

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна

Кафедра електроніки та управляючих систем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

В.о. декана факультету комп'ютерних наук

Євгенія КОЛОВАНОВА  
“ 30 ” червня 2023 р.



Робоча програма навчальної дисципліни

**Принципи та технології створення кіберфізичних систем**

рівень вищої освіти третій (освітньо-науковий)

галузь знань 12 «Інформаційні технології»

спеціальність 122 «Комп'ютерні інженерія»

освітньо-наукова програма Комп'ютерні науки

вид дисципліни за вибором

факультет комп'ютерних наук

2023 / 2024 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук  
«29» червня 2023 року, протокол № 14

**РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:**

кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки управляючих систем **Хруслов  
Максим Михайлович**


Програму схвалено на засіданні кафедри електроніки та управляючих систем  
Протокол від «09» червня 2023 року № 12

В.о. завідувача кафедри електроніки та управляючих систем

  
\_\_\_\_\_ Максим ХРУСЛОВ

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

Гарант освітньої програми «Комп'ютерні науки»

  
\_\_\_\_\_ Микола ТКАЧУК

Програму погоджено методичною комісією факультету комп'ютерних наук  
«21» червня 2023 року, протокол № 12

Голова методичної комісії факультету комп'ютерних наук

  
\_\_\_\_\_ Лариса ВАСИЛЬСВА

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни «Принципи та технології створення кіберфізичних систем» складена відповідно до освітньо-наукової програми «Комп'ютерні науки» підготовки третього (освітньо-наукового) рівня спеціальності 122 «Комп'ютерні науки».

### 1. Опис навчальної дисципліни

1.1 Метою викладання навчальної дисципліни є вивчення проблем, досягнень, основних принципів і напрямів розвитку кіберфізичних систем (КФС) як об'єкта проектування з **метою** формування професійних знань в області розробки проектних рішень, синтезу та аналізу гетерогенних інженерних об'єктів; формування у студентів умінь і компетенції системного архітектора в області проектування КФС і пристроїв Інтернету речей (ІР); освоєння студентами навиків модельного проектування з використанням апаратно-орієнтованого математичного та алгоритмічного забезпечення; формування в учнів цілісного бачення сучасного етапу розвитку цифрової економіки України і розуміння того, що кіберфізичні системи є основою концепції Інтернету речей (ІР, ІоТ), в тому числі - індустріального Інтернету речей (ІІР, ІоТ).

1.2 Основні завдання вивчення дисципліни це:

- вивчення базових принципів ІоТ;
- вивчення міжнародного стандартизації ІоТ;
- вивчення архітектури і основних компонентів систем ІоТ;
- придбання навичок проектування і розробки елементів кіберфізических систем, які використовуються в Інтернеті речей для збору, зберігання і обробки інформації, управління технічними системами і технологіями.

Процес вивчення дисципліни спрямований на формування елементів наступних компетенцій:

- здатність вибирати технології, інструментальні засоби та засоби обчислювальної техніки при організації процесів проектування, виготовлення, контролю і випробувань елементів КФС і приладів ІР;
- здатність вибирати засоби і системи автоматизації, контролю, діагностики, випробувань, управління виробництвом, життєвим циклом продукції та її якістю на основі концепції КФС і ІР;
- здатність акумулювати науково-технічну інформацію, вітчизняний і зарубіжний досвід в області автоматизації технологічних процесів і виробництв, автоматизованого управління життєвим циклом, комп'ютерних систем.
- освоєння студентами методів розрахунків, побудови, модернізації, програмування і застосування комп'ютерів, мікроконтролерів і комп'ютерних систем.

#### *Інтегральна компетентність*

Здатність розв'язувати складні задачі і проблеми автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій у професійній діяльності та/або у процесі навчання, що передбачає проведення досліджень та/або провадження інноваційної діяльності та характеризується комплексністю та невизначеністю умов і вимог.

#### *Загальні компетентності (ЗК)*

ЗК01. Здатність до абстрактного мислення, аналізу та синтезу

ЗК02. Здатність до пошуку, оброблення та аналізу інформації з різних джерел

ЗК03. Здатність працювати в міжнародному контексті.

