

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ
ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач випускової кафедри

Шутко В.М.

« ____ » _____ 2020 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

ЗДОБУВАЧА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА ЗІ СПЕЦІАЛЬНОСТІ 171
«ЕЛЕКТРОНІКА» ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЇ ПРОГРАМИ «ЕЛЕКТРОННІ
СИСТЕМИ»

**Тема: «Розумний зчитувач радіочастотних міток з малою споживаною
потужністю»**

Виконавець

студент групи ЕС-201Мз _____ Передерій Тетяна Олександрівна

Керівник

д.т.н., професор _____ Ліпінський Олександр Юрійович

Консультант розділу

«Охорона праці» _____ Кічата Н.М.

Консультант розділу

«Охорона навколишнього середовища» _____ Фролов В.Ф.

Нормоконтролер

_____ Сініцин Р.Б.

КИЇВ 2020

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ АЕРОНАВІГАЦІЇ, ЕЛЕКТРОНІКИ ТА ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙ
КАФЕДРА ЕЛЕКТРОНІКИ, РОБОТОТЕХНІКИ І ТЕХНОЛОГІЙ МОНІТОРИНГУ
ТА ІНТЕРНЕТУ РЕЧЕЙ
Освітньо-професійна програма «Електронні системи»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
В. М. Шутко
« _____ » _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи (проекту)

Передерій Тетяни Олександрівни

(прізвище, ім'я, по батькові випускника в родовому відмінку)

1. Тема дипломної роботи (проекту): «Розумний зчитувач радіочастотних міток з малою споживаною потужністю» затверджена наказом ректора від «06» жовтня 2020 р. № 1912/ст.

2. Термін виконання роботи (проекту): з 05.10.2020 р. по 27.12.2020 р.

3. Вихідні дані до роботи (проекту): принципи роботи сучасних зчитувачів радіоелектронних зчитувачів міток, алгоритм реєстрації та розпізнавання радіочастотних міток.

4. Зміст пояснювальної записки: Мікроконтролери ESP8266 та середовище розробки програмного забезпечення, контролери сімейства ESP8266 та плати розширення, мова програмування мікроконтролерів ESP8266; радіочастотна ідентифікація на основі технології RFID, схемотехніка зчитувачів радіочастотних міток та алгоритм реєстрації та розпізнавання радіочастотних міток; зчитувач радіочастотних міток з малою споживаною потужністю та алгоритм роботи розробленого пристрою, принцип низького споживання модулем.

Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, рисунки, схеми.

6. Календарний план-графік

№ пор.	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1.	Ознайомлення з тематикою дипломної роботи та обробка літературних джерел за темою роботи	06.10.- 30.10.2020	
2.	Огляд теоретичних засад та дослідження ринку IoT технологій	31.10.- 06.11.2020	
3.	Дослідження можливості зменшення споживання зчитувачами RFID	06.11.- 12.11.2020	
4.	Робота над основними розділами	13.11.- 05.12.2020	
5.	Написання вступу та висновків	06.12.- 12.12.2020	
6.	Оформлення пояснювальної записки та презентації	13.12.- 26.12.2020	

7. Консультанти з окремих розділів

Назва розділу	Консультант (посада, П.І.Б.)	Дата		Підпис
		Завдання видав	Завдання прийняв	
Охорона праці	асистент Кічата Н.М.	06.10.20	30.11.20	
Охорона навколишнього середовища	д.т.н, доцент, завідувач кафедри Фролов В.Ф.	06.10.20	02.12.20	

8. Дата видачі завдання: “ 06 ” жовтня _____ 2020 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): _____

(підпис керівника)

(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____

(підпис здобувача)

(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Моніторинг радіовипромінювань у реальному часі» містить : сторінок – 99, рисунків – 33, таблиць – 9, джерел посилань – 40.

Мета дипломної роботи: дослідити принцип радіочастотної ідентифікації, ознайомитися з контролерами сімейства ESP8266 та розробити вдосконалений алгоритм – інформаційну технологію реєстрації персоналу локальними зчитувачами з автономним живленням і елементами інтелектуалізації з низькою споживчою потужністю.

Об'єкт дослідження: процес радіочастотної ідентифікації

Методи дослідження: цифрова та статична обробка інформації, порівняння технічних характеристик, дослідження сучасного ринку IoT рішень

Ключові слова: РАДІОЧАСТОТНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ, RFID-ЗЧИТУВАЧ, RFID-МІТКА, ARDUINO IDE, ESP8266, NODE MCU v3, МІКРОСХЕМА, МІКРОКОНТРОЛЕР, RC522

Основні результати: Досліджено ринок рішення для IoT, проведено вивчення мікроконтролерів ESP8266 та особливості їх програмування. В результаті дослідження було розроблено вдосконалений алгоритм радіочастотної ідентифікації з елементами інтелектуалізації для зчитувача з малою споживаною потужністю що може використовуватися як зчитувач з автономним живленням. Змодельовано принципову схему пристрою та описано принцип низько споживання живлення модулем.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
РОЗДІЛ 1 МІКРОКОНТРОЛЕРИ ESP8266 ТА СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ	8
1.1 Контролери сімейства ESP8266 та плати розширення.....	8
1.2 Мова програмування мікроконтролерів ESP8266.	21
РОЗДІЛ 2. Радіочастотна ідентифікація на основі технології RFID.	31
2.1 Схемотехніка зчитувачів радіочастотних міток	31
2.2 Алгоритм реєстрації та розпізнавання радіочастотних міток.	38
РОЗДІЛ 3 ЗЧИТУВАЧ РАДІОЧАСТОТНИХ МІТОК З МАЛОЮ СПОЖИВАНОЮ ПОТУЖНІСТЮ	48
3.1 Основні переваги NodeMCU v3.....	48
3.2 Прототипування пристрою	49
3.3 Алгоритм роботи розробленого пристрою.....	58
3.4 Принцип низького споживання модулем	62
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	64
4.1 Характеристика електромагнітного поля та його вплив на навколишнє середовище.....	64
4.2 Розрахунок інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці	70
4.3. Способи захисту від електромагнітного поля.....	72
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ	76
5.1 Аналіз умов праці.....	76
5.2 Заходи зниження впливу шкідливих факторів на робочому місці інженера-дослідника.....	81
5.2.1 Розрахунок параметрів електромагнітного поля	85
5.3. Пожежна безпека.....	87

ВИСНОВКИ.....	89
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	92
Додаток 1.....	96
Додаток 2.....	98

ВСТУП

Радіочастотна ідентифікація (Radio Frequency Identification, скорочено RFID) - це сучасна прогресивна технологія автоматичної ідентифікації, що дозволяє автоматизувати процес збору та обробки інформації безконтактним способом. Области застосування даної технології досить обширні, вона використовується, щоб ідентифікувати, простежити, розсортувати і виявити необмежену кількість предметів, включаючи людей, документи, транспортні засоби, одяг, контейнери, і т.д. Вона може бути використана для автоматизації виробничих процесів, автоматизації систем управління, організація систем контролю доступу та систем безпеки, контролю і облік робочого часу, побудова дисконтних і логістичних систем, захист товарів та документів від підробок.

Така система доволі не складна в реалізації і має багато хороших якостей, таких як: дешевизна системи, ефективність використання. Для створення системи моніторингу з використанням RFID-технології необхідно: RFID-мітки, зчитувач або декілька, антени, сервер або пристрій для збереження та обміну даних. Але основними елементами є RFID-мітки та зчитувачі.

У більшості випадків пристрої, призначені для Інтернету речей (IoT), повинні мати ультранизке споживання із-за обмеженої ємності джерела живлення. При цьому одні IoT-пристрої працюють від батарейок, які необхідно періодично замінювати, а інші використовують хардвестери енергії, потужність яких також обмежена і залежить від зовнішніх умов (світла, води, тепла та т.д.). Таким чином, у обох випадках важливо забезпечити ультранизкий рівень власного споживання.

Для досягнення дуже низького енергоспоживання необхідно, щоб пристрій більшу частину часу знаходилось у режимі «Deep sleep». Для цього слід лише періодично «просипатися» для обробки даних, виконання необхідних дій, отримання або передачі інформації за бездротовим каналом, а потім знову переходити в «Deep sleep». Якщо тривалість знаходження в стані сну виявляється значною (наприклад, кілька годин), то загальне споживання в режимі очікування може перевищувати сумарне споживання в активному режимі.[31]

Отже, в даній роботі буде відбуватися дослідження мікроконтролерів ESP8266 які позиціонуються себе як рішення для IoT з малою споживаною потужністю. Буде проведено аналіз алгоритмів реєстрації та розпізнавання радіочастотних міток, з метою розробки власного вдосконаленого алгоритму для інноваційного пристрою – інформаційну технологію реєстрації персоналу локальними зчитувачами з автономним живленням і елементами інтелектуалізації з низькою споживчою потужністю. Алгоритм буде розроблятися для зчитувача з використання режимів низького споживання мікроконтролером запатентованою китайською компанією Espressif Systems.

РОЗДІЛ 1 МІКРОКОНТРОЛЕРИ ESP8266 ТА СЕРЕДОВИЩЕ РОЗРОБКИ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

1.1 Контролери сімейства ESP8266 та плати розширення.

Мікроконтролер ESP8266 був розроблений і випущений в 2014 році китайською компанією у місті Шанхай - Espressif Systems.

Чіп ESP8266EX компанії Espressif - високо інтегрований Wi-Fi SoC рішення, задовольняє запити індустрії Інтернету речей в низькому енергоспоживанні, компактності і надійності.

Маючи повноцінний Wi-Fi і мережевий стек, чіп ESP8266EX може як виконувати програми самостійно, так і працювати під управлінням зовнішнього мікроконтролера. Працюючи самостійно, ESP8266EX виконує програму, завантажуючи її з зовнішньої флеш-пам'яті. Вбудований високошвидкісний кеш підвищує продуктивність системи і дозволяє ефективно використовувати оперативну пам'ять. Працюючи під керуванням зовнішнього мікроконтролера, ESP8266EX може виступати в ролі Wi-Fi адаптера, передаючи дані через SPI, SDIO, I2C або UART інтерфейси.

ESP8266EX містить антенний перемикач, узгоджувальний трансформатор (балун), підсилювач потужності, малошумний підсилювач, фільтри, модулі управління живленням. Компактна конструкція і висока ступінь інтеграції дозволяють мінімізувати розмір друкованої плати і число зовнішніх компонентів.

ESP8266EX містить розширену версію 32-бітного процесора Lx106 фірми Tensilica серії Diamond і вбудовану оперативну пам'ять (SRAM). Він може бути з'єднаний з зовнішніми датчиками і іншими пристроями через інтерфейси введення/виведення загального призначення (GPIO). Пакет програм для розробки програмного забезпечення (SDK) містить зразки програм для різних застосувань.

Smart Connectivity Platform (ESCP) компанії Espressif Systems забезпечує складні функції, включаючи швидкий перехід між режимом сну і режимом пробудження для цілей енергоефективності, адаптивне підлаштування радіо тракту для роботи з низьким енергоспоживанням, вдосконалену обробку сигналу, придушення паразитних сигналів і механізм радіопередачі для стільникового зв'язку, Bluetooth, DDR, LVDS, пом'якшення LCD перешкод.

Таблиця 1.1 Основні характеристики ESP8266

Wi-Fi	Сертифікати	FCC/CE/TELEC/SRRC
	Протоколи Wi-Fi	802.11 b/g/n
	Діапазон частот	2,4 ГГц ~ 2,5 ГГц (2400 М ~ 2483,5 М)
	Потужність передачі сигналу	802.11 b: +20 дБм
		802.11 g: +17 дБм
		802.11 n: +14 дБм
	Чутливість приймача	802.11 b: -91 дБм (11 Мбит/с)
		802.11 g: -75 дБм (54 Мбит/с)
802.11 n: -72 дБм (MCS7)		
Типи антени	Антенна на друкованій платі, зовнішня антенна, керамічна чіп-антенна	
Апаратне забезпечення	Центральний процесор	32-бітний мікропроцесор Tensilica Lx106
	Периферійні інтерфейси	UART / SDIO / SPI / I2C / I2S / IR Remote Control
		GPIO / ADC / PWM
	Робоча напруга	3.0В ~ 3.6В
	Робочий струм	Середнє значення: 80 мА
	Діапазон робочих температур	-40 °С ~ 125 °С
	Робоча температура навколишнього середовища	Нормальна температура
	Розмір корпусу	5x5 мм
	Зовнішній інтерфейс	N/A
Програмне забезпечення	Режими Wi-Fi	Клієнт (station) / точка доступу (softAP) / SoftAP + station
	Безпека	WPA / WPA2
	Шифрування	WEP / TKIP / AES
	Оновлення ПЗ	Завантаження через UART / Дистанційне оновлення через мережу
	Розробка ПО	SDK для швидкої розробки ПЗ, інструменти для взаємодії з серверним ПЗ
	Мережеві протоколи	IPv4, TCP / UDP / HTTP / FTP
	Конфігурація користувача	Управління за допомогою AT команд, хмарний сервер, додатки для Android / iOS

Функціональна схема ESP8266EX показана на малюнку 1.1

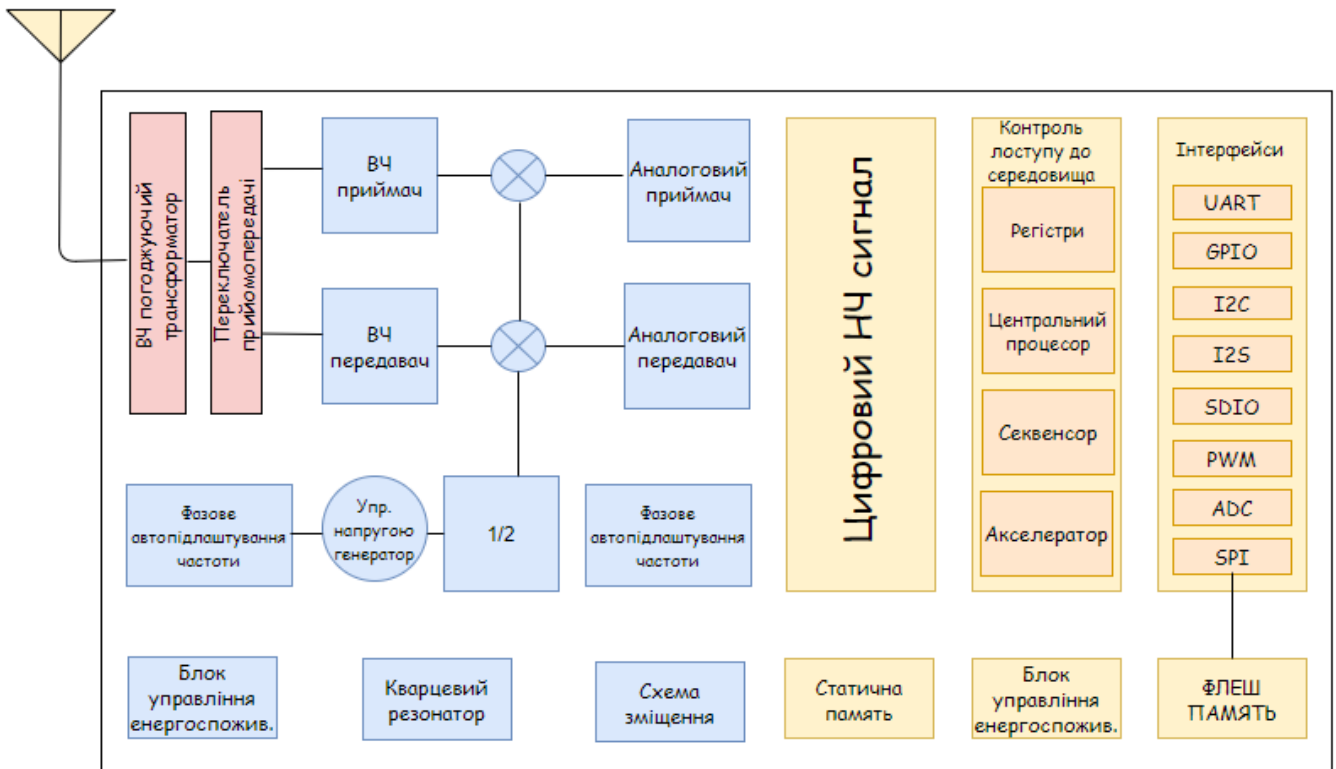


Рис. 1.1 Функціональна блок-схема

ЦПУ (CPU - Central Processing Unit)

ESP8266EX об'єднує 32-розрядний мікропроцесор (MCU) Tensilica. Тактова частота процесора становить 80 МГц, але можливе програмне переключення в режим 160 МГц. Система може легко працювати як операційна система реального часу (RTOS). В даний час Wi-Fi стек займає тільки 20% процесорного часу. Інший процесорний час може бути використане для програм користувача. Мікропроцесор може взаємодіяти з іншими частинами чіпу через наступні інтерфейси:

- Програмований RAM/ROM інтерфейс (iBus), з'єднаний з контролером пам'яті і має спільний доступ до зовнішньої флеш-пам'яті.
- Інтерфейс даних RAM (dBus), який може бути пов'язаний з контролером пам'яті.
- Інтерфейс АНВ, який можна використовувати для обміну з регістрами. Надає доступ до периферійних регістрів.

Внутрішня пам'ять

ESP8266EX Wi-Fi SoC містить контролер пам'яті і блок пам'яті, та включає SRAM (ОЗУ) та ROM (ПЗУ). Мікроконтролер може звертатися до блоків пам'яті через iBus, dBus і АНВ інтерфейси.

У поточній версії SDK при роботі в режимі WiFi STA, обсяг оперативної пам'яті, доступною користувачам, становить 50 КБ. Цей обсяг включає в себе стек, сегменти data і heap.

У ESP8266EX немає програмованої ROM, тому для користувача програма зберігається у зовнішній SPI флеш-пам'яті.

Зовнішня флеш пам'ять

Зовнішня SPI флеш-пам'ять, підключена до ESP8266EX, використовується для зберігання програм користувача. Теоретично підтримується до 16 Мбайт пам'яті.

Рекомендується вибирати обсяг SPI флеш-пам'яті в такий спосіб:

- Без використання OTA: мінімальний розмір флеш-пам'яті - 512 Кб
- З використанням OTA: мінімальний розмір флеш-пам'яті становить 1 МБ

Мінімальна флеш-пам'ять ESP8266EX показана в таблиці 1.2

Таблиця 1.2. Мінімальна флеш-пам'ять

OTA	Minimum Flash Memory
Виключено	512 kB
Включено	1 MB

Примітка:

Підтримуються кілька режимів SPI, включаючи стандартний SPI, Dual SPI, DIO SPI, QIO SPI і Quad SPI. Слід вибирати правильний режим SPI при завантаженні бінарних файлів у флеш-пам'ять, в іншому випадку програми/прошивки можуть працювати некоректно.

АНВ и блоки АНВ

До шини АНВ крім арбітра підключені MAC, SDIO (хост) і процесор. В залежності від адреси, запити даних можуть перейти з АНВ в один з двох підключених блоків:

- шину APB
- Контролер флеш-пам'яті (як правило, для автономних додатків)

Як правило, запити до контролера флеш-пам'яті - високошвидкісні запити, а до блоку APB - доступ до регістрів.

Блок APB виступає в якості декодера, який звертається до програмованих регістрів в основних блоках ESP8266EX. Залежно від адреси, запит APB може надійти в радіо, I2S, SPI, SDIO (хост), GPIO, UART, таймер реального часу (RTC), MAC або модем.

Тактова частота. Висока тактова частота

Сигнал тактової частоти ESP8266EX використовується прийомним і передаючим змішувачем. Тактовий сигнал створюється вбудованим генератором з використанням зовнішнього кварцового резонатора. Генератор може працювати з резонаторами в діапазоні від 26 МГц до 52 МГц.

Внутрішнє калібрування всередині кварцового генератора гарантує, що можна використовувати широкий спектр кварцових резонаторів. Проте, якість кварцу залишається важливим фактором, що впливає на рівень фазового шуму і чутливість WiFi. У таблиці 1.3 вказані допустимі відхилення частоти.

Таблиця 1.3 Технічні характеристики тактового генератора

Параметр	Позначення	Мін.	Макс.	Один. виміру
Частота	FXO	26	52	МГц
Ємність навантаження	CL	-	32	пФ
Динамічна ємність	CM	2	5	пФ
Опір втрат	RS	0	65	Ом
Допустиме відхилення частоти	Δ FXO	-15	15	%
Частота від температури (-25 °C~75 °C)	Δ FXO, Temp	-15	15	%

Вимоги до зовнішнього тактового генератора

Допускається використання зовнішнього тактового генератора. Частота може бути в діапазоні від 26 МГц до 52 МГц. При наступних характеристиках передбачається досягнення хороших показників радіопередачі.

Таблиця 1.4 Вимоги до зовнішнього кварцового генератора

Параметр	Позначення	Мін.	Макс.	Один. виміру
Амплітуда тактового сигналу	VXO	0.2	1	В
Точність зовнішнього кварцового резонатора	Δ FXO, EXT	-15	15	%
Фазовий шум при зміщенні 1 кГц, тактової частоти 40МГц	-	-	-120	дБ/Гц
Фазовий шум при зміщенні 10 кГц, тактової частоти 40МГц	-	-	-130	дБ/Гц
Фазовий шум при зміщенні 100 кГц, тактової частоти 40МГц	-	-	-138	дБ/Гц

Радіоприймач

Приймач ESP8266EX складається з наступних блоків:

- Приймач діапазону 2,4 ГГц
- Передавач діапазону 2,4 ГГц
- Генератор високої частоти
- Таймер реального часу
- Генератор зміщення і регулятори напруги
- Управління енергоспоживанням

Частотні канали

Радіопередавач підтримує наступні канали відповідно до стандартів IEEE802.11b/g/n.

