Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

Кафедра мікроелектроніки

Бездротові сенсорні мережі

Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус)

Реквізити навчальної дисципліни	
Рівень вищої освіти	***Другий (магістерський)***
Галузь знань	*17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації*
Спеціальність	*176 Мікро- та наносистемна техніка*
Освітня програма	*Мікро- та наносистемна техніка*
Статус дисципліни	*Вибіркова*
Форма навчання	*очна(денна)*
Рік підготовки, семестр	*1 курс, весняний семестр*
Обсяг дисципліни	*5 кредитів / 150 годин*
Семестровий контроль/ контрольні заходи	*Екзамен / Модульні контрольні роботи, ДКР*
Розклад занять	*rozklad.kpi.ua*
Мова викладання	*Українська*
Інформація про керівника курсу / викладачів	Лектор: *к.т.н. ЛУПИНА Борис Іванович, b.lupyna@kpi.ua, b.lupyna-me@lll.kpi.ua, моб. +38 050 949 82 76* (mobile + Telegram + Viber) Практичні / Семінарські: *к.т.н. ЛУПИНА Борис Іванович, b.lupyna@kpi.ua, b.lupyna-me@lll.kpi.ua, моб. +38 050 949 82 76* (mobile + Telegram + Viber)
Розміщення курсу	Посилання на дистанційний ресурс: Бездротові сенсорні мережі ДП-11МП ДП-11МН код класу zgibjop https://meet.google.com/lookup/d7oiyueepf

Програма навчальної дисципліни

1. Опис навчальної дисципліни, її мета, предмет вивчання та результати навчання

Метою викладання курсу «Бездротові сенсорні мережі» є формування системних знань, вмінь і навичок, які необхідні для раціонального використання сучасних інформаційних технологій при розв'язанні задач, пов'язаних з моделюванням, та практичним опануванням основ побудови, застосування, проєктування та експлуатації бездротових сенсорних мереж і систем на їх основі.

Основними завданнями вивчення курсу «Бездротові сенсорні мережі» є:

- ознайомлення студентів з методами і алгоритмами побудови, методами проектування і моделювання, модернізації і застосування бездротових сенсорних мереж і систем на їх основі;

- володіння стандартною термінологією, бездротових сенсорних мереж для побутових, медичних і загальнопромислових прикладних систем;

- формування інженерних понять про системи управління і експлуатації бездротовими сенсорних мереж широкого призначення і систем на їх основі;

- формування знань і навичок роботи з сучасними сенсорами, виконавчими пристроями (актюаторами), вимірювальними і діагностичними інформаційними системами;

- формування базових знань програмування бездротових сенсорних мереж і систем на їх основі.

Самостійна робота передбачає вивчення окремих теоретичних питань, орієнтованих на обов'язкове використання обчислювальної техніки і максимально наближених до реальних інженерних задач майбутньої спеціальності 153 Мікро- та наносистемна техніка (Освітня програма Мікро- і наноелектроніка).

Майбутньому фахівцю зі спеціальності Мікро- та наносистемної техніки необхідно вивчати дану дисципліну, оскільки вона дає фундаментальні знання з технічних характеристик сучасних мережевих сенсорних пристроїв мікро- та наносистемної техніки та методів їх діагностики, діапазонів та похибок вимірювання сучасних сенсорів біомедичного та загальнопромислового призначення, які спроектовані на засадах Мікро-Електро-Механічних Систем (МЕМС) і використовуються в конструюванні та виробництві окремих вузлів мікро- та наносистемної техніки і сенсорних мереж на елементному та вузловому рівнях.

Вивчення навчальної дисципліни «Бездротові сенсорні мережі» забезпечить студентові наступні компетентності: здатність розуміти принципи функціонування бездротових сенсорних мереж, будувати теоретичні моделі сучасних сенсорних мережевих пристроїв мікро- та наносистемної техніки, описувати їх електричні та фізичні характеристики, обґрунтовано вибирати сенсори з оптимальними характеристиками та інтерфейсами для розв'язання конкретних прикладних задач ы розробки сучасних електронних пристроїв за їх функціональним призначенням.

