

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”

Проректор  
з науково-педагогічної роботи

Антон ПАКТЕЛЕЙМОНОВ

« 2021 р.

**РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ**

**Кіберфізичні системи. Інтернет речей**

рівень вищої освіти	другий (магістерський) рівень
галузь знань	15 Автоматизація та приладобудування
спеціальність	151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітня програма	Комп'ютеризовані системи управління та автоматика
вид дисципліни	за вибором
факультет	комп'ютерних наук

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

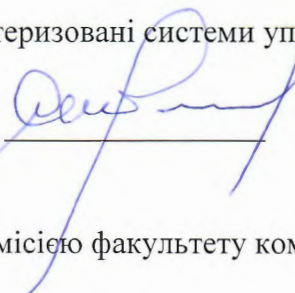
Завідувач кафедри електроніки та управляючих систем



Микола СТЕРВОЄДОВ

Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

Гарант освітньої програми «Комп'ютеризовані системи управління та автоматика»

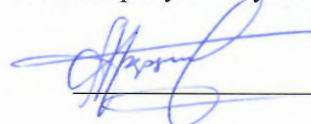


Сергій ШМАТКОВ

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 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології».

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 концепції розробки різнорідних 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 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 генерувати нові ідеї (креативність)..

*Спеціальні (фахові, предметні) компетентності*

- ФК01. Здатність здійснювати автоматизацію складних технологічних об'єктів та комплексів, створювати кіберфізичні системи на основі інтелектуальних методів управління та цифрових технологій з використанням баз даних, баз знань, методів штучного інтелекту, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв
- ФК03. Здатність застосовувати методи моделювання та оптимізації для дослідження та підвищення ефективності систем і процесів керування складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами;
- ФК04. Здатність аналізувати складні наукоємні системи і комплекси як об'єкти автоматизації, визначати способи та стратегії їх автоматизації та цифрової трансформації;
- ФК05. Здатність інтегрувати знання з інших галузей, застосовувати системний підхід та враховувати нетехнічні аспекти при розв'язанні інженерних задач та проведенні наукових досліджень;
- ФК06. Здатність застосовувати сучасні методи теорії автоматичного керування для розроблення автоматизованих систем управління процесами та об'єктами;
- ФК07. Здатність застосовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для розв'язання складних задач і проблем автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій;
- ФК08. Здатність розробляти функціональну, технічну та інформаційну структуру комп'ютерно-інтегрованих систем управління організаційно-технологічними комплексами із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, програмно-технічних керуючих комплексів, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв та засобів людино-машинного інтерфейсу

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 Інтернета 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).*

- ПРН01. Створювати системи автоматизації, кіберфізичні системи на основі використання інтелектуальних методів управління, баз даних та баз знань, цифрових та мережевих; технологій, робототехнічних та інтелектуальних мехатронних пристроїв;
- ПРН02. Створювати високонадійні системи автоматизації з високим рівнем функціональної та інформаційної безпеки програмних та технічних засобів;
- ПРН03. Застосовувати спеціалізовані концептуальні знання, що включають сучасні наукові здобутки, а також критичне осмислення сучасних проблем у сфері автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій для розв'язування складних задач професійної діяльності;
- ПРН04. Застосовувати сучасні підходи і методи моделювання та оптимізації для дослідження та створення ефективних систем автоматизації складними технологічними та організаційно- технічними об'єктами;
- ПРН07. Аналізувати складні наукоємні системи у певній галузі діяльності як об'єкти автоматизації і визначати стратегію їх автоматизації та цифрової трансформації;
- ПРН08. Застосовувати сучасні математичні методи, методи теорії автоматичного керування, теорії надійності та системного аналізу для дослідження та створення систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, кіберфізичних систем;
- ПРН09. Розробляти функціональну, організаційну, технічну та інформаційну структури систем автоматизації складними технологічними та організаційно-технічними об'єктами, розробляти програмно-технічні керуючі комплекси із застосуванням мережевих та інформаційних технологій, промислових контролерів, мехатронних компонентів, робототехнічних пристроїв, засобів людино-машинного інтерфейсу;
- ПРН10. Розробляти і використовувати спеціалізоване програмне забезпечення та цифрові технології для створення систем автоматизації складними організаційно-технічними об'єктами, професійно володіти спеціальними програмними засобами;
- ПРН11. Дотримуватись норм академічної доброчесності, знати основні правові норми щодо захисту інтелектуальної власності, комерціалізації результатів науково-дослідної, винахідницької та проектної діяльності;
- ПРН12. Збирати необхідну інформацію, використовуючи науково-технічну літературу, бази даних та інші джерела, аналізувати і оцінювати її;
- ПРН13. Знати методи управління процесами різної природи, які побудовані на основі сучасних а перспективних методів математики, системного аналізу, штучного інтелекту;
- ПРН14. Вміти виконувати роботи з проектування систем автоматизації, знати зміст і правила оформлення проектних матеріалів, склад проектної документації та послідовність виконання проектних робіт з врахуванням вимог відповідних нормативно-правових документів та міжнародних стандартів.

## **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.: Introdaction to Embedded Systems.- A Cyber Physical Systems Approach.- 2011

6. Сара Хэррис, Дэвид Хэррис. Цифрова схемотехніка та архітектура комп'ютера. Второе издание, 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.

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

1. Wikipedia: [Електронний ресурс] // Wikipedia the free encyclopedia, 2001-2017. URL: <http://www.wikipedia.org/>
2. <http://energ.nauu.kiev.ua/>

#### **Программные средства с открытым 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