


**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**

**“СЕНСОРНІ СИСТЕМИ”,**

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

<b>Назва дисципліни</b>	Сенсорні системи
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	м. Львів, вул. ген. Тарнавського, 107
<b>Факультет та кафедра, за якою закріплена дисципліна</b>	Факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	17 Електроніка та телекомунікації 171 Електроніка
<b>Викладачі дисципліни</b>	Мандзій Василь Миронович, асистент
<b>Контактна інформація викладачів</b>	<a href="mailto:Vasyl.Mandzii@lnu.edu.ua">Vasyl.Mandzii@lnu.edu.ua</a> <a href="https://electronics.lnu.edu.ua/employee/mandziy-vasyl-myronovych/">https://electronics.lnu.edu.ua/employee/mandziy-vasyl-myronovych/</a> факультет електроніки та комп'ютерних технологій, кафедра сенсорної та напівпровідникової електроніки вул. ген. Тарнавського, 107, лаб. 411
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	<b>В режимі оф-лайн:</b> згідно розкладу в день проведення лекційних/лабораторних занять (корпус факультету електроніки та комп'ютерних технологій, м. Львів, вул. ген. Тарнавського, 107). <b>В режимі он-лайн:</b> на платформі Microsoft Teams (для погодження часу онлайн консультацій слід писати на електронну пошту викладача).
<b>Сторінка дисципліни</b>	<a href="https://electronics.lnu.edu.ua/course/sensorni-systemy/">https://electronics.lnu.edu.ua/course/sensorni-systemy/</a>
<b>Інформація про дисципліну</b>	Дисципліна “Сенсорні системи” 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).
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Сенсорні системи” – це курс практичного спрямування, що поєднує в собі вивчення будови та принципів функціонування сенсорів різного типу і сенсорних систем з можливостями їх практичного застосування, зокрема, при вимірюваннях і в роботехніці. Вивчення навчальної дисципліни “Сенсорні системи” ознайомить студента з перспективами створення інтелектуальних сенсорів та систем на їх основі, а також принципами їх роботи.
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	<b>Метою дисципліни</b> є освоєння студентами принципів розробки, проектування і застосування сенсорів та сенсорних систем в різних галузях.

	<p><b>Цілі дисципліни:</b>  формування у студентів знань у галузі інтелектуальних сенсорів та сенсорних систем;  ознайомлення з різними типами інтелектуальних сенсорів та фізичними принципами їх роботи, принципами вимірювань та сенсорними системами в роботехніці;  навчання студентів проектуванню та розробці сенсорних систем для різних задач;  підготовка студентів до самостійної роботи з розробки та застосування сенсорних систем.</p>
<p><b>Літератури для вивчення дисципліни</b></p>	<p><b>Рекомендована література</b>  <b>Базова:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>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.</li> <li>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.</li> <li>3. Датчики неелектричних величин / Проценко І.Ю., Шумакова Н.І. – Суми: СумДУ, 2003. – 70 с.</li> <li>4. Мікроелектронні сенсори температури з частотним виходом: монографія / Осадчук В.С., Осадчук О.В., Кравчук Н.С. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2006. – 162 с.</li> <li>5. CapSense Design Guide [Електронний ресурс] – Режим доступу: <a href="https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN65973_CY8C20XX6A_H_AS_CapSense(R)_Design_Guide-ApplicationNotes-v11_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d0722d4244568">https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN65973_CY8C20XX6A_H_AS_CapSense(R)_Design_Guide-ApplicationNotes-v11_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d0722d4244568</a></li> <li>6. CY8CKIT-041S-MAX PSoC™ 4100S Max pioneer kit guide [Електронний ресурс] – Режим доступу: <a href="https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-CY8CKIT-041S-MAX_PSoC_4100S_Max_Pioneer_Kit_Guide-UserManual-v01_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7d710014017d71538d1f209d">https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-CY8CKIT-041S-MAX_PSoC_4100S_Max_Pioneer_Kit_Guide-UserManual-v01_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7d710014017d71538d1f209d</a></li> </ol>

