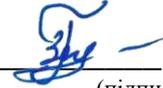


Розробник (и): Землянко Г.А., доц. каф. 503, д-р філос.
(прізвище та ініціали, посада, науковий ступінь і вчене звання)


(підпис)

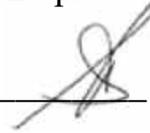
Силабус навчальної дисципліни розглянуто на засіданні кафедри
комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки

(назва кафедри)

Протокол № 1 від « 29 » серпня 2025 р.

Завідувач кафедри д-р техн. наук., проф.
ХАРЧЕНКО

(науковий ступінь і вчене звання)



(підпис)

Вячеслав

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

Погоджено з представником здобувачів освіти:



(підпис)

Поліна ОГАРКО

(ім'я та ПРІЗВИЩЕ)

1. Загальна інформація про викладача



ПІБ: *Землянко Георгій Андрійович*

Посада: *доцент кафедри комп'ютерних систем, мереж і кібербезпеки*

Науковий ступінь: *доктор філософії з кібербезпеки та захисту інформації*

Вчене звання: -

Е-mail: g.zemlynko@csn.khai.edu

Перелік дисциплін, які викладає:

- *Бази даних,*
- *Побудова та кібербезпека Інтернету речей,*
- *Організація та безпека баз даних,*
- *Блокчейн-технології та безпека криптовалют*

Напрями наукових досліджень:

технології розумного міста та цифрова безпека, системи Інтернету речей (IoT), інформаційна безпека та захист даних, аналіз кіберризиків, системи баз даних, технології розумних мереж, телекомунікації та мережеві технології, інтелектуальні системи, безпека розумних систем.

2. Опис навчальної дисципліни

| | |
|---|--|
| Форма здобуття освіти | <i>Денна, заочна</i> |
| Семестр | <i>6 семестр</i> |
| Мова викладання | <i>Українська</i> |
| Тип дисципліни | <i>Обов'язкова</i> |
| Обсяг дисципліни: кредити ЄКТС/ кількість годин | <i>Денна: 4 кредитів ЄКТС / 120 годин (64 аудиторних, з яких: лекції – 32, лабораторні – 32; СРЗ – 56); Заочна: 4 кредитів ЄКТС / 120 годин (8 аудиторних, з яких: лекції – 4, лабораторні – 4; СРЗ – 112)</i> |
| Види навчальної діяльності | <i>Лекції, лабораторні роботи, самостійна робота</i> |
| Види контролю | <i>Поточний контроль, модульний контроль, іспит</i> |
| Пререквізити | <i>«Комп'ютерна електроніка», «Комп'ютерна схемотехніка», «Програмовні системи на кристалі»</i> |

3. Мета та завдання навчальної дисципліни, переліки компетентностей та очікуваних результатів навчання

Мета: формування у здобувачів вищої освіти комплексної системи теоретичних знань та прикладних умінь, необхідних для повного циклу розробки систем Інтернету речей (IoT). Дисципліна спрямована на освоєння принципів проектування програмно-апаратних комплексів, починаючи від низькорівневого програмування мікроконтролерів та взаємодії з периферійними пристроями, до реалізації мережевих протоколів та інтеграції розроблених пристроїв із хмарними сервісами для збору, моніторингу та аналітики даних.

Завдання: вивчення архітектури та принципів функціонування сучасних мікроконтролерних платформ (зокрема сімейств Arduino та ESP), що є апаратною основою вбудованих систем. Курс передбачає детальне освоєння мов програмування (C/C++, Sketch) та спеціалізованих середовищ розробки для створення ефективного вбудованого програмного забезпечення. Важливою складовою є набуття практичних навичок схмотехнічного підключення та програмного керування різноманітними сенсорами навколишнього середовища, засобами індикації та виконавчими механізмами. Окремий акцент робиться на вивченні дротових (SPI, I2C, UART) та бездротових інтерфейсів передачі даних, а також реалізації мережевої взаємодії за допомогою стеків протоколів TCP/IP, Wi-Fi, Bluetooth, HTTP та MQTT для забезпечення надійної комунікації у розподілених інформаційних системах.

