



**ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

Кафедра кібербезпеки та програмного забезпечення



**СИЛАБУС НАВЧАЛЬНОЇ ДИСЦИПЛІНИ  
Низькорівневе програмування**

Освітньо-професійна програма «Комп'ютерні науки»  
першого рівня вищої освіти  
за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки  
галузі знань 12 Інформаційні технології

Розглянуто на засіданні кафедри  
Протокол №13 від 31 березня 2022 року

м. Кропивницький – 2022

## ЗМІСТ

1. Загальна інформація
2. Анотація до дисципліни
3. Мета і завдання дисципліни
4. Формат дисципліни
5. Результати навчання
6. Обсяг дисципліни
7. Пререквізити
8. Технічне й програмне забезпечення /обладнання
9. Політика курсу
10. Навчально-методична карта дисципліни
11. Система оцінювання та вимоги
12. Рекомендована література

## 1. Загальна інформація

Назва дисципліни	Низькорівневе програмування
Рік викладання	2022-2023 навчальний рік
Викладач	Дреєв Олександр Миколайович, к.т.н., доцент кафедри кібербезпеки та програмного забезпечення <a href="http://kbpz.kntu.kr.ua/dreev-oleksandr/">http://kbpz.kntu.kr.ua/dreev-oleksandr/</a>
Контактний телефон	0509708795 (Можливий зв'язок повідомленнями Viber, Telegram)
E-mail:	У описі курсу «Низькорівневе програмування» на сервері дистанційної освіти ЦНТУ.
Консультації	Очні консультації згідно розкладу консультацій Середа з 14 <sup>20</sup> до 15 <sup>40</sup> Онлайн консультації за попередньою домовленістю Viber, Telegram або електронною поштою в робочі дні з 8 <sup>30</sup> до 14 <sup>20</sup>

## 2. Анотація до дисципліни

Дисципліна є вибірковою у підготовці фахівців за спеціальністю 122 Комп'ютерні науки. Дисципліна надає знання в області засобів створення програмного забезпечення для вбудованих систем створених на базі мікроконтролерів STM32 та ESP32 з використанням можливостей обміну інформацією посередньо USB та WiFi з'єднань. Розглянуто особливості проектування програмного забезпечення з врахуванням значного обмеження ресурсів.

В дисципліні розглядаються основні засади побудови мікроконтролерів, засобів звернення до вбудованих та зовнішніх пристроїв виконання, передачі інформації в синхронному та асинхронному режимах. Принципи реалізації шинної взаємодії множини підпорядкованих пристроїв, створення програмного забезпечення що повинне забезпечувати збір даних та передачу отриманих даних до центрального комп'ютеру. Розглянуто основні методи обробки подій, архітектуру керування за допомогою змін бітів в регістрах керування, використано приклади побудови алгоритмів передачі даних з та без буферизації.

При вивченні дисципліни розглядаються найбільш відомі методи, алгоритми та засоби вирішення задач мікроконтролерного управління.

В результаті вивчення дисципліни студенти будуть знати:

- основні інструменти розробника програмного забезпечення STM32 (CubeIDE) та ESP32 (Visual Code Studio) мікроконтролерів;
- основні архітектури мікроконтролерного програмного забезпечення;
- основні методи обробки подій;
- технології та методи буферизації при обміні даними.

### 3. Мета і завдання дисципліни

**Мета дисципліни:** надати кваліфікації для проектування архітектури та створення програмного забезпечення для вбудованих систем з врахуванням обмеженості обчислювальних ресурсів, враховувати можливості обміну інформацією з іншими цифровими пристроями як в локальній мережі так і Інтернет мережі.

**Завдання дисципліни:** надати теоретичні знання про основні види будови програмного забезпечення для вбудованих систем, вимоги до такого програмного забезпечення та засоби які дозволяють виконати поставлені вимоги; надати практичних навичок у розв'язанні стандартних задач для вбудованих систем, такі як робота з пріоритетами, розподіленню процесорного часу між задачами, використання систем реального часу для вбудованих систем на прикладі RTOS (real time operation system).

