

Міністерство освіти і науки України
Міжнародний гуманітарний університет
Кафедра комп'ютерних наук

Русу О.П.

**КОМП'ЮТЕРНА СХЕМОТЕХНІКА
ТА АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРІВ**

Методичні рекомендації для самостійної роботи

Одеса 2025

Затверджено Вченою Радою Міжнародного гуманітарного університету.
Протокол № 5 від 20 січня 2025 р.

Русу О.П. Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів. Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Середня освіта. Інформатика» [Електронне видання]. Кафедра комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету. Одеса, 2025. 15 с.

Методичні рекомендації для курсу «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів» призначені для самостійної роботи здобувачів, що навчаються за першим (бакалаврським) рівнем за спеціальністю «Середня освіта. Інформатика». Методичні рекомендації розроблені відповідно навчального плану. До складу методичних рекомендацій входять навчальна програма, теми практичних занять та самостійної роботи студентів. Матеріали призначено для студентів факультету кібербезпеки, програмної інженерії та комп'ютерних наук Міжнародного гуманітарного університету.

Дисципліна «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів» спрямована на засвоєння базових положень цифрової схемотехніки, принципів подання та обробки інформації у комп'ютерних системах, структури персональних комп'ютерів і спеціалізованих обчислювальних пристроїв, а також механізмів взаємодії програмного забезпечення з апаратною частиною. Результатом вивчення дисципліни є формування у здобувачів здатності аналізувати апаратну конфігурацію комп'ютерних систем, розуміти обмеження та можливості елементної бази цифрової техніки, оцінювати вплив архітектурних рішень на ефективність роботи програмного забезпечення та застосовувати отримані знання під час проєктування і розроблення програмних систем.

ЗМІСТ

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ	4
2 ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ	6
3 ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ	7
4 САМОСТІЙНА РОБОТА	7
5 ВИДИ ТА МЕТОДИ КОНТРОЛЮ	8
6 ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ.....	12
7 РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА.....	12

1 ЗМІСТ ДИСЦИПЛІНИ

Дисципліна «Комп'ютерна схемотехніка та архітектура комп'ютерів» спрямована на засвоєння базових положень цифрової схемотехніки, принципів подання та обробки інформації у комп'ютерних системах, структури персональних комп'ютерів і спеціалізованих обчислювальних пристроїв, а також механізмів взаємодії програмного забезпечення з апаратною частиною.

Результатом вивчення дисципліни є формування у здобувачів здатності аналізувати апаратну конфігурацію комп'ютерних систем, розуміти обмеження та можливості елементної бази цифрової техніки, оцінювати вплив архітектурних рішень на ефективність роботи програмного забезпечення та застосовувати отримані знання під час проєктування і розроблення програмних систем.

МЕТА ДИСЦИПЛІНИ. Мета навчальної дисципліни полягає у формуванні у здобувачів вищої освіти системного розуміння принципів функціонування цифрової техніки, апаратної структури комп'ютерних засобів та основ архітектури комп'ютерів, необхідних для професійної діяльності інженера програмного забезпечення.

ПРЕРЕКВІЗИТИ. Передумовами для вивчення дисципліни є знання, уміння та навички, отримані здобувачами при вивченні фундаментальних навчальних дисциплін, зокрема «Фізика».

ПОСТРЕКВІЗИТИ. Знання, уміння та навички, отримані здобувачами після вивчення цієї дисципліни, можуть бути корисними при подальшому вивченні дисциплін «Операційні системи», «Програмування мікроконтролерів та пристроїв Інтернету речей», проходженні технологічної, виробничої та переддипломної практик, а також при підготовці та захисті кваліфікаційної роботи.

Результати навчання, заплановані навчальною дисципліною

Знання:

- принципи функціонування цифрової техніки;
- способи подання інформації у комп'ютері;
- основи булевої алгебри та методи мінімізації логічних функцій;
- принципи побудови цифрових вузлів;
- особливості логічних елементів;
- структуру мікропроцесора, мікроконтролера та персонального комп'ютера;
- типи пам'яті та принципи організації зберігання даних;
- призначення та принципи роботи цифрових і аналогових інтерфейсів;
- основи побудови мережної та вбудованої комп'ютерної техніки.

