

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна
Кафедра електроніки та управляючих систем



“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор

з науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО

« » 2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів

рівень вищої освіти перший (бакалаврський) рівень

галузь знань 12 Інформаційні технології

спеціальність 122 Комп'ютерні науки

освітня програма Комп'ютерні науки

вид дисципліни за вибором

факультет комп'ютерних наук

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук
«29» серпня 2022 року, протокол № 14

РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки і управляючих систем

Стервоєдов Микола Григорович

старший викладач кафедри електроніки та управляючих систем

Рало Олександр Миколайович.

Програму схвалено на засіданні кафедри електроніки та управляючих систем

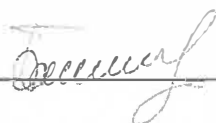
Протокол від «29» серпня 2022 року № 12

В.о. завідувача кафедри електроніки та управляючих систем


Максим ХРУСЛОВ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерні науки»

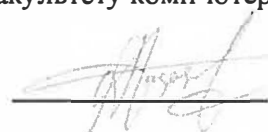
Гарант освітньої програми «Комп'ютерні науки»


Сергій БОГУЧАРСЬКИЙ

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від «29» серпня 2022 року № 1

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук


Анатолій БЕРДНІКОВ

ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

1. Опис навчальної дисципліни

1.1. Метою викладання дисципліни є одержання студентами знань з теоретичних основ побудови і схемотехніки комп'ютерів і комп'ютерних систем та функціонування основних вузлів обчислювальної техніки і периферійних пристроїв, а також надбання практичних навичок експлуатації комп'ютерних систем, придбання знань і навичок, необхідних для професійної діяльності.

1.2. Основними завданнями вивчення дисципліни є:

- самостійно аналізувати архітектури інших комп'ютерних систем та мікроконтролерів для розробки устаткування та програмування;
- виконувати розробку й моделювання електронних схем, процесорних елементів комп'ютера й пристроїв уведення-виводу;
- робити технічне обслуговування комп'ютера;
- знаходити й усувати несправності.
- розробляти нескладні програми машинно-орієнтованою мовою С.

В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні компетентності.

Інтегральна компетентність.

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми у галузі комп'ютерних наук або у процесі навчання, що передбачає застосування теорій та методів інформаційних технологій і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК).

- Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК2.
- Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел. ЗК7.
- Здатність генерувати нові ідеї (креативність). ЗК8.
- Здатність працювати в команді. ЗК9.
- Здатність діяти на основі етичних міркувань. ЗК13.
- Здатність реалізувати свої права і обов'язки як члена суспільства, усвідомлювати цінності громадянського (вільного демократичного) суспільства та необхідність його сталого розвитку, верховенства права, прав і свобод людини і громадянина в Україні. ЗК14.

Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)

- Здатність до виявлення статистичних закономірностей недетермінованих явищ, застосування методів обчислювального інтелекту, зокрема статистичної, нейромережевої та нечіткої обробки даних, методів машинного навчання та генетичного програмування тощо. (ФК2)

- Здатність здійснювати формалізований опис задач дослідження операцій в організаційно-технічних і соціально-економічних системах різного призначення, визначати їх оптимальні розв'язки, будувати моделі оптимального управління з урахуванням змін економічної ситуації, оптимізувати процеси управління в системах різного призначення та рівня ієрархії. (ФК5)

- Здатність застосовувати теоретичні та практичні основи методології та технології моделювання для дослідження характеристик і поведінки складних об'єктів і систем, проводити обчислювальні експерименти з обробкою й аналізом результатів. (ФК7)

- Здатність застосовувати методології, технології та інструментальні засоби для управління процесами життєвого циклу інформаційних і програмних систем, продуктів і сервісів інформаційних технологій відповідно до вимог замовника. (ФК10)

- Здатність до інтелектуального аналізу даних на основі методів обчислювального інтелекту включно з великими та погано структурованими даними, їхньої оперативної обробки та візуалізації результатів аналізу в процесі розв'язування прикладних задач. (ФК11)

1.3. Кількість кредитів – 5.

1.4. Загальна кількість годин - 150.

