

# ХМЕЛЬНИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан факультету \_\_\_\_\_ ФІТ

Тетяна ГОВОРУЩЕНКО  
Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

2025 р.

## РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Методології синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж  
Назва дисципліни

**Галузь знань** – F Інформаційні технології  
**Спеціальність** – F7 Комп'ютерна інженерія  
**Рівень вищої освіти** – Третій (освітньо-науковий)  
**Освітньо-професійна програма** – Комп'ютерна інженерія  
**Обсяг дисципліни** – 5.0 кредити ЄКТС, **Шифр дисципліни** – ОФП.01  
**Мова навчання** – українська  
**Статус дисципліни:** обов'язкова (фахової підготовки)  
**Факультет** – Інформаційних технологій  
**Кафедра** – Комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальний обсяг		Кількість годин							Форма семестрового контролю		
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття						Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Семінарські заняття	Самостійна робота, у т.ч. РС				
Д	1	1	5.0	150	50	16	34				100			+
<b>Разом ДФН</b>														<b>1</b>

Робоча програма складена на основі освітньо-наукової програми «Інформаційні системи та технології» за спеціальністю F7 «Комп'ютерна інженерія»

Робоча програма складена \_\_\_\_\_ д-р. техн. наук, професор Сергій ЛИСЕНКО  
Підпис автора(ів) Науковий ступінь, вчене звання, Ім'я, ПРІЗВИЩЕ автора(ів)

Схвалена на засіданні кафедри Комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Протокол від 18.08 2025 № 1. Зав. кафедри \_\_\_\_\_ Ольга ПАВЛОВА  
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Робоча програма розглянута та схвалена вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова вченої ради факультету \_\_\_\_\_ Тетяна ГОВОРУЩЕНКО  
Підпис Ім'я, ПРІЗВИЩЕ

Хмельницький 2025

## ЛИСТ ПОГОДЖЕННЯ

Посада	Назва кафедри	Підпис	Ініціали, прізвище
Завідувач кафедри, д-р. філософії, доцент	Комп'ютерна інженерія та інформаційні систем		Ольга ПАВЛОВА
Гарант освітньо-професійної програми, д-р. техн. наук, професор	Комп'ютерна інженерія та інформаційні систем		Сергій ЛИСЕНКО

### 3. Пояснювальна записка

Дисципліна «Методології синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж» є однією із дисциплін фахової підготовки і займає провідне місце у підготовці здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти, очної (денної) (далі – денної) форми здобуття вищої освіти, які навчаються за освітньо-науковою програмою «Комп'ютерна інженерія» в межах спеціальності F7 «Комп'ютерна інженерія».

**Пререквізити** – вихідна.

**Постреквізити** – Методи аналізу даних та штучний інтелект (ОФП.03), Методологія розроблення, верифікації та розгортання програмного забезпечення та систем (ОФП.04), Педагогічна (викладацька) практика (ОФП.05).

Відповідно до освітньої програми дисципліна сприяє забезпеченню:

**компетентностей:** здатність продукувати нові ідеї, розв'язувати комплексні проблеми в галузі професійної та/або дослідницько інноваційної діяльності у сфері комп'ютерної інженерії та комп'ютерних технологій, застосовувати методологію наукової та педагогічної діяльності, а також проводити власне наукове дослідження, результати якого мають наукову новизну, теоретичне та практичне значення (ІК); здатність розв'язувати комплексні проблеми у сфері комп'ютерної інженерії на основі системного наукового світогляду та загального культурного кругозору із дотриманням принципів професійної етики та академічної доброчесності (ЗК04); здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерній інженерії та дотичних до неї міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерної інженерії та суміжних галузей (ФК01); здатність ініціювати, розробляти і реалізовувати комплексні інноваційні проекти в комп'ютерній інженерії та дотичні до неї міждисциплінарні проекти (ФК02); здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок українською та англійською мовами, глибоке розуміння англійських наукових текстів в галузі комп'ютерної інженерії та комп'ютерних технологій (ФК03); здатність здійснювати науково-педагогічну діяльність у вищій освіті (ФК04); здатність ефективно застосовувати методи аналізу, математичне моделювання, виконувати натурні та обчислювальні експерименти при проведенні наукових досліджень у сфері комп'ютерної інженерії (ФК05); здатність інтегрувати знання з різних галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні досліджень (ФК06); здатність генерувати нові ідеї щодо розвитку теорії та практики комп'ютерної інженерії, виявляти, ставити та вирішувати проблеми дослідницького характеру, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень (ФК07); здатність використовувати методи аналізу даних та штучного інтелекту в мультикомп'ютерних системах забезпечення безпеки та захисту корпоративних мереж (УК01); здатність використовувати методи фундаментальних і прикладних дисциплін для синтезу розподілених комп'ютерних та кіберфізичних систем з урахуванням забезпечення їх якості, надійності та безпеки програмного забезпечення (УК02); здатність розробляти моделі та методи синтезу розподілених комп'ютерних систем забезпечення безпеки та захисту корпоративних мереж (УК03).

**програмних результатів навчання:** мати передові концептуальні та методологічні знання з комп'ютерної інженерії і на межі предметних галузей, а також дослідницькі навички, достатні для проведення наукових і прикладних досліджень на рівні останніх світових досягнень з комп'ютерної інженерії, ІТ-інфраструктур та інформаційних технологій, отримання нових знань та/або здійснення інновацій (ПРН01); планувати і виконувати експериментальні та/або теоретичні дослідження з комп'ютерної інженерії та дотичних міждисциплінарних напрямів з використанням сучасних інструментів та дотриманням норм професійної і академічної етики, критично аналізувати результати власних досліджень і результати інших дослідників у контексті усього комплексу сучасних знань щодо досліджуваної проблем (ПРН02); глибоко розуміти загальні принципи та методи комп'ютерної інженерії а також методологію наукових досліджень, застосувати їх у власних дослідженнях у сфері інформаційних технологій та у викладацькій практиці (ПРН03); розробляти та реалізовувати наукові та/або інноваційні інженерні проекти, які дають можливість переосмислити наявне та створити нове цілісне знання та/або професійну практику і розв'язувати значущі наукові та технологічні проблеми комп'ютерної інженерії з дотриманням норм академічної етики і врахуванням соціальних, економічних, екологічних та правових аспектів (ПРН04); вільно презентувати та обговорювати з фахівцями і нефхівцями результати досліджень, наукові та прикладні проблеми комп'ютерної інженерії державною та іноземною мовами усно та письмово, оприлюднювати результати досліджень у наукових публікаціях у провідних міжнародних наукових виданнях (ПРН06); застосовувати загальні принципи та методи математики, інформатики та інших наук, а також сучасні методи та інструменти, цифрові технології та спеціалізоване програмне забезпечення (ПРН07); застосовувати сучасні інструменти і технології пошуку, оброблення та аналізу інформації, зокрема, статистичні методи аналізу даних великого обсягу та/або складної структури, спеціалізовані бази даних та інформаційні системи (ПРН09); розв'язувати задачі синтезу та аналізу об'єктів дослідження комп'ютерної інженерії та їх окремих складових, серед яких: аналогові та цифрові комп'ютери та комп'ютерні системи універсального або спеціального призначення; локальні, глобальні комп'ютерні мережі; кіберфізичні системи, Інтернет речей, системи для оброблення великих даних та штучного інтелекту, ІТ-інфраструктури; їх програмно-технічні засоби, інтерфейси та протоколи взаємодії їх компонентів (ПРН11); застосовувати системний підхід, інтегруючи знання з різних дисциплін та враховуючи нетехнічні аспекти під час розв'язання теоретичних та прикладних задач в предметній області наукових досліджень, доступно представляти та обговорювати отримані результати наукових досліджень, забезпечуючи ефективний трансфер набутих знань (ПРН12); системно мислити, адаптуватися до нових умов, застосовувати творчі здібності до формування принципово нових ідей, самостійно приймати рішення та ініціювати оригінальні дослідницько-інноваційні проекти (ПРН13).