Після засвоєння навчального модуля «Бездротові сенсорні мережі» студенти мають продемонструвати такі результати навчання:

знання: *предмет та головні задачі при розробці бездротових сенсорних мереж; головні принципи їх побудови та експлуатації; теоретичні та конструктивні засади мережевих сенсорних технологій і сенсорної електроніки;*

архітектура, специфікації, методи побудови і застосування бездротових мереж стандартів IEEE 802.11b, 802.11a, 802.11g, 802.16;

- основні типи апаратного забезпечення бездротових сенсорних мереж і систем на їх основі;

- основні типи принципи функціонування сенсорів і виконуючих пристроїв (актюаторів) бездротових сенсорних мереж і систем на їх основі;.

уміння: *– проводити динамічний аналіз і виконувати синтез бездротових сенсорних мереж,*

інформаційних та автоматизованих систем на їх основі;

– виконувати необхідні розрахунки в частині діапазонів та похибки вимірювання, топології мережі із забезпеченням необхідного рівня сигналу;

– підібрати необхідні компоненти сенсорних та мережевих вузлів і обладнання;

– користуватися спеціальною літературою, довідниками, стандартами, нормалями;; знаходити та пропонувати власні інженерні рішення.

досвід: *розуміння предмету, головних задач, принципів і основних положень мережевих сенсорних технологій, фізичний зміст вимірювальних процедур і методик.*

2. Пререквізити та постреквізити дисципліни (місце в структурно-логічній схемі навчання за відповідною освітньою програмою)

Для успішного вивчення даної дисципліни студенти мають засвоїти наступні дисципліни (пререквізити дисципліни):

• бакалаврські курси: "Загальна фізика, розділи Механіка, Електромагнетизм, Оптика, Атомна фізика", "Імовірнісні основи обробки даних".

Результати навчання даної дисципліни використовуються для вивчення наступних дисциплін (постреквізити дисципліни):

- *магістерські курси: «Фізико-технологічні основи наноелектроніки».*
- *переддипломна практика магістрів та написання магістерської дисертації.*

3. Зміст навчальної дисципліни

1. *Вузли бездротової сенсорної мережі. Функції та режими роботи вузлів, типові архітектури та топології. Засоби вимірювань, інтелектуальні кінцеві точки та живлення в IoT.*
2. *Розвиток сенсорних мереж в Україні. Історія створення бездротових сенсорних мереж.*
3. *Різновиди сучасних технологій проектування та виготовлення сенсорів та актуаторів. Мікроелектронна технологія розробки та виготовлення первинних перетворювачів фізичних величин (сенсорів) та виконавчих пристроїв (актюаторів) – Мікро – Електро – Механічних – Систем (МЕМС – MEMS) на кремнії.*
4. *Забезпечення електроживлення пристроїв від відновлюваних джерел енергії з навколишнього середовища.*
5. *Загальні відомості про сенсорні мережі Інтернету речей (IoT). Основні поняття бездротової сенсорної мережі, особливості, обмеження, проблеми сенсорних мереж, мати уявлення про сучасні телекомунікаційні технології, засоби ідентифікації, IoT.*
6. *Налаштування найпростіших сенсорних вузлів.*
7. *Технології передачі даних IoT. Хмарні технології. Робота систем передачі на всіх рівнях мережної ієрархії, включаючи транспортні мережі, мережі доступу, мережі підтримки (управління, синхронізація, сигналізація) тощо.*
8. *Основні характеристики і параметри основних стандартів, які використовуються для побудови сенсорних мереж.*
9. *Моделювання мереж за допомогою різних програмних засобів та робити аналіз мережі. Обґрунтований вибір основних технологій при проектуванні сенсорних мереж.*
10. *Програмування програмування простого пристрою як елементу розумного будинку на мікроконтролерах Arduino та ESP32.*

