МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ РОБОТОТЕХНІКИ ТА ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ

ЗАТВЕРДЖУЮ
Декан факультету
_____ Анатолій ТКАЧУК
«28» серпня 2026 р.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Перший проректор
_____ Надія КОВАЛЬЧУК
«29» серпня 2026 р.

СИЛАБУС

з освітнього компонента «Мікроконтролерне керування виконавчими пристроями виробничого обладнання»

ступінь вищої освіти – бакалавр

галузь знань – 13 Механічна інженерія

спеціальність – 131 Прикладна механіка

освітня програма – Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи

Кафедра робототехніки

Силабус склав(ла) доцент кафедри робототехніки, к.т.н., доцент Віктор СИЧУК

Силабус затверджений на засіданні кафедри робототехніки, протокол № 1 від «28» серпня 2026 р.

Завідувач кафедри к.т.н., доцент Борис ПРИДАЛЬНИЙ

Розглянуто та схвалено групою забезпечення освітньої програми «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи», протокол № 1 від «28» серпня 2026 р.

Гарант ОП «Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи» к.т.н., доцент Борис ПРИДАЛЬНИЙ

Схвалено науково-методичною радою університету, протокол № 1/а від «29» серпня 2026 р.

Затверджений силабус онлайн:
https://e.lntu.edu.ua/syllabus/3044

Луцьк – 2026

СИЛАБУС ОСВІТНЬОГО КОМПОНЕНТА «Мікроконтролерне керування виконавчими пристроями виробничого обладнання»

Освітня програма	Металообробне обладнання та роботизовані виробничі системи
Галузь знань / Спеціальність	13 Механічна інженерія / 131 Прикладна механіка
Рівень вищої освіти	перший (бакалаврський)
Статус дисципліни	вибіркова
Мова викладання	українська
Обсяг	5 кредитів ECTS / 150 годин
Форма контролю	залік
Викладач(і)	к.т.н., доцент Віктор СИЧУК

1. Мета і завдання дисципліни

Мета: формування знань і практичних навичок проєктування, програмування й налагодження мікроконтролерних систем керування силовою електронікою, електродвигунами, пневматичними та гідравлічними виконавчими механізмами виробничого обладнання.

Завдання: 1. Опанувати архітектуру та принципи роботи мікроконтролерів (від макетних Arduino/ESP32/STM32 до промислових контролерів та ПЛК).
2. Навчитися узгоджувати слабкострумові виходи МК із силовими виконавчими пристроями (24 В периферія, реле, MOSFET, SSR, частотні перетворювачі, драйвери двигунів).
3. Опанувати принципи побудови завадозахищених схем з гальванічною розв'язкою.
4. Засвоїти стандарти промислових інтерфейсів та протоколів обміну даними (RS-485, Modbus RTU/TCP, MQTT).

2. Компетентності

СК01 — Здатність до аналізу основних конструкційних матеріалів, що використовуються в галузі, конструкцій типового технологічного обладнання та процесів його функціонування на основі законів, теорій та методів математики, природничих наук і прикладної механіки.

СК02 — Здатність до проведення оцінки параметрів працездатності матеріалів, конструкцій і машин в типових для галузі умовах експлуатації та знаходити відповідні рішення для забезпечення заданого рівня надійності функціонування виробничих систем, в тому числі і за наявності деякої невизначеності.

СК03 — Здатність проводити технологічну і техніко-економічну оцінку ефективності використання нових технологій обробки деталей, елементів технологічного обладнання і технічних засобів.

СК04 — Здатність здійснювати оптимальний вибір технологічного обладнання, комплектацію виробничих систем, мати базові уявлення про правила їх експлуатації.

СК06 — Здатність виконувати технічні вимірювання, одержувати, аналізувати та критично оцінювати результати вимірювань.

СК07 — Здатність застосовувати комп’ютеризовані системи проектування (CAD), виробництва (CAM), інженерних досліджень (CAE) та спеціалізоване прикладне програмне забезпечення для вирішення інженерних завдань з прикладної механіки і зокрема розрахунку параметрів та проектування типових елементів технологічного обладнання.

СК09 — Здатність представлення результатів своєї інженерної діяльності з дотриманням загальноприйнятих норм і стандартів машинобудівної галузі загалом і зокрема верстатобудування.