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
3-й	-й
Семестр	
5-й	-й
Лекції	
32 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
год.	год.
Лабораторні заняття	
32 год.	год.
Самостійна робота	
86 год.	год.
у тому числі індивідуальні завдання	
46 год.	год.

1.6. Заплановані результати навчання

знати:

- архітектуру, характеристики, можливості і області застосування ЕОМ і систем основних класів і типів;
- склад, принципи організації і функціонування окремих підсистем, ЕОМ і систем в цілому;
- сучасну вітчизняну та іноземну елементарну базу комп'ютерів та складних обчислювальних систем;
- сучасні принципи побудови та аналізу режимів елементів;
- методи аналізу та розрахунку параметрів елементів схемотехніки комп'ютеризованих засобів;
- методики аналізу умов функціонування цифрових та аналогових схем комп'ютерної техніки, а також порядок синтезу цифрових схем із заданими властивостями;

- роль та місце комп'ютерної схемотехніки в задачах проектування комп'ютерних систем;
- основні типи цифрових електронних пристроїв, їх роботу, параметри та характеристики, застосування;
- методи застосування законів Булевої алгебри для аналізу та синтезу цифрових електронних пристроїв;
- сучасні пакети програм аналізу електронних схем.

мати уявлення:

- про архітектуру інформаційно-обчислювальних і проблемно-орієнтованих систем;
- про електронних обчислюваних машин з різною структурою;
- про інтерфейси, про організацію контролю функціонування і діагностику ЕОМ.

вміти:

- розробляти математичні моделі елементів та вузлів комп'ютерних систем;
- виконувати аналіз елементарних режимів комп'ютерних вузлів;
- оцінювати технічний стан комп'ютерної інженерії, характеристики елементів та вузлів, виявляти та усувати несправності;
- створювати за допомогою засобів алгебри логіки математичні моделі складних вузлів цифрової схемотехніки;
- проводити аналіз умов функціонування цифрових схем комп'ютерної техніки, а також здійснювати синтез цифрових схем із заданими властивостями в різних системах базисних функцій;
- виконувати розрахунки та моделювання цифрових електронних схем ЕОМ; налагоджувати аналогові та цифрові схеми комп'ютерної техніки;
- тестувати й налагоджувати апаратно-програмні засоби і комплекси систем автоматизації та управління.

В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні програмні результати навчання (ПРН).

- Застосовувати знання основних форм і законів абстрактно-логічного мислення, основ методології наукового пізнання, форм і методів вилучення, аналізу, обробки та синтезу інформації в предметній області комп'ютерних наук. (ПРН1)
- Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації. (ПРН2)
- Володіти мовами системного програмування та методами розробки програм, що взаємодіють з компонентами комп'ютерних систем, знати мережні технології, архітектури комп'ютерних мереж, мати практичні навички технології адміністрування комп'ютерних мереж та їх програмного забезпечення. (ПРН3)

2. Тематичний план навчальної дисципліни

Розділ 1. Багаторівнева комп'ютерна організація

Тема 1. Історичні основи.

Історичні аспекти виникнення й розвитку комп'ютерних систем. Устрій і функціонування комп'ютера Фон-Неймана. Багаторівнева комп'ютерна організація.

Тема 2. Представлення даних у пам'яті комп'ютера.

Представлення числових даних і системи числення. Системи з фіксованою й плаваючою крапкою. Представлення зі знаковим бітом і в додатковому коді. Представлення нечислових даних (коди символів, графічні дані).

Тема 3. Цифровий логічний рівень комп'ютера.

Призначення й основні характеристики логічних елементів, основних комбінаційних схем і елементів пам'яті: вентиля, шифратори, дешифратори, мультиплексори, демультимплексори, тригери, регістри, лічильники, електронні запам'ятовувальні пристрої.

Тема 4. Базова структура комп'ютера.

Архітектура комп'ютера з єдиною шиною. Основні поняття – процесор, пам'ять, пристрої введення-виводу, шина передачі інформації. Структура й основні функції

Розділ 2. Процесори. Приклади паралельних шин.

Тема 1. Устрій процесора.

