

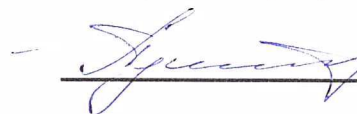
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Львівський національний університет імені Івана Франка
Факультет електроніки та комп'ютерних технологій
Кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки

Затверджено

на засіданні кафедри сенсорної та
напівпровідникової електроніки
факультету електроніки та
комп'ютерних технологій
Львівського національного
університету імені Івана Франка

(протокол № 1/24 від 29.08.2024р.)

Завідувач кафедри

 Андрій ЛУЧЕЧКО

Силабус з навчальної дисципліни

“СЕНСОРНА ЕЛЕКТРОНІКА”,

що викладається в межах освітньо-професійної програми
“Електроніка та комп'ютерні системи” першого
(бакалаврського) рівня вищої освіти
для здобувачів зі спеціальності
171 Електроніка

Назва дисципліни	Сенсорна електроніка
Адреса викладання дисципліни	м. Львів, вул. ген. Тарнавського, 107
Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
Галузь знань, шифр та назва спеціальності	17 Електроніка, автоматизація та електронні комунікації 171 Електроніка
Викладачі дисципліни	Мандзій Василь Миронович, асистент
Контактна інформація викладачів	Vasyl.Mandzii@lnu.edu.ua https://electronics.lnu.edu.ua/employee/mandziy-vasyl-myronovych/ факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген. Тарнавського, 107, лаб. 411
Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються	В режимі оф-лайн: згідно розкладу в день проведення лекційних/лабораторних занять (корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. ген. Тарнавського, 107). В режимі он-лайн: на платформі Microsoft Teams (для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача).
Сторінка дисципліни	https://electronics.lnu.edu.ua/course/sensorna-elektronika/
Інформація про дисципліну	Дисципліна “Сенсорна електроніка” є вибірковою дисципліною зі спеціальності “Електроніка та комп'ютерні системи”, яка викладається в 7 семестрі в обсязі 5.5 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою – ECTS).
Коротка анотація дисципліни	Дисципліна “Сенсорна електроніка” вивчає фізичні принципи роботи сенсорів, їхні типи, характеристики, методи вимірювання та обробки сигналів, а також їхнє застосування в різних галузях, таких як автоматика, медицина, екологія та інші.
Мета та цілі дисципліни	Метою дисципліни є навчити студентів принципам розробки, проектування та застосування сенсорів в різних галузях, а також навчити їх аналізу та обробці сигналів, отриманих від сенсорів. Цілі дисципліни: ознайомити студентів з основними типами сенсорів, їхніми характеристиками та принципами роботи;

	<p>навчити студентів проектуванню та розробці сенсорних систем для різних задач; оволодіти методами вимірювання та обробки сигналів, отриманих від сенсорів; розкрити можливості застосування сенсорів в різних галузях, таких як автоматика, медицина, екологія та інші; розвинути навички аналізу та проектування сенсорних систем; підготувати студентів до самостійної роботи з розробки та застосування сенсорів.</p>
<p>Літератури для вивчення дисципліни</p>	<p>Рекомендована література Базова:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Мікроелектронні сенсори фізичних величин / Вуйцік В., Готра З., Григор'єв В., Каліта В., Мельник О., Потенцкі Є. – Львів: Національний університет Львівська політехніка, 2002. – Том 1. – 474 с. 2. Мікроелектронні сенсори фізичних величин / Вуйцік В., Готра З., Григор'єв В., Каліта В., Мельник О., Потенцкі Є. – Львів: Національний університет Львівська політехніка, 2003. – Том 2. – 596 с. 3. Датчики неелектричних величин / Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. – Суми: СумДУ, 2003. – 70 с. 4. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом: монографія / Осадчук В.С., Осадчук О.В., Кравчук Н.С. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 162 с. 5. CapSense Design Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN65973_CY8C20XX6A_H_AS_CapSense(R)_Design_Guide-ApplicationNotes-v11_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d0722d4244568 6. CY8CKIT-041S-MAX PSoC™ 4100S Max pioneer kit guide [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-CY8CKIT-041S-MAX_PSoC_4100S_Max_Pioneer_Kit_Guide-UserManual-v01_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7d710014017d71538d1f209d

