

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЗАПОРІЗЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Кафедра

мікро- та наноелектроніки
(найменування кафедри)

СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ

СХЕМОТЕХНІКА СУЧАСНИХ ВИМІРЮВАЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ
(назва навчальної дисципліни)

Освітня програма:

Якість, стандартизація та сертифікація
(назва освітньої програми)

Спеціальність:

152 Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка
(найменування спеціальності)

Галузь знань:

15 Автоматизація та приладобудування
(найменування галузі знань)

Ступінь вищої освіти:

бакалавр
(назва ступеня вищої освіти)

Затверджено на засіданні кафедри
мікро-та наноелектроніки
(найменування кафедри)

Протокол №1 від 17.08.2021 р.

1. Загальна інформація	
Назва дисципліни	Схемотехніка сучасних вимірювальних пристроїв Навчальна дисципліна вибіркового компонента
Рівень вищої освіти	Перший (бакалаврський) рівень
Викладач	Нагорна Ніна Миколаївна, старший викладач
Контактна інформація викладача	764-67-33, E-mail викладача nagornnn@i.ua
Час і місце проведення навчальної дисципліни	Згідно до розкладу занять.
Обсяг дисципліни	Кількість годин – загальний обсяг 150 годин. Кредитів – 5 кредитів ЄКТС. Розподіл годин: 30 годин лекцій; 14 годин практичних занять; 14 годин лабораторних занять; 92 години самостійна робота. Вид контролю – іспит
Консультації	Згідно з графіком консультацій https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki
2. Пререквізити і постреквізити навчальної дисципліни	
<p>Пререквізити:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ОК12. Основи метрології та інформаційно-вимірювальної техніки; ➤ ОК 13. Статистичні методи у метрології та інформаційно-вимірювальній техніці; ➤ ОК 18. Методи та засоби вимірювань, випробувань та контролю. <p>Постреквізити:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ ОК 30. Проектування вимірювальних систем; ➤ ОК 31. Переддипломна практика; ➤ ОК 32. Дипломування. 	
3. Характеристика навчальної дисципліни	
<p>При вивченні дисципліни студент отримує знання зі схемотехнічних рішень щодо вимірювальних приладів, модулів, плат, в яких задіяний системний підхід при обміні інформацією з віддаленими об'єктами через бездротові інтерфейси з можливістю обміну і зберігання даних в хмарних сервісах та з підтримкою сучасних стандартів і технологій бездротового зв'язку Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Sub-1 GHz, 6LoWAN. Значна увага приділяється вивченню принципів безперервного моніторингу стану промислових систем, що здійснюється з використанням сучасної елементної бази. Також студент оволодіває навичками проектування вимірювальних систем на основі технологій «Базові матричні кристали (FPGA)» та «Система на кристалі», тобто найсучасніших технологій світу електроніки. Схемотехніка вимірювальних пристроїв розглядається більш детально на нижчому ієрархічному рівні побудови вимірювальних систем, коли відбувається перетворення фізичних сигналів з однієї форми в іншу, а також перетворення аналогових сигналів у цифрові, тобто на рівні інтегральних вимірювальних датчиків з сучасними мініатюрними чутливими елементами та перетворювачів типу АЦП/ЦАП. При проведенні лабораторного практикуму поєднуються як вимірювання на традиційних макетних установках, так і вимірювання з використанням комп'ютерних моделей вимірювальних засобів.</p> <p>У результаті вивчення навчальної дисципліни студент повинен отримати:</p> <p>загальні компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ K01. Здатність застосовувати професійні знання й уміння у практичних ситуаціях; ➤ K02. Здатність спілкуватися державною мовою як усно, так і письмово; ➤ K04. Навички використання інформаційних і комунікаційних технологій; ➤ K05. Здатність до пошуку, опрацювання та аналізу інформації з різних джерел; ➤ K08. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями; ➤ K10. Здатність оцінювати та забезпечувати якість виконуваних робіт; <p>фахові компетентності:</p> <ul style="list-style-type: none"> ➤ K13. Здатність проводити аналіз складових похибки за їх суттєвими ознаками, оперувати складовими похибки/невизначеності у відповідності з моделями 	