**Мета дисципліни.** Формування у здобувачів вищої освіти високого рівня компетентностей у системному синтезі комп'ютерних пристроїв, систем і мереж, включаючи енергоефективні, мобільні, вбудовані, нейроморфні, квантові та оптоелектронні архітектури, а також розподілені, Edge- та IoT-системи. Розвиток здатності проводити оригінальні наукові дослідження, проектувати інноваційні архітектури і інтегровані платформи, враховуючи сучасні тенденції пост-Мурівської епохи та принципи Індустрії 4.0.

**Предмет дисципліни.** Методи та принципи синтезу комп'ютерних пристроїв, систем і мереж на різних рівнях проектування; архітектурні парадигми, критерії оптимізації продуктивності, масштабованості та енергоефективності; методології розробки Edge-, IoT-, хмарних та кіберфізичних систем; підходи до проектування спеціалізованих, нейроморфних, квантових і оптоелектронних архітектур; принципи системного інтегрованого підходу та цифрових платформ для Індустрії 4.0.

**Завдання дисципліни.** Ознайомлення здобувачів освіти з системним підходом до синтезу комп'ютерних систем і мереж; розкриття архітектурних парадигм, критеріїв оптимізації та компромісів між продуктивністю, масштабованістю та енергоефективністю; формування знань про методи синтезу енергоефективних, мобільних, вбудованих та спеціалізованих архітектур; опанування методології проектування мереж на кристалі (NoC) та програмно-орієнтованих архітектур (FPGA, ASIC, HLS); ознайомлення з перспективами нейроморфних, квантових і оптоелектронних систем; формування компетентностей щодо синтезу Edge-, IoT-, кіберфізичних, розподілених, кластерних і хмарних систем; розвиток здатності до наукових досліджень, критичного аналізу, моделювання та розробки інноваційних проєктів у сфері комп'ютерної інженерії.

**Результати навчання.** Після вивчення дисципліни студент повинен: володіти передовими знаннями про архітектури комп'ютерних систем, методи синтезу та критерії оптимізації на різних рівнях; бути здатним проводити системний аналіз і синтез енергоефективних, мобільних, вбудованих, спеціалізованих, нейроморфних, квантових і оптоелектронних систем; вміти проектувати та моделювати Edge-, IoT-, кіберфізичні, розподілені та хмарні системи, застосовувати методи балансування продуктивності, надійності та безпеки; бути здатним інтегрувати знання з різних галузей, враховувати соціальні, економічні, екологічні та правові аспекти при синтезі систем; бути готовим розробляти та реалізовувати оригінальні наукові та інноваційні проєкти у комп'ютерній інженерії; володіти навичками критичного аналізу, презентації результатів досліджень, академічної доброчесності та публікації у провідних наукових виданнях; бути здатним застосовувати методи аналізу даних та штучного інтелекту у мультикомп'ютерних системах для підвищення їх продуктивності, надійності та безпеки.

#### 4. Структура залікових кредитів дисципліни

Назва розділу (теми)	Кількість годин, відведених на:		
	лекції	лабораторні заняття	СРС
<b>Тема 1.</b> <i>Методологія синтезу архітектур</i>	2	4	12
<b>Тема 2</b> <i>Архітектурні парадигми комп'ютерних систем</i>	2		12
<b>Тема 3.</b> <i>Методологія синтезу енергоефективних архітектур. Архітектури мобільних і вбудованих пристроїв</i>	2	4	12
<b>Тема 4.</b> <i>Методологія синтезу спеціалізованих архітектур</i>	2	4	12
<b>Тема 5.</b> <i>Методологія синтезу мереж на кристалі</i>	2	4	12
<b>Тема 6.</b> <i>Методологія синтезу нейроморфних, квантових та оптоелектронних пристроїв</i>	2	4	12
<b>Тема 7.</b> <i>Методологія синтезу систем Edge-обчислень, систем Інтернету речей та кіберфізичних систем</i>	2	4	12
<b>Тема 8.</b> <i>Методологія синтезу розподілених, кластерних та хмарних систем</i>	2	4	16
<b>Разом за семестр:</b>	<b>16</b>	<b>34</b>	<b>100</b>

## 5. Програма навчальної дисципліни

### 5.1 Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотація	Кількість годин
	<i>Тема 1. Методологія синтезу архітектур</i>	<b>2</b>
1	<b>Системний підхід у синтезі комп'ютерних пристроїв, систем та мереж. Рівні проектування та критерії оптимізації</b> Поняття синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж. Системний підхід у проектуванні принципів системного підходу. Ієрархія рівнів проектування комп'ютерних систем. Методології синтезу на різних рівнях. Критерії оптимізації синтезу. Конфліктність і компроміси критеріїв. Методи оцінювання та прогнозування якості синтезу. [1-8]	2
	<i>Тема 2. Архітектурні парадигми комп'ютерних систем</i>	<b>2</b>
2	<b>Архітектурні парадигми комп'ютерних систем: продуктивність, масштабованість, енергоефективність</b> Архітектурні парадигми комп'ютерних систем. Продуктивність комп'ютерних систем. Масштабованість архітектур. Енергоефективність як архітектурний критерій. Методи забезпечення компромісів між продуктивністю, масштабованістю та енергоефективністю. Сучасні тенденції розвитку архітектурних парадигм [9-13]	2
	<i>Тема 3. Методологія синтезу енергоефективних архітектур. Архітектури мобільних і вбудованих пристроїв</i>	<b>2</b>
3	<b>Енергоефективна архітектура обчислювальних систем: принципи та методи оптимізації. Архітектури мобільних і вбудованих пристроїв</b> Проблематика енергоефективності. Метрики та показники енергоефективності. Принципи енергоефективної архітектури. Методи оптимізації на рівні пристрою та процесора. Методи оптимізації на рівні пам'яті. Методи оптимізації на рівні системи. Енергоефективність у кластерних і хмарних системах Специфіка мобільних та вбудованих систем. Архітектурні особливості мобільних пристроїв. Архітектурні особливості вбудованих систем. Синтез архітектур з урахуванням обмежених ресурсів. Методи оптимізації для мобільних і вбудованих систем. Безпека та надійність у ресурсно-обмежених системах. Приклади архітектур і практичні кейси. Сучасні тенденції розвитку [14-22]	2
	<i>Тема 4. Методологія синтезу спеціалізованих архітектур</i>	<b>2</b>
4	<b>Спеціалізовані архітектури: FPGA, ASIC, програмно-орієнтований синтез</b> Синтез спеціалізованих архітектур. Архітектура FPGA (Field-Programmable Gate Array). Архітектура ASIC (Application-Specific Integrated Circuit). Програмно-орієнтований синтез (High-Level Synthesis, HLS). Методи оптимізації спеціалізованих архітектур. Синтез і інтеграція в складні системи. Сучасні тенденції розвитку адаптивних та реконфігурованих FPGA. Приклади застосування [27-30]	2
	<i>Тема 5. Методологія синтезу мереж на кристалі</i>	
5	<b>Мережі на кристалі (NoC): моделі, топології, оптимізація синтезу</b> Синтез мереж на кристалі (NoC). Моделі NoC. Топології мереж на кристалі. Протоколи маршрутизації. Оптимізація синтезу NoC. Інструменти і методи проектування NoC. Приклади застосування NoC. Сучасні тенденції розвитку NoC. [23-26]	
	<i>Тема 6. Методологія синтезу нейроморфних, квантових та оптоелектронних пристроїв</i>	<b>2</b>
6	<b>Нейроморфні обчислювальні системи. Квантові та оптоелектронні архітектури</b> Синтез нейроморфних обчислювальних систем. Архітектурні принципи нейроморфних систем. Типи нейроморфних систем. Методи проектування нейроморфних систем. Інструменти та методології моделювання. Критерії оптимізації. Приклади застосування. Квантові та оптоелектронні обчислювальні архітектури. Квантові обчислення. Архітектурні принципи квантових систем. Оптоелектронні архітектури. Синтез комп'ютерних пристроїв на основі квантових та оптоелектронних архітектур. Приклади сучасних систем та реалізацій. [31-36]	2
	<i>Тема 7. Методологія синтезу систем Edge-обчислень, систем Інтернету речей та кіберфізичних систем</i>	<b>2</b>
7	<b>Синтез систем Edge-обчислень та IoT-пристроїв: архітектури, безпека, енергоефективність. Методи синтезу кіберфізичних систем.</b> Edge-computing і IoT. Архітектури Edge- обчислень. Архітектури IoT-пристроїв. Методи забезпечення безпека в Edge та IoT-системах. Методи забезпечення енергоефективності Edge і IoT-пристроїв. Методи синтезу архітектур. Синтез кіберфізичних систем (КФС). Архітектурна	2

