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

Затверджено
На засіданні кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій
факультету електроніки та комп'ютерних технологій
Львівського національного університету імені Івана Франка
(протокол № 15/23 від 29.08 2023 р.)

Завідувач кафедри:
_____ Іван КАРБОВНИК

Силабус з навчальної дисципліни "Мікропроцесорні системи", що викладається в межах ОПП "Комп'ютерні науки" першого (бакалаврського) рівня вищої освіти для здобувачів з спеціальності 122 – Комп'ютерні науки

Львів 2023 р.

Назва дисципліни	Мікропроцесорні системи
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. ген. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра радіофізики та комп'ютерних технологій
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	12 Інформаційні системи, 122 Комп'ютерні науки
Викладачі дисципліни	Благітко Богдан Ярославович, канд. техн. наук, доцент, доцент
Контактна інформація викладачів	blagitko@gmail.com, https://electronics.lnu.edu.ua/employee/blagitko-b-y
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	Консультації в день проведення лекційних занять (за попередньою домовленістю). Також можливі он-лайн консультації через MS Teams. Для погодження часу он-лайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача.
Сторінка дисципліни	https://teams.microsoft.com/l/team/19%3AJbAdfaaj_0SHVxMiydl59yYtqU7eGyV17c-tgB5KK9s1%40thread.tacv2/conversations?groupId=fdde09f8-6950-46df-908b-4d5e647faecf&tenantId=70a28522-969b-451f-bdb2-abfea3aaa5bf
Інформація про дисципліну	Дисципліна "Мікропроцесорні системи" є нормативною дисципліною освітньої програми "Комп'ютерні науки" зі спеціальності 122 "Комп'ютерні науки", яка викладається в 6-му семестрі в обсязі 4,0 кредита (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Навчальну дисципліну розроблено таким чином, щоб надати студентам необхідні знання для реалізації типових мікропроцесорних систем (апаратної і програмної складових) з використанням мікроконтролерів PSoC 4 BLE, PSoC 6 BLE та мікрокомп'ютерів Raspberry Pi. Тому у дисципліні представлені як огляд архітектури процесорних ядер ARM Cortex-M4, ARM Cortex-M0+, архітектури мікроконтролерів PSoC 4 BLE та PSoC 6 BLE, технології CapSense, портів вводу/ виводу (GPIO), так і середовища розробки проектів IDE PSoC Creator 4.4 для мікроконтролерів PSoC 4 BLE та PSoC 6 BLE. Вивчаються алгоритми вимірювання температури з використанням термісторів, алгоритм вимірювання віддалі з допомогою ультразвукових сенсорів HC SR04, вивід текстової і графічної інформації на E-INK дисплей стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit фірми Cypress, генерація сигналів довільної форми з використанням ЦАП та контролера DMA мікроконтролерів PSoC 4 BLE та PSoC 6 BLE, вимірювання аналогових сигналів з допомогою АЦП мікроконтролера PSoC 4 BLE та PSoC 6 BLE. Основну увагу приділяється вивченню особливостей прийому/передачі даних по каналу зв'язку Bluetooth на частоті 2.4 ГГц. Практичне застосування отриманих знань з прийому/передачі даних закріплюється шляхом розробки проектів систем мікроконтролер - мобільний смартфон (Android OS/ IoS) з профілями FindMe, CapSense, Proximity, Thermometer та ін.
Мета та цілі дисципліни	Метою вивчення нормативної дисципліни "Мікропроцесорні системи" є формування у студентів фундаментальних знань в області апаратного і програмного забезпечення сучасних мікроконтролерів, розробки проектів з використанням мікроконтролерів PSoC 4 BLE, PSoC 6 BLE та середовища розробки PSoC Creator 4.4, вимірюванні фізичних величин з допомогою сучасних сенсорів, прийому/передачі даних по каналу зв'язку Bluetooth на частоті 2.4 ГГц та розробці проектів телекомунікаційних мікропроцесорних систем типу мікроконтролер -