Таблиця 1.5 Частотні канали

Номер каналу	Частота (МГц)	Номер каналу	Частота (МГц)
1	2412	8	2447
2	2417	9	2452
3	2422	10	2457
4	2427	11	2462
5	2432	12	2467
6	2437	13	2472
7	2442	14	2484

Приймач діапазону 2,4 ГГц

Приймач на 2,4 ГГц перетворює радіочастотні сигнали в квадратурні сигнали проміжної частоти, які згодом оцифровуються двома високошвидкісними АЦП з високою роздільною здатністю. Для адаптації до постійно змінюваних станів каналу, в ESP8266EX інтегровані радіочастотні фільтри, автоматичне регулювання посилення (AGC), ланцюги компенсації постійного зміщення та фільтри проміжної частоти.

Передавач діапазону 2,4 ГГц

Передавач перетворить квадратурні сигнали проміжної частоти в діапазон 2,4 ГГц, і подає високочастотний сигнал на вхід КМОП-підсилювача потужності. Функція цифровий калібрування покращує лінійність підсилювача потужності, що дозволяє досягти кращих в своєму класі значень вихідної потужності: +19,5 дБм в режимі 802.11b +16 дБм в режимі 802.11n.

В передавач інтегровані додаткові механізми калібрування, що дозволяють компенсувати недоліки радіо, такі як:

- Розсіювання несучої частоти
- фазової синхронізації I/Q
- Не лінійність трактів проміжної частоти

Ці вбудовані функції калібрування скорочують час тестування продукту і позбавляють від необхідності в додатковому випробувальному обладнанні.

Високочастотний генератор

Високочастотний генератор генерує квадратурні сигнали 2,4 ГГц для приймача і передавача. Всі компоненти генератора інтегровані на чіпі, в тому числі всі індуктори, варикапи, фільтри, регулятори і дільники.

Генератор має вбудовані механізми калібрування і схеми самотестування. Підстроювання фаз квадратурного сигналу і зменшення фазового шуму здійснюється на чіпі запатентованими алгоритмами калібрування. Це забезпечує найкращу роботу приймача і передавача.

Wi-Fi

У ESP8266EX реалізований повний 802.11 b/g/n/e/i WLAN MAC протокол з підтримкою специфікації Wi-Fi Direct. Можлива робота не тільки в режимі BSS, але і робота в групі P2P у відповідності до останнього протоколу Wi-Fi P2P. Всі низькорівневі функції Wi-Fi протоколу обробляються ESP8266EX автоматично:

- RTS / CTS
- підтвердження
- фрагментація і дефрагментація
- агрегація
- інкапсуляція фреймів (802.11h / RFC 1042)
- автоматичні моніторинг / сканування beacon-пакетів
- P2P Wi-Fi direct

Пасивне або активне сканування, а також процедура виявлення P2P виконується автономно після першого ініціювання відповідної команди. Управління живлення здійснюється з мінімальною взаємодією з хостом, щоб мінімізувати час роботи в активному режимі.

Режими низького енергоспоживання

ESP8266 спеціально розроблений для мобільних пристроїв, переносної електроніки і сфери Інтернету речей із застосуванням передових технологій управління живленням.

Передбачені 3 режиму енергоспоживання: активний режим (**active mode**), сплячий

режим (**sleep mode**) і режим глибокого сну (**deep sleep mode**). ESP8266EX споживає близько 20 мкА в режимі глибокого сну (з працюючим таймером реального часу), і менше 1,0 мА (DTIM = 3) або менше 0.6 мА (DTIM = 10), щоб підтримувати з'єднання з точкою доступу.

- **Off:** напруга на виході CHIP_PU низька. Таймер реального часу відключений. Всі регістри скинуті.
- **Deep sleep:** Тільки таймер реального часу включений - інша частина чіпу вимкнена. Резервна пам'ять таймера реального часу може містити базову інформацію про Wi-Fi з'єднання.
- **Sleep:** Тільки таймер реального часу працює. Кварцовий генератор відключений. Будь-які події, які ініціюють пробудження (MAC, хост, таймер реального часу, зовнішні переривання) переведуть чіп в режим **Wake up**.
- **Wake up:** У цьому стані система переходить зі стану сну в режим On. Кварцовий генератор і ФАПЧ включені.
- **On:** Тактовий генератор високої частоти включений і подає сигнал на інші блоки в відповідності до регістру управління тактовим сигналом. Управління подачею тактового сигналу також реалізовано всередині окремих блоків. Наприклад, подача тактового сигналу на процесор може бути припинена за допомогою інструкції WAITI. [2]

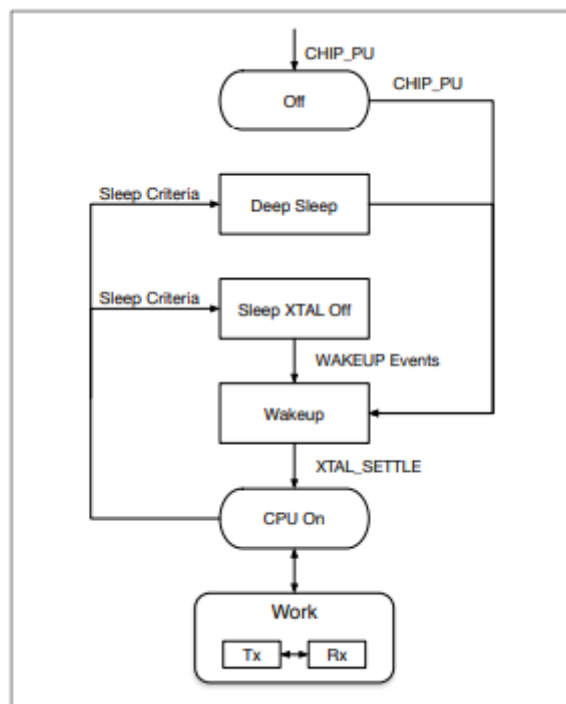


Рис. 1.2 Управління енергоспоживанням

Плати розширення

Мікроконтролери цієї лінійки заслужили визнання завдяки вбудованому Wi-Fi, набагато більшій продуктивності в порівнянні з Arduino, підтримки Arduino IDE і вражаюче низькою ціною. Однак ESP8266 і налагоджувальні плати на їх базі не завжди зручно використовувати. Деякі з них мають крок виводів 2 мм замість звичних 2,54 мм, інші займають всю макетну плату, не залишаючи вільних виводів. Вирішити ці проблеми можуть плати розширення ESP8266. Крім цього, плати розширення допомагають додати ESP8266 функціональності, підключивши зовнішні модулі без пайки і проводів. Завдяки цьому можна створювати прототипи і збирати готові електронні пристрої з мінімальними зусиллями і великою зручністю. [3]

Плата розробника на ESP8266 от Elecrow

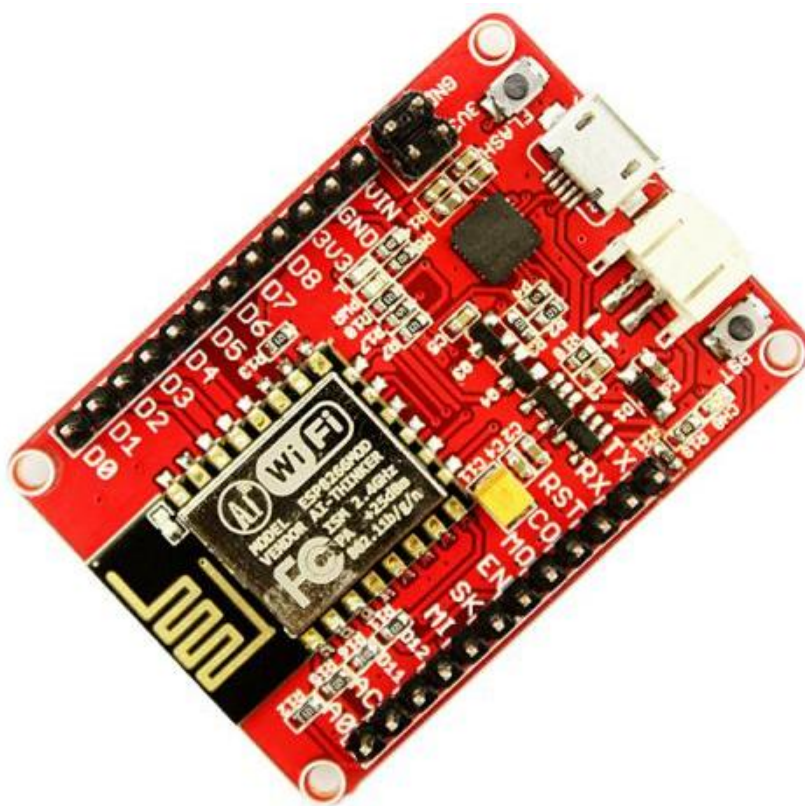


Рис. 1.3 Плата розробника на ESP8266 от Elecrow

Плата розробника "все-в-одному" на Wi-Fi модулі IOT ESP8266 з вбудованим USB конвертером і зарядним пристроєм для LiPo акумулятора. Контролер Wi-Fi модуля ESP8266 працює на частоті 80 МГц і харчується від джерела 3.3В. Мікроконтролер містить чіп Tensilica для повної підтримки Wi-Fi стека. Модуль можна програмувати з середовища Arduino IDE використовуючи ядро для "Інтернет речей". Програмне забезпечення завантажується в модуль через USB підключення, Для цього на платі встановлений CP2104 USB-UART конвертер.

Для використання в автономних і портативних пристроях передбачено живлення (роз'єм на платі) від літєвого акумулятора та його зарядка через вбудований зарядний

пристрій. Живить зарядний пристрій через microUSB роз'єм. Живлення всього пристрою автоматично перемикається з акумулятора на USB. Плата модуля може використовуватися з «безпайковим» макетними платами що прискорює прототипування і розробку пристроїв.

Характеристики:

- Базовий чіп: ESP8266 @ 80MHz 3.3V
- Flash пам'ять: 4МБ
- Підтримувані стандарти: 802.11 b/g/n
- Напруга живлення: 3.3V (є вбудований стабілізатор напруги з максимальним струмом 500мА)
- USB підключення: через CP2104 USB-UART конвертер з максимальною швидкістю 921600 Бод
- Автоматичний перезапуск для запуску вбудованого завантажувача
- GPIO: 9 в тому числі висновки I2C і SPI інтерфейсів
- Аналогові входи: 1 з максимальною напругою 1.0V
- Зарядний пристрій: вбудоване 100мА для LiPoLy акумулятора з індикацією стану процесу зарядки.
- Індикатори: # 0 червоний і # 2 синій для індикації завантаження, налагодження та загального застосування
- Розміри: 50мм x 35мм [4]

Плата NodeMCU V2 ESP8266 (CP2102)

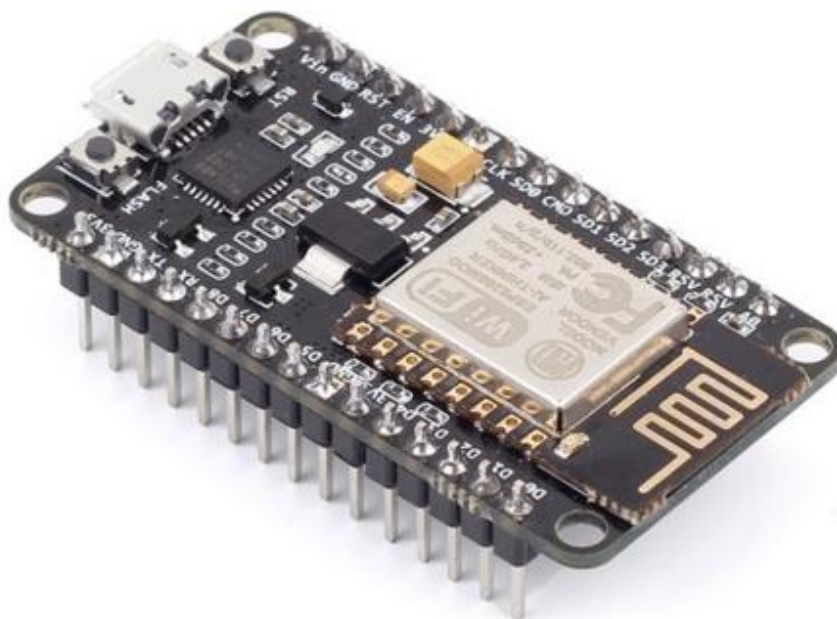


Рис. 1.4 Плата NodeMCU V2 ESP8266 (CP2102)

NodeMCU * (Amica) являє собою плату розробника на базі чіпу ESP8266 (версія ESP12E), який представляє собою UART-WiFi модуль з ультра низьким споживанням. Сам чіп проектувався для пристроїв зі світу інтернет речей, а дана плата дозволяє спростити розробку, тому що на ній вже реалізовано підключення по USB, регулятор живлення і все виведення чіпу розведені на гребінки зі стандартним кроком 2.54 мм, що дозволяє вставити його в макетну плату і створити прототип навіть не включаючи паяльник. Крім цього плата поставляється з прошивкою NodeMCU, що дозволяє програмувати її за допомогою мови Lua або за допомогою Arduino IDE.

Характеристики:

- WiFi 802.11 b/g/n
- підтримка STA/AP/STA+AP режимів
- вбудований стек протоколів TCP/IP з підтримкою множинних клієнтських підключень (до 5)
- D0 - D8, SD1 - SD3: можуть бути використані як GPIO, PWM, ІС, тощо.
- ток на виведення: 15 мА
- AD0: 1 виведення АЦП
- живлення: 4.5 - 9 В (10 В максимум), 5В живлення від USB з наданням інтерфейсу для підлаштування
- споживання: обмін даними: 70 мА (200 мА максимум), очікування: <200 мкА
- швидкість передачі: 110 - 460800 б/сек
- підтримка UART / GPIO інтерфейсів передачі даних
- перепрошивка з хмари або через USB
- відстань між контактними пинами: 23 мм
- розміри плати: 48x26 мм
- діапазон робочих температур: -40 - +125 град. С
- маса: 18 г [5]

Плата модуль NodeMCU V3 ESP8266 (CH340)

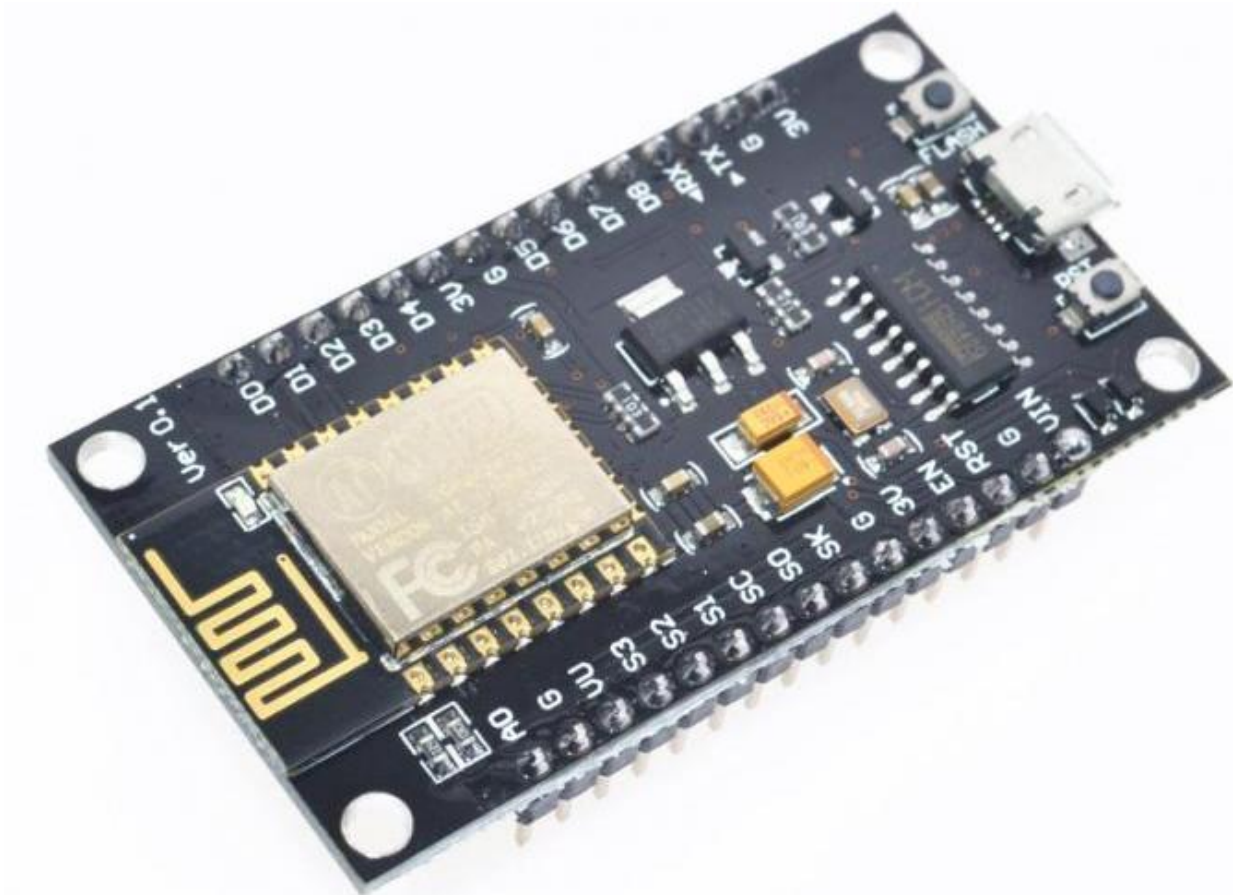


Рис. 1.4 Плата NodeMCU V2 ESP8266 (CP2102)

NodeMCU * (Lolin) являє собою плату розробника на базі чіпу ESP8266 (версія ESP12E), який представляє собою UART-WiFi модуль з ультра низьким споживанням. Сам чіп проектувався для пристроїв зі світу інтернет речей, а дана плата дозволяє спростити розробку, тому що на ній вже реалізовано підключення по USB, регулятор харчування і все виведення чіпу розведені на гребінки зі стандартним кроком 2.54 мм, що дозволяє вставити його в макетну плату і створити прототип навіть не включаючи паяльник. Крім цього плата поставляється з прошивкою NodeMCU, що дозволяє програмувати її за допомогою мови Lua або за допомогою Arduino IDE.

Характеристика:

- WiFi 802.11 b/g/n
- підтримка STA/AP/STA + AP режимів
- вбудований стек протоколів TCP/IP з підтримкою множинних клієнтських підключень (до 5)
- D0 ~ D8, SD1 ~ SD3: можуть бути використані як GPIO, PWM, ІС, тощо.
- струм на виведення: 15 мА
- AD0: 1 виведення АЦП

- живлення: 4.5 - 9В (10В максимум), живлення від USB з наданням налагоджуваного інтерфейсу
- споживання: обмін даними: ~ 70 мА (200 мА максимум), очікування: <200 мкА
- швидкість передачі: 110-460800 б / сек
- підтримка UART / GPIO інтерфейсів передачі даних
- перепрошивка з хмари або через USB
- відстань між контактними пінами: 28 мм
- діапазон робочих температур: -40 ~ +125 ° С
- маса: 18 г [6]

1.2 Мова програмування мікроконтролерів ESP8266.

Мови програмування мікроконтролерів за своєю структурою мало відрізняються від класичних мов для комп'ютерів. Єдиною відмінністю стає орієнтованість на роботу з вбудованими периферійними пристроями. Архітектура мікроконтролерів вимагає, наприклад, наявності бітово-орієнтованих команд. Останні дозволяють виконувати роботу з окремими лініями портів введення/виводу або прапорами регістрів. Подібні команди відсутні в більшості великих архітектур. Навіть ядро ARM, активно застосовується в мікроконтролерах, не містить бітових команд, внаслідок чого розробникам довелося створювати спеціальні методи бітового доступу.[7]

Мова програмування C

Мова C – це мова програмування загального призначення, розроблена як подальший розвиток мови B. Початковою ціллю розробки була у реалізації операційної системи UNIX [10], але згодом дана мова програмування була перенесена на багато інших платформ. Конструкції цієї мови тісно пов'язані з типовими машинними інструкціями, тому вона знайшла застосування в проектах, для яких доцільно використовувати мову асемблера, тобто як в операційних системах, так і в різних прикладних програмах для багатьох пристроїв – від суперкомп'ютерів до вбудованих систем. Мова програмування C суттєво вплинула на розвиток індустрії програмного забезпечення, і його синтаксис став основою для таких мов програмування, як C ++, C #, та Java. Стандартна бібліотека мови також не дуже велика. Крім того, незважаючи на свій низький рівень, мова орієнтована на багатоплатформність. Також програми, що відповідають стандартам мови, можуть бути скомпільовані для різних комп'ютерних архітектур. Метою мови було полегшити написання великих програм з мінімізацією помилок у порівнянні з асемблером, дотримуючись принципів процедурного програмування, але уникаючи всього, що може призвести до додаткових накладних витрат, характерних для мов високого рівня. Можна виділити наступні основні особливості C [11]:

1. Простий синтаксис, з якого у стандартну бібліотеку було перенесено багато основних функцій, такі як математичні функції або функції роботи з файлами.
2. Орієнтація на процедурному програмуванні.
3. Слабка статична типізація.
4. Використання препроцесора для абстрагування подібних операцій.
5. Доступ до пам'яті за допомогою вказівників.
6. Невелика кількість ключових слів.
7. Наявність покажчиків на функції і статичних змінних.
8. Області імен.

Однак у C відсутні:

1. Вкладені функції.
2. Засоби автоматичного управління пам'яттю.
3. Вбудовані засоби об'єктно-орієнтованого програмування.
4. Засоби функціонального програмування.