В завдання дисципліни входить формування наступних компетенцій:

- Здатність використовувати сучасні методи і мови програмування для розроблення алгоритмічного та програмного забезпечення.
- Здатність використовувати засоби і системи автоматизації проектування до розроблення компонентів комп'ютерних систем та мереж, Інтернет додатків, кіберфізичних систем тощо.

### 4. Формат дисципліни

Викладання курсу передбачає лекційні заняття із застосуванням електронних презентацій. Лекційним матеріал передбачає наявність прикладів реалізації запропонованих алгоритмів мовою C та C++. Лабораторні заняття призначені для засвоєння теоретичних знань в процесі набуття практичних навичок створення програмного забезпечення для вбудованих систем та організації обміну інформацією в мережах. Лабораторні роботи виконуються в середовищі CubeIDE мовою програмування C та C++ для ARM мікропроцесорів STM32Fxxx серій, та в середовищі Visual Code Studio для процесорів ESP32.

Частина матеріалу перенесено на самостійну форму навчання, для якої винесений перелік питань для самостійного пошуку відповідей з наступною перевіркою знань на рубіжному контролі та екзамені. Заохочується самостійне розширення тематики навчання у вигляді виконання додаткових дослідницьких задач, які можуть бути формою задачі деяких лабораторних робіт у випадку перекриття використаних знань та вмінь, що було використано в лабораторних роботах та виконанні дослідницьких задач.

Для денної форми навчання:

Передбачені очні заняття (face to face).

Для заочної форми навчання:

Під час сесії формат очний (face to face), у міжсесійний період – дистанційний (online).

## 5. Результати навчання

У результаті вивчення дисципліни отриманні знання та навички дозволять створювати програмне забезпечення для вбудованих систем по керуванню цифровими пристроями. В процесі навчання будуть наданні знання та навички у обміну інформацією пристроїв та персональних комп'ютерів посередньо USB порту або бездротовими методами, зокрема WiFi та Bluetooth; керування кроковими, серводвигунами та двигунами постійного струму; використовувати цифрові та аналогові датчики. Отримані знання та навички дозволять проектувати власні пристрої з функціональністю інтернет-речей.

У результаті вивчення дисципліни студент повинен забезпечити наступні програмні результати:

- Знати і розуміти наукові положення, що лежать в основі функціонування комп'ютерних засобів, систем та мереж.
- Вміти застосовувати знання технічних характеристик, конструктивних особливостей, призначення і правил експлуатації програмнотехнічних засобів комп'ютерних систем та мереж для вирішення технічних задач спеціальності.
- Вміти розробляти програмне забезпечення для вбудованих і розподілених застосувань, мобільних і гібридних систем, розраховувати, експлуатувати, типове для спеціальності обладнання.
- Вміти здійснювати пошук інформації в різних джерелах для розв'язання задач комп'ютерної інженерії.
- Вміти ідентифікувати, класифікувати та описувати роботу комп'ютерних систем та їх компонентів.
- Здатність адаптуватись до нових ситуацій, обґрунтовувати, приймати та реалізовувати у межах компетенції рішення.

## 6. Обсяг дисципліни

Ознака дисципліни, вид заняття	Кількість годин
Спеціальність	122 Комп'ютерні науки
Кількість кредитів / годин	3/90
Кількість змістових модулів	2
Нормативна / вибіркова	вибіркова
лекції	28
лабораторні	14
самостійна робота	48
Вид підсумкового контролю: залік	-

## 7. Пререквізити

Засвоєння теоретичних знань залежить від попередньо засвоєних дисциплін: “загальна фізика” для розуміння принципу роботи та можливостей цифрових та аналогових датчиків, різноманітних пристроїв виконання; “системне програмування” та “комп’ютерна схемотехніка”, для володіння бітовими операціями та побайтового доступу до масивів інформації; “програмування”, для створення програмного забезпечення для вбудованих систем; “дискретна математика” для розуміння принципів використання цифроаналогових та аналоговоцифрових перетворювачів; “комп’ютерна електроніка” для розуміння будови та принципів роботи мікроконтролерних пристроїв; “вступ до спеціальності” з метою володінням засобами представлення різноманітної інформації у цифровому вигляді.

