрої (ОЗП). Використання ОЗП.

Практичне завдання № 9. (2 год.). Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС).

Література: 1.

Завдання для самостійної роботи: Основи побудови структур простих ПЛІС. Сучасні ПЛІС. Основні параметри ПЛІС. Основи проектування цифрових пристроїв на ПЛІС.

### **СРС з підготовки до контрольних робіт**

Питання для контрольної роботи №1: побудувати карту Карно заданої функції та знайти диз'юнктивну і кон'юнктивну нормальні форми. Знайти з заданої кати Карно функцію зручну для реалізації у технологіях: діодно-транзисторної логіки, транзисторно-транзисторної логіки, n-МОН структурах та комплементарних n-МОН структурах, інтегральній інжекційній логіці. По заданому рівнянню мінімізувати та побудувати схему на елементах Шефера або Пірса. Синтезувати перетворювач кодів.

Питання для контрольної роботи № 2: Проектування матричного дешифратора. Реалізація на мультиплексорі на 4 або 8 інформаційних входів задану функцію. Проектування повного суматора або віднімача на елементах І-НІ, АБО-НІ, 2І-НІ. Проектування суматора з паралельним перенесенням. Проектування двійково-десятькового суматора. Проектування різних типів JK, RS, D- тригів. Проектування зсувного регістра на JK або D-тригерах. Проектування лічильника-подільювача частоти з різним  $K_{сч}$ . Синтезування синхронних лічильників з таблицею переходів на JK, RS, D- тригерах. Проектування асинхронного двійкового лічильника з програмуємим  $K_{сч}$ .

Проектування асинхронного двійкового лічильника з скрізним перенесенням з різним  $K_{сч}$ . Проектування синхронного двійкового лічильника.  
Проектування на JK або D-тригерах реверсивного асинхронного двійкового лічильника з якимись міжрозрядними зв'язками.

### Завдання на розрахунково-графічну роботу

1. Вибрати тип тригерів у відповідності з варіантом (табл. 1).
2. Побудувати таблицю стану відповідно варіанту (послідовність задана таблицею 2).
3. Синтезувати лічильник відповідно таблиці стану. Забезпечити установку начального стану по зовнішньому сигналу СКИДАННЯ (активний рівень «1»). Полярність сигналу синхронізації вибрати з таблиці 3.
4. Розробити принципову електричну схему лічильника.
5. Провести аналіз роботи розробленої схеми, відобразити послідовність логічних рівнів для кожного такту на виходах лічильника і виходах логічних елементах схеми.
6. Побудувати часові діаграми лічильника.

G – група

0 – ДМ 1

1 – ДМ 2

N – номер по списку.

$$N1 = (G+N) \bmod 3$$

Таблиця 1. Тип тригерів

N1	Тригер
0	RS-тригер
1	D-тригер
2	JK-тригер

$$N2 = (N-1) \bmod 16 + 1$$

Таблиця 2. Лічильна послідовність

Номер варіанта N2	Лічильна послідовність
1	15 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 0
2	1 13 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 2 14 15 0
3	2 3 11 5 6 7 8 9 10 4 12 13 14 15 0 1
4	3 4 5 9 7 8 6 10 11 12 13 14 15 0 1 2
5	4 5 6 8 7 9 10 11 12 13 14 15 0 1 2 3
6	10 6 7 8 9 5 11 12 13 14 15 0 1 2 3 4
7	6 7 8 9 10 11 3 13 14 15 0 1 2 12 4 5
8	7 8 9 10 11 12 13 1 15 0 14 2 3 4 5 6

9	7 6 5 4 3 2 1 15 0 14 13 12 11 10 9 8
10	8 7 6 5 4 3 13 1 0 15 14 2 12 11 10 9
11	9 8 7 6 5 11 3 2 1 0 15 14 13 12 4 10
12	10 6 8 7 9 5 4 3 2 1 0 15 14 13 12 11
13	11 10 9 7 8 6 5 4 3 2 1 0 15 14 13 12
14	12 11 5 9 8 7 6 10 4 3 2 1 0 15 14 13
15	13 3 11 10 9 8 7 6 5 4 12 2 1 0 15 14
16	1 13 12 11 10 9 9 8 7 6 5 4 3 2 0 15

$$N3 = (G + N) \bmod 2$$

Таблиця 3. Полярність синхронізації

N3	Полярність синхронізації
0	По передньому фронту
1	По задньому фронту

## Література

1. В.М. Рябенський, В.Я. Жуйков, В.Д. Гулий  
Цифрова схемотехніка. – Л.: Новий світ, 2000. – 735 с.
2. Бабіч Н.П., Жуков І.А., Основи цифрової схемотехніки, Київ, 2005. – 280 с.
3. Корнейчук В.И., Юрченко О.А., Пацюра И.В. Логические схемы цифровых устройств. – К.: СВІТ, 1996. – 94 с.
4. Пухальський Г.И., Новосельцева Т.Я. Цифровые устройства: уч. пос. для вузов. Пб.: Политехника. 2002. – 220 с.
5. Угрюмов Е.П. Цифровая схемотехника. – СПб. – Петербург 2001. – 528 с.
6. Бабіч Н.П., Жуков І.А. Комп'ютерна схемотехніка: Метод. указання. – К.: КМУГА, 2000. – 72 с.
7. Уилсон Барри. Основы проектирования цифровых схем: Пер.англ. – М. ИЗО дом. «Вильямс», 2004. – 320 с.
8. Фесечко В.О., Худякова Л.О., Сташкевич В.П.. Методичні вказівки до лабораторних робіт по курсу «Цифрова схемотехніка». – К.: КПІ 2012. – 69 с.
9. Шкурко А.И., Процюк Р.О., Корнейчук В.И. Комп'ютерна схемотехніка в прикладах і задачах. – К.: «Корнійчук», 2003. – 144 с.

10. Зубчук В.И., Сигорский В.П., Шкуро А.Н. Справочник по цифровой схемотехнике. – К.: Техника, 1990. – 446 с.

11. Г.И. Волович. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. – М.: Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 527 с.

12. О.М. Лебедев, О.І. Ладик. Цифрова схемотехніка. – К.: Політехніка, 2004, 316 с.