Деякі з відсутніх можливостей можуть бути змодельовані за допомогою вбудованих інструментів (наприклад, імітація параметрів можна виконувати за допомогою функцій `setjmp` і `longjmp`), деякі додаються за допомогою сторонніх бібліотек (наприклад, для підтримки багатозадачності та для мережеских функцій можуть використовувати `pthread`, сокети тощо, є 19 бібліотеки для підтримки автоматичного збору сміття), частина реалізована в деяких компіляторах як розширення мови (наприклад, вкладені функції в компілятор GCC [12]). Також існує громіздкий, але цілком працездатний метод, який дозволяє реалізувати механізми ООП, засновані на фактичному поліморфізмі вказівників у мові C і підтримці вказівників на функції у цій мові. Механізми ООП реалізуються в бібліотеці GLib [13] і активно використовуються в рамках фреймворку GTK+ [14]. GLib забезпечує базовий клас `GObject`, здатність спадкування від одного класу і реалізацію декількох інтерфейсів. В загалом, мова досить розповсюджена, що виступає гарантом того, що мова підтримується на різних платформах та для неї існує сформована та вичерпна документація, яку зручно використовувати для розробки програмного забезпечення, а отже програмісти мають можливість досить точно зрозуміти, як саме виконуються їхні програми. Завдяки своїй близькості до мов низького рівня програми на мові C працювали більш ефективно, аніж написані на багатьох інших мовах високого рівня.

Мова програмування C++

Мова C++ – це складена, статично типізована мова програмування загального призначення. Підтримує такі парадигми програмування, як процедурне програмування, об'єктно-орієнтоване програмування, загальне програмування. А також має багату стандартну бібліотеку, яка включає загальні контейнери та алгоритми, регулярні вирази, підтримку багато поточності та інші функції. C++ поєднує властивості як мов високого рівня, так і мов низького рівня. У порівнянні зі своїм попередником, мовою з іменем C, найбільшу увагу приділено підтримці об'єктно-орієнтованого і узагальненого програмування. Мова C++ широко використовується для розробки програмного забезпечення, та є однією з найпопулярніших мов програмування. Її сфера застосування охоплює створення операційних систем, різноманітні прикладні програми, драйвери пристроїв, додатки для вбудованих систем, високопродуктивні сервери та ігри. В загалом існує багато реалізацій даної мови програмування, як вільної, так і комерційної, і для різних платформ. Синтаксис C++ успадковується від C. Так як одним з основних принципів розробки була підтримка сумісності з C. Однак C++ не є над множиною C. І хоча набір програм, які можна однаково успішно компілювати як компіляторами C, так і

компіляторами C ++, досить великий, але він не включає усі можливі програми на C. Мова C++ містить засоби розробки програмного забезпечення з контрольованою ефективністю для широкого кола завдань, від утиліт низького рівня та драйверів до дуже складних програмних пакетів. Серед основних переваг цієї мови можна виділити наступні [15]:

1. Висока сумісність з мовою C. Тобто код C можна компілювати з мінімальними модифікаціями компілятором C ++. Зовнішній мовний інтерфейс прозорий, тому бібліотеки C можна викликати з C ++ без додаткових витрат.
2. Як наслідок попереднього пункту – обчислювальна продуктивність. Ця мова покликана дати програмісту максимальний контроль над усіма аспектами структури та порядку виконання програми. Одним з основних принципів C ++ є "ви не платите за те, що ви не використовуєте" – тобто жодна з функцій мови, які призводять до додаткових накладних витрат, не є обов'язковими для використання. Також існує можливість працювати з пам'яттю на низькому рівні.
3. Підтримка різних стилів програмування: традиційне імперативне програмування (структурований, об'єктно-орієнтований), узагальнене програмування, функціональне програмування, генерування мета програмування.
4. Автоматичний виклик деструкторів об'єктів в належному порядку (зворотний виклик для конструкторів) спрощує і підвищує надійність керування пам'яттю та іншими ресурсами (відкриті файли, мережні підключення, з'єднання з базами даних тощо).
5. Перевантаження оператора дозволяє коротко і просторо писати вирази для користувацьких типів в природному алгебраїчному вигляді.
6. Можна контролювати константність об'єктів (модифікатори const, mutable, volatile). Використання постійних об'єктів підвищує надійність і служить підказками для оптимізації.
7. Шаблони C++ [16] дозволяють створювати загальні контейнери та алгоритми для різних типів даних. Також шаблони дозволяють виконувати розрахунки на етапі компіляції.
8. Можливість вбудовування предметно-орієнтованих мов програмування в основний код. Цей підхід використовує, наприклад, бібліотеку Boost.Spirit, яка дозволяє вказувати граматику EBNF парсерів безпосередньо в C ++ коді.
9. Доступність. Для C ++ існує величезна кількість підручників, перекладених на різні мови. І хоча мова має високий поріг вступу, але серед усіх мов такого роду він має найширші можливості.

З попередньо перерахованих пунктів випливає те, що дана мова містить у собі весь необхідний інструментарій для створення майже будьякої програми, а її розповсюдженість є гарантом наявності вичерпної документації.

Програмування ESP8266 через Arduino IDE

Мова програмування пристроїв через Arduino IDE заснований на C/C++ і скомпанований з бібліотекою AVR Libc і дозволяє використовувати будь-які її функції. Разом з тим мова є досить простою в освоєнні, і на даний момент Arduino IDE - це, мабуть, найзручніший спосіб програмування пристроїв на мікроконтролерах.[8]

Інтегроване середовище розробки Arduino IDE це багатоплатформовий додаток на Java, що включає в себе редактор коду, компілятор і модуль передачі прошивки в плату. Середовище розробки засноване на мові програмування Processing та спроектоване для програмування новачками, не знайомими близько з розробкою програмного забезпечення. Мова програмування аналогічна мові Wiring. Загалом, це C++, доповнений деякими бібліотеками. Програми обробляються за допомогою препроцесора, а потім компілюються за допомогою AVR-GCC.

Програми через Arduino IDE пишуться на мові програмування C або C++. Середовище розробки Arduino поставляється разом із бібліотекою програм «Wiring» (бере початок від проекту Wiring, який дозволяє робити багато стандартних операцій вводу/виводу набагато простіше). Користувачам необхідно визначити лише дві функції для того, щоб створити програму, яка буде працювати за принципом циклічного виконання:

- `setup()`: функція виконується лише раз при старті програми і дозволяє задати початкові параметри
- `loop()`: функція виконується періодично, доки плата не буде вимкнена [9]

Arduino IDE для ESP8266 дозволяє створювати прошивки і прошивати їх в ESP8266 точно так же, як ви це робите з Arduino. При цьому ніяких плат Arduino не потрібно, це не той випадок, коли ESP8266 використовується в якості WiFi ШІЛД для Arduino. Крім того, ви можете використовувати практично всі Arduino бібліотеки з ESP8266 після нескладного доопрацювання. В даний час вже досить багато бібліотек адаптовано для використання з ESP8266, але про них трохи нижче.

Arduino IDE для ESP8266 підтримує всі існуючі на сьогоднішній день модулі ESP8266 (бо вони особливо і не відрізняються), включаючи флеш модулі більшого, ніж 512к обсягу. Підтримуються модулі NodeMCU (всіх версій), Olimex-MOD-WiFi-ESP8266.

Підтримується режим «авторестарта» і прошивки по RTS + DTR, як у звичайній Arduino, для цього буде потрібно USB-TTL адаптер з розведеними пінами DTR і RTS. Якщо у вас тільки RX, TX і GND на USB-TTL, то доведеться по-старому вручну притягувати до землі GPIO0 і переключати живлення модуля для прошивки.

Отже, перейдемо до короткого огляду реалізованих на даний час функцій:

Базові функції мови Wiring

Управління GPIO здійснюється як і управління pin для всім відомого Arduino, команд: `pinMode`, `digitalRead`, `digitalWrite`, `analogWrite` функціонують як зазвичай.

GPIO нумеруються так, як ми вже звикли: для читання стану GPIO2 потрібно використовувати команду `digitalRead (2)`

GPIO0-GPIO15 можуть бути `INPUT`, `OUTPUT`, `INPUT_PULLUP`, і `INPUT_PULLDOWN`. GPIO16 може бути тільки `INPUT`, `OUTPUT` або `INPUT_PULLDOWN`. Команда `analogRead (A0)` зчитує значення ADC (АЦП) з TOUT.

Команда `analogWrite (pin, value)` включає програмний PWM (ШИМ) на зазначеному GPIO. Команда `analogWrite (pin, 0)` відключає PWM. `value` може бути в діапазоні від 0 до `PWMRANGE`. Константа `PWMRANGE` в даний час рівна 1023.

Підтримка переривань забезпечується функціями `attachInterrupt`, `detachInterrupt`. Переривання можуть бути призначені на будь-який GPIO, крім GPIO16. Стандартні переривання Arduino `CHANGE`, `RISING`, `FALLING` теж підтримуються.

GPIO	Inst Name	Function 0	Function 1	Function 2	Function 3	Function 4	At Reset	After Reset	Sleep
0	GPIO0 U	GPIO0	SPICS2			CLK OUT	oe=0, wpu	wpu	oe=0
1	U0TXD U	U0TXD	SPICS1		GPIO1	CLK RTC	oe=0, wpu	wpu	oe=0
2	GPIO2 U	GPIO2	I2SO WS	U1TXD		U0TXD	oe=0, wpu	wpu	oe=0
3	U0RXD U	U0RXD	I2SO DATA		GPIO3	CLK XTAL	oe=0, wpu	wpu	oe=0
4	GPIO4 U	GPIO4	CLK XTAL				oe=0		oe=0
5	GPIO5 U	GPIO5	CLK RTC				oe=0		oe=0
6	SD CLK U	SD CLK	SPICLK		GPIO6	U0CTS	oe=0		oe=0
7	SD DATA0 U	SD DATA0	SPIQ		GPIO7	U1TXD	oe=0		oe=0
8	SD DATA1 U	SD DATA1	SPID		GPIO8	U0RXD	oe=0		oe=0
9	SD DATA2 U	SD DATA2	SPIHD		GPIO9	HSPiHD	oe=0		oe=0
10	SD DATA3 U	SD DATA3	SPIWP		GPIO10	HSPiWP	oe=0		oe=0
11	SD CMD U	SD CMD	SPICSS0		GPIO11	U1RTS	oe=0		oe=0
12	MTDI U	MTDI	I2SI DATA	HSPiQ MISO	GPIO12	U0DTR	oe=0, wpu	wpu	oe=0
13	MTCK U	MTCK	I2SI BCK	HSPiD MOSI	GPIO13	U0CTS	oe=0, wpu	wpu	oe=0
14	MTMS U	MTMS	I2SI WS	HSPiCLK	GPIO14	U0DSR	oe=0, wpu	wpu	oe=0
15	MTDO U	MTDO	I2SO BCK	HSPiCS	GPIO15	U0RTS	oe=0, wpu	wpu	oe=0
16	XPD_DCDC	XPD_DCDC	RTC_GPIO0	EXT_WAKEUP	DEEPSLEEP	BT_XTAL_EN	oe=1, wpd	oe=1, wpd	oe=1

Рис. 1.5 ESP8266 — функції пінів

Таймінг і delay

Функції `millis` і `micros` повертають мілісекунди і мікросекунди відповідно, що минули з моменту старту модуля. Улюблена багатьма функція `delay` також присутня і призупиняє виконання скетчу на зазначений час в мілісекундах і дозволяє відпрацювати операціями WiFi і TCP / IP. Функція `delayMicroseconds` використовується аналогічно, тільки час задається в мікросекундах.

Пам'ятайте про те, що коли модуль підтримує WiFi з'єднання, йому доводиться виконувати безліч фонових завдань, крім вашого скетчу. WiFi і TCP/IP функції бібліотек SDK мають можливість обробити всі події в черзі після завершення кожного циклу вашої функції `loop ()` або під час виконання `delay (...)`. Якщо у вашому коді є фрагменти, які виконуються понад 50 мілісекунд, то необхідно використовувати `delay (...)` для збереження нормальної працездатності стека WiFi.

Також ви можете використовувати функцію `yield ()`, яка еквівалентна `delay (0)`. З іншого боку, функція `delayMicroseconds` блокує виконання інших завдань, тому її використання для тимчасових затримок понад 20 мілісекунд не рекомендується.

Послідовні порти `Serial` і `Serial1` (UART0 і UART1)

Об'єкт `Serial` працює точно також, як і з Arduino. Крім апаратного FIFO (по 128 байт для прийому і передачі) визначено і програмний буфер розміром по 256 байт для прийому і передачі даних. Прийом і передача даних відбувається по перериваннях, прозоро для вашого скетчу. Функції запису і читання блокують виконання скетчу тільки коли апаратний FIFO і програмний буфер переповнюються.

`Serial` використовує апаратний UART0, що працює на GPIO1 (TX) і GPIO3 (RX). Ці піни можуть бути змінені на GPIO15 (TX) і GPIO13 (RX) викликом функції `Serial.swap ()`; після `Serial.begin ()`; Повторний виклик `Serial.swap ()`; поверне все на свої місця.

`Serial1` використовує апаратний UART1, що працює тільки на передачу. UART1 TX це GPIO2. Для включення `Serial1` використовуйте `Serial1.begin ()`;

За замовчуванням, налагоджувальна інформація бібліотек WiFi вимикається, коли ви викликаєте функцію `Serial.begin ()`; Для включення налагоджувальної інформації на UART0 використовуйте `Serial.setDebugOutput (true)`; Для перенаправлення виведення налагоджувальної інформації на UART1 використовуйте команду `Serial1.setDebugOutput (true)`;

І `Serial` і `Serial1` підтримують 5, 6, 7, 8 біт даних, odd (O), even (E), і no (N) режими парності, і 1 або 2 стоп біта. Для вибору потрібного режиму викликайте `Serial.begin (baudrate, SERIAL_8N1)`; або `Serial.begin (baudrate, SERIAL_6E2)`; і т.д.

PROGMEM

Макрос **PROGMEM** працює точно також, як в Arduino, поміщаючи read only дані і рядкові константи (літерали) у флеш пам'ять, вивільняючи HEAP. Важлива відмінність полягає в тому, що в ESP8266 однакові літерали не зберігається в одному місці, тому використання строкових констант всередині конструкцій `F("")` і/або `PSTR("")` призводить до витрачання флеш пам'яті при кожному виклику цих функцій. Ви повинні самостійно управляти однаковими рядками для економічного витрачання місця у флеш пам'яті.

Бібліотека WiFi ESP8266 (ESP8266WiFi)

Функції бібліотеки WiFi ESP8266 дуже схожі з функціями бібліотеки для звичайного WiFi ШІлд.

Список відмінностей:

- `WiFi.mode (m)`: вибрати режим `WIFI_AP` (точка доступу), `WIFI_STA` (клієнт), або `WIFI_AP_STA` (обидва режими одночасно).
- `WiFi.softAP (ssid)` створює відкриту точку доступу
- `WiFi.softAP (ssid, password)` створює точку доступу з WPA2-PSK шифрування, пароль повинен бути не менше 8 символів
- `WiFi.macAddress (mac)` дозволяє отримати MAC адреса в режимі клієнта
- `WiFi.softAPmacAddress (mac)` дозволяє отримати MAC адреса в режимі точки доступу
- `WiFi.localIP ()` дозволяє отримати IP адресу в режимі клієнта
- `WiFi.softAPIP ()` дозволяє отримати IP адресу в режимі точки доступу
- `WiFi.RSSI ()` поки не реалізована
- `WiFi.printDiag (Serial)`; виводить діагностичну інформацію
- Клас `WiFiUDP` підтримує прийом і передачу multicast пакетів в режимі клієнта. Для передачі multicast пакета використовуйте замість `udp.beginPacket (addr, port)` функцію `udp.beginPacketMulticast (addr, port, WiFi.localIP ())`. Коли ви очікуєте multicast пакети, використовуйте замість `udp.begin (port)` функцію `udp.beginMulticast (WiFi.localIP (), multicast_ip_addr, port)`. Ви можете використовувати `udp.destinationIP ()` для визначення того, чи був пакет відправлений на multicast адресу або призначався саме вам. Multicast функції не підтримуються в режимі точки доступу.

`WiFiServer`, `WiFiClient`, і `WiFiUDP` працюють точно так же, як і з бібліотекою звичайного WiFi ШІлд.

Тікер

Бібліотека `Ticker` може бути використана для виконання періодично повторюваних подій через певний час. Два приклади включено в поставку.

В даний час не рекомендується блокувати операції введення-виведення (мережа, послідовний порт, файлові операції) в `callback` функції тікера. Замість блокування встановлюйте прапор в `callback` функціях і перевіряйте цей прапор в основному циклі.

EEPROM

Ця бібліотека трохи відрізняється від стандартної Arduino EEPROM. Необхідно викликати функцію `EEPROM.begin (size)` кожен раз перед початком читання або

запису, розмір (вказується в байтах) відповідає розміру даних, які ви маєте намір використовувати в EEPROM. Розмір даних повинен бути в діапазоні від 4 до 4096 байт.

Функція `EEPROM.write` не спонукає запис даних у флеш пам'ять негайно, ви повинні використовувати функцію `EEPROM.commit()` кожен раз, коли ви хочете зберегти дані в пам'ять. Функція `EEPROM.end()` теж робить запис даних, а також звільняє оперативну пам'ять від даних, запис яких проведена. Бібліотека EEPROM використовує один сектор у флеш пам'яті, починаючи з адреси 0x7b000 для зберігання даних. У поставку включено три приклади роботи з EEPROM.

I2C (Бібліотека Wire)

Реалізовано тільки режим ведучого, частота орієнтовно до 450 кГц. Перед використанням шини I2C, потрібно вибрати Піни SDA і SCL шляхом виклику функції `Wire.pins (int sda, int scl)`, наприклад `Wire.pins (0, 2)` для модуля ESP-01. Для інших модулів піни за замовчуванням 4 (SDA) і 5 (SCL).

SPI

Бібліотека SPI підтримує весь Arduino SPI API, включаючи транзакції, в тому числі фазу синхронізації (CPHA). Clock polarity (CPOL) поки не підтримується (SPI_MODE2 і SPI_MODE3 не працюють).

ESP8266 API

Підтримка функцій, специфічних для ESP8266 (режим глибокого сну і сторожовий таймер), реалізована в об'єкті `ESP`. Функція `ESP.deepSleep (microseconds, mode)` переводить модуль в режим глибокого сну. Параметр `mode` може приймати значення: `WAKE_DEFAULT`, `WAKE_RFCAL`, `WAKE_NO_RFCAL`, `WAKE_RF_DISABLED`. GPIO16 повинен бути з'єднаний з RESET для виходу з режиму глибокого сну.

Функції `ESP.wdtEnable ()`, `ESP.wdtDisable ()`, і `ESP.wdtFeed ()` керують сторожовим таймером.

`ESP.reset ()` перезавантажує модуль

`ESP.getFreeHeap ()` повертає розмір вільної пам'яті

`ESP.getFreeHeap ()` повертає розмір вільної пам'яті

`ESP.getChipId ()` повертає ESP8266 chip IDE, int 32bit

`ESP.getFlashChipId ()` повертає flash chip ID, int 32bit

`ESP.getFlashChipSize ()` повертає розмір флеш пам'яті в байтах, так, як його визначає SDK (може бути менше реального розміру).

`ESP.getFlashChipSpeed (void)` повертає частоту флеш пам'яті, в Гц.

`ESP.getCycleCount ()` повертає кількість циклів CPU з моменту старту, unsigned 32-bit. Може бути корисна для точного таймінгу дуже коротких операцій

Бібліотека OneWire

Бібліотека OneWire була адаптована для ESP8266 (внесені зміни в OneWire.h) Якщо у вас встановлена бібліотека OneWire в папку Arduino/libraries, то буде використовуватися саме вона, а не з комплекту поставки.

mDNS бібліотека ESP8266mDNS

Бібліотека дозволяє реалізувати в вашій програмі відповідь на мультикастові DNS запити для локальної зони, наприклад «esp8266.local». В даний час підтримується тільки одна зона. Дозволяє звертатися до WEB сервера ESP8266 по імені, а не тільки за IP адресою. Додаткову інформацію ви можете знайти в доданому прикладі і в файлі readme даної бібліотеки.

Бібліотека Servo

Бібліотека дозволяє управляти сервомоторами. Підтримує до 24 сервоприводів на будь-яких доступних GPIO. За замовчуванням перші 12 сервоприводів використовуватимуть Timer0 і будуть незалежні від будь-яких інших процесів. Наступні 12 сервоприводів використовуватимуть Timer1 і будуть розділяти ресурси з іншими функціями, які використовують Timer1. Більшість сервоприводів працюватимуть з керуючим сигналом ESP8266 3,3В, але не зможуть працювати на напрузі 5В і потребуватимуть окреме джерело живлення. Не забудьте з'єднати загальний провід GND цього джерела з GND ESP8266

Інші бібліотеки, не включені в поставку Arduino IDE

Майже всі бібліотеки, які не використовують низькорівневий доступ до регістрів мікропроцесора AVR повинні працювати без будь-яких доробок. На сьогоднішній день можна точно сказати, що протестовані і повністю працездатні наступні бібліотеки:

- [arduinoWebSockets](#) - WebSocket сервер і клієнт для esp8266 (RFC6455)
- [aREST REST API handler](#) бібліотека, дозволяє управляти GPIO через http запити виду `http://192.168.1.101/digital/6/1`
- [Blynk](#) - легкий в освоєнні IoT фреймворк що дозволяє керувати зі смартфона через ПО Blynk

- [DallasTemperature DS18B20, DS1820, DS18S20, DS1822](#)
- [DHT11](#) - використовується для ініціалізації наступних параметрів [DHT dht \(DHTPIN, DHTTYPE, 15\)](#)
- [NeoPixelBus](#) - Arduino NeoPixel бібліотека для esp8266
- [PubSubClient](#) Бібліотека MQTT by @Imroy
- [RTC](#) - бібліотека для Ds1307 & Ds3231 для esp8266
- [Souliss, Smart Home](#) - фреймворк для розумного будинку, побудований на Arduino, Android і OpenHAB

РОЗДІЛ 2. Радіочастотна ідентифікація на основі технології RFID.