- вимірювання;
- K14. Здатність проектувати засоби інформаційно-вимірювальної техніки та описувати принцип їх роботи;
- K15. Здатність, виходячи з вимірювальної задачі, пояснювати та описувати принципи побудови обчислювальних компонент засобів вимірювальної техніки;
- K16. Здатність використовувати сучасні інженерні та математичні пакети для створення моделей приладів і систем вимірювань.

Очікувані програмні результати навчання:

- ПР01. Вміти знаходити обґрунтовані рішення при складанні структурної, функціональної та принципової схем засобів інформаційно-вимірювальної техніки;
- ПР02. Знати і розуміти основні поняття метрології, теорії вимірювань, математичного та комп'ютерного моделювання, сучасні методи обробки та оцінювання точності вимірювального експерименту;
- ПР03. Розуміти широкий міждисциплінарний контекст спеціальності, її місце в теорії пізнання і оцінювання об'єктів і явищ;
- ПР07. Вміти пояснити та описати принципи побудови обчислювальних підсистем і модулів, що використовуються при вирішенні вимірювальних задач;
- ПР09. Розуміти застосовувані методики та методи аналізу, проектування і дослідження, а також обмежень їх використання;
- ПР12. Знати та розуміти сучасні теоретичні та експериментальні методи досліджень з оцінюванням точності отриманих результатів, в тому числі шляхом математичного моделювання;
- ПР13. Знати та вміти застосовувати сучасні інформаційні технології для вирішення задач в сфері метрології та інформаційно-вимірювальної техніки.

4. Мета вивчення навчальної дисципліни

Метою вивчення дисципліни є набуття теоретичної та практичної підготовки щодо схемотехнічних принципів побудови сучасних вимірювальних засобів на базі передових технологій, що використовуються у кібернетиці, теорії зв'язку, технології виготовлення інтегрованих схем, теорії передавання інформації, а також набуття студентами навичок системного мислення.

5. Завдання вивчення дисципліни

Пізнавальні – виконання оцінки ефективності, якості та надійності складних систем, вивчення принципів використання інтелектуальних технологій при проектуванні та експлуатації вимірювальних систем.

Практичні – формування практичних навичок проектування та експлуатації вимірювальних систем та окремих пристроїв на базі сучасних ієрархічних принципів їх побудови.

6. Зміст навчальної дисципліни

Змістовий модуль 1. Робота сучасних вимірювальних компонентів у складі контрольно-вимірювальних та інформаційних систем

Вступ. Метрологічне забезпечення пристроїв вимірювань

Класифікація похибок, варіація, точність, чутливість, стабільність, повторюваність.

Тема 1. Обробка сигналів в інформаційно-вимірювальних системах

Основні положення теорії сигналів. Способи представлення та обробки неперервних сигналів. Кореляційні та спектральні характеристики випадкових сигналів.

Методики аналізу випадкових сигналів у часовій та частотній областях.

Особливості застосування спектральних перетворень до дискретних сигналів та аналогових сигналів. Кореляційний аналіз сигналів. Цифрова фільтрація сигналів.

Інформаційні сигнали в системах моніторингу.

Тема 2. Сучасні вимірювальні компоненти для контрольно-вимірювальних та інформаційних систем на кіберфізичному рівні

Автоматична адаптація засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) при зміні виробничих ланцюжків.

Використання в ЗВТ принципів Інтернету речей (IoT) і штучного інтелекту.

Зниження участі людини у зчитуванні і обробці результатів вимірювань.

Впровадження безперервних вимірювань в області контролю систем і вузлів промислового обладнання через дротові і бездротові інтерфейси з можливістю обміну і

зберігання даних в хмарних сервісах.

