



# КІБЕРФІЗИЧНІ СИСТЕМИ

## Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

### Реквізити навчальної дисципліни

Рівень вищої освіти	<i>Другий(магістерський)</i>
Галузь знань	<i>17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації</i>
Спеціальність	<i>172 Електронні комунікації та радіотехніка</i>
Освітня програма	<i>Інженерія інноваційних інформаційно-телекомунікаційних технологій та систем</i>
Статус дисципліни	<i>Вибіркова</i>
Форма навчання	<i>очна(денна)</i>
Рік підготовки, семестр	<i>1 курс, весняний семестр</i>
Обсяг дисципліни	<i>5 кредитів - 150 годин</i>
Семестровий контроль/ контрольні заходи	<i>Екзамен / МКР</i>
Розклад занять	<a href="http://rozklad.kpi.ua">http://rozklad.kpi.ua</a>
Мова викладання	<i>Українська</i>
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: старший викладач Роскошний Дмитро Васильович, <a href="mailto:roskoshnyi.dmytro@lll.kpi.ua">roskoshnyi.dmytro@lll.kpi.ua</a> Практичні : старший викладач, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки Кайденко Микола Миколайович, <a href="mailto:kaidenko.mykola@lll.kpi.ua">kaidenko.mykola@lll.kpi.ua</a> старший викладач Роскошний Дмитро Васильович, <a href="mailto:roskoshnyi.dmytro@lll.kpi.ua">roskoshnyi.dmytro@lll.kpi.ua</a>
Розміщення курсу	<a href="https://classroom.google.com/c/MTI1NDAYNjgzMzQ2">https://classroom.google.com/c/MTI1NDAYNjgzMzQ2</a> код курсу 6kfkliа за запрошенням викладача

### Програма навчальної дисципліни

#### 1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчення та результати навчання

Навчальна дисципліна «Кіберфізичні системи» знайомить студентів із основними поняттями, складовими, технологіями побудови кіберфізичних систем та Інтернету речей, дає уявлення про технічні засоби, що використовуються при побудові кіберфізичних систем, дає можливість набутти практичних навичок для побудови окремих компонентів кіберфізичних систем з використанням сучасних технологій і підходів, а також надання їм знань і умінь для використання та впровадження отриманих знань на практиці.

Навчальна дисципліна належить до циклу дисциплін професійної та практичної підготовки (за вибором студентів)

Предметом навчальної дисципліни є опанування підходів до розробки кіберфізичних систем та засвоєння основних правил і методів проектування їх окремих компонентів з використанням сучасних систем автоматизованого проектування.

## **1. Мета та завдання навчальної дисципліни**

### **1.1. Мета навчальної дисципліни.**

Метою навчальної дисципліни є ознайомлення студентів із основними поняттями, складовими, технологіями та архітектурами побудови кіберфізичних систем (КФС), надання теоретичних та практичних знань щодо проектування, моделювання та розроблення елементів складних систем, зокрема, кіберфізичних; ознайомлення із основними складовими кіберфізичних систем. формування у студентів базових знань з організації процесу розробки, програмування, тестування і налагодження програмних продуктів та апаратних засобів з використанням сучасних технологій і підходів, а також надання їм знань і умінь для використання та впровадження отриманих знань на практиці.

### **1.2. Основні завдання навчальної дисципліни.**

Згідно з вимогами освітньо-професійної програми студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати такі результати навчання:

#### **знання:**

- галузі застосування кіберфізичних систем;
- структурної та функціональної схеми типової кіберфізичної системи;
- апаратного забезпечення елементів кіберфізичних систем, в тому числі на основі FPGA;
- зовнішніх інтерфейсів кіберфізичних систем;
- базового маршруту проектування елементів кіберфізичних систем на основі FPGA;

#### **уміння:**

- використовувати сучасні засоби розробки, програмування, тестування і налагодження програмних продуктів та апаратних засобів кіберфізичних систем з використанням FPGA

#### **досвід:**

- створення власних проектів по реалізації на FPGA елементів кіберфізичних систем, що мають в своєму складі процесорне ядро, блокову пам'ять FPGA, зовнішню пам'ять та мережеві інтерфейси.