Регістри загального призначення, лічильник команд, регістр команд, АЛУ, пристрій керування. Цикл Фон-Неймана. Вибірка інструкцій, декодування й виконання. Розташування команд у пам'яті комп'ютера. Продуктивність процесора. Збільшення продуктивності – конвеєри, суперскалярна архітектура, мультипроцесорні системи, мультикомп'ютери.

Тема 2. Структура пам'яті комп'ютера.

Організація основної пам'яті і операції з нею: затримка, час циклу, швидкодія. Ієрархічна структура пам'яті. Поняття простору пам'яті й простору вводу-виводу.

Тема 3. Ієрархічна структура шин сучасних комп'ютерів.

Локальні шини процесора й пам'яті, системна шина, шина внутрішньої периферії. Основні принципи функціонування, методи підвищення швидкодії обміну. Еволюція шин у процесі розвитку комп'ютерів. Призначення чипсетів материнської плати: південний і північний міст.

Тема 4 Кеш пам'ять.

Принципи роботи кеш пам'яті: кеш влучення, кеш промах. Структура й функціонування кеш пам'яті прямого відображення, набірно-асоціативної й повністю асоціативної кеш пам'яті.

Розділ 3. Типи обміну. Переривання. Послідовні шини. Пристрій пам'яті ПК

Тема 1. Взаємодія й комунікації 1.

Програмувальне уведення/вивід, синхронний, асинхронний обмін, пакетна передача.

Тема 2. Взаємодія й комунікації 2.

Уведення/вивід з перериваннями. Структури переривань: вектор переривань, переривання із пріоритетами, підтвердження переривання, контролер переривань. Прямий доступ до пам'яті.

Тема 3. Приклади системних шин комп'ютера.

Шини ISA, PCI, Pci-express..

Тема 4 Зовнішні інтерфейси комп'ютера, підсистема введення-виводу.

Порти введення-виводу – LPT, COM. Шина USB. Пристрої – клавіатура, миша.

Тема 5. Архітектура процесорів сімейства «INTEL».

Регістрова архітектура процесора сімейства IA16, IA32 : регістри загального призначення і їх специфічні особливості; сегментні регістри і їх призначення; регістр прапорів і призначення його окремих біт. Спосіб формування адрес команд і даних. Принципи сегментації основної пам'яті комп'ютера. Розміщення векторів переривання й способи звертання до них. Технології збільшення продуктивності процесорів INTEL.

Тема 6. Система BIOS.

Структура й призначення базової системи введення-виводу – утиліти й сервіси BIOS. Утиліта POST, BIOS Setup, Boot Strap, BIOS Pnp, BIOS DMI, ASPI BIOS. Пам'ять і годинник реального часу - CMOS RTS.

Тема 7. Підсистема зовнішньої пам'яті.

Устрій пам'яті на магнітних накопичувачах: принципи магнітному запису, пристрій жорсткого диска, розділи HDD, таблиця файлової системи. Устрій пам'яті на оптичних накопичувачах CD, DVD.

Тема 8 Архітектура динамічної пам'яті комп'ютера.

Пам'ять підвищеного швидкодії, часи обміну, затримка, рядки й стовпці, регенерація динамічної пам'яті.