Уміння:

- працювати з інформацією в різних форматах подання;
- виконувати синтез простих цифрових схем на логічних елементах;
- аналізувати структурні схеми цифрової техніки;
- визначати склад і характеристики основних компонентів персонального комп'ютера;
- обґрунтовувати вибір інтерфейсів для підключення пристроїв;
- аналізувати взаємодію програмного забезпечення з апаратними засобами.

Навички:

- розрахунку та перевірки цифрових логічних схем;
- роботи з технічною документацією на мікросхеми та інтерфейси;
- використання середовищ моделювання для аналізу роботи цифрових пристроїв;
- первинної діагностики конфігурації персонального комп'ютера;
- аналізу структурних схем мережних і мікроконтролерних пристроїв;
- врахування апаратних обмежень під час розроблення програмного забезпечення.

ПРОГРАМА ДИСЦИПЛІНИ

Тема 1. Принципи роботи цифрової техніки

Роль комп'ютерної схемотехніки та архітектури комп'ютерів у підготовці інженера програмного забезпечення. Історія розвитку цифрової обчислювальної техніки. Аналогова та цифрова техніка. Фізичні основи роботи цифрових пристроїв. Елементна база цифрової техніки. Типи логіки.

Формати подання інформації. Біт і байт. Машинне слово. Системи числення. Переведення чисел між системами. Подання цілих чисел у додатковому коді. Подання дробових чисел. Кодування символьної інформації. ASCII та Unicode. Арифметичні операції у двійковій системі. Аналіз переповнення. Нестандартні системи числення та багатозначна логіка. Використання системи числення у програмуванні та комп'ютерній техніці. Розрядність процесора та її вплив на обсяг адресованої пам'яті. Апаратні обмеження цифрових систем та їх вплив на формування вимог до програмного забезпечення.

Логічні операції I, АБО, НЕ, XOR, NAND, NOR. Математичні основи булевої алгебри та їх використання у цифровій техніці. Закони булевої алгебри. Перетворення логічних виразів. Таблиці істинності. Мінімізація логічних функцій за допомогою карт Карно. Універсальні логічні елементи NAND і NOR як основа побудови цифрових схем.

Тема 2. Апаратна основа комп'ютерних засобів

Цифрова схемотехніка. Фізичні принципи роботи транзисторів у цифрових логічних елементах. КМОН та ТТЛ логіка. Порівняння технологій. Інтегральні мікросхеми цифрової техніки CDxx, 74xx та їх характеристики. Основні параметри логічних елементів. Синтез схем на логічних елементах.

Типові вузли цифрової техніки. Суматори, компаратори, мультиплексори, демультимплексори. Тригери. Регістри. Лічильники. Основи роботи АЦП і ЦАП. Типові корпуси інтегральних мікросхем та особливості їх маркування.

Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) та сфери їх використання.

Цифрові мікросхеми в побутових та промислових пристроях. Мікропроцесори та мікроконтролери. Поняття мікропроцесора і мікроконтролера. Структура. Типи пам'яті. Основні периферійні модулі. Мікросхеми узгодження інтерфейсів.

Побудова та аналіз цифрового вузла на основі дискретної логіки.

Тема 3. Персональні комп'ютери та їх інтерфейси

Структура персонального комп'ютера. Компоненти системного блоку. Материнська плата. Процесор. Оперативна пам'ять. Накопичувачі даних. Плати розширення.

Материнська плата та внутрішні шини. Архітектура материнської плати. Форм-фактори материнських плат ATX, microATX, Mini-ITX. Чипсет. Шини даних і керування. BIOS/UEFI. VRM. Взаємодія компонентів системи. Технічні характеристики персональних комп'ютерів. Апаратні характеристики комп'ютерної системи як фактор формування функціональних та нефункціональних вимог до програмного забезпечення. Вибір апаратної платформи для розробки програмного забезпечення.

Апаратні засоби людино-машинного інтерфейсу. Периферійні пристрої. Пристрої введення та виведення. Монітори. Накопичувачі. Принтери та багатофункціональні пристрої. Принципи роботи та підключення. Типи накопичувачів даних HDD і SSD та їх відмінності.

