

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна  
Кафедра електроніки та управляючих систем

“ЗАТВЕРДЖУЮ”  
Проректор  
з науково-педагогічної роботи  
  
Антон ПАНТЕЛЕЙМОНОВ  
« 30 » \_\_\_\_\_ 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Кіберфізичні системи. Інтернет речей**

рівень вищої освіти	<u>другий (магістерський) рівень</u>
галузь знань	<u>12 Інформаційні технології</u>
спеціальність	<u>123 Комп'ютерна інженерія</u>
освітня програма	<u>Комп'ютерна інженерія</u>
вид дисципліни	<u>обов'язкова</u>
факультет	<u>комп'ютерних наук</u>

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук

«30» червня 2021 року, протокол № 15

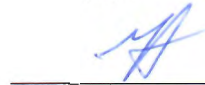
РОЗРОБНИКИ ПРОГРАМИ:

кандидат технічних наук, доцент кафедри електроніки управляючих систем **Стервоєдов  
Микола Григорович**

Програму схвалено на засіданні кафедри електроніки та управляючих систем

Протокол від «07» червня 2021 року № 10

Завідувач кафедри електроніки та управляючих систем



Микола СТЕРВОЄДОВ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»

Гарант освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»

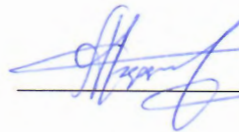


Олена ТОЛСТОЛУЗЬКА

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук

Протокол від «25» червня 2021 року № 9

Голова науково-методичної комісії факультету комп'ютерних наук



Анатолій БЕРДНІКОВ

## ВСТУП

Програма навчальної дисципліни ««Кіберфізичні системи. Інтернет речей»» складена відповідно до освітньо-професійної програми підготовки другого (магістерського) рівня вищої освіти, спеціальності 123 «Комп'ютерна інженерія».

Основу дисципліни «Кіберфізичні системи. Інтернет речей» становить наукове дослідження принципів створення і функціонування програмно-апаратних комплексів, систем збору і аналізу даних, отриманих від автономних пристроїв, управління цими пристроями, а також систем кібербезпеки в рамках концепції Інтернету речей (IP, IoT) і кіберфізичних систем (КФС, CPS)

Дисципліна «Кіберфізичні системи. Інтернет речей» націлена на освоєння теоретичних основ модельного проектування, і практичних прийомів по створенню і впровадженню апаратно-програмних засобів для кіберфізичних систем, є фундаментом для формування уявлень про базові концепціях розробки різномірних і гетерогенних інженерних систем із застосуванням сучасних інструментальних середовищ, в тому числі, графічного програмування. Питання теорії і практики розглядаються з позицій, що визначають умови конкурентоздатності інноваційних комп'ютерних рішень в області побудови автоматичних та автоматизованих КФС, вводяться поняття віртуального середовища, апаратного, програмного та математичного забезпечення КФС. Розглядаються наукові методи, технологічні платформи та засоби концептуального і прототипового проектування кіберфізических систем.

### 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 (IP); 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 (IP, IoT), в тому числі - індустріального Інтернету речей (IIIP, IIoT).

1.2 Основні завдання вивчення дисципліни це:

- вивчення базових принципів IoT;
- вивчення міжнародного стандартизації IoT;
- вивчення архітектури і основних компонентів систем IoT;
- 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 IP;
- здатність вибирати засоби і системи автоматизації, контролю, діагностики, випробувань, управління виробництвом, життєвим циклом продукції та її якістю на основі концепції КФС і IP;

- 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.

*В ході вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні компетентності.*

*Інтегральна компетентність.*

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі і проблеми в галузі комп'ютерної інженерії, що передбачає проведення досліджень та/або здійснення інновацій та характеризується невизначеністю умов і вимог.

*Загальні компетентності (ЗК).*

- вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми за професійним спрямуванням (ЗК01).
- здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт (ЗК08).