4. Навчальні матеріали та ресурси

Базова література:

1. *Фізичні основи сенсорики. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. В. М. Коваль. – Електронні текстові данні (1 файл: 1,52 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 65 с. – Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/36431*
2. *Електронні сенсори. Лабораторний практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 153 «Мікро та наносистемна техніка», спеціалізації «Мікро та наноелектронні прилади і пристрої» та «Мікроелектронні інформаційні системи» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: А. В. Іващук, Т. Ю. Обухова, В. О. Ульянова. – Електронні текстові дані (1 файл: 3.67 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 88 с. – Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/37588*
3. *Мікропроцесори та мікроконтролери. Курс лекцій [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», освітньої програми «Мікро- та наноелектроніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.:*

Д. Д. Татарчук, Ю. В. Діденко. – Електронні текстові дані (1 файл: 19,5 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 238 с. – Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/40858

4. *Вакуленко, С. Ю. Особливості застосування безпроводних технологій в системах «розумного будинку» : дипломна робота ... бакалавра : 171 Електроніка / Вакуленко Сергій Юрійович. – Київ, 2020. – 80 с. – Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/34828*
5. *Сеник, А. О. Використання технології NB-IoT для побудови сенсорних мереж : дипломна робота … бакалавра : 171 Електроніка / Сеник Анатолій Олександрович. – Київ, 2020. – 59 с. – Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/34932*
6. *Зінченко, Д. В. Дослідження надійності безпроводових технологій у системі розумний будинок : дипломна робота ... бакалавра : 171 Електроніка / Зінченко Дмитро Володимирович. – Київ, 2020. – 68 с. - Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/34842*
7. *Навчальний практикум з кредитного модуля «Безпроводові телекомунікаційні системи – 2. Системи та засоби зв'язку з рухомими об'єктами» [Електронний ресурс] : методичні рекомендації до проведення практичних занять та виконання лабораторних робіт для студентів усіх форм навчання за напрямом підготовки 6.050903 «Телекомунікації» / НТУУ «КПІ» ; уклад.: В. Г. Абакумов, П. В. Попович, К. О. Трапезон. – Електронні текстові дані (1 файл: 3,86 Мбайт). – Київ : НТУУ «КПІ», 2013. – 146 с. – Назва з екрана. URI (Уніфікований ідентифікатор ресурсу): https://ela.kpi.ua/handle/123456789/21180*
8. *Заїка В.Ф., Варфоломеєва О.Г., Домрачева К.О., Гринкевич Г.О.. «ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІ СИСТЕМИ ТА МЕРЕЖІ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ». - 2019. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.dut.edu.ua/ua/lib/1/category/96/view/1762*
9. *Аш Ж., Андре П.И. и др. Датчики измерительных систем. В 2 книгах: Мир, 1992. 1 кн. – 480 с., 2 кн. – 424 с.*
10. *Дж. Фрайден. Современные датчики . – М.: Техносфера, 2005. – 592 с.*
11. *Р.Г. Джексон. Новейшие датчики . – М.: Техносфера, 2007. – 382 с.*

Додаткова:

1. IEEE 802.15.4e-2012, IEEE Standard for local and metropolitan area networks – Part 15.4: Low-Rate Wireless Personal Area Networks (LR-WPANs) Amendment 1: MAC sublayer.

2. IEEE Std 802.11™-2012, Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, IEEE Computer Society, March 2012.

3. «Моделювання приладів мікро- і наноелектроніки»: [Електронний ресурс]: підручник для аспірантів спеціальності 153 «Мікро- та наносистемна техніка», та освітньо-наукової програми «Мікро- та наносистемна техніка» / В.О. Москалюк, В.І.Тимофєєв; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 22,9 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. –164 с. 22.

