

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ТАВРІЙСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ В.І. ВЕРНАДСЬКОГО**

Навчально-науковий інститут муніципального управління
та міського господарства
Кафедра загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор навчально-наукового
інституту муніципального управління
та міського господарства

В.Б. Кисельов

3 вересня 2019 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

«Комп'ютерна електроніка»

за спеціальностями : 122 «Комп'ютерні науки»

123 «Комп'ютерна інженерія»

інститут: навчально-науковий інститут муніципального управління та
міського господарства

Київ 2019

Робоча програма з навчальної дисципліни «Комп'ютерна електроніка» складена для здобувачів вищої освіти відповідно до програми навчальної дисципліни для підготовки фахівців за ступенем вищої освіти бакалавр за спеціальністю 123 «Комп'ютерна інженерія»

Розробник: Сергійчук Іван Михайлович, к.т.н., доцент кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики

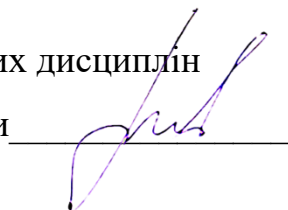
Робочу програму схвалено на засіданні кафедри загальноінженерних дисциплін та теплоенергетики

Протокол № 1 від 28 серпня 2019 року

Завідувач кафедри

Загальноінженерних дисциплін

та теплоенергетики



Медведєв М.Г.



, 2019 рік
, 2019 рік

1. Програма навчальної дисципліни

Предметом вивчення дисципліни «Комп'ютерна електроніка» є визначення, умовне позначення, характеристики, параметри і принцип дії напівпровідникових приладів і інтегральних мікросхем та їх використання в джерелах живлення приладів і мікросхем, в підсилювачах напруги змінного і постійного струму, в операційних підсилювачах, генераторах прямокутних імпульсних та цифрових логічних елементів і елементів пам'яті, які є основною елементною базою функціональних вузлів і пристроїв комп'ютерної схемотехніки.

Міжпредметні зв'язки: дисципліна «Комп'ютерна електроніка» базується на знаннях здобутих при вивченні дисциплін фізика, хімія, вища математика, електротехніка і електромеханіка. Знання дисципліни «Комп'ютерна електроніка» є базою для вивчення таких дисциплін, як «Комп'ютерна схемотехніка», «Архітектура комп'ютерів», «Цифрові системи керування та обробки інформації», «Автоматизація технологічних процесів».

Мета та завдання навчальної дисципліни

Метою викладання навчальної дисципліни «Комп'ютерна електроніка» є ознайомлення студентів з фізичними основами, будовою, принципом дії і електричними характеристиками і параметрами напівпровідникових приладів і інтегральних мікросхем та їх використання в функціональних вузлах і пристроях комбінаційного та послідовнісного типів комп'ютерної схемотехніки.

Основним завданням вивчення дисципліни є вироблення у студентів вмінь та навичок необхідних для виконання фахових завдань в професійній діяльності.

Студенти повинні:

знати:

визначення напівпровідникових приладів та їх умовне позначення на

електричних асинхронні RS– тригери з прямими і інверсними входами і схемах;

схеми вмикання, принцип дії, характеристики і параметри біполярних і польових транзисторів та режими їх роботи;

класифікацію інтегральних мікросхем;

визначення і передавальні характеристики аналогових і цифрових інтегральних мікросхем;

схеми, роботу і характеристики електронних підсилювачів змінної напруги і струму;

схеми вмикання і передавальні характеристики операційного підсилювача постійного струму;

схеми і функціонування автогенераторів прямокутних імпульсів на транзисторних ключах і операційному підсилювачі;

умовне позначення цифрових базисних логічних елементів та їх функції виходу;

визначення та умовні позначення елементів пам'яті – тригерів та їх функції виходу в диз'юнктивній нормальній формі (ДНФ);

вміти:

будувати вольт-амперні характеристики і визначати параметри діодів;

будувати вхідні і вихідні характеристики біполярних транзисторів та визначати основні параметри і режими роботи БТ;

будувати стоко-затворну і стокові характеристики польових транзисторів та визначати їх основні параметри і режими роботи;

досліджувати режими роботи електронних приладів, підсилювачів та автогенераторів прямокутних імпульсів;

виконувати розрахунки схем електронних підсилювачів напруги;

складати таблиці істинності базисних логічних елементів;

мінімізувати складні логічні функції картами Карно і Вейча та реалізовувати їх базисними логічними елементами;

використовувати базисні логічні елементи та елементи пам'яті для побудови функціональних вузлів і пристроїв комп'ютерної схемотехніки.