*Спеціальні (фахові, предметні) компетентності*

- здатність обґрунтовано обирати та застосовувати фундаментальні знання і моделі, а також технології створення та використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення для розв'язування складних професійних задач і проблем комп'ютерної інженерії (ФК01);
- здатність до дослідження, системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів, концепцій, теорій, принципів і методів нових технологій, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень (ФК03);
- здатність застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань комп'ютерної інженерії (ФК04);
- здатність застосовувати комплексний підхід до вирішення експериментальних завдань модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності (ФК07);
- здатність аргументувати вибір методів розв'язування складних спеціалізованих задач і проблем, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення (ФК11);
- здатність перетворювати формальні моделі в напрямку отримання практично необхідної комп'ютерної моделі та ставити задачі збереження і обробки даних (ФК13).

1.3 Кількість кредитів - 6

1.4 Загальна кількість годин – 180

1.5 Характеристика навчальної дисципліни	
Нормативна / за вибором	
Денна форма навчання	Денна форма навчання
Рік підготовки	
1-й	_ -й
Семестр	
2-й	_ -й
Лекції	
32 год.	год
Практичні, семінарські заняття	
32 год.	год.
Лабораторні заняття	
Самостійна робота	
116 год.	год
Індивідуальні завдання	

#### 1.6 Заплановані результати навчання:

В результаті вивчення дисципліни «Кіберфізичні системи. Інтернет речей» студент повинен:

##### 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).

Вивчений теоретичний матеріал з дисципліни повинен використовуватися і закріплюватися під час проведення лабораторних занять.

*В результаті вивчення дисципліни у студента повинні формуватися наступні програмні результати навчання (ПРН).*

- ПРН02. Знати і розуміти наукові і математичні положення, що лежать в основі функціонування програмних і програмно-технічних комп'ютерних засобів, систем та мереж, Інтернету речей, систем для оброблення великих даних.
- ПРН04. Знати і розуміти принципи системного аналізу та забезпечення безперервності бізнес/операційних процесів, концепцій, теорій, принципів і методів нових технологій, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень.
- ПРН06. Мати фундаментальні знання і розуміння моделей, а також технологій створення та використання прикладного і спеціалізованого програмного забезпечення розв'язування професійних задач і проблем комп'ютерної інженерії.
- ПРН07. Знати засоби автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.
- ПРН09. Вміти застосовувати знання для аналізу інженерних продуктів, процесів і систем за встановленими критеріями, ідентифікації, формулювання і розв'язування науково-технічних задач комп'ютерної інженерії, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.
- ПРН10. Вміти формулювати та розв'язувати задачі у галузі комп'ютерної інженерії, що пов'язані з процедурами спостереження об'єктів, вимірювання, контролю, діагностування і прогнозування з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.
- ПРН11. Мати навички автономного і самостійного навчання у сфері комп'ютерної інженерії і дотичних галузей знань, аналізувати власні освітні потреби та об'єктивно оцінювати результати навчання.
- ПРН14. Вміти застосовувати системний підхід до вирішення науково-технічних завдань комп'ютерної інженерії.
- ПРН16. Вміти досліджувати, розробляти та впроваджувати засоби і системи автоматизації проектування до розробки компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.
- ПРН17. Застосовувати, інтегрувати, розробляти, впроваджувати та удосконалювати сучасні інформаційні технології, науково-технічні методи і моделі, фізичні та математичні фундаментальні знання в галузі комп'ютерної інженерії.
- ПРН18. Здатність аргументувати вибір методів розв'язування складних спеціалізованих задач і проблем, критично оцінювати отримані результати, обґрунтовувати та захищати прийняті рішення.
- ПРН21. Зрозуміло і недвозначно доносити власні висновки з проблем комп'ютерної інженерії, а також знання та пояснення, що їх обґрунтовують.
- ПРН23. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.
- ПРН24. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

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

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

1.1 Кіберфізичні системи і четверта індустріальна революція «Індустрія 4.0». Введення в технології Інтернету речей (ІР) 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 ІР. 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	4	4			12
<b>Розділ 2. «Мікроконтролери в КФС і IP. Цифрові і аналогові інтерфейси»</b>						
Разом за розділом	34	6	6			22
<b>Розділ 3 «Технології інтернету речей і кіберфізичних систем»</b>						
Разом за розділом	38	6	6			26
<b>Розділ 4 «Розробка кіберфізичних систем на базі мікропроцесорних пристроїв»</b>						
Разом за розділом	40	6	6			28
<b>Розділ 5 «Протоколи та засоби обміну даними в КФС і IP»</b>						
Разом за розділом	20	4	4			12
<b>Розділ 6. «Підвищення продуктивності та надійності КФС і IP»</b>						
Разом за розділом	28	6	6			16
<b>Усього годин</b>	<b>180</b>	<b>32</b>	<b>32</b>			<b>116</b>



