

Харківський національний університет радіоелектроніки

Факультет Інформаційних радіотехнологій і технічного захисту інформації

(назва інституту, факультету, відділення)

Кафедра Мікропроцесорних технологій і систем

"ЗАТВЕРДЖУЮ"

Декан факультету ІРТЗІ

Деніс ГОРЕЛОВ

(підпис, прізвище, ініціали)

" 02 " вересня 2025 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Високорівневий синтез цифрових вбудованих систем

(шифр і назва навчальної дисципліни)

рівень вищої освіти магістерський

спеціальність 171 Електроніка

ОПП: I інженерія мікропроцесорних систем

(назва освітньої програми)

Харків – 2025 р.

Розробник:  О.В.Воргуль, доц. каф. МТС, к.т.н., доцент

Робочу програму схвалено на засіданні кафедри МТС

Протокол від «30» серпня 2025 р. № 1

В.О. завідувача кафедри МТС



(підпис)

Олег ЗУБКОВ
(прізвище та ініціали)

Гарант ОП



(підпис)

Олег ЗУБКОВ
(прізвище та ініціали)

Схвалено методичною комісією факультету ІРТЗІ

Протокол від 01.09.2025 р. № 1

Голова методичної комісії



(підпис)

Олена ІВАНОВА
(прізвище та ініціали)

♥ Воргуль О.В., 2025

♥ ХНУРЕ, 2025

1 ОПИС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Найменування показників	Характеристика навчальної дисципліни	
	денна форма навчання	заочна форма навчання
Кількість кредитів ЄКТС* 6	Нормативна	
	Рік підготовки:	
Змістових модулів 1	2-й	
Індивідуальних завдань 0	Семестр	
Загальна кількість годин 180	1-й	
	Навчальні заняття, год.:	
	72	-
Мова навчання: українська	Аудиторні: 1) лекції, год	
	30	-
	2) практичні, год	
	14	-
	3) лабораторні, год	
	16	-
	4) консультації, год	
	12	-
	Самостійна робота, год	
	108	-
	в тому числі: 1) інд. завд., год.	
	-	-
	2) курсова робота, год	
	-	-
Вид контролю: екзамен комбінований		

Примітка.

* Відомості з навчального плану.

** За рішенням кафедри співвідношення кількості годин на навчальні (аудиторні) заняття та самостійну роботу, що визначено навчальним планом, може бути змінено. Кількість годин, відведена для СРС, має бути в межах 1/2 – 3/4 від загальної кількості годин, відведених для вивчення дисципліни.

2 МЕТА І ЗАВДАННЯ НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1 Мета вивчення дисципліни:

- вивчення теорії та практики схемотехнічного моделювання базових та розширених цифрових електронних схем за допомогою мови C на високому рівні (HLS).

2.2 Результати навчання

За результатом вивчення дисципліни студенти повинні:

знати:

- основи мов моделювання цифрових систем VHDL;
- основи моделювання цифрових систем мовами C або C++;
- базову структуру високорівневого модуля та тестового стенду;
- принципи реалізації моделей основних вузлів цифрової апаратури та методи їх об'єднання та комбінування;

вміти:

- Виконувати моделювання на всіх етапах, використовуючи можливості Xilinx Vivado HLS
- вирішувати на апаратно-програмному рівні задачі побудови та моделювання спеціалізованих технічних засобів;
- створювати моделі цифрових систем на різних рівнях опису: абстрактному, схематичному та програмному;
- реалізовувати опис логіки (програму) середньої складності мовою C або C++.

володіти:

загальним підходом використання програмного забезпечення для високорівневого синтезу у командному рядку або графічному інтерфейсі, досвідом складання, відлагодження, запуску та аналізу цифрових моделей.

2.3 Перелік компетентностей

Загальні компетентності

- ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.
- ЗК4. Здатність проведення досліджень на відповідному рівні.

Спеціальні компетентності

СК13. Здатність розробляти алгоритми та програмне забезпечення для вбудованих рішень на базі сучасних мікропроцесорів, мікроконтролерів, програмованих інтегральних схем.

Результати навчання

Р2. Моделювати та експериментально досліджувати об'єкти та процеси в електроніці та технології електронної промисловості.

