

ЗАТВЕРДЖУЮ

Декан

ФІТ

Савенко О.С.

1

вересня

2022 р.

РОБОЧА ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

Системне програмування та Інтернет речей

Назва

Галузь знань 12 – Інформаційні технології

Спеціальність 123 – Комп'ютерна інженерія очна денна форма здобуття освіти

Освітня програма – Комп'ютерна інженерія та програмування

Статус дисципліни: обов'язкова, дисципліна професійної підготовки

Факультет – Інформаційних технологій

Кафедра – Кафедра комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Форма здобуття освіти	Курс	Семестр	Загальне навантаження		Кількість годин							Форма семестрового контролю			
			Кредити ЄКТС	Години	Аудиторні заняття							Курсовий проект	Курсова робота	Залік	Іспит
					Разом	Лекції	Лабораторні роботи	Практичні заняття	Індивідуальна робота студента	Самостійна робота, в т.ч. ПРС					
ОД	4	7	4.0	120	51	17	34			69	-	-		+	
Разом			4.0	120	51	17	34			69	-	-		1	

Робоча програма складена на основі стандарту вищої освіти зі спеціальності 123 Комп'ютерна інженерія, освітньо-професійної програми та навчального плану

Програма складена



Підпис

Бобровніковою К.Ю.

Ініціали, прізвище викладача(ів)

Схвалена на засіданні кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем

Протокол №1 від 12.08.2022 р.

Зав. кафедри комп'ютерної інженерії та інформаційних систем



Підпис

Говорущенко Т.О.

Ініціали, прізвище

Робоча програма розглянута та схвалена Вченою радою факультету інформаційних технологій

Голова Вченої ради



Підпис

Савенко О.С.

Ініціали, прізвище

ВСТУП

Мета викладання дисципліни. Дисципліна “Системне програмування та Інтернет речей” відноситься до циклу дисциплін професійної підготовки, забезпечує базову підготовку студентів спеціальності “Комп’ютерна інженерія” з системного програмування та проектування і програмування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей на базі апаратної платформи Arduino, мікроконтролерів (ESP32, ESP8266 тощо), плат розширення, модулів та давачів, що використовуються для побудови пристроїв Інтернету речей.

Метою курсу є оволодіння студентами базовими поняттями і технологіями системного програмування, а також технологіями проектування і програмування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей, які в подальшому можуть сприяти їх успішному застосуванню в професійній діяльності.

Предмет дисципліни. Основи системного програмування низькорівневою мовою програмування асемблер; проектування і програмування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей низькорівневими та високорівневими мовами програмування.

Завдання дисципліни:

- ознайомити з основними поняттями і визначеннями з системного програмування;
- розглянути апаратно-програмні елементи систем обробки інформації;
- навчити базовим технологіям системного програмування мовою асемблера;
- ознайомити з основними концепціями Інтернету речей;
- вивчити апаратні платформи Інтернету речей;
- розглянути методологію проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей;
- вивчити технології доступу до програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей;
- розглянути основи аналізу даних Інтернету речей та допоміжних послуг;
- навчити проектувати та програмувати програмно-апаратні пристрої Інтернету речей низькорівневими та високорівневими мовами програмування.

Після вивчення дисципліни "Системне програмування та Інтернет речей" студент має досягти таких результатів навчання (сукупність знань, умінь, навичок, компетентностей):

знати:

- основні поняття і визначення з системного програмування, апаратно-програмні елементи систем обробки інформації, базові технології системного програмування мовою асемблера, основні концепції Інтернету речей, технології доступу до програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей, методологію проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей, апаратні платформи Інтернету речей, основи аналізу даних Інтернету речей та допоміжних послуг та новітні технології в галузі системного програмування та Інтернету речей;

уміти:

- застосовувати знання базових понять і технологій системного програмування, а також технологій проектування і програмування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей для ідентифікації, формулювання і розв’язування технічних задач комп’ютерної інженерії, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей;
- застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації систем обробки інформації та програмно-технічних засобів в галузі Інтернету речей для вирішення технічних задач проектування та програмування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей;
- розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем Інтернету речей, експлуатувати типові обладнання Інтернету речей;
- використовувати базові знання сучасних інформаційних систем та технологій, навички системного програмування, технології безпечної роботи в Інтернеті речей, технології розроблення програм мовами високого рівня для проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей;
- поєднувати теорію і практику системного програмування та Інтернету речей, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів;

- виконувати експериментальні дослідження в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- виявляти, ставити та вирішувати проблеми в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- розв'язувати задачі аналізу та синтезу програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей;
- якісно виконувати роботу з вирішення задач в галузі системного програмування та Інтернету речей та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики;
- системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- спілкуватись усно та письмово з професійних питань українською та англійською мовою;
- використовувати інформаційні технології для ефективного спілкування на професійному та соціальному рівнях;

бути здатним:

- до розуміння предметної галузі системного програмування та Інтернету речей та професійної діяльності;
- розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в галузі системного програмування та Інтернету речей, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов;
- застосовувати знання технологій системного програмування та методології проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей у практичних ситуаціях;
- розв'язувати задачі з системного програмування та проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей та приймати відповідні рішення;
- створювати системне та прикладне програмне забезпечення в галузі Інтернету речей;
- використовувати та керувати сучасними інформаційними технологіями в галузі Інтернету речей, технологіями системного програмування, методиками й техніками кібербезпеки під час проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей;
- використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення в галузі Інтернету речей;
- забезпечувати проектування та розроблення якісних програмних і технічних засобів в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції інфраструктури Інтернету речей, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності;
- використовувати інформаційні та комунікаційні технології в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- застосовувати законодавчу та нормативно-правову базу, а також державні та міжнародні вимоги, практики і стандарти з метою здійснення професійної діяльності в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- вчитися і оволодівати сучасними знаннями в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- розробляти бізнес-рішення та оцінювати нові технологічні пропозиції в галузі Інтернету речей;
- адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати рішення в галузі системного програмування та Інтернету речей;
- усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань в галузі системного програмування та Інтернету речей, удосконалення креативного мислення;
- спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

Компетентності, на формування яких спрямовано ОК:

Інтегральна – Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями.

