

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра фізичної та біомедичної електроніки

Затверджено

На засіданні КФБМЕ
факультету електроніки та комп'ютерних
технологій
Львівського національного університету
імені Івана Франка
(протокол № 1 від 28 серпня 2024 р.)



Завідувач кафедри Олег БОРДУН

Силабус з навчальної дисципліни
«Електронні технології Інтернету речей»,
що викладається в межах ОПП «Електроніка та
комп'ютерні системи» першого (бакалаврського) рівня
вищої освіти для здобувачів з спеціальності
171 «Електроніка»

Назва дисципліни	Електронні технології Інтернету речей
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. Драгоманова, 50
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації, спеціальності 171 Електроніка
Викладачі дисципліни	Пташник Вадим Вікторович, кандидат технічних наук, доцент
Контактна інформація викладачів	ptashnykproject@gmail.com https://electronics.lnu.edu.ua/employee/ptashnyk-vadym-viktorovych/ Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра фізичної та біомедичної електроніки вул. Драгоманова, 50, лаб. 416
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних або лабораторних занять. Також можливі он-лайн консультації через ZOOM, MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	Elektronni-tehnologii-Internetu-rechej
Інформація про дисципліну	Дисципліна «Електронні технології Інтернету речей» є вибірковою дисципліною зі спеціальності 171 «Електроніка» для освітньої програми «Електроніка та комп'ютерні системи», яка викладається у 7-му семестрі в обсязі 5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна «Електронні технології Інтернету речей» орієнтована на розвиток знань і навичок у сфері проектування, створення, налаштування та вдосконалення електронних засобів для систем і технологій Інтернету речей. Особливий акцент зроблено на апаратному забезпеченні, зокрема мікроконтролерах, сенсорах, модулях зв'язку та інших електронних компонентах, які забезпечують ефективне функціонування IoT-систем. Курс охоплює вивчення принципів роботи комп'ютерно-інтегрованих систем, побудови мережевих структур та методів управління ними. Студенти отримують практичний досвід роботи з сучасними інформаційно-комунікаційними технологіями, що базуються на концепції Інтернету речей, з акцентом на їх інтеграцію, налаштування та оптимізацію. Окрему увагу приділено впровадженню енергозберігаючих рішень, забезпеченню кібербезпеки IoT-систем, а також використанню сучасних апаратних платформ для створення прототипів і реальних інженерних рішень.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення вибіркової дисципліни «Електронні технології Інтернету речей» є формування компетентностей, необхідних для вирішення складних задач і практичних проблем, пов'язаних із проектуванням, вибором, розробкою, налагодженням і підтримкою електронних компонентів та систем Інтернету речей. Основні цілі дисципліни зосереджені на набутті ґрунтовних знань щодо архітектури, функціонування та взаємодії електронних засобів Інтернету речей, таких як датчики, виконавчі пристрої, елементи живлення та модулі зв'язку; вивченні принципів побудови та використання дротових і бездротових мереж, а також протоколів зв'язку для інтеграції електронних компонентів у IoT-системи; формуванні практичних навичок проектування, моделювання та оптимізації роботи IoT-систем із застосуванням сучасних апаратних платформ; засвоєнні принципів передачі даних від електронних пристроїв до хмарних і граничних сховищ; забезпеченні розуміння основ інформаційної безпеки в системах Інтернету речей. Дисципліна акцентує увагу на використанні сучасних електронних технологій для створення ефективних і безпечних IoT-рішень.