2. Опис навчальної дисципліни

Найменування показників	Галузь знань, спеціальність, ступінь вищої освіти	Характеристика навчальної дисципліни	
		денна форма	заочна форма
Кількість кредитів ECTS - 4,0	Галузь знань	Нормативна (основний компонент)	
	Спеціальності 122 «Комп'ютерні науки» 123 «Комп'ютерна інженерія»		
Кількість розділів -	Спеціалізація: «Комп'ютерні науки» «Комп'ютерна інженерія»	Рік підготовки	
		Семестр	
Загальна кількість годин - 120	Ступінь вищої освіти: бакалавр	Лекції	
		16 год.	6 год.
		Практичні	
		18 год.	6 год.
		Лабораторні	
		16 год.	год.
		Самостійна робота	
		70 год.	108 год.
		Вид контролю:	
		екз.	екз.

Назви розділів і тем	Кількість годин	
	денна форма	заочна форма

1	Всього	у тому числі				всього	у тому числі			
		л	п	лр	С. р.		л	п	сем.	С. р.
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Розділ 1. Напівпровідникові прилади і інтегральні мікросхеми										
Тема 1. Напівпровідникові діоди	10	2	2		6		1			
Тема 2. Біполярні і польові транзистори	12	2		2 2	6		1	1		
Тема 3. Інтегральні мікросхеми	6	2			4		1			
Разом за розділом 1	28	6	2	4	16	28	3	1		24
Розділ 2. Електронні пристрої										
Тема 4. Діодні однофазні випрямлячі	10	1	2	2	5			1		
Тема 5. Підсилювачі змінної напруги і струму на транзисторах	16	2	4		10		1			
Тема 6. Інтегральні операційні підсилювачі постійного струму	14	1	2	2	9			1		
Тема 7. Генератори прямокутних імпульсів на транзисторних ключах і операційному підсилювачі	12	2	2	2	6			1		
Разом за розділом 2	52	6	10	6	30	52	1	3		48
Розділ 3. Цифрові логічні елементи і елементи пам'яті										
Тема 8. Базисні логічні функції і логічні елементи	16	2	2	2	10		1	1		
Тема 9. Нетактовні і тактовні елементи пам'яті	24	2	4	4	14		1	1		
Разом за розділом 3	40	4	6	6	24	40	2	2		36
Всього годин	120	16	18	16	70	120	6	6		108

3. Структура навчальної дисципліни (тематичний план)

4. Плани лекційних занять

Лекція 1 (тема 1). Напівпровідникові діоди

Вступ 1. Визначення НП діоду і його електропровідність. 2. Утворення електронної n -типу та діркової p -типу провідності в кристалі i -типу НП (бездомішковому). 3. Потенціальний бар'єр електронно-діркового ($p-n$) переходу. 4. Схеми вмикання діоду до джерела зовнішньої напруги і вольт-амперна характеристика. 5. Різновідності діодів і основні параметри.

Лекція 2 (тема 2). Біполярні і польові транзистори

1. Структура, умовне позначення та використання біполярних транзисторів. 2. Схема із спільним емітером, вхідна та вихідні статичні характеристики і режими роботи та параметри транзисторів. 3. Структура, принцип роботи польових (МОН) транзисторів з n і p каналом і керуючим затвором у вигляді зворотного $p-n$ переходу. Схема із спільним витокком і її стоко-затворна і стокові статичні характеристики і параметри. 4. Структура, характеристики і параметри МОН- транзисторів з ізольованим затвором і індукованим та вбудованим каналом.

Лекція 3 (тема 3). Інтегральні мікросхеми

1. Визначення та класифікація інтегральних мікросхем. 2. Цифрові і аналогові мікросхеми і їх відмінності. 3. Топологія інтегральних біполярних, МОН і КМОН транзисторів в мікросхемах.

Лекція 4 (тема 4). Діодні однофазні випрямлячі

1. Структурна схема випрямляча. 2. Двопівперіодні схеми випрямлення напруги з нульовим виводом та мостова схема, часові діаграми їх роботи. 3. Схема двополярного джерела живлення операційного підсилювача.

Лекція 5 (тема 5). Підсилювачі змінної напруги і струму на транзисторах

1. Визначення, класифікація, основні параметри та характеристики підсилювачів. 2. Схема і часові діаграми роботи підсилювача напруги на БТ із спільним емітером. 3. Підсилювачі струму на БТ.