Інтерфейси персональних комп'ютерів. Кабельні та бездротові інтерфейси. USB, HDMI, Ethernet, DisplayPort, Wi-Fi, Bluetooth, RS-232, PS/2 та інші. Принципи передавання даних. Апаратні аспекти забезпечення інформаційної безпеки. Фізичний доступ до інтерфейсів. Апаратні методи захисту даних. Узгодження інтерфейсів. Версії інтерфейсу USB та їх технічні характеристики. Використання комп'ютера для керування зовнішніми пристроями. Методи підключення обладнання. Промислові інтерфейси RS-485, CAN. Перетворювачі інтерфейсів. Технологія PoE.

Тема 4. Комп'ютерна техніка спеціального призначення

Мережева комп'ютерна техніка. Комутатори. Маршрутизатори. Модеми. Структурні схеми та принципи роботи. Аналіз структурної схеми мережного комутатора. Типи мережних комутаторів та їх відмінності. Маршрутизатори в комп'ютерних мережах. Серверне обладнання та його відмінності від персональних комп'ютерів.

Сучасні тенденції розвитку комп'ютерної техніки. Багатоядерні системи. Вбудовані комп'ютерні системи та сфери їх застосування. Роль програмного забезпечення у взаємодії з апаратурою. Вибір апаратної архітектури залежно від типу програмної системи. Апаратні засоби підвищення надійності та захисту даних у серверних системах. Системи зберігання даних NAS та RAID-масиви.

ПИТАННЯ ДО ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

Тема 1. Принципи роботи цифрової техніки

Системи числення

Тема 2. Апаратна основа комп'ютерних засобів

Способи реалізації логічних функцій.

Схеми на дискретних логічних компонентах.

Тема 3. Персональні комп'ютери та їх інтерфейси

Технічні характеристики персональних комп'ютерів

Інтерфейс USB

Тема 4. Комп'ютерна техніка спеціального призначення

Структурна схема мережного комутатора

САМОСТІЙНА РОБОТА

До самостійної роботи здобувачів відносяться наступні види діяльності:

1. Опрацювання лекційного матеріалу.
2. Підготовка до практичних занять.
3. Консультації з викладачем впродовж семестру.
4. Ознайомлення з додатковою літературою відповідно до зазначених у програмі тем.
5. Самостійне опрацювання окремих питань навчальної дисципліни.
6. Підготовка індивідуальних завдань у вигляді презентацій або рефератів.
7. Підготовка до підсумкового контролю.

Тема 1. Принципи роботи цифрової техніки

1. Історія розвитку цифрової обчислювальної техніки.
2. Нестандартні системи числення та багатозначна логіка.
3. Використання шістнадцяткової системи числення у програмуванні та комп'ютерній техніці.
4. Розрядність процесора та її вплив на обсяг адресованої пам'яті.
5. Універсальні логічні елементи NAND і NOR як основа побудови цифрових схем.

Тема 2. Апаратна основа комп'ютерних засобів

1. Серії інтегральних мікросхем CDxx та їх призначення.
2. Серії інтегральних мікросхем 74xx та їх застосування у цифрових схемах.
3. Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС) та сфери їх використання.
4. Типові корпуси інтегральних мікросхем та особливості їх маркування.
5. Цифрові мікросхеми в побутових та промислових пристроях.

Тема 3. Персональні комп'ютери та їх інтерфейси

1. Форм-фактори материнських плат ATX, microATX, Mini-ITX.
2. Типи накопичувачів даних HDD і SSD та їх відмінності.
3. Версії інтерфейсу USB та їх технічні характеристики.
4. Порівняння інтерфейсів HDMI та DisplayPort.
5. Бездротові інтерфейси персональних комп'ютерів.

Тема 4. Комп'ютерна техніка спеціального призначення

1. Типи мережних комутаторів та їх відмінності.
2. Маршрутизатори та принципи маршрутизації в комп'ютерних мережах.
3. Серверне обладнання та його відмінності від персональних комп'ютерів.
4. Вбудовані комп'ютерні системи та сфери їх застосування.
5. Системи зберігання даних NAS та RAID-масиви.