Р5. Забезпечувати енергетичну та економічну ефективність розробок, виробництва та експлуатації електронної техніки.

Р14. Досліджувати процеси у електронних компонентах, пристроях і системах з використанням сучасних експериментальних методів та обладнання, методів комп'ютерного моделювання, здійснювати статистичну обробку та аналіз результатів експериментів та розрахунків.

Р15. Брати участь у розробці та виконанні проектів міжнародного наукового співробітництва та академічної мобільності.

Р16. Розробляти технічні рішення, електронні прилади та системи з використанням сучасних мікропроцесорів та програмованих інтегральних схем на сучасному науково-технічному рівні.

Р17. Розробляти програмне забезпечення для електронних пристроїв з вбудованими мікроконтролерами, мікропроцесорами, програмованими інтегральними схемами, у тому числі здійснювати пошук оптимальних архітектур нейронних мереж для вбудованих систем, виконувати навчання нейронних мереж та вбудовувати програмне забезпечення з елементами штучного інтелекту у сучасні електронні апаратні платформи.

Р18. Здійснювати дротову та бездротову мережну взаємодію електронних пристроїв різних рівнів ієрархії з використанням сучасних комунікаційних протоколів та розробляти програмне забезпечення вбудованих систем для реалізації мережної взаємодії.

2.4 Передумови для вивчення дисципліни: Дослідження і проектування пристроїв на ПЛІС

3 ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Змістовий модуль 1. Основи опису цифрової системи мовою C або C++ (високорівневий проект).

Тема 1 Вступ до дисципліни

Тема 2 Місце Vivado HLS у проектуванні цифрових систем засобами Xilinx

Тема 3. Програмна модель. ПЛІС в контексті HLS. Архітектура ПЛІС

Тема 4 Проектування апаратного забезпечення, використовуючи високорівневий підхід

Тема 5 Високорівневий синтез як такий

Тема 6. Особливості високорівневого синтезу. Два різновиди проектів.

Тема 7. Бібліотеки C

Тема 8. Стилі кодування

Тема 9. Синтез інтерфейсу AXI

Тема 10. Бібліотека відеофункцій

Тема 11. Бібліотека ЦОС

Тема 12. Тестування C

Тема 13. Інтеграція кількох програм

Тема 14. Тестування загалом

Тема 15. Напрямок подальшого розвитку високорівневого синтезу.
Перспективи.

4 СТРУКТУРА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Назви змістових модулів і тем	Кількість годин											
	денна форма						Заочна форма					
	Усь-ого	у тому числі					Усь-ого	у тому числі				
		л	п	лб	конс	с.р.		л	п	лб	конс	с.р.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Змістовий модуль 1. Основи опису цифрової системи мовою C або C++ (високорівневий проект)..												
Тема 1 Вступ до дисципліни	6	2	0	0	0	4						
Тема 2 Місце Vivado HLS у проектуванні цифрових систем засобами Xilinx	6	2	0	0	0	4						
Тема 3. Програмна модель. ПЛІС в контексті HLS. Архітектура ПЛІС	12	2	0	0	2	8						
Тема 4 Проектування апаратного забезпечення, використовуючи високорівневий підхід	8	2	2	0	0	4						
Тема 5 Високорівневий синтез як такий	18	2	2	4	2	8						
Тема 6. Особливості високорівневого синтезу. Два різновиди проектів.	12	2	2	0	0	8						
Тема 7. Бібліотеки C	12	2	0	0	2	8						
Тема 8. Стили кодування	18	2	4	4	0	8						
Тема 9. Синтез інтерфейсу AXI	12	2	0	0	2	8						
Тема 10. Бібліотека відеофункцій	10	2	0	0	0	8						
Тема 11. Бібліотека ЦОС	16	2	0	4	2	8						
Тема 12. Тестування C	16	2	2	4	0	8						
Тема 13. Інтеграція кількох програм	10	2	0	0	0	8						
Тема 14. Тестування загалом	14	2	2	0	2	8						
Тема 15. Напрямок подальшого розвитку високорівневого синтезу. Перспективи	10	2	0	0	0	8						
Разом за зміст. мод. 1	180	30	14	16	12	108	-	-	-	-	-	-
Усього годин за семестр	180	30	14	16	12	108	-					