Література для вивчення дисципліни	<p>Основна література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Lea P. Internet of Things for Architects: Architecting IoT solutions by implementing sensors, communication infrastructure, edge computing, analytics, and security. – Birmingham: Packt Publishing, 2021. – 524 p. 2. Жураковський Б.Ю., Зенів І.О. Технології інтернету речей: навчальний посібник. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с. 3. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 1. Основи і технології / За ред. В. С. Харченка. - Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. – 547 с. 4. Internet of Things for Industry and Human Application. In Volumes 1-3. Volume 2. Modelling and Development /V.S. Kharchenko (ed.) – Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University KhAI, 2019. – 547 p 5. Інтернет речей для індустріальних і гуманітарних застосунків. У трьох томах. Том 3. Оцінювання та впровадження / За ред. В. С. Харченка. – Міністерство освіти і науки України, Національний аерокосмічний університет ХАІ, 2019. – 921 с. <p>Додаткова література:</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Sklyar V.V., Yatskiv V.V., Yatskiv N.G. Dependability and Security of IoT: Practicum / Kharchenko V.S. and Sklyar V.V. (Eds.) – Ministry of Education and Science of Ukraine, National Aerospace University, Ternopil National Economic University, 2019. – 98 p. 7. Архітектура та технології Інтернету речей: навч. посіб. / І.В. Пулеко, А.А. Єфіменко. Житомир: Державний університет «Житомирська політехніка», 2022. – 234 с. 8. Евстифеев А. В. Микроконтролеры AVR семейства Tiny та Mega фірми Atmel / А. В. Евстифеев. – К.: Дока, 2004. – 560 с. 9. Sokulskyi O., Hilevska K., Chumakevych V., Ptashnyk V., Tryhuba A., Sachenko A. The Internet of Things Solutions in the Investigation of Urban Passenger Traffic and Passenger Service Quality. 2020 IEEE European Technology and Engineering Management Summit (E-TEMS), Dortmund, 2020, p. 1-6.
Обсяг курсу	Загальний обсяг 150 год. 96 години аудиторних занять, з них 48 години лекцій та 48 години лабораторних робіт. Самостійна робота – 54 години.
Очікувані результати навчання	<p>Після завершення цього курсу студент буде:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Знати: основні принципи конструкції, роботи та взаємодії електронних компонентів IoT-систем, таких як датчики, виконавчі пристрої та елементи живлення; топології дротових і бездротових мереж, а також протоколи зв'язку, що використовуються в Інтернеті речей; сучасні апаратні платформи для створення IoT-рішень; методи передачі даних до хмарних і граничних сховищ; основи забезпечення кібербезпеки в IoT-системах; підходи до проектування, моделювання та оптимізації IoT-систем у різних сферах застосування. – Вміти: аналізувати технічні вимоги до апаратного забезпечення IoT-систем і вибирати відповідні електронні компоненти; проектувати, створювати та налаштовувати IoT-системи із використанням сучасних апаратних платформ; інтегрувати датчики, виконавчі пристрої та модулі зв'язку в загальну IoT-інфраструктуру; застосовувати IoT-протоколи для обміну даними між пристроями та їх передавання до хмарних сервісів; здійснювати технічну підтримку, моніторинг та вдосконалення IoT-систем; дотримуватись принципів енергоефективності та забезпечувати інформаційну безпеку під час роботи з електронними технологіями Інтернету речей.
Ключові слова	Мікроконтролери, датчики та сенсори, мережеві протоколи, енергозберігаючі технології, платформи IoT, апаратна безпека IoT.
Формат курсу	Очний

	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін «Фізичні основи електроніки», «Мікропроцесорні пристрої та системи», «Матеріали та компоненти сучасної електроніки», «Алгоритми і типи даних».
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Презентації, лекції, лабораторні роботи, обговорення, дискусії.
Необхідне обладнання	Мультимедіа, платформа Teams, мультиметр, резистори, конденсатори, транзистори, блок живлення, осцилограф, макетна плата, генератор сигналів, термокамера, ПК з встановленим ПЗ, антенний модуль, роутер, енергомонітор.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p> <ul style="list-style-type: none"> • лабораторні роботи: 70% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 70. • дві контрольні роботи: 30% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 30. <p>Загалом упродовж семестру 100 балів. Контрольні роботи проводяться у письмовій формі.</p> <p>Академічна доброчесність: Очікується, що лабораторні та контрольні роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших студентів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в роботі студента є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.</p> <p>Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції і лабораторні заняття курсу. Студенти мають інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. Студенти зобов'язані дотримуватися усіх термінів визначених для виконання усіх видів робіт, передбачених курсом.</p> <p>Література. Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях безправа її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих.</p> <p>Політика виставлення балів. Враховуються бали набрані під час семестру, виконанні самостійної роботи та бали за контрольні роботи. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнь на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвочасне виконання поставленого завдання та ін.</p> <p>Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.</p> <p>Оцінювання лабораторних робіт (7 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 70) відбувається шляхом оцінки підготовки до</p>

виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту звіту:

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

0 балів– лабораторна робота не виконана; відсутній звіт, або звіт є, але містить значну кількість помилок та недоліків; завдання роботи не виконані, а знання студента щодо теми лабораторної роботи відсутні.