Вивчення навчальної дисципліни додатково забезпечує:

- формування у студентів таких програмних компетентностей:

ЗК 2	Здатність генерувати нові ідеї й нестандартні підходи до їх реалізації (креативність).
ФК 3	Здатність до системного мислення, вирішення задач розробки, оптимізації та оновлення структурних блоків систем електронних комунікацій, радіотехнічних та інформаційних систем.
ФК 6	Здатність демонструвати і використовувати фундаментальні знання принципів побудови сучасних систем електронних комунікацій та радіотехнічних систем, систем контролю та керування, перспективні напрямки розвитку їх елементної бази.
ФК 10	Здатність застосовувати знання методів обробки та відображення інформації в сучасних системах електронних комунікацій та радіотехнічних системах та демонструвати уміння проектування, розрахунку та програмування цифрових електронних засобів та систем.

- набуття студентами наступних програмних результатів навчання:

ПРН 6	Досліджувати процеси у системах електронних комунікацій та радіотехнічних системах з використанням засобів автоматизації інженерних розрахунків, планування та проведення наукових експериментів з обробкою і аналізом результатів.
ПРН 7	Аргументувати та захищати розроблені проектно-конструкторські та науково-технічні рішення перед замовником, вести аргументовану професійну та наукову дискусію.

## 2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного засвоєння дисципліни здобувач повинен володіти знаннями з математичного аналізу, інформатики, теорії кіл, цифрової схемотехніки, теорії телекомунікацій і радіотехніки, цифрового оброблення сигналів, побудови передавальних та приймальних пристроїв, інженерних програмних засобів.

Навчальна дисципліна додатково підготовлює студентів до проходження науково-дослідної практики, виконання магістерської дисертації та подальшої роботи за фахом.

## 3. Зміст навчальної дисципліни

Назви розділів і тем	Кількість годин				
	Всього	у тому числі			
		Лекції	Практичні (комп'ютерний практикум)	Лабораторні	СРС
1	2	3	4	5	6
Тема 1. Загальні відомості про кіберфізичні системи	16	4	4		8

Тема 2. Індустрія 4.0 та Інтернет речей	12	4			8
Тема 3. Технічні засоби кіберфізичних систем.	26	8	6		12
Тема 4. Програмне забезпечення для розробки елементів кіберфізичних систем	36	12	8		16
Тема 5 Елементи теорії зв'язку та інформації для IoT	20	8			12
Модульна контрольна робота	10				10
Екзамен	30				30
<b>Всього годин</b>	<b>150</b>	<b>36</b>	<b>18</b>		<b>96</b>

### Вступ до дисципліни “Кіберфізичні системи”

Мета, завдання і структура дисципліни.

Тема 1. Загальні відомості про кіберфізичні системи.

Основні поняття і визначення. Передумови появи кіберфізичних систем Застосування кіберфізичних систем

Тема 2. Індустрія 4.0 та Інтернет речей

Індустрія 4.0. Історія Інтернету речей. Використання Інтернету речей. Екосистема та архітектура IIoT

Тема 3. Технічні засоби кіберфізичних систем

Елементна база для побудови кіберфізичних систем Мікропроцесори та мікроконтролери. Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС). Модульний принцип побудови процесорів. Сенсорні пристрої. Система живлення. Інтерфейси кіберфізичних систем.

Тема 4. Програмне забезпечення для розробки елементів кіберфізичних систем

Базовий маршрут проектування. Проекти в САПР Quartus II. Компіляція проекту. Моделювання проекту Аналіз результатів моделювання.

Тема 5 Елементи теорії зв'язку та інформації для IoT

Зв'язок між частотним діапазоном та поширенням радіохвиль Коефіцієнт помилок Персональні бездротові мережі Сенсорні бездротові системи Використання технологій BIG DATA в IIoT.