4. *ДСТУ ISO/IEC 7498-1:2004 Інформаційні технології. Взаємозв'язок відкритих систем. Базова еталонна модель. Частина 1. Базова модель (ISO/IEC 7498-1:1994, IDT).*
5. *ДСТУ ISO 7498-2:2004 Системи оброблення інформації. Взаємозв'язок відкритих систем. Базова еталонна модель. Частина 2. Архітектура захисту інформації (ISO 7498-2:1989, IDT).*
6. *ДСТУ ISO/IEC 7498-3:2004 Інформаційні технології. Взаємозв'язок відкритих систем. Базова еталонна модель. Частина 3. Найменування та адресація (ISO/IEC 7498-3:1997, IDT).*

7. *ДСТУ ISO/IEC 7498-4:2015 Системи оброблення інформації. Взаємозв'язок відкритих систем. Базова еталонна модель. Частина 4. Структура керування (ISO/IFC 7498-4:1989,IDT).*
8. *Смердов А., Сторчун Є. Біомедичні вимірювальні перетворювачі. – Львів. Кальварія, 1997, – 111 с.*
9. *Internet of Things (IoT) Cisco / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/internet-of-things/overview.html*
10. *INTERNET OF THINGS NEWS / [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.theinternetofthings.eu/ IoT*
11. *О.В. Полоневич, В.Р.Косенко, К.П.Сторчак, О.М.Ткаленко. «Інформаційні мережі». - 2019. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.dut.edu.ua/ua/lib/1/category/96/view/1175*
12. *Сайко В.Г., Казіміренко В.Я., Літвінов Ю.М.. «Мережі бездротового широкосмугового доступу». - 2015. [Електронний ресурс]. - Режим доступу: http://www.dut.edu.ua/ua/lib/2/category/59/view/881*
13. *Баранов А. А. «Інтернет речей: теоретико-методологічні основи правового регулювання. Том І. Сфери застосування, ризики і бар'єри, проблеми правового регулювання». Издательство право, 2018, 344 стр.*
14. *ASHTON, K. That 'Internet of Things' Thing. In the real world, things matter more than ideas. RFID Journal, 22 June 2009. Available from: http://www.rfidjournal.com/articles/view?4986*

Зазначену літературу можна знайти в бібліотеці КПІ ім.І.Сікорського, на сайті кафедри мікроелектроніки (http://me.kpi.ua/index.php?id=61) або в інтернеті.

Навчальний контент

5. Методика опанування навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Методика вивчення дисципліни полягає у викладенні теоретичної частини матеріалу на лекційних заняттях та ознайомлення студентів на практичних заняттях з конкретними прикладами застосування основних законів та постулатів статистичної фізики та квантової механіки.

В лекційному матеріалу головний акцент зроблено на постановку фізичної задачі, формування у студентів фізичних уявлень, а також на доведення теорем та виведення основних формул.

Застосовуються стратегії активного і колективного навчання, які визначаються наступними методами і технологіями:

1) метод проблемного викладу (лекції);

2) особистісно-орієнтовані (розвиваючі) технології, засновані на методах «мозкового штурму» та «аналізу ситуацій» (практичні заняття);

3) доповнення традиційних навчальних занять засобами взаємодії на основі мережевих комунікаційних можливостей (технологія GoogleClassroom та електронні презентації для лекційних і практичних занять).

«Бездротові сенсорні мережі». ***Тематичний план навчальної дисципліни.***

Лекції:

Розділ 1. Архітектура, склад і будова сенсорних мереж та їх компонентів.

Тема 1. Основні терміни, визначення та загальні поняття про сенсорні сітки.

1. *Класифікація сенсорних мереж. Стандарти.*
2. *Предмет дисципліни, її обсяг, зміст і зв'язок з іншими дисциплінами навчального плану. Роль дисципліни в підготовці інженерів-розробників комп'ютерних мереж, її цілі і завдання. Бездротові сенсорні мережи. Типові вузли - мережевий координатор (NCD - Network Coordination Device), пристрій з повним набором функцій (FFD - Fully Function Device), пристрій з неповним набором функцій (RFD - Reduced Function Device).*
3. *Класифікація і характеристики бездротових мереж. Стандарти IEEE802.15.4 і ZigBee.*

Тема 2. Архітектура, склад і будова сенсорних мереж та їх компонентів.