1-3 бали– лабораторна робота частково виконана, але з грубими помилками в обчисленнях, оформленні або аналізі результатів; звіт є, проте містить багато недоліків (неточні формулювання, відсутність пояснень до виконаних дій, недостатній аналіз результатів); відповідь на питання викладача з теми роботи поверхнева або неповна.

4-7 балів– лабораторна робота виконана з незначними помилками, які не впливають суттєво на результат; звіт оформлений, але є дрібні недоліки (наприклад, відсутність деяких пояснень або незначна плутанина у викладенні); студент демонструє базові знання теми, може пояснити основні етапи виконання роботи та інтерпретувати отримані результати.

8-10 балів– лабораторна робота виконана повністю, всі завдання виконані правильно; звіт оформлений відповідно до вимог: містить опис методики, результати, розрахунки, висновки; студент впевнено відповідає на запитання, демонструючи глибоке розуміння теми та вміння пояснити методику виконання роботи.

Кожна **контрольна робота** оцінюється за 15 бальною системою згідно з наступними критеріями:

Бали	Критерії оцінювання
13–15	Відповіді, в яких навчальний матеріал відтворюється в повному обсязі, правильно, обґрунтовано, логічно, які містять аналіз і систематизацію, аргументовані висновки. Засвідчено глибоке володіння матеріалом.
9–12	Відповіді, в яких відтворюється значна частина навчального матеріалу. Виявлено знання і розуміння основних положень навчальної дисципліни.
5–8	Відповіді, в яких основні положення навчального матеріалу відтворено на рівні заучування без достатнього його розуміння.
1–4	Відповіді, які засвідчують, що навчальний матеріал не засвоєно Відсутність чіткого і логічного формулювання.
0	Не виконав.

Питання до заліку

1. Що таке радіочастотна інтерференція? Охарактеризуйте її вплив на системи Інтернету речей.
2. Охарактеризуйте основні етапи становлення Інтернету речей. Які перспективні напрямки розвитку цієї технології?
3. Наведіть приклади застосування концепції всеосяжного Інтернету (IoE) у сучасних проектах.
4. Порівняйте Інтернет речей (IoT) із промисловим Інтернетом речей (IIoT). У чому полягають основні відмінності?
5. Як закони Меткалфа та Бекстрома пояснюють корисність комп'ютерних мереж? Наведіть графічну інтерпретацію.
6. Розкрийте концепцію міжмашинної взаємодії. Чим вона відрізняється від Інтернету речей?
7. Охарактеризуйте роль ефективних систем живлення у створенні IoT-пристроїв.
8. Як працюють граничні обчислення? Яке їхнє значення для проектів Інтернету речей?
9. Опишіть переваги та недоліки термопар у порівнянні з іншими датчиками температури.