#### 4. Навчальні матеріали та ресурси

##### *Базова література:*

1. Пархоменко А. В., Гладкова О. М., Залюбовський Я І., Пархоменко А.В. Інженерія вбудованих систем: навчальний посібник.– Запоріжжя: Дике Поле, 2017. – 220 с.  
<http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/1969/4/>
2. Ільченко М.Ю., Кравчук С.О. Телекомунікаційні системи. – Київ: Наукова думка, 2017. – 730 с.
3. Основи теорії цифрових систем автоматичного керування: ЛТІ моделі для систем SISO та МІМО [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 172 «Телекомунікації та радіотехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: С.О. Кравчук, О. І. Лисенко, В. С. Явіся, В. І.

- Новіков. – Електронні текстові дані (1 файл: 4,32 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 196 с. <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/41978>
4. Технічні засоби автоматизації (Частина 1) / М.В. Лукінюк, В.П. Лисенко, В.Є. Лукін, А.М. Гладкий, С.А. Шворов, А.А. Руденський, А.А. Заверткін.–Ніжин.: Видавець ПП Лисенко М.М., 2017.–569 с
  5. Технічні засоби автоматизації (Частина 2) / М.В. Лукінюк, В.П. Лисенко, В.Є. Лукін, А.М. Гладкий, С.А. Шворов, А.А. Руденський, А.А. Заверткін.–Ніжин.: Видавець ПП Лисенко М.М., 2018.– 455 с.
  6. Технічні засоби автоматизації: навч. посіб.: у 2 ч. Ч.1. Сенсорна техніка / В.В. Ткачов, М.І. Стаднік, В.І. Шевченко, М.В. Козарь, О.В. Карпенко ; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – 2 вид., доповн. та переробл. – Дніпро : НТУ «ДП», 2019. – 144 с.
  7. Злобін Г.Г. Архітектура та апаратне забезпечення ПЕОМ : навч. посіб. для студентів ВНЗ / Г. Г. Злобін, Р. Є. Рикалюк; М-во освіти і науки України, Львів. нац. ун-т ім. Івана Франка. – 3-тє вид. – Київ : Каравела, 2016. – 223 с.
  8. Тарарака В. Архитектура комп'ютерних систем. Навчальний посібник. — Житомир : ЖДТУ, 2018. 383 с.
  9. Тарнавський Ю. А. Організація комп'ютерних мереж: підручник / Ю. А.Тарнавський, І. М. Кузьменко. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 259 с. – <https://ela.kpi.ua/handle/123456789/25156>.

#### *Допоміжна література:*

10. Andina, J.: FPGAs: Fundamentals, Advanced Features, and Applications in Industrial Electronics. CRC Press, Boca Raton, USA (2017). doi: 10.1201/9781315162133
11. Raj, A.: FPGA-Based Embedded System Developer's Guide. CRC Press, Boca Raton, USA (2018). doi: 10.1201/9781315156200
12. Intel Cyclone FPGA series. <https://www.intel.com/content/www/us/en/products/programmable/cyclone-series.html>
13. Intel Cyclone V Device Handbook, <https://www.intel.com/content/dam/www/programmable/us/en/pdfs/literature/hb/cyclone-iv/cyclone5-handbook.pdf>.
14. Advances in Information and Communication Technologies. Processing and Control in Information and Communication Systems. UKRMICO 2018. Eds: M. Ilchenko, L. Uryvsky, L. Globa. Lecture Notes in Electrical Engineering, vol 560. Springer, Cham, 2019 – 300 p. (DOI: 10.1007/978-3-030-16770-7)..
15. Navabi, Z. Digital Design and Implementation with Field Programmable Devices 293 Pages, Published 2014 by Springer ISBN-13: 978-1-4899-8115-8, ISBN: 1-4899-8115-2
16. Vanderbauwhede, W., Benkrid, K. (Eds.): High-performance computing using FPGAs. Springer, New-York, USA (2016)
17. Unsalan, C., Tar, B.: Digital System Design with FPGA. New-York, USA, McGraw-Hill (2017)

## **5. Методика опанування навчальної дисципліни(освітнього компонента)**

Тема 1. . Загальні відомості про кіберфізичні системи.