	<p>7. Capacitive Liquid-Level Sensing [Електронний ресурс] – Режим доступу: <a href="https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN202478_PSoC_4_Capacitive_Liquid_Level_Sensing-ApplicationNotes-v03_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d0cfa9d345815&amp;utm_source=cypress&amp;utm_medium=referral&amp;utm_campaign=202110_globe_en_all_integration-application_note&amp;redirId=181185">https://www.infineon.com/dgdl/Infineon-AN202478_PSoC_4_Capacitive_Liquid_Level_Sensing-ApplicationNotes-v03_00-EN.pdf?fileId=8ac78c8c7cdc391c017d0cfa9d345815&amp;utm_source=cypress&amp;utm_medium=referral&amp;utm_campaign=202110_globe_en_all_integration-application_note&amp;redirId=181185</a></p> <p><b>Допоміжна:</b></p> <p>8. Контрольно-вимірювальні прилади. Конспект лекцій / Опанасюк Н.М. – Суми: СумДУ, 2011. – 76 с.</p> <p>9. Болеста І. М. Фізика твердого тіла. Львів: Видавничий центр ЛНУ імені Івана Франка.- 2003.- 480 с.</p> <p>10. Основи оптоелектроніки. Конспект лекцій / Однодворець Л.В. – Суми: Вид-во СумДУ, 2010. – 44 с.</p> <p>11. CY8CKIT-022 [Електронний ресурс] – Режим доступу: <a href="https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/cy8ckit-022/">https://www.infineon.com/cms/en/product/evaluation-boards/cy8ckit-022/</a></p> <p>12. 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>13. 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><b>Методичне забезпечення:</b></p> <p>1. Інструкції до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Сенсорні системи» (електронні версії).</p>
<p><b>Обсяг курсу</b></p>	<p>Загальний обсяг 165 год.  Аудиторних занять – 96 год.:  48 год. – лекційних занять, 48 год. – лабораторних занять.  Самостійна робота – 69 год.</p>
<p><b>Очікувані результати навчання</b></p>	<p>В результаті вивчення даного курсу студент повинен:</p>

	<p><b>знати:</b> основні принципи роботи та типи сенсорів, їхні характеристики та області застосування; можливості та обмеження застосування сенсорів в різних галузях.</p> <p><b>вміти:</b> 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.</p>
<b>Ключові слова</b>	Сенсор, сенсорна система, електроніка, вимірювання, обробка сигналів, чутливість, роздільна здатність, відношення сигнал-шум, електромагнітна сумісність, технології IoT, сенсорна мережа.
<b>Формат курсу</b>	Очний
<b>Теми</b>	Див. СХЕМА КУРСУ
<b>Підсумковий контроль, форма</b>	Залік в кінці семестру.
<b>Пререквізити</b>	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”.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	<p>Лекції, презентації, лабораторні роботи, виконання індивідуальних завдань (робота і групі, команді), обговорення, дискусія.</p> <p>Робота в системах Microsoft Teams та Moodle для здійснення модульного контролю, завантаження виконаних лабораторних завдань.</p>
<b>Необхідне обладнання</b>	<p>Персональні комп’ютери (мінімальні характеристики: процесор Intel Core i3 (4 ядра), 8 ГБ оперативної пам’яті, 50 ГБ вільного місця на диску).</p> <p>Онлайн-доступ до TEAMS та MOODLE.</p> <p>PSoC™ 4100S Max pioneer kit (<a href="#">CY8CKIT-041S-MAX</a>)</p> <p>Програмне забезпечення: <a href="#">ModusToolbox™</a>, MATLAB (Online (basic) or trial version).</p>
<b>Критерії оцінювання (окремо для кожного виду)</b>	<p>Оцінювання проводиться упродовж семестру за 100-бальною шкалою.</p> <p>Бали нараховуються за такими видами робіт з наступним співвідношенням:</p>

**навчальної діяльності)**

- 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:

1.0 – відповідь вірна і повна;

0.5 – відповідь частково вірна або неповна;

0 – відповідь невірна.

	<p><b>Оцінювання індивідуального завдання</b> 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:</p> <p>15-20 – студент в повному обсязі володіє теоретичним матеріалом, має повне розуміння розглянутої теми, демонструє оригінальний підхід та креативність у вирішенні певної задачі;</p> <p>10-14 – студент достатньо розуміє теоретичний матеріал, є логічна послідовність у викладенні матеріалу;</p> <p>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;</p> <p>1-5 – студент погано розуміє теоретичний матеріал та використані підходи, нема логічної послідовності у викладеному матеріалі;</p> <p>0 – студент зовсім не підготувався до виконання індивідуального завдання.</p>
<p><b>Питання до Модуля 1</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Що таке сенсор (датчик)?</li> <li>2. Перелічіть основні характеристики сенсорів.</li> <li>3. Які основні вимоги до сенсорів для їх ефективного функціонування?</li> <li>4. Яка різниця між простими та інтелектуальними сенсорами?</li> <li>5. Які типи сенсорів Ви знаєте?</li> <li>6. Які вимоги до точності та стабільності вимірювань повинні бути враховані при проектуванні інтелектуальних сенсорних систем для забезпечення високої точності у широкому динамічному діапазоні?</li> <li>7. Що таке об'єктно-орієнтоване проектування сенсорних систем, і які переваги воно надає при розробці інтелектуальних сенсорних систем?</li> <li>8. Які чутливі елементи використовуються в інтелектуальних сенсорних системах, і які супроводжуючі паразитні ефекти можуть вплинути на точність вимірювань?</li> <li>9. Як аналогово-цифрове перетворення впливає на точність та швидкість вимірювань в інтелектуальних сенсорних системах, і які</li> </ol>