10. Як формується стандартний стек у протоколі Bluetooth 5? Наведіть приклади його застосування.
11. Опишіть принципи роботи піроелектричних інфрачервоних датчиків. У яких випадках їх доцільно використовувати?
12. Порівняйте централізований і децентралізований режими злиття даних із датчиків. Які їхні переваги?
13. Наведіть класифікацію мікроелектромеханічних систем (MEMS) і поясніть їх конструктивні особливості.
14. Опишіть вплив закону Мура на розвиток електронних компонентів для IoT-пристроїв.
15. Які особливості використання частотних діапазонів 900 МГц та 2,4 ГГц у системах Інтернету речей?
16. Охарактеризуйте роль хмарних технологій у створенні IoT-рішень. Як вони впливають на ефективність систем?
17. Порівняйте вузько- та ширококутний зв'язок. У чому полягають їхні технічні особливості?
18. Розкажіть про принцип дії датчика Холла. У яких випадках його застосування є найефективнішим?
19. Опишіть процес моделювання енергоспоживання в IoT-пристроях із використанням кривих Пейкерта.
20. Що таке радіочастотна енергія? Як вона впливає на вибір частотного діапазону для IoT?
21. Розкрийте особливості протоколу Bluetooth 5. У чому полягають його переваги для IoT-пристроїв?
22. Які принципи дії та обмеження мають системи LiDAR? Наведіть приклади їх використання.
23. Поясніть роль машинного навчання у вдосконаленні IoT-систем. Як це впливає на їхню адаптивність?
24. Порівняйте технічні характеристики різних типів джерел живлення для IoT (відновлювані, теплові, радіочастотні тощо).
25. Як реалізується технологія "стрибаючих" частот у протоколах Bluetooth? Яка її мета?
26. Порівняйте основні параметри бездротового зв'язку у частотних діапазонах 2,4 ГГц та 5 ГГц. Які переваги кожного з них?
27. Розкажіть про концепцію злиття даних із датчиків. Як вона впливає на точність IoT-систем?
28. Які ключові елементи входять до екосистеми Інтернету речей? Опишіть їхню роль та взаємодію.
29. Як використовується центральна гранична теорема для злиття даних із датчиків? Наведіть приклади.
30. Опишіть переваги та недоліки пасивних датчиків у порівнянні з активними.
31. Як технології кіберзахисту забезпечують безпеку IoT-пристроїв? Які основні підходи використовуються?
32. Опишіть історію розвитку стандарту IEEE 802.15 та його роль у створенні IoT-рішень.
33. Порівняйте швидкісні характеристики найпопулярніших протоколів бездротового зв'язку для IoT.
34. Розкажіть про історію розвитку технології Bluetooth. Як вона адаптувалася до потреб IoT?
35. Опишіть вимоги до апаратного забезпечення відеосистем для Інтернету речей. Як ці вимоги впливають на проєктування?
36. Розкрийте особливості реалізації міжмашинної взаємодії у промислових IoT-системах.
37. Як здійснюється нормалізація частоти бітових помилок у системах бездротового зв'язку?
38. Порівняйте потенціал різних пристроїв накопичення енергії для IoT (батареї, акумулятори, суперконденсатори).
39. Яким чином реалізується концепція відновлення енергії в IoT-пристроях? Наведіть приклади.

	<p>40. Опишіть принцип дії фотоелектричних датчиків. У яких умовах їх використання є оптимальним?</p> <p>41. Розкажіть про принципи дії та обмеження піроелектричних інфрачервоних датчиків.</p> <p>42. Які переваги має використання хмарних і граничних обчислень у поєднанні?</p> <p>43. Опишіть основні конструктивні особливості мікроелектромеханічних систем (MEMS).</p> <p>44. Як впливає закон Мура на розвиток апаратних засобів для IoT-пристроїв?</p> <p>45. Наведіть приклади практичного використання закону Бекстрома для оцінки корисності мереж IoT.</p> <p>46. Опишіть переваги та недоліки термісторів у порівнянні з іншими датчиками температури.</p> <p>47. Розкажіть про роль апаратного забезпечення у створенні ефективних IoT-рішень.</p> <p>48. Які виклики виникають при інтеграції IoT-пристроїв із хмарними сервісами? Як їх вирішити?</p> <p>49. Як розраховуються джерела живлення IoT-пристроїв із використанням графіка Ругоні?</p> <p>50. Розкрийте суть теореми Шеннона-Хартлі. Як вона використовується в бездротовому зв'язку?</p>
<p>Опитування</p>	<p>Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.</p>