#### 4. Теми практичних (семінарських, лабораторних) занять

№ з/п	Назва теми	Кількість годин
1	Вивчення архітектури і програмування одноплатного промислового комп'ютера Orange Pi 2G-IOT, призначеного для реалізації проектів в області Інтернету речей.	2
2	Вивчення відкритою програмованої апаратної платформа для роботи з фізичними об'єктами Arduino.	2
3	Проектування цифрових і аналогових інтерфейсів введення - виведення мікроконтролерних систем для IP і КФС.	2
4	Вивчення архітектури, системи команд і програмування 32-розрядного мікроконтролеру STM 32F4** і інтелектуального радіочастотного модуля ESP32-SX1278-Lora	2
5	Розробка додатків цифрового і аналогового введення - виведення з використанням портів SPI, I2C, UART, вбудованих АЦП і ЦАП мікроконтролера.	2
6	Розробка проекту віртуальної системи збору і обробки вимірювальної інформації в середовищі інструментального програмного комплексу промислової автоматизації CoDeSys (Controller Development System).	2
7	Розробка системи дистанційного управління роботом – маніпулятором на різних платформах.	4
8	Розробка програм для дистанційного багатоканального збору даних і управління з застосуванням радіочастотного модуля ESP32-SX1278-Lora і хмарного сервісу ThingSpeak.	4
9	Розробка програми для дистанційного багатоканального збору даних і управління з застосуванням одноплатного комп'ютеру Orange Pi 2G-IOT і хмарного сервісу ThingSpeak.	4
10	Вивчення системи автоматизації проектування Quartus II. Розробка типових вузлів для IP і КФС на ПЛІС.	4
11	Розробка алгоритмів роботи і програмування мікроконтролерних приладів для Smart систем. Організація роботи з віддаленим обладнанням.	4
12	Розробка сенсорних і актуаторних вузлів бездротової мережі на базі інтелектуального радіочастотного модуля ESP32-SX1278-Lora.	4
	<b>Разом</b>	<b>36</b>

### 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 ІР і КФС.	10
2	Програмування мікроконтролерних і комп'ютерних систем для ІР і КФС.	10
3	Комп'ютерне моделювання в пакеті Proteus типових електронних вузлів мікроконтролерних і комп'ютерних систем, аналогових в цифрових інтерфейсів.	10
4	Вивчення платформи LabVIEW для використовується в системах збору та обробки даних і управління технічними об'єктами.	10
5	Вивчення інструментального програмного комплексу промислової автоматизації CoDeSys (Controller Development System)	10
6	Поєднання інтелектуальних мікроконтролерних пристроїв з мікроконтролерною або з комп'ютерною системою для застосування в ІР і КФС.	10
7	Вивчення датчиків технічного зору, температури, тиску, вологості, вібрації, прозорості, радіаційного фону та інших, та їх підключення до мікроконтролерних і комп'ютерних систем.	10
8	Вивчення елементної бази для створення типових електронних вузлів комп'ютерів, мікроконтролерних і комп'ютерних систем Для ІР і КФС.	10
9	Комп'ютерне моделювання в пакеті Proteus типових електронних вузлів комп'ютерів, мікроконтролерних і комп'ютерних систем для ІР і КФС.	16
10	Підготовка до практичних занять.	16
11	Підготовка до контрольних робіт	4
	<b>Разом</b>	<b>116</b>

### 6. Індивідуальні завдання

За бажанням студенту надається індивідуальне завдання і пропонується тема для теоретичного або експериментального наукового дослідження.