	мобільний смартфон (Android OS/ IoS).
Література для вивчення дисципліни	Основна література: 1. Мікропроцесорна техніка : підручник / В.В. Ткачов, С.М. Проценко, М 59 М.В. Козар, В.І Шевченко; М-во освіти і науки України, НТУ «Дніпровська політехніка». – 2-ге вид., допов. і переробл. – Дніпро : НТУ «ДП». – 2023. – 230 с. 2. Мікропроцесорна техніка: Підручник / Ю. І. Якименко, Т. О. Терещенко, В. Я. Жуйков, Ю. С. Петергеря ; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського". 2-ге вид., перероблене та доповнене, Київ : Політехніка ; Кондор 2018. 439 с. 3. В. Ю. Вінник. Алгоритмічні мови та основи програмування: мова С. Навчальний посібник. – Житомир: ЖДТУ, 2007. 328 ст. 4. PSoC® 6 MCU, PSoC 6 BLE. Architecture Technical Reference Manual (TRM). [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/399201/download. 5. PSoC® 6 MCU: PSoC 6 BLE. Datasheet. Programmable System-on-Chip (PSoC®). [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/385916/download. 6. AN218241. PSoC 6 BLE MCU. Hardware Design Considerations. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/385701/download. 7. AN215656 – PSoC 6 MCU: Dual-CPU System Design. 8. CE216795 – PSoC 6 MCU Dual-Core MCU Basics. 9. AN85951. PSoC® 4 and PSoC 6 BLE MCU CapSense® Design Guide. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/46081/download. 10. PSoC 6 BLE Capacitive Sensing (CapSense®) 2.0. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/397251/download. 11. PSoC Creator User Guides. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/137441/download. 12. CySmart™ Android App User Guide, Document Number: 001-97086 Rev. 13. AN210781 – Getting Started with PSoC 6 MCU with Bluetooth Low Energy (BLE) Connectivity. Додаткова література: 14. AN64846. Getting Started with CapSense®. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/41076/download. 15. Edward H. Currie, David Van Ess, PSoC 3/5 Reference Book. – 534 p. [Електронний ресурс] Режим доступу: http://web.mit.edu/6.115/www/document/psoc_book.pdf. 16. PSoC® Creator™. PSoC 3/PSoC 5LP System Reference Guide. – 115 p. [Електронний ресурс] Режим доступу: https://www.cypress.com/file/185821/download
Обсяг курсу	64 години аудиторних занять. З них 32 години лекцій, 32 години лабораторних робіт та 56 годин самостійної роботи.
Очікувані результати навчання	Після завершення цього курсу студент буде: - ***Знати*** структуру, функціональне призначення, принципи побудови та логіку роботи мікроконтролерів; сучасну елементну базу для проектування мікропроцесорних систем; мови програмування та програмне забезпечення, що використовується при проектуванні мікроконтролерів; принципи роботи в середовищі розробки PSoC Creator 4.4, апаратну і програмну частини мікроконтролерів PSoC 4