Значення сертифікату Wi-Fi CERTIFIED. Підтримка сучасних стандартів і технологій бездротового зв'язку (Wi-Fi, Bluetooth, ZigBee, Sub-1 GHz, 6LoWAN тощо).

Зниження електроспоживання для ЗВТ з батарейним живленням.

Тема 3. Ієрархічні та модульні віртуальні вимірювальні пристрої в LabVIEW

Програмне середовище LabVIEW для проведення вимірювань та аналізу отриманих даних.

Віртуальні прилади з віддаленим управлінням і спостереженням через Internet.

Основні функції LabVIEW: моніторинг і управління процесами (пряме або через програмовані логічні контролери).

Компоненти типової системи для збору даних або управління зовнішніми приладами по каналу спільного користування.

Модулі узгодження сигналів з функціями підсилення, лінеаризацією, фільтрацією, ізолюванням.

Мережеві протоколи: DataSocket, TCP, UDR. Підтримка технології ActiveX.

Цифрова обробка масивів даних при генерації сигналів, фільтрації, аналізі, заснованому на вимірюваннях, апроксимації, статистичному аналізі.

Тема 4. Вимірювальні модулі, виконані на надвеликих інтегрованих схемах (НВІС) та «Системах на кристалі» (СнК, SoC)

Огляд нового покоління мікросхем типу FPGA від провідних виробників. ПЛІС / FPGA для штучного інтелекту. Розгляд принципів роботи з відлагоджувальними платами на базі мікросхем типу FPGA з метою розробки вимірювальних приладів.

Змістовий модуль 2. Перетворення аналогових величин у цифрові та цифрових у аналогові при вимірюваннях

Тема 5 Вимірювальні системи для безперервного моніторингу стану критичних вузлів промислового обладнання

Використання методів математичного моделювання у вимірювальних системах.

Прецизійні мікросхеми операційних підсилювачів, комутаторів, джерел зразкової напруги, мікросхеми керування живленням для систем моніторингу.

Мікросхеми та налагоджувальні комплекти для побудови пристроїв передачі даних від датчиків. Мікросхеми та налагоджувальні комплекти для управління актуаторами (приводами).

Вхідні інтерфейси вимірювальних систем. Схеми автоматичного вибору діапазону вимірювань.

Тема 6. Універсальні плати і модулі АЦП/ЦАП

Мікросхеми високоякісних 24-разрядних АЦП з надлишковою дискретизацією, великим динамічним діапазоном і широкою смугою пропускання для вимірювальної техніки.

Вимоги до джерел сигналів АЦП з вхідним динамічним комутатором каналів в багатоканальному режимі. Явище комутаційних завад. Оптимізація співвідношення сигнал / завада при підключенні АЦП в реальних умовах.

Структура та метрологічні характеристики АЦП з самокалібруванням.

Універсальні плати АЦП/ЦАП на шину PCI/PCI EXPRESS для вимірювальних комплексів. Модулі ЦАП/АЦП та приклади їх підключення.

Тема 7. Інтегральні вимірювальні перетворювачі

Сучасний стан інтегральних датчиків первинної інформації. Аналіз специфіки побудови інтегральних датчиків. Аналіз інтегрального перетворення фізичних величин в електричний сигнал.

Принципи розробки електронних перетворювачів інтегральних датчиків. Ємнісний датчик переміщень. Датчик сили на основі електричних полів. Магнітоелектричний датчик сили. Перетворювач напруга-частота, умова його стійкості при малих вхідних впливах, оцінка часу відгуку.

Принципи розробки чутливих елементів інтегральних датчиків.

Системний підхід до оптимізації характеристик інтегральних датчиків. Оптимізація конструктивних параметрів за динамічним критерієм. Оптимізація конструктивних параметрів з урахуванням додаткових обмежень. Оптимізація відношення сигнал-шум.

Подавлення теплових шумів напівпровідників. Калібрування інтегральних датчиків за

експериментальними даними.