2.1 Схемотехніка зчитувачів радіочастотних міток

Радіочастотна ідентифікація (Radio Frequency Identification, RFID) - це різновид автоматичної ідентифікації об'єктів, коли радіосигнали зчитують або записують дані які зберігаються в RFID-мітках(транспондерах). До RFID відноситься ціле сімейство технологій, що використовують зв'язок радіодіапазоні.

В різні часи системи RFID освоювали різні ринкові ніші. Зараз технологія охопила всю торговельну та виробничу логістику. У порівнянні з системою ідентифікації, заснованої на штрих-кодів, радіочастотна система має ряд наступних переваг:

- читання з більшої відстані;
- можливість розміщення мітки під стінкою упаковки, прозорою для електромагнітного випромінювання;
- можливість одночасного зчитування кількох міток;
- велика стійкість до зовнішніх впливів;
- відсутність вимоги прямої видимості;
- висока швидкість і точність ідентифікації;
- можливість використовувати мітки в агресивних середовищах;
- великий термін експлуатації міток;
- значний обсяг інформації в мітці;
- мітки можуть бути перезаписуваними, їх важко підробити.

Штрих-кодові товарні мітки мало придатні для ідентифікації одиниці товару. Хоча такі мітки можуть бути надзвичайно дешевими, каменем спотикання стає занадто малий обсяг інформації, що зберігається на них інформації і неможливість її перезапису при русі по ланцюжку поставки. Один штрих-код відповідає, як правило, цілої партії товару: кожному одиницю товару мітити унікальним штрих-кодом досить важко.

Технологія радіочастотної ідентифікації годиться для автоматичної ідентифікації фізичних об'єктів, які можуть бути і тваринами, і неживими предметами. RFID являє собою приклад технології, за допомогою якої фізичний об'єкт може бути ідентифікований в напівавтоматичному або автоматичному режимі.[17]

Перед тим як почати розглядати як працює RFID ідентифікація, нагадаємо собі з чого складається RFID-система.

Основні компоненти RFID-системи:

1. RFID-мітка, т.зв. транспондер. Основна складова RFID системи. Містить в собі унікальний номер і пам'ять користувача.

2. Зчитувач, трансивер. Посилає радіосигнали до матюками і отримує відповідну інформацію.
3. Антена. З'єднується зі зчитувачем, підсилює і посилає сигнали.
4. ПЗ мікроконтролера зчитувача. Отримує і обробляє тисячі сигналів від зчитувача і перетворює їх в інформацію з якої зручно працювати користувачеві або програмному забезпеченню користувача. [22]

Фізичні принципи RFID (для діапазону 13,56 МГц)

RFID-системи працюють на різних принципах. З них основними є «принцип індуктивного зв'язку» і «принцип зв'язку зворотного розсіювання». Тут ми торкнемося тільки першого принципу, саме він працює в системах RFID на частоті 13,56 МГц (високочастотний діапазон, ВЧ). Перш ніж приступити до опису цього типу взаємодії, розглянемо концепції ближнього і далекого полів.

«Ближнім полем» називається область, розташована між антеною зчитувача і лінією, віддаленою від цієї антени не далі однієї довжини хвилі випромінюваного сигналу. Область, що лежить за цією межею, прийнято називати «далеким полем». Пасивні RFID-системи, що працюють в ВЧ діапазоні, використовують для взаємодії ближнє поле, в той час як далеке поле застосовується в СВЧ RFID-системах.

Індуктивний зв'язок

Транспондер являє собою пристрій, що складається з мікрочіпа, з'єданого з антеною, і корпусу, в якому ця конструкція реалізована. Індуктивно зв'язані транспондери в переважній більшості випадків працюють в пасивному режимі. Це означає, що вся енергія, необхідна для роботи мікрочіпа, повинна бути забезпечена зчитувачем. Для цього антена зчитувача наводить високочастотне електромагнітне поле. Через те, що довжини хвиль, що відповідають діапазону використовуваних частот, в кілька разів перевищують відстань між антеною зчитувача і міткою, електромагнітне поле можна розглядати як слабо змінюче ближнє магнітне поле.

Невелика частина випромінюваного поля пронизує витки антени транспондера, що знаходиться на деякій відстані від антени зчитувача. За рахунок індукції на антені зчитувача виникає напруга, яке випрямляється і використовується в якості живлення мікрочіпа. Паралельно обмотці антени підключається ємність, яка в ланцюзі з індуктивністю антени формує паралельний резонуючий ланцюг, частота резонансу якої відповідає частоті сигналу, що передається. В обмотці антени зчитувача генеруються сильні струми, які можуть бути використані для створення поля такої потужності, щоб віддалений транспондер міг працювати. На стороні мітки ємність, підключена паралельно витків антени, підлаштовується таким чином, щоб

сформувався резонансний ланцюг, налаштований на частоту випромінювання зчитувача.

Індуктивно пов'язані системи засновані на зв'язку трансформаторного типу між первинною обмоткою зчитувача і вторинною обмоткою мітки (мал. 2.1). У разі, коли резонуюча мітка (тобто коли частота саморезонансу мітки відповідає частоті випромінювання зчитувача) знаходиться в межах змінного магнітного поля антени зчитувача, вона забирає частину енергії магнітного поля.

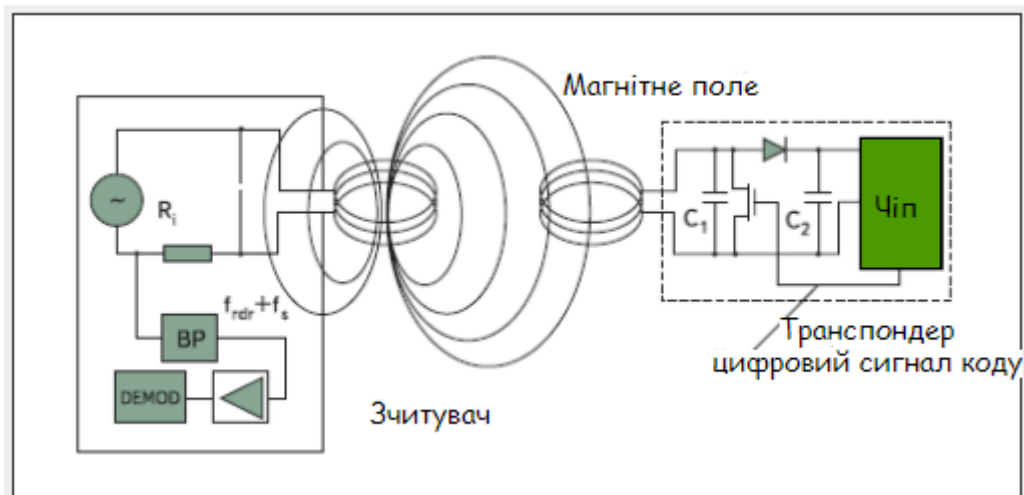


Рис. 2.1 Індуктивно пов'язані системи засновані на зв'язку трансформаторного типу між первинною обмоткою зчитувача і вторинної мітки [21]

Таке додаткове споживання енергії може бути зафіксовано при спостереженні падіння напруги на внутрішньому опорі антени зчитувача. Ввімкнення і вимкнення навантажувального опору на антені мітки викликає зміна напруги на антені зчитувача і в кінцевому підсумку впливає на амплітуду модуляції напруги антени. Якщо переключення навантажувального опору управляється потоком даних, ці дані можуть бути передані від транспондера до зчитувача. Такий тип передачі даних називається «нагрузочная модуляція» (load modulation).

Для відновлення даних на стороні зчитувача, напруга, виміряна на його антені, випрямляється. Таким чином проводиться демодуляція амплітуди модульованого сигналу. [24]

Принцип роботи RFID-зчитувачів

Одним з найважливіших компонентів RFID-системи є RFID-зчитувач. Цей пристрій дозволяє відправляти, приймати і обробляти сигнали від RFID-міток. Також зчитувачі є джерелом енергії для пасивних міток.

По суті, RFID-зчитувач дуже схожий на звичайний радіоприймач, якій знаходиться у вас вдома. Для того, щоб зрозуміти як він працює, нижче покроково розглянуто процес зчитування:

1. Енергія, яка потрібна для відправки радіосигналу, береться від батареї або розетки.
2. Усередині зчитувача мікропроцесор формує радіохвилю на певній частоті і певної амплітуди.
3. Радіосигнал по кабелю (або по сполучних провідів, якщо антена не відділена від зчитувача) йде до антени.
4. Антена посиляє радіохвилю з певною модуляцією.
5. Після того, як антена приймає назад сигнал від мітки, вона відправляє його в мікропроцесор.
6. Мікропроцесор обробляє сигнал і за допомогою внутрішнього ПО призводить його в форму зрозумілу для користувача. [23]

Діапазони частот і стандарти

Як зрозумілого з самого визначення RFID - радіочастотна ідентифікація, будь-яка технологія RFID працює в певному діапазоні частот. Від частоти на якій працюють мітки і зчитувачі залежить багато чого. Це і максимальна відстань на яке може бути переданий сигнал, і швидкість передачі інформації (обсяг інформації який може бути переданий в секунду).

RFID-зчитувач випромінює електромагнітні хвилі, тому RFID-системи виправдано класифікуються як радіосистеми. При цьому функціонування інших служб, що працюють в радіодіапазоні, ні за яких обставин не повинно бути зірвано або ослаблене роботою RFID-систем. Особливо важливо мати гарантії, що RFID-системи не заважають роботі радіо і телебачення, мобільного зв'язку (міліція, служби безпеки, промисловість), а також військовим, авіаційним службам і стільникової телефонії.

Необхідність враховувати роботу інших служб значно обмежує діапазон доступних RFID-систем робочих частот. З цієї причини зазвичай доступні для використання лише ті частоти, які були спеціально зарезервовані для використання в сферах науки, промисловості та медицини, а також частоти для пристроїв малого радіусу дії. [24]

Залежно від частоти на якій працюють RFID системи вони діляться вони на:

- низькі частоти (НЧ або LF-125 кГц);
- високі частоти (ВЧ або HF - 13,56 МГц);
- надвисокі частоти (СВЧ або UHF- 400-900 МГц і вище).

LF (low frequency) - низькочастотні, робоча частота 125 КГц. Рідко це може бути 134,2 КГц. Для даного типу обладнання характерна невелика відстань передачі

інформації - від 7 см до 1 м (в дуже рідкісних випадках і при сильному сигналі випромінювача, таке обладнання практично відсутня на ринку). Так само через низьку частоту такі мітки і зчитувачі дуже схильні до колізії (накладання частот, точніше хвиль одна на іншу), тому за один раз можливо зчитування не більше 1-2 міток в робочому діапазоні зчитувача. З цієї причини таке обладнання добре підходить для задач контролю доступу або ідентифікації користувача, тобто там де потрібно однозначно визначити мітку яка знаходиться в діапазоні зчитування. Найпопулярнішою технологією працює на даній частоті є мітки EM-Marine.

Застосування:

1. Контроль доступу до приміщення і часу
2. Електронні ключі в готелях
3. Ідентифікатори GPS для водіїв
4. Карти розрахунку в парках атракціонів, гральних автоматах
5. Карта для розрахунку за послуги (ел. Гаманець)
6. Платний в'їзд на парковку / стоянку

HF (high frequency) - високочастотне обладнання, робоча частота 13,56 МГц. Як і LF обладнання, відстань передачі сигналу і отримання відповіді від мітки може бути не більше 10 см. У рідкісних випадках до 1 м (таке обладнання досить таки дороге і використовується для вирішення специфічних завдань). Завдяки високій частоті несучої і відповідно більш широкій смузі передачі обладнання HF має антиколізійні властивості. Однак знову ж таки через обмежений діапазону частот кількість міток яке одночасно може знаходитися в полі дії зчитувача не перевищує 5 шт..

Перевагою RFID мітки 13.56 МГц є незалежна пам'ять EEPROM з захищеною областю, доступною для перезапису. Це забезпечує додатковий захист даних і дозволяє використовувати мітки в складних системах аутентифікації. Наприклад, безконтактна Mifare мітка застосовується в системах контролю доступу та електронні платежі. Пасивна мітка NFC активна на дуже невеликій дистанції, до 5 см, але теж відноситься до даного типу транспондерів, так як працює NFC на частоті 13,56 МГц. Ці мітки взаємодіють з NFC-зчитувачами, в тому числі мобільними телефонами, і випускаються в різних варіантах конструкцій: наклейки, брелоки, браслети, корпусні мітки. В якому виконанні NFC мітки купити залежить від вирішуваних завдань і умов експлуатації.[20]

Таке обладнання використовується для контролю доступу, ідентифікації користувача, безконтактних платіжних систем, рідше для інвентаризації. У проектах інвентаризації HF обладнання використовується в бібліотеках і книгарнях, для автоматизації видачі книг і їх обліку

Застосування:

1. Контроль доступу в приміщення і часу

2. Електронні ключі в готелях
3. Ідентифікатори GPS для водіїв
4. Карти розрахунку в парках атракціонів, гральних автоматах
5. Карта для розрахунку за послуги (ел. Гаманець)
6. Платний в'їзд на парковку / стоянку
7. Автоматизація бібліотек
8. Проведення інтерактивних заходів
9. NFC-постери
10. Проведення інвентаризації
11. Платіжні системи
12. Візитна картка
13. Дисконтна система (програма лояльності)
14. Носій реклами (перехід по посиланню)
15. Функціональна мітка (для мобільних пристроїв)
16. Підключення до wi-fi
17. Передача даних (наприклад з розумного браслета на тел)
18. Динамічні ігри
19. Посвідчення особи (паспорт)
20. Авторизація користувача
21. Ідентифікація VIP персон
22. Протикрадіжна функція
23. Організація проїзду в транспорті
24. Контроль вивезення сміття
25. Інтелектуальні полки в магазинах
26. Облік відвідування в школі
27. Пральні

UHF (ultra-high frequency) - ултрависокочастотні мітки і зчитувачі. Робочий діапазон 865-868 МГц (Європа). В Америці, Японії і ще декількох країнах це інший діапазон частот. Відстань на якому можуть працювати UHF мітки і зчитувачі може бути від декількох десятків сантиметрів до 15-20 м. * У рідкісних випадках і до 100 м при використанні активних UHF міток. Завдяки такому великому робочому віддалі UHF обладнання в основному використовується в проектах по інвентаризації та автоматизації складів. Там, де потрібно вважати за невеликий проміжок часу максимальну кількість міток або де відстань до мітки досягає декількох метрів. За рахунок високої частоти несучої і досить таки великим діапазоном частот, UHF обладнання володіє хорошими антиколізійні властивостями і дозволяє одночасно зчитувач від 500 до 2000 міток в робочій відстані зчитувача. Найбільш відомими ТМ такого обладнання є компанії Alien, CMC, Tracse, Convergence, Confidex і інші.

Застосування:

Таблиця 2.1 Застосування UHF

UHF технологія (пасивна):	UHF технологія (активна)
1. Автоматизація складів/процесів обліку	1. Контроль переміщення/наявності об'єкта
2. Інвентаризація	2. Датчики температури/тиску/вологості
3. Контроль наявності об'єктів	3. Передавачі сигналу (наприклад тривоги)
4. Контроль переміщення об'єктів	4. Датчики виявлення об'єкта
5. Контроль крадіжки	5. Збір статистики відвідувань окремих ділянок заходів
6. Логістичний контроль	6. Аналіз маршруту об'єкта
7. Хронометраж в спорті	7. Переміщення персоналу в лікарнях / шахтах
8. Контроль лісозаготівлі	
9. Облік кількості відвідувачів	

2,4 ГГц - активні мітки і зчитувачі. Дане обладнання працює в тому ж діапазоні частот що і WiFi (2,4-2,5 ГГц). Мітки працюють на частоті 2,4 ГГц є активними - це значить що вони мають вбудований джерело живлення. Тому й устаткування працююче на цій частоті часто називають «активним». Такі мітки працюють на великі відстані до 100 м. Це дозволяє використовувати дане обладнання в проектах де необхідно постійно знати місце розташування мітки (RTLS), або проводити моніторинг будь-яких фізичних характеристик ділянки приміщення де знаходиться мітка (температура, вологість і ін.)

Існують і інші частоти і діапазони в яких працюють RFID мітки, але це або дуже специфічні рішення або закриті проекти розроблені під певного клієнта і певне завдання.

Кожна технологія працює на певній частоті має свій ряд переваг і недоліків, ми розглянули в описі тільки деякі з них [18][23]

2.2 Алгоритм реєстрації та розпізнавання радіочастотних міток.

RFID-мітка — це мініатюрний пристрій, що запам'ятовує, який складається з інтегральної схеми (мікročіпу) для зберігання та обробки інформації та антени. У пам'яті мікročіпу зберігається інформація, а антена передає та отримує сигнал. Антенна зчитувача випромінює електромагнітні хвилі, внаслідок цього здійснюється живлення мітки. У результаті чого мітка активується та передає інформацію пристрою, що зчитує. Немає потреби у контакті або прямій видимості між зчитувачем та міткою, тому що радіосигнал легко проникає через більшість матеріалів. Таким чином, мітки можуть бути сховані усередині тих об'єктів, що підлягають ідентифікації.

У пам'яті RFID міток міститься їх унікальний ідентифікаційний код. Деякі мітки мають перезаписувану пам'ять. Пристрій, що зчитує (зчитувач або рідер) — електронні пристрої, які зчитують інформацію з міток і записують у них дані. Ці пристрої можуть бути як постійно підключеними до облікової системи, так і працювати автономно. Облікова система — програмне забезпечення, яке накопичує та аналізує отриману з міток інформацію та пов'язує всі елементи в єдину систему[25].

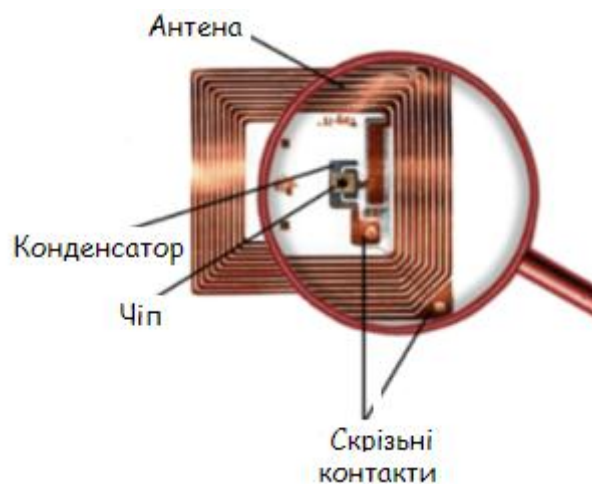


Рис. 2.2 Мітка RFID

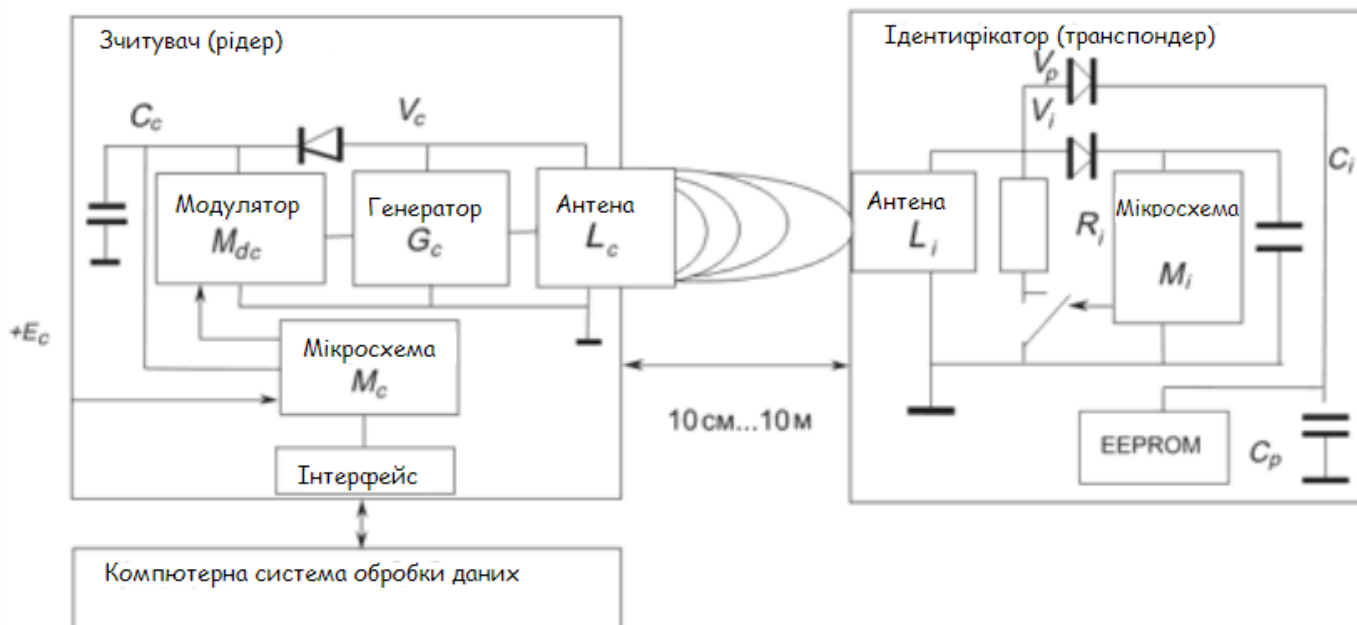


Рис. 2.3 Схема мітки та зчитувача

Технологія RFID може бути реалізована в багатьох областях. Для того, щоб системи, засновані на цій технології, ефективно працювали в будь-якому середовищі, було розроблено безліч міток самого різного виконання. Їх умовно можна розділити за такими ознаками.

1. За енергозабезпеченням

- Активні - використовують для передачі даних енергію вбудованого елемента живлення

Тобто генерують радіохвилю за допомогою власного джерела живлення, що дозволяє використовувати їх не тільки на відкритих просторах, але і, наприклад, у воді, в металевих контейнерах, автомобілях, передавати сигнал на сотні метрів. Активні RFID-чіпи більш надійні, дозволяють вимірювати вологість, освітленість, температуру і т. Д., Зберігають інформацію, але при цьому - у багато разів дорожче пасивних міток.