	структура КФС. Моделі інтеграції фізичних і обчислювальних процесів. Методи синтезу КФС та проектування архітектури. Комунікації та мережі у КФС. Безпека та надійність КФС. Приклади застосування КФС [6, 37-39, 40, 41]	
	Тема 8. <i>Методологія синтезу розподілених, кластерних та хмарних систем</i>	<b>2</b>
8	<b>Розподілені та кластерні системи: архітектурні рішення, балансування навантажень. Хмарні обчислення: методології синтезу архітектур та управління ресурсами.</b> Методологія побудови розподілених та кластерних систем. Архітектурні рішення розподілених систем. Архітектурні рішення кластерних систем. Методи балансування навантажень у розподілених системах. Методи оптимізації продуктивності та масштабованості. Взаємодія з хмарними та edge-системами. Методи забезпечення надійності розподілених та кластерних систем Методи синтезу хмарних обчислень. Моделі сервісів у хмарних обчисленнях. Моделі розгортання хмарних систем. Методології синтезу архітектур хмарних систем. Методи управління ресурсами у хмарних обчисленнях. Методи оптимізації використання ресурсів. Методи забезпечення безпеки та надійності у хмарних обчисленнях. [9, 18, 38, 42-44]	2
	<b>Разом за семестр:</b>	<b>16</b>

## 5.2 Зміст лабораторних занять

№ п/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1	<b>Проектування базової обчислювальної архітектури в VHDL</b> Створення та моделювання ALU з підтримкою базових операцій; аналіз часових діаграм і споживання ресурсів у Quartus; оптимізація архітектури для мінімізації затримок	4
2	<b>Синтез енергоефективної архітектури процесора на FPGA</b> Реалізація ядра з підтримкою динамічного масштабування частоти (DVFS – через керовані клоки); аналіз енергоспоживання (PowerPlay Power Analyzer в Quartus); порівняння класичної та оптимізованої архітектури	4
3	<b>Проектування та моделювання мережі на кристалі (NoC)</b> Реалізація простої 2D mesh NoC у VHDL (router + channel); моделювання передачі даних між вузлами; аналіз затримок і пропускної здатності при різних топологіях	4
4	<b>Спеціалізовані архітектури на FPGA (FPGA/ASIC-підхід)</b> Синтез прискорювача матричних обчислень (наприклад, множення матриць) на VHDL; оцінка продуктивності у порівнянні з програмною реалізацією; можливості high-level синтезу (HLS) у порівнянні з ручним VHDL	4
5	<b>Нейроморфна модель у VHDL: синтез апаратного нейрона</b> Синтез інтегро-збуджувальної моделі нейрона (Integrate-and-Fire neuron); моделювання роботи невеликої нейромережі; оцінка апаратних витрат і продуктивності.	4
6	<b>Архітектури IoT і CPS: моделювання у MATLAB/Simulink</b> Створення моделі IoT-системи з сенсорними вузлами; дослідження затримок, енергоспоживання та надійності передачі даних; інтеграція edge-компонентів (обробка даних на периферії)	4
7	<b>Моделювання хмарних і кластерних систем</b> Створення моделі розподілу ресурсів у CloudSim; дослідження балансування навантажень у віртуалізованому середовищі; аналіз продуктивності кластерної інфраструктури на прикладі контейнерів (Docker Swarm/K8s).	4
8	<b>Моделювання 5G/6G мереж з інтеграцією IoT і Edge</b> Симуляція роботи 5G мережі (mmWave, URLLC, eMBB сценарії); дослідження інтеграції IoT-пристроїв у 5G середовище; аналіз затримок, надійності та пропускної здатності.	4
9	Узагальнююче заняття	2
<b>Разом:</b>		<b>34</b>

### 5.3 Зміст самостійної (у т.ч. індивідуальної) роботи здобувача вищої освіти

Самостійна робота студентів усіх форм здобуття освіти полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу з відповідних джерел інформації, підготовці до лабораторних занять, контрольних робіт, підготовці до виконання і захисту лабораторних робіт, тестування. Крім цього до послуг студентів сторінка навчальної дисципліни у Модульному середовищі для навчання, де розміщені Робоча програма дисципліни та необхідні документи з її навчально-методичного забезпечення.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	Кількість годин
1-2	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР1. Підготовка до захисту ЛР1.	12
3-4	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР2. Підготовка до захисту ЛР2.	12
5-6	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР3. Підготовка до захисту ЛР3.	12
7-8	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР4. Підготовка до захисту ЛР4.	12
9-10	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР5. Підготовка до захисту ЛР5.	12
11-12	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР6. Підготовка до захисту ЛР6.	12
13-14	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР7. Підготовка до захисту ЛР7.	12
15-16	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР8. Підготовка до захисту ЛР8.	12
17	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до тестування.	4
<b>Разом семестр:</b>		<b>100</b>

**Примітки:** ЛР– лабораторна робота.

### 6. Технології та методи навчання

Процес навчання з дисципліни ґрунтується на використанні традиційних та сучасних технологій та методів навчання, зокрема: лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного й інтерактивного навчання, мотиваційних прийомів, інформаційно-комунікаційних технологій); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності); самостійна робота (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання практичних робіт, поточного та підсумкового контролю, виконання індивідуальних та домашніх завдань), з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій та технологій дистанційного навчання.