Компетентності, які набуваються:

Інтегральна компетентність:

Здатність розв'язувати складні спеціалізовані задачі та практичні проблеми під час професійної діяльності в комп'ютерній галузі або навчання, що передбачає застосування теорій та методів комп'ютерної інженерії і характеризується комплексністю та невизначеністю умов.

Загальні компетентності (ЗК)

Після закінчення цієї програми здобувач освіти буде здатен:

ЗК2. Здатність вчитися і оволодівати сучасними знаннями;

ЗК3. Здатність застосовувати знання у практичних ситуаціях;

Спеціальні (фахові) компетентності (ФК)

Після закінчення цієї програми здобувач буде здатен:

ФК5. Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

ФК7. Здатність використовувати та впроваджувати нові технології, включаючи технології розумних, мобільних, зелених і безпечних обчислень,

брати участь в модернізації та реконструкції комп'ютерних систем та мереж, різноманітних вбудованих і розподілених додатків, зокрема з метою підвищення їх ефективності.

ФК14. Здатність проектувати системи та їхні компоненти з урахуванням усіх аспектів їх життєвого циклу та поставленої задачі, включаючи створення, налаштування, експлуатацію, технічне обслуговування та утилізацію.

Програмні результати навчання (ПРН)

ПРН7. Вміти розв'язувати задачі аналізу та синтезу засобів, характерних для спеціальності.

ПРН8. Вміти системно мислити та застосовувати творчі здібності до формування нових ідей.

ПРН9. Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмно-технічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.

ПРН10. Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.

ПРН13. Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.

ПРН16. Вміти оцінювати отримані результати та аргументовано захищати прийняті рішення.

4. Зміст навчальної дисципліни

Змістовний модуль 1. Інструментальні засоби програмування МПС

Тема 1. Вступ. Види ПЗ МПС

Анотація: огляд класифікації мікропроцесорних систем (універсальні, вбудовані, SoC, мікроконтролери) та сфер їх застосування (IoT, «розумні» речі). Розглядаються інструментальні засоби розробника: редактори, компілятори, симулятори, програматори та інтегровані середовища (IDE).

Теми лекції №1: Введення у курс.

Теми лекції №2: Класифікація МПС. Застосування МПС (моніторинг, управління, Internet of Things). Види програмного забезпечення: редактори, компілятори, інтерпретатори, симулятори. Інтегровані середовища розробки.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача. Вивчення класифікації та архітектури сучасних МПС.

Тема 2. Відкриті платформи. Екосистема Arduino

Анотація: вивчення концепції відкритих платформ на прикладі екосистеми Arduino. Розгляд формфакторів (Uno, Mega, Nano), питань сумісності (Shield), використання сторонніх бібліотек та методології швидкого прототипування.

Теми лекції №1: Відкриті платформи. Екосистема Arduino. Формфактор Uno, Mega, Nano, Mini.

Теми лекції №2: Сумісність за конструктивом, середовищем розробки, Shield та бібліотеками. Сторонні програмні засоби.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача. Огляд можливостей платформи Arduino та сумісних модулів.

Тема 3. Інтегроване середовище розробки IDE Arduino

Анотація: детальний розгляд програмної моделі мікроконтролера (пам'ять, порти, таймери, інтерфейси) та роботи з ними в IDE Arduino. Конфігурація середовища для різних ОС, робота з бібліотеками. Моделювання роботи МК.

Теми лекції №1: Програмна модель МК у складі модулів Arduino. Внутрішні периферійні пристрої (цифрові/аналогові лінії, пам'ять, таймери, UART, SPI, I2C).

Теми лекції №2: Інтегроване середовище розробки IDE Arduino (Windows, Linux, Android, Web). Конфігурація та розширення бібліотек.

Теми лабораторних занять №1: Розробка та налагодження програм для AVR-мікроконтролерів в середовищі Proteus.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторного заняття, формування звіту з індивідуальної лабораторної роботи №1, формування питань до викладача. Встановлення та налаштування IDE, вивчення середовища моделювання Proteus.

Тема 4. Управління простим введенням - виведенням через порти МК

Анотація: вивчення методів керування портами введення-виведення (GPIO) для взаємодії з датчиками та виконавчими механізмами. Обробка переривань.