ЗК04. Здатність розробляти проекти та управляти ними.

#### *Спеціальні (фахові, предметні) компетентності (ФК)*

СК01. Здатність виконувати оригінальні дослідження, досягати наукових результатів, які створюють нові знання у комп'ютерних науках та дотичних до них міждисциплінарних напрямках і можуть бути опубліковані у провідних наукових виданнях з комп'ютерних наук та суміжних галузей.

СК02. Здатність усно і письмово презентувати та обговорювати результати наукових досліджень та/або інноваційних розробок державною та іноземною (англійською або іншими) мовами, глибоке розуміння іншомовних наукових текстів за напрямом досліджень.

СК03. Здатність застосовувати сучасні інформаційні технології, бази даних та інші електронні ресурси, спеціалізоване програмне забезпечення у науковій та навчальній діяльності.

СК05. Здатність виявляти, ставити та вирішувати дослідницькі науково-прикладні задачі та/або проблеми в сфері комп'ютерних наук, оцінювати та забезпечувати якість виконуваних досліджень.

СК09. Здатність до продукування нових ідей і розв'язання комплексних проблем у галузі комп'ютерних наук, а також до застосування сучасних методологій, методів та інструментів педагогічної та наукової діяльності в комп'ютерних науках.

1.3. Кількість кредитів – 4

1.4. Загальна кількість годин – 120

1.5. Характеристика навчальної дисципліни	
За вибором	
Денна форма навчання	Заочна (дистанційна) форма навчання
Рік підготовки	
2-й	-й
Семестр	
4-й	-й
Лекції	
30 год.	год.
Практичні, семінарські заняття	
0 год.	год.
Лабораторні заняття	
0 год.	год.
Самостійна робота	
90 год.	год.
Індивідуальні завдання	
0 год.	

1.6. Заплановані результати навчання

Згідно з вимогами освітньо-наукової програми, аспіранти мають досягти таких результатів навчання:

**знати:**

- базові принципи Інтернету речей і кіберфізичних систем;
- архітектуру і основні компоненти систем Інтернету речей і кіберфізичних систем;
- основні поняття з області Інтернету речей і промислового Інтернету, основні етапи проектування та виготовлення кіберфізических систем і використовувані програмні засоби;
- Міжнародний і вітчизняний досвід стандартизації Інтернету речей і кіберфізичних систем;

- основні концепції та структурні об'єкти кіберфізичних систем: сенсори, контролери, актуатори, в тому числі принципи функціонування основних мехатронних пристроїв.

**ВМИТИ:**

- розробляти вимоги до кіберфізичних системам, приладів і пристроїв Інтернету речей;
- проектувати і розробляти кіберфізичні системи для збору і обробки інформації;
- розробляти алгоритми для моделей кіберфізичних систем управління;
- обробляти результати експериментів із застосуванням сучасних інформаційних технологій і технічних засобів;
- використовувати мікропроцесорні пристрої при вирішенні конкретних завдань управління пристроями збору і обробки даних в IP;
- програмувати мікроконтролери і користуватися програмними засобами моделювання електронних систем;
- використовувати кошти і прийоми швидкого прототипування і налагодження кіберфізичних систем;
- проектувати і виготовляти фізичні об'єкти з використанням 3D-технологій;
- проводити самостійні дослідження в області кіберфізичних систем і Інтернету речей.

Самостійна робота передбачає вивчення окремих теоретичних питань, орієнтованих на обов'язкове використання обчислювальної техніки і максимально наближених до реальних інженерних задач майбутньої спеціальності (спеціалізації).

## **2. Тематичний план навчальної дисципліни**

### **Розділ 1. «Базові принципи та архітектура Інтернету речей (IP) і кіберфізичних систем (КФС)»**

1.1 Кіберфізичні системи і четверта індустріальна революція «Індустрія 4.0». Введення в технології Інтернету речей (IP) і кіберфізичних систем (КФС). Базові поняття кіберфізичних систем і Інтернету речей.

1.2 Програмно-апаратні платформи Інтернету речей і вбудовані системи. Принципи проектування електронних систем на базі мікроконтролерів і швидкого прототипування кіберфізических систем. Засоби моделювання кіберфізических систем на прикладі Autodesk Circuits.