### 7. Методи контролю

Поточний контроль здійснюється під час аудиторних лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочою програмою і графіком освітнього процесу, в т.ч. з використанням Модульного середовища для навчання. При цьому використовуються такі методи поточного контролю:

- тестовий контроль засвоєння теоретичного та практичного матеріалу з теми;
- оцінювання контрольних робіт (практичних завдань за темами).
- оцінювання результатів захисту лабораторних робіт;
- тестовий контроль теоретичного матеріалу з розділу;
- оцінювання контрольних робіт.

При виведенні підсумкової семестрової оцінки враховуються результати як поточного контролю, так і підсумкового контролю, який проводиться з усього матеріалу дисципліни за білетами, попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри. Здобувач вищої освіти, який набрав з будь-якого виду навчальної роботи, суму балів нижчу за 60 відсотків від максимального балу, **не допускається** до семестрового контролю, поки не виконає обсяг роботи, передбачений Робочою програмою. Здобувач вищої освіти, який набрав позитивний середньозважений бал (60 відсотків і більше від максимального балу) з усіх видів поточного контролю і не склав іспит, вважається таким, який **має** академічну заборгованість. Ліквідація академічної заборгованості із семестрового контролю здійснюється у період екзаменаційної сесії або за графіком, встановленим деканатом відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ».

### 8. Політика дисципліни

Політика навчальної дисципліни загалом визначається системою вимог до здобувача вищої освіти, що передбачені чинними положеннями Університету про організацію і навчально-методичне забезпечення освітнього процесу. Зокрема, проходження інструктажу з техніки безпеки; відвідування занять з дисципліни є обов'язковим. За об'єктивних причин (підтверджених документально) теоретичне навчання за погодженням із лектором може відбуватись в он-лайн режимі. Успішне опанування дисципліни і формування фахових компетентностей і програмних результатів навчання передбачає необхідність підготовки до лабораторних занять (вивчення теоретичного матеріалу з теми), активно працювати на занятті, коректно виконувати практичні завдання з методології синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж, брати участь у дискусіях щодо прийнятих рішень при виконанні здобувачами задач; необхідність підготовки до лабораторних занять (вивчення теоретичного матеріалу з теми роботи, попередню підготовку протоколу роботи, підготовку до усного опитування для допуску до заняття (наведені у Методичних рекомендаціях до лабораторних занять)), якісно підготувати звіт, захистити результати виконаної роботи.

Здобувачі вищої освіти мають дотримуватися встановлених термінів виконання всіх видів навчальної роботи відповідно до робочої програми навчальної дисципліни. Термін захисту лабораторної роботи вважається своєчасним, якщо студент захистив її на наступному після виконання роботи занятті. Пропущене лабораторне заняття студент зобов'язаний відпрацювати у встановлений викладачем термін, але не пізніше, ніж за два тижні до кінця теоретичних

занять у семестрі.

Засвоєння студентом теоретичного матеріалу з дисципліни оцінюється за результатами опитування під час практичних занять, тестування та контрольної роботи.

Здобувач вищої освіти, виконуючи самостійну роботу або індивідуальну роботу з дисципліни, має дотримуватися політики доброчесності (заборонені списування, плагіат (в т.ч. із використанням мобільних девайсів)). У разі виявлення порушення політики академічної доброчесності в будь-яких видах навчальної роботи здобувач вищої освіти отримує незадовільну оцінку і має повторно виконати завдання з відповідної теми (виду роботи), що передбачені робочою програмою. Будь-які форми порушення академічної доброчесності **не допускаються**.

У межах вивчення навчальної дисципліни здобувачам вищої освіти передбачено визнання і зарахування результатів навчання, набутих шляхом неформальної освіти, що розміщені на доступних платформах (<https://online.stanford.edu/courses/xeel100-introduction-internet-things>), які сприяють формування компетентностей і поглибленню результатів навчання, визначених робочою програмою дисципліни, або забезпечують вивчення відповідної теми та/або виду робіт з програми навчальної дисципліни (детальніше у Положенні про порядок визнання та зарахування результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ).

## 9. Оцінювання результатів навчання студентів у семестрі

Оцінювання академічних досягнень здобувача вищої освіти здійснюється відповідно до «Положення про контроль і оцінювання результатів навчання здобувачів вищої освіти у ХНУ». При поточному оцінюванні виконаної здобувачем роботи з кожної структурної одиниці і отриманих ним результатів викладач виставляє йому певну кількість балів із встановлених Робочою програмою для цього виду роботи. При цьому кожна структурна одиниця навчальної роботи може бути зарахована, якщо здобувач набрав не менше 60 відсотків (мінімальний рівень для позитивної оцінки) від максимально можливої суми балів, призначеної структурній одиниці.

При оцінюванні результатів навчання здобувачів вищої освіти з будь-якого виду навчальної роботи (структурної одиниці) рекомендується використовувати наведені нижче узагальнені критерії:

**Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти**

<b>Оцінка та рівень досягнення здобувачем запланованих ПРН та сформованих компетентностей</b>	<b>Узагальнений зміст критерія оцінювання</b>
Відмінно (високий)	Здобувач вищої освіти глибоко і у повному обсязі опанував зміст навчального матеріалу, легко в ньому орієнтується і вміло використовує понятійний апарат; уміє пов'язувати теорію з практикою, вирішувати практичні завдання, впевнено висловлювати і обґрунтовувати свої судження. Відмінна оцінка передбачає логічний виклад відповіді мовою викладання (в усній або у письмовій формі), демонструє якісне оформлення роботи і володіння спеціальними приладами та інструментами, прикладними програмами. Здобувач не вагається при видозміні запитання, вміє робити детальні та узагальнюючі висновки, демонструє практичні навички з вирішення фахових завдань. При відповіді допустив дві–три несуттєві <b>похибки</b> .
Добре (середній)	Здобувач вищої освіти виявив повне засвоєння навчального матеріалу, володіє понятійним апаратом, орієнтується у вивченому матеріалі; свідомо використовує теоретичні знання для вирішення практичних задач; виклад відповіді грамотний, але у змісті і формі відповіді тощю мати місце окремі неточності, нечіткі формулювання правил, закономірностей тощю. Відповідь здобувача вищої освіти будеється на основі самостійного мислення. Здобувач вищої освіти у відповіді допустив дві–три <b>несуттєві помилки</b> .
Задовільно (достатній)	Здобувач вищої освіти виявив знання основного програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь здобувача вищої освіти будеється на рівні репродуктивного мислення, здобувач вищої освіти має слабкі знання структури навчальної дисципліни, допускає неточності і <b>суттєві помилки</b> у відповіді, вагається при відповіді на видозмінене запитання. Разом з тим, набув навичок, необхідних для виконання нескладних практичних завдань, які відповідають мінімальним критеріям оцінювання і володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.
Незадовільно (недостатній)	Здобувач вищої освіти виявив розрізнені, безсистемні знання, не вміє виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань. Як правило, оцінка «незадовільно» виставляється здобувачеві вищої освіти, який не може продовжити навчання без додаткової роботи з вивчення навчальної дисципліни.

**Структурування дисципліни за видами навчальної роботи і оцінювання результатів навчання студентів денної форми здобуття освіти у семестрі**

Аудиторна робота								Контрольні заходи		Семестровий контроль	
<i>3 семестр</i>											
Лабораторні роботи №:								Тестовий контроль ТК	Контрольна робота КР	Іспит	Разом балів
1	2	3	4	5	6	7	8	1	1		
Кількість балів за вид навчальної роботи (мінімум-максимум)											
3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	3-5	6-10	6-10	24-40	<b>60-100*</b>
<b>24-40</b>								<b>12-20</b>		<b>24-40</b>	

**Примітки:** \*За набрану з будь-якого виду навчальної роботи з дисципліни кількість балів, нижче встановленого мінімуму, здобувач отримує незадовільну оцінку і має її перездати у встановлений викладачем (деканом) термін. Інституційна оцінка встановлюється відповідно до таблиці «Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС».