алгоритми використовуються для корекції помилок?

10. Які сучасні техніки вимірювань використовуються в інтелектуальних сенсорних системах для забезпечення високої точності у широкому динамічному діапазоні?
11. Що таке ємнісний сенсор?
12. Для чого в сенсорних панелях сенсори спочатку скануються використовуючи взаємну ємність, а потім використовуючи власну ємність?
13. Назвіть переваги ємнісних сенсорів рівня рідини.
14. Які типи ємнісних сенсорів Ви знаєте?
15. Які типи сенсорів рівня рідини Вам відомі?
16. Схематично намалюйте структуру (дизайн) ємнісного сенсора рівня рідини.
17. Які види кремнієвих сенсорів використовуються в системах вимірювання та управління, і які їхні переваги та недоліки?
18. Що таке кремнієві сенсори, і які технології їх виробництва забезпечують високу точність та надійність?
19. Як працюють кремнієві сенсори в системах вимірювання та управління, і які ролі відіграють перетворювачі в цих системах?
20. Які типи перетворювачів використовуються в кремнієвих сенсорах, і які їхні характеристики визначають точність та швидкість вимірювань?
21. Що таке інтегровані кремнієві сенсори, і які їхні переваги в порівнянні з дискретними сенсорами в системах вимірювання та управління?
22. Перелічіть режими роботи ультразвукових сенсорів.
23. Що таке ультразвук? Які джерела ультразвуку Вам відомі?
24. Чи можна виміряти рівень рідини ультразвуковим сенсором?
25. Що таке магніторезистори, і які їхні параметри визначають їхню чутливість до магнітного поля, зокрема, як залежить питомий опір від величини магнітного поля?
26. Які матеріали використовуються для виготовлення магніторезисторів, і які їхні властивості забезпечують високу чутливість до магнітного поля?

27. Що таке GMR-магніторезистори, і які їхні переваги в порівнянні з традиційними магніторезисторами в застосуваннях, пов'язаних з магнітними полями?
28. Як працюють магніодіоди, і які їхні параметри визначають їхню чутливість до магнітного поля, зокрема, що таке вольтова та струмова магніточутливість?
29. Яка технологія виготовлення магніодіодів забезпечує їхню високу чутливість до магнітного поля, і які їхні застосування в сучасній електроніці?
30. Які функціональні принципи лежать в основі термічних сенсорів, і які типи термічних структур використовуються для їх виготовлення?
31. Що таке сенсори на основі вимірювання різниці температур, і які їхні переваги в порівнянні з іншими типами термічних сенсорів?
32. Як працюють резистивні термочутливі сенсори, і які їхні параметри визначають їхню чутливість до зміни температури?
33. Що таке інтелектуальні термосенсори, і які їхні можливості в порівнянні з традиційними термічними сенсорами в системах вимірювання та управління?
34. Які типи систем на основі інтелектуальних термосенсорів можуть бути використані в різних галузях, таких як медицина, промисловість та енергетика, і які їхні переваги?
35. Що таке тонкоплівковий ємнісний сенсор тиску? Які сенсори тиску Вам відомі? На яких фізичних принципах вони базуються?
36. Сфери застосування тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску?
37. Які типи сенсорів вологості існують, і які їхні переваги та недоліки в порівнянні один з одним?
38. Як працюють сенсори вологості на основі пористого кремнію, і яка залежність ємності від величини відносної вологості в цих сенсорах?
39. Що таке керамічні сенсори вологості резистивного типу, і яка залежність опору датчика від величини відносної вологості в цих сенсорах?