1.3 Основні можливості, компоненти і принципи застосування вбудованих операційних систем в платформах Інтернету речей.

1.4 Датчики і сенсорні системи. Принципи роботи контролерів і актуаторів. Мехатронні системи.

### **Розділ 2. «Мікроконтролери в КФС і IP. Цифрові и аналогові інтерфейси»**

2.1 Цифрові і аналогові інтерфейси в приладах Інтернету речей. Інтерфейс введення-виведення в залежності від типу датчика й виконуючого пристрою, які використовуються. Електромеханічні системи робототехнічних комплексів.

2.2 Загальна структура, склад, можливості сучасних мікроконтролерів, основні відмінності в підходах в роботі в порівнянні з традиційними ПК при створенні КФС.

2.3 Основи роботи з мікроконтролерними системами збору даних. Вбудоване програмне забезпечення для збору, обробки і передачі даних з використанням сучасних мікроконтролерів у КФС.

2.4 Типові компоненти вбудованих ОС для роботи з інтерфейсами введення-виведення.

### **Розділ 3 «Технології інтернету речей і кіберфізичних систем»**

3.1 Платформи і засоби накопичення, візуалізації і обробки даних в системах Інтернету речей. Завдання накопичення, обробки і візуалізації даних в системах Інтернету речей.

3.2 Платформи і засоби обробки даних: локальні і хмарні платформи, платформи-конструктори, засоби машинного навчання і статистичного аналізу.

3.3 Принципи проектування 3D об'єктів. OpenSCAD як інструмент функціонального програмування 3D об'єктів. Перетворення об'єкта в траєкторію його побудови. Побудова реальних об'єктів з використанням 3D-друку. Основні технологічні операції: проектування, слайсінг, друк.

3.4 Формалізація кіберфізичних систем в умовах динамічно мінливого середовища. Моделювання кіберфізичних систем (цифрові двійники та цифрові тіні).

3.5 Автоматизація та інтелектуалізація процесу проектування кіберфізичних систем.

### **Розділ 4 «Розробка кіберфізичних систем на базі мікропроцесорних пристроїв»**

4.1 Основи системної інженерії кіберфізичних систем. Технології інженерії кіберфізичних систем.

4.2 Системи збору і бездротової передачі даних на основі мікроконтролерів STM32, ESP32 і nRF52 в середовищі операційної системи RIOT OS.

4.3 Використання програмних компонентів і розробки алгоритмів обробки даних у вбудованих ОС реального часу. Багатозадачні додатки на мікроконтролерах.

4.4 Основні типи датчиків різних фізичних величин, поняття дискретності і похибки вимірювань. тип датчика і спосіб його підключення для вирішення практичних завдань збору даних в системах Інтернету речей.

4.5 Підбір датчиків фізичних величин, засобів обробки та засобів передачі даних. Інтелектуальні датчики й актуатори. Поєднання сенсорів і виконуючих пристроїв з мікроконтролерами.

### **Розділ 5 «Протоколи та засоби обміну даними в КФС і IP»**

5.1 Протоколи бездротової передачі даних в системах Інтернету речей. Основні протоколи бездротового зв'язку в Інтернеті речей: LoRa / LoRaWAN, 6LoWPAN, NB-IoT, GSM, Wi-Fi, Bluetooth. Фізичні основи, основні параметри і умови застосування.

5.2 National Instruments LabVIEW як інструмент для швидкої розробки програмно - апаратних платформ Інтернету речей і радіосистем.

5.3 Інтегроване використання програмних і апаратних продуктів LabVIEW, LabVIEW FPGA, NI USRP RIO, NI ФлексРІО для проектування КФС і IP.

### **Розділ 6. «Підвищення продуктивності та надійності КФС і IP»**

6.1 Принципи захисту даних в бездротових системах і основні види загроз, характерних для систем Інтернету речей.

6.2 Проектування вузлів КФС на ПЛІС і мікроелектромеханічних системах (MEMS)

6.3 Основні принципи підвищення енергоефективності мікроконтролерних систем збору і обробки даних. Використання типових компонентів вбудованих ОС для забезпечення енергоефективної роботи систем збору даних.