**Оцінювання результатів захисту лабораторної роботи**

Виконана й оформлена відповідно до встановлених Методичними рекомендаціями вимог лабораторна робота комплексно оцінюється викладачем при її захисті з урахуванням таких критеріїв: самостійність та правильність виконання; повнота виконаного задання, відповіді та знання з методології синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж; дотримання вимог при оформленні звіту з лабораторної роботи.

Результат виконання і захисту здобувачем вищої освіти кожної лабораторної роботи оцінюється відповідно до таблиці Критеріїв оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти.

У випадку виявлення здобувачем рівня знань, нижчого ніж 60 відсотків від максимального балу, встановленого Робочою програмою для кожної структурної одиниці, лабораторна робота йому *не зараховується* і для її захисту він має детальніше опрацювати матеріал з теми роботи, методичку її виконання, виправити грубі помилки та повторно вийти на її захист у призначений для цього викладачем час.

**Оцінювання результатів тестового контролю**

Кожний з тестів, передбачених Робочою програмою, складається із 25 тестових завдань, кожне з яких є рівнозначним.

Відповідно до таблиці структурування видів робіт за тестовий контроль здобувач залежно від кількості правильних відповідей може отримати від 6 до 10 балів.

**Розподіл балів в залежності від наданих правильних відповідей на тестові завдання**

Кількість правильних відповідей	1-13	14-16	17-18	19-20	21-22	23-25
Відсоток правильних відповідей	0-59	60-65	66-72	73-82	83-89	90-100
Кількість балів	-	6	7	8	9	10

На тестування відводиться 40 хвилин. Студент проходить тестування в он-лайн режимі у Модульному середовищі для навчання. Також, студент може проходити тестування письмово, записуючи правильні відповіді у талоні відповідей. При отриманні негативної оцінки тест слід перездати до терміну *наступного* контролю.

**Оцінювання контрольної роботи**

Контрольна робота передбачає виконання 5 практичних завдань (практичне завдання передбачає виконання завдання з даної теми). При оцінюванні контрольної роботи враховуються: повнота відповіді та якість виконання. Кожне завдання оцінюється 2 балами, загальна сума балів на позитивну оцінку становить від 6 до 10.

**Розподіл балів при оцінюванні завдань контрольної роботи**

Кількість правильних відповідей	1	2	3	4	5
Відсоток правильних відповідей	<b>0-59</b>		<b>60</b>	<b>80</b>	<b>100</b>
Кількість отриманих балів	0		6	8	10

При отриманні негативної оцінки контрольну роботу слід перездати до терміну *наступного* контролю.

**Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю (іспит)**

Освітня програма передбачає підсумковий семестровий контроль з дисципліни у формі іспиту, завданням якого є системне й об'єктивне оцінювання як теоретичної, так і практичної підготовки здобувача з навчальної дисципліни. Складання іспиту відбувається за попередньо розробленими і затвердженими на засіданні кафедри білетами. Відповідно до цього в екзаменаційному білеті пропонується поєднання питань як теоретичного (в т.ч. у тестовій формі), так і практичного характеру.

**Таблиця – Оцінювання результатів підсумкового семестрового контролю здобувачів денної форми навчання (40 балів для підсумкового контролю)**

Види завдань	Для кожного окремого виду завдань
--------------	-----------------------------------

	Мінімальний (достатній) бал (задовільно)	Потенційні позитивні бали* (середній бал) (добре)	Максимальний (високий) бал (відмінно)
Теоретичне питання № 1	3	4	5
Теоретичне питання № 2	3	4	5
Практичне завдання	18	24	30
<b>Разом:</b>	<b>24</b>		<b>40</b>

**Примітка.** \*Позитивний бал за іспит, відмінний від мінімального (24 бали) та максимального (40 балів), знаходиться в межах 25-39 балів та розраховується як сума балів за усі структурні елементи (завдання) іспиту.

Для кожного окремого виду завдань підсумкового семестрового контролю застосовуються критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти, наведені вище (Таблиця – Критерії оцінювання навчальних досягнень здобувача вищої освіти).

Підсумкова семестрова оцінка за інституційною шкалою і шкалою ЄКТС визначається в автоматизованому режимі після внесення викладачем результатів оцінювання у балах з усіх видів навчальної роботи до електронного журналу. Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС наведені нижче у таблиці «Співвідношення».

Семестровий іспит виставляється, якщо загальна сума балів, яку набрав студент з дисципліни за результатами поточного контролю, знаходиться у межах від 60 до 100 балів. При цьому за інституційною шкалою ставиться оцінка «відмінно/добре/задовільно», а за шкалою ЄКТС – буквене позначення оцінки, що відповідає набраній студентом сумі балів відповідно до таблиці Співвідношення.

**Таблиця – Співвідношення інституційної шкали оцінювання і шкали оцінювання ЄКТС**

Оцінка ЄКТС	Рейтингова шкала балів	Інституційна оцінка (рівень досягнення здобувачем вищої освіти запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни)	
		Залік	Іспит/диференційований залік
A	90-100	Зараховано	<i>Відмінно/Excellent</i> – високий рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни, що свідчить про безумовну готовність здобувача до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
B	83-89		<i>Добре/Good</i> – середній (максимально достатній) рівень досягнення запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни та готовності до подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
C	73-82		<i>Задовільно/Satisfactory</i> – Наявні мінімально достатні для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом результати навчання з навчальної дисципліни
D	66-72		
E	60-65		
FX	40-59	Незараховано	<i>Незадовільно/Fail</i> – Низка запланованих результатів навчання з навчальної дисципліни відсутня. Рівень набутих результатів навчання є недостатнім для подальшого навчання та/або професійної діяльності за фахом
F	0-39		<i>Незадовільно/Fail</i> – Результати навчання відсутні

## 10. Питання для самоконтролю результатів навчання

1. Що таке синтез комп'ютерних пристроїв, систем та мереж?
2. Які основні принципи системного підходу в проектуванні?
3. Поясніть ієрархію рівнів проектування комп'ютерних систем.
4. Які методології синтезу застосовуються на рівні пристроїв?
5. Які методології синтезу застосовуються на рівні систем?
6. Назвіть основні критерії оптимізації синтезу комп'ютерних систем.
7. Що таке конфліктність критеріїв синтезу?
8. Як здійснюються компроміси між різними критеріями оптимізації?
9. Які методи оцінювання та прогнозування якості синтезу використовуються?
10. Наведіть приклади застосування системного підходу в енергоефективних процесорних архітектурах.
11. Як системний підхід використовується у проектуванні IoT-пристроїв?
12. Поясніть інтеграцію Edge-Cloud-5G інфраструктур з позиції системного підходу.
13. Що таке продуктивність комп'ютерних систем?
14. Які параметри визначають масштабованість архітектур?
15. Як вимірюється енергоефективність комп'ютерних систем?
16. Назвіть методи забезпечення компромісу між продуктивністю, масштабованістю та енергоефективністю.
17. Які сучасні тенденції розвитку архітектурних парадигм?
18. Які принципи енергоефективної архітектури обчислювальних систем?
19. Які метрики та показники енергоефективності використовуються на рівні пристрою?
20. Як оптимізується енергоефективність на рівні процесора?
21. Які методи оптимізації пам'яті забезпечують енергоефективність?
22. Які методи оптимізації застосовуються на рівні системи?