	<p>40. Як працюють п'єзорезистивні сенсори вологості, і які матеріали використовуються для виготовлення чутливого елемента в цих сенсорах?</p> <p>41. Які основні характеристики п'єзорезистивних датчиків вологості, і які їхні можливості в порівнянні з іншими типами сенсорів вологості в різних галузях, таких як сільське господарство, медицина та промисловість?</p>
<p><b>Питання до Модуля 2</b></p>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Які принципи роботи лежать в основі сенсорів механічних величин, і які типи сенсорів використовуються для вимірювання різних механічних величин?</li> <li>2. Що таке напівпровідникові тензосенсори, і які їхні переваги в порівнянні з іншими типами сенсорів механічних величин?</li> <li>3. Які характеристики визначають основні типи сенсорів тиску, і які їхні можливості в різних галузях, таких як авіація, медицина та промисловість?</li> <li>4. Що таке топологічні варіанти мембранних перетворювачів, і які їхні переваги в порівнянні з іншими типами сенсорів механічних величин?</li> <li>5. Як працюють тензорезистивні плоскі сенсори відносного та абсолютного тиску, і які їхні можливості в різних галузях, таких як автомобілебудування, енергетика та будівництво?</li> <li>6. Що таке тонкоплівкові ємнісні сенсори тиску, і які їхні переваги в порівнянні з іншими типами сенсорів тиску?</li> <li>7. Яка конструкція тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску, і який принцип дії лежить в основі їхньої роботи?</li> <li>8. Які матеріали використовуються для виготовлення тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску, і які їхні властивості забезпечують високу чутливість до зміни тиску?</li> <li>9. Як працює товстоплівковий п'єзоелектричний акселерометр, і які його основні параметри визначають його точність та надійність?</li> <li>10. У яких галузях можуть бути використані тонкоплівкові ємнісні сенсори тиску та товстоплівкові п'єзоелектричні акселерометри, і які їхні можливості в цих галузях?</li> </ol>

11. Яка роль сенсорів у системах автоматизації, і які їхні функції забезпечують ефективне керування процесами в різних галузях?
12. Що таке інтелектуальні системи керування, і які їхні переваги в порівнянні з традиційними системами керування?
13. Які структурні схеми використовуються в інтелектуальних сенсорах, і які їхні метрологічні характеристики визначають їхню точність та надійність?
14. Як сучасні нанотехнології впливають на виробництво нового покоління smart-сенсорів, і які їхні можливості в різних галузях, таких як медицина, промисловість та енергетика?
15. Які електронні схеми обробки та передачі даних використовуються в smart-сенсорах, і які їхні переваги в порівнянні з традиційними схемами?
16. Яка роль штучного інтелекту у вимірюваннях, і які його можливості в покращенні точності та надійності результатів вимірювань?
17. Що таке експертні системи, засновані на правилах, і як вони використовуються в системах вимірювання для прийняття рішень?
18. Що таке нечітка логіка, і як вона застосовується в системах вимірювання для обробки даних?
19. Як штучні нейромережі використовуються в системах вимірювання для виявлення закономірностей та прогнозування результатів?
20. Які переваги та недоліки штучного інтелекту в вимірюваннях, і які його можливості в різних галузях, таких як медицина, промисловість та наука?
21. Які сучасні цифрові технології обробки сигналів використовуються в smart-сенсорах, і які їхні переваги в порівнянні з традиційними методами обробки сигналів?
22. Що таке цифрова фільтрація, і як вона застосовується в smart-сенсорах для покращення якості сигналів?
23. Як усунути помилки цифрового перетворення в smart-сенсорах, і які методи корекції використовуються для цього?
24. Що таке системи автоматичного калібрування, і як вони використовуються в smart-сенсорах для

забезпечення точності та надійності результатів вимірювань?