Лекція 6 (тема 6). Інтегральні операційні підсилювачі постійного струму

1. Визначення, структура і застосування аналогових операційних підсилювачів (ОП). 2. Умовні позначення і передавальні характеристики і параметри ОП. 3. Схема і часові діаграми роботи аналогового компаратора напруг на ОП.

Лекція 7 (тема 7). Генератори прямокутних імпульсів на транзисторних ключах і операційному підсилювачі

1. Особливості імпульсного режиму роботи транзисторного ключа і параметри прямокутних імпульсів. 2. Схема і часові діаграми роботи автоколивального мультивібратора на транзисторних ключах. 3. Схема та

часові діаграми роботи генератора імпульсних сигналів на операційному підсилювачі.

Лекція 8 (тема 8). Базисні логічні функції і логічні елементи

1. Основні правила і закони алгебри логіки. 2. Базисні логічні функції і форми їх представлення.

3. Базисні логічні елементи, таблиці істинності та функції виходів.

Лекція 9 (тема 9). Елементи пам'яті з прямими і інверсними входами – асинхронні RS - тригери

1. Умовне позначення, схема і ДНФ виходу нетактовного елемента пам'яті з прямими входами на ЛЕ 2АБО-НІ. 2. 1. Умовне позначення, схема і ДНФ виходу нетактовного елемента пам'яті з інверсними входами на ЛЕ 2І-НІ.

Лекція 10 (тема 10). Тактовні елементи пам'яті – синхронні RS– і D–тригери

1. Умовне позначення, схема і режими запису і зберігання двійкової інформації тактовними елементами пам'яті. 2. Універсальний тактовний JK – тригер з двоступеневим запам'ятовуванням інформації.

5. Плани практичних занять

Тема 2. Напівпровідникові діоди. ПЗ № 1. Аналіз еквівалентної схеми заміщення діоду.

Тема 5. Підсилювачі змінної напруги і струму на транзисторах.

ПЗ № 2. Розрахунок однокаскадного підсилювача напруги на БТ.

ПЗ № 3. Аналіз роботи схем підсилювачів струму на транзисторах.

Тема 6. Інтегральні операційні підсилювачі постійного струму.

ПЗ №4. Побудова перетворювачів електричних сигналів на операційних підсилювачах.

Тема 7. Генератори прямокутних імпульсів на транзисторних ключах і операційному підсилювачі. ПЗ № 5. Побудова часових діаграм роботи мультівібратора і розрахунок параметрів генеруємих імпульсів.

Тема 8. Базисні логічні функції і логічні елементи. ПЗ № 6.

Представлення складних функцій логічних схем картами Карно і Вейча та їх реалізація ЛЕ НІ,І,АБО.

Тема 10. Тактовні елементи пам'яті. ПЗ № 7. Аналіз роботи універсального тактовного елемента з двоступеневим запам'ятовуванням інформації.

6. Плани лабораторних занять

Тема 2. Біполярні і польові транзистори. ЛР №1. Вивчення

програмного середовища Multisim 10. Зібрати схеми дослідження біполярного транзистора. ЛР №2. Дослідження біполярних і польових транзисторів в середовищі Multisim 10.

Тема 4 Діодні однофазні випрямлячі. ЛР №3. Дослідження мостової двопівперіодної схеми випрямлення.

Тема 6. Інтегральні операційні підсилювачі постійного струму.

ЛР №4. Дослідження операційного підсилювача.

Тема 7. Генератори прямокутних імпульсів на транзисторних ключах і операційному підсилювачі. ЛР №5. Дослідження автогенератора прямокутних імпульсів.

Тема 8. Базисні логічні функції і логічні елементи. ЛР № 6. Дослідження базисних логічних елементів.

Тема 9. Нетактовні елементи пам'яті. ЛР № 7. Дослідження елементів пам'яті з прямими і інверсними входами.

Тема 10. Тактовні елементи пам'яті. ЛР № 8. Дослідження тактовних елементів пам'яті.

7. Завдання для самостійної роботи

7.1. Завдання самостійної роботи у відповідності до тем програми

Тема 1: 1. Як утворюється потенціальний бар'єр на межі *pn*-переходу в кристалі діода?

2. Які властивості *pn*-переходу?

3. Які існують види пробою *pn*-переходу?