### 7. Методи навчання

На досягнення освітніх цілей спрямовані такі методи навчання студентів:

– практичні (використовують для пізнання дійсності, формування навичок і вмінь, поглиблення знань. Під час їх застосування використовуються такі прийоми: планування виконання завдання, постановка завдання, оперативне стимулювання, контроль і регулювання, аналіз результатів, визначення причин недоліків);

– пояснювальне-ілюстративний (використовують для викладання й засвоєння нового навчального матеріалу, фактів, підходів, оцінок, висновків тощо);

– репродуктивний (для застосування студентами вивченого на основі зразка або правила, алгоритму, що відповідає інструкціям, правилам, в аналогічних до представленого зразка ситуаціях);

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

## 8. Методи контролю

Поточний контроль – *контрольна робота*, звіти з виконання практичних і самостійних робіт. Підсумковий контроль - *екзамен* – *письмово*.

Проміжний контроль знань студентів здійснюється регулярно на лекційних і лабораторних заняттях шляхом їх опитування з пройденого матеріалу.

## 9. Схема нарахування балів

Поточний контроль, самостійна робота, індивідуальні завдання			Екзамен	Сума
Розділ 1- 6	Контрольні роботи	Індивідуальне завдання		
40	20	60	40	100

## КРИТЕРІЇ ОЦІНКИ УСПІШНОСТІ ТА РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Підсумковий контроль знань здійснюється на екзамені за 100 бальною системою і перерахуванням в 4-бальну згідно таблиці шкали оцінювання.

Робота на практичних (лабораторних) заняттях оцінюється до 4 балів за кожну тему з восьми в семестрі. Всього максимальна оцінка за практичні (лабораторні) заняття складає 32 балів. Бали за кожну тему практичного (лабораторного) заняття бали нараховуються таким чином:

Результати роботи з кожної теми оформлюються у вигляді звіту, який складається з текстової частини, розрахованих значень, таблиць та графіків згідно завдання.

При цьому за оформлення:

- обчисленні результати зрозумілі, таблиці та графіки виконані акуратно і згідно завдання – студент отримує 2 бала;
- обчисленні результати не зовсім зрозумілі, таблиці і графіки виконані неакуратно або не зовсім зрозумілі - 1 бал;

За захист теми:

Захист лабораторних робіт – це відповідь на контрольні питання. Кількість питань визначає викладач за результатами представлених результатів, але не менше ніж 3. Кожне контрольне питання оцінюється таким чином:

- повна відповідь – кількість балів дорівнює 2;
- неповна відповідь, або відповідь, що містить незначні та некритичні помилки чи суперечності – 1 бала;
- відповідь, що містить критичні помилки або відсутність відповіді – 0 балів.

Умовою допуску до екзамену є обов'язкове виконання контрольної роботи, максимальна оцінка за яку складає 8 балів, і присутність більш як на 50% практичних занять

При розробці критеріїв оцінки контрольної роботи за основу беруться повнота і правильність виконання завдань.

**А саме:**

**Оцінка 8 виставляється за:**

- знання і розуміння програмного матеріалу в повному обсязі;
- послідовний, логічний, обґрунтований, безпомилковий виклад матеріалу;
- вільне формування висновків та узагальнень;
- самостійне застосування знань в конкретних ситуаціях;
- правильне, охайне оформлення контрольної роботи.

**Оцінка 6 виставляється за:**

- знання і розуміння програмного матеріалу в повному обсязі;
- послідовний, логічний, безпомилковий виклад матеріалу;

- формування висновків та узагальнень;
- допущення окремих несуттєвих помилок;
- коли відповідь в основному відповідає вимогам, що і відповідь на оцінку «відмінно», але студент допускає незначні помилки, які не впливають у цілому на загальне рішення задачі.

**Оцінка 4 виставляється за:**

- знання і розуміння тільки основного матеріалу;
- спрощений і неповний виклад матеріалу;
- допущення окремих суттєвих помилок;
- коли студент в основному виконав завдання, але не глибоко володіє матеріалом, його знання мають розрізнений характер, допускаються помилки, які можна легко виправити і не викликають поважних ускладнень.

**Оцінка 2 виставляється за:**

- поверхове знання і розуміння основного матеріалу;
- спрощений і непослідовний виклад матеріалу з допущенням істотних помилок;
- відсутність узагальнень і висновків;
- коли студент не орієнтується, дає невірну відповідь, має слабкі теоретичні знання.

На письмовий екзамен кожному студенту випадковим чином надається екзаменаційний квиток, який містить 4 питання, вичерпна відповідь на кожне з них зараховується як 10 балів, що дає в сумі максимальні 40 балів за підсумковий залік. Часткова відповідь на кожне питання знижує максимальну оцінку до меншої кількості балів **пропорційно** тому, яку частину від повної відповіді на це питання містить письмова робота студента.