	BLE, PSoC 6 BLE; основні інтерфейси передачі даних (USB, BLE); методи вимірювання фізичних величин з допомогою сучасних сенсорів, прийому/передачі даних по каналу зв'язку Bluetooth на частоті 2.4 ГГц. - ***Вміти*** читати структурні та принципові схеми мікропроцесорних пристроїв на основі мікроконтролерів; використовувати середовище розробки PSoC Creator 4.4 для проектування мікроконтролерних систем; реалізовувати ввід, обробку та вивід інформації в мікропроцесорних системах в різних режимах їх роботи; проектувати та тестувати програмне забезпечення мікропроцесорних пристроїв; описувати системні вимоги до електронних систем, реалізованих на основі мікроконтролерів; розробляти алгоритми вимірювань та реалізувати їх мовами високого рівня для мікропроцесорних систем; володіти сучасними методами аналізу об'єктів проектування, приймати оптимальні рішення щодо вибору структури мікропроцесорних системи за допомогою стандартних засобів мови програмування С. Після вивчення даного курсу здобувачі набудуть таких Загальних (ЗК), Спеціальних/Фахових (СК) компетентностей та Програмних результатів навчання (ПР): ЗК2. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях. ЗК3. Знання та розуміння предметної області та розуміння професійної діяльності. ПР 2. Використовувати сучасний математичний апарат неперервного та дискретного аналізу, лінійної алгебри, аналітичної геометрії, в професійній діяльності для розв'язання задач теоретичного та прикладного характеру в процесі проектування та реалізації об'єктів інформатизації. ПР 3. Використовувати знання закономірностей випадкових явищ, їх властивостей та операцій над ними, моделей випадкових процесів та сучасних програмних середовищ для розв'язування задач статистичної обробки даних і побудови прогнозних моделей.
Ключові слова	Мікроконтролери, проектування мікроконтролерів PSoC 4 BLE, PSoC 6 BLE, технологія CapSense, процесорні ядра ARM Cortex-M4, ARM Cortex-M0+, середовище розробки IDE PSoC Creator 4.4, канал зв'язку Bluetooth.
Формат курсу	Очний
	Проведення лекцій, лабораторних робіт та консультації для кращого розуміння тем.
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Іспит у кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань з дисциплін "Вища математика", "Дискретна математика", "Алгоритми і структури даних", "Основи програмування", "Об'єктно - орієнтоване програмування", "Фізичні основи електроніки", "Електротехніка та електроніка", "Комп'ютерна електроніка та цифрова схемотехніка", "Мікропроцесорна техніка".
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Інформаційні методи (лекції, презентації, лабораторні роботи, написання рефератів, виконання індивідуальних завдань, робота у групі, командна робота, обговорення, консультації для поглибленого розуміння тем, бесіда, ілюстрація, демонстрація), дедуктивні методи на основі узагальнень, евристичні методи (проблемна лекція),

	інтерактивні методи (дискусія).
Необхідне обладнання	Для проведення лекційних занять: • монітор TFT 23"; • системний блок (процесор Intel i5-6500, 8GB оперативної пам'яті, HDD 256GB) ; • мультимедійне обладнання (проектор, проекційний екран, дошка настінна, звуковий підсилювач та аудіосистема); • комутатор мережевий для доступу до мережі Internet. Для проведення лабораторних занять: • комп'ютерна лабораторія з 12-14 робочими місцями; • монітори TFT 23"; • системні блоки (процесор Intel i5-6500, 8GB оперативної пам'яті, HDD 256GB); • мультимедійне обладнання (проектор, проекційний екран, дошка настінна, звуковий підсилювач та аудіосистема); • комутатор мережевий для доступу до мережі Internet; • платформа Moodle, платформа MS Teams; • комп'ютерне програмне забезпечення середовища розробки IDE PSoC Creator 4.4; • лабораторні стенди PSoC 4 BLE Pioneer Kit та PSoC 6 BLE Pioneer Kit в загальній кількості 14 стендів.
Критерії оцінювання (окремо для кожного виду навчальної діяльності)	Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою. Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням: • лабораторні роботи: 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів 50. • іспит: задача і два питання білету = 50% семестрової оцінки; максимальна кількість балів по задачі = 34, максимальна кількість балів по питаннях білету = 8+8 балів=16 балів. Загалом упродовж семестру 100 балів. Іспит проводиться за результатами балів, набраними студентами на протязі семестру. _____ **Контрольні роботи проводяться у формі тестових завдань та реалізації проектів конкретних завдань. 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. **Оцінювання лабораторних робіт** (16 лабораторних робіт, максимальна кількість балів: 50) відбувається шляхом оцінки роботи студента під час проведення лабораторної роботи в аудиторії (0-2 бали за одну роботу) та захисту звіту по виконаній лабораторній роботі (0-1 бал за одну роботу). У підсумку, до всіх набраних балів кожному студенту додаються 2 бали за індивідуальне Резюме. Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням: З – студент в повному обсязі володіє навчальним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, надає правильні відповіді на запитання по