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях.

ЗК4. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово.

ЗК7. Вміння виявляти, ставити та вирішувати проблеми.

ЗК11. Здатність до розуміння предметної галузі та професійної діяльності.

ЗК12. Здатність використовувати інформаційні та комунікаційні технології.

ЗК13. Здатність розв'язувати поставлені задачі та приймати відповідні рішення.

ФК1. Здатність застосовувати законодавчу та нормативно-правову базу, а також державні та міжнародні вимоги, практики і стандарти з метою здійснення професійної діяльності в галузі комп'ютерної інженерії.

ФК2. Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.

ФК3. Здатність створювати системне та прикладне програмне забезпечення комп'ютерних систем та мереж.

ФК7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень, брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

ФК17. Здатність забезпечувати проектування та розроблення якісних програмних і технічних засобів комп'ютерних систем та мереж.

ФК18. Здатність розробляти бізнес-рішення та оцінювати нові технологічні пропозиції.

ФК20. Здатність використовувати та керувати сучасними інформаційними технологіями, технологіями комп'ютерної інженерії, методиками й техніками кібербезпеки під час виконання функціональних завдань та обов'язків.

Програмні результати навчання, на забезпечення яких спрямовано ОК:

ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати типове для спеціальності обладнання.

ПРН11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

ПРН14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

ПРН15. Вміти виконувати експериментальні дослідження за професійною тематикою.

ПРН17. Спілкуватись усно та письмово з професійних питань українською мовою та однією з іноземних мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською).

ПРН18. Використовувати інформаційні технології для ефективного спілкування на професійному та соціальному рівнях.

ПРН19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

ПРН20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобуття нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

ПРН21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

ПРН23. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого рівня із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування для розв'язання задач проектування і використання програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж.

СИСТЕМНЕ ПРОГРАМУВАННЯ ТА ІНТЕРНЕТ РЕЧЕЙ

Тип дисципліни	Обов'язкова
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський)
Мова викладання	Українська
Семестр	7
Кількість встановлених кредитів ЄКТС	4
Форма здобуття освіти	Очна денна

Результати навчання. Студент, який успішно завершив вивчення дисципліни, повинен:

ПРН3. Знати новітні технології в галузі комп'ютерної інженерії.

ПРН6. Вміти застосовувати знання для ідентифікації, формулювання і розв'язування технічних задач спеціальності, використовуючи методи, що є найбільш придатними для досягнення поставлених цілей.

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати типове для спеціальності обладнання.

ПРН11. Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.

ПРН14. Вміти поєднувати теорію і практику, а також приймати рішення та виробляти стратегію діяльності для вирішення завдань спеціальності з урахуванням загальнолюдських цінностей, суспільних, державних та виробничих інтересів.

ПРН15. Вміти виконувати експериментальні дослідження за професійною тематикою.

ПРН17. Спілкуватись усно та письмово з професійних питань українською мовою та однією з іноземних мов (англійською, німецькою, італійською, французькою, іспанською).

ПРН18. Використовувати інформаційні технології для ефективного спілкування на професійному та соціальному рівнях.

ПРН19. Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

ПРН20. Усвідомлювати необхідність навчання впродовж усього життя з метою поглиблення набутих та здобутих нових фахових знань, удосконалення креативного мислення.

ПРН21. Якісно виконувати роботу та досягати поставленої мети з дотриманням вимог професійної етики.

ПРН23. Використовувати базові знання інформатики й сучасних інформаційних систем та технологій, навички програмування, технології безпечної роботи в комп'ютерних мережах, методи створення баз даних та інтернет-ресурсів, технології розроблення алгоритмів і комп'ютерних програм мовами високого рівня із застосуванням об'єктно-орієнтованого програмування для розв'язання задач проектування і використання програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж.

Зміст навчальної дисципліни. Системне програмування низькорівневою мовою програмування асемблер. Апаратно-програмні елементи системи обробки інформації. Структура програмного забезпечення системи обробки інформації. Сегментація пам'яті. Зміщення в сегментах. Стек. Регістри процесора. Система команд процесора. Структура машинної команди. Способи задання операндів команди. Операнди та адресація. Діагностика помилок. Стандартні вимоги до написання системного програмного забезпечення на мові асемблера. Основні концепції та стандарти в галузі Інтернету речей. Технології, покладені в основу розвитку Інтернету речей. Мережні стандарти і технології. Доступ до мережі та мережні технології IoT фізичного рівня: LPWAN, Cellular, Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee, NFC, RFID, Wifi, Ethernet. Бездротові стандарти зв'язку в Інтернеті речей: IEEE 802.15.4, 802.11ah, LoRaWAN. Мережні технології IoT рівня Інтернету: IPv6, 6LoWPAN, RPL. Мережні технології IoT прикладного рівня: MQTT, AMQP, XMPP. Мережі 5G. Стандарти сумісності Інтернету речей. Еталонні моделі Інтернету речей. Безпека в Інтернеті речей. Зв'язок M2M. SCADA. Стратегії проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Апаратно-технічне забезпечення Інтернету речей. Протоколи керування програмно-апаратними пристроями. Arduino як апаратна платформа для проєктів Інтернету речей. Написання асемблерних вставок та функцій на асемблері при програмуванні Arduino. Апаратне та програмне забезпечення вбудованих систем. Багаторівнева архітектура Інтернету речей. IoT-платформа як проміжне програмне забезпечення. Аналітика даних та допоміжні сервіси в Інтернеті речей. Парадигма хмарних обчислень. Інтернет речей і концепція Індустрії 4.0.