	<p>7. Capacitive Liquid-Level Sensing [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN202478_PSoC_4_Capacitive_Liquid_Level_Sensing-ApplicationNotes-v03_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d0cfa9d345815&utm_source=cypress&utm_medium=referral&utm_campaign=202110_globe_en_all_integration-application_note&redirId=181185</p> <p>Допоміжна:</p> <p>8. Контрольно-вимірювальні прилади. Конспект лекцій / Опанасюк Н.М. – Суми: СумДУ, 2011. – 76 с.</p> <p>9. Основи оптоелектроніки. Конспект лекцій / Однодворець Л.В. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 44 с.</p> <p>10. CY8CKIT-022 [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/cy8ckit-022/</p> <p>11. Cihun-Siyong A. G. Low-Cost Comb-Electrode Capacitive Sensing Device for Liquid-Level Measurement / Cihun-Siyong Alex Gong, Huan Ke Chiu, Li Ren Huang, Cheng Hsun Lin, Zen Dar Hsu, and Po-Hsun Tu // IEEE SENSORS JOURNAL – 2016. - Vol. 16, - No. 9. – P. 2896-2897.</p> <p>12. Bande V. Low-cost capacitive sensor for wells level measurement / Bande V., Ciascai I., Pitica D. // IEEE 33rd Int. Spring Seminar Electron. Technol. - May 2010. -P. 279–283.</p> <p>13. United States Patent US11561654. Machine learning-based position determination / Mandziy V., Karpin O., Kolych I.; assignee Cypress Semiconductor Corporation. Appl. No. 17/313,178; Filed 06.05.2021. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.freepatentsonline.com/11561654.pdf</p> <p>Методичне забезпечення:</p> <p>1. Інструкції до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сенсорна електроніка» (електронні версії).</p>
<p>Обсяг курсу</p>	<p>Загальний обсяг 165 год. Аудиторних занять – 96 год.: 48 год. – лекційних занять, 48 год. – лабораторних занять.</p>

	Самостійна робота – 69 год.
Очікувані результати навчання	В результаті вивчення даного курсу студент повинен: знати: основні принципи роботи та типи сенсорів, їхні характеристики та області застосування; можливості та обмеження застосування сенсорів в різних галузях. вміти: проектувати та розробляти сенсорні системи для різних задач; проводити вимірювання та обробку сигналів, отриманих від сенсорів; аналізувати та порівнювати різні типи сенсорів та сенсорних систем; розробляти алгоритми обробки сигналів для сенсорних систем; працювати з сучасними інструментами та програмними засобами для розробки та дослідження сенсорних систем; оцінювати ефективність та надійність сенсорних систем; презентувати результати дослідження та розробки сенсорних систем.
Ключові слова	Сенсор, сенсорна система, електроніка, вимірювання, обробка сигналів, чутливість, роздільна здатність, відношення сигнал-шум, електромагнітна сумісність, технології IoT, сенсорна мережа.
Формат курсу	Очний
Теми	Див. СХЕМА КУРСУ
Підсумковий контроль, форма	Залік в кінці семестру.
Пререквізити	Для вивчення курсу студенти потребують знань з дисциплін “Матеріали та компоненти сучасної електроніки”, “Цифрова обробка сигналів”, “Напівпровідникова електроніка”, “Твердотільна електроніка”, “Комп’ютерне проектування елементів цифрової електротехніки”.
Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу	Лекції, презентації, лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань (робота і групі, команді), обговорення, дискусія. Робота в системах Microsoft Teams та Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.
Необхідне обладнання	Персональні комп’ютери (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3 (4 ядра), 8 ГБ оперативної пам’яті, 50 ГБ вільного місця на диску). Онлайн-доступ до TEAMS та MOODLE. PSoC™ 4100S Max pioneer kit (CY8CKIT-041S-MAX) Програмне забезпечення: ModusToolbox™ , MATLAB (Online (basic) or trial version).
Критерії оцінювання (окремо)	Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою.