ОЦІНЮВАННЯ ПОТОЧНОЇ, САМОСТІЙНОЇ ТА ІНДИВІДУАЛЬНОЇ РОБОТИ ЗДОБУВАЧІВ

Види роботи	Планові терміни виконання	Форми контролю та звітності	Максимальний відсоток оцінювання
Систематичність і активність роботи на практичних заняттях			
1.1. Підготовка до практичних занять	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка обсягу та якості засвоєного матеріалу під час практичних занять	60
Виконання завдань для самостійного опрацювання			
1.2. Індивідуальне тестування	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Перевірка результатів індивідуального тестування, перевірка конспектів лекцій, перевірка рефератів	20
Виконання індивідуальних завдань (дослідна робота здобувача)			

1.3. Інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовка наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо.	Відповідно до робочої програми та розкладу занять	Обговорення результатів проведеної роботи під час аудиторних занять, наукових конференцій та круглих столів.	20
Разом балів за поточний контроль			100
Загальний результат оцінювання			100

Поточний контроль знань здобувачів освіти при формі контролю залік (максимум 100 балів) оцінюється за шкалою («2», «3», «4», «5»), з обов'язковим переведенням балів за кожний вид роботи таким чином:

– за підготовку до аудиторних занять (максимум 60 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості практичних (лабораторних) занять, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 12;

– за виконання завдань для самостійного опрацювання (тестування, завдання, підготовка реферату (есе) за заданою тематикою) (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості програмного матеріалу, що виноситься на самостійне вивчення, для переведу зазначених балів середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4;

– за інші види індивідуальних завдань, в т.ч. підготовку наукових публікацій, участь у роботі круглих столів, конференцій тощо (максимум 20 балів) здобувачу освіти необхідно мати не менше 1/2 оцінок від загальної кількості інших видів індивідуальних завдань, для переведу балів за підготовку до аудиторних занять середньоарифметична оцінка множиться на коефіцієнт 4.

Критерії оцінювання поточного контролю

– «2» – виставляється за неправильну відповідь (письмову роботу), яка не відповідає змісту теми та свідчить про нерозуміння її основних положень;

– «3» – виставляється за відповідь (письмову роботу), яка відповідає змісту теми, але є неповною і неточною у визначенні понять, свідчить про неповне розуміння основних положень навчального матеріалу, свідчить про те, що знання здобувача мають фрагментарний, поверховий характер;

– «4» – оцінюється правильна і обґрунтована відповідь (письмова робота), з якої видно, що здобувач знає й розуміє теоретичний матеріал в обсязі навчальної теми, володіє необхідними навичками, не допускає суттєвих помилок.

– «5» – оцінюється повна, правильна, ґрунтовна відповідь (письмова робота) на запитання теми, що передбачає логічність і послідовність викладу матеріалу, володіння термінологією, демонструє вміння повно й глибоко використовувати теоретичні знання у практичній площині.

ОЦІНЮВАННЯ ЗАГАЛЬНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ЗНАНЬ ЗДОБУВАЧІВ

Загальні результати знань здобувачів по даній дисципліні оцінюються наступним чином:

– **«Відмінно»/«зараховано» (A)** – від 90 до 100 балів. Здобувач виявляє особливі творчі здібності, вміє самостійно знаходити та опрацьовувати необхідну інформацію, демонструє знання матеріалу, проводить узагальнення і висновки. Був присутній на лекціях та практичних заняттях, під час яких давав вичерпні, обґрунтовані, теоретично і практично правильні відповіді, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (B)** – від 82 до 89 балів. Здобувач володіє знаннями матеріалу, але допускає незначні помилки у формуванні термінів, категорій, проте за допомогою викладача швидко орієнтується і знаходить правильні відповіді. Був присутній на лекціях та практичних заняттях, має конспект з виконаними завданнями до самостійної роботи, презентував реферат за заданою тематикою, проявляє активність і творчість у науково-дослідній роботі;

– **«Добре»/«зараховано» (C)** – від 74 до 81 балів. Здобувач відтворює значну частину теоретичного матеріалу, виявляє знання і розуміння основних положень, з допомогою викладача може аналізувати навчальний матеріал, але дає недостатньо обґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи, реферату та активність у науково-дослідній роботі;

– **«Задовільно»/«зараховано» (D)** – від 64 до 73 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та практичних заняттях, володіє навчальним матеріалом на середньому рівні, допускає помилки, серед яких є значна кількість суттєвих. При цьому враховується наявність конспекту з виконаними завданнями до самостійної роботи та рефератів;

– **«Задовільно»/«зараховано» (E)** – від 60 до 63 балів. Здобувач був присутній не на всіх лекціях та практичних заняттях, володіє навчальним матеріалом на рівні, вищому за початковий, значну частину його відтворює на репродуктивному рівні, на всі запитання дає необґрунтовані, невичерпні відповіді, допускає помилки, має неповний конспект з завданнями до самостійної роботи.