Запланована навчальна діяльність: лекції – 17 год., лабораторні заняття – 34 год., самостійна робота – 69 год.; разом – 120 год.

Методи навчання: словесні, наочні, проблемно-пошукові (лекції); пояснювально-ілюстративні, практичні, частково-пошукові (лабораторні заняття), дослідницькі, частково-пошукові (самостійна робота: індивідуальні завдання).

Форми оцінювання результатів навчання: захист лабораторних робіт, тестовий контроль, підсумковий контрольний захід.

Форма семестрового контролю: іспит

Навчальні ресурси:

1. Duntemann J. Assembly Language Step-by-Step: Programming with Linux. Wiley, 3rd edition, 2019, 656 p.
2. Рисований А. Н. Системне програмування, Ч.2. Розширені можливості програмування в середовищі masm64, Харків : «Слово», 2017.
3. Akuyou Keith. Learn Multiplatform Assembly Programming. Independently published 2021, 270 p.
4. Жураковський Б. Ю. Технології Інтернету речей. Навчальний посібник, Київ : КІП, 2021.
5. Lea, Perry. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. Packt Publishing Ltd, 2018.
6. Bobrovnikova, K., Lysenko, S., Popov, P., Denysiuk, D. Technique for IoT Cyberattacks Detection Based on the Energy Consumption Analysis, CEUR-WS, 2021, Vol-2853, Pp 614-626.
7. Модульне середовище для навчання MOODLE. Доступ до ресурсу: <https://msn.khnu.km.ua/course/view.php?id=7520>
8. Електронна бібліотека університету. Доступ до ресурсу: http://lib.khnu.km.ua/asp/php_f/page_lib.php

Викладач: кандидат технічних наук, доцент Бобровнікова К.Ю.

1. СТРУКТУРА ЗАЛІКОВИХ КРЕДИТІВ ДИСЦИПЛІНИ

Назва теми	Кількість годин, відведених на:		
	Лекції	Лабораторні роботи	СРС
Тема 1. Системне програмування низькорівневою мовою програмування асемблер.	8	20	40
Тема 2. Концепції та стандарти Інтернету речей.	2	-	4
Тема 3. Теорія та методологія проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей.	6	12	20
Тема 4. Практичне застосування Інтернету речей. Безпека в Інтернеті речей.	2	2	5
<i>Загалом:</i>	16/18	34	69

2. ПРОГРАМА НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

2.1. Зміст лекційного курсу

Номер лекції	Перелік тем лекцій, їх анотації	Кількість годин
1.	<p>Тема 1. Системне програмування низькорівневою мовою програмування асемблер.</p> <p>Лекція № 1. Системне програмування. Основні поняття і визначення. Апаратно-програмні елементи системи обробки інформації.</p> <p>Програми та програмне забезпечення. Вступ в системне програмування. Етапи підготовки програми. Структура програмного забезпечення системи обробки інформації. Загальні поняття про архітектуру системи обробки інформації. Сегментація пам'яті. Зміщення в сегментах. Операційна система, завантаження програм. Стек. Регістри процесора. Структура машинної команди. Способи задання операндів команди.</p> <p>Літ. [1, 2, 5]</p>	2
2.	<p>Тема 1. Системне програмування низькорівневою мовою програмування асемблер.</p> <p>Лекція № 2. Трансляція, компонування і виконання програм на асемблері.</p> <p>Створення вихідного програмного модуля. Асемблювання вихідної програми. Компонування об'єктного файлу. Виконання програми. Лістинг з перехресними посиланнями і лічильник положення в асемблері. Спрощені директиви сегментів. Діагностика помилок. Ініціалізація в захищеному режимі.</p> <p>Літ. [1-3]</p>	2
3.	<p>Тема 1. Системне програмування низькорівневою мовою програмування асемблер.</p> <p>Лекція № 3. Вимоги до написання програм на мові асемблер. Операнди та адресація.</p> <p>Стандартні вимоги до написання системного програмного забезпечення на мові асемблера. Речення мови асемблера. Директиви. Структура системи команд. Типи операндів. Способи адресації операндів в пам'яті. Система команд процесора.</p> <p>Літ. [1, 2, 4]</p>	2
4.	<p>Тема 1. Системне програмування низькорівневою мовою програмування асемблер.</p> <p>Лекція № 4. Команди арифметичних операцій та передачі управління на асемблері. Модульне програмування.</p> <p>Логічні команди. Команди зсуву. Арифметичні операції над цілими двійковими числами. Команди перетворення типів. Інші корисні команди. Команди передачі управління. Безумовні переходи. Процедури. Умовні переходи. Команда порівняння стр. Команди умовного переходу. Організація циклів. Модульне програмування.</p> <p>Літ. [1, 2, 4]</p>	2
5.	<p>Тема 2. Концепції та стандарти Інтернету речей.</p> <p>Лекція № 5. Основні концепції та стандарти в галузі Інтернету речей. Мережні технології Інтернету речей. Еталонні моделі Інтернету речей.</p> <p>Екосистема Інтернету речей. Технології, покладені в основу розвитку Інтернету речей. Еволюція Інтернету речей. Інфраструктура Інтернету речей. Давачі, виконавчі механізми, розумні об'єкти та підключення розумних об'єктів. Мережні стандарти і технології. Доступ до мережі та мережні технології IoT фізичного рівня: LPWAN, Cellular, Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee, NFC, RFID, Wifi, Ethernet. Мережні технології IoT рівня Інтернету: IPv6, 6LoWPAN, RPL. Обмежені вузли, обмежені мережі. Мережні технології IoT прикладного рівня: MQTT, AMQP, XMPP. Мережі 5G. Стандарти сумісності Інтернету речей. Еталонні моделі Інтернету речей. Еталонна модель Всесвітнього форуму IoT (IoTWF). Фреймворк безпеки IoT. Проблеми, пов'язані з мережами Інтернету речей. Діапазон. Пропускна здатність. Споживання електроенергії. Переривчасте підключення. Сумісність. Безпека. Зв'язок M2M. Архітектура Інтернету речей. Функціональний стек Інтернету речей. Туман, периферійні пристрої та хмара в Інтернеті речей.</p>	2