### **Лекція 1.** Вступ до дисципліни “ Кіберфізичні системи”

- 1.1 Мета, завдання і структура дисципліни.
- 1.2 Базові поняття про кіберфізичні системи
- 1.3 Особливості кіберфізичних систем

### **Лекція 2.** Вимоги до кіберфізичних систем

- 2.1 Передумови появи кіберфізичних систем
- 2.2 Застосування кіберфізичних систем

Тема 2. Індустрія 4.0 та Інтернет речей

### **Лекція 3.** Індустрія 4.0 та Інтернет речей

#### 3.1 Індустрія 4.0

#### 3.2 Історія Інтернету речей

#### 3.3 Використання Інтернету речей

### **Лекція 4.** Екосистема та архітектура ПоТ

#### 4.1 Екосистема Інтернета речей

#### 4.2 ПоТ та М2М

#### 4.3 Архітектура ПоТ

### Тема 3 Технічні засоби кіберфізичних систем

### **Лекція 5.** Елементна база для побудови кіберфізичних систем

#### 5.1 Мікропроцесори та мікроконтролери

#### 5.2 Класифікація мікропроцесорів та мікроконтролерів

#### 5.3 Програмовані логічні інтегральні схеми (ПЛІС)

#### 5.4 Класифікація ПЛІС

#### 5.5 Системи-на-кристалі

#### 5.6 Модульний принцип побудови процесорів

### **Лекція 6.** Сенсорні пристрої

#### 6.1 Давачі кіберфізичних систем

#### 6.2 Інтелектуальні давачі

#### 6.3 Об'єднання давачів

### **Лекція 7.** Система живлення в IoT

#### 7.1 Існуючі проблеми живлення в IoT

#### 7.2 Джерела живлення

### **Лекція 8.** Інтерфейси вбудованих систем

#### 8.1 Інтерфейс RS-485

#### 8.2 Інтерфейс CAN

#### 8.3 Інтерфейс I<sup>2</sup>C

#### 8.4 Інтерфейс SPI

### Тема 4 Програмне забезпечення для розробки елементів кіберфізичних систем

### **Лекція 9.** Особливості програмного забезпечення кіберфізичних систем.

#### 9.1 Особливості програмного забезпечення кіберфізичних систем

#### 9.2 Операційні системи реального часу

### **Лекція 10** Програмне забезпечення для розробки вбудованих систем

#### 10.1 Базовий маршрут проектування

#### 10.2 Основні відомості про САПР Quartus II

#### 10.3 Можливості та особливості САПР Quartus II

### **Лекція 11** Проекти в САПР Quartus II

11.1 Поняття проекту в САПР Quartus II

11.2 Стратегія проектування

11.3 Створення опису проекту

**Лекція 12** Проекти в САПР Quartus II (продовження)

12.1 Створення блок-схеми проекту

12.2 Графічний ввід проекту

12.3 Створення елементів за допомогою майстра MegaWizard Plug-In Manager

**Лекція 13** Компіляція проекту

13.1 Налаштування компілятора

15.2 Звіт про компіляцію

15.3 Призначення виводів мікросхеми

**Лекція 14** Моделювання проекту

14.1 Створення вектору вхідних сигналів

14.2 Визначення параметрів моделювання

14.3 Аналіз результатів моделювання

Тема 5 Елементи теорії зв'язку та інформації для IoT

**Лекція 15** Деякі питання теорії зв'язку

15.1 Зв'язок між частотним діапазоном та поширенням радіохвиль

15.2 Коефіцієнт помилок

15.3 Інтерференція сигналу

**Лекція 16** Існуючі стандарти бездротової персональної локальної мережі

16.1 Стандарт 802.15.1 Bluetooth

16.2 Чарункові (mesh) мережі на основі Bluetooth

16.3 Бездротові локальні мережі стандарту 802.11 (WiFi)