23. Як забезпечується енергоефективність у кластерних і хмарних системах?
24. Які особливості архітектури мобільних пристроїв?
25. Які особливості архітектури вбудованих систем?
26. Як здійснюється синтез архітектур з урахуванням обмежених ресурсів?
27. Які методи оптимізації застосовуються для мобільних і вбудованих систем?
28. Як забезпечується безпека та надійність у ресурсно-обмежених системах?
29. Що таке NoC (Network-on-Chip) та його основні моделі?
30. Які топології мереж на кристалі використовуються?
31. Які протоколи маршрутизації застосовуються у NoC?
32. Які методи оптимізації синтезу NoC існують?
33. Які архітектури FPGA та їх особливості?
34. Які архітектури ASIC та їх особливості?
35. Що таке High-Level Synthesis (HLS) і для чого він використовується?
36. Які методи оптимізації спеціалізованих архітектур застосовуються?
37. Які архітектурні принципи нейроморфних систем?
38. Які типи нейроморфних систем існують?
39. Які методи проектування нейроморфних систем застосовуються?
40. Які архітектурні принципи квантових систем?
41. Які принципи оптоелектронних архітектур?
42. Наведіть приклади синтезу комп'ютерних пристроїв на основі квантових і оптоелектронних архітектур.
43. Які архітектури Edge-computing використовуються для IoT-пристроїв?
44. Які методи забезпечення безпеки застосовуються у Edge та IoT-системах?
45. Як забезпечується енергоефективність IoT-пристроїв?
46. Що таке кіберфізичні системи та їх архітектурна структура?
47. Які моделі інтеграції фізичних і обчислювальних процесів застосовуються у КФС?
48. Як забезпечується безпека та надійність кіберфізичних систем?
49. Які методи балансування навантажень застосовуються у розподілених системах?
50. Які методи управління ресурсами застосовуються у хмарних обчисленнях та як вони впливають на надійність і енергоефективність систем?

## 11. Навчально-методичне забезпечення

Освітній процес з дисципліни «Методології синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж» повністю і в достатній кількості забезпечений необхідною навчально-методичною літературою. Зокрема, викладачами кафедри підготовлені і видані такі роботи:

1. Методології синтезу комп'ютерних пристроїв, систем та мереж : методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів третього (доктор філософії) рівня вищої освіти / С. М. Лисенко, О.В. Атаманюк – Хмельницький : ХНУ, 2025. – 110 с.

## 12. Матеріально-технічне та програмне забезпечення дисципліни (за потреби)

Інформаційна та комп'ютерна підтримка: ПК, планшет, смартфон або інший мобільний пристрій, проектор. Програмне забезпечення: програми Microsoft Office або аналогічні, доступ до мережі Інтернет, робота з презентаціями.

Вивчення навчальної дисципліни не потребує використання спеціального програмного прикладного забезпечення, крім загальноживаних програм і операційних систем.

## 13. Рекомендована література:

1. K. Bobrovnikova, S. Lysenko, B. Savenko, P. Gaj, O. Savenko. Technique for IoT malware detection based on control flow graph analysis. *Radioelectronic and Computer Systems* (категорія А), 2022(1), pp. 141–153.
2. Lysenko, S., Savenko, B. Distributed Discrete Malware Detection Systems Based on Partial Centralization and Self-Organization. *International Journal of Computing*, 2023, 22(2), pp. 117–139.
3. Lysenko, S.; Bobrovnikova, K.; Kharchenko, V.; Savenko, O. IoT Multi-Vector Cyberattack Detection Based on Machine Learning Algorithms: Traffic Features Analysis, Experiments, and Efficiency. *Algorithms* 2022, 15, 239. <https://doi.org/10.3390/a15070239>
4. Breen, C. P., Nambiar, A. M., Jamison, T. F., & Jensen, K. F. (2021). Ready, set, flow! Automated continuous synthesis and optimization. *Trends in Chemistry*, 3(5), 373-386.
5. Comer, D. (2024). *Essentials of computer architecture*. Chapman and Hall/CRC.
6. Veeramachaneni, V. (2025). Edge computing: Architecture, applications, and future challenges in a decentralized era. *Recent trends in computer graphics and multimedia technology*, 7(1), 8-23.
7. Zou, J., Sun, S., Masouros, C., Cui, Y., Liu, Y. F., & Ng, D. W. K. (2024). Energy-efficient beamforming design for integrated sensing and communications systems. *IEEE Transactions on Communications*, 72(6), 3766-3782.
8. Van Geet, O., & Sickinger, D. (2024). Best practices guide for energy-efficient data center design (No. NREL/TP-5R00-89843). National Renewable Energy Laboratory (NREL), Golden, CO (United States).
9. Song, C. (2024). Optimizing Management Strategies for Enhanced Performance and Energy Efficiency in Modern Computing Systems. *Academic Journal of Sociology and Management*, 2(4), 57-64. Sriramulugari, S. K., Gorantla, V. A. K., Gude, V., Gupta, K., & Yuvaraj, N. (2024, March). Exploring mobility and scalability of cloud computing servers using logical regression framework. In *2024 2nd International Conference on Disruptive Technologies (ICDT)* (pp. 488-493). IEEE.
10. Isheden, C., Chong, Z., Jorswieck, E., & Fettweis, G. (2012). Framework for link-level energy efficiency optimization

with informed transmitter. *IEEE Transactions on Wireless Communications*, 11(8), 2946-2957.

11. Zi, R., Ge, X., Thompson, J., Wang, C. X., Wang, H., & Han, T. (2016). Energy efficiency optimization of 5G radio frequency chain systems. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 34(4), 758-771.

12. Hasan, M. N. (2025). Energy-efficient embedded control systems for automated vending platforms.

13. Vaithianathan, M., Patil, M., Ng, S. F., & Udgar, S. (2024). Energy-Efficient FPGA design for wearable and implantable devices. *ESP International Journal of Advancements in Science & Technology (ESP-IJAST)*, 2(2), 37-51.

14. Zandifaez, P., Nezhad, A. A., Zhou, H., & Dias-da-Costa, D. (2024). A systematic review on energy-efficient concrete: Indicators, performance metrics, strategies, and future trends. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 194, 114306.

15. Jain, A. (2024, December). Energy-Efficient Signal Processing Architectures for IoT Networks Design. In *2024 International Conference on Emerging Technologies and Innovation for Sustainability (EmergIN)* (pp. 362-367). IEEE.

16. Priyadarshi, R. (2024). Energy-Efficient Routing in Wireless Sensor Networks: A Meta-heuristic and Artificial Intelligence-based Approach: A Comprehensive Review. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 31(4).

17. Wilson, A. J., Kiran, W. S., Radhamani, A. S., & Bharathi, A. P. (2024). Optimizing energy-efficient cluster head selection in wireless sensor networks using a binarized spiking neural network and honey badger algorithm. *Knowledge-Based Systems*, 299, 112039.

18. Thota, R. C. (2024). Optimizing edge computing and AI for low-latency cloud workloads. *International Journal of Science and Research Archive*, 13(1), 3484-3500.