	Туманні обчислення. Граничні обчислення. Функціональні блоки екосистеми Інтернету речей. Літ. [6-8, 14]	
6.	Тема 3. Теорія та методологія проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Лекція № 6. Мережні технології доступу до програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Бездротові стандарти зв'язку в Інтернеті речей. Технологія бездротового доступу IEEE 802.15.4. Фізичний та MAC рівні IEEE 802.15.4. Топологія та безпека IEEE 802.15.4. Конкурентні технології. Технологія бездротового доступу 802.11ah. Фізичний та MAC рівні 802.11ah. Топологія та безпека 802.11ah. Конкурентні технології. Технологія бездротового доступу LoRaWAN. Фізичний та MAC рівні LoRaWAN. Топологія та безпека LoRaWAN. Конкурентні технології. Мережний рівень: обмежені вузли, обмежені мережі, версії IP. 6LoWPAN. Застосування транспортного протоколу. SCADA. Адаптація SCADA для IP. Протоколи прикладного рівня Інтернету речей: CoAP та MQTT. Літ. [12, 13]	2
7.	Тема 3. Теорія та методологія проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Лекція № 7. Стратегії проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Апаратно-технічне забезпечення Інтернету речей. Керування програмно-апаратними пристроями Інтернету речей. Стратегії проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Багаторівнева архітектура Інтернету речей. Рівень пристроїв. Граничний рівень. Хмарний рівень. Реалізація «Безпеки за задумом». Автоматизація операцій. Дизайн для сумісності. Компоненти еталонної архітектури Інтернету речей. Специфікація мети і вимог. Специфікація процесу. Специфікація моделі предметної області. Специфікація інформаційної моделі. Специфікації послуг. Специфікація IoT рівня. Специфікація функціонального подання. Специфікація операційного подання. Вибір апаратно-технічних засобів для проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Вимоги до апаратно-технічних засобів в IoT. Апаратні платформи Інтернету речей. Arduino як апаратна платформа для проектів Інтернету речей. Вбудована обчислювальна логіка. Апаратне забезпечення вбудованих систем. Програмне забезпечення вбудованих систем. Будівельні блоки IoT. Рівні архітектури IoT. Сенсорний, комунікаційний та мережевий рівні. Шлюзи та мережевий рівень. Рівень служб керування. Рівень додатків. IoT-платформа як проміжне програмне забезпечення. Стек технологій платформи IoT. Оптимізація розробки додатків IoT за допомогою платформи IoT. Керування програмно-апаратними пристроями Інтернету речей. Проблеми керування програмно-апаратними пристроями. Протоколи керування програмно-апаратними пристроями. Функції керування програмно-апаратними пристроями. Літ. [9-11]	2
8.	Тема 3. Теорія та методологія проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Лекція № 8. Аналітика даних в Інтернеті речей. Інтернет речей, заснований на хмарних технологіях. Структуровані та неструктуровані дані. Дані в русі. Дані в спокої. Дані у використанні. Задачі і проблеми аналітики даних в Інтернеті речей: масштабування даних, волатильність даних, одержання даних. Генерування даних. Одержання даних з Інтернету речей та M2M пристроїв. Валідація даних. Технології зберігання даних. Категоризація даних для зберігання. Збір подій. Сховище даних. Управління центром обробки даних. Управління сервером. Сховище просторових даних. Розподілена аналітика. Гранична аналітика. Аналітика в режимі реального часу. Машинне навчання в проєктах Інтернету речей. Обчислення за допомогою хмарної платформи для додатків/послуг IoT/M2M. Парадигма хмарних обчислень. Сервіси хмарних платформ. Віртуалізація. Властивості та переваги хмарних обчислень. Проблеми хмарних обчислень. Хмарні моделі розгортання. Літ. [10, 11, 13]	2
9.	Тема 4. Практичне застосування Інтернету речей. Безпека в Інтернеті речей.	2

	<p>Лекція № 9. Практичне застосування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей. Безпека в Інтернеті речей.</p> <p>Інтернет речей у побуті, інфраструктурах, будівлях, охороні, промисловості, побутовій техніці, іншому електронному обладнанні. Вимоги до додатків Інтернету речей. Інтернет речей і концепція Індустрії 4.0. Безпека в Інтернеті речей.</p> <p>Літ. [10, 11, 14]</p>	
	<i>Загалом:</i>	16/18