**ДЛЯ КОЖНОГО ВИДУ
навчальної
діяльності)**

Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:

- лабораторні роботи: 40% семестрової оцінки (максимальна кількість балів – 40);
- модуль 1: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів – 20);
- модуль 2: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів – 20);
- індивідуальне завдання: 20% семестрової оцінки (максимальна кількість балів – 20).

Загалом упродовж семестру 100 балів.

Академічна доброчесність: очікується, що роботи студентів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Виявлення ознак академічної недоброчесності при виконанні лабораторних робіт, формуванні звітів та захисті індивідуальних завдань є підставою для їх незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману.

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають усі лекції та лабораторні заняття курсу. Студенти повинні інформувати викладача про неможливість відвідати заняття. У будь-якому випадку студенти зобов'язані дотримуватися термінів визначених для виконання всіх видів робіт та індивідуальних завдань, 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 при поточному контролі (виконання лабораторних робіт, модулів), самостійній роботі та бали підсумкового заліку. При цьому обов'язково враховуються присутність на заняттях та активність студента під час лабораторних занять; 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; несвоєчасне виконання поставленого завдання і т. ін. Жодні форми порушення академічної доброчесності не толеруються.

Оцінювання лабораторних робіт (8 лабораторних робіт) відбуваються шляхом оцінки підготовки до виконання лабораторної роботи, безпосереднього її виконання та захисту.

Кожна робота оцінюється в діапазоні від 0 до 5 балів ($8 \times 5 = 40$ балів).

Бали оцінювання лабораторних робіт нараховуються за наступним співвідношенням:

5 – студент в повному обсязі володіє теоретичним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, самостійно реалізує 100 % від поставлених завдань для виконання роботи, надає правильні відповіді на запитання по темі роботи та описі отриманих результатів;

4 студент достатньо розуміє теоретичний матеріал, самостійно реалізує 75 % від поставлених для виконання роботи завдань, однак присутні неточності та незначні помилки у відповідях на запитання по отриманих результатах;

3 студент не досить добре розуміє теоретичний матеріал, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, 50 % від поставлених завдань реалізує самостійно;

1-2 студент погано розуміє теоретичний матеріал та використані підходи у лабораторній роботі, при допомозі викладача може реалізувати та пояснити 25 % від поставлених в роботі завдань;

0 студент зовсім не підготувався до виконання лабораторної роботи, при допомозі викладача не в змозі виконати жодне завдання лабораторної роботи.

Модуль 1 складається із 20-ти запитань, кожне оцінюється у 1 бал ($20 \times 1 = 20$ балів).

Критерії:

1.0 – відповідь вірна і повна;

0.5 - відповідь частково вірна або неповна;

0 – відповідь невірна.

Модуль 2 складається із 20-ти запитань, кожне оцінюється у 1 бал ($20 \times 1 = 20$ балів).

Критерії:

	<p>1.0 – відповідь вірна і повна; 0.5 - відповідь частково вірна або неповна; 0 – відповідь невірна.</p> <p>Оцінювання індивідуального завдання відбувається за результатом представлення студентом свого індивідуального проекту викладачу та іншим студентам. Кожна робота оцінюється в діапазоні від 0 до 20 балів. Бали оцінювання нараховуються за наступним співвідношенням: 15-20 – студент в повному обсязі володіє теоретичним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, демонструє оригінальний підхід та креативність у вирішенні певної задачі; 10-14 студент достатньо розуміє теоретичний матеріал, є логічна послідовність у викладенні матеріалу; 5-9 студент не досить добре розуміє теоретичний матеріал, вагається та надає неточні/не конкретні відповіді на запитання по темі, але оформлення роботи має чітку та логічну структуру, включно з використанням таблиць, діаграм, рисунків, тощо; 1-5 студент погано розуміє теоретичний матеріал та використані підходи, нема логічної послідовності у викладеному матеріалі; 0 студент зовсім не підготувався до виконання індивідуального завдання.</p>
<p>Питання до Модуля 1</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Що таке сенсор (датчик)? 2. Перелічіть основні характеристики сенсорів. 3. Які основні вимоги до сенсорів для їх ефективного функціонування? 4. Що таке ємнісний сенсор? 5. Для чого в сенорних панелях сенсори спочатку скануються використовуючи взаємну ємність, а потім використовуючи власну ємність? 6. Назвіть переваги ємнісних сенсорів рівня рідини. 7. Що таке тонкоплівковий ємнісний сенсор тиску? Які сенсори тиску Вам відомі? На яких фізичних принципах вони базуються? 8. Сфери застосування тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску? 9. Перелічіть режими роботи ультразвукових сенсорів. 10.Що таке оптичний сенсор рівня рідини? З чого він складається? 11.Опишіть фізичну природу ефекту Зеебека.