3. Структура навчальної дисципліни

Назви модулів і тем	Кількість годин					
	Денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб	інд	сп	
Розділ 1. Багаторівнева комп'ютерна організація						
Тема 1. Історичні основи.	8	2		2	2	2
Тема 2. Представлення даних у пам'яті комп'ютера.	8	2		2	2	2
Тема 3. Цифровий логічний рівень комп'ютера.	8	2		2	2	2
Тема 4. Базова структура комп'ютера. Контр. робота	13	2		2	7	2
Разом за розділом 1	37	8		8	13	8
Розділ 2. Процесори. Приклади паралельних шин						
Тема 1. Устрій процесора.	6	2		-	2	2
Тема 2. Структура пам'яті комп'ютера.	8	2		-	3	3
Тема 3. Ієрархічна структура шин сучасних комп'ютерів.	10	2		2	3	3
Тема 4. Кеш пам'ять.	11	2		2	4	3
Разом за розділом 2	35	8		4	12	11
Розділ 3. Типи обміну. Переривання. Послідовні шини. Пристрій пам'яті ПК						
Тема 1. Взаємодія й комунікації 1	6	2		-	2	2
Тема 2. Взаємодія й комунікації 2	6	2		-	2	2
Тема 3. Приклади системних шин комп'ютера.	8	2		-	3	3
Тема 4. Зовнішні інтерфейси комп'ютера, підсистема введення-виводу.	12	2		4	3	3
Тема 5. Архітектура процесорів сімейства «INTEL».	10	2		4	2	2
Тема 6. Система BIOS	12	2		4	3	3
Тема 7. Підсистема зовнішньої пам'яті.	12	2		4	3	3
Тема 8. Архітектура динамічної пам'яті комп'ютера.	12	2		4	3	3
Разом за розділом 3	78	16		20	21	21
Усього годин	150	32		32	46	40

4. Теми лабораторних занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
Комп'ютерна схемотехніка		
1	Арифметичні основи комп'ютерної схемотехніки. Позиційні системи числення. Арифметичні дії у двійковій системі. Перетворення чисел з одної позиційної системи в другу.	2
2	Логічні основи комп'ютерної схемотехніки. Основи булевої алгебри. Повні набори логічних елементів.	2
3	Синтез комбінаційних схем.	4
4	Аналіз послідовних схем. Дослідження тригерів, лічильників і регістрів.	4
Архітектура комп'ютерів		
5	Архітектура комп'ютерів. Вивчення будови системного блоку.	4
6	Архітектура комп'ютерів. Вивчення материнської плати.	4
7	Синтез арифметико-логічного пристрою	6
8	Побудова центрального процесора. Синтез простішого процесора.	6
	Разом	32

5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Підготовка до лекцій: пошук інформації з наданої тематики	20
2	Підготовка до лабораторних занять – моделювання конкретних аналогових і цифрових електронних схем; – синтез конкретних цифрових електронних схем і функціональних вузлів; – моделювання ЦАП і АЦП;	20
3	Виконання курсової роботи	30
4	Підготовка до контрольної роботи	16
	Разом	86

6. Індивідуальні завдання (Виконання курсової роботи)

Мета курсового проектування:

- закріплення, поглиблення та узагальнення теоретичних знань і розвиток навичок їх практичного застосування в галузі комп'ютерної схемотехніки;
- самостійне та колективне розв'язання конкретних фахових задач обчислювальної техніки;
- уміння користуватися відповідною довідковою літературою, державними стандартами;
- використання сучасних комп'ютерних інформаційних технологій.

Курсове проектування містить такі етапи:

- визначення теми і оформлення завдання на курсове проектування;
- безпосереднє виконання курсового проекту;
- оформлення пояснювальної записки та графічного матеріалу;
- захист курсового проекту.

Основні вимоги до курсового проекту:

- одержання прогресивних технічних рішень;
- строге застосування формалізованих методів аналізу і синтезу цифрових схем;
- мінімізація складу елементів;
- оптимальний вибір сучасних швидкодіючих інтегральних мікросхем різного ступеню інтеграції;
- забезпечення електричних режимів роботи інтегральних мікросхем;
- виконання вимог чинних державних стандартів.

Тематику курсових проектів та відповідних методичних вказівок затверджує завідувач кафедри.

7. Методи навчання

Як правило лекційні та практичні заняття проводяться аудиторне. В умовах дії карантину заняття проводяться відповідно до Наказу ректора Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (аудиторне або дистанційно за допомогою платформ Google Meet або Zoom).