5 ТЕМИ ЛАБОРАТОРНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	HLS. Помножувач матриць: послідовність проектування	4	-
2	HLS. Обробка відео : покращення продуктивності	4	-
3	PP4FPGA. KIX фільтр	4	-
4	PP4FPGA. CORDIC	4	-
	Загальна кількість	16	

6 ТЕМИ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Створення проекту високого рівня з допомоги GUI. KIX фільтр	2	-
2	Використання командного інтерфейсу Tcl. KIX фільтр	2	-
3	Використання Рішення (Solutions) для оптимізації проекту.	2	-
4	Верифікація в С. Вікно Геммінгу.	2	-
5	Проект з використанням типів довільної точності у ANSI C. Валідація. Вікно Геммінгу.	2	-
6	Перевірка C++ з використанням типів довільної точності. Вікно Геммінгу.	2	-
7	Синтез інтерфейсу. Суматори	2	-
	Загальна кількість	14	-

7 САМОСТІЙНА РОБОТА

№	Назва теми	Кількість годин	
		денна	заочна
1	Вивчення теоретичного матеріалу з використанням конспектів і навчальної літератури	10	
2	Підготовка до лабораторних занять	30	
3	Підготовка до практичних занять		
4	Самостійне вивчення організації цифрових систем та пристроїв мовою VHDL та їх реалізації на ПЛІС Xilinx	24	
	Загальна кількість	64	

8 МЕТОДИ НАВЧАННЯ ТА ЗАСОБИ ОЦІНЮВАННЯ

8.1 Метод навчання – це упорядкована діяльність викладача і студентів, спрямована на досягнення заданої мети навчання.

За ознакою, якою є джерело знань, використовується п'ять методів: практичний (лабораторні, практичні, розрахункові, графічні роботи тощо); наочний (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); словесний (лекція, дискусія, співбесіда тощо); робота з навчально-методичною літературою (конспектування, тезування, анутовання, рецензування, складання реферату); відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо).

За призначенням використовуються такі методи: набуття знань; формування умінь і навичок, застосування знань; творча діяльність; закріплення знань; перевірка знань, умінь і навичок.

8.2 Засобами оцінювання та методами демонстрування результатів навчання є: залік; стандартизовані тести; командні проекти; презентації результатів виконаних завдань та досліджень; студентські презентації та виступи на наукових заходах; завдання на лабораторному обладнанні, тренажерах, реальних об'єктах тощо; інші види індивідуальних та групових завдань.

9 МЕТОДИ КОНТРОЛЮ ТА РЕЙТИНГОВА ОЦІНКА ЗА ДИСЦИПЛІНОЮ

9.1 Розподіл балів, які отримують студенти (Кількісні критерії оцінювання)

Для оцінювання роботи студента протягом семестру підсумкова рейтингова оцінка $O_{\text{сем}}$ розраховується як сума оцінок за різні види занять та контрольні заходи.

Вид заняття / контрольний захід	Оцінка	Вид заняття / контрольний захід	Оцінка
Денна форма навчання		Заочна форма навчання	
ЛБ № 1,2,3,4,5	10x4=40		
Контрольна точка 1	40		
ЛБ № 6,7,8,9,10,11	12x5=60		
Контрольна точка 2	60		
Всього за семестр	100		

Як форма підсумкового контролю використовується комбінований іспит.

9.2 Якісні критерії оцінювання

Для отримання позитивної оцінки з ВСЦВ студенти повинні знати основи мови моделювання та проєктування цифрових систем на високому рівні (HLS),

основи синтезу та аналізу логічних схем, схемотехніку ПЛІС Artix-7 та Zynq7000, вміти писати та відлагоджувати програми середньої складності мовою С, знати методи і засоби відлагодження за допомогою комплексу програмних засобів САПР Vivado HLS.

Студенти повинні відпрацювати та захистити лабораторні роботи.

Ітогова рейтингова оцінка визначається як кількість балів, отриманих студентом протягом семестру за 100-бальною шкалою з вагою 0.6 та плюс кількість балів, отриманих студентом на екзамені за 100-бальною шкалою з вагою 0.4.