- Пасивні - використовують енергію, що випромінюється зчитувачем через антену

Пасивні RFID-чіпи не мають джерела енергії, але принцип їх роботи заснований на використанні електричного струму, індукованого в антені електромагнітним сигналом від пристрою, що зчитує. Чіп сприймає сигнал і індукуює модульовану хвилю, яку і сприймає пристрій, що зчитує. RFID-мітка складається з мікросхеми (на основі кремнію або напівпровідників) і власної антени, яка перевищує розміри мікросхеми на два порядки. Правда, ця антена може займати зовсім небагато місця: вона розміщується, як правило, в згорнутому вигляді у формі невеликої картки, товщиною в доли міліметра.

- Напівпасивні - такі мітки також мають елемент живлення, але він використовується тільки для забезпечення роботи мікросхеми, а не для зв'язку зі зчитувачем, що істотно продовжує термін життя батареї. Посилати власні сигнали ці чіпи не можуть. [27]

2. По операціях читання-запису

- **'R/O' (Read Only - «тільки читання»)** - дані записуються тільки один раз при виготовленні мітки. Такі мітки придатні тільки для ідентифікації. Ніяку нову інформацію в них записати не можна, і їх практично неможливо підробити
- **'WORM' (Write Once Read Many - «одноразова запис і багаторазове читання»)** - крім унікального ідентифікатора такі мітки містять блок одноразово записуваної пам'яті, яку в подальшому можна багаторазово читати
- **'R/W' (Read and Write - «читання і запис»)** - такі мітки містять ідентифікатор і блок пам'яті для читання / запису інформації. Дані в них можуть бути перезаписані велике число раз.

3. За виконання міток

- Без клейового шару (Інлей або вставка)
- З клейовим шаром без поверхні для друку
- З клейовим шаром і з поверхнею для друку
- Стандартні пластикові карти
- Мітки у вигляді кільця
- Різні види брелоків
- У спеціальному корпусі для особливих умов експлуатації.

Частоти і стандарти

Сьогодні RFID-системи використовують чотири частотні діапазони: 125-150 кГц, 13,56 МГц, 862-950 МГц і 2,4-5 ГГц. Чим пояснюється вибір цих діапазонів частот? Це ті частоти, для яких в більшості країн дозволено вести комерційні розробки. Для прикладу зазначимо, що діапазон 2,45 ГГц - це частоти, на яких працюють бездротові пристрої стандарту Bluetooth і Wi-Fi. Для кожного зі згаданих частотних діапазонів діють свої стандарти зі своєю ступенем опрацювання. Найбільш загальні їх характеристики представлені в таблиці.[26]

Таблиця 2.1 Частоти і стандарти RFID

Назва діапазону	Робоча частота	Стандарт	Додатки	Основні +/-
Низькі частоти (LF)	125-150 кГц	ISO 14223 ISO 11784/11785 ISO 18000-2	Застосовуються в системах контролю доступу, для ідентифікації тварин, а також досить широко використовуються, наприклад, в автомобільних іммобілайзерах	Ці транспондери не дуже дорого коштують і працюють навіть у металевому середовищі. Однак мітки не захищені від колізій; читання відразу декількох тегів неможливо[28]
Високі частоти (HF)	13.56 МГц	ISO 14443 ISO 15693 ISO 10373 ISO 18000-3	Застосовуються в системах контролю доступу, платіжних системах, а також для ідентифікації товарів в складських системах і книг в бібліотечних системах	Ця технологія являє собою хороший компроміс між вартістю та функціональністю. Але дані транспондери не дуже стійкі до несприятливих механічних і теплових умов, тому вони не дуже якісно працюють в середовищах з великою кількістю металу[28]
Активні надвисокі частоти (UHF)	860-960 МГц 2.4-5 ГГц	U-CODE ISO 18000-6 ISO 18000-4	Відмінною рисою є підвищена дальність і висока швидкість читання. Областю застосування є системи логістики та обліку руху товарів по ланцюжку поставок. Відмінною рисою є висока дальність і висока швидкість читання	Системи побудовані за таким принципом мають перевагу в тому, що в них можливо забезпечити гарне співвідношення сигнал/шум і як наслідок велику дальність взаємодії транспондером і зчитувальним пристроєм. Але слід враховувати обмеження температурного діапазону за рахунок наявності АКБ. Металеві відбиття також можуть перешкоджати одночасному зчитуванню[28]
Пасивні надвисокі частоти (UHF)	860-960 МГц 2.4-5 ГГц	U-CODE ISO 18000-6 ISO 18000-4	Відмінною рисою є підвищена дальність і висока швидкість читання. Областю застосування є системи логістики та обліку руху товарів по ланцюжку поставок.	Ці транспондери, як правило, не дуже надійні у шкідливих механічних та різних температурних умовах. Проблеми з розташуванням при наявності металу, а також відносно високі витрати для зчитувачів. [28]

			Відмінною рисою є висока дальність і висока швидкість читання	
--	--	--	---	--

UHF мітки

Активні мітки



HF мітки



LF мітки



Рис. 2.4 Фото міток різних видів

Частоти електромагнітного випромінювання зчитувача і зворотного сигналу, що передається RFID-міткою, значно впливають на показники роботи RFID-системи в цілому. Як правило, чим вище діапазон робочих частот RFID системи, тим більше значення дальності, на яких зчитується інформація з радіочастотних міток. Для підсилення можна використати декілька антен це розширить ефективний діапазон зчитувача.

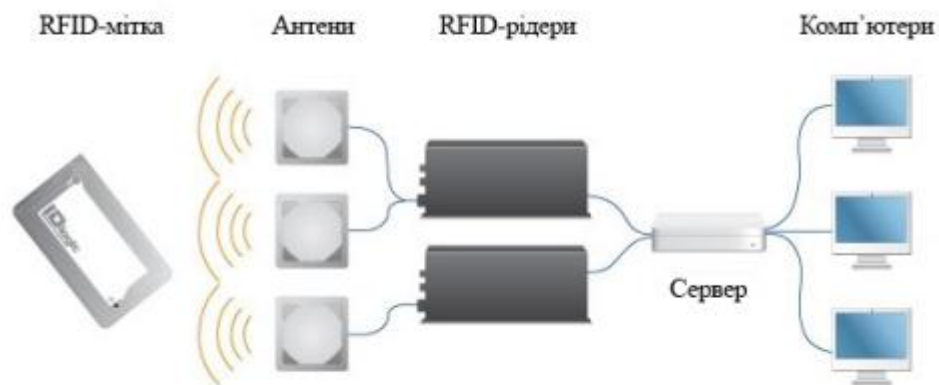


Рис. 2.5 – Приклад системи радіочастотної ідентифікації

Процес радіочастотної ідентифікації

Процес радіочастотної ідентифікації виконується наступним чином:

- передавач зчитувача через антену безперервно (або в заданий час) випромінює радіосигнал з прийнятою в даній системі частотою; [29]

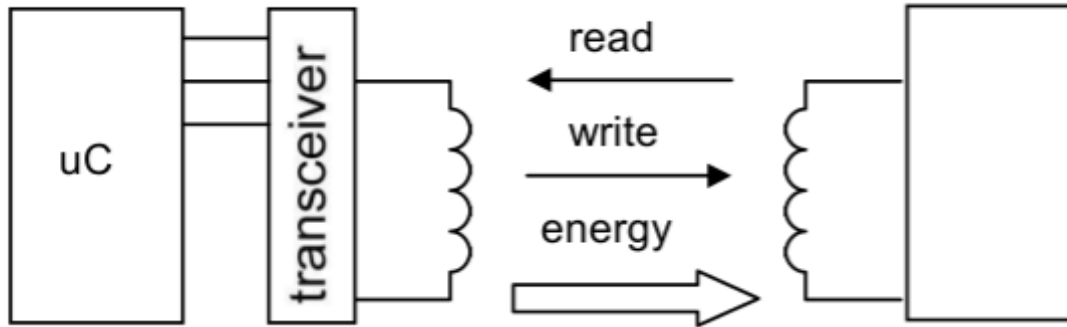


Рис. 2.6 Схема взаємодії мітки і зчитувача

- RFID-мітка, яка перебуває в зоні дії зчитувача, через свою антену приймає цей радіосигнал і використовує його енергію для електроживлення (в цьому полягає пасивність мітки - їй не потрібно джерело живлення). Мітка зчитує код зі свого пристрою, що запам'ятовує (ЗП) і відповідає власним сигналом, що містить корисну інформацію (наприклад, код товару) на тій же самій або іншій частоті. Антена зчитувача приймає цей сигнал, корисна інформація розшифровується і передається в комп'ютер для обробки;

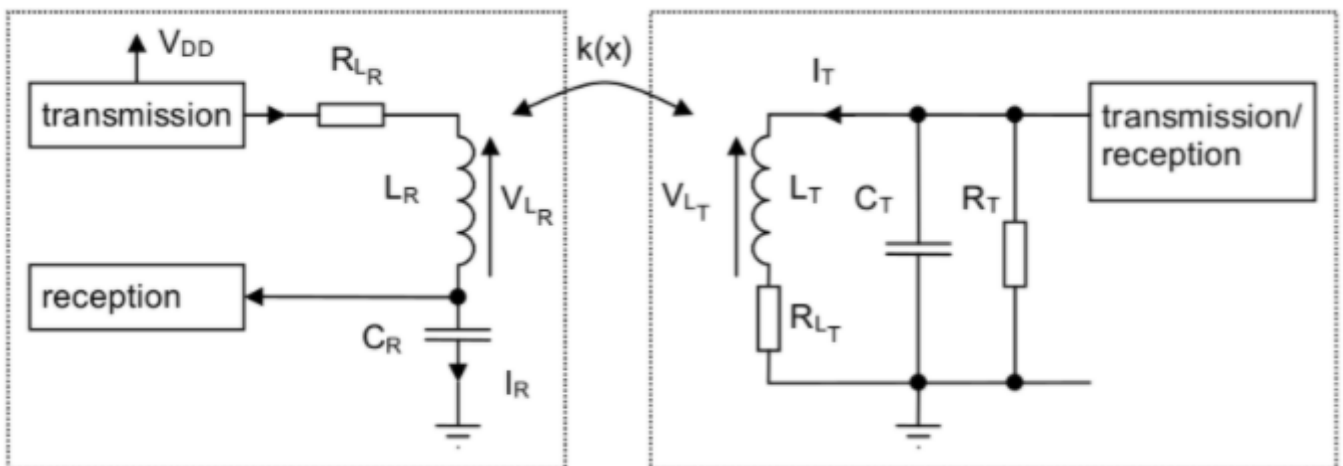


Рис. 2.6 Схема взаємодії мітки і зчитувача

Зі схеми добре видно як влаштований приймач і передавач. Обидва коливальних контури налаштовані в резонанс і використовуються для передачі даних і передачі енергії, для живлення пасивної мітки.

Перед тим як перейти далі, розглянемо процес на прикладі EM4102. EM4102 сумісна RFID –мітка містить 64 біти пам'яті лише для читання. По суті - це і є ПЗУ, якщо є інформація яка може бути зчитана але не може бути записана або змінена, прошивається одноразово на виробництві. Структуру пам'яті мітки можна переглянути на малюнку нижче.

1	1	1	1	1	1	1	1	1	9 біт заголовок, завжди 1
8 біт номер версії		D00	D01	D02	D03	P0			
чи ID клієнта.		D04	D05	D06	D07	P1			
		D08	D09	D10	D11	P2		Кожна група 4 бітів закінчується бітом парності	
		D12	D13	D14	D15	P3			
32 біти даних		D16	D17	D18	D19	P4			
		D20	D21	D22	D23	P5			
		D24	D25	D26	D27	P6			
		D28	D29	D30	D31	P7			
		D32	D33	D34	D35	P8			
		D36	D37	D38	D39	P9			
колонки біт парності		PC0	PC1	PC2	PC3	S0		1 стоп біт (0)	

Рис. 2.7 Структура пам'яті мітки

Коли мітка потрапляє в електромагнітне поле, яке випромінює зчитувач RFID, вона отримує енергію від поля (живлення) і починає передавати дані. Перші 9 бітів - це логічна одиниця. Ці біти використовуються як послідовність маркерів для позначення початку передачі. Оскільки у всіх інших даних використовується контроль порядку «чётности», ця дев'ятибітна послідовність одиниць більше не зустрічається в іншому місці. Далі ідуть 10 груп за 4 біти даних і 1 біт порядку «чётности» на кожну групу. І на кінець, є 4 біта контрольної суми і останній стоповий біт, який завжди дорівнює нулю.

Мітка повторює цикл передачі даних, поки на неї надходить живлення. Тому ми на рідері спостерігаємо постійне зчитування мітки.

Наведу приклад даних, які передає мітка з номером: **0x06** - номер версії, і **0x001259E3** - дані.

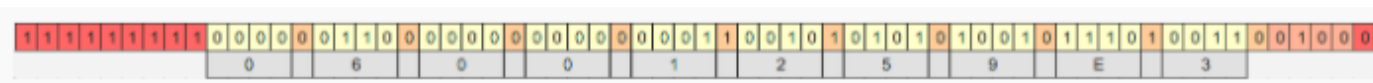


Рис. 2.8 Дані що передає мітка

До речі, номер, надрукований на карті можна перевести в hex-номер, який отримає зчитувач. Наприклад, на карті записаний номер: **116,23152**

- 116 в десятковій системі числення - це 0x74 в шістнадцятковій;
- 23152 в десяткового - це 0x5A70 в шістнадцятковій;

Комбінуючи їх, ми отримуємо серійний номер карти, який нам дасть зчитувач: **0x00745A70**.

Передача даних від мітки до зчитувача здійснюється за допомогою модуляції несучого сигналу зчитувача (в нашому випадку несучої частоти 125 кГц). Зверніть увагу, що від цієї несучої частоти йде і живлення і нею ж здійснюється модуляція сигналу. Для початку розглянемо спрощену схему взаємодії зчитувача і мітки.

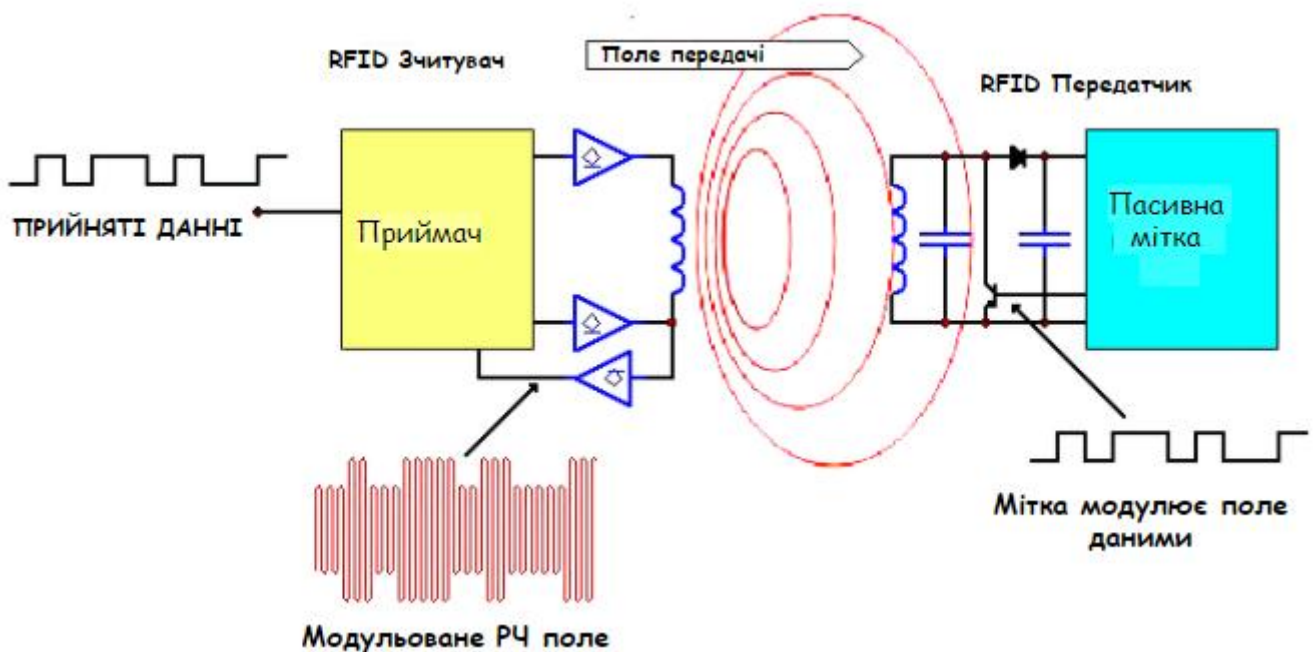


Рис. 2.9 Передача інформації від мітки до зчитувача

Як видно у мітки є коливальний контур LC, діод який використовується для випрямлення змінного струму, конденсатор для згладжування пульсацій (це частина живлення мітки), і транзистор, керуючи яким ми можемо модулювати сигнал. На зчитувачі це буде відбиватися у зміні струму що протікає в котушці. Простіше кажучи, при попаданні в поле зчитувача, мітка споживає електричний струм (приблизно постійно), при передачі інформації вона транзистором змінює значення споживаного струму і таким чином зчитувач може отримати сигнал, вимірюючи споживану потужність.

Якщо привести уточнення, то зчитувач генерує магнітне поле з допомогою модулятора і котушки і знімає промодульований сигнал, потім його декодує.

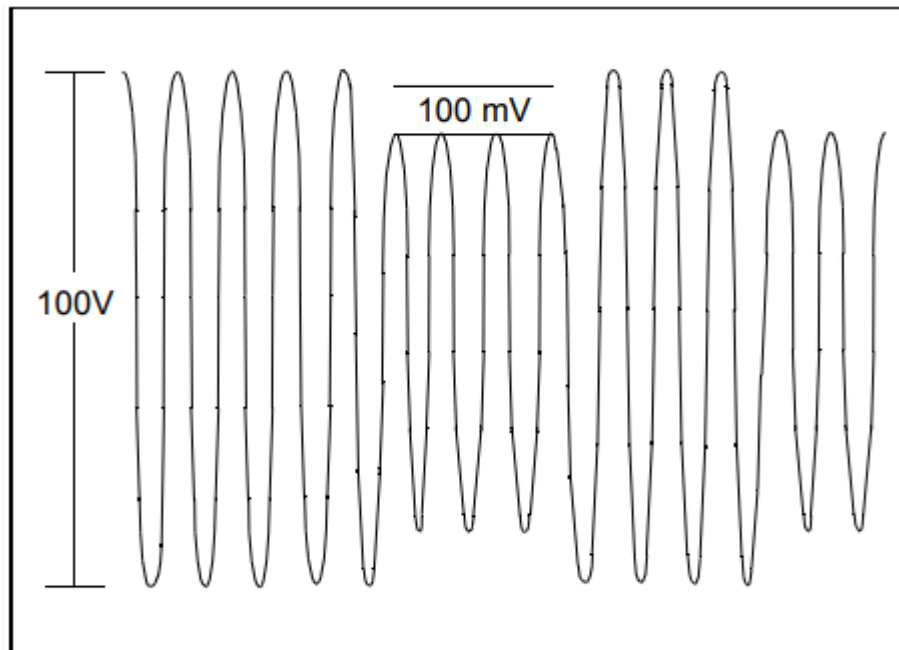


Рис. 2.10 Сигнал

Для того щоб передати дані, нам необхідно модулювати сигнал. Тобто на несучу частоту накласти біти інформації, що передається.

За стандартом RFID є три популярних схеми модуляції:

- Манчестер код
- Двофазний манчестер код
- Кодування фазовим зрушенням

Оскільки в стандарті EM4102 використовується схема Манчестерського кодування, то її і розглянемо. При модуляції для EM4102 протоколу час передачі одного біта може становити 64, 32 або 16 періодів несучої частоти (125 кГц).

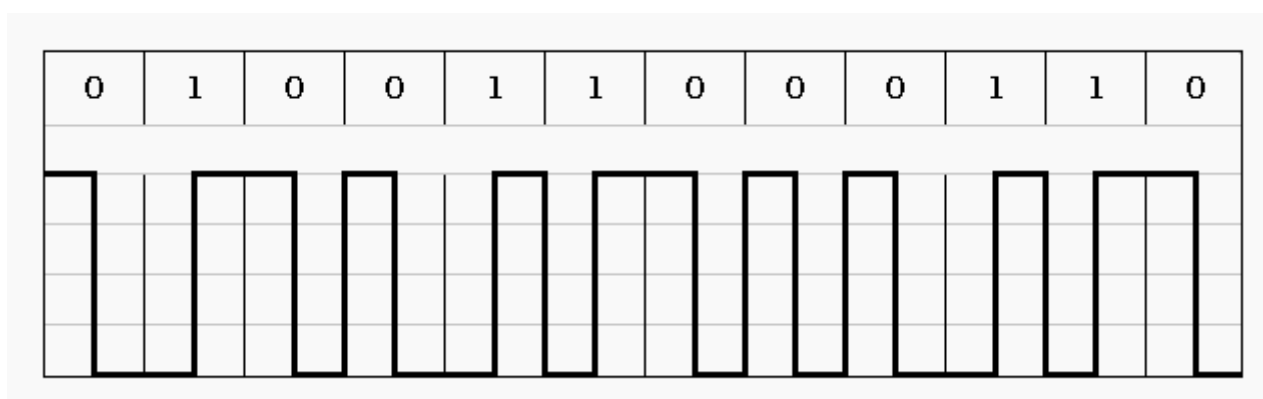


Рис. 2.11 Кодування сигналу

При такому кодуванні мітка змінює рівень передачі сигналу строго в середині періоду передачі одного біта. Перехід від низького до високого рівня в ці моменти

означає стан логічної «1», а перехід від високого рівня до низького, представляє стан логічного «0».