12. Намалюйте схему вимірювання резистивного датчика температури.
13. Який діапазон хвиль інфрачервоного електромагнітного спектру найбільше підходить для вимірювання температури? Чому?
14. Що таке сіре тіло?
15. Перелічіть сфери застосування пірометрів.
16. Коротко опишіть принцип роботи яскравісних пірометрів. Намалюйте блок-схему.
17. Де використовуються сенсори навантаження?
18. З яких елементів складається тензодатчик?
19. Опишіть процес сканування 4-дротового резистивного сенсорного екрану.
20. Які переваги резистивної технології сенсорних екранів?
21. Яка різниця між простими та інтелектуальними сенсорами?
22. Які типи сенсорів Ви знаєте?
23. Назвіть два основні підходи, які використовуються для обробки сигналів від сенсорів.
24. Які типи ємнісних сенсорів Ви знаєте?
25. Які типи сенсорів рівня рідини Вам відомі?
26. Схематично намалюйте структуру (дизайн) ємнісного сенсора рівня рідини.
27. Назвіть переваги та недоліки ємнісних сенсорів тиску.
28. Що таке ультразвук? Які джерела ультразвуку Вам відомі?
29. Чи можна виміряти рівень рідини ультразвуковим сенсором?
30. Що таке термопара?
31. В чому різниця між резистивними датчиками температури і термісторами?
32. Чим термістор з негативним температурним коефіцієнтом опору відрізняється від термістора з позитивним температурним коефіцієнтом опору?
33. Що таке абсолютно чорне тіло?
34. Коротко опишіть принцип роботи пірометра?
35. Коротко опишіть принцип роботи радіаційних пірометрів. Намалюйте блок-схему.
36. Що таке сенсор навантаження?
37. Які типи сенсорів навантаження Вам відомі?

	<p>38.Коротко опишіть конструкцію резистивного сенсорного екрану.</p> <p>39.Опишіть принцип роботи цифрової резистивної матриці.</p> <p>40.Перелічіть недоліки резистивних сенсорних екранів.</p>
<p>Питання до Модуля 2</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перелічіть переваги сенсорних екранів. 2. Перелічіть недоліки сенсорних екранів. 3. Які технології сенсорних екранів Вам відомі? 4. Опишіть принцип роботи сенсорних екранів на поверхневих акустичних хвилях. 5. Які переваги та недоліки сенсорних екранів на поверхневих акустичних хвилях? 6. Назвіть області використання сенсорних екранів на поверхневих акустичних хвилях. 7. Опишіть принцип роботи інфрачервоних сенсорних екранів на основі базової інфрачервоної технології. 8. Опишіть принцип роботи інфрачервоних сенсорних екранів на основі технології інфрачервоного оптичного зображення. 9. Які переваги та недоліки інфрачервоних сенсорних екранів? 10. Назвіть області використання інфрачервоних сенсорних екранів. 11. Що означає поняття інтернет речей (IoT)? 12. Розшифруйте поняття IoE. 13. Опишіть архітектуру IoT. 14. Перелічіть основні фактори, які вплинули на розвиток інтернету речей. 15. Які переваги IoT? 16. Які недоліки IoT? 17. Перелічіть сфери застосування IoT. 18. Що таке Tiny ML? 19. Дайте означення терміну “сенсори хімічного складу газу”? 20. З яких компонентів складається сенсор хімічного складу газу. 21. Перелічіть сфери використання сенсорів хімічного складу газу. 22. Що таке масова частка газу? 23. Що таке молярна частка газу? 24. Що таке парціальний тиск газу? 25. Що таке парціальний об'єм газу? 26. Перелічіть технології газових сенсорів.