– **«Незадовільно з можливістю повторного складання»/«не зараховано» (FX)** – від 35 до 59 балів. Здобувач володіє матеріалом на рівні окремих фрагментів, що становлять незначну частину навчального матеріалу.

– **«Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни»/«не зараховано» (F)** – від 0 до 34 балів. Здобувач не володіє навчальним матеріалом.

Таблиця відповідності результатів контролю знань за різними шкалами

100-бальна шкала	Шкала за ECTS	Національна шкала	
		Екзамен	Залік
90-100	A	Відмінно	Зараховано
82-89	B	Добре	Зараховано
74-81	C		
64-73	D	Задовільно	Зараховано
60-63	E		
35-59	FX	Незадовільно	Не зараховано
0-34	F		

Питання для підсумкового контролю

1. Аналогова та цифрова техніка: принципи побудови та функціонування, особливості, сфера застосування.
2. Фізичні основи роботи цифрових пристроїв: електричні рівні сигналів, логічні стани, перешкодостійкість.
3. Елементна база цифрової техніки: транзистори, логічні елементи, інтегральні мікросхеми.
4. Біт, байт і машинне слово: структура, розрядність, практичне значення.
5. Системи числення у комп'ютерній техніці: двійкова, вісімкова, шістнадцяткова, сфера використання.
6. Подання цілих чисел у додатковому коді: формування знаку, діапазон значень, переповнення.
7. Подання дробових чисел у цифрових системах: формат із фіксованою та плаваючою комою.
8. Кодування символічної інформації ASCII та Unicode: структура, обсяг кодування, сфери застосування.
9. Арифметичні операції у двійковій системі: додавання, віднімання, особливості реалізації.
10. Переповнення розрядної сітки: причини виникнення та наслідки.
11. Логічні операції I, АБО, НЕ, XOR, NAND, NOR: функціональне призначення та умовні позначення.
12. Закони булевої алгебри: основні тотожності та їх застосування.
13. Таблиці істинності логічних функцій: принцип побудови та аналіз.
14. Мінімізація логічних функцій за допомогою карт Карно: правила групування та обмеження методу.
15. Універсальні логічні елементи NAND і NOR: реалізація довільних логічних функцій.
16. КМОН та ТТЛ логіка: принцип роботи, переваги та недоліки.
17. Основні параметри логічних елементів: напруга живлення, струм, швидкодія.
18. Серії інтегральних мікросхем CDxx: характеристики та приклади застосування.
19. Серії інтегральних мікросхем 74xx: різновиди та сфери використання.
20. Програмовані логічні інтегральні схеми ПЛІС: призначення та можливості.
21. Суматори та компаратори: призначення, структурна схема, застосування.
22. Мультиплексори та демультиплексори: принцип роботи та сфера використання.
23. Тригери, регістри та лічильники: функціональне призначення у цифрових пристроях.
24. Аналого-цифрові та цифро-аналогові перетворювачі: принцип роботи та основні параметри.
25. Мікропроцесори та мікроконтролери: структура та відмінності.
26. Типи пам'яті комп'ютерних систем: оперативна, постійна, кеш-пам'ять.
27. Структура персонального комп'ютера: основні вузли та їх взаємодія.
28. Материнська плата: призначення, складові компоненти.
29. Чипсет, шини даних і керування: роль у функціонуванні системи.
30. BIOS та UEFI: призначення та функції.
31. Накопичувачі даних HDD та SSD: принцип роботи та відмінності.
32. Блок живлення персонального комп'ютера: основні параметри та функції.

33. Периферійні пристрої введення та виведення: класифікація та принципи роботи.
34. Інтерфейс USB: структура, режими роботи, версії.
35. Інтерфейси HDMI та DisplayPort: особливості передавання відеосигналу.
36. Інтерфейси RS-232 та RS-485: електричні характеристики та сфери застосування.
37. Інтерфейси Ethernet, Wi-Fi та Bluetooth: принципи передавання даних.
38. Мережні комутатори та маршрутизатори: функціональне призначення та відмінності.
39. Серверне обладнання та системи зберігання даних: особливості побудови.
40. Вбудовані комп'ютерні системи та сфери їх застосування.

