

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

“ЗАТВЕРДЖУЮ”



Проректор

за науково-педагогічної роботи

Олександр ГОЛОВКО

» _____ 2022 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>

2022 / 2023 навчальний рік

Програму рекомендовано до затвердження Вченою радою факультету комп'ютерних наук
«29» серпня 2022 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 «29» серпня 2022 року № 12

В.о. завідувача кафедри електроніки та управляючих систем


_____ Максим ХРУСЛОВ

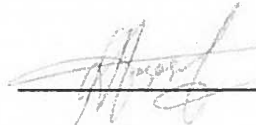
Програму погоджено з гарантом освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»

Гарант освітньої програми «Комп'ютерна інженерія»


_____ Олена ТОЛСТОЛУЗЬКА

Програму погоджено науково-методичною комісією факультету комп'ютерних наук
Протокол від «29» серпня 2022 року № 1

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 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 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 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).

- 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 (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
1 семестр						
Розділ 1. «Базові принципи та архітектура Інтернету речей (IP) і кіберфізичних систем (КФС)»						
Разом за розділом	20	4	4			12
Розділ 2. «Мікроконтролери в КФС і IP. Цифрові і аналогові інтерфейси»						
Разом за розділом	34	6	6			22
Розділ 3 «Технології інтернету речей і кіберфізичних систем»						
Разом за розділом	38	6	6			26
Розділ 4 «Розробка кіберфізичних систем на базі мікропроцесорних пристроїв»						
Разом за розділом	40	6	6			28
Розділ 5 «Протоколи та засоби обміну даними в КФС і IP»						
Разом за розділом	20	4	4			12
Розділ 6. «Підвищення продуктивності та надійності КФС і IP»						
Разом за розділом	28	6	6			16
Усього годин	180	32	32			116

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
	Разом	36

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
	Разом	116

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	Разом		
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. 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.

11. 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
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