Тема 2: 1. Яким електричним сигналом в схемах вмикання транзисторів здійснюється керування колекторним струмом біполярного транзистора та струмом стоку польового транзистора?

2. Як побудувати динамічну характеристику (навантажувальну пряму за постійним струмом) транзистора у схемі із спільним емітером?

3. Проаналізувати чим відрізняється польовий транзистор від біполярного?

Тема 3: 1. Що таке інтегральна мікросхема (ІМС)?

2. Яка різниця між аналоговою і цифровою напівпровідниковою ІМС?

3. У чому полягають переваги інтегральних мікросхем перед електронними пристроями на дискретних елементах?

4. Ознайомитися з системою позначень інтегральних мікросхем.

Тема 4: 1. Поясніть, що таке випрямлячі і для чого вони призначені?

2. Наведіть структурну схему випрямляча і поясніть призначення його функціональних вузлів.

3. Знати схему і принцип дії однофазного мостового випрямляча при роботі на активне навантаження та ємнісне.

4. Які умови вибору діодів для схем випрямлення струму у випрямлячах?

5. Для чого використовуються згладжувальні фільтри і їх види?

Тема 5: 1. За рахунок чого відбувається підсилювання електричних сигналів в схемах підсилювачів?

2. Знати призначення кожного елемента схеми підсилювача змінної напруги в схемі із СЕ.

3. Привести згідно 2 закону Кірхгофа залежність напруги на колекторі (вихідної) від струму колектора в схемі підсилювача напруги із СЕ.

4. Як визначається коефіцієнт передачі струму β в підсилювачі на БТ?

Тема 6: 1. Що таке аналоговий операційний підсилювач?

2. Які ви знаєте основні параметри операційного підсилювача?

3. Привести три основні схеми вмикання операційного підсилювача.

4. Привести схему компаратора напруг на ОП (без зворотного зв'язку).

Тема 7: 1. Які ви знаєте параметри прямокутних імпульсів?

2. Що називається мультівібратором і його використання?

3. За рахунок яких елементів схеми можна змінювати частоту і тривалість вихідних імпульсів мультівібратора на транзисторах, який працює в автоколивальному режимі?

4. Як визначається тривалість прямокутного імпульсу в симетричному автомультівібраторі?

5. Чим відрізняється автогенератор прямокутних імпульсів від генератора, працюючого в чекаючому режимі?

Тема 8: 1. На яких базисах логічних елементів будуються цифрові мікропристрої ?

2. Привести умовні позначення ЛЕ 2І–НІ та 2АБО–НІ і функції їх виходу. Яка різниця між ЛЕ 2І та 2АБО?

3. Що таке ДНФ функції алгебри логіки ?

4. Для чого використовуються карти Карно і Вейча?

5. В яких функціональних вузлах комп'ютерної схемотехніки використовуються комбінаційні логічні елементи?

Тема 9: 1. Що називається асинхронним RS- тригером або нетактовним елементом пам'яті?

2. Чому синхронний RS- тригер називається тактовним елементом пам'яті?

3. Чому JK- тригер називається універсальним?

4. В яких пристроях комп'ютерної схемотехніки використовуються елементи пам'яті?

7.2. Зміст навчального матеріалу, що є предметом самостійного опрацювання

1. Система позначень напівпровідникових діодів [1,6].
2. Структура і принцип роботи випрямляючого контакту метал – напівпровідник (діод Шоттки) [1,6].
3. Умовне позначення і принцип дії світлодіоду (джерела оптичного випромінювання) та фотодіоду (приймача) діодного оптрона [1,6].
4. Схеми заміщення біполярного транзистора [1,6].
5. Особливості і схеми вмикання комплементарних транзисторів [1,6].
6. Статичні і динамічні втрати в діодних і транзисторних ключах [6].
7. Особливості транзисторного ключа Шоттки [2,6].
8. Різновидності технологій виробництва ІМС [1,10].
9. Схема і робота фазоінверсного каскаду підсилення напруги [1,7].
10. Робота мультівібратора в чекаючому режимі [1,2,9].

8. Навчально-методичні матеріали для контролю

8.1. Контрольні питання за кожною темою навчальної дисципліни відповідно до робочої програми

Тема 1: 1. Поясніть, що таке pn - перехід?

2. Що таке пряме і зворотне вмикання pn - переходу?

3. Що таке ВАХ і який вигляд вона має у pn - переходу?

4. Поясніть принцип дії випрямного діоду.