Структура сенсорної мережі і сенсорного вузла. Топології "Зірка", "Кластерне дерево", "Кожен с кожним" (Меш - мережі). Функціональний склад сенсорного вузла, цифрові і аналогові складові. Проблема мініатюризації і живлення. Характеристики радіоканалів

Тема 3. Первинні перетворювачі (сенсори) і виконавчі пристрої (актюатори) сенсорних мереж.

1. *Сенсори і актюатори, їх інтеграція в склад сенсорних вузлів.*

Тема 4. Технології Мікро – Електро – Механічних Систем (МЕМС - MEMS), та мікроконтролери в сенсорних мережах.

1. *Технологія мікро-електро-механічних систем (MEMS). Інтеграція мікроелектронних і мікромеханічних компонентів з микроконтролерами і радіоканалами.*

Розділ 2. Основи проектування сенсорних мереж і систем

Тема 5. Алгоритми маршрутизації в сенсорних мережах. Сучасні методи управління сенсорними мережами.

1. *Принцип адаптивного управління; принцип функціональності управління; принцип ієрархічності управління; принцип розподіленості та координації взаємодії; принцип оптимальності управління.*
2. *Відповідність протоколів і алгоритмів фізичним компонентам, типам мікропроцесорів і трансиверів.*
3. *Стеки протоколів управління . Рівень додатків, транспортний рівень, мережевий рівень, канальний рівень, фізичній рівень, шар управління живленням, шар управління мобільністю, шар планування завдань.*
4. *Моделювання трафіку і діагностика зони покриття мережі. Налагодження та програмування бездротового обладнання.*
5. *Графи як моделі, що використовуються для опису бездротових сенсорних мереж*

Тема 6. Сенсорні мережі з штучним інтелектом. Самоорганізація в сенсорних мережах.

1. *Застосування інструментів зі штучним інтелектом в сенсорних системах. Системи на основі бази знань, технологіях автоматичного збору знань з елементами штучного інтелекту. Самоорганізація в сенсорних мережах*

Тема 7. Інформаційно-вимірювальні та автоматизовані системи управління на основі Бездротових сенсорних мереж.

1. *Бездротові сенсорні мережі та індустріальний інтернет речей (IoT). Сучасний підхід до організації інформаційно-вимірювальних та автоматизованих систем управління. Концептуальна модель «розумних всепроникних мереж» SUN (Smart Ubiquitous Networks).*

Тема 8. Бездротові сенсорні мережі для промисловості, медицини, наукових досліджень.

1. *Застосування бездротових сенсорних мереж в біомедичних і інженерних додатках. Автоматизована система управління АСУ ТП «розумний дім».*

Тематика практичних занять

Бездротові сенсорні мережі (БСМ)

Перелік контрольних питань на екзамен.

1. Класифікація бездротових технологій. Порівняльна характеристика параметрів бездротових мереж: частотний діапазон, швидкість передачі даних, кількість вузлів, радіус дії. Особливості технологій Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee.

2. Класифікація телекомунікаційних мереж за масштабами: WWAN (Wireless Wide area Network), WMAN (Wireless Metropolitan Area Networks), Wireless LAN (Wireless Local Area Network; WLAN), WPAN.

3. Поняття топології БСМ. Типи топологій. Топологія сітки, кільцева топологія, топологія кластерного дерева, зіркова топологія, лінійна (ланцюгова) топологія, "кожен с кожним" (Меш - мережі), змішана (гібридна) топологія.

4. Поняття протоколу БСМ, регламентовані параметри: - топологія мережі, - маршрутизація, - адресація, - порядок доступу вузлів мережі до каналу передачі даних, - формат переданих пакетів, - набір керуючих команд для вузлів мережі.

5. Семирівнева модель протоколу бездротової сенсорної мережі відповідно до моделі взаємодії відкритих систем (OSI - Open Systems Interconnection).