27. Опишіть принцип роботи сенсорів газу на основі оксиду металу.
28. Що таке адсорбція?
29. Перелічіть переваги та недоліки напівпровідникових газових сенсорів.
30. Назвіть сфери застосування напівпровідникових газових сенсорів.
31. Опишіть принцип роботи сенсорів газу на основі ємності.
32. Перелічіть переваги та недоліки сенсорів газу на основі ємності.
33. Назвіть сфери застосування сенсорів газу на основі ємності.
34. Опишіть принцип роботи електрохімічних газових сенсорів.
35. Перелічіть переваги та недоліки електрохімічних газових сенсорів.
36. Назвіть сфери застосування електрохімічних газових сенсорів.
37. Що таке інфрачервоний сенсор газу?
38. Опишіть принцип роботи інфрачервоних газових сенсорів.
39. Перелічіть переваги та недоліки інфрачервоних газових сенсорів.
40. Назвіть сфери застосування інфрачервоних газових сенсорів.
41. Як називаються газо-аналізатори, які використовують залежність теплопровідності аналізованої газової суміші від концентрації в ній вимірюваного компонента?
42. На якому ефекті працюють сенсори на ефекті Холла?
43. Що таке ефект Холла?
44. Що таке аномальний ефект Холла?
45. Що таке роз'ємний клемний датчик струму?
46. Перелічіть переваги та недоліки роз'ємного клемного датчика струму.
47. Що таке аналогове множення на основі ефекту Холла?
48. Перелічіть переваги аналогового множення на основі ефекту Холла.
49. Назвіть сфери застосування аналогового множення на основі ефекту Холла.

	<p>50. Чи може сенсор на ефекті Холла використовуватися для визначення положення та руху?</p> <p>51. Схематично зобразіть сенсор обертів (rotary encoder), який працює на основі ефекту Холла.</p> <p>52. Назвіть сфери застосування сенсорів на ефекті Холла.</p> <p>53. Перелічіть переваги та недоліки сенсорів на ефекті Холла.</p> <p>54. Що таке магнітоопір?</p> <p>55. Які типи магніторезисторів Ви знаєте?</p> <p>56. Що таке анізотропний магнітоопір?</p> <p>57. Коротко опишіть принцип роботи магніторезистивного датчика на основі анізотропного магнітоопору.</p> <p>58. Що таке гігантський магнітоопір?</p> <p>59. Назвіть сфери застосування гігантського магнітоопору.</p> <p>60. Що таке надзвичайний магнітоопір?</p> <p>61. Що таке тунельний магнітоопір?</p> <p>62. Назвіть сфери застосування сенсорів на основі тунельного магнітоопору.</p>
Опитування	Анкету з метою оцінювання якості курсу буде надано після вивчення курсу.

СХЕМА КУРСУ

Тиж	Тема, план, короткі тези	Форма діяльності заняття	Література. Ресурси в інтернеті	Завдання (лабораторна робота), год	Термін виконання
1	Тема 1. Сенсори, основні властивості сенсорів. Поняття “сенсор”. Основні характеристики сенсорів. Прості та інтелектуальні сенсори. Вимоги до сенсорів. Типи сенсорів. Обробка сигналів сенсорів, Edge AI.	Лекція (3 год)	1-2, 5	Лабораторна робота №1. Фільтрація сигналів від емнісного сенсора. (6 год.)	1-2 тижень семестру
2	Тема 2. Ємнісні сенсори. Поняття “ємнісний сенсор”. Сенсори на основі власної і взаємної ємностей. Кнопки, слайдери, сенсорні	Лекція (3 год)	1-2, 5		