5. Як утворюється потенціальний бар'єр на межі pn - переходу?

Тема 2: 1. Що таке біполярний транзистор? Умовні позначення БТ.

2. Що за схема вмикання із спільним емітером і який вигляд мають його вольт-амперні характеристики?

3. Як будується динамічна характеристика транзистора (навантажувальна пряма) у підсилювачах напруги? У яких режимах може працювати транзистор?

4. Що таке інтегральний складений транзистор і чому дорівнює його коефіцієнт передачі струму β (схема Дарлінгтона)?

5. Що таке польовий транзистор? Які є різновиди польових транзисторів? Наведіть їх умовні позначення.

6. Поясніть будову і принцип дії МОН транзисторів з p і n каналом.

7. Приведіть схему вмикання комплементарних МОН-транзисторів з різними каналами провідності та її особливості.

Тема 3: 1. Дати визначення ІМС.

2. Яка різниця між аналоговою і цифровою напівпровідниковою ІМС?

3. У чому полягають переваги інтегральних мікросхем перед електронними дискретними приладами?

Тема 4: 1. Поясніть, що таке випрямлячі і для чого вони призначені?

2. Наведіть структурну схему випрямляча і поясніть призначення його функціональних вузлів.

3. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазного двопівперіодного випрямляча з нульовим виводом при роботі на активне навантаження.

4. Наведіть схему і поясніть принцип дії однофазного мостового випрямляча з при роботі на ємнісне навантаження

5. Які умови вибору діодів для випрямлення струму у випрямлячах?

Тема 5: 1. Вивчити призначення елементів схеми підсилювача змінної напруги з СЕ.

2. Привести згідно 2 закону Кірхгофа значення вихідної напруги в схемі підсилювача напруги із СЕ.

3. Як визначається коефіцієнт передачі струму β БТ?

4. За рахунок чого відбувається підсилювання електричних сигналів в підсилювачах?

Тема 6: 1. Дати визначення аналоговій мікросхеми операційного підсилювача. 2. Які ви знаєте основні параметри операційного підсилювача.

2. Привести три основні схеми вмикання операційного підсилювача.

3. Знати схему і роботу компаратора вхідних напруг на ОП.

Тема 7: 1. Що називається генератором прямокутних імпульсів і для чого він використовується?

2. За рахунок яких елементів схеми можна змінювати частоту і тривалість вихідних імпульсів симетричного мультивібратора на транзисторах, який працює в автоколивальному режимі?

3. Як визначається тривалість прямокутних імпульсів в симетричному автомувльтивібраторі?

Тема 8: 1. Знати три базиси ЛЕ на яких будуються цифрові мікропристрої.

2. Умовне позначення логічного елемента 2І–НІ, таблиця істинності і функція виходу?

3. Умовне позначення логічного елемента 2АБО–НІ, таблиця істинності і функція виходу?

4. Для чого використовується мінімізація функцій виходу логічних схем і методи мінімізації?

Тема 9: 1. Яка різниця між тактовним і нетактовним елементами

пам'яті? Які логічні елементи і який сигнал необхідно додати в схему асинхронного тригера, щоб він працював як тактовний елемент пам'яті?

8.2. Завдання для підсумкового контролю по темам дисципліни

Тема 1: 1. Показати в структурі напівпровідникового діоду основні і неосновні носії зарядів та заряди домішок, що утворюють потенціальний бар'єр на межі *pn*- переходу.

2. Як впливає на електропровідність діоду джерело зовнішньої напруги E при прямому і зворотному його підключенні до *pn* - переходу?

3. Як визначаються величини статичного і динамічного опору діоду при прямому і зворотному його підключенні до джерела зовнішньої напруги.

Тема 2: 1. Які режими роботи транзисторів використовуються в аналогових і цифрових електронних пристроях?

2. Привести графічне позначення біполярних транзисторів *n-p-n* та *p-n-p* типів і їх підключення до джерел напруги в схемі із спільним емітером.

3. Чому дорівнює коефіцієнт передачі струму складеного транзистора β (в схемі Дарлінгтона)?

4. Особливості схем вмикання комплементарних транзисторів з різними типами провідності.

5. Привести графічне позначення польових МОН-транзисторів та відмінності транзисторів з вбудованим і індукованим каналом.

6. Привести схему вмикання комплементарних МОН-транзисторів з різними каналами провідності та їх особливості.

7. Яка різниця між польовими і біполярними транзисторами?