6. Фізичний рівень моделі OSI. Типи середовищ передачі сигналу. Параметри сигналів фізичного рівня. Канальний рівень, два під-рівня канального рівня: рівень контролю доступу до середовища (MAC, англ. media access control) та рівень логічного контролю (LLC, англ. logical link control).

7. Використання часового, частотного та просторового рознесення (просторового мультиплексування) сигналів бездротової мережі в технологіях MIMO (Multiple Input Multiple Output) та багатокористувацьких (Multi-User - MU-MIMO) в технологіях Wi-Fi стандартів IEEE 802.11n та 802.11ac.

8. Структура сенсорної мережі, функції координатора, маршрутизатора та кінцевого пристрою (сенсорного вузла). Типові вузли бездротової сенсорної мережі, їх функції. Мережевий координатор (NCD - Network Coordination Device), пристрій з повним набором функцій (FFD - Fully Function Device), пристрій з неповним набором функцій (RFD - Reduced Function Device). Самоорганізація в сенсорних мережах.

9. Функціональний склад сенсорного вузла, цифрові і аналогові компоненти і вузли, вихідні інтерфейси. Оптимізація живлення сенсорного вузла бездротової сенсорної мережі.

10. Шляхи технологічної мініатюризації сенсорного вузла, поєднання радіо-, цифрових і аналогових компонентів в єдиному мікроконтролерному вузлі.

11. Трансивер, структурна схема. Технічні характеристики радіоканалів бездротових сенсорних мереж.

12. Загальні уявлення про принципи функціональності управління; ієрархічності управління; розподіленості та координації взаємодії. Відповідність протоколів і алгоритмів фізичним компонентам, типам мікропроцесорів і трансиверів. Стеки протоколів управління. Рівень додатків, транспортний рівень, мережевий рівень, канальний рівень, фізичний рівень.

13. Бездротова технологія ZigBee, стандарт IEEE 802.15.4, її переваги та обмеження, частотні діапазони, кількість каналів в діапазоні, швидкість передачі даних, функції повнофункціонального пристрою (FFD) та пристрою з обмеженим набором функцій (RFD).

14. Знайомство зі Standard IEEE 802.15.1-2002. Part 15.1: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Wireless Personal Area Networks (WPANs) (копія документу викладена на сторінці дисципліни, стор. 19 - 24).

15. Бездротова технологія Wi-Fi, розвиток технології, порівняння характеристик стандартів IEEE 802.11a/b/g/n, інформація з офіційного сайту організації Wi-Fi Alliance за адресою, http://www.wi-fi.org/.

16. Стандарт Wi-Fi п'ятого покоління Wi-Fi 5 (802.11ac), діапазони частот, швидкість передачі, кількість і ширина каналів, радіус дії, формування просторового потоку - (Spatial Streams), формування діаграми направленого сигналу (Beamforming, Explicit Beamforming, Implicit Beamforming), порівняльна характеристика з попередніми стандартами Wi-Fi.

17. Бездротова технологія BlueTooth, стандарт IEEE802.15.3, робочий діапазон частот, радіус дії, кількість та частотна смуга каналів, швидкість обміну даними, використання

технології адаптивної зміни частоти каналу (Adaptive Frequency Hopping, AFH) для уникнення колізій.

18. Бездротова технологія BlueTooth Low Energy (BLE), стандарт IEEE802.15.3, порівняння зі стандартною технологією BlueTooth, інформація з офіційного сайту організації за адресою https://www.bluetooth.com/.

19. Використання рівняння Фрііса передачі радіосигналу для розрахунку потужності отриманого сигналу однією антеною, що надходить від іншої антени, віднесеної на деяку відстань, і яка передає сигнал відомої потужності за ідеальних умов (Free - Space Path Loss - FSPL). Одиниця вимірювання децибел-міліват — дБм (англ. dBm, іноді, значно рідше — dBmW). Моделювання трафіку і зони покриття мережі. Налагодження та оптимізація розташування вузлів бездротового обладнання сенсорної мережі.