## 8. Технічне й програмне забезпечення /обладнання

Лекційна аудиторія обладнана мультимедійним проектором, що дозволяє не лише ілюструвати теоретичний матеріал яскравими графіками та схемами, але і демонструвати приклади роботи алгоритмів з можливістю втручання в параметри їх роботи, що значно покращує розуміння роботи та можливостей розглянутих методів та алгоритмів. Лектор використовує в процесі надання прикладів відлагоджувальну плату STM32F4Discovery або ESP32Wroom з демонстрацією її роботи через камеру на мультимедійний проектор, що робить всі приклади та викладені тези обґрунтованими та ілюстрованими.

Лабораторні роботи виконуються в лабораторіях обладнаних персональними комп’ютерами з доступом до плат відлагодження STM32F4Discovery або ESP32Wroom, тому розробка програмного забезпечення під час виконання лабораторних робіт може бути перевірена на конкретному пристрої. Завдяки доступу персональних комп’ютерів до локальної мережі з методичними матеріалами та Інтернет, кожен студент має доступ до методичного та лекційного матеріалу під час виконання завдань з лабораторних робіт.

Для виконання поставлених завдань вимагається наявність текстового редактора для оформлення звітів виконання лабораторних робіт (рекомендовано Open Office або Libre Office, вільно розповсюджувальне програмне забезпечення). Написання програмного забезпечення допускається мовою програмування C або C++ в середовищі розробки програмного забезпечення CubeIDE та Visual Code Studio.

## 9. Політика дисциплін

Академічна доброчесність: очікується, що студенти будуть дотримуватися принципів академічної доброчесності, усвідомлювати наслідки її порушення. Детальніше за посиланням URL: <http://www.kntu.kr.ua/doc/dobro.pdf>.

Відвідування занять є важливою складовою навчання. Очікується, що всі студенти відвідають лекції і лабораторні заняття курсу. Пропущені заняття повинні бути відпрацьовані не пізніше, ніж за тиждень до залікової сесії.

При організації освітнього процесу в Центральукраїнському національному технічному університеті студенти, викладачі та адміністрація діють відповідно до: Положення про організацію освітнього процесу; Положення про організацію вивчення навчальних дисциплін вільного вибору; Положення про рубіжний контроль успішності і сесійну атестацію студентів ЦНТУ; Кодексу академічної доброчесності ЦНТУ.

### 10. Навчально - методична карта дисципліни

Тиждень, години	Тема, основні питання (розкривають зміст і є орієнтирами для підготовки до модульного і підсумкового контролю)	Форма діяльності (заняття) /формат	Матеріали	Література, інформаційні ресурси	Завдання, години	Бали	Термін виконання
Змістовий модуль I. СТВОРЕННЯ ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ МОДУЛЯ ESP32Wroom							
1-2 ауд.6 год.	1. Сучасні напрями використання інтернету речей. Архітектура IoT. Складові IoT. Стандарти IoT.	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та методичні рекомендації	[1, 21]	3 години на лекційний матеріал. 4 години на лабораторну роботу <b>Засоби розробки ESP32Wroom.</b>	16	6-й тиждень.
3-4 ауд. 6 год.	2. Апаратне та програмне забезпечення IoT. Термінологія IoT.	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та методичні рекомендації	[1, 21]	3 години на лекційний матеріал. 4 години на лабораторну роботу <b>Керування напругою на виходах мікроконтролеру ESP32Wroom.</b>	16	6-й тиждень.
5-6 ауд. 6 год.	3. Використання багатоядерності для поліпшення продуктивності та надійності.	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та методичні рекомендації	[1, 21]	3 години на лекційний матеріал. 4 години на лабораторну роботу <b>Використання RTOS.</b>	18	6-й тиждень.
Змістовий модуль II. РОБОТА ПРИСТРОЇВ НА БАЗІ МОДУЛЯ ESP32Wroom З КОМП'ЮТЕРНИМИ МЕРЕЖАМИ							
7-8 ауд. 6 год.	4. Архітектура взаємодії IoT. Засоби синхронізації та обміну	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та	[1, 21]	3 години на лекційний матеріал. 4 години на	12	13-й тиждень.