3. Структура дисципліни, розподіл годин, зв'язок тем з компетентностями

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
Змістовий модуль 1. Елементна база, прототипування та силова периферія								
1	Тема 1. Архітектура сучасних мікроконтролерів та сфери їх застосування у виробництві	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК04, СК07, СК01
2	Тема 2. Вхідні/вихідні каскади, гальванічна розв'язка та завадозахист у промисловості	2/2	2/–	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК02, СК06
3	Тема 3. Керування дискретним силовим навантаженням (реле, MOSFET, IGBT, SSR)	2/2	2/–	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК02, СК04, СК01
4	Тема 4. Аналого-цифрове перетворення (АЦП) та широтно-імпульсна модуляція (ШІМ/PWM)	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК07
5	Тема 5. Системи прецизійного позиціонування на базі крокових двигунів	2/2	2/–	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК04, СК06, СК07, СК01
6	Тема 6. Керування сервоприводами та опрацювання даних датчиків зворотного зв'язку	2/–	2/2	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК04, СК06, СК07, СК01
7	Тема 7. Цифрові алгоритми автоматичного регулювання (ПІД-контролери в МК)	2/–	2/2	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК06, СК07
Змістовий модуль 2. Промислові мікроконтролери, мережеві протоколи та ПЛК								
8	Тема 8. Промислові мікроконтролерні платформи та захищені модулі	2/–	2/2	6/9	10/11	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК02, СК04, СК01

№	Назва теми	**Лекції** денна/ заочна	**Практ./ Семін./ лаб** денна/ заочна	**Самост. робота** денна/ заочна	**Разом**	**Методи навчання**	**Методи оцінювання**	**СК**
9	Тема 9. Вступ до програмованих логічних контролерів (ПЛК) та стандарту IEC 61131-3	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК04, СК07
10	Тема 10. Промисловий послідовний інтерфейс RS-485 та фізичний рівень передачі даних	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК07
11	Тема 11. Промисловий протокол обміну даними Modbus RTU/TCP	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК07
12	Тема 12. Керування частотно-регульованими приводами (ЧРП) асинхронних двигунів	2/–	2/–	6/9	10/9	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК03, СК02, СК04, СК01
13	Тема 13. Промисловий Internet of Things (IIoT) та бездротові протоколи	2/–	2/–	6/10	10/10	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК06, СК07
14	Тема 14. Проєктування людино-машинного інтерфейсу (HMI) та інтеграція з МК	2/–	2/–	6/10	10/10	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО7, захист практичної роботи	СК07, СК09
15	Тема 15. Надійність, безпека, функція Watchdog та діагностика збоїв	2/–	2/–	6/10	10/10	МН1, МН2, МН3, МН5	МО2, МО4, захист практичної роботи	СК02, СК04, СК09, СК01
	Разом	**30/6**	**30/6**	**90/138**	**150/150**			

Легенда: СК — спеціальна (фахова) компетентність (номер за п. 2). Повне формулювання кожного коду наводиться в ОП / стандарті спеціальності.

Методи навчання: МН1 — словесний метод (лекція, дискусія, співбесіда тощо); МН2 — практичний метод (лабораторні та практичні заняття); МН3 — наочний метод (метод ілюстрацій і метод демонстрацій); МН5 — відеометод у сполученні з новітніми інформаційними технологіями та комп'ютерними засобами навчання (дистанційні, мультимедійні, веб-орієнтовані тощо).

Методи оцінювання: МО2 — усне або письмове опитування; МО4 — тестування; МО7 — презентації результатів виконаних завдань та досліджень.

4. Результати навчання

Знати:

– принципи побудови, архітектуру, функціональні можливості та технічні характеристики

сучасних мікроконтролерів і вбудованих систем керування;

– призначення та принципи роботи цифрових і аналогових входів/виходів, аналого-цифрових перетворювачів, таймерів і каналів широтно-імпульсної модуляції;

– принципи узгодження логічних сигналів мікроконтролерів із промисловими датчиками, реле, транзисторними ключами та силовими виконавчими пристроями;

– методи гальванічної розв'язки, захисту електронних схем від електромагнітних завад і забезпечення електробезпеки;

– принципи роботи крокових двигунів, сервоприводів, частотно-регульованих приводів та інших виконавчих механізмів виробничого обладнання;

– основи побудови цифрових систем автоматичного регулювання, принципи роботи ПІД-регуляторів і методи використання зворотного зв'язку;

– архітектуру програмованих логічних контролерів і принципи програмування відповідно до стандарту IEC 61131-3;

– принципи функціонування промислових інтерфейсів і протоколів обміну даними, зокрема RS-485, Modbus RTU/TCP та MQTT;

– принципи інтеграції мікроконтролерів із частотними перетворювачами, системами HMI та засобами промислового Інтернету речей;

– методи забезпечення надійності, діагностики несправностей, контролю працездатності та безпечної експлуатації мікроконтролерних систем керування.