На досягнення освітніх цілей спрямовані такі методи навчання студентів:

– *практичні* (використовують для пізнання дійсності, формування навичок і вмінь, поглиблення знань. Під час їх застосування використовуються такі прийоми: планування виконання завдання, постановка завдання, оперативне стимулювання, контроль і регулювання, аналіз результатів, визначення причин недоліків);

– *пояснювально-ілюстративний* (використовують для викладання й засвоєння нового навчального матеріалу, фактів, підходів, оцінок, висновків тощо);

– *репродуктивний* (для застосування студентами вивченого на основі зразка або правила, алгоритму, що відповідає інструкціям, правилам, в аналогічних до представленого зразка ситуаціях);

8. Методи контролю

Поточний контроль – *контрольна робота*, звіти з виконання *лабораторних робіт* та захист *курсової роботи* (Індивідуального завдання). Підсумковий семестровий контроль - *Іспит* – *письмово*.

9. Схема нарахування балів

Розподіл балів для підсумкового семестрового контролю при проведенні семестрового екзамену.

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання											Екзамен	Сума
Л1	Л2	Л3	Л4	Л5	Л6	Л7	Л8	Контрольна робота, передбачена навчальним планом	Індивідуальне завдання	Разом		
4	4	4	4	4	4	4	4	10	18	60	40	100

Умовою допуску до екзамену є виконання і захист лабораторних робіт (до 4 балів за кожно з 8 робіт, максимальна оцінка - 32 бала) і обов'язкове виконання контрольної роботи (до 10 балів).

Кожна лабораторна робота оцінюються в 4 бала – до 2 балів оцінюються оформлення згідно вимогам, які затверджено на кафедрі, та до 2 балів за захист роботи. При захисті роботи задається 2 питання. За кожно правильну відповідь нараховується 1 бал. За неналежне оформлення результатів роботи віднімається 1 бал. Для допуску до

екзамену студенту за виконання лабораторних робіт необхідно набрати не менше 10 балів.

Контрольна робота оцінюється наступним чином. Студент повинен відповісти на 4 питання одного з 3 варіантів контрольної роботи. За кожне питання нараховується до 2,5 балів.

Оцінка «2,5 балів» виставляється за:

- знання і розуміння програмного матеріалу в повному обсязі;
- послідовний, логічний, обґрунтований, безпомилковий виклад матеріалу;
- вільне формування висновків та узагальнень;
- самостійне застосування знань в конкретних ситуаціях;
- правильне, охайне оформлення контрольної роботи.

Оцінка «2 бала» виставляється за:

- знання і розуміння програмного матеріалу в повному обсязі;
- послідовний, логічний, безпомилковий виклад матеріалу;
- формування висновків та узагальнень;
- допущення окремих несуттєвих помилок;
- коли відповідь в основному відповідає вимогам, що і відповідь на оцінку «відмінно», але студент допускає незначні помилки, які не впливають у цілому на загальне рішення задачі.

Оцінка «1,5 бала» виставляється за:

- знання і розуміння тільки основного матеріалу;
- спрощений і неповний виклад матеріалу;
- допущення окремих несуттєвих помилок;
- коли студент в основному виконав завдання, але не глибоко володіє матеріалом, його знання мають розрізнений характер, допускаються помилки, які можна легко виправити і не викликають поважних ускладнень.

Оцінка «1 бал» виставляється за:

- спрощений і непослідовний виклад матеріалу;
- допущення окремих суттєвих помилок;
- відсутність узагальнень і висновків;
- коли студент орієнтується, дає невірну відповідь, має слабкі теоретичні знання.

Оцінка «0,5 бала» виставляється за:

- поверхове знання і розуміння основного матеріалу;
- допущенням істотних помилок.

Бали за всі питання підсумовуються.

Виконання і захист курсової роботи

Захист курсової роботи (індивідуального завдання) – це форма перевірки якості його виконання. Захист відбувається перед комісією у складі двох-трьох викладачів та студентів групи. Під час захисту студент робить доповідь (до 5 хв) по суті проекту та відповідає на запитання. Для демонстрації графічного матеріалу застосовуються мультимедійні засоби та використовуються презентаційні програми, наприклад Microsoft Power Point. При цьому студент може використовувати додаткові ілюстративні матеріали, технічні розробки, які відображають суть проекту.

Максимальна оцінка – 18 балів. Нарахування балів здійснюється 3 частинами по 6 балів:

1 – Ступінь відповідності темі і встановленим вимогам; 2 - Оформлення курсової роботи: текстова частина, таблиці, графіки, діаграми та ін і презентації; 3 - Публічний захист курсової роботи на комісії (максимальна кількість балів - 30).