	інформацією. Мінімальний сервіс для отримання статистики з IoT.		методичні рекомендації		лабораторну роботу <b>Використання WiFi модуля.</b>		
9-10 ауд. 6 год.	5. Пристрій IoT з сервіс-доступом по http протоколу.	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та методичні рекомендації	[1, 21]	3 години на лекційний матеріал. 4 години на лабораторну роботу <b>Створення вбудованої html сторінки для зображення оперативної інформації з пристрою.</b>	12	13-й тиждень.
11-12 ауд. 6 год.	6. Пристрій IoT з сервіс-доступом TCP та UDP протоколами.	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та методичні рекомендації	[1, 21]	3 години на лекційний матеріал. 4 години на лабораторну роботу <b>Реалізація передачі інформації з перевагою по часу або надійності.</b>	12	13-й тиждень.
13-14 ауд. 6 год.	7. Пристрій IoT як клієнт Інтернет ftp сервісу.	Лекції, лабораторна	Презентація, лекційні та методичні рекомендації	[1, 21]	2 години на лекційний матеріал. 4 години на лабораторну роботу <b>Протоколів передачі-прийому за документацією.</b>	14	13-й тиждень.



## 11. Система оцінювання та вимоги

**Види контролю:** поточний, підсумковий.

**Методи контролю:** спостереження за навчальною діяльністю, усне опитування, письмовий контроль, тестовий контроль.

**Форма підсумкового контролю:** екзамен.

Контроль знань і умінь (поточний і підсумковий) з дисципліни «Низькорівневе програмування» здійснюється згідно з кредитною трансферно-накопичувальною системою організації навчального процесу. Рейтинг студента із засвоєння дисципліни визначається за 100-бальною шкалою. Він складається з рейтингу навчальної роботи (засвоєння теоретичного матеріалу під час аудиторних занять та самостійної роботи, виконання лабораторних та індивідуальних завдань), для оцінювання якої призначається 60 балів, та екзамену, максимальна оцінка за який складає 40 балів окремо по кожному з семестрів.

### Розподіл балів, які отримують студенти при вивченні дисципліни «Низькорівневе програмування»

Поточний контроль та самостійна робота																					
Змістовий модуль 1									Змістовий модуль 2											Залік	Сума
Т1			Т2			Т3			Т4			Т5			Т6			Т7			
Л1	Л2	ЛР 1	Л3	Л4	ЛР 2	Л5	Л6	ЛР 3	Л7	Л8	ЛР 4	Л9	Л10	ЛР 5	Л11	Л12	ЛР 6	Л13	Л14	ЛР 7	
2	2	12	2	2	12	3	3	12	1	1	10	1	1	10	1	1	10	2	2	10	
50									50												100

Примітка: Т1, Т2,...,Т7 – тема, Л – теоретичні (лекційні) заняття, ЛР – лабораторні заняття

### Шкала оцінювання: національна та ЄКТС

Сума балів за всі види навчальної діяльності	Оцінка ЄКТС	Оцінка за національною шкалою	
		для екзамену, курсового проекту (роботи), практики	для заліку
90-100	A	відмінно	зараховано
82-89	B	добре	
74-81	C		

64-73	D	задовільно	
60-63	E		
35-59	FX	незадовільно з можливістю повторного складання	не зараховано з можливістю повторного складання
1-34	F	незадовільно з обов'язковим повторним вивченням дисципліни	не зараховано з обов'язковим повторним вивченням дисципліни

*Критерії оцінювання.* Еквівалент оцінки в балах для кожної окремої теми може бути різний, загальну суму балів за тему визначено в навчально-методичній карті. Розподіл балів між видами занять (лекції, лабораторні заняття, самостійна робота) можливий шляхом спільного прийняття рішення викладача і студентів на першому занятті:

**оцінку «відмінно» (90-100 балів, А)** – заслуговує студент, який:

- всебічно, систематично і глибоко володіє навчально-програмовим матеріалом;
- вміє самостійно виконувати завдання, передбачені програмою, використовує набуті знання і вміння у нестандартних ситуаціях;
- засвоїв основну і ознайомлений з додатковою літературою, яка рекомендована програмою;
- засвоїв взаємозв'язок основних понять дисципліни та усвідомлює їх значення для професії, яку він набуває;
- вільно висловлює власні думки, самостійно оцінює різноманітні життєві явища і факти, виявляючи особистісну позицію;
- самостійно визначає окремі цілі власної навчальної діяльності, виявив творчі здібності і використовує їх при вивченні навчально-програмового матеріалу, проявив нахил до наукової роботи.