Вміти:

– обирати мікроконтролерну платформу відповідно до вимог технологічного процесу та характеристик виконавчих пристроїв;

– розробляти електричні схеми підключення датчиків, виконавчих механізмів і силових електронних компонентів;

– програмувати мікроконтролери для опрацювання дискретних і аналогових сигналів, формування ШІМ та керування виконавчими пристроями;

– розробляти алгоритми керування кроковими двигунами, сервоприводами та іншими електроприводами;

– реалізовувати алгоритми автоматичного регулювання технологічних параметрів із використанням зворотного зв'язку;

– організовувати обмін даними між мікроконтролерами, ПЛК, частотними перетворювачами та промисловими датчиками;

– налаштовувати комунікаційні інтерфейси й реалізовувати обмін даними за протоколами Modbus RTU/TCP та MQTT;

– розробляти прості інтерфейси оператора для моніторингу стану обладнання й передавання команд керування;

– проводити налагодження, тестування та діагностику мікроконтролерних систем, виявляти й усувати типові апаратні та програмні несправності;

– оцінювати працездатність і надійність розроблених систем, дотримуватися вимог електробезпеки та оформлювати технічну документацію на результати виконаної роботи.

5. Цілі сталого розвитку

ЦСР 4 – Якісна освіта

ЦСР 9 – Промисловість, інновації та інфраструктура

ЦСР 12 – Відповідальне споживання та виробництво

6. Неформальна освіта

Рекомендовані курси, тренінги, стажування та інші: результати навчання, здобуті у формальній, неформальній чи інформальній освіті, можуть бути визнані відповідно до процедур ЛНТУ.

Підтвердженнями можуть бути сертифікати тематичних тренінгів, вебінарів чи онлайн-курсів разом з описом досягнутих результатів навчання та, за потреби, коротке верифікаційне завдання або портфоліо.

7. Критерії та форми контролю

Оцінювання — за 100-бальною шкалою (національна шкала / ЄКТС). Підсумковий бал = поточний контроль (50 %) + модульний контроль (50 %).

Академічна доброчесність: самостійне виконання завдань; коректне посилання на джерела; позначення частин тексту, згенерованих засобами ШІ. Порушення академічної доброчесності не толеруються.

8. Зміст тем

Тема 1. Архітектура сучасних мікроконтролерів та сфери їх застосування у виробництві

Огляд еволюції МК від 8-бітних AVR (Arduino) до 32-бітних архітектур (ESP32, STM32 ARM Cortex-M) та промислових рішень. Поняття GPIO, робочі напруги (3.3 В / 5 В / 24 В), цикли зчитування та виконання програми.

Тема 2. Вхідні/вихідні каскади, гальванічна розв'язка та завадозахист у промисловості

Принципи узгодження логічних рівнів (3.3В/5В) із промисловою периферією 24 В. Будова та застосування оптичних розв'язок (оптопари PC817, швидкісні 6N137). Захист портів МК від імпульсних завад, наведень та статичної електрики.

Тема 3. Керування дискретним силовим навантаженням (реле, MOSFET, IGBT, SSR)

Схемотехніка комутації постійного та змінного струму. Використання електромагнітних реле, полевих транзисторів (MOSFET), IGBT-модулів та твердотільних реле (SSR). Демпферні (Snubber) кола та захист ключа зворотним діодом від індуктивного удару котушок клапанів та контакторів.

Тема 4. Аналого-цифрове перетворення (АЦП) та широтно-імпульсна модуляція (ШІМ/PWM)

Принципи роботи АЦП у МК, фільтрація аналогових сигналів від датчиків. Генерація ШІМ-сигналів, розрядність та частота. Застосування ШІМ для регулювання потужності нагрівачів, яскравості та швидкості двигунів постійного струму.