ДОТРИМАННЯ ВИМОГ АКАДЕМІЧНОЇ ДОБРОЧЕСНОСТІ

Викладання та засвоєння навчальної дисципліни передбачає неухильне дотримання вимог академічної доброчесності, яка регулюється Законом України «Про освіту» (Відомості Верховної Ради (ВВР), 2014, № 37-38, ст. 2004), «Методичними рекомендаціями для закладів вищої освіти з підтримки принципів академічної доброчесності» (Лист МОН № 1/9-650 від 23.10.2018), іншими нормативними документами. Зокрема, основні засади дотримання академічної доброчесності визначено у «Положенні про академічну доброчесність у Міжнародному гуманітарному університеті», «Кодексі академічної доброчесності Міжнародного гуманітарного університету» та «Інструкції щодо процедури технічної перевірки на наявність текстових запозичень (академічного плагіату)», затвердженої наказом Міжнародного гуманітарного університету № 708а від 03.05.2024.

Відповідно до ст. 42 Закону України «Про освіту» академічна доброчесність – це сукупність етичних принципів та визначених законом правил, якими мають керуватися учасники освітнього процесу під час навчання, викладання та провадження наукової (творчої) діяльності з метою забезпечення довіри до результатів навчання та/або наукових (творчих) досягнень.

Дотримання академічної доброчесності передбачає:

- самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);
- посилення на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;
- дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;
- надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Harris, Sarah L., Harris, David Money. Digital Design and Computer Architecture: RISC-V Edition. Morgan Kaufmann, 2021. 584 p. ISBN 9780128200643.
2. Patterson, David A., Hennessy, John L. Computer Organization and Design RISC-V Edition: The Hardware/Software Interface. 2nd ed. Morgan Kaufmann, 2020. 754 p. ISBN 9780128203316.
3. Stallings, William. Computer Organization and Architecture: Designing for Performance. 11th ed. Pearson, 2021. 840 p. ISBN 9781292420103.

4. Tocci, Ronald J., Widmer, Neal S., Moss, Gregory L. Digital Systems: Principles and Applications. 12th ed. Pearson, 2017. 720 p. ISBN 9780134489896.
5. Матвієнко М. П., Розен В. П. Комп'ютерна схемотехніка. Київ: Ліра-К, 2016. 192 с. ISBN 9786175200018.

Допоміжна

6. Hennessy, John L., Patterson, David A. Computer Architecture: A Quantitative Approach. 6th ed. Morgan Kaufmann, 2017. 936 p. ISBN 9780128119051.
7. Mano, M. Morris, Ciletti, Michael D. Digital Design. 6th ed. Pearson, 2017. 720 p. ISBN 9780134549897.
8. Азаров О. Д., Гарнага В. А., Клятченко Я. М., Тарасенко В. П. Комп'ютерна схемотехніка. Вінниця: ВНТУ, 2018. 230 с. ISBN 97896666417360.
9. Жур Т. В. Архітектура комп'ютерних систем. Житомир: ЖДТУ, 2018. 383 с. ISBN 9789666834471.
10. Закладний О. М., Матвієнко М. П., Розен В. П. Архітектура комп'ютера. Київ: Ліра-К, 2024. 320 с. ISBN 9786175203293.

Інформаційні ресурси

11. USB Implementers Forum. URL: <https://www.usb.org/>
12. UEFI Forum. URL: <https://uefi.org/>
13. PCI-SIG. URL: <https://pcisig.com/>
14. IEEE Standards Association (IEEE 802.3 Ethernet). URL: https://standards.ieee.org/standard/802_3.html
15. ARM Developer Documentation. URL: <https://developer.arm.com/documentation/>

Навчальне видання

Русу Олександр Петрович

КОМП'ЮТЕРНА СХЕМОТЕХНІКА ТА АРХІТЕКТУРА КОМП'ЮТЕРІВ

Методичні рекомендації для самостійної роботи здобувачів, першого (бакалаврського) рівня спеціальності «Середня освіта. Інформатика»