**оцінку « добре» (82-89 балів, В)** – заслуговує студент, який:

- повністю опанував і вільно (самостійно) володіє навчально-програмовим матеріалом, в тому числі застосовує його на практиці, має системні знання достатньому обсязі відповідно до навчально-програмового матеріалу, аргументовано використовує їх у різних ситуаціях;
- має здатність до самостійного пошуку інформації, а також до аналізу, постановки і розв'язування проблем професійного спрямування;
- під час відповіді допустив деякі неточності, які самостійно виправляє, добирає переконливі аргументи на підтвердження вивченого матеріалу;

**оцінку «добре» (74-81 бал, С)** – заслуговує студент, який:

- в загальному роботу виконав, але відповідає на екзамені з певною кількістю помилок;
- вміє порівнювати, узагальнювати, систематизувати інформацію під керівництвом викладача, в цілому самостійно застосовувати на практиці, контролювати власну діяльність;
- опанував навчально-програмовий матеріал, успішно виконав завдання, передбачені програмою, засвоїв основну літературу, яка рекомендована програмою;

**оцінку «задовільно» (64-73 бали, D)** – заслуговує студент, який:

– знає основний навчально-програмовий матеріал в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії;

– виконує завдання, але при рішенні допускає значну кількість помилок;

– ознайомлений з основною літературою, яка рекомендована програмою;

– допускає на заняттях чи екзамені помилки при виконанні завдань, але під керівництвом викладача знаходить шляхи їх усунення.

**оцінку «задовільно» (60-63 бали, E)** – заслуговує студент, який:

– володіє основним навчально-програмовим матеріалом в обсязі, необхідному для подальшого навчання і використання його у майбутній професії, а виконання завдань задовольняє мінімальні критерії. Знання мають репродуктивний характер.

**оцінка «незадовільно» (35-59 балів, FX)** – виставляється студенту, який:

– виявив суттєві прогалини в знаннях основного програмового матеріалу, допустив принципові помилки у виконанні передбачених програмою завдань.

**оцінку «незадовільно» (35 балів, F)** – виставляється студенту, який:

– володіє навчальним матеріалом тільки на рівні елементарного розпізнавання і відтворення окремих фактів або не володіє зовсім;

– допускає грубі помилки при виконанні завдань, передбачених програмою;

– не може продовжувати навчання і не готовий до професійної діяльності після закінчення університету без повторного вивчення даної дисципліни.

**При виставленні оцінки враховуються результати навчальної роботи студента протягом семестру**

Критерії оцінки заліку:

– «зараховано» – студент має стійкі знання про основні поняття дисципліни, може сформулювати взаємозв'язки між поняттями.

– «незараховано» – студент має значні пропуски в знаннях, не може сформулювати взаємозв'язку між поняттями, що вивчаються в курсі, не має уявлення про більшість основних понять дисципліни, що вивчається.

## 12. Рекомендована література

*Базова:*

1. Peter Hoddie, Lizzie Prader «IoT Development for ESP32 and ESP8266 with JavaScript: A Practical Guide to XS and the Moddable SDK» ISBN-13 (pbk): 978-1-4842-5069-3 ISBN-13 (electronic): 978-1-4842-5070-9
2. Програмування вбудованих систем: метод. вказівки до виконання лабораторних робіт для студентів денної та заочної форми навчання за спеціальністю 123 “Комп’ютерна інженерія” / уклад. Дреєва Г.М., Дреєв О.М., Денисенко О.О., Коноплицька-Слободенюк О.К. — Кропивницький: ЦНТУ, 2018. — 90 с.
3. STM32CubeMX for STM32 configuration and initialization C code generation. User manual. June 2022. 397 p. URL: [https://www.st.com/resource/en/user\\_manual/dm00104712-stm32cubemx-for-stm32-configuration-and-initialization-c-code-generation-stmicroelectronics.pdf](https://www.st.com/resource/en/user_manual/dm00104712-stm32cubemx-for-stm32-configuration-and-initialization-c-code-generation-stmicroelectronics.pdf)