2.2 Зміст лабораторних занять

№ з/п	Тема лабораторного заняття	Кількість годин
1.	Лабораторна робота №1. Загальні принципи побудови програм мовою асемблер. Директиви та операнди асемблера, операції пересилання даних, арифметичні операції, логічні команди та команди зсуву, команди передавання керування. Етапи створення програми мовою асемблера. Архітектура мікропроцесора Intel. Основні директиви та операнди асемблера. Операції пересилання даних. Основні арифметичні операції. Логічні команди та команди зсуву. Команди передавання керування.	4
2.	Лабораторна робота № 2. Організація процедур. Введення-виведення. Організація процедур. API-подібні процедури. Непрямий виклик процедур. Організація введення-виведення.	4
3.	Лабораторна робота №3. Обробка рядків. Організація структур. Команди обробки рядків. Організація структур.	4
4.	Лабораторна робота №4. Динамічні бібліотеки. Макровизначення. Логічні конструкції високого рівня. Створення динамічних бібліотек. Макровизначення. Оператори в макровизначеннях. Макроси циклів. Логічні конструкції високого рівня.	4
5.	Лабораторна робота №5. Написання асемблерних вставок та функцій на асемблері при програмуванні Arduino. Arduino – переваги для розробника. Загальні характеристики Arduino Mega 2560. Загальні характеристики Arduino Uno R3. Встановлення та налаштування Arduino IDE. Написання асемблерних вставок та функцій на асемблері при програмуванні Arduino	4
6.	Лабораторна робота №6. Програмування апаратних компонентів в середовищі Arduino IDE. Програмування кнопки. Опрацювання брязкоту контактів. Програмування датчика температури та вологості DHT11 або DHT22. Програмування дисплея LCD 1602 i2c. Програмування матричної клавіатури 4×3. Програмування сервоприводів. Програмування блоку реле. Програмування RFID модуля. Програмування модуля розпізнавання відбитків пальців AS608.	4
7. *	Лабораторна робота №7. WiFi ESP8266 в проектах Arduino. Підключення NodeMCU ESP8266 до MQTT брокера за допомогою Arduino IDE. Особливості плати ESP8266. Розпінування ESP8266. Використання ESP8266 для зв'язку Ардуїно по WiFi. NodeMCU на базі ESP8266. Принцип роботи протоколу MQTT. Установка брокера Eclipse Mosquitto. Підключення NodeMCU ESP8266 до MQTT брокера за допомогою Arduino IDE.	4
8. *	Лабораторна робота №8. Проектування програмно-апаратного забезпечення Інтернету речей з Home Assistant. Використання Home Assistant в Arduino проектах. Використання бінарного датчика як контактного датчика дверей з Home Assistant. Керування світлодіодом через Home Assistant. Сканування RFID-міток за допомогою модуля MFRC522 з Home Assistant. Додавання кнопок на панель Home Assistant. Додавання інтерактивного числового повзунка на панель Home Assistant. Встановлення з'єднання з брокером MQTT за допомогою облікових даних в Home Assistant.	4
9.	Підсумкове заняття.	2
Загалом:		34

Примітка: * Лабораторна робота може бути зарахована за наявності сертифікатів з проходження курсів (Udemy, Complete Guide to Build IOT Things from Scratch to Market, https://www.udemy.com/course/complete-guide-to-build-iot-things-from-scratch-to-market/?gclid=Cj0KCQiA8aOeBhCWARIsANRFRQFjdetEENR9Pwi8A2T0WcLSnyDt8btDmIIPeUV0T2WLWDR69-3aKCgaAibrEALw_wcB&matchtype=e&utm_campaign=LongTail_la.EN_cc.ROW&utm_content=deal4584&utm_medium=udemyads&utm_source=adwords&utm_term=._ag_77155180457._ad_535632656823._kw_internet+of+things+course._de_c._dm._pl._ti_kwd-437961802235._li_1012868._pd._ та ін.)

2.3 Зміст самостійної (індивідуальної) роботи

Самостійна робота студентів денної форми навчання полягає у систематичному опрацюванні програмного матеріалу, підготовці до виконання і захисту лабораторних робіт, тестування з теоретичного матеріалу, виконанні індивідуальних завдань тощо.

Номер тижня	Вид самостійної роботи	К-ть годин
1.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР1.	4
2.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР1.	4
3.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР2.	4
4.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР2.	4
5.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР3.	4
6.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР3.	4
7.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР4.	4
8.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР4.	4
9.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР5.	4
10.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР5.	4
11.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР6.	4
12.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР6.	4
13.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР7.	4
14.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР7.	4
15.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до ЛР8.	4
16.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до захисту ЛР8.	4
17.	Опрацювання лекційного матеріалу. Підготовка до підсумкового лабораторного заняття. Підготовка до тестування.	5
	<i>Загалом:</i>	69

Керівництво самостійною роботою та контроль за виконанням індивідуального завдання здійснює викладач згідно з розкладом консультацій у позаурочний час.

3. МЕТОДИ НАВЧАННЯ

Лекції проводяться, в основному, з використанням словесних, наочних, проблемно-пошукових методів; лабораторні заняття проводяться пояснювально-ілюстративними методами, практичними та частково-пошуковими методами; самостійна робота передбачає виконання індивідуальних завдань із залученням практичних, дослідницьких, частково-пошукових методів.

4. ФОРМИ І МЕТОДИ ОЦІНЮВАННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ НАВЧАННЯ

Поточний контроль здійснюється під час лекційних та лабораторних занять, а також у дні проведення контрольних заходів, встановлених робочим планом дисципліни.