20. Технології розробки та серійного виготовлення дво- та три-вимірних мікро-електро-механічних систем (MEMS) сенсорів та виконавчих пристроїв на кремнії.

21. Інтеграція мікроелектронних і мікромеханічних компонентів з микроконтролерами і радіоканалами. Інтелектуальний (СМАРТ) - сенсор, його основні структурні компоненти, функціональні вузли, типи інтерфейсів.

22. Структура високоінтегрованої системи на кристалі Espressif Systems SoC ESP8266EX для використання в пристроях бездротових сенсорних мереж, її функціональна схема, параметри радіоканалу TX Power + RX Sensitivity, призначення основних вузлів, типи інтерфейсів, (копія на сторінці дисципліни).

23. Сучасні апаратно-програмні платформи для прототипування БСМ. Модуль ESP32, його структурна схема, функціональність, опис вузлів: an antenna switch, RF balun, power amplifier, low-noise receive amplifier, filters, power management modules, digital interfaces.

24. Сучасні апаратно-програмні платформи для прототипування БСМ. STM32W бездротова система на кристалі від компанії STMicroelectronics

25. Сучасні апаратно-програмні платформи для прототипування БСМ. Модуль ESP32 PICO Core на основі системи на кристалі Espressif Systems ESP32-PICO-D4 system-in-package для розробки бездротових пристроїв стандартів 802.11 b / g / n WiFi + Bluetooth LE. Структурна схема, технічні параметри.

Самостійна робота студента.

Зазначаються види самостійної роботи.

Тема практичного завдання.

1. Програмне забезпечення для тестування трафіку і зон покриття бездротової мережі. Тестування радіочастотного середовища з використанням програмного забезпечення Wi-Fi Scanner (Evaluation Version вільно доступна на 30 днів тестування із сайту Виробника). Бути готовим коментувати якість сигналу, потужність [dBm], частотну смугу [GHz], номер та ширину каналу [MHz], максимальну те реальну швидкість передачі сигналу [Mbps], MAC адресу). Надіслати копії екранів для режиму тестування з відстані близько 1 м від маршрутизатора та з сусідньої кімнати.

Політика та контроль

6. Політика навчальної дисципліни (освітнього компонента)

Система вимог, які ставляться перед студентом:

Академічна доброчесність. Дотримання академічної доброчесності студентами передбачає:

- *самостійне виконання навчальних завдань, завдань поточного та підсумкового контролю результатів навчання (для осіб з особливими освітніми потребами ця вимога застосовується з урахуванням їхніх індивідуальних потреб і можливостей);*
- *посилання на джерела інформації у разі використання ідей, розробок, тверджень, відомостей;*
- *дотримання норм законодавства про авторське право і суміжні права;*
- *надання достовірної інформації про результати власної навчальної (наукової, творчої) діяльності, використані методики досліджень і джерела інформації.*

Порушенням академічної доброчесності вважається:

- *академічний плагіат - оприлюднення (частково або повністю) наукових (творчих) результатів, отриманих іншими особами, як результатів власного дослідження (творчості) та/або відтворення опублікованих текстів (оприлюднених творів мистецтва) інших авторів без зазначення авторства;*
- *самоплагіат - оприлюднення (частково або повністю) власних раніше опублікованих наукових результатів як нових наукових результатів.*

За порушення академічної доброчесності здобувачі освіти можуть бути притягнені до такої академічної відповідальності:

- *- повторне проходження оцінювання (контрольна робота, іспит, залік тощо);*
- *- повторне проходження відповідного освітнього компонента освітньої програми.*

Політика запізнення. За несвоєчасно виконані завдання буде накладено штраф 10 відсотків від загальної кількості балів за це завдання. Примітка. Виключення можуть бути зроблені до невчасно зданих завдань з поважних причин.