	темі, код програми та його апаратна реалізація функціонують відповідно до завдання, захищений Звіт по роботі; 2 – студент достатньо розуміє розглянутий матеріал та принципи написаного ним коду програми, присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по темі, код програми або його апаратна реалізація функціонують з недоліками, або не захищений Звіт по роботі; 1 – студент не досить добре розуміє розглянутий матеріал та написаний ним код програми, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, код програми функціонує точно, але його апаратна реалізація функціонує з недоліками і не захищений Звіт по роботі, або код програми функціонує неточно і його апаратна реалізація функціонує з недоліками, але захищений Звіт; 0 - студент зовсім не засвоїв розглянутий матеріал, написаний ним код програми та апаратна реалізація не відповідають темі/не функціонують взагалі і не захищений Звіт по роботі. **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. **Література.** Уся література, яку студенти не зможуть знайти самостійно, буде надана викладачем виключно в освітніх цілях без права її передачі третім особам. Студенти заохочуються до використання також й іншої літератури та джерел, яких немає серед рекомендованих. **Політика виставлення балів.** Враховуються бали набрані під час семестру, за виконання самостійної роботи та бали підсумкового тестування. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторного заняття; недопустимість пропусків та запізнень на заняття; користування мобільним телефоном, планшетом чи іншими мобільними пристроями під час заняття в цілях не пов'язаних з навчанням; списування та плагіат; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються. **Критерії оцінювання результатів неформальної освіти:** Нарахування балів відбувається за написання студентом тез доповідей на конференціях, наукових статей, участь у діяльності наукових гуртків, участь у наукових семінарах та круглих столах, конкурсах, участь у заходах неформальної освіти за отримання сертифікатів про проходження навчання на різних освітніх платформах (Coursera, Prometheus тощо), курсах на провідних IT компаніях за тематикою навчальної дисципліни. Кількість балів визначається відсотком покриття результатів відповідної активності до вимог результатів навчання з навчальної дисципліни.
Питання до модульного контролю	1. Метод визначення величини електричного опору резистора за відомими значеннями опору зразкового резистора. 2. Апаратне переривання. Процедура переривання. Реалізація. 3. Світлодіоди. Фізичні принципи роботи. Вольт-амперна характеристика. Діапазон довжин хвиль. 4. **CapSense Button**. Фізичні принципи роботи. Програмна та апаратна реалізація. 5. **CapSense Slider**. Фізичні принципи роботи. Програмна та апаратна реалізація.