4. І.В.Чихіра, А.Г. Микитишин Конспект лекцій з дисципліни «Програмування систем реального часу» напрям підготовки 6.050202 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Укладачі : Чихіра І.В., Микитишин А.Г., – Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя , 2016. – 76 с.
5. Jack Ganssle and Michael Barr. 2003. Embedded Systems Dictionary. CMP Books.

*Допоміжна:*

6. Р.М. Минайленко, О.М. Дреєв, О.Г. Собінов, О.О. Денисенко Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. / Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. В 48., Кропивницький, ЦНТУ. С. 88-101. ISSN 2414-3820. URL: <http://zbirniksgm.kntu.kr.ua/pdf/48/12.pdf>
7. Технології інтернету речей. Навчальний посібник [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спеціальності 126 «Інформаційні системи та технології», спеціалізація «Інформаційне забезпечення робототехнічних систем» / Б. Ю. Жураковський, І.О. Зенів; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові дані (1 файл: 12,5 Мбайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 271 с.
8. Greg Dunko, Joydeep Misra, Josh Robertson, Tom Snyder “A reference guide to the Internet of Things” / 2017 Bridgera LLC, RIoT. URL: <https://bridgera.com/wp-content/uploads/2018/10/IoTeBook3.pdf>
9. Donald Norris “Programming with STM32. Getting started with the Nucleo Board and C/C++” 416 p. 2018. / ISBN: 978-1-26-003132-4. URL: <https://electrovolt.ir/wp-content/uploads/2018/04/Programming-with-Stm32-Getting-Started-with-the-Nucleo.pdf>
10. Neil Kolban “Kolban’s book on ESP32”. Texas, USA. 951 p.
11. Жданов А.А. Операційні системи реального часу. – PCWeek, 8/1999.
12. Дреєв Ю.Г. Системи реального часу: технічні та програмні засоби: Навчальний посібник. – М.: МІФІ, 2010. 320 с.
13. Зиль С. Штатні механізми QNX Neutrino для забезпечення відмово стійкості обчислювальних систем жорсткого реального часу. – СТА, 3/2009, 118 с.
14. Минайленко Р.М., Дреєв О.М., Собінов О.Г., Денисенко О.О. Програмна компенсація дрейфу нуля в системі вимірювання вологості зерна в потоці/Комп'ютерна інженерія і кібербезпека: досягнення та інновації: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих учених (м. Кропивницький, 27-29 листопада 2018р.). С.148-149
15. Минайленко Р.М., Дреєв О.М., Собінов О.Г. Сучасні пристрої вимірювання вологості зерна. Проблеми та пошук рішень/ III Міжнародна науково-практична конференція “Інформаційна безпека та комп'ютерні технології”19-20 квітня 2018р. м. Кропивницький С. 238-242
16. Минайленко Р.М., Дреєв О.М., Собінов О.Г. Обробка потоку даних сенсора вологості сипучих матеріалів/ III МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ КОНФЕРЕНЦІЇ "ІНФОРМАЦІЙНА БЕЗПЕКА ТА КОМП'ЮТЕРНІ ТЕХНОЛОГІЇ" INFOSEC & COMPTECH 19-20 квітня 2018 року м. Кропивницький. С.196-198

*Інформаційні ресурси:*

17. Datasheet stm32f407/ офіційна документація / електронний ресурс: <https://www.st.com/resource/en/datasheet/dm00037051.pdf>
18. Datasheet esp32Wroom / офіційна документація / електронний ресурс: [https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32\\_datasheet\\_en.pdf](https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32-wroom-32_datasheet_en.pdf)
19. Інтернет речей разом з IOTCELL <https://iot.lifecell.ua/uk>