25. Які сучасні технології машинного зору використовуються в сенсорних мережах, і які їхні можливості в різних галузях, таких як медицина, промисловість та безпека?
26. З яких елементів складається тензодатчик?
27. Опишіть процес сканування 4-дротового резистивного сенсорного екрану.
28. Які переваги резистивної технології сенсорних екранів?
29. Коротко опишіть конструкцію резистивного сенсорного екрану.
30. Опишіть принцип роботи цифрової резистивної матриці.
31. Перелічіть недоліки резистивних сенсорних екранів.
32. Перелічіть переваги сенсорних екранів.
33. Перелічіть недоліки сенсорних екранів.
34. Які технології сенсорних екранів Вам відомі?
35. Опишіть принцип роботи сенсорних екранів на поверхневих акустичних хвилях.
36. Які переваги та недоліки сенсорних екранів на поверхневих акустичних хвилях?
37. Назвіть області використання сенсорних екранів на поверхневих акустичних хвилях.
38. Опишіть принцип роботи інфрачервоних сенсорних екранів на основі базової інфрачервоної технології.
39. Опишіть принцип роботи інфрачервоних сенсорних екранів на основі технології інфрачервоного оптичного зображення.
40. Які переваги та недоліки інфрачервоних сенсорних екранів?
41. Назвіть області використання інфрачервоних сенсорних екранів.
42. Які сенсорні системи використовуються в робототехніці, і які їхні функції визначають поведінку робота в зовнішньому середовищі?
43. Що таке сенсорні системи, що визначають геометричні та інші параметри зовнішнього середовища, і як вони використовуються в робототехніці?

	<p>44.Що таке системи технічного зору, і як вони використовуються в робототехніці для виявлення та розпізнавання об'єктів?</p> <p>45.Які системи силомоментного відчуття використовуються в робототехніці, і які їхні функції забезпечують взаємодію робота з зовнішнім середовищем?</p> <p>46.Що таке багатосенсорні системи, і як вони використовуються в робототехніці для покращення точності та надійності результатів вимірювань?</p> <p>47.Що означає поняття інтернет речей (IoT)?</p> <p>48.Розшифруйте поняття IoE.</p> <p>49.Опишіть архітектуру IoT.</p> <p>50.Перелічіть основні фактори, які вплинули на розвиток інтернету речей.</p> <p>51.Які переваги IoT?</p> <p>52.Які недоліки IoT?</p> <p>53.Перелічіть сфери застосування IoT.</p> <p>54.Що таке Tiny ML?</p>
<b>Опитування</b>	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	<p><b>Тема 1. Сенсори, та сенсорні системи.</b></p> <p>Предмет і завдання курсу. Вимірювальна інформація. Вимірювальні сигнали та їх параметри (інформативний та неінформативний параметр). Вхідний та вихідний сигнал. Вимірювальне перетворення та вимірювальний перетворювач. Сенсори та сенсорні системи в автоматизації. Класифікація сенсорів. Ключові характеристики сенсорів. Вимоги до</p>	Лекція (3 год)	1-2, 5	<p>Вступне заняття. Інструкція з техніки безпеки. Академічна доброчесність. Інсталяція <a href="#">ModusToolbox</a>. Вивчення будови та принципу роботи <a href="#">PSoC™ 4100S Max</a> <a href="#">pioneer kit</a> від фірми <a href="#">Infineon</a>.</p>	1-2 тиждень семестру

	сенсорів. Автоматизовані виробничі машини.				
2	<b>Тема 2. Техніка вимірювань для інтелектуальних сенсорних систем.</b> Об'єктно-орієнтоване проектування сенсорних систем. Чутливі елементи та супроводжуючі паразитні ефекти. Аналогово-цифрове перетворення. Висока точність у широкому динамічному діапазоні.	Лекція (3 год)	1-3		
3	<b>Тема 3. Ємнісні сенсори. Сенсори для вимірювання рівня рідини.</b> Поняття ємнісного сенсора. Сенсори, що використовують власну та взаємну ємності. Кнопки, слайдери, сенсорні панелі, сенсори наближення. Ємнісні рішення. Поняття “датчик рівня рідини”. Конструкція сенсора. Приклад сенсора рівня рідини.	Лекція (3 год)	1-2, 5-6	Лабораторна робота №1. Зміна статусу сенсорної кнопки на основі ємності.	3-4 тиждень семестру
4	<b>Тема 4. Кремнієві сенсори.</b> Системи вимірювання та управління. Перетворювачі. Технології перетворювачів. Види кремнієвих сенсорів.	Лекція (3 год)	1-2		
5	<b>Тема 5. Сенсори на основі ультразвуку.</b> Ультразвукова хвиля. Методи отримання ультразвуку. Режими функціонування ультразвукових сенсорів. Ультразвуковий сенсор рівня рідини.	Лекція (3 год)	1-2	Лабораторна робота №2. Дослідження сенсорів температури.	5-6 тиждень семестру
6	<b>Тема 6. Магніторезистори та магніодіоди.</b> Диск Корбіно. Конструкція та параметри магніторезисторів.	Лекція (3 год)	1-2		