Тема 5. Системи прецизійного позиціонування на базі крокових двигунів

Будова крокових двигунів (NEMA 17/23/34). Принцип мікрокрокового керування для підвищення плавності руху. Промислові драйвери крокових двигунів (A4988, TB6600, DM542), протокол керування STEP/DIR/ENABLE та алгоритми розгону/гальмування.

Тема 6. Керування сервоприводами та опрацювання даних датчиків зворотного зв'язку

Принцип роботи сервоприводів та серводвигунів у промисловості. Види зворотного зв'язку: інкрементальні та абсолютні енкодери, резольвери. Обробка квадратурного сигналу (канали A, B, Z) за допомогою апаратних таймерів МК.

Тема 7. Цифрові алгоритми автоматичного регулювання (ПІД-контролери в МК)

Дискретизація аналогових алгоритмів керування. Дискретне рівняння ПІД-регулятора, методи дискретизації та усунення ефекту «насичення» (Anti-windup). Налаштування коефіцієнтів ПІД для підтримки температури, тиску або швидкості.

Тема 8. Промислові мікроконтролерні платформи та захищені модулі

Перехід від макетних плат до промислових систем на базі МК (Controllino, Arduino Opta, Industrial ESP32, PLC-IDE). Конструктивне виконання на DIN-рейку, вбудовані джерела живлення 24 В, захищені входи/виходи та відповідність стандартам EMC/EMI.

Тема 9. Вступ до програмованих логічних контролерів (ПЛК) та стандарту IEC 61131-3

Архітектура класичного ПЛК (PLC) та принципи його відмінності від звичайного МК (сканування входів, виконання логіки, оновлення виходів). Огляд графічних та текстових мов

програмування МЕК: Ladder Diagram (LD), Structured Text (ST), Function Block Diagram (FBD).

Тема 10. Промисловий послідовний інтерфейс RS-485 та фізичний рівень передачі даних

Переваги диференційного сигналу у завадливому виробничому середовищі. Стандарт RS-485, топологія «шина», узгоджувальні резистори (термінатори 120 Ом). Схемотехніка трансиверів (MAX485, SN75176) та гальванічно ізольованих модулів.

Тема 11. Промисловий протокол обміну даними Modbus RTU/TCP

Структура кадру Modbus RTU (адреса, код функції, дані, контрольна сума CRC-16). Типи регістрів: Discrete Inputs, Coils, Input Registers, Holding Registers. Базові функції (01, 02, 03, 04, 06, 16). Огляд Modbus TCP поверх Ethernet.

Тема 12. Керування частотно-регульованими приводами (ЧРП) асинхронних двигунів

Принцип роботи частотних перетворювачів (VFD). Способи інтеграції МК та VFD: дискретними сигналами пуску/реверсу, аналоговим задаванням частоти (0–10 В, 4–20 мА) та по цифровому каналу Modbus RTU.

Тема 13. Промисловий Internet of Things (IIoT) та бездротові протоколи

Застосування бездротових МК (ESP32, STM32 Wireless) у концепції Індустрії 4.0. Протоколи MQTT та HTTP для передачі технологічних параметрів у хмарні сервіси та SCADA-системи. Захист передачі даних.

Тема 14. Проєктування людино-машинного інтерфейсу (HMI) та інтеграція з МК

Типи людино-машинних інтерфейсів (дисплеї, сенсорні панелі Weintek, Nextion, Siemens). Обмін даними між МК та HMI-панеллю по послідовному порту (UART/RS-232/RS-485). Створення елементів керування (кнопки, слайдери, графіки).

Тема 15. Надійність, безпека, функція Watchdog та діагностика збоїв

Забезпечення відмовостійкості вбудованих систем. Використання апаратного та програмного сторожового таймера (Watchdog Timer - WDT). Обробка виняткових ситуацій, контроль напруги живлення (BOD - Brown-out Detect). Функціональна безпека відповідно до ISO 13849.

9. Опис ІЗ/КПІЗ

Не передбачено навчальним планом.

10. Самостійна робота

Самостійна робота здобувачів освіти спрямована на поглиблення теоретичних знань, опрацювання технічної документації, виконання розрахунків, розроблення програмних алгоритмів і закріплення практичних навичок проєктування мікроконтролерних систем керування виробничим обладнанням.

Під час самостійної роботи передбачається вивчення технічної документації виробників мікроконтролерів, датчиків, драйверів двигунів, частотних перетворювачів і промислових контролерів; опрацювання нормативних матеріалів; виконання індивідуальних розрахункових і програмних завдань; підготовка до лабораторних робіт та аналіз результатів експериментів.