Критерії оцінювання роботи студента протягом семестру.

Задовільно, D, E (60-74). Мати мінімум знань і умінь. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи. Виконати практичних завдання.

Добре, C (75-89). Знати всі теми, що вивчаються у курсі. Уміти самостійно обрати метод для розв'язання задач. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи із середньою оцінкою не нижче 75.

Відмінно, A, B (90-100). Досконало знати всі теми, що вивчаються у курсі, та матеріал, що виноситься для самостійного вивчення. Відпрацювати та захистити всі лабораторні роботи із середньою оцінкою не нижче 80. Уміти самостійно формулювати задачі та одержувати розв'язок.

Шкала оцінювання: національна та ECTS

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ECTS	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
96–100	A	відмінно	зараховано
90–95	B		
75–89	C		
66–74	D		
60–65	E		
35–59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
0-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

10 МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ТА РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

Базова література:

1. Vivado Design Suite Tutorial: High-Level Synthesis [Електронний ресурс] : UG871 (v2018.2) / Xilinx, Inc. - Електроні дані. - San Jose, CA, 2018. - Режим доступу: https://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/xilinx2018_2/ug871-vivado-high-level-synthesis-tutorial.pdf (дата звернення: 15.10.2023). - Загл. з екрану.
2. Vivado Design Suite User Guide: High-Level Synthesis [Електронний ресурс] : UG902 (v2018.3) / Xilinx, Inc. - Електроні дані. - San Jose, CA, 2018. - Режим доступу: https://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/xilinx2018_3/ug902-vivado-high-level-synthesis.pdf (дата звернення: 15.10.2023). - Загл. з екрану.
3. Introduction to FPGA Design with Vivado High-Level Synthesis [Електронний ресурс] : UG998 (v1.0) / Xilinx, Inc. - Електроні дані. - San Jose, CA, 2018. - Режим доступу: https://www.xilinx.com/support/documentation/sw_manuals/ug998-vivado-intro-fpga-design-hls.pdf (дата звернення: 15.10.2023). - Загл. з екрану.
4. Parallel Programming for FPGAs [Електронний ресурс]/R. Kastner, J. Matai, S. Neuendorffer. - Електроні дані. - 2018. - Режим доступу: <https://pp4fpgas.readthedocs.io/en/latest/> (дата звернення: 15.10.2023). - Загл. з екрану.
5. Michael Fingeroff High-Level Synthesis: Blue Book. Mentor Graphics Corporation, 2010. - 286p
6. Ronald Sass, Andrew G. Schmidt Embedded Systems Design with Platform FPGAs: Principles and Practices / S. Shukla, J. Berg. - 1st ed. - Morgan Kaufmann, 2010. - 384 p. - ISBN 978-0123743336

Допоміжна література:

10.2 Методичні вказівки до різних видів занять

1. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Високорівневий синтез цифрових вбудованих систем» для студентів усіх форм навчання спеціальності 171 – «Електроніка [Електронний ресурс] / упоряд.: О. В. Воргуль, О. В. Зубков ; М-во освіти і науки України, ХНУРЕ. – Електрон. вид. – Харків : ХНУРЕ, 2024. – 1,71 Мб
2. Методичні вказівки до самостійної роботи з дисципліни «Високорівневий синтез цифрових вбудованих систем» для студентів усіх форм навчання спеціальності 171 – «Електроніка [Електронний ресурс] / упоряд.: О. В. Воргуль, О. В. Зубков ; М-во освіти і науки України, ХНУРЕ. – Електрон. вид. – Харків : ХНУРЕ, 2024.– 355 Кб
3. Комплекс навчально-методичного забезпечення навчальної дисципліни "Високорівневий синтез цифрових вбудованих систем" підготовки магістрів, спеціальності 171 – «Електроніка [Електронний ресурс] / упоряд.: О. В. Воргуль, О. В. Зубков ; М-во освіти і науки України, ХНУРЕ. – Електрон. вид. – Харків : ХНУРЕ, 2024.

11 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1. Vivado HLS Design Suite від Xilinx.