16.4 Різновиди використовуваних стандартів WiFi

16.5 Стандарт 802.11p (для використання на рухомому транспорті)

16.6 Протокол 802.11ah (спеціально для використання в IoT)

16.7 Порівняння персональних бездротових IP та не-IP мереж

**Лекція 17** Сенсорні бездротові системи і протоколи далекого зв'язку LPWAN

17.1 Розвиток стільникових мереж

17.2 Технології стільникової мережі NB-LTE

17.3 Пропрієтарна мережа LoRa

17.4 Порівняння стільникової та пропрієтарної мережі

**Лекція 18** Використання технологій BIG DATA В IoT

18.1 Визначення BIG DATA

18.2 Характеристики BIG DATA

18.3 Обсяги даних

## 18.4 Різноманіття даних

Практичні заняття (комп'ютерний практикум)

Практичне заняття 1. Встановлення САПР Quartus II

Практичне заняття 2. Налаштування САПР Quartus II

Практичне заняття 3. Сімейства програмованих логічних інтегральних схем

Практичне заняття 4. Створення опису проекту

Практичне заняття 5 Створення елементів за допомогою MegaWizard Plug-In Manager

Практичне заняття 6 Компіляція проекту.

Практичне заняття 7 Моделювання проекту в середовищі Quartus II

Практичне заняття 8 Розробка вбудованої системи керування

Практичне заняття 9 Моделювання вбудованої системи керування

### 6. Самостійна робота студента/аспіранта

Завдання на самостійну роботу студентам визначені в лекціях та методичних вказівках до виконання комп'ютерного практикуму. Під час самостійної роботи студенти опрацьовують матеріал лекцій та матеріали за посиланнями на ресурси, які приведені в лекціях.

#### Розподіл годин на самостійну роботу студентів.

Тема 1 - 8 годин

Тема 2 - 8 годин

Тема 3 - 6 годин

Тема 4 - 8 годин

Тема 5 - 6 годин

Модульна контрольна робота – 10 годин

Залік - 20 годин

## Політика та контроль

### 7. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Студенти повинні обов'язково відвідувати лекційні та практичні заняття, пропуск занять без поважних причин не допускається. У випадку пропуску практичного заняття з поважних причин студент може відпрацювати це заняття у визначений викладачем час, або самостійно за згодою з викладачем.

Завдання на практичні заняття студенти можуть виконувати як в лабораторії, так і вдома на домашніх персональних комп'ютерах. Захист виконаних завдань здійснюється кожним студентом індивідуально в лабораторії.

Викладач за результатами виконання завдання на практичні заняття може надавати студентам заохочувальні бали, до 4 балів за кожну роботу. Заохочувальні бали призначаються за оригінальні творчі рішення при виконанні завдання.

Модульні контрольні роботи студенти здають у письмовому вигляді у визначений термін. У випадку не написання студентом МКР без поважних причин, йому нараховуються штрафні 4 бали.

За кожний тиждень затримки здачі завдання на практичні заняття нараховується 1 штрафний бал.

У випадку виявлення несамостійного виконання завдання на практичні заняття (не власно створений проект, програмний код, модель, дослідження), таке завдання не зараховується, студенту нараховуються штрафні бали (4 бали за кожне завдання) та видається нове завдання.



Контроль якості опанування студентами дисципліни здійснюється шляхом написання модульних контрольних робіт, опитувань на практичних заняттях та при захисті завдань на практичні заняття. Оцінка успішності студентів по дисципліні здійснюється згідно рейтингової системи оцінювання результатів навчання.