	6. Радіоканал зв’язку **Bluetooth**. Частотний діапазон. 7. Діаграма направленості штирової антени каналу **Bluetooth**. 8. Діаграма направленості антени хвильовий канал **Bluetooth**. 9. Застосунок **CYSmart** до смартфона з **Android OS.** 10. Застосунок **CYSmart** до смартфона з **IoS**. 11. Особливості мікроконтролера **PSoC 4 BLE** у порівнянні з мікроконтролером **PSoC 4**. 12. Особливості мікроконтролера **PSoC 6 BLE** у порівнянні з мікроконтролером **PSoC 4 BLE**. 13. 14. Цифрові блоки мікроконтролера **PSoC**. Опис цифрових модулів та їхнє призначення. Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 15. Цифрова шина вводу. Електричні та програмні параметри. 16. Цифрова шина виводу. Електричні та програмні параметри. 17. Цифрові порти вводу/виводу. Електричні та програмні параметри. 18. Глобальні ресурси та їхнє налаштування. 19. Ресурси пінів портів та їхнє налаштування. 20. Лічильник імпульсів **Counter**. Принцип роботи. Електричні та програмні параметри. 21. Вивід інформації на рідкокристалічний дисплей **E-INK**. Цілі, дійсні числа, буквенно- символьна інформація, українська мова. 22. Character **E-INK** Horizontal Bar Graph. Принцип роботи. 23. Character **E-INK** Vertical Bar Graph. Принцип роботи. 24. **CapSense**. Фізичні принципи роботи. Програмна та апаратна реалізація. 25. Цифро-аналоговий перетворювач напруги **VDAC**. Вхідні та вихідні параметри, принцип роботи. 26. **DMA.** Принципи організації прямого доступу до пам’яті. 27. Аналого-цифровий перетворювач **ADC**, принцип дії. 28. **VRef.** Параметри джерела зразкової напруги. 29. **USB**. Апаратні та програмні реалізації. 30. Принципи виводу періодичних сигналів будь-якої форми сигналу. 31. Порівняння різних способів живлення макетів **PSoC 4 BLE**. 32. Порівняння різних способів живлення макетів **PSoC 6 BLE**. 33. Переривання за лічильниками. Процедура переривання. 34. Процедури користувача в **PSoC**. 35. Підсилювач із регульованим коефіцієнтом підсилення **PGA**. 36. Глобальні та локальні змінні. Передача інформації між головною програмою та процедурами в **PSoC**. 37. Аналогові блоки мікроконтролера **PSoC**. Опис аналогових модулів та їхнє призначення. Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 38. Аналогові порти вводу/виводу. Електричні та програмні параметри. 39. Широтно-імпульсний модулятор **PWM**. Принцип роботи. Електричні та програмні параметри. 40. Цифро-аналоговий перетворювач струму **IDAC8**. Вхідні та вихідні параметри, принцип роботи. 41. Операційний підсилювач **Opamp**. Вхідні та вихідні параметри, принцип роботи. 42. **Thermistor**. Фізичні принципи роботи. Температурна залежність