Семестровий контроль проводиться у формі іспиту. При цьому при виведенні остаточної оцінки враховуються результати поточного контролю.

Кожний вид роботи з дисципліни оцінюється за чотирибальною шкалою. Семестрова підсумкова оцінка визначається як середньозважена з усіх видів навчальної роботи, виконаних і зданих позитивно з врахуванням коефіцієнта вагомості. Вагові коефіцієнти змінюються залежно від структури дисципліни і важливості окремих її видів робіт. Студент, який набрав позитивний середньозважений бал за поточну роботу і не здав підсумковий контрольний захід (іспит), вважається невстигаючим.

При оцінюванні знань студентів використовуються різні засоби контролю, зокрема: усне опитування перед допуском до виконання лабораторної роботи – здійснюється на її початку; засвоєння теоретичного матеріалу з тем перевіряється тестовим контролем; якість виконання, набуття теоретичних знань і практичних навичок перевіряється шляхом захисту кожної лабораторної роботи та індивідуального завдання згідно з робочою програмою дисципліни і робочим навчальним планом.

При оцінюванні знань студентів викладач керується такими критеріями. Оцінка „відмінно”, за шкалою ECTS – A (див. шкалу оцінок), виставляється студенту, який глибоко засвоїв методи розв’язування практичних задач та вмів їх раціонально застосувати. Студент не повинен вагатися при видозміні запитання, повинен робити детальні та узагальнюючі висновки.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – B, отримує студент за повне засвоєння навчального матеріалу, володіння понятійним апаратом, орієнтування у вивченому матеріалі, свідоме використання знань для вирішення практичних завдань, грамотний виклад відповіді, але у змісті і формі відповіді мали місце окремі неточності (похибки), нечіткі формулювання закономірностей тощо. Відповідь студента повинна будуватись на основі самостійного мислення.

Оцінку „добре”, за шкалою ECTS – C, отримує студент за правильну відповідь з однією-двома суттєвими помилками.

Оцінки „задовільно”, за шкалою ECTS – D, заслуговує студент, який виявив знання основного навчально-програмного матеріалу в обсязі, необхідному для подальшого навчання та практичної діяльності за професією, що справляється з виконанням практичних завдань, передбачених програмою. Як правило, відповідь студента будується на рівні репродуктивного мислення, студент слабо знає структуру курсу, допускає помилки у відповіді, засвоїв і набув практичних навичок застосування методів розв’язування практичних задач, але припустився неточностей. Вагається при відповіді на видозмінене запитання, разом з тим студент володіє знаннями, що дозволяють йому під керівництвом викладача усунути неточності у відповіді.

Оцінки „задовільно”, за шкалою ECTS – E, заслуговує студент за неповне опанування програмного матеріалу, але отримані знання і набуті практичні навички застосування технологій розв’язування практичних задач.

Оцінка „незадовільно”, за шкалою ECTS – FX, виставляється, коли студент має розрізнені, безсистемні знання, не вмів виділяти головне і другорядне, допускається помилок у визначенні понять, перекручує їх зміст, хаотично і невпевнено викладає матеріал, не може використовувати знання при вирішенні практичних завдань.

Як правило, оцінка „незадовільно”, за шкалою ECTS – F, виставляється студенту, який не може продовжити навчання без додаткових знань з курсу.

Як результати навчання, отримані у неформальній освіті, зокрема онлайн-курси Udemy, Complete Guide to Build IOT Things from Scratch to Market, https://www.udemy.com/course/complete-guide-to-build-iot-things-from-scratch-to-market/?gclid=Cj0KCQiA8aOeBhCWARIsANRFRQFjdetEENR9Pwi8A2T0WcLSnyDt8btDmIIPeUV0T2WLWDR69-3aKCgaAibrEALw_wcB&matchtype=

e&utm_campaign=LongTail_la.EN_cc.ROW&utm_content=deal4584&utm_medium=udemyads&utm_source=adwords&utm_term=._ag_77155180457._ad_535632656823._kw_internet+of+things+course_._de_c._dm._pl._ti_kwd-437961802235._li_1012868._pd._ може бути зараховано виконання двох лабораторних робіт.

На основі результатів поточного контролю і підсумкового контрольного заходу виставляється підсумкова семестрова оцінка. На основі аналізу контролю знань викладач удосконалює курс лекцій, звертаючи особливу увагу на ті розділи, чи теми, з яких було найбільше неточних відповідей, що свідчить про методичні чи інші недоліки при висвітленні вказаних тем або розділів. Аналогічно вносяться корективи в методичні посібники для лабораторних робіт, детальніше розглядаються принципові питання при виконанні лабораторних робіт та їх захисті.

Структурування дисципліни за видами робіт і оцінювання результатів навчання студентів денної форми навчання у семестрі за ваговими коефіцієнтами

Аудиторна робота								Самостійна, індивідуальна робота	Форма семестрового контролю
VII семестр									
Лабораторні роботи №:								Тестовий контроль:	Іспит
1	2	3	4	5	6	7	8	Т 1-4	1
ВК: 0,4								0,2	0,4

Примітка: Т – тема дисципліни; ВК – ваговий коефіцієнт.

Для переходу від вітчизняної оцінки до оцінки за шкалою ECTS необхідно знайти середньоарифметичну оцінку за вітчизняною шкалою, помножити її на відповідний ваговий коефіцієнт і, додавши всі складові, отримаємо суму балів, які визначають конкретну оцінку ECTS.