	панелі, сенсори наближення. Ємнісні рішення.				
3	Тема 3. Ємнісний сенсор рівня рідини. Поняття “сенсор рівня рідини”. Дизайн сенсора. Приклад сенсора рівня рідини.	Лекція (3 год)	1-2, 5	Лабораторна робота №2. Оновлення статусу ємнісної кнопки. (6 год.)	3-4 тиждень семестру
4	Тема 4. Тонкоплівковий ємнісний сенсор тиску. Поширені сенсори тиску, їх переваги і недоліки. Конструкція тонкоплівкового ємнісного сенсора тиску. Застосування тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску.	Лекція (3 год)	1-2		
5	Тема 5. Ультразвукові сенсори. Ультразвук. Методи отримання ультразвуку. Режими роботи ультразвукових сенсорів. Ультразвуковий сенсор рівня рідини. Ультразвукові датчики рівня Siemens Wie (відео YouTube).	Лекція (3 год)	1-2	Лабораторна робота №3. Обрахунок координати дотику на ємнісному слайдері. (6 год.)	5-6 тиждень семестру
6	Тема 6. Оптичні сенсори рівня рідини. Оптичний сенсор рівня рідини. Переваги та недоліки. Визначення жестів за допомогою оптичних сенсорів.	Лекція (3 год)	1-2		
7	Тема 7. Температурні сенсори. Застосування температурних сенсорів. Принципи вимірювання температури. Термопара. Резистивні датчики температури. Термістори.	Лекція (3 год)	1-4	Лабораторна робота №4. Обрахунок рівня рідини використовуючи ємнісний сенсор. (6 год.)	7-8 тиждень семестру
8	Тема 8. ІЧ-термометри (пірометри). Класифікація термометрів. Фізичні	Лекція (3 год)	1-4		

	основи пірометрії. Абсолютно чорне тіло, сіре тіло. Сфери використання пірометрів. Класифікація пірометрів. Радіаційні пірометри. Яскравісні пірометри. Пірометри спектрального відношення.				
9	Тема 9. Сенсори навантаження. Означення, сфери застосування. Типи сенсорів навантаження.	Лекція (3 год)	1-3	Лабораторна робота №5. Передача даних, графічний інтерфейс користувача. (6 год.)	9-10 тиждень семестру
10	Тема 10. Тензосенсори. Конструкція тензосенсора. Застосування тензодатчиків.	Лекція (3 год)	1-3		
11	Тема 11. Резистивні сенсори дотику (резистивний сенсорний екран). Поняття “резистивний сенсорний екран”. Принцип роботи. 4-дротовий, 5-дротовий, 8-дротовий сенсорні екрани. Цифрова резистивна матриця. Переваги та недоліки резистивної технології сенсорних екранів.	Лекція (3 год)	1-2	Лабораторна робота №6. Дослідження сенсорів температури на р-п-переході. (6 год.)	11-12 тиждень семестру
12	Тема 12. Інші технології сенсорних екранів. Переваги і недоліки сенсорних екранів. Застосування сенсорних екранів. Технології сенсорних екранів. Сенсорні екрани на поверхневих акустичних хвилях. Інфрачервоні сенсорні екрани.	Лекція (3 год)	1-2		
13	Тема 13. Сенсори хімічного складу газу. Означення. Приклади застосування. Історія. Технології газових	Лекція (3 год)	1-3	Лабораторна робота №7. Частотні залежності провідності	13-14 тиждень семестру

	<p>сенсорів. Сенсори газу на основі оксиду металу. Сенсори газу на основі ємності. Напівпровідникові газові сенсори. Електрохімічні газові сенсори. Інфрачервоні газові сенсори. Фотоакустичні газові сенсори. Термокондуктометричні газоаналізатори. Термохімічна комірка. Електрохімічна комірка для виявлення O₂. Приклади датчиків для фіксації фреону, чадного газу, O₂.</p>			твердих електролітів. (6 год.)	
14	<p>Тема 14. Сенсори на ефекті Холла. Ефект Холла. Сенсори на основі ефекту Холла. Сфери застосування. Переваги і недоліки.</p>	Лекція (3 год)	1-3		
15	<p>Тема 15. Магніторезистивні сенсори. Визначення, історія. Принцип роботи. Типи магніорезисторів. Анізотропний магнітоопір. Гігантський магнітоопір. Надзвичайний магнітоопір. Тунельний магнітоопір. Переваги, недоліки. Застосування.</p>	Лекція (3 год)	1-2	Лабораторна робота №8. Сенсори магнітного поля. (6 год.)	15-16 тиждень семестру
16	<p>Тема 16. Інтернет речей. Поняття “Інтернет речей”. Історія, потенціал, дорожня карта. IoT архітектура. Переваги/недоліки IoT. Застосування IoT.</p>	Лекція (3 год)	1-2		