19. Nair, R. R., Babu, T., & Ebin, P. M. (2025). Developing Edge AI for Embedded Systems. In *Embedded Artificial Intelligence* (pp. 32-54). Chapman and Hall/CRC.

20. Shi, J. (2025). Research on intelligent prediction and control algorithm design for embedded systems in nonlinear Internet of Things environment. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 14727978251366550.

21. Saberikia, M. R., Beitollai, H., Jader, R., & Farbeh, H. (2025). Reliability and power consumption models of embedded systems with a machine learning-based optimization. *International Journal of Modeling, Simulation & Scientific Computing*, 16(3).

22. Acar, B. K., Şimşekli, F., & Avci, İ. (2025, June). Energy Optimization for Green Embedded Systems: Investigation of the Relationship Between Time Complexity and Power Usage. In *2025 33rd Signal Processing and Communications Applications Conference (SIU)* (pp. 1-4). IEEE.

23. Guo, B., Liu, H., & Niu, L. (2025). Network-on-Chip (NoC) applications for iot-enabled chip systems: latest designs and modern applications. *International Journal of High Speed Electronics and Systems*, 34(03), 2540027.

24. Biglari, S., Hosseini, F., Upadhyay, A., & Zhao, H. (2024, December). Survey of network-on-chip (noc) for heterogeneous multicore systems. In *2024 IEEE 17th International Symposium on Embedded Multicore/Many-core Systems-on-Chip (MCSoc)* (pp. 155-162). IEEE.

25. Khan, M. S., & Durrani, Y. A. (2024, May). A Review of Optimization Techniques in Network-on-Chip (NoC) Architecture. In *2024 International Conference on Engineering & Computing Technologies (ICECT)* (pp. 1-6). IEEE.

26. Kakoulli, E. (2024, November). Latest Innovations in Intelligent Network-on-Chip Architectures: A Systematic Review. In *2024 17th IEEE/ACM International Workshop on Network on Chip Architectures (NoCArc)* (pp. 1-6). IEEE.

27. Kang, B. J., Lee, H. I., Yoon, S. K., Kim, Y. C., Jeong, S. B., & Kim, H. (2024). A survey of FPGA and ASIC designs for transformer inference acceleration and optimization. *Journal of Systems Architecture*, 155, 103247.

28. Selvaprasanth, P., Karthick, R., Meenalochini, P., & Prabakaran, A. M. (2025). FPGA implementation of hybrid Namib beetle and battle royale optimization algorithm fostered linear phase finite impulse response filter design. *Analog Integrated Circuits and Signal Processing*, 123(2), 33.

29. Pan, J. S., Song, P. C., Chou, J. H., Watada, J., & Chu, S. C. (2024). Fpga-based compact differential evolution for general-purpose optimization in resource-constrained devices. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, 20(4), 6781-6790.

30. Kulanov, V., & Perpelitsyn, A. (2024, October). A survey of FPGA integration techniques in IoT infrastructure for AI/ML tasks. In *2024 14th International Conference on Dependable Systems, Services and Technologies (DESSERT)* (pp. 1-6). IEEE.

31. Kudithipudi, D., Schuman, C., Vineyard, C. M., Pandit, T., Merkel, C., Kubendran, R., ... & Furber, S. (2025). Neuromorphic computing at scale. *Nature*, 637(8047), 801-812.

32. Jang, H., Lee, J., Beak, C. J., Biswas, S., Lee, S. H., & Kim, H. (2025). Flexible neuromorphic electronics for wearable near-sensor and in-sensor computing systems. *Advanced Materials*, 37(9), 2416073.

33. Zhao, X., Xu, X., Qi, L., Xia, X., Bilal, M., Gong, W., & Kou, H. (2024). Unraveling quantum computing system architectures: An extensive survey of cutting-edge paradigms. *Information and Software Technology*, 167, 107380.

34. Karim Eddin, S., Salloum, H., Shahin, M. N., Salloum, B., Mazzara, M., & Reza Bahrami, M. (2024, April). Quantum microservices: transforming software architecture with quantum computing. In *International Conference on Advanced Information Networking and Applications* (pp. 227-237). Cham: Springer Nature Switzerland.

35. Kim, W., Ahn, D., Lee, M., Lim, N., Kim, H., & Pak, Y. (2024). From light to logic: Recent advances in optoelectronic logic gate. *Small Science*, 4(12), 2400264.

36. Arya, M., Heera, S., Meenu, P., & Deepa, K. G. (2024). Organic-inorganic hybrid materials and architectures in optoelectronic devices: Recent advancements. *ChemPhysMater*, 3(3), 252-272.

37. Modupe, O. T., Otitoola, A. A., Oladapo, O. J., Abiona, O. O., Oyeniran, O. C., Adewusi, A. O., ... & Obijuru, A. (2024). Reviewing the transformational impact of edge computing on real-time data processing and analytics. *Computer Science & IT Research Journal*, 5(3), 693-702.

38. Sharma, M., Tomar, A., & Hazra, A. (2024). Edge computing for industry 5.0: Fundamental, applications, and research challenges. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(11), 19070-19093.

39. Andriulo, F. C., Fiore, M., Mongiello, M., Traversa, E., & Zizzo, V. (2024, September). Edge computing and cloud computing for internet of things: A review. In *Informatics* (Vol. 11, No. 4, p. 71). MDPI.

40. Aslam, M. M., Shafik, W., Hidayatullah, A. F., Kalinaki, K., Gul, H., Zakari, R. Y., & Tufail, A. (2025). Intelligent Transportation Systems: A Critical Review of Integration of Cyber-physical Systems (CPS) and Industry 4.0. *Digital Communications and Networks*.