7. План вивчення навчальної дисципліни

№ тижня	Назва теми	Форми організації навчання	Кількість годин
1	Вступ. Метрологічне забезпечення пристроїв вимірювань.	Лекція	2
1	Визначення кореляційної функції та енергетичного спектра випадкового сигналу.	Практичне заняття	2
2	Тема 1. Обробка сигналів в інформаційно-вимірювальних системах.	Лекція	2
2	Реалізація цифрових фільтрів на ПЛІС.	Лабораторне заняття	2
3	Тема 1. Обробка сигналів в інформаційно-вимірювальних системах.	Лекція	2
3	Сучасний підхід до оцінок похибок та надійності ЗВТ.	Практичне заняття	2
4	Тема 2. Сучасні вимірювальні компоненти для контрольно-вимірювальних та інформаційних систем на кіберфізичному рівні.	Лекція	2
4	Оцінка точності вимірювань при калібруванні системи вимірювання ваги.	Лабораторне заняття	2
5	Тема 2. Сучасні вимірювальні компоненти для контрольно-вимірювальних та інформаційних систем на кіберфізичному рівні.	Лекція	2
5	Створення віртуальних вимірювальних приладів у середовищі LabVIEW.	Практичне заняття	2
6	Тема 3. Ієрархічні та модульні віртуальні вимірювальні пристрої в LabVIEW.	Лекція	2
6	Оцінка точності вимірювань при калібруванні системи вимірювання ваги.	Лабораторне заняття	2
7	Тема 3. Ієрархічні та модульні віртуальні вимірювальні пристрої в LabVIEW.	Лекція	2
7	Розробка цифрового аналізатора сигналів на базі ПЛІС FPGA.	Практичне заняття	2
8	Тема 4. Вимірювальні модулі, виконані на надвеликих інтегрованих схемах (НВІС) та «Системах на кристалі» (СнК, SoC).	Лекція	2
8	Вимірювання інтервалів часу за допомогою ПЛІС.	Лабораторне заняття	2
9	Тема 4. Вимірювальні модулі, виконані на надвеликих інтегрованих схемах (НВІС) та «Системах на кристалі» (СнК, SoC).	Лекція	2

9	Точні вимірювання аналогових сигналів в системах збору даних.	Практичне заняття	2
10	Тема 5. Вимірювальні системи для безперервного моніторингу стану критичних вузлів промислового обладнання.	Лекція	2
10	Порівняння метрологічних характеристик осцилографів.	Лабораторне заняття	2
11	Тема 5. Вимірювальні системи для безперервного моніторингу стану критичних вузлів промислового обладнання.	Лекція	2
11	Метрологічні характеристики АЦП та ЦАП.	Практичне заняття	2
12	Тема 6. Універсальні плати і модулі АЦП/ЦАП.	Лекція	2
12	Прилад для температурних вимірювань на основі мікроконтролера.	Лабораторне заняття	2
13	Тема 6. Універсальні плати і модулі АЦП/ЦАП.	Лекція	2
13	Моделювання роботи ємнісного чутливого елемента датчика диференціального тиску.	Практичне заняття	2
14	Тема 7. Інтегральні вимірювальні перетворювачі.	Лекція	2
14	Дослідження пристрою збору інформації на ПЛІС.	Лабораторне заняття	2
15	Тема 7. Інтегральні вимірювальні перетворювачі.	Лекція	2

8. Самостійна робота

№ тижня	Назва теми	Види СР	Кіл-ть годин	Контрольні заходи
1	<i>Змістовий модуль 1.</i> Вступ. Метрологічне забезпечення пристроїв вимірювань. Обробка сигналів в інформаційно-вимірювальних системах.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу.	8	Усне опитування на лекції.
1, 2	Сучасні вимірювальні компоненти для контрольно-вимірювальних та інформаційних систем на кіберфізичному рівні.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу, підготовка до виконання та захисту лабораторної роботи.	4	Усне опитування на лекції.
2	Ієрархічні та модульні віртуальні вимірювальні пристрої в LabVIEW.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного	8	Тестування для самоконтролю в системі дистанційного навчання.