- зчитувач приймає відповідний сигнал, виділяє укладений в ньому код, проводить, якщо це передбачено, операції криптографічного захисту й процедури антиколізії (*Антиколізія – такий режим роботи системи RFID, при якому усувається вплив роботи однієї мітки на іншу при великій кількості міток в зоні дії зчитувача. У транспондерах що підтримують технологію антиколізій встановлюється черга на опитування від зчитувача.*) (послідовної роботи з декількома ідентифікаторами, одночасно знаходяться в зоні дії зчитувача) і передає інформацію за призначенням: в додаток, системі обробки даних або оператору. [29]

Між зчитувачем і тегом не потрібно безпосереднього контакту або прямої видимості, оскільки радіосигнал легко проникає через неметалеві матеріали. Таким чином, мітки можуть бути навіть приховані всередині тих об'єктів, які підлягають ідентифікації.

РОЗДІЛ 3 ЗЧИТУВАЧ РАДІОЧАСТОТНИХ МІТОК З МАЛОЮ СПОЖИВАНОЮ ПОТУЖНІСТЮ

3.1 Основні переваги NodeMCU v3

NodeMCU v3 - це платформа на основі модуля ESP8266. Плата призначена для зручного управління різними схемами на відстані за допомогою передачі сигналу в локальну мережу або інтернет через Wi-Fi. Можливості застосування цієї плати обмежується лише вашою фантазією. Наприклад, на базі Node MCU можна створити «розумний будинок», налаштувавши управління світлом або вентиляцією через телефон, реєстрацію показань датчиків і багато іншого.

Для розробки пристрою обрана плата Nodemcu Lua Wi-Fi v3 її характеристики можна прочитати в розділі 1.2 Плати розширення

У чому ж переваги плати Nodemcu Lua Wi-Fi v3 на основі модуля ESP8266? По-перше, на платі присутній інтерфейс UART-USB з роз'ємом micro USB, що дозволяє підключати його до комп'ютера без перехідників. По-друге, вона має виводи для всіх доступних варіантів ESP8266. А це 21 портів введення-виведення загального призначення, деякі з яких мають додаткові функції (див. Рис.3.1.4).

По-третє, на даній платі встановлена прошивка, яка може інтерпретувати команди скриптового мови Lua. Або є можливість переписати під власну прошивку написану з допомогою Arduino IDE на мові C. З допомогою команд Lua можна виконати наступні дії:

- використання плати в якості WiFi точки доступу
- підключатися (в тому числі і автоматично) до точки доступу WiFi
- режим зниженого енергоспоживання (перехід в сон)
- перенаправляти виводи
- виконувати операції зі списком файлів в flash-пам'яті
- управління призначеним для користувача таймером і таймером WatchDog
- управління GPIO1 виводами
- створення веб-сервера
- обмінюватися даними з I2C - пристроями
- зчитувати дані на виводі АЦП

Можна не тільки виконувати команди Lua в терміналі, але і створювати файли в flash-пам'яті ESP8266 і викликати їх на виконання. [30]

Плата NodeMCU v3 (Рис 3.1.1) досить компактна, це дозволяє використовувати її в більшій кількості проектів. «Ноги» NodeMCU розташовані так, що її без проблем можна встановити в макетну плату (breadboard). На лицьовій частині плати роз'єм Micro USB, за допомогою якого в контролер заливають скетчі або подають живлення від powerbank-а або комп'ютера. Поруч з роз'ємом розташовуються дві кнопки: «Flash»

і «Reset». Кнопка «Flash» використовується для налагодження, а кнопка «Reset» для перезавантаження плати. Найбільше місця на платі займає чип ESP8266, на якому заставлений мікропроцесор з тактовою частотою 80 МГц (можна розігнати до 160 МГц). Плата має 4 мегабайта Flash-пам'яті. Для живлення на плату можна подавати напругу від 5 до 12 В, але рекомендується від 10 В. Можна жити як від Micro USB, так і від контакту Vin (від 5В.).

3.2 Прототипування пристрою

В даному розділі описуватиметься розробка зчитувача RFID NodeMCU за допомогою модуля MFRC522 та програмування NodeMCU для забезпечення доступу при виявленні правильної картки та передання інформації на веб сервер. Цей простий прилад буде читати серійний номер на картці або ярлику, відобразити його на серійному моніторі.

В даному приладі ми використаємо такі апаратні компоненти:

1. Плата NodeMCU V3 ESP8266 (CP2102)
2. Зчитувач RFID MFRC522
3. Теги RFID (13,56 МГц)
4. Макетна дошка
5. Кабелі-перемички
6. Кабель Micro USB

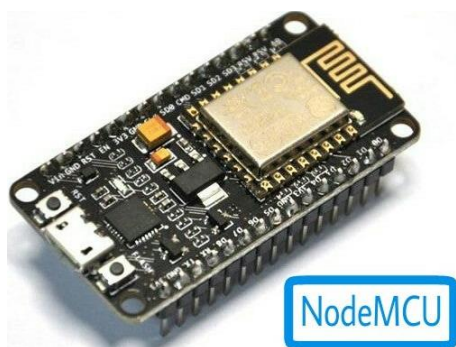


Рис 3.1.1 Плата NodeMCU V3 ESP8266



Рис 3.1.2 Зчитувач RFID MFRC522

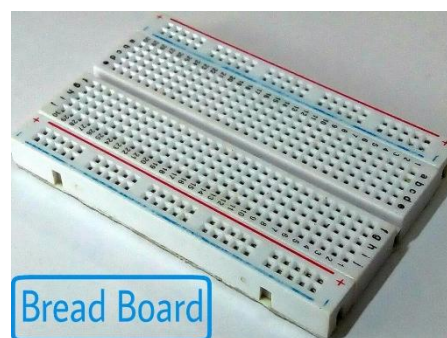


Рис 3.1.3 Макетна дошка

Та програмне забезпечення:

1. IDE Arduino

Приведемо короткий опис основних понять, більш точний і повний опис приведено в першому та другому розділі.

Radio Frequency IDentification (RFID) – це використання радіохвиль для зчитування та захоплення інформації, що зберігається на мітці, прикріпленій до об'єкта. Тег можна читати на відстані до декількох футів і для відстеження не

потрібно знаходитись у безпосередній видимості зчитувача це і є основною перевагою перед штрих-кодом.

Зчитувач RFID - це пристрій, що використовується для збору інформації з мітки RFID, яка використовується в об'єкта-користувача. Радіохвилі зчитувач використовує для передачі даних від мітки до зчитувача.

Специфікація:

1. Вхідна напруга: 3.3v
2. Частота: 13,56 МГц

Перед тим як переносити прототип на макетну плату потрібно ознайомитися зі схемою та конфігурацією виходів а також мати на увазі що підключити даний прототип потрібно до мережі з напругою 3,3В.

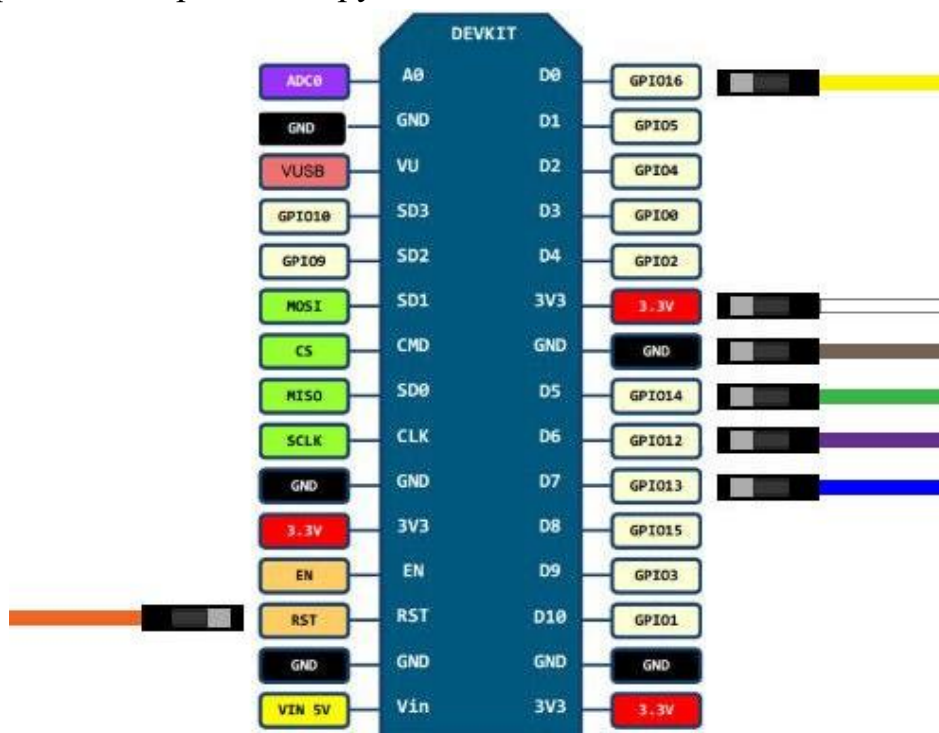


Рис.3.1.4а Схеми розташування виходів NodeMCU

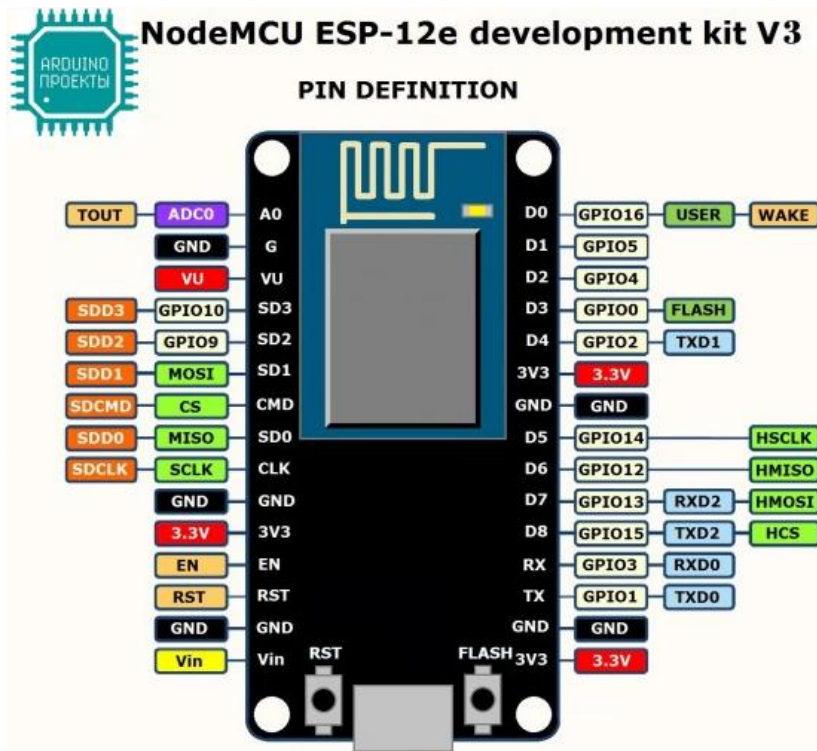


Рис.3.1.46 Схеми розташування виходів NodeMCU

Модуль NodeMCU v3 має 11 портів вводу-виводу загального призначення. Деякі з портів мають додаткові функції:

- D9, D10 — UART
- D1, D2 — I²C/TWI
- D5–D8 — SPI
- D1–D10 — виходи з ШИМ (PWM)
- A0 — аналоговий вхід з АЦП



Рис.3.1.5 Схеми розташування виходів RC522

Призначення виводів MFRC522 інтерфейсу SPI:

- SDA - вибір веденого;
- SCK - сигнал синхронізації;
- MOSI - передача від master до slave;
- MISO - передача від slave до master;
- RST - вивід для скидання;
- IRQ - вивід переривання;

GND - земля;

Vcc - живлення 3.3 В.

Отже після ознайомлення з портами обох плат, схема з'єднання через інтерфейс SPI MFRC522 з мікропроцесором NodeMCU v3 на основі ESP8266 виглядає наступним чином Рис.3.1.7

Нижче на Рис.3.1.6 показано відповідність підключення виходів NodeMCU до MFRC522

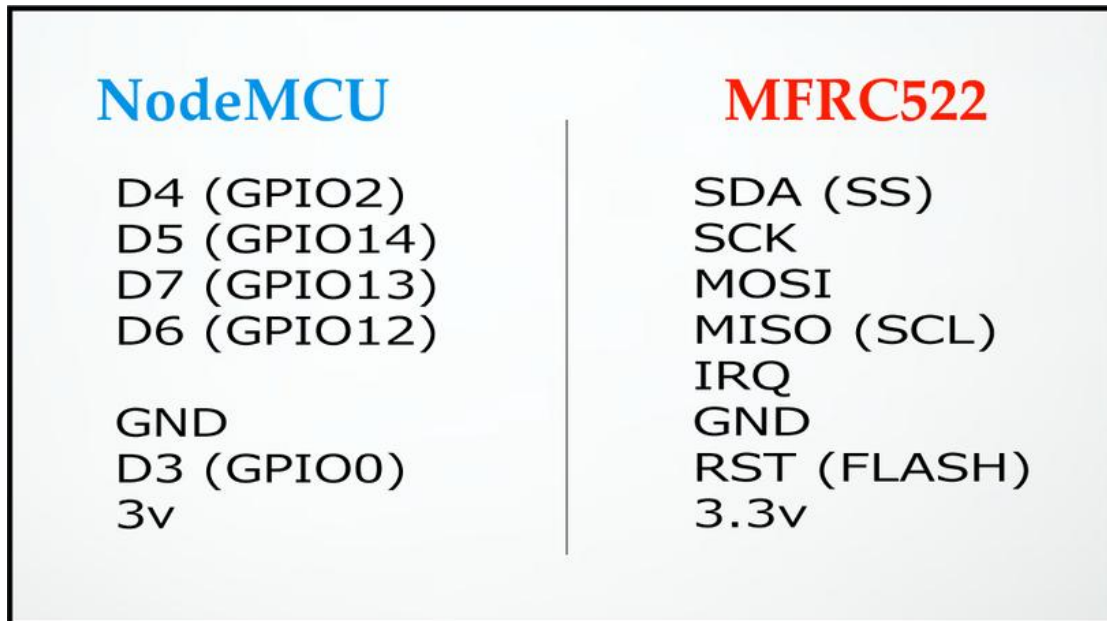


Рис.3.1.6 Відповідність підключення виходів NodeMCU до MFRC522

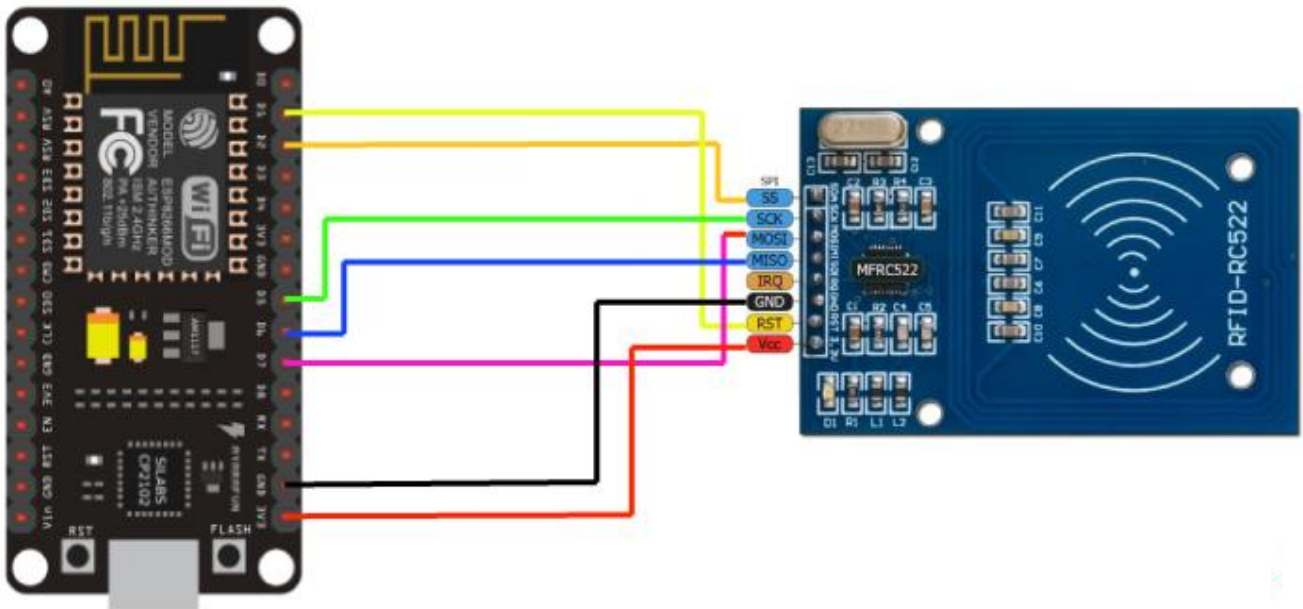


Рис.3.1.7 Схема підключення виходів NodeMCU до MFRC522

Сигнал скидання RST - це сигнал, що надходить від цифрового виходу контролера. При надходженні сигналу LOW відбувається перезавантаження зчитувача.

Також рідер установкою на RST низького рівня повідомляє, що знаходиться в режимі сну, для виведення модуля з режиму сну необхідно подати на даний вивід сигнал HIGH

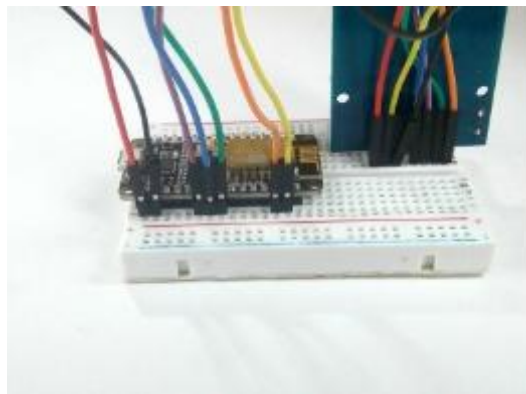


Рис.3.1.8 Зібрана схема з допомогою макетної плати

Далі ми запускаємо програмне забезпечення Arduino IDE.

Після завантаження IDE Arduino виконайте налаштування для змоги працювати з ESP8266:

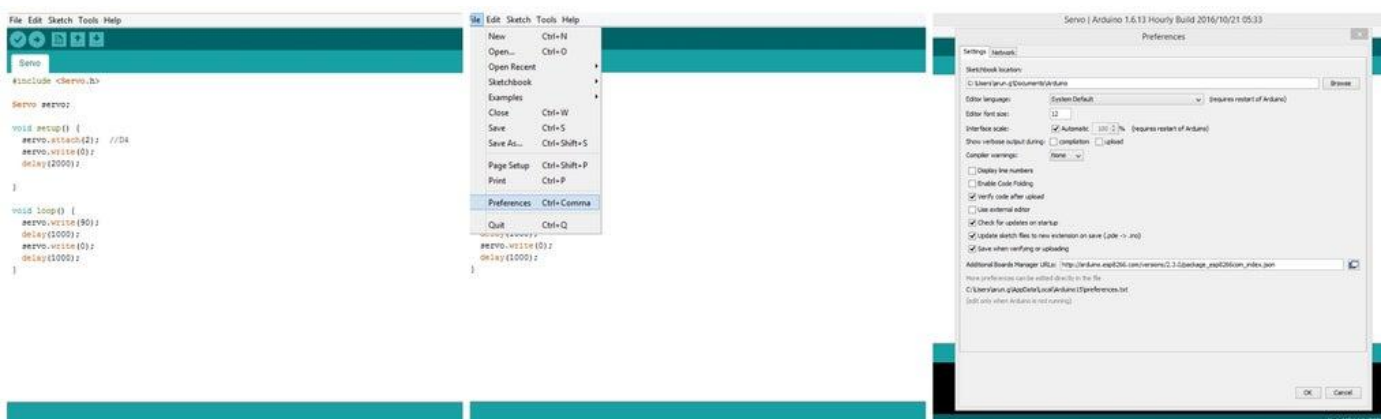


Рис.3.1.9 Налаштування програми Arduino IDE для роботи з ESP8266

1. На вкладці **File** натисніть кнопку **Preferences**.
2. До **Boards Manager** додайте таке посилання (http://arduino.esp8266.com/stable/package_esp8266com_index.json)
3. Натисніть **OK**
4. Потім перейдіть до **Tools - Boards - Boards Manager**. У полі пошуку введіть **ESP8266** > клацніть **ESP8266 by ESP8266 Community**- натисніть **Install**

Тепер ви налаштували IDE Arduino для роботи разом з NodeMCU.