СХЕМА КУРСУ

Тиж	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Вступ до електронних засобів Інтернету речей Основні поняття IoT, його структура та ключові компоненти. Сфери застосування електронних засобів IoT у промисловості, медицині та побуті	Лекція	1, 2	Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки. Ознайомлення з лабораторним обладнанням. 3 год.	1-й тиж. семестру
2	Архітектура IoT-систем: апаратні та програмні компоненти Рівні архітектури IoT: пристрої, мережі, платформи обробки даних. Взаємодія між апаратними та програмними компонентами	Лекція	1, 2, 5, 9	Лабораторна робота. Дослідження електронних компонентів IoT-пристроїв 3 год.	2-й тиж. семестру
3-4	Електронні компоненти IoT: базові принципи та класифікація Основні типи електронних компонентів IoT (датчики, виконавчі пристрої, модулі зв'язку). Характеристики та особливості вибору компонентів для IoT-систем. Взаємодія між апаратними елементами в IoT.	Лекція	1, 2, 4, 5, 7, 9	Лабораторна робота. Робота з датчиками: підключення, калібрування та передача даних 6 год.	3-й та 4-й тиж. семестру
5-6	Виконавчі пристрої в IoT-системах Основи роботи виконавчих пристроїв. Методи їх інтеграції у IoT-системи для реалізації автоматизованих процесів	Лекція	2, 3, 6, 8	Лабораторна робота. Інтеграція виконавчих пристроїв у IoT-систему 6 год.	5-й та 6-й тиж. семестру
7	Технології енергоефективності в IoT-пристроях Роль енергозбереження в IoT. Джерела живлення IoT-пристроїв: батареї, сонячні панелі, інші автономні системи. Методи оптимізації енергоспоживання електронних пристроїв.	Лекція	1, 3, 4, 7, 8, 9	Проміжний контроль. Захист лабораторних робіт. 3 год.	7-й тиж. семестру
8	Модулі зв'язку для IoT Огляд дротових (Ethernet) та бездротових (Wi-Fi, Bluetooth, Zigbee, LoRa) технологій зв'язку. Їх переваги, недоліки та сфери застосування.	Лекція	1, 2, 8, 9	Проміжний контроль. Контрольна робота (написання та аналіз) 3 год.	8-й тиж. семестру

9	Системи передачі даних у IoT: технології та протоколи Порівняння дротових і бездротових систем передачі даних. Протоколи IoT: особливості MQTT, CoAP, HTTP. Використання модулів зв'язку (Wi-Fi, LoRa, Zigbee) для передачі даних у IoT-системах.	Лекція	4, 5, 6, 8	Лабораторна робота. Розгортання бездротових IoT систем різного радіусу дії 3 год.	9-й тиж. семестру
10	Топології мереж IoT Основні топології (зірка, дерево, сітка). Їх особливості, переваги та недоліки для IoT-систем	Лекція	2, 3, 7, 8	Лабораторна робота. Розробка енергоефективних IoT-пристроїв 3 год.	10-й тиж. семестру
11	Сучасні апаратні платформи для IoT Детальний огляд Arduino, Raspberry Pi, ESP32. Їх технічні можливості, програмування та використання для створення IoT-проектів	Лекція	2, 3, 7, 9	Лабораторна робота. Розробка простої IoT-системи використанням протоколу MQTT 6 год.	11-й тиж. семестру
12	Хмарні сервіси для управління електронними IoT-пристроями Інтеграція IoT-пристроїв із хмарними платформами (AWS IoT, Google Cloud IoT). Використання хмарних інструментів для моніторингу, управління та оновлення прошивки IoT-пристроїв. Приклади створення IoT-рішень із хмарною підтримкою. Зміни: Зроблено акцент на управлінні саме електронними пристроями через хмарні сервіси, додано аспект оновлення прошивки через хмару.	Лекція	1, 2		12-й тиж. семестру
13	Інформаційна безпека електронних IoT-пристроїв: виклики та рішення Типові вразливості електронних пристроїв IoT. Методи захисту на рівні апаратного забезпечення (апаратні модулі безпеки, криптографія). Реалізація шифрування даних та автентифікації пристроїв у реальних IoT-системах. Зміни: Зміст зосереджено на апаратних аспектах безпеки,	Лекція	1, 6, 8, 9	Лабораторна робота. Використання хмарних платформ для зберігання та обробки IoT-даних 3 год.	13-й тиж. семестру

	додано практичні методи впровадження захисту в електронних пристроях.				
14	Інтеграція електронних компонентів у IoT-системи: методи та інструменти Етапи проектування IoT-рішень: вибір компонентів, розробка схем, створення прототипів. Інструменти для моделювання	Лекція	1, 7, 8, 9	Проміжний контроль. Захист лабораторних робіт. 3 год.	14-й тиж. семестру
15	Моделювання та налагодження IoT-систем Використання симуляторів (Cisco Packet Tracer, Tinkercad) для моделювання IoT-систем. Налагодження програмного забезпечення та апаратних компонентів	Лекція	3, 4, 5	Проміжний контроль. Контрольна робота (написання та аналіз) 3 год.	15-й тиж. семестру
16	Перспективи розвитку електронних засобів Інтернету речей Тенденції розвитку IoT, нові технології, прогноз впливу на економіку та суспільство	Лекція	1, 2, 7, 8	Заключне заняття. Підбиття семестрових підсумків. 3 год.	16-й тиж. семестру