1. Ступінь відповідності темі і встановленим вимогам (макс. кількість балів - 6):

- повністю відповідає – 6 балів;
- частково відповідає - 5-3 балів;
- не відповідає - 2-0 балів;

2. Оформлення курсової роботи: текстова частина, таблиці, графіки, діаграми та ін. (максимальна кількість балів - 6):

- повністю відповідає встановленим вимогам 6 балів;
- частково відповідає – 5-3 бала;
- не відповідає - 2-0 балів;

3. Публічний захист курсової роботи на комісії (максимальна кількість балів - 6)

6 балів - у процесі захисту курсової роботи студент показує глибоке знання теоретичного і практичного матеріалу за вибраною темою, викладає його в логічній послідовності, правильно і повно відповідає на питання по темі курсової роботи, виразно і чітко викладає власну точку зору і може її аргументувати;

5 балів - у процесі захисту курсової роботи студент показує знання найважливіших положень теоретичного навчального матеріалу за обраною темою, демонструє виконання практичних завдань, висловлює матеріал в логічній послідовності, правильно і по суті відповідає на більшість поставлених питань, допускає незначні помилки змістовного і розрахункового характеру;

4-3 бала - у процесі захисту курсової роботи студент доповідає основні результати виконаного дослідження неповно, без належної аргументації і дотримання логічної послідовності, дає вірні відповіді лише на окремі поставлені питання, допускає помилки при відповіді на більшість інших питань по темі курсової роботи або не може дати на них відповідь;

2-0 балів - у процесі захисту курсової роботи студент не може доповісти про основні результати виконаного дослідження, не відповідає на поставлені питання по темі курсової роботи або дає на них неправильні відповіді, не орієнтується в логіці побудови статистичних показників і не може пояснити їх економічний зміст.

Екзаменаційний білет складається з 3 питань, вичерпна відповідь на кожне з них зараховується як 12 балів – перше питання, 12 балів – друге питання і 16 - балів – третє питання , що дає в сумі максимальні 40 балів за іспит. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку до меншої кількості балів пропорційне тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить письмова робота студента.

Шкала оцінювання

Сума балів за всі види навчальної діяльності протягом семестру	Оцінка	
	для чотирирівневої шкали оцінювання	для дворівневої шкали оцінювання
90 – 100	відмінно	зараховано
70-89	добре	
50-69	задовільно	
1-49	незадовільно	не зараховано

10. Рекомендована література

Основна література

1. Сара Герріс, Девід Герріс. Цифрова схемотехніка та архітектура комп'ютера. Друге видання, Нью-Йорк: Elsevier.: 2013
2. М.П. Бабич, І.А. Жуков. Комп'ютерна схемотехніка. Київ. МК-Прес, 2004
3. Комп'ютерна схемотехніка : підручник / [Азаров О. Д., Гарнага В. А., Клятченко Я. М., Тарасенко В. П.]. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 230 с
4. Матвієнко М. П., Розен В. П. Комп'ютерна схемотехніка. Навчальний посібник. — К.: Видавництво Ліра-К, 2016. — 192 с.

Допоміжна література

1. ДСТУ 3212-95. Мікросхеми інтегровані. Класифікація та система умовних позначень.
2. ДСТУ 2399-94. Системи обробки інформації. Логічні пристрої, схеми, сигнали. Терміни та визначення.
3. ДСТУ 2383-94. Мікросхеми інтегровані. Терміни, визначення та літерні позначення електричних параметрів.
4. ДСТУ 2533-94. Системи обробки інформації. Арифметичні та логічні операції. Терміни та визначення.

11. Посилання на інформаційні ресурси в Інтернеті, відео-лекції, інше методичне забезпечення

1. Electronics Workbench 5.12 - програма для моделювання електронних схем.
2. MicroCAP 8 - програма для моделювання електронних схем.
3. Multisim 7 - сучасна система комп'ютерного моделювання.
4. PROTEUS VSM - система віртуального моделювання схем.