	<p>Залежність питомого опору від величини магнітного поля.</p> <p>Матеріали для магніторезисторів. GMR-магніторезистори. Будова та принцип дії магнітодіодів, технологія виготовлення. ВАХ магнітодіоду, вольтова та струмова магніточутливість.</p>				
7	<p><b>Тема 7. Термічні сенсори. Інтелектуальні термічні сенсори та системи на їх основі.</b></p> <p>Функціональний принцип термічних сенсорів. Термічні структури. Сенсори на основі вимірювання різниці температур. Сенсори на основі термічних вимірювань. Резистивні термочутливі сенсори. Інтелектуальні термосенсори та системи на їх основі.</p>	Лекція (3 год)	1-4	Лабораторна робота №3. Розрахунок положення дотику на ємнісному слайдері.	7-8 тиждень семестру
8	<p><b>Тема 8. Сенсори вологості.</b> Сенсори вологості на основі пористого кремнію: конструкція, залежність ємності від величини відносної вологості. Керамічні сенсори вологості резистивного типу, залежність опору датчика від величини відносної вологості. Керамічні сенсори вологості ємнісного типу. Будова та робота п'єзорезистивного сенсора вологості. Основні характеристики п'єзорезистивних датчиків вологості.</p>	Лекція (3 год)	1-2		
9	<p><b>Тема 9. Принципи роботи сенсорів механічних величин. Напівпровідникові</b></p>	Лекція (3 год)	1-3	Лабораторна робота №5. Розрахунок рівня рідини з	9-10 тиждень семестру

	<p><b>тензосенсори.</b> Принципи роботи сенсорів механічних величин. Характеристики основних типів сенсорів тиску. Галузі застосування сенсорів механічних величин. Топологічні варіанти мембранних перетворювачів. Інтегральний тензорезистивний сенсор абсолютного тиску. Тензорезистивні плоскі сенсори відносного та абсолютного тисків: конструкція, принцип роботи, застосування.</p>			використанням ємнісного сенсора.	
10	<p><b>Тема 10. Тонкоплівкові ємнісні сенсори тиску.</b> Варіант конструкції тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску. Принцип дії. Матеріали для тонкоплівкових ємнісних сенсорів тиску. Будова товстоплівкового п'єзоелектричного акселерометра. Основні параметри акселерометра. Галузі застосування.</p>	Лекція (3 год)	1-3		
11	<p><b>Тема 11. Сенсори в системах автоматизації.</b> Інтелектуальні системи керування. Роль сенсорів у системах автоматизації. Структурні схеми інтелектуальних сенсорів. Метрологічні характеристики інтелектуальних сенсорів. Сучасні нанотехнології як основа виробництва нового покоління smart-сенсорів із електронними схемами обробки та передачі даних.</p>	Лекція (3 год)	1-2	Лабораторна робота №6. Аналіз сенсорів температури, які працюють на р-п-переході.	11-12 тиждень семестру
12	<p><b>Тема 12. AI у вимірюваннях.</b> Експертні системи, засновані на правилах. Нечітка логіка. Штучні нейромережі.</p>	Лекція (3 год)	1-2		

13	<b>Тема 13. Сучасні цифрові технології обробки сигналів у smart-сенсорах.</b> Цифрова фільтрація. Усунення помилок цифрового перетворення. Системи автоматичного калібрування. Сенсорні мережі. Бездротова технологія роботи сучасних сенсорів. Сучасні технології машинного зору.	Лекція (3 год)	1-3	Лабораторна робота №7. Залежності провідності твердих електролітів від частоти.	13-14 тиждень семестру
14	<b>Тема 14. Сенсорні екрани.</b> Резистивні та ємнісні сенсорні екрани. Проекційно-ємнісні екрани. Технологія Acoustic Pulse Recognition (APR). Хвильові сенсорні екрани. Multi-touch технології. Особливості різних типів сенсорних екранів та їх використання.	Лекція (3 год)	1-3		
15	<b>Тема 15. Сенсорні системи у робототехніці.</b> Сенсорні системи, що визначають геометричні та інші параметри зовнішнього середовища. Системи технічного зору. Системи силомоментного відчуття роботів. Багатосенсорні системи.	Лекція (3 год)	1-2	Лабораторна робота №8. Передача інформації, графічний інтерфейс користувача.	15-16 тиждень семестру
16	<b>Тема 16. Інтернет речей.</b> Історія, потенціал, дорожня карта. Архітектура IoT. Переваги/недоліки IoT. Застосування IoT.	Лекція (3 год)	1-2		