Тематика самостійної роботи

№	Тема самостійної роботи	Зміст завдання
1	Порівняння мікроконтролерних платформ	Дослідження характеристик Arduino, ESP32 та STM32, вибір платформи для заданої системи керування
2	Захист і узгодження сигналів	Опрацювання схем гальванічної розв'язки, захисту входів/виходів і підключення промислових датчиків
3	Силові електронні компоненти	Порівняння реле, MOSFET, IGBT і SSR; вибір комутаційного елемента для заданого навантаження

4	АЦП та ШІМ	Розрахунок роздільної здатності АЦП, параметрів ШІМ і масштабування сигналів датчиків
5	Крокові двигуни	Розрахунок кількості імпульсів для заданого переміщення, дослідження мікрокрокового режиму та алгоритмів розгону
6	Енкодери та сервоприводи	Опрацювання методів визначення швидкості й положення, дослідження сигналів зворотного зв'язку
7	Цифрове регулювання	Аналіз алгоритмів ПІД-регулювання та моделювання реакції системи на зміну завдання
8	Промислові мікроконтролерні платформи	Порівняння промислових контролерів за захистом, монтажем, інтерфейсами та надійністю
9	Програмовані логічні контролери	Розроблення алгоритмів керування мовами LD, FBD або ST
10	Інтерфейс RS-485	Дослідження топології мережі, термінування та впливу завад на передавання даних
11	Протокол Modbus	Аналіз структури кадрів, таблиць регістрів і типових помилок обміну
12	Частотні перетворювачі	Вивчення параметризації приводів, способів керування та діагностики аварій
13	Промисловий IoT	Розроблення структури передавання телеметрії через MQTT, аналіз методів захисту даних
14	Людино-машинний інтерфейс	Проєктування екрану оператора з індикацією станів, параметрів і аварій
15	Надійність і діагностика	Аналіз використання Watchdog, контролю живлення, обробки помилок і засобів безпечного зупинення

11. Загальні вимоги

Освітній процес регулюється академічними правилами ЛНТУ. Здобувачі освіти зобов’язані ознайомитися з вимогами, визначеними Кодексом академічної доброчесності ЛНТУ та Політикою етичного використання штучного інтелекту в ЛНТУ, і дотримуватися принципів академічної доброчесності та етичного використання штучного інтелекту в освітній діяльності.

Академічна доброчесність. Учасники освітнього процесу зобов’язані дотримуватися Закону України «Про академічну доброчесність» від 18.12.2025 № 4742-IX та внутрішніх нормативних документів ЛНТУ. Не допускаються академічний плагіат, фабрикація, фальсифікація, привласнення авторства, несамостійне виконання завдань, а також недоброчесне використання результатів, згенерованих штучним інтелектом.

Використання штучного інтелекту. Інструменти штучного інтелекту можуть використовуватися для пошуку ідей, пояснення методів, попереднього структурування, мовного редагування та допоміжного аналізу неконфіденційних даних, якщо конкретне завдання не передбачає повністю самостійного виконання. Здобувач освіти має зазначати використаний інструмент, мету та етап його застосування, перевіряти факти й розрахунки та самостійно обґрунтовувати висновки.

12. Література

І. Навчально-методичні матеріали та розробки

Праці автора силабуса:

1. Сичук В. А. Програмування і налагодження обладнання з ЧПУ : методичні вказівки до

практичних занять для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 131 «Прикладна механіка». Луцьк : Луцький НТУ, 2020. 32 с.

ІІ. Наукові праці

Праці автора силабуса:

2. Сичук А., Сичук В. Дистанційно-керований роботизований маніпулятор. Матеріали та технології в інженерії (МТІ-2023) : матеріали конференції, м. Луцьк, 16–18 травня 2023 р. С. 244–246.

3. Sychuk V. A., Sychuk A., Zabolotnyi O. V. Self-diagnostics the Elements of Cutting Technological System Based on Its Emitting Sounds. Lecture Notes in Mechanical Engineering. 2026. P. 516–532.

4. Горшков В. В., Ліщина Н. М., Сичук В. А. Модульний моноліт: архітектурний підхід для побудови високодоступної системи управління зарядними станціями. Комп’ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. 2024. № 57. С. 31–42.