### 3. Структура навчальної дисципліни

Назва теми	Кількість годин					
	денна форма					
	Усього	у тому числі				
л		п	лаб.	інд.	с. р.	
1	2	3	4	5	6	7
<b>1 семестр</b>						
<b>Розділ 1. «Базові принципи та архітектура Інтернету речей (IP) і кіберфізичних систем (КФС)»</b>						
Разом за розділом	20	5				15
<b>Розділ 2. «Мікроконтролери в КФС і IP. Цифрові і аналогові інтерфейси»</b>						
Разом за розділом	20	5				15
<b>Розділ 3 «Технології інтернету речей і кіберфізичних систем»</b>						
Разом за розділом	20	5				15
<b>Розділ 4 «Розробка кіберфізичних систем на базі мікропроцесорних пристроїв»</b>						
Разом за розділом	20	5				15
<b>Розділ 5 «Протоколи та засоби обміну даними в КФС і IP»</b>						
Разом за розділом	20	5				15
<b>Розділ 6. «Підвищення продуктивності та надійності КФС і IP»</b>						
Разом за розділом	20	5				15
<b>Усього годин</b>	<b>120</b>	<b>30</b>				<b>90</b>

### 4. Теми практичних занять

(не має)

### 5. Завдання для самостійної роботи

№ з/п	Види, зміст самостійної роботи	Кількість годин
1	Закріплення, поглиблення та узагальнення теоретичних знань і розвиток навичок їх практичного застосування в галузі IP і КФС.	10
2	Програмування мікроконтролерних і комп'ютерних систем для IP і КФС.	8
3	Комп'ютерне моделювання в пакеті Proteus типових електронних вузлів мікроконтролерних і комп'ютерних систем, аналогових в цифрових інтерфейсів.	8
4	Вивчення платформи LabVIEW для використовується в системах збору та обробки даних і управління технічними об'єктами.	8
5	Вивчення інструментального програмного комплексу промислової	8

	автоматизації CoDeSys (Controller Development System)	
6	Поєднання інтелектуальних мікроконтролерних пристроїв з мікроконтролерною або з комп'ютерною системою для застосування в ІР і КФС.	16
7	Вивчення датчиків технічного зору, температури, тиску, вологості, вібрації, прозорості, радіаційного фону та інших, та їх підключення до мікроконтролерних і комп'ютерних систем.	8
8	Вивчення елементної бази для створення типових електронних вузлів комп'ютерів, мікроконтролерних і комп'ютерних систем Для ІР і КФС.	8
9	Комп'ютерне моделювання в пакеті Proteus типових електронних вузлів комп'ютерів, мікроконтролерних і комп'ютерних систем для ІР і КФС.	16
	<b>Разом</b>	<b>90</b>

## 6. Індивідуальні завдання

(не має)

## 7. Методи навчання

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

## 8. Методи контролю

Контроль засвоєння навчального матеріалу здійснюється шляхом:

- прийому та оцінювання звітів з виконання практичних робіт;
- проведення тестування за результатами відпрацювання основних положень навчальної програми;
- проведення письмового підсумкового контролю знань.

Максимальна кількість балів за результатами контролю поточної успішності складає 60 балів.

Згідно рішення методичної комісії кафедри електроніки та управляючих систем факультету комп'ютерних наук до заліку не допускаються аспіранти, які мають заборгованість по практичним роботам.

Підсумковий контроль здійснюється шляхом проведення письмового заліку.

Максимальна кількість балів за результатами заліку складає 40 балів.