		матеріалу, підготовка до доопрацювання завдань практичних занять.		
3	Ієрархічні та модульні віртуальні вимірювальні пристрої в LabVIEW.	Проробка літературних джерел, вивчення лекційного матеріалу.	12	Усне опитування на лекції. Приймання завдань практичних занять.
3, 4	Вимірювальні модулі, виконані на надвеликих інтегрованих схемах (НВІС) та «Системах на кристали» (СнК, SoC).	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	8	Усне опитування на лекції. Захист лабораторної роботи.
5, 6, 7	Вимірювальні модулі, виконані на надвеликих інтегрованих схемах (НВІС) та «Системах на кристали» (СнК, SoC).	Виконання індивідуального завдання на тему: "Розробка віртуального вимірювального приладу у середовищі LabVIEW заданого функціонального призначення". Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	10	Усне опитування на лекції. Приймання завдань практичних занять. Перевірка контрольних робіт.
8, 9	Змістовий модуль 2. Вимірювальні системи для безперервного моніторингу стану критичних вузлів промислового обладнання.	Підготовка до тестування.	14	Усне опитування на лекції. Захист лабораторних робіт.
10,11	Універсальні плати і модулі АЦП/ЦАП.	Виконання індивідуального завдання на тему: "Визначення параметрів ЦАП і АЦП системи вимірювань при заданих параметрах первинного сигналу".	12	Усне опитування на лекції. Захист лабораторних робіт.
12,13, 14	Інтегральні вимірювальні перетворювачі.	Опрацювання літератури, підготовка до лабораторних робіт.	16	Приймання завдань практичних занять. Приймання завдань практичних занять.
15	Підсумковий	Підготовка до	4	Іспит, в тому числі в

	контроль	виконання контрольної роботи. Підготовка до заліку.		системі дистанційного навчання .
--	----------	--	--	----------------------------------

Консультативна допомога студенту надається у таких формах:

- особиста зустріч викладача і студента за графіком консультацій <https://zp.edu.ua/kafedra-mikro-ta-nanoelektroniki> (не менш ніж 2 години на тиждень або за попередньою домовленістю);
- листування за допомогою електронної пошти nagornnn@i.ua (у форматі 24/7 кожного дня);
- відеозустріч в системі Zoom Meeting, аудіоспілкування або повідомлення у сервісах Viber та WhatsApp (за графіком консультацій викладача);
- спілкування по телефону (за графіком консультацій викладача).

9. Система та критерії оцінювання курсу

Оцінка знань студентів здійснюється за кредитно-модульною системою. Навчальний семестр складається з двох змістових модулів.

Для студентів денної форми навчання кожен змістовий модуль оцінюється за 100-бальною шкалою. Підсумкова оцінка визначається як середня двох контролів за перший та другий змістові модулі. Студент має право додатково скласти іспит за 100-бальною шкалою. В цьому випадку підсумкова оцінка визначається як середня в цілому двох змістових модулів та іспиту.

Для студентів заочної форми навчання навчальна дисципліна в цілому оцінюється за 100-бальною шкалою.

Оцінка за 100-бальною шкалою переводиться відповідно у національну шкалу («відмінно», «добре», «задовільно», «незадовільно») та шкалу європейської кредитно-трансферної системи (ЄКТС – A, B, C, D, E, FX, F).

Шкала оцінювання при виді контролю: диференційований залік

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою
90-100	A	Відмінно
85-89	B	Добре
75-84	C	
70-74	D	
60-69	E	Задовільно
35-59	FX	Незадовільно з можливістю повторного складання
1-34	F	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

Оцінка «відмінно» виставляється студентові за повне та відмінне виконання завдання без помилок, або з незначними помилками. Оцінка «добре» - за правильне виконання завдання, але з деякими помилками. Оцінка «задовільно» виставляється за виконання завдання в достатньому обсязі зі значною кількістю недоліків або в мінімальному обсязі. Оцінка «незадовільно» виставляється студентові, який не виконав завдання, або обсяг виконання завдання недостатній та містить грубі помилки, а також у випадку, коли у студента відсутні знання базових положень навчальної дисципліни або їх недостатньо для продовження навчання чи початку професійної діяльності.