Теми лекції №1: Управління введенням-виведенням даних через порти МК. Зв'язок з датчиками та виконуючими пристроями. Використання переривань.

Теми лабораторних занять №1: Синтез цифрової системи керування на основі платформи Arduino.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторного заняття, формування звіту з індивідуальної лабораторної роботи №1, формування питань до викладача. Опрацювання матеріалу щодо електричного підключення периферії до портів МК.

Тема 5. Виведення символічної і графічної інформації на LCD / OLED / TFT / E-ink

Анотація: організація людино-машинного інтерфейсу. Робота з різними типами дисплеїв (LCD, OLED, TFT) через паралельні та послідовні інтерфейси.

Теми лекції №1: Типи дисплеїв (LCD, OLED, TFT, E-ink). Інтерфейси підключення. Бібліотеки для роботи з графікою та текстом.

Теми лабораторних занять №1: Розробка і налагодження програм виводу інформації з використанням символічних та графічних дисплеїв.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторного заняття, формування звіту з індивідуальної лабораторної роботи №1, формування питань до викладача. Вивчення бібліотек для роботи з дисплеями.

Тема 6. Програмування режимів роботи таймерів в додатках

Анотація: теоретичні основи використання таймерів у задачах реального часу, формування часових інтервалів та генерація імпульсних послідовностей (PWM).

Теми лекції №1: Програмування режимів роботи таймерів. Задачі реального часу. Формування часових інтервалів та імпульсних послідовностей.

Теми лабораторних занять №1: Розробка і налагодження програм виводу інформації з використанням символічних та графічних дисплеїв.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача. Вивчення реєстрів керування таймерами мікроконтролерів.

Модульний контроль 1

Вид контролю: тестовий модульний контроль.

Змістовний модуль 2. Оптимізація програмних засобів МПС

Тема 7. Програмування асинхронного та синхронного послідовного обміну

Анотація: реалізація обміну даними між МК та зовнішніми пристроями. Програмування UART, SPI, I2C. Використання таймерів для синхронізації обміну.

Теми лекції №1: Програмування асинхронного та синхронного послідовного обміну МК з зовнішніми пристроями індикації, перетворення сигналів та збереження даних.

Тема лабораторної роботи №1: Програмування режимів роботи таймерів-лічильників AVR мікроконтролерів.

Тема лабораторної роботи №2: Організація асинхронного обміну в AVR-мікроконтролерах.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторного заняття, формування звіту з індивідуальної лабораторної роботи №1 та №2, формування питань до викладача. Опрацювання протоколів передачі даних UART та принципів роботи таймерів.

Тема 8. Програмування аналогового інтерфейса МК

Анотація: робота з АЦП та ЦАП. Підключення аналогових датчиків. Використання інтерфейсу SPI для роботи з зовнішніми АЦП/сенсорами.

Теми лекції №1: Програмування аналогового інтерфейсу МК з датчиками у задачах моніторингу і управління виконуючими та аудіо пристроями.

Тема лабораторної роботи №1: Програмна підтримка обміну по послідовному периферійному інтерфейсу SPI.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторного заняття, формування звіту з індивідуальної лабораторної роботи №1, формування питань до викладача. Вивчення особливостей оцифрування сигналів.

Тема 9. Швидка розробка додатків з використанням графічного програмування, хмарних сервісів

Анотація: огляд сучасних методів Low-code/No-code розробки для IoT та інтеграція з хмарними платформами.

Теми лекції №1: Швидка розробка додатків. Графічне програмування (Blockly, FLProg тощо). Інтеграція з хмарними сервісами.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача. Ознайомлення з хмарними платформами IoT (Blynk, AWS IoT, Arduino Cloud).

Тема 10. Оптимізація програм з використанням мови C та Асемблера

Анотація: методи оптимізації коду за розміром та швидкодією. Використання асемблерних вставок у C-код.

Теми лекції №1: Оптимізація програм з використанням вставок на мові C та Асемблера. Робота з пам'яттю. Профілювання коду. Середовища розробки.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача. Вивчення базових команд Асемблера для цільової архітектури.