Тема 3: 1. Дати визначення ІМС. Маркіровка і позначення ІМС.

2. Привести приклади основних аналогових і цифрових ІМС

3. Яка різниця між аналоговою і цифровою напівпровідниковою ІМС?

Тема 4: 1. Чим відрізняються некеровані випрямлячі від керованих?

2. Які умови вибору діодів для випрямлення струму у випрямлячах?

3. За рахунок чого відбувається стабілізація вихідної напруги параметричного стабілізатора (кремнієвого діоду)?

4. Роль згладжуючого фільтра в випрямлячах?

Тема 5: 1. Призначення кожного із елементів схеми підсилювача змінної напруги на БТ з СЕ.

2. Привести згідно 2 закону Кірхгофа значення вихідної напруги підсилювача напруги в схемі із СЕ.

3. Як визначається коефіцієнт підсилення по напрузі, струму та коефіцієнт передачі струму β ?

4. За рахунок чого відбувається підсилювання електричних сигналів в

підсилювачах?

Тема 6: 1. Дати визначення аналоговій мікросхеми операційного підсилювача та її основні параметри.

2. Привести три основні схеми вмикання операційного підсилювача.

3. Привести схему компаратора входних напруг на ОП.

Тема 7: 1. Що називається автомультівібратором і для чого він використовується?

2. За рахунок яких елементів схеми можна змінювати частоту і тривалість вихідних імпульсів симетричного мультівібратора на транзисторах, який працює в режимі самозбудження?

3. Як визначається тривалість прямокутного імпульсу в симетричному мультівібраторі?

Тема 8: 1. Які три базиси ЛЕ на яких будуються цифрові пристрої комп'ютерної схемотехніки?

2. Позначення логічного елемента 2І–НІ, таблиця істинності і функція виходу?

3. Для чого використовується мінімізація вихідної ФАЛ цифрових схем ?

Тема 9: 1. Яка різниця між тактовними і нетактовними елементами пам'яті або тригерами?

2. Умовні позначення і функції прямих виходів асинхронних елементів пам'яті.

3. Де використовуються тактовні RS- і D- елементи пам'яті?

4. Чому тактовний JK- тригер називається універсальним?

9. Рейтингова система оцінювання результатів навчання

Для екзамену

Бали	Підсумковий контроль	Всього балів 15
------	----------------------	-----------------

Розділ 1 Т1-Т3 20	Розділ 2 Т4 - Т7 40	Розділ 3 Т8-Т9 20		80	100
-------------------------	---------------------------	-------------------------	--	----	-----

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка в балах	Оцінка за національною шкалою	Оцінка за шкалою ECTS	
		Оцінка	Пояснення
90-100	відмінно	A	відмінне виконання
80-89	добре	B	вище середнього рівня
75-79		C	загалом хороша робота
66-74		D	непогано
60-65	задовільно	E	виконання відповідає мінімальним критеріям
30-59		FX	необхідне перескладання
0-29		F	необхідне повторне вивчення курсу

10. Рекомендована література

Основна:

1. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Електроніка та мікросхемотехніка: Підручник для техн. ВНЗ / За ред. А. Г. Соскова. – К.:

Каравела, 2009

2. Сенько В.І., Панасенко М.В., Сенько Є.В. та інші. Електроніка і мікросхемотехніка: Підручник . – Т.3. Цифрові пристрої. – К.: Каравела, 2008

3. Бех І.І., Левитський С.М. Фізичні основи комп'ютерної електроніки: навчальний посібник для студ. вищ. навч. закл., які навчаються з спеціальності «Комп'ютерна інженерія». – Київ: Карбон, 2010

4. Сергійчук І.М., Сергійчук А.І. Логічне проектування цифрових мікроелектронних пристроїв. Навчальний посібник. – К.: АМУ, 2006.

Додаткова

5. Васильєва Л.Д., Медведенко Б.І., Якименко Ю.І. Напівпровідникові прилади: Підручник. – К.: ІВЦ Видавництво “Політехніка”, 2003

6. Опадчий Ю.Ф., Глудкин О.П., Гуров А.И. Аналоговая и цифровая электроника. Учебник для вузов.– М.: Горячая Линия - Телеком, 2000.

7. Гусев В.Г., Гусев Ю.М.. «Электроника и микропроцессорная техника»; Учебник для вузов. – М.: Высш. шк., 2005.

8. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікроелектроніка: теорія і практикум. За ред. А. Г. Соскова. -К.: Каравела, 2004.