	електричного опору. 43. **Термометр опору**. Температурна залежність електричного опору. 44. Аналоговий комутатор **AMUX single mode**. Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 45. Аналоговий комутатор **AMUX differential mode**. Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 46. **RTD** – метод вимірювання температури за допомогою термісторів. 47. Методи апроксимації характеристики термісторів. 48. **PSoC Creator**. Призначення та етапи використання при реалізації проектів. 49. **Timer**. Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 50. **Clock**. Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 51. **Fan Controller.** Принципи роботи. Електричні та програмні параметри. 52. Мікропотужний електричний двигун постійного струму. 53. Мікропотужний кроковий електричний двигун. 54. Дискретизація сигналів. Теорема Найквіста. 55. Квантування сигналів. 56. **RC** ФНЧ, комплексний коефіцієнт передачі, частотна характеристика, частота зрізу. 57. Пряме перетворення Фур'є. 58. Аналого-цифровий перетворювач **ADC**, **single mode**. 59. Аналого-цифровий перетворювач **ADC**, **differential mode**. 60. Процесорні ядра **ARM Cortex-M4** та **ARM Cortex-M0+** мікроконтролерів **PSoC 6 BLE.**
Опитування	Анкету-оцінку з метою оцінювання якості курсу буде надано по завершенню курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиждень	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності (заняття)	Література. Ресурси в Інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год.	Термін виконання
1	**Програмована система на кристалі Cypress PSoC 4 BLE.** Еволюція вбудованих мікропроцесорних систем. Основні характеристики і архітектура PSoC 5LP, PSoC 4, PSoC 4 BLE. Лекція 1. 2 год.	Лекція	1, 2, 4, 7, 12	**Вивчення лабораторного стенду PSoC 4 BLE Pioneer Kit.** Вступне заняття. Інструктаж з техніки безпеки. Вивчення лабораторного стенду PSoC 4 BLE Pioneer Kit. ЛР. 1. 2 год.	1-й тиждень семестру
2	**Середовище розробки програмного забезпечення IDE PSoC Creator 4.4.** Інтерфейс IDE PSoC Creator 4.4. Каталог компонентів середовища розробки PSoC Creator 4.4. Основні кроки створення проекту та реалізації нової схеми в IDE PSoC Creator 4.4. Лекція 2. 2 год.	Лекція	2, 12	**Вивчення середовища розробки IDE PSoC Creator 4.4.** Інтегроване середовище розробки IDE PSoC Creator 4.4. Приклад демонстрації основних етапів створення проекту в IDE PSoC Creator 4.4. ЛР. 2. 2 год.	2-й тиждень семестру
3	**Система вводу/ виводу (GPIO) мікроконтролерів PSoC 4 BLE.** Архітектура системи вводу/ виводу PSoC 4 BLE. Архітектура комірки вводу/ виводу GPIO та GPIO_OVT PSoC 4 BLE. Режими роботи виводів портів PSoC 4 BLE. Компонента PWM, основні її застосування і параметри. Лекція 3. 2 год.	Лекція	2, 3, 4, 7	**Дослідження пристроїв ШІМ (PWM) мікроконтролерів PSoC 4 BLE.** Компонента PWM, основні її застосування і параметри. Функції для роботи з PWM. Реалізація проектів з використанням PWM. ЛР. 3. 2 год.	3-й тиждень семестру
4	**Система переривань мікроконтролерів PSoC 4 BLE.** Основні функції системи переривань мікроконтролера PSoC 4 BLE. Джерела і типи переривань PSoC 4 BLE. Налаштування переривань в PSoC 4 BLE. Алгоритм опрацювання переривань в PSoC 4 BLE. Лекція 6. 2 год.	Лекція	2, 3, 4, 7	**Вивчення системи переривань мікроконтролерів PSoC 4 BLE.** Джерела, типи, пріоритети переривань мікроконтролерів PSoC 4 BLE. Реалізація проектів з використанням переривань. ЛР. 4. 2 год.	4-й тиждень семестру
5	**Технологія CapSense.** Основи CapSense, області використання CapSense (лінійний слайдер, детектор наближення), метод реалізації CapSense CSD в PSoC 4 BLE. Контрольна робота 1. Лекція 5. 2 год.	Лекція	13	**Вивчення технології CapSense стенду PSoC 4 BLE BLE Pioneer Kit.** Компонента CapSense, її параметри і налаштування. Реалізація проектів з використанням 5-ти сегментного лінійного слайдера PSoC 4 BLE Pioneer Kit. ЛР. 5. 2 год.	5-й тиждень семестру
6	**Канал бездротового зв'язку Bluetooth.** Особливості процесу прийому/передачі інформації по каналу **Bluetooth.** Частотний діапазон каналу 2.4 ГГц та розбиття на підканали. Компонента **Bluetooth** в PSoC 4 BLE. Лекція 6. 2 год.	Лекція	2, 3, 4, 7	**Вивчення технології Bluetooth стенду PSoC 4 BLE BLE Pioneer Kit.** Компонента **Bluetooth**, її параметри і налаштування в PSoC 4 BLE Pioneer Kit. ЛР. 6. 2 год.	6-й тиждень семестру
7	**Мікроконтролерна система управління по каналу Bluetooth.** Застосунок **CYSmart** та його	Лекція	11	**Проектування мікроконтролерної системи зв'язку по каналу Bluetooth.**	7-й тиждень семестру