## **8. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (PCO)**

8.1. Рейтинг студента з кредитного модуля розраховується виходячи із 100-бальної шкали, з них 60 балів складає стартова шкала. Рейтинг складається з балів, що студент отримує за:

- виконання модульної контрольної роботи (МКР);
- виконання та захисту завдання на практичні заняття (4 завдання);
- відповідь на екзамені.

### 8.2. Критерії нарахування балів.

8.2.1. Модульна контрольна робота. Усього питань у кожному варіанті контрольної роботи – чотири. Модульна контрольна робота оцінюється в 12 балів:

Відповідь на кожне питання контрольної роботи максимально оцінюється в 3 бали:

- «відмінно» – повна відповідь (не менше 90% потрібної інформації) – 3 балів;
- «добре» – достатньо повна відповідь (не менше 75% потрібної інформації) або повна відповідь з незначними неточностями – 2 бала;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації) та незначні помилки – 1 бал;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

8.2.2. Виконання і захист завдання на практичні заняття оцінюються в 12 балів кожне:

Виконання завдання оцінюється в 8 балів:

- «відмінно» – завдання виконано в повному обсязі, – 8 балів;
- «добре» – завдання виконано в достатньому обсязі з незначними зауваженнями – 6 балів;
- «задовільно» – завдання виконано не в достатньому обсязі з незначними помилками в роботі проекту – 4 бала;
- «незадовільно» – завдання не відповідає вимогам до «задовільно» – 0 балів.

Захист завдання на практичні заняття оцінюється в 4 бали

- «відмінно» – повна відповідь на питання (не менше 90% потрібної інформації), повністю оформлений протокол – 4 бали;
- «добре» – достатньо повна відповідь на питання (не менше 75% потрібної інформації), повністю оформлений протокол – 2 бали;
- «задовільно» – неповна відповідь (не менше 60% потрібної інформації), та незначні помилки в оформленні протоколу роботи – 1 бал;
- «незадовільно» – відповідь не відповідає вимогам до «задовільно», неналежно оформлений протокол роботи – 0 балів.

8.3. Календарна проміжна атестація студентів проводиться за значенням поточного рейтингу студента на час атестації. Якщо значення цього рейтингу не менше 50 % від максимально можливого на час атестації, студент вважається атестованим. Умовою позитивної другої атестації є отримання не менше 25 балів, виконання всіх завдань на практичні заняття (на час атестації) за умови зарахування МКР.

8.4. Умовою допуску до екзамену є стартовий рейтинг не менше 36 балів.

8.5. Екзамен оцінюється із 40 балів. На екзамені студенти відповідають на питання білету. Кожен білет містить два теоретичні запитання. Кожна відповідь на одне теоретичне питання оцінюється максимально у 20 балів за такими критеріями:

- «відмінно», повна відповідь, не менше 90% потрібної інформації – 18-20 балів;
- «добре», достатньо повна відповідь, не менше 75% потрібної інформації, є незначні неточності – 15-17 балів;
- «задовільно», неповна відповідь, не менше 60% потрібної інформації, деякі помилки – 12-14 балів;
- «незадовільно», відповідь не відповідає умовам до «задовільно» – 0 балів.

8.6. Сума стартових балів та набраних на екзамені балів складає рейтинговий бал. Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Бали	Оцінка
100...95	Відмінно
94...85	Дуже добре
84...75	Добре
74...65	Задовільно
64...60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

## 9. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Положення про рейтингову систему оцінки успішності доводиться на першому занятті з дисципліни; попередня рейтингова оцінка з дисципліни доводиться до студентів на передостанньому занятті. Календарна атестація студентів з дисципліни проводиться викладачем за значенням поточного рейтингу студента на час атестації.

### Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено : старший викладач Роскошний Дмитро Васильович

старший викладач Кайденко Микола Миколайович

Ухвалено кафедрою телекомунікацій (протокол № 11 від 25.05.2023 р.)

Погоджено Методичною комісією ІТС (протокол № 4 від 08.06.2023 р.)