Політика щодо відвідування. Відвідування занять є обов'язковим. За об'єктивних причин (наприклад, пандемія, хвороба, міжнародне стажування) навчання може відбуватися в он-лайн-формі за погодженням із керівником курсу.

Лекційні та практичні заняття проводяться згідно до діючого положення КПІ ім. Ігоря Сікорського. Відвідування занять є обов'язковим. Для одержання іспиту "автоматом" потрібно набрати більше 60 балів, які можна одержати за виконання обов'язкових завдань (виконання ДКР, практичних робіт та написання модульної контрольної роботи) та систематично відвідавши лекційні заняття (пройшовши експрес-тест за матеріалами лекцій).

Бали за роботу під час лекції нараховуються на основі експрес-опитування. Кожний тест містить 2 запитання до матеріалу лекційного заняття, правильна відповідь на які дасть змогу отримати 2 бали.

Модульна контрольна робота проводиться письмово. Кожне завдання на контрольній роботі містить 2 теоретичних питання та 1 задачу, правильні відповіді на які дають змогу одержати 5 балів за кожне теоретичне та 4 бали за практичне.

Індивідуальне завдання (ДКР) – це розв'язання 5 домашніх контрольних задач протягом семестру (по одній задачі на кожне наступне заняття), правильне розв'язання яких дасть змогу одержати по 2 бали за кожну задачу. Виконується у години самостійної роботи письмово.

Іспит є письмовим. Білет на іспиті складається з 3-х завдань (2 теоретичних питання та 1 задача) по тематиці змістовних тем, що виносяться на аудиторні заняття, та окремих питань, які виносяться на самостійне опрацювання.

7. Види контролю та рейтингова система оцінювання результатів навчання (РСО)

**** Вимоги до РСО та методика її складання надані у Положенні про рейтингову систему оцінювання результатів навчання студентів / Уклад.: В. П. Головенкін. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 20 с.***

Поточний контроль: *експрес-опитування (тест).*

Календарний контроль: *проводиться один раз на семестр для кожного модуля як моніторинг поточного стану виконання вимог силабусу (модульна контрольна робота).*

Семестровий контроль: *екзамен*

Умови допуску до семестрового контролю: *мінімальний рейтинговий бал 40, написання МКР, виконання ДКР та практичних робіт.*

1. Система отримання рейтингової оцінки за видами занять за кожний модуль:

№ п/п	Заняття, що підлягають рейтинговій оцінці	Загальна кількість завдань	Максимальний бал за 1 завдання	Кількість балів на "відмінно"
1.	Лекції: -експрес-опитування (тест)	5	4	20
2.	Модульна контрольна робота (МКР)	3	14	42
3.	Домашня контрольна робота (ДКР)	2	7	14
4.	Практичні роботи	6	4	24
			Семестрові рейтингові бали:	100

Студенти, які набрали протягом семестру кількість балів ≥ 60, мають можливість не складати іспит, а отримати оцінку "автоматом" відповідно до набраного рейтингу з дисципліни. Студенти, які не набрали 60 балів, або набрали ≥ 60, однак одержана оцінка не влаштовує, складають іспит без урахування семестрових рейтингових балів.

Таблиця відповідності рейтингових балів оцінкам за університетською шкалою:

Кількість балів	Оцінка
100-95	Відмінно
94-85	Дуже добре
84-75	Добре
74-65	Задовільно
64-60	Достатньо
Менше 60	Незадовільно
Не виконані умови допуску	Не допущено

8. Додаткова інформація з дисципліни (освітнього компонента)

Перелік питань, які виносяться на семестровий контроль (екзамен):

Робочу програму навчальної дисципліни (силабус):

Складено: старший викладач, к.т.н. ЛУПИНА Борис Іванович

Ухвалено кафедрою мікроелектроніки (протокол № 22 від 23.06.2023)

Погоджено Методичною комісією факультету електроніки (протокол № 06/2023 від 29.06.2023)

[1] Методичною радою університету – для загальноуніверситетських дисциплін.