	особливості в смартфонах з **Android OS** та **IoS**. **П**роектування в Pioneer Kit PSoC 4 BLE системи **Find Me + CYSmart.** Лекція 7. 2 год.			Реалізація проекту в Pioneer Kit PSoC 4 BLE **Find Me + CYSmart.** ЛР. 7. 2 год.	
8	**Мікроконтролерна система передачі даних по каналу Bluetooth.** Використання додатку **CYSmart** в смартфонах з **Android OS** та **IoS** при проектуванні в Pioneer Kit PSoC 4 BLE системи **CapSense + CYSmart.** Лекція 7. 2 год	Лекція	11	**Проектування мікро-контролерної системи зв'язку по каналу Bluetooth.** Реалізація проекту в Pioneer Kit PSoC 4 BLE **CapSense + CYSmart.** ЛР. 8. 2 год.	8-й тиждень семестру
9	**Програмована система на кристалі Cypress PSoC 6 BLE.** Еволюція вбудованих систем. Основні характеристики і архітектура PSoC 5LP, PSoC 4, PSoC 4 BLE, PSoC 6, PSoC 6 BLE. Лекція 9. 2 год.	Лекція	1, 2, 4, 7, 12	**Вивчення лабораторного стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit.** Вивчення лабораторного стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit. ЛР. 9. 2 год.	9-й тиждень семестру
10	**Процесорні ядра ARM Cortex-M4 та ARM Cortex-M0+ мікроконтролерів PSoC 6 BLE.** Архітектура процесорних ядер ARM Cortex-M4 і ARM Cortex-M0+. Основні характеристики процесорних ядер ARM Cortex-M4 і ARM Cortex-M0+. Лекція 10. 2 год.	Лекція	5,6	**Дослідження пристроїв ШІМ (PWM) мікроконтролерів PSoC 6 BLE.** Компонента PWM, основні її застосування і параметри. Функції для роботи з PWM. Реалізація проектів з використанням PWM в двоядерному мікроконтролері **PSoC 6 BLE.** ЛР. 10. 2 год.	10-й тиждень семестру
11	**Система переривань мікроконтролерів PSoC 6 BLE.** Основні функції системи переривань мікроконтролера PSoC 6 BLE. Джерела і типи переривань PSoC 6 BLE. Налаштування переривань в PSoC 6 BLE. Алгоритм опрацювання переривань в PSoC 6 BLE. Лекція 11. 2 год.	Лекція	2, 3, 4, 7	**Вивчення системи переривань мікроконтролерів PSoC 6 BLE.** Джерела, типи, пріоритети переривань процесорних ядер Cortex-M4, Cortex-M0+ PSoC 6 BLE. Реалізація проектів з використанням переривань. ЛР. 11. 2 год.	11-й тиждень семестру
12	**Індикатори в мікропроцесорних системах.** Алфавітно-цифрові та графічні рідкокристалічні індикатори (РКІ). E-INK екрани. Схеми підключення РКІ до мікроконтролерів. Лекція 12. 2 год.	Лекція	7, 12	**Вивід інформації на E-INK дисплей стенду PSoC 6 BLE Pioneer Kit.** Налаштування бібліотеки графіки EmWin. Реалізація проекту виводу текстової і графічної інформації на E-INK дисплей. ЛР. 12. 2 год.	12-й тиждень семестру
13	**Мікроконтролерна система управління по каналу Bluetooth.** Застосунок **CYSmart** та його особливості в смартфонах з **Android OS** та **IoS**. **П**роектування в Pioneer Kit **PSoC 6 BLE** системи **Find Me + CYSmart.** Лекція 13. 2 год.	Лекція	11	**Проектування мікро-контролерної системи зв'язку по каналу Bluetooth.** Реалізація проекту в Pioneer Kit **PSoC 6 BLE Find Me + CYSmart.** ЛР. 13. 2 год.	13-й тиждень семестру
14	**Мікроконтролерна система передачі даних по каналу Bluetooth.** Використання додатку **CYSmart** в смартфонах з **Android OS** та **IoS** при проектуванні в Pioneer Kit **PSoC 6 BLE** системи **CapSense + CYSmart.**	Лекція	11	**Проектування мікро-контролерної системи зв'язку по каналу Bluetooth.** Реалізація проекту в Pioneer Kit **PSoC 6 BLE CapSense + CYSmart.** ЛР. 14. 2 год.	14-й тиждень семестру

	Лекція 14. 2 год				
15	**Моделювання процесу вимірювання температури на Pioneer Kit 6200 BLE Temperature Measurement Profile+ CYSmart.** Контрольна робота 2. Лекція 15. 2 год.	Лекція	7, 12	**Моделювання процесу вимірювання температури на основі мікроконтролера PSoC 6 BLE**. Реалізація алгоритму вимірювання температури і передачі значень моделювання на смартфон за допомогою **CYSmart.** ЛР. 15. 2 год.	15-й тиждень семестру
16	**Вимірювання температури термістором Pioneer Kit 6200 BLE і реалізація Thermometer BLE + CYSmart**. Лекція 16. 2 год.	Лекція	7, 12	**Вимірювання температури з допомогою термістора на основі мікроконтролера PSoC 6 BLE**. Реалізація алгоритму вимірювання температури за допомогою термістора мікроконтролера **PSoC 6 BLE** і передачі значень на смартфон за допомогою **CYSmart.** ЛР. 16. 2 год.	16-й тиждень семестру