Оцінювання тестових завдань

Тематичний тест для кожного студента складається з двадцяти тестових завдань, кожне з яких оцінюється одним балом. Максимальна сума балів, яку може набрати студент, складає 20. Оцінювання здійснюється за чотирибальною шкалою. Відповідність набраних балів за тестове завдання оцінці, що виставляється студенту, представлена у нижченаведеній таблиці.

Сума балів за тестове завдання	1–11	12–14	15–18	19-20
Оцінка	2	3	4	5

Тестування проводиться з використанням модульного середовища для навчання MOODLE. Правильні відповіді студент реєструє в онлайн режимі в модульному середовищі MOODLE. Викладач виставляє результати тестування згідно журналу оцінок модульного середовища MOODLE. Підсумкова семестрова оцінка за національною шкалою і шкалою ECTS встановлюється в автоматизованому режимі після внесення усіх оцінок до електронного журналу. Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS наведені у наступній таблиці.

Співвідношення вітчизняної шкали оцінювання і шкали оцінювання ECTS

Оцінка ECTS	Інституційна шкала балів	Інституційна оцінка	Критерії оцінювання	
A	4,75-5,00	5	Зараховано	
B	4,25-4,74	4		Відмінно – глибоке і повне опанування навчального матеріалу і виявлення відповідних умінь та навиків.
C	3,75-4,24	4		Добре – повне знання навчального матеріалу з кількома незначними помилками.
D	3,25-3,74	3		Добре – в загальному правильна відповідь з двома-трьома суттєвими помилками.
E	3,00-3,24	3		Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, але достатнє для практичної діяльності за професією.
FX	2,00-2,99	2	Незараховано Задовільно – неповне опанування програмного матеріалу, що задовольняє мінімальні критерії оцінювання Незадовільно – безсистемність одержаних знань і неможливість продовжити навчання без додаткових знань з дисципліни	

F	0,00-1,99	2		Незадовільно – необхідна серйозна подальша робота і повторне вивчення дисципліни.
---	-----------	---	--	--

5. ПИТАННЯ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЮ СТУДЕНТІВ

1. Етапи підготовки програми на асемблері.
2. Структура програмного забезпечення системи обробки інформації.
3. Загальні поняття про архітектуру системи обробки інформації..
4. Сегментація пам'яті.
5. Зміщення в сегментах.
6. Стек.
7. Регістри процесора.
8. Структура машинної команди.
9. Способи задання операндів команди.
10. Лістинг з перехресними посиланнями і лічильник положення в асемблері.
11. Спрощені директиви сегментів.
12. Діагностика помилок.
13. Ініціалізація в захищеному режимі.
14. Стандартні вимоги до написання системного програмного забезпечення на мові асемблера.
15. Речення мови асемблера.
16. Директиви.
17. Структура системи команд.
18. Типи операндів.
19. Способи адресації операндів в пам'яті.
20. Система команд процесора.
21. Логічні команди.
22. Команди зсуву.
23. Арифметичні операції над цілими двійковими числами.
24. Команди перетворення типів.
25. Команди передачі управління.
26. Безумовні переходи.
27. Процедури.
28. Умовні переходи.
29. Команда порівняння стр.
30. Команди умовного переходу.
31. Організація циклів.
32. Модульне програмування.
33. Екосистема Інтернету речей.
34. Технології, покладені в основу розвитку Інтернету речей.
35. Еволюція Інтернету речей.
36. Інфраструктура Інтернету речей.
37. Поняття контексту.
38. Мережні стандарти і технології.
39. Доступ до мережі та мережні технології IoT фізичного рівня: LPWAN, Cellular, Bluetooth Low Energy (BLE), ZigBee, NFC, RFID, Wifi, Ethernet.
40. Мережні технології IoT рівня Інтернету: IPv6, 6LoWPAN, RPL.
41. Обмежені вузли, обмежені мережі.
42. Мережні технології IoT прикладного рівня: MQTT, AMQP, XMPP.
43. Мережі 5G.
44. Стандарти сумісності Інтернету речей.
45. Еталонні моделі Інтернету речей.
46. Еталонна модель Всесвітнього форуму IoT (IoTWF).
47. Фреймворк безпеки IoT.
48. Проблеми, пов'язані з мережами Інтернету речей.
49. Зв'язок M2M.
50. Архітектура Інтернету речей.
51. Функціональний стек Інтернету речей.
52. Туман, периферійні пристрої та хмара в Інтернеті речей.
53. Туманні обчислення.
54. Граничні обчислення.
55. Функціональні блоки екосистеми Інтернету речей.