1. Після цього перейдемо до встановлення бібліотек
2. Завантажуємо бібліотеку для роботи з RFID модулем
3. Розпаковуємо дану бібліотеку та встановлюємо до Arduino IDE
4. Перезапускаємо програмне забезпечення Arduino IDE

Підключення Servo Motor до NodeMCU

Існує два найпоширеніших типи підключення сервоприводів:

1. **Якщо у Вас** White - Red - Black wired servo то підключаємо за наступною аналогією: Білий провід до цифрового виводу D4 **NodeMCU**; Чорний до виводу GND; Червоний до виводу 3,3В

2. **Якщо у Вас** Orange - Red - Brown wired servo то підключаємо Оранжевий до цифрового виводу D4 **NodeMCU**; Коричневий до GND; Червоний до виводу 3,3В

Через програму IDE Arduino додаємо наступний код що приведений нижче для змоги управління сервоприводом.

```
#include <Servo.h>
```

```
Servo servo;
```

```
void setup() {
```

```
servo.attach(2); //D4
```

```
servo.write(0);
```

```
delay(2000);
```

```
}
```

```
void loop() {
```

```
servo.write(90);
```

```
delay(1000);
```

```
servo.write(0);
```

```
delay(1000);
```

```
}
```

Налаштування зчитування з тегу RFID відбувається наступним чином:

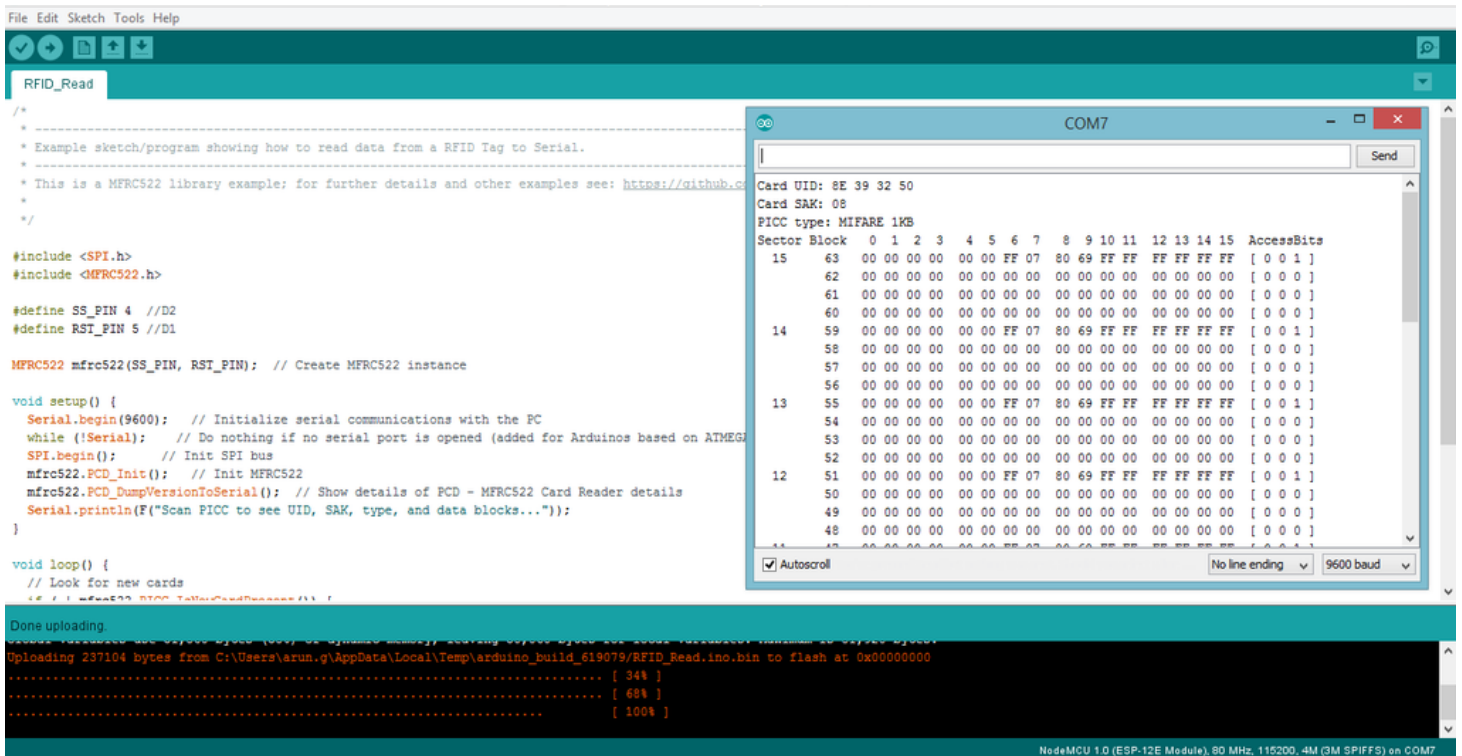


Рис.3.1.10 Скріншот з програми Arduino IDE.

Після підготовки схеми Рис.3.1.8 переходимо за наступним шляхом **File > Examples > MFRC522 > DumpInfo > Upload the code**

Цей код буде доступний у вашій Arduino IDE (після встановлення бібліотеки RFID).

Потім відкриваєте послідовний монітор. Ви повинні побачити щось на зразок зображення вище Рис. 3.1.10

Запишіть свою UID-картку ("UID картки: **xx xx xx xx**"), оскільки вона вам знадобиться пізніше.

Наступним кроком є написання коду для експериментів на картах RFID. Завантажуємо файл "RFID_Access.ino" і відкривте його в IDE Arduino.

У файлі міститься текст програми для нашого пристрою (Додаток 1)

Потім створюємо новий ескіз та вставляємо наведений нижче код в Arduino IDE та натискаємо **Upload**.

Завантаження програми до мікроконтролера

Процес завантаження можна переглянути нижче на Рис. 3.1.11 та Рис 3.1.12

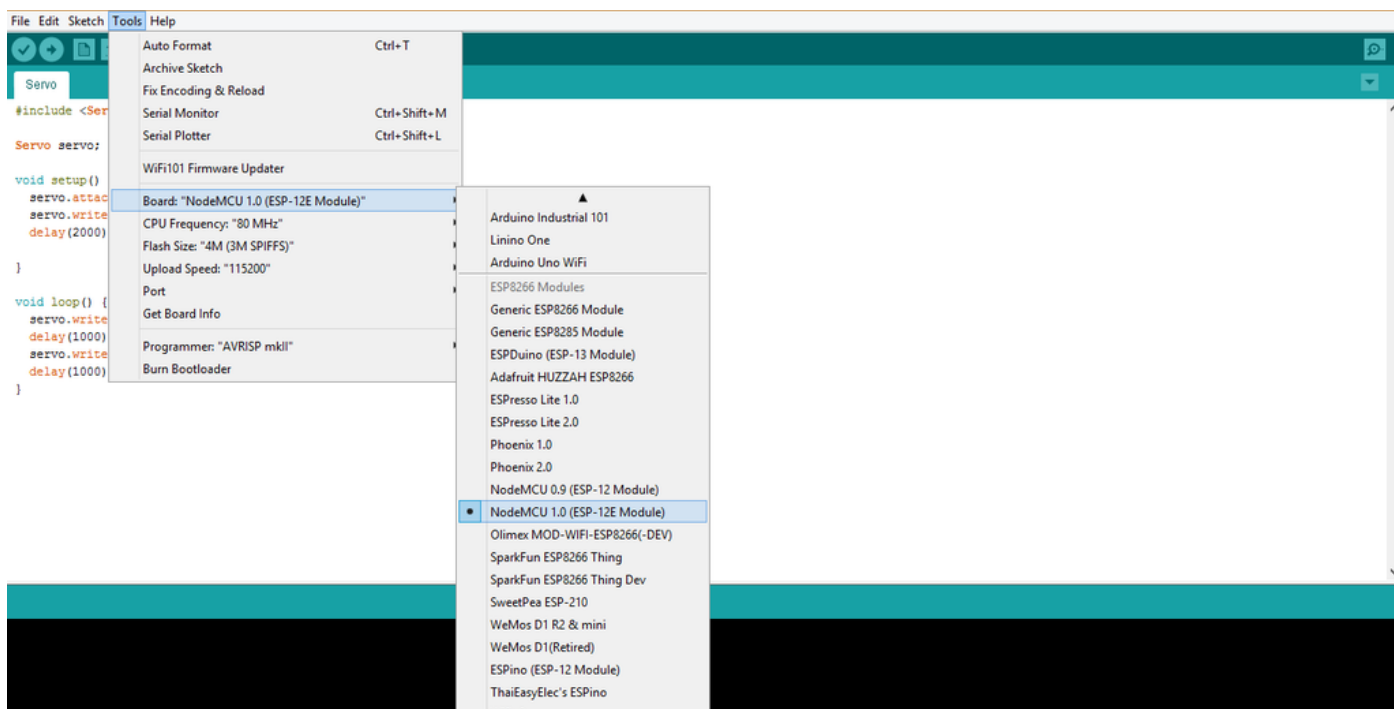


Рис. 3.1.11 Процес налаштування завантаження

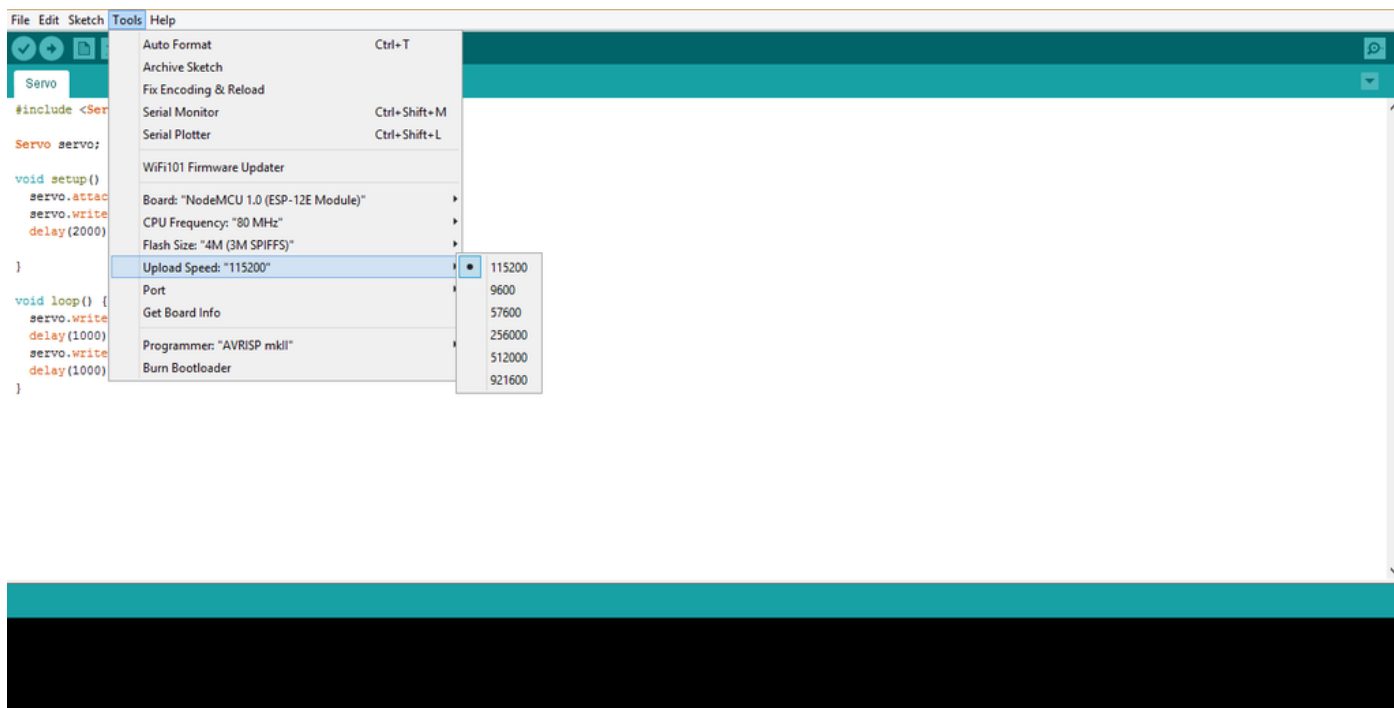


Рис. 3.1.12 Процес налаштування завантаження

Для завантаження програми необхідно:

1. Перейти до меню **Tools**

2. Далі **Board** > **NodeMCU** (обрати свій модуль)

3. В меню **Port** обрати правильний порт

Переконайтесь що Ви обрали саме Ваш контролер та правельний послідовний порт.
(Інструкцію можна переглянути на фото вище)

4. Натискаєте клавішу **Upload**

Тестування роботи програми

Після запису програми перевіримо на двох мітках 13, 56 МГц одну з записаним UID а іншу ні і як поведе наша програма і що відобразиться на моніторі коли ми прикладемо ці дві картки по черзі.

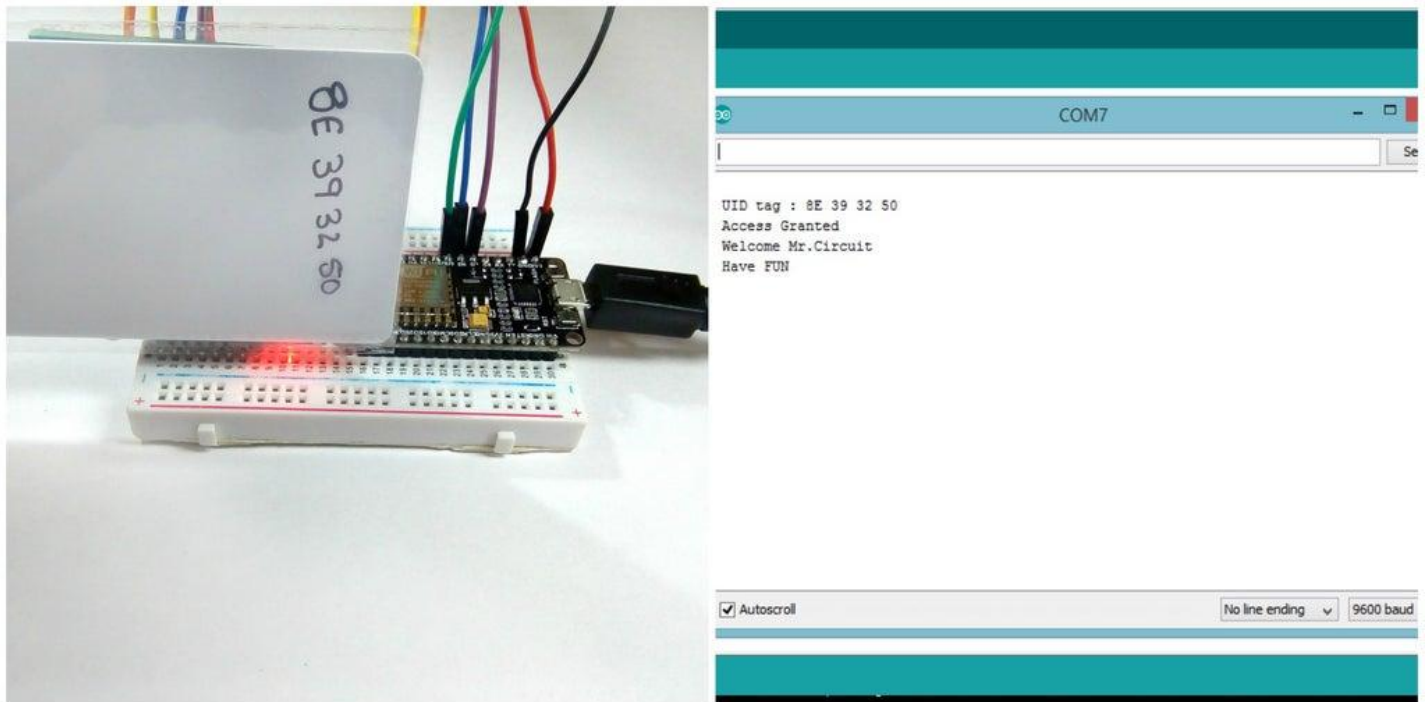


Рис.3.1.11 Скріншот з програми Arduino IDE. Схвалення мітки UID якої був записаний.

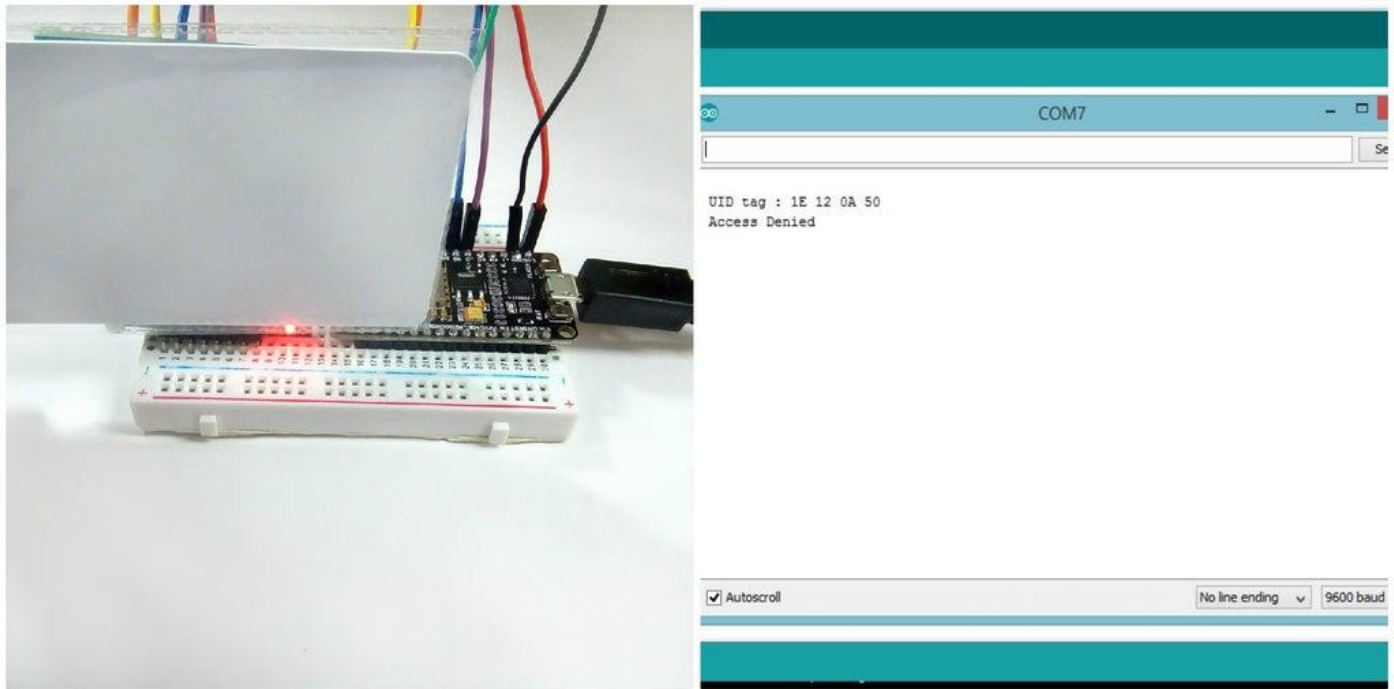


Рис.3.1.12 Скріншот з програми Arduino IDE. Відхилення мітки UID якої НЕ був записаний.

Отже ми бачимо з фото що програма працює вірно. При прикладанні картки UID якої ми прописали маємо наступне повідомлення «Access Granted» Рис.3.1.11 і сигнал передається на реле сервоприводу що повинно призводити до розімкнення замка.

В іншому випадку, при прикладанні картки UID якої відсутній в базі маємо наступне повідомлення «Access Denied» Рис.3.1.12 і сигнал не передається на реле сервоприводу, замок має залишатися закритим.

3.3 Алгоритм роботи розробленого пристрою

Розроблений алгоритм є інформаційною технологією реєстрації з допомогою радіочастотної ідентифікації локальними зчитувачами з автономним живленням і елементами інтелектуалізації. Роботу пристрою за удосконаленим алгоритмом можна описати так:

1. Плата NodeMcu v3 при отриманні живлення на своїх виводах починає підключення бібліотек, визначення контактів, оголошення змінних. Установлюється з'єднання по інтерфейсу SPI з RC522.
2. У середині зчитувача мікропроцесор формує радіохвилю на певній частоті і певної амплітуди.
3. Радіосигнал по кабелю передається до зчитувача, у випадку розглянутому в дипломній роботі до мікросхеми RC522.
4. Антена RC522 посилає радіохвилю з певною модуляцією, RFID-мітка, яка перебуває в зоні дії зчитувача, через свою антену приймає цей радіосигнал і використовує його енергію для електроживлення. Мітка зчитує код зі свого пристрою, що запам'ятовує (ЗП) і відповідає власним сигналом, що містить

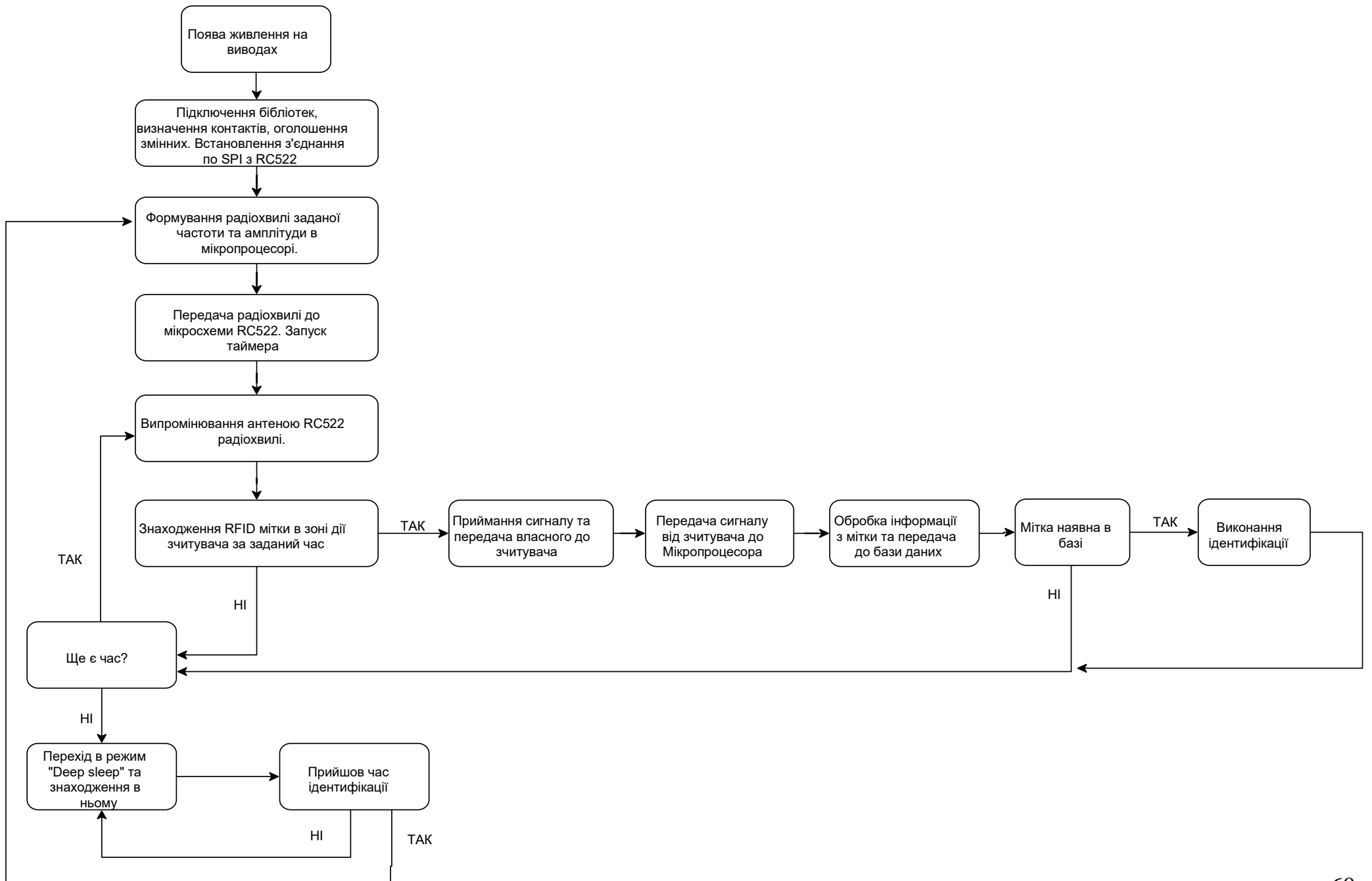
корисну інформацію на тій же самій частоті. Передача даних від мітки до зчитувача здійснюється за допомогою модуляції несучого сигналу зчитувача.