**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.: Introductation to Embedded Systems.- A Cyber Physical Systems Approach.- 2011
6. Кучерявый А.Е. Интернет вещей//Электросвязь.-2013.-№1.-С.21-24.

7. Росляков А.В. и др. Интернет вещей.- Самара: ПГУТИ, ООО «Из-во Ас Гард». 2014
8. Сара Хэррис, Дэвид Хэррис. Цифровая схемотехника и архитектура компьютера. Второе издание, Нью-Йорк: Elsevier.: 2013
9. ЖАБИН В.И., ЖУКОВ І.А., КЛИМЕНКО І.А., ТКАЧЕНКО В.В. Прикладна теорія цифрових автоматів. – К. НАУ, 2009. – 463 с.
10. ЖАБИН В.И., ЖУКОВ І.А., ТКАЧЕНКО В.В., КЛИМЕНКО І.А. Мікропроцесорні системи: Навчальний посібник. – К. Видавництво «СПД Гуральник», 2009. – 492 с.

#### **Допоміжна література**

1. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике : производственно-практическое издание / А. А. Алямовский [и др.]. - СПб. : БХВ-Петербург, 2005. - 799 с. : ил.
2. Автоматизация проектирования электротехнических систем и устройств: Учебное пособие для вузов / Д. А. Аветисян. - М. : Высшая школа, 2005. - 510[2] с. : ил. - Библиогр.: с. 508-509. - ISBN 5-06-004824-1
3. Герман-Галкин С.Г. Matlab & Simulink. Проектирование мехатронных систем на ПК. М. : Корона-Век, 2008 г., 368 стр. - ISBN 978-5-903383-39-9
4. Динц К.М., Куприянов А.А. Схемотехника и проектирование печатных плат. P-CAD 2006, 2009 г. - М.: Наука и техника, 443 с.
5. Стемпковский А.Л. Актуальные проблемы моделирования в системах автоматизации схемотехнического проектирования., 2003г. – М.:Наука, 430 с.

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

1. Федеральный портал "["Российское образование"](http://www.edu.ru/) : [Електронний ресурс] // ФГАОУ ДПО ЦРГОП и ИТ, 2002-2018. URL:<http://www.edu.ru/>
2. Федеральний центр інформаційно-образовательних ресурсів: [Електронний ресурс] // Российское образование, 2017. URL: [www.fcior.edu.ru](http://www.fcior.edu.ru).
3. Компьютерное моделирование электронных схем: [Електронний ресурс] // AudioKiller, 2005 -2017. URL:[www.electroclub.info/article/comp\\_modeling.htm](http://www.electroclub.info/article/comp_modeling.htm)
4. Национальный Открытый Университет «ИНТУИТ»: [Електронний ресурс] // НОУ «ИНТУИТ», 2003 – 2019/ URL:<http://www.intuit.ru/>
5. Wikipedia: [Електронний ресурс] // Wikipedia the free encyclopedia, 2001-2017. URL: <http://www.wikipedia.org/>
6. <http://energ.nauu.kiev.ua/>
7. А. Л. ФРАДКОВ. Киберфизические системы: идеи и перспективы: [Електронний ресурс] // 24 мая 2019. URL: [https://vspu2019.ipu.ru/files/A\\_Fradkov%20CyberPhysSyst.pdf](https://vspu2019.ipu.ru/files/A_Fradkov%20CyberPhysSyst.pdf)

#### **Программные средства с открытым кодом:**

8. Autodesk Circuits (<http://circuits.io>)
9. OpenSCAD (<http://www.openscad.org>)
10. Marlin (<http://marlinfw.org>)
11. Arduino (<http://arduino.cc>)

12. Repetier (<https://www.repetier.com>)
13. Electronics Workbench 5.12 - програма для моделювання електронних схем.
14. MicroCAP 8 - програма для моделювання електронних схем.
15. Multisim 7 - сучасна система комп'ютерного моделювання.
16. PROTEUS VSM - система віртуального моделювання схем.
17. Системи автоматизації проектування Quartus, Xilinx