Тема 11. Програмування режимів енергозбереження МК

Анотація: стратегії зниження енергоспоживання у вбудованих системах. Режими сну (Sleep modes) та керування тактовою частотою.

Теми лекції №1: Управління активністю внутрішніх пристроїв МК.

Теми лекції №2: Режими сну (Idle, Power Down).

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, формування питань до викладача. Аналіз методів енергозбереження в батарейних пристроях.

Тема 12. Елементи операційних систем реального часу у програмних засобах вбудованих системах

Анотація: основи багатозадачності. Використання RTOS (FreeRTOS) на мікроконтролерах (STM32). API операційних систем..

Теми лекції №1: Управління багатозадачністю. Функції API. Малоресурсні операційні системи у комбінованих системах.

Тема лабораторної роботи №1: Розробка та налагодження програм для STM32.

Самостійна робота здобувача: опрацювання матеріалу лекцій, підготовка до лабораторного заняття, формування звіту з індивідуальної лабораторної роботи №1, формування питань до викладача. Вивчення архітектури ARM Cortex-M та основ RTOS.

Модульний контроль 2

Вид контролю: тестовий модульний контроль.

5. Індивідуальні завдання

Виконання індивідуальних завдань у межах дисципліни не передбачено.

6. Методи навчання

Лекції з елементами інтерактиву (пояснення з використанням презентацій, прикладів коду, міні-опитувань). *Лабораторні заняття* – розробка програм у середовищах програмування, розв’язування задач у командах та індивідуально. *Робота в малих групах* – колективний аналіз програмних фрагментів, обговорення рішень. *Використання системи онлайн-тестування*. *Самостійна робота* – індивідуальні завдання, робота з електронними матеріалами та онлайн-курсами. *Консультації* – індивідуальні та групові (очно або онлайн) для підтримки та корекції навчального процесу.

7. Методи контролю

Поточний контроль: опитування на практичних заняттях; завантаження у систему Mentor звіту лабораторних робіт за варіантом.

Модульний контроль: складання модульного контролю.

Підсумковий контроль: іспит.

8. Критерії оцінювання та розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

Таблиця 8.1 – Розподіл балів, які отримують здобувачі освіти

| Складові навчальної роботи | Бали за одне заняття (завдання) | Кількість занять (завдань) | Сумарна кількість балів |
|----------------------------|---------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Змістовий модуль 1 | | | |
| Лабораторні заняття | 0...7 | 3 | 0...31 |
| Модульний контроль 1 | 0...20 | 1 | 0...20 |
| Змістовий модуль 2 | | | |
| Лабораторні заняття | 0...7 | 4 | 0...28 |
| Модульний контроль 2 | 0...21 | 1 | 0...21 |
| Усього за семестр | | | 0...100 |

Підсумкова модульна оцінка з навчальної дисципліни формується до початку семестрового контролю на основі суми балів модульних оцінок (кількість балів, отриманих здобувачем вищої освіти під час виконання модульного контролю) і результатів поточного контролю. За згодою здобувача, який набрав від 60 до 100 балів, підсумкова модульна оцінка може зараховуватися як контрольний захід – семестрова оцінка.

Здобувачі, які отримали менше 60 балів, атестуються оцінкою «незадовільно» і вважаються такими, що мають академічну заборгованість. Вони зобов'язані проходити процедуру контрольного заходу підсумкового (семестрового) контролю з метою ліквідації академічної заборгованості в період екзаменаційних сесій та канікул.

Під час складання контрольного заходу підсумкового (семестрового) контролю здобувач має можливість отримати максимум 100 балів.

Таблиця 8.2 – Шкали оцінювання: бальна і традиційна

| Сума балів | Оцінка за традиційною шкалою | |
|------------|-------------------------------|---------------|
| | Іспит, диференційований залік | Залік |
| 90 – 100 | Відмінно | |
| 75 – 89 | Добре | |
| 60 – 74 | Задовільно | |
| 0 – 59 | Незадовільно | |
| | | Зараховано |
| | | Не зараховано |

Критерії оцінювання роботи здобувача протягом семестру

Відмінно (90–100). Теоретичний зміст дисципліни (курсу) засвоєний здобувачем повністю, необхідні практичні навички роботи з навчальним матеріалом повністю сформовані, усі навчальні завдання, що передбачені силабусом, виконані в повному обсязі, робота без помилок або з однією незначною помилкою.