41. Singh, N., Panigrahi, P. K., Zhang, Z., & Jasimuddin, S. M. (2025). Cyber-physical systems: a bibliometric analysis

- of literature. *Journal of Intelligent Manufacturing*, 36(4), 2335-2371.
42. Burns, B. (2024). *Designing distributed systems*. " O'Reilly Media, Inc."
  43. Bazgir, E., Haque, E., & Uddin, M. S. (2024). *Analysis of Distributed Systems*. *Int. J. Comput. Appl*, 975, 8887.
  44. Jun, B., Lee, E. A., Lohstroh, M., & Kim, H. (2025, June). Improving the Efficiency of Coordinating Timed Events in Distributed Systems. In *39th ACM SIGSIM Conference on Principles of Advanced Discrete Simulation* (pp. 99-109).
  45. Islam, S., Abdulsalam, A. Z., Kumar, B. A., Hasan, M. K., Kolandaisamy, R., & Safie, N. (2024). Mobile networks toward 5G/6G: Network architecture, opportunities and challenges in smart city. *IEEE Open Journal of the Communications Society*, 6, 3082-3093.
  46. Rachakonda, L. P., Siddula, M., & Sathya, V. (2024). A comprehensive study on IoT privacy and security challenges with focus on spectrum sharing in Next-Generation networks (5G/6G/beyond). *High-Confidence Computing*, 4(2), 100220.
  47. Kattenstroth, F., Disselkamp, J. P., Lick, J., & Dumitrescu, R. (2024). Challenges in the implementation of simulation models for the digital factory twin-a systematic literature review. *Procedia CIRP*, 128, 442-447.
  48. Schlemitz, A., & Mezhuyev, V. (2024). Approaches for data collection and process standardization in smart manufacturing: Systematic literature review. *Journal of Industrial Information Integration*, 38, 100578.
  49. Jameel, M. H., Mayzan, M. Z. H. B., Roslan, M. S. B., Agam, M. A. B., Jabbar, A. H., Badi, K. M., & Tuama, A. N. (2024). Bandgap engineering and tuning of electronic and optical properties of hetero-atoms-doped-graphene composites by density functional quantum computing for photocatalytic applications. *Catalysis Letters*, 154(6), 2658-2669.
  50. Najim, A., Bajjou, O., Bakour, A., Moulaoui, L., & Rahmani, K. (2024). Numerical computing of CdTe-based solar cells with graphene oxide buffer layers using SCAPS-1D software. *Indian Journal of Physics*, 98(1), 67-77.
  51. Lisuzzo, L., Guercio, L., Cavallaro, G., Duca, D., & Ferrante, F. (2024). Halloysite clay nanotubes for catalytic conversion of biomass: synergy between computational modeling and experimental studies. *ACS Catalysis*, 14(23), 18167-18203.
  52. Yao, J., Wang, Q., Zhang, Y., Teng, Y., Li, J., Zhao, P., ... & Li, Q. (2024). Ultra-low power carbon nanotube/porphyrin synaptic arrays for persistent photoconductivity and neuromorphic computing. *Nature Communications*, 15(1), 6147.
  53. Liu, X., Xu, W., Wang, Q., & Zhang, M. (2024). Energy-efficient computing acceleration of unmanned aerial vehicles based on a cpu/fpga/npu heterogeneous system. *IEEE Internet of Things Journal*, 11(16), 27126-27138.
  54. Shao, C., Tang, K., Cheng, H., Li, H., & Tang, Z. (2025, April). Implementation and Optimization of Object Detection on FPGA-Based CPU+ NPU Heterogeneous System. In *2025 3rd International Conference on Communication, Security, and Artificial Intelligence (ICCSAI)* (Vol. 3, pp. 1489-1494). IEEE.
  55. Cao, S., Yang, M., Liu, Y., Li, Y., Zhao, B., Chen, X., & Jiang, Z. (2025). A Heterogeneous CNN Compilation Framework for RISC-V CPU and NPU Integration Based on ONNX-MLIR. *IEEE Transactions on Computer-Aided Design of Integrated Circuits and Systems*.
  56. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/>
  57. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>
  58. Інституційний репозитарій ХНУ. URL : <https://elar.khmnu.edu.ua/home>

## МЕТОДОЛОГІЇ СИНТЕЗУ КОМП'ЮТЕРНИХ ПРИСТРОЇВ, СИСТЕМ ТА МЕРЕЖ

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Третій (освітньо-науковий)
Мова викладання	Українська
Семестр	Перший
Кількість призначених кредитів ЄКТС	5,0
Форми здобуття освіти, для яких викладається дисципліна	Очна (денна)

**Результати навчання.** Після вивчення дисципліни студент повинен: володіти передовими знаннями про архітектуру комп'ютерних систем, методи синтезу та критерії оптимізації на різних рівнях; бути здатним проводити системний аналіз і синтез енергоефективних, мобільних, вбудованих, спеціалізованих, нейроморфних, квантових і оптоелектронних систем; вміти проєктувати та моделювати Edge-, IoT-, кіберфізичні, розподілені та хмарні системи, застосовувати методи балансування продуктивності, надійності та безпеки; бути здатним інтегрувати знання з різних галузей, враховувати соціальні, економічні, екологічні та правові аспекти при синтезі систем; бути готовим розробляти та реалізовувати оригінальні наукові та інноваційні проєкти у комп'ютерній інженерії; володіти навичками критичного аналізу, презентації результатів досліджень, академічної доброчесності та публікації у провідних наукових виданнях; бути здатним застосовувати методи аналізу даних та штучного інтелекту у мультикомп'ютерних системах для підвищення їх продуктивності, надійності та безпеки.

**Зміст навчальної дисципліни.** Методологія синтезу та основи архітектур. Методологія синтезу енергоефективних архітектур. Методологія синтезу мереж на кристалі та спеціалізованих архітектур. Методологія синтезу нейроморфних, квантових та оптоелектронних пристроїв. Методологія синтезу Edge-computing, IoT та кіберфізичних систем. Методологія синтезу розподілених, кластерних та хмарних систем. Методологія синтезу інфраструктурних та мережевих технологій.

**Пререквізити** – вихідна.

**Постреквізити** – Методи аналізу даних та штучний інтелект (ОФП.03), Методологія розроблення, верифікації та розгортання програмного забезпечення та систем (ОФП.04), Педагогічна (викладацька) практика (ОФП.05).

**Запланована навчальна діяльність:** Мінімальний обсяг навчальних занять в одному кредиті ЄКТС навчальної дисципліни для третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти за денною формою здобуття освіти становить 8 годин; для заочної форми – 2–3 години на 1 кредит ЄКТС.

**Форми (методи) навчання:** лекції (з використанням методів візуалізації, проблемного й інтерактивного навчання, мотиваційних прийомів, інформаційно-комунікаційних технологій); лабораторні заняття (з використанням методів комп'ютерного моделювання, методів проєктної діяльності); самостійна робота (опрацювання теоретичного матеріалу, підготовка до виконання лабораторних робіт, поточного та підсумкового контролю, виконання індивідуальних та домашніх завдань), з використанням інформаційно-комп'ютерних технологій та технологій дистанційного навчання.

**Форми оцінювання результатів навчання:** оцінювання лабораторних та контрольних робіт; тестування.

**Вид семестрового контролю:** іспит – 1 семестр

**Навчальні ресурси:**

1. Lysenko, S., Savenko, B. Distributed Discrete Malware Detection Systems Based on Partial Centralization and Self-Organization. *International Journal of Computing*, 2023, 22(2), pp. 117–139.
2. Breen, C. P., Nambiar, A. M., Jamison, T. F., & Jensen, K. F. (2021). Ready, set, flow! Automated continuous synthesis and optimization. *Trends in Chemistry*, 3(5), 373-386.
3. Comer, D. (2024). *Essentials of computer architecture*. Chapman and Hall/CRC.
4. Veeramachaneni, V. (2025). Edge computing: Architecture, applications, and future challenges in a decentralized era. *Recent trends in computer graphics and multimedia technology*, 7(1), 8-23.
5. Nair, R. R., Babu, T., & Ebin, P. M. (2025). Developing Edge AI for Embedded Systems. In *Embedded Artificial Intelligence* (pp. 32-54). Chapman and Hall/CRC.
6. Shi, J. (2025). Research on intelligent prediction and control algorithm design for embedded systems in nonlinear Internet of Things environment. *Journal of Computational Methods in Sciences and Engineering*, 14727978251366550.
7. Saberikia, M. R., Beitollahi, H., Jader, R., & Farbeh, H. (2025). Reliability and power consumption models of embedded systems with a machine learning-based optimization. *International Journal of Modeling, Simulation & Scientific Computing*, 16(3).
8. Burns, B. (2024). *Designing distributed systems*. " O'Reilly Media, Inc."
9. Bazgir, E., Haque, E., & Uddin, M. S. (2024). Analysis of Distributed Systems. *Int. J. Comput. Appl*, 975, 8887.
10. Модульне середовище для навчання. URL : <https://msn.khmnu.edu.ua/>
11. Електронна бібліотека ХНУ. URL: <http://library.khmnu.edu.ua/>
12. Інституційний репозитарій ХНУ. URL : <https://clar.khmnu.edu.ua/home>

**Викладач:** д-р. техн. наук, професор Лисенко С.М.