56. Бездротові стандарти зв'язку в Інтернеті речей.
57. Технологія бездротового доступу IEEE 802.15.4.
58. Фізичний та MAC рівні IEEE 802.15.4.
59. Топологія та безпека IEEE 802.15.4.
60. Технологія бездротового доступу 802.11ah.
61. Фізичний та MAC рівні 802.11ah.
62. Топологія та безпека 802.11ah.
63. Технологія бездротового доступу LoRaWAN.
64. Фізичний та MAC рівні LoRaWAN.
65. Топологія та безпека LoRaWAN.
66. Мережний рівень: обмежені вузли, обмежені мережі, версії IP.
67. 6LoWPAN.
68. Застосування транспортного протоколу.
69. Адаптація SCADA для IP.
70. Протоколи прикладного рівня Інтернету речей: CoAP та MQTT.
71. Стратегії проектування програмно-апаратних пристроїв Інтернету речей.
72. Багаторівнева архітектура Інтернету речей.
73. Компоненти еталонної архітектури Інтернету речей.
74. Специфікація мети і вимог.
75. Специфікація процесу.
76. Специфікація моделі предметної області.
77. Специфікація інформаційної моделі.
78. Специфікації послуг.
79. Специфікація IoT рівня.
80. Специфікація функціонального подання.
81. Специфікація операційного подання.
82. Вимоги до апаратно-технічних засобів в IoT.
83. Вибір між платами для розробки мікроконтролерів і одноплатними комп'ютерами.
84. Arduino як апаратна платформа для проєктів Інтернету речей.
85. Вбудована обчислювальна логіка.
86. Апаратне забезпечення вбудованих систем.
87. Програмне забезпечення вбудованих систем.
88. Мікроконтролери для вбудовуваних обчислень в пристроях IoT.
89. Будівельні блоки IoT.
90. Рівні архітектури IoT.
91. IoT-платформа як проміжне програмне забезпечення.
92. Стек технологій платформи IoT.
93. Оптимізація розробки додатків IoT за допомогою платформи IoT.
94. Керування програмно-апаратними пристроями Інтернету речей.
95. Проблеми керування програмно-апаратними пристроями.
96. Протоколи керування програмно-апаратними пристроями.
97. Функції керування програмно-апаратними пристроями.
98. Структуровані та неструктуровані дані.
99. Дані в русі.
100. Дані в спокої.
101. Дані у використанні.
102. Задачі і проблеми аналітики даних в Інтернеті речей: масштабування даних, волатильність даних, одержання даних.
103. Одержання даних з Інтернету речей та M2M пристроїв.
104. Валідація даних.
105. Технології зберігання даних.
106. Категоризація даних для зберігання.
107. Збір подій.
108. Сховище даних.
109. Управління центром обробки даних.
110. Управління сервером.
111. Сховище просторових даних.
112. Розподілена аналітика.
113. Гранична аналітика.
114. Аналітика в режимі реального часу.

115. Машинне навчання в проєктах Інтернету речей.
116. Обчислення за допомогою хмарної платформи для додатків/послуг IoT/M2M.
117. Парадигма хмарних обчислень.
118. Сервіси хмарних платформ.
119. Віртуалізація.
120. Властивості та переваги хмарних обчислень.
121. Проблеми хмарних обчислень.
122. Хмарні моделі розгортання.
123. Вимоги до додатків Інтернету речей.
124. Інтернет речей і концепція Індустрії 4.0.
125. Безпека в Інтернеті речей.
126. Функція `readStringUntil()`.
127. Функція `readString()`.
128. Функція `findUntil()`.
129. Функція `readBytes()`.
130. Функція `serialEvent()`.
131. Функція `micros()`.
132. Функція `tone()`.
133. Функція `pulseIn()`.
134. Функція `map()`.
135. Функція `constrain()`.
136. Функція `sq()`.
137. Функції часу в Arduino.
138. Функції цифрового введення-виведення.
139. Функції дозволу/заборони переривань.
140. Функція `delay()`.
141. Функція `millis()`.
142. Функція `analogWrite()`.
143. Функція `analogRead()`.
144. Функція `digitalRead()`.
145. Функція `pinMode()`.
146. Функція `digitalWrite()`.
147. Функція `delayMicroseconds()`.

6. МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Навчальний процес з дисципліни забезпечений необхідними навчально-методичними розробками в модульному середовищі.

7. РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Duntemann J. Assembly Language Step-by-Step: Programming with Linux. Wiley, 3rd edition, 2019, 656 p.
2. Рисований А. Н. Системне програмування, Ч.2. Розширені можливості програмування в середовищі masm64, Харків : «Слово», 2017.
3. Akyou Keith. Learn Multiplatform Assembly Programming. Independently published 2021, 270 p.
4. Dos Reis Anthony J. RISC-V Assembly Language. Independently published, 2019, 155 p.
5. Blum Richard. Professional Assembly Language. Wrox, 2020, 575 p.
6. Жураковський Б. Ю. Технології Інтернету речей. Навчальний посібник, Київ : КПІ, 2021.
7. Salam, Abdul. Internet of Things for sustainable community development. Springer International Publishing, 2020.
8. Lea, Perry. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. Packt Publishing Ltd, 2018.
9. Hassan, Qusay F. Internet of Things A to Z: technologies and applications. John Wiley & Sons, 2018.
10. Gupta, B. B., Quamara, M.. An overview of Internet of Things (IoT): Architectural aspects, challenges, and protocols. Concurrency and Computation: Practice and Experience, 32(21), e4946, 2020.
11. Dey, N., Hassanien, A. E., Bhatt, C., Ashour, A., Satapathy, S. C. (Eds.). Internet of Things and big data analytics toward next-generation intelligence. Berlin:: Springer, 2018.
12. Cheruvu, S., Kumar, A., Smith, N., Wheeler, D. M. Demystifying Internet of Things security: successful iot device/edge and platform security deployment. Springer Nature, 2020, p. 488.
13. Chen, Xiaoming. Massive access for cellular Internet of Things theory and technique. Springer, 2019.
14. Bhattacharjee, S. Practical Industrial Internet of Things security: A practitioner's guide to securing connected industries. Packt Publishing Ltd, 2018.
15. Bobrovnikova, K., Lysenko, S., Popov, P., Denysiuk, D. Technique for IoT Cyberattacks Detection Based on the Energy Consumption Analysis, CEUR-WS, 2021, Vol-2853, Pp 614-626.

8. ІНФОРМАЦІЙНІ РЕСУРСИ

Електронний університет:

1. Модульне середовище для навчання (розміщені усі необхідні матеріали з дисципліни, в тому числі тестові завдання для поточного та семестрового контролю знань).
2. Електронна бібліотека університету.