Добре (75–89). Теоретичний зміст курсу засвоєний повністю, практичні навички роботи з навчальним матеріалом в основному сформовані, усі навчальні завдання, що передбачені силабусом, виконані, якість виконання жодного з них не оцінено мінімальною кількістю балів, деякі види завдань виконані з помилками, робота має декілька незначних помилок або одну-дві значні помилки.

Задовільно (60–74). Теоретичний зміст дисципліни засвоєний частково, деякі практичні навички роботи з навчальним матеріалом не сформовані, частина передбачених силабусом завдань не виконана або якість виконання деяких з них оцінено кількістю балів, близькою до мінімальної, відповідь (в усній або письмовій формі) фрагментарна, непослідовна.

Незадовільно (0-59). Здобувач має фрагментарні знання, що базуються на попередньому досвіді, але не здатен формулювати визначення понять, класифікаційні критерії та тлумачити їхній зміст, не може використовувати знання під час вирішення практичних завдань.

Відповідно до п. 3.2. Положення про рейтингове оцінювання досягнень студентів у Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» здобувачу можуть призначатися бали за інші активності, пов'язані з навчальною дисципліною, які нараховуються та можуть бути враховані в загальній оцінці за семестр. Бали, зокрема, можуть призначатися за такі активності, пов'язані з навчальною дисципліною, як:

- участь у науковому комунікативному заході (конференції, семінарі, круглому столі тощо) із написанням тез наукової доповіді за предметом навчальної дисципліни (20 балів);
- участь у другому турі Всеукраїнської олімпіади відповідного напрямку (20 балів);
- участь (прослуховування) не менше у 5 вебінарах, пов'язаних з навчальною дисципліною (3-15 балів);
- участь у тренінгу, пов'язаному з навчальною дисципліною (15 балів);
- проходження онлайн-курсу, пов'язаного з навчальною дисципліною (20 балів);
- участь та отримання рейтингового місця в тематично пов'язаному із предметом навчальної дисципліни студентському конкурсі (30 балів);
- розробленні та створення дидактичного матеріалу за тематикою предмета навчальної дисципліни (15 балів) (підтвердження – наявність дидактичного матеріалу);
- проведення правоосвітнього заходу з учнями шкіл та інших навчальних закладів за тематикою навчальної дисципліни (20 балів);
- написання реферату /презентації, доповіді (5 балів);
- інші активності, пов'язані з навчальною дисципліною, за попереднім погодженням із науково-педагогічним працівником, який викладає навчальну дисципліну.

9. Політика навчального курсу

Відвідування занять. Регуляція пропусків. Інтерактивний характер курсу передбачає обов'язкове відвідування практичних занять. Здобувачі, які за певних обставин не можуть регулярно відвідувати практичні заняття, повинні протягом тижня узгодити із викладачем графік індивідуального відпрацювання пропущених занять. Окремі пропущені заняття мають бути відпрацьовані на найближчій консультації протягом тижня після пропуску. Відпрацювання занять здійснюється усно у формі співбесіди за питаннями, визначеними планом заняття. В окремих випадках дозволяється письмове відпрацювання пропущених занять шляхом виконання індивідуального письмового завдання. Здобувачі, які станом на початок екзаменаційної сесії мають понад 70 % невідпрацьованих пропущених занять, до відпрацювання не допускаються.

Дотримання вимог академічної доброчесності. Під час вивчення навчальної дисципліни здобувачі мають дотримуватися загальноприйнятих морально-етичних норм і правил поведінки, вимог академічної доброчесності, передбачених Положенням про академічну доброчесність Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu/assets/files/polozhennya/polozhennya-pro-akademichnu-dobrochesnist.pdf>). Очікується, що роботи здобувачів будуть їх оригінальними дослідженнями чи міркуваннями. Відсутність посилань на використані джерела, фабрикування джерел, списування, втручання в роботу інших здобувачів становлять, але не обмежують, приклади можливої академічної недоброчесності. Виявлення ознак академічної недоброчесності в

лабораторній роботі здобувача є підставою для її незарахування викладачем, незалежно від масштабів плагіату чи обману. Під час виконання індивідуальної самостійної роботи до захисту допускаються роботи, які містять не менше 60 % оригінального тексту при перевірці на плагіат.