Критерії оцінювання курсу

Оцінювання навчальних успіхів студентів реалізується шляхом проведення поточного та підсумкового контролю успішності.

Для студентів денної форми навчання:

1. Курсом передбачені *практичні заняття і лабораторні роботи*.

1.1. Враховуючи активність студента на практичних заняттях та результати аудиторних контрольних робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 12 балів.

1.2. Якщо всі лабораторні роботи здані на оцінку „відмінно“, робіт студент може отримати в кожному модулі максимально 18 балів.

2. За індивідуальне завдання студент може отримати в кожному модулі максимально 20 балів за умови демонстрації високого рівня знань і вміння їх застосовувати.

3. По закінченню першого і другого півсеместрів проводяться рубіжні контролі у вигляді аудиторної контрольної роботи. Максимальна рейтингова оцінка цих видів контролю – 50 балів.

4. За підсумками першого та другого рубіжного модульного контролю формується підсумкова оцінка знань, яка оголошується студенту у кінці семестру. Студенти, які незгодні з оцінкою за підсумками рубіжного контролю або отримали незадовільну оцінку, здають іспит.

Для студентів заочної форми навчання передбачається захист контрольної роботи, розв'язування задач, лабораторні роботи, усний або письмовий іспит.

10. Політика курсу

Політика щодо академічної доброчесності.

Складати всі проміжні та фінальні завдання самостійно без допомоги сторонніх осіб. Надавати для оцінювання лише результати власної роботи.

Не вдаватися до кроків, що можуть нечесно покращити ваші результати чи погіршити/покращити результати інших студентів.

Не публікувати відповіді на питання, що використовуються в рамках курсу для оцінювання знань студентів

Політика щодо відвідування аудиторних занять (особиста присутність студента).

Студентам рекомендується відвідувати заняття, оскільки на них викладається теоретичний матеріал та розвиваються навички, необхідні для виконання семестрового індивідуального завдання. Система оцінювання орієнтована на отримання балів за активність студента, а також виконання завдань, які здатні сформувати загальні та фахові компетентності. Самостійну роботу студент може виконати у системі дистанційного навчання (сервіс Moodle) з подальшим захистом. За об'єктивних причин (наприклад, лікарняні, стажування, мобільність, індивідуальний графік, інше) аудиторні види занять та завдань також можуть бути трансформовані в систему дистанційного навчання.

Політика щодо дедлайнів.

Студент зобов'язаний дотримуватись крайніх термінів (дата для аудиторних видів робіт або час в системі дистанційного навчання), до яких має бути виконано певне завдання. За наявності поважних причин (відповідно до інформації, яку надано деканатом) студент має право на складання індивідуального графіку вивчення окремих тем дисципліни.

Політика щодо оскарження результатів контрольних заходів.

Студенти мають можливість підняти будь-яке питання, яке стосується процедури контрольних заходів та очікувати, що воно буде розглянуто. Студенти мають право оскаржити результати контрольних заходів, але обов'язково аргументовано, пояснивши з яким критерієм не погоджуються.

Політика щодо дотримання прав та обов'язків студентів.

Права і обов'язки студентів відображено в Положенні про організацію освітнього процесу в Національному університеті «Запорізька політехніка»

<https://zp.edu.ua/normativna-baza-navchalnogo-procesu>.

Політика щодо конфіденційності та захисту персональних даних.

Обмін персональними даними між викладачем і студентом в межах вивчення дисципліни, їх використання відбувається на основі закону України «Про захист персональних даних» (<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2297-17#Text>). Стаття 10, п.3.