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання				Залік	Сума
Розділ 1- 6	Контрольні роботи	Індивідуальне завдання	Разом		
60	-	-	60	40	100



### Критерії оцінювання знань аспірантів за самостійні практичні роботи

Вимоги	Кількість балів
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається повнотою виконання без допомоги викладача.</li> <li>▪ Визначає рівень поінформованості, потрібний для прийняття рішень. Вибирає інформаційні джерела.</li> <li>▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності.</li> </ul>	10
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання – повні, з деякими огріхами, виконані без допомоги викладача.</li> <li>▪ Планує інформаційний пошук; володіє способами систематизації інформації;</li> <li>▪ Робить висновки і приймає рішення у ситуації невизначеності. Володіє уміннями творчо-пошукової діяльності.</li> </ul>	6
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається неповнотою виконання без допомоги викладача.</li> <li>▪ Аспірант може зіставити, узагальнити, систематизувати інформацію під керівництвом викладача; вільно застосовує вивчений матеріал у стандартних ситуаціях.</li> </ul>	3
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Завдання відзначається неповнотою виконання за консультацією викладача.</li> <li>▪ Застосовує запропонований вчителем спосіб отримання інформації, має фрагментарні навички в роботі з підручником, науковими джерелами;</li> <li>▪ Вибирає відомі способи дій для виконання фахових методичних завдань.</li> </ul>	1

### Критерії оцінювання залікових робіт аспірантів

Вимоги	Кількість балів
Показані всебічні систематичні знання та розуміння навчального матеріалу; безпомилково виконані завдання.	35-40
Показані повні знання навчального матеріалу; помилки, якщо вони є, не носять принципового характеру.	30-35
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені помилки.	20-30
Показано повне знання необхідного навчального матеріалу, але допущені суттєві помилки	10-20
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки.	5-10
Показано недосконале знання навчального матеріалу, допущені суттєві помилки, які носять принциповий характер; обсяг знань не дозволяє засвоїти предмет.	1-5

### Шкала оцінювання

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

## 10. Рекомендована література

### Основна література

1. R. G. Sanfelice. Analysis and Design of Cyber-Physical Systems. A Hybrid Control Systems Approach // Cyber-Physical Systems: From Theory to Practice / D. Rawat, J. Rodrigues, I. Stojmenovic. — CRC Press, 2016.
2. Wolf W. Cyber-physical systems //Computer. – 2009. – №. 3. – С. 88-89.
3. Khaitan et al., Design Techniques and Application of Cyber Physical Systems:A Survey, IEEE Systems Journal, 2014.
4. Heng S. Industry 4.0: Upgrading of Germany's Industrial Capabilities on the Horizon //Available at SSRN 2656608. – 2014
5. Lee E.A.? Seshia S.A.: Introduction to Embedded Systems.- A Cyber Physical Systems Approach.- 2011
6. Сара Хэррис, Дэвид Хэррис. Цифрова схемотехніка та архітектура комп'ютера. Друге видання, Нью-Йорк: Elsevier.: 2013
7. ЖАБИН В.И., ЖУКОВ І.А., КЛИМЕНКО І.А., ТКАЧЕНКО В.В. Прикладна теорія цифрових автоматів. – К. НАУ, 2009. – 463 с.
8. ЖАБИН В.И., ЖУКОВ І.А., ТКАЧЕНКО В.В., КЛИМЕНКО І.А. Мікропроцесорні системи: Навчальний посібник. – К. Видавництво «СПД Гуральник», 2009. – 492 с.

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

1. Комп'ютерне моделювання електронних схем: [Електронний ресурс] // **AudioKiller, 2005-2017**. URL: [www.electroclub.info/article/comp\\_modeling.htm](http://www.electroclub.info/article/comp_modeling.htm)
2. Wikipedia: [Електронний ресурс] // Wikipedia the free encyclopedia, 2001-2017. URL: <http://www.wikipedia.org/>
3. <http://energ.nauu.kiev.ua/>

### Програмні засоби з відкритим кодом:

4. Autodesk Circuits (<http://circuits.io>)
5. OpenSCAD (<http://www.openscad.org>)
6. Marlin (<http://marlinfw.org>)
7. Arduino (<http://arduino.cc>)
8. Repetier (<https://www.repetier.com>)
9. Electronics Workbench 5.12 - програма для моделювання електронних схем.
10. MicroCAP 8 - програма для моделювання електронних схем.
11. Multisim 7 - сучасна система комп'ютерного моделювання.
12. PROTEUS VSM - система віртуального моделювання схем.
13. Системи автоматизації проектування Quartus, Xilinx