Вирішення конфліктів. Порядок і процедури врегулювання конфліктів, пов'язаних із корупційними діями, зіткненням інтересів, різними формами дискримінації, сексуальними домаганнями, міжособистісними стосунками та іншими ситуаціями, що можуть виникнути під час навчання, а також правила етичної поведінки регламентуються Кодексом етичної поведінки в Національному аерокосмічному університеті «Харківський авіаційний інститут» (<https://khai.edu.ua/university/normativna-baza/ustanovchi-dokumenti/kodeks-etichnoi-povedinki/>).

10. Методичне забезпечення та інформаційні ресурси

1. Mentor КНАІ. Сайт дистанційного навчання Національного аерокосмічного університету "ХАІ" . URL: <https://mentor.khai.edu/course/view.php?id=1614>.

2. Проектування та аналіз електричних схем в програмному середовищі Proteus VSM. Методичні вказівки до самостійної роботи студентів курсу "Проектування мікропроцесорних систем керування технологічними процесами". Медвідь В.Р., Пісьціо В.П., Тернопіль: ТНТУ, 2018 - 26 с. URL: http://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/26397/1/%D0%9C%D0%B5%D1%82%D0%B E%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BA%D0%B0%20Proteus%202018_v2.pdf.

3. Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Електротехніка та електроніка» для студентів спеціальності 122 «Комп'ютерні науки і інформаційні технології» денної форм навчання / Укл.: А.В. Пархоменко, О.М. Гладкова. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2016. – 41 с. URL: http://eir.zntu.edu.ua/bitstream/123456789/840/1/Laboratory_classes_discipline_Electrical_engineering.pdf

4. Посібник користувача по Proteus. URL: <http://avr.ru/tools/proteus/guide>

11. Рекомендована література

Базова

1. Шпак Ю.А. Програмування мовою С для та мікроконтролерів. 2-е видання. – Київ, МК Прес, 2011 – 544с.

2. Апаратна частина платформи Arduino - <https://dspace.duet.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/849/1/НМП%20Arduino.pdf>

3. Ardublock – графічна мова програмування для Arduino. - https://bluebeehive.eu/wp-content/uploads/2021/10/ArduBlock_tutorial.pdf

4. Bluetooth модуль HC-06 підключення до Arduino. Керування пристроями з телефону. - <http://asac.kpi.ua/article/view/292238>

5. Проекти з Arduino. - http://arduino-diy.com/arduino_proekty-0

6. Prohrammyrovanye arduino. *Arduyno v Ukraїne*. URL: <https://doc.arduino.ua/ru/prog>.

7. *Biudzhet uchasti | Hromadskyi Proekt Boiarska hromada*. URL: https://gb.mistoboyarka.gov.ua/files/project/1632/documents/15120646387546_1512063065317996.pdf.

Допоміжна

1. Троелсен Е. Мова програмування С# і платформа .NET 2.0. - М.: Вільямс, 2007. - 1168 с.
2. Voss W. Controller area network prototyping with arduino. Copperhill Media Corporation, 2014. 44 p.
3. Blum J. Exploring arduino: tools and techniques for engineering wizardry. Wiley & Sons, Incorporated, John, 2013. 384 p.
4. Smart technology / ed. by F. Torres Guerrero et al. Cham : Springer International Publishing, 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-73323-4>.
5. Business, human rights, technology, and transitional justice in latin america / ed. by S. Smart. Cham : Springer Nature Switzerland, 2025. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-031-89828-0>
6. Knopf G. K., Bassi A. S. Smart biosensor technology. Taylor & Francis Group, 2018. 577 p.
7. Paramanik S., Sarker K. Smart grid technology with smart devices and smart technology for smart cities. Cambridge Scholars Publisher, 2019.
8. Technology for smart futures / ed. by M. Dastbaz, H. Arabnia, B. Akhgar. Cham : Springer International Publishing, 2018. URL: <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60137-3>.
9. Kovar D. Internet of things applications : introduction to internet of things: industrial internet of things. Independently Published, 2021.
10. Helman T. Types of internet of things : define internet of things: internet of things examples. Independently Published, 2021.
11. Friess P., Vermesan O. Internet of things. New York : River Publishers, 2022. URL: <https://doi.org/10.1201/9781003338659>.

12. Інформаційні ресурси

1. “Chto takoe IoT? – Opysanye Ynterneta veshchei – AWS.” Amazon Web Services, Inc. [Online]. Available: <https://aws.amazon.com/ru/what-is/iot>
2. IBM. “What is the internet of things (iot)? | IBM.” IBM. [Online]. Available: <https://www.ibm.com/think/topics/internet-of-things>
3. “Internet of things, iot.” IT-Enterprise — tsyfrova transformatsiia biznes-protsesiv, ERP| it.ua. [Online]. Available: <https://www.it.ua/knowledge-base/technology-innovation/internet-veschej-internet-of-things-iot>
4. “The role of iot in smart cities.” Asimily. [Online]. Available: <https://asimily.com/blog/the-role-of-iot-in-smart-cities>
5. “Smart city iot: Benefits & use cases.” Sand Technologies. [Online]. Available: <https://www.sandtech.com/insight/smart-city-iot-benefits-use-cases>
6. “The relationship between IoT and smart cities.” Telefónica. [Online]. Available: <https://www.telefonica.com/en/communication-room/blog/the-relationship-between-iot-and-smart-cities>
7. A. Rejeb, K. Rejeb, S. Simske, H. Treiblmaier, and S. Zailani, “The big picture on the internet of things and the smart city: A review of what we know and what we need to know,” *Internet of Things*, vol. 19, p. 100565, Aug. 2022. Accessed: Nov. 22, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.1016/j.iot.2022.100565>

8. "Internet of things for smart cities." IEEE Xplore. [Online]. Available: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6740844>
9. J. Locke. "IoT smart city applications (2025)." IIoT Devices and Services for M2M Networking | Digi International. [Online]. Available: <https://www.digi.com/blog/post/iot-smart-city-applications>
10. M. Zaman, N. Puryear, S. Abdelwahed, and N. Zohrabi, "A review of iot-based smart city development and management," *Smart Cities*, vol. 7, no. 3, pp. 1462–1500, Jun. 2024. Accessed: Nov. 22, 2025. [Online]. Available: <https://doi.org/10.3390/smartcities7030061>
11. Smart city security: protecting critical infrastructure with iot - device authority. *Device Authority*. URL: <https://deviceauthority.com/smart-city-security-protecting-critical-infrastructure-with-iot>.
12. Houichi M., Jaidi F., Bouhoula A. Cyber security within smart cities: a comprehensive study and a novel intrusion detection-based approach. *Computers, materials & continua*. 2024. P. 1–10. URL: <https://doi.org/10.32604/cmc.2024.054007> .
13. Cybersecurity R. U. OT \& iot cybersecurity for smart cities – ensuring resilience in the digital urban ecosystem. URL: <https://medium.com/@RocketMeUpCybersecurity/ot-iot-cybersecurity-for-smart-cities-ensuring-resilience-in-the-digital-urban-ecosystem-29c41cae5832>.
14. Moradeyo A., Abike O., Samuel A. H. Smart cities' cybersecurity and iot: challenges and future research directions. 2021. URL: https://www.researchgate.net/publication/390303077_Smart_Cities'_Cybersecurity_and_IoT_Challenges_and_Future_Research_Directions .
15. Smart cities and internet of things (iot): a review of emerging technologies and challenges / P. A. Adepoju et al. *International journal of research and innovation in social science*. 2025. Vol. IX, no. I. P. 1536–1549. URL: <https://doi.org/10.47772/ijriss.2025.9010127>.
16. Why cybersecurity is a top priority in IoT and smart cities. *Silicon Republic*. URL: <https://www.siliconrepublic.com/enterprise/ul-iot-ioe-smart-cities-cybersecurity>.