5. Після того, як антена приймає назад сигнал від мітки, вона відправляє його в мікропроцесор там корисна інформація розшифровується
6. Мікропроцесор обробляє сигнал і за допомогою внутрішнього ПО і передає в базу для обробки, і відповідно чи наявна дана мітка в базі чи ні виконується ідентифікація з допомогою мітки чи відхиляється.
7. Якщо після цього протягом 1 хв (в подальшому час можна налаштувати під особисті потреби) в полі не з'являється нова мітка, плата NodeMcu v3 ESP8266 переходить у режим «Deep sleep» споживання знижується до 20-80 мкА.
8. Повторення алгоритму відбувається з пункту 2 через час заданий у мікросекундах в коді програми з допомогою

```
void ultradeepSleep_I2C (sleepTime);
```

```
int readSleepTime ();
```

дана програма виконується в безкінечному циклі.



Даний алгоритм можна використати для електронного замка.

Якщо ID карта є в базі даних, пристрій включає реле, що відкриває замок, включає звукове оповіщення і через заданий час вимикає реле і звукове сповіщення. Якщо ID карти в базі даних немає, звучить довгий звуковий сигнал і знову триває пошук RFID карти. Якщо карта не знайдена пристрій переходить у режим Deep sleep і пробуджується через заданий таймером час.

3.4 Принцип низького споживання модулем

У більшості випадків пристрої, призначені для Інтернету речей (IoT), повинні мати ультранизьке споживання із-за обмеженої ємності джерела живлення. При цьому одні IoT-пристрої працюють від батарейок, які необхідно періодично замінювати, а інші використовують хардвестери енергії, потужність яких також обмежена і залежить від зовнішніх умов (світла, води, тепла та т.д.). Таким чином, у обох випадках важливо забезпечити ультранизкий рівень власного споживання.

Для досягнення дуже низького енергоспоживання необхідно, щоб пристрій більшу частину часу знаходилось у режимі «Deep sleep». Для цього слід лише періодично «просипатися» для обробки даних, виконання необхідних дій, отримання або передачі інформації за бездротовим каналом, а потім знову переходити в «Deep sleep». Якщо тривалість знаходження в стані сну виявляється значною (наприклад, кілька годин), то загальне споживання в режимі очікування може перевищувати сумарне споживання в активному режимі.

Процесор ESP8266 був розроблений спеціально для мобільних пристроїв, портативної електроніки та IoT-додатків. Завдяки використанню декількох патентованих технологій, він відрізняється низьким споживанням. ESP8266 має три режими роботи: активний режим (active mode), сплячий режим (sleep mode) і режим глибокого сну (deep sleep mode), їх використання дозволяє збільшити тривалість роботи від АКБ. У таблиці 1 показані відмінності між сплячими режимами і режимом очікування (Power Down).

Таблиця 1. Режими пониженого споживання ESP8266

Блок	Режим пониженого споживання			
	Modem Sleep	Light Sleep	Deep Sleep	Power Down
Wi-Fi	викл	викл	викл	викл
Тактування	вкл	викл	викл	викл
RTC	вкл	вкл	вкл	викл
Процесорне ядро	вкл	Pending	викл	викл
Струм	15-16 мА	0.5-2 мА	20-80 мкА	1 мкА

В режимі глибокого сну Deep Sleep модуль ESP8266 відключає Wi-Fi і провідний інтерфейс і залишає в активному стані тільки годинник реального часу RTC для періодичних пробуджень. В цьому випадку споживання знижується до 20-80 мкА, в залежності від параметрів конфігурації. У режимі очікування Power Down вимикається навіть модуль RTC. Це означає, що сигнал пробудження повинен бути зовнішнім, при цьому споживання струму зменшується до 1 мкА.

Програмування режиму Deep Sleep

При використанні вбудованого режиму Deep Sleep розробник програмно встановлює значення таймера RTC для пробудження. Бібліотека Arduino ESP8266 містить функцію для активації режиму Deep Sleep, що дозволяє програмісту легко задавати тривалість періоду сну:

```
ESP.deepSleep (sleepTime);
```

де sleepTime задається в мікросекундах.

Для нового режиму Ultra Deep Sleep передбачена альтернативна функція:

```
ultradeepSleep (sleepTime);
```

де sleepTime також задається в мікросекундах.

При виконанні цих функцій модуль ESP8266 встановить сигнал активації сну на виведення GPIO, визначеному в рядку:

```
#define ULTRADEEPSLEPPIN 12
```

Програмне забезпечення для обміну по I2C використовує бібліотеку Silego для I2C-команд, створену Девідом Ріделл (детальну інформацію про цю бібліотеку Arduino можна знайти в керівництві AN-1107: [How to Use Silego's Arduino Library with GreenPAK](#)).

Крім того, передбачені додаткові функції для запуску режиму Ultra Deep Sleep по I2C і читання поточної настройки таймеру:

```
void ultradeepSleep_I2C (sleepTime);
```

```
int readSleepTime ();
```

Активація сну відбувається по зрізу сигналу управління. Тому, якщо ви активуєте режим Ultra Deep Sleep по I2C, не забудьте після пробудження скинути сигнал управління (встановити високий рівень)[31]:

```
silego.writeI2C (VIRTUAL_INPUTS, 0x01);
```

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Характеристика електромагнітного поля та його вплив на навколишнє середовище

Електромагнітне поле - це сукупність електричного і магнітного полів, що породжують один одного при взаємодії електрично заряджених тіл. Хвилею називають зміну стану електромагнітного поля, що поширюється в просторі. Вони бувають: наддовгими (радіохвилі), терагерцеві, інфрачервоні, видиме світло, ультрафіолетові, рентгенівські й жорсткі (гамма). Хвилі поширюються всюди, в тому числі і в вакуумі. Випромінювання - це характеристика загасання поля в міру віддалення від джерела виникнення. Залежить від довжини хвилі. Воно практично без загасання поширюється на величезні відстані, навіть в просторі, заповненим речовиною.

Навколо Землі існують електричне та магнітне поля, інтенсивність яких не залишається постійною. Спостерігаються річні, добові коливання цих полів під дією грозових розрядів, опадів, вітрів, а також під дією сонячної активності (магнітні бурі) [32].

У процесі науково-технічного розвитку людство додало до фонового випромінювання цілий ряд факторів, які підсилили це випромінювання в декілька разів (антропогенні ЕМП). У побуті та промисловості набули масового застосування обладнання та прилади, робота яких пов'язана з утворенням електромагнітних випромінювань широкого діапазону частот. Зростання рівня ЕМП різко підсилювалось з початку 30-х років ХХ століття. В окремих районах їх рівень в сотні разів перевищує рівень полів природного походження. Джерелами випромінювань електромагнітної енергії є потужні радіо та телевізійні станції, ретранслятори, засоби радіозв'язку різного призначення, в тому числі і супутникового, промислові установки високочастотного нагрівання металів, високовольтні лінії електропередач, електротранспорт, вимірювальні прилади, персональні комп'ютери (ПК).

В аеропортах та на військових об'єктах працюють потужні радіолокатори, які випромінюють в навколишнє середовище потоки електромагнітної енергії. Потужність та кількість джерел ЕМП постійно зростає.

Відомо, що навколо провідника, по якому протікає електричний струм, виникають електричне та магнітне поля. Якщо струм постійний, то ці поля існують незалежно одне від одного.

При змінному електричному струмі електричне та магнітне поля пов'язані між собою, становлячи єдине електромагнітне поле. При появі електричної напруги на струмоведучих частинах з'являється електричне поле (ЕП). Якщо електричне коло замкнуте, тобто по ньому протікає струм, це супроводжується появою магнітної складової поля, і в цьому випадку говорять про існування електромагнітного поля (ЕМП). Для характеристики ЕМП введено поняття напруженості його складових - електричного та магнітного полів [45].

Точний механізм впливу цього випромінювання на живий організм невідомий. В першу чергу його впливу схильна мембранна структура клітин.

Електромагнітне забруднення навколишнього середовища починається з загального для всього живого компонента - води. Вплив на неї має визначальне значення. Під впливом поля змінюються властивість води, що позначається на швидкості реакцій, що проходять в організмі.

На клітинному рівні, найбільш чутливою до різних фізичних і хімічних подразників і впливів є мембрана. Навіть незначне електромагнітне опромінення тягне за собою морфологічні та функціональні порушення в ній. Енергія поля клітини в результаті цього перетворюється в інші види, а клітина може збільшитися в розмірах.

Слабкі поля, до теплового порога, змінюють живу тканину і погіршують її регенерацію. Під дією змінного електричного поля вона нагрівається. Чим довше і під великою напругою знаходиться, тим її нагрівання більше. Будова тканини також впливає на ступінь її нагрівання. Особливо чутливі до нагрівання такі органи тварин: мозок, нирки, сечовий і жовчний міхур і органи зору [34].

Мікроорганізми дуже чутливі до навіть слабких електромагнітних полів. При впливі на них полем, це проявляється в зниженні рухової активності, здатності до виживання і, відповідно, підвищеної смертністю. Більш того, опромінення може викликати мутації.

Рослини реагують на вплив слабких і сильних полів. Як правило, ця реакція відбивається на зростанні і функції розмноження. Зазначені зміни в формі і розмірах листя, квіток і стебел рослин, які ростуть під лініями електропередач, а також на приріст дерев, які ростуть поблизу. Надвисокочастотне випромінювання на картоплю і пшеницю втрат врожаю у них не викликало. Різний вплив на рослинний світ, як на основне джерело кисню і харчування на Землі, це вже сильний аргумент, щоб почати більш багатосторонні дослідження.

Комахи, що живуть в рослинному світі, по-своєму реагують на вплив випромінювань. Деякі види, в залежності від будови тіла і способу життя, уповільнюють свій розвиток і зростання, може бути втрата орієнтації або підвищена агресивність. Але основна реакція - це прагнення уникнути впливу поля ліній електропередач. Якщо ж мова йде про вплив НВЧ-випромінювання, то це, як правило, викликає летальний результат, що говорить про меншу стійкість комах до цього виду випромінювання, ніж рослин.

Встановлено, що під впливом електромагнітного поля, страждає, перш за все, центральна нервова система птахів і тварин [35]. У щурів дія ЕМП викликає зміну загального стану, порушення обміну речовин, внутрішньоутробного і постнатального розвитку плоду у самок, а у самців проявляється безпліддям. Характерно, що птахи не гніздяться біля радіолокаційних станцій.

Вплив на різні види тварин не носить однакового характеру і може позначитися на співвідношенні видів в рамках однієї екосистеми. А це обов'язково призведе до дисбалансу і порушення її стійкості, а потім, можливо, її зміни і зникнення.

Електромагнітні поля негативно впливають на організм людини, яка безпосередньо працює з джерелом випромінювання, а також на населення, яке мешкає поблизу джерел випромінювання.

Встановлено, що переважна частина населення знаходиться в умовах підвищеної активності ЕМП. Можна вважати, що в діапазоні промислових частот (у тому числі 50 Гц) допустимо розглядати вплив на біологічний об'єкт електричної і магнітної складових поля роздільно (нарізно). В будь-якій точці ЕМП промислової частоти енергія магнітної складової поля, яка поглинається тілом людини, майже в 50 разів менша від енергії електричної складової цього поля, що поглинається тілом. Це дає змогу зробити висновок, що в діапазоні промислових частот дією магнітної складової поля на біологічний об'єкт можна знехтувати, а негативний вплив на організм обумовлений електричною складовою поля.

Ступінь впливу електромагнітних випромінювань на організм людини взагалі залежить від діапазону частот, тривалості опромінення, характеру опромінення, режиму опромінення, розмірів поверхні тіла, яке опромінюється, та індивідуальних особливостей організму.

У результаті дії ЕМП на людину можливі гострі та хронічні форми порушення фізіологічних функцій організму. Ці порушення виникають в результаті дії електричної складової ЕМП на нервову систему, а також на структуру кори головного та спинного мозку, серцево-судинної системи.

У більшості випадків такі зміни в діяльності нервової та серцево-судинної системи мають зворотній характер, але в результаті тривалої дії вони накопичуються, підсилюються з плином часу, але, як правило, зменшуються та зникають при виключенні впливу та поліпшенні умов праці. Тривалий та інтенсивний вплив ЕМП призводить до стійких порушень та захворювань [46].

На початку 60-х років у науково-технічній літературі з'явилися перші відомості про те, що люди, опромінені імпульсом НВЧ коливань, можуть постійно чути якийсь звук. Залежно від тривалості та частоти повторень імпульсів цей звук сприймається як щебет, цвірінчання чи дзюркіт у деякій точці всередині чи ззаду голови. Це явище викликало інтерес вчених, які розпочали систематичні дослідження на людях та тваринах. Під час дослідів люди повідомляли про свої відчуття.

Отже, електромагнітне випромінювання як хвороботворний чинник слід розглядати на підставі клінічних та експериментальних матеріалів. Сумісну дію цих випромінювань широкого діапазону можна класифікувати як окрему радіохвильову хворобу. Тяжкість її наслідків знаходиться у прямій залежності від напруженості ЕМП, тривалості впливу, фізичних особливостей різних діапазонів частот, умов зовнішнього середовища, а також від функціонального стану організму, його стійкості до впливу різних чинників можливостей адаптації.

Поряд із радіохвильовою хворобою (як специфічним результатом дії ЕМП) зростає ризик виникнення загальних захворювань, захворювань органів дихання, травлення тощо. Це відбувається також і за дуже малої інтенсивності ЕМП, яка незначно перевищує гігієнічні нормативи. Ймовірно, що причиною тут є порушення нервово-психічної діяльності як головної у керуванні всіма функціями організму.

У результаті дії на організм людини електромагнітних випромінювань в діапазоні 30 кГц - 300 МГц спостерігається: загальна слабкість, підвищена втома, сонливість, порушення сну, головний біль та біль в ділянці серця. З'являється роздратованість, втрачається увага, сповільнюються рухово-мовні реакції. Виникає ряд симптомів, які свідчать про порушення роботи окремих органів - шлунку, печінки, підшлункової залози. Погіршуються харчові та статеві рефлексії, діяльність серцево-судинної системи, фіксуються зміни показників білкового та вуглеводного обміну, змінюється склад крові, зафіксовані зміни на рівні клітин.

При систематичній дії ЕМП високої та надвисокої частоти на організм людини спостерігається підвищення кров'яного тиску, трофічні явища (випадіння волосся, ламкість нігтів). ЕМП викликають зміну поляризації молекул та атомів, які є складовою частиною клітин, в результаті чого виникає небезпечний нагрів. Надмірне тепло може нанести шкоду як окремим органам, так і всьому організму людини.

Вплив випромінювань надвисокої частоти (НВЧ) на організм людини привертає увагу великої кількості дослідників і відображається у численних наукових доповідях і публікаціях. В одній із них наведені відомості про клінічні

прояви дії НВЧ залежно від інтенсивності опромінення. При інтенсивності близько 20 мкВт/см² спостерігається зменшення частоти пульсу, зниження артеріального тиску, тобто явна реакція на опромінення. Вона сильніша й може навіть виражатися у підвищенні температури шкіри в осіб, які раніше потрапляли під дію опромінення.

Із ростом інтенсивності відбуваються електрокардіографічні зміни, при хронічному впливі - тенденція до гіпотонії, до змін у нервовій системі. Потім спостерігається прискорення пульсу, коливання об'єму крові.

При інтенсивності 6 мВт/см² помічені зміни у статевих залозах, у складі крові, помутніння кришталика. Далі - зміни у здатності крові зсідатися, умовно-рефлекторній діяльності, вплив на клітини печінки, зміни у корі головного мозку. Потім - підвищення кров'яного тиску, розрив капілярів і крововиливи у легені та печінку.

Випромінювання інтенсивністю до 100 мВт/см² викликають стійку гіпотонію, стійкі зміни серцево-судинної системи, двосторонню катаракту. Подальше опромінення помітно впливає на тканини, викликає больові почуття. Якщо інтенсивність перевищує 1 Вт/см², це спричинює дуже швидку втрату зору, що є одним із серйозних ефектів дії НВЧ на організм людини. На більш низьких частотах такі ефекти не відбуваються, і тому їх треба вважати специфічними для НВЧ діапазону. Ступінь пошкодження залежить, в основному, від інтенсивності та тривалості опромінення. [35]

Інтенсивне НВЧ опромінення відразу викликає сльозотечу, подразнення, звуження зіниці ока. Після короткого (1-2 доби) прихованого періоду спостерігається погіршення зору, що посилюється під час повторного опромінення і свідчить про кумулятивний характер пошкоджень. Спостереження за людьми доводять існування механізму відбудови пошкоджених клітин, який вимагає тривалого часу (10-20 діб). Зі зростанням часу та інтенсивності впливу пошкодження набувають незворотного характеру.

У разі прямого впливу на око випромінювання відбувається пошкодження рогівки. Але серед усіх тканин ока найбільшу чутливість в діапазоні 1...10 ГГц має

кришталік. Сильні пошкодження кришталіка зумовлені тепловим впливом НВЧ (при щільності потоку енергії понад 100 мВт/см²). За малої інтенсивності помутніння спостерігаються тільки у задній ділянці, за великої - по всьому об'єму кришталіка.

Катароутворення пояснюється не тільки тепловою дією, воно залежить також від ряду інших не повністю встановлених чинників. Значну роль можуть відігравати концентрація поля у середовищах з окремими діелектричними властивостями та об'ємні резонансні ефекти. Для попередження професійних захворювань, які виникають у результаті тривалої дії ЕМ-випромінювань, встановлені гранично допустимі рівні електромагнітних випромінювань. Відповідно до ГОСТ 12.1.006-84 "ССБТ. Электромагнитное поле радиочастот рівні ЕМП необхідно контролювати не рідше 1 разу на рік. Якщо вводиться в дію новий об'єкт або здійснюється реконструкція старих об'єктів, то заміри рівня електромагнітних випромінювань проводяться перед введенням їх в експлуатацію [45].

Вплив електромагнітного поля на водні і ґрунтові екосистеми слабо вивчені, а проведені дослідження показали стійкість цих систем і слабкий на них вплив випромінювання.

4.2 Розрахунок інтенсивності електромагнітного поля на робочому місці

Під час налагоджування, ремонту, випробування та експлуатації радіоелектронної апаратури електротермічних установок існує можливість опромінення обслуговуючого персоналу.

В зв'язку з цим необхідно здійснювати попередній розрахунок інтенсивності опромінення електромагнітного поля та передбачати використання засобів захисту від випромінювань. [36].

При ізотропному випромінюванні напруженість електричної E та магнітної H складових поля у ближній зоні [45]:

$$E = \frac{Il}{2\pi\omega\epsilon r^3}; \quad (4.1)$$

$$H = \frac{Il}{4\pi r^2}; \quad (4.2)$$

де: I - сила струму в провіднику (антені), А; l - довжина провідника (антени), м; ω - кругова частота поля; ϵ - діелектрична проникність середовища; r - відстань від джерела випромінювання до робочого місця, м.

В дальній зоні напруженість електричної та магнітної складових [45]:

$$E = \frac{\sqrt{30P\sigma}}{r}; \quad (4.3)$$

$$H = \frac{\sqrt{P\sigma/30}}{4\pi r}; \quad (4.4)$$

де: P - потужність випромінювання, Вт; σ - коефіцієнт підсилення антени.

При напрямленому випромінюванні щільність потоку енергії в ближній зоні по осі діаграми направленості випромінювання [45]:

$$\psi_{Б.З.} = \frac{3P_{СЕР}}{S}; \quad (4.5)$$

де: $P_{СЕР}$ - середня потужність випромінювання, Вт; S - площа випромінювальної системи, м².

Для установок, котрі працюють в імпульсному режимі, середня потужність:

$$P_{СЕР} = \frac{P_{ИМП} \tau}{T_1}; \quad (4.6)$$

де: $P_{ИМП}$ - потужність випромінювання в імпульсному режимі; τ - тривалість імпульсу; T_1 - період чергування імпульсів.

У проміжній зоні щільність потоку енергії [45]:

$$\psi_{П.З.} = \frac{3P_{СЕР}}{S} \cdot \left(\frac{r_{Б.З.}}{r}\right); \quad (4.7)$$

де r - відстань від центра розкриття антени до даної точки, розташованої в проміжній зоні.

В дальній точці щільність потоку енергії по осі випромінювання [45]:

$$\psi_{д.з.} = \frac{P_{СЕР} \cdot \sigma}{4\pi r^2}; \quad (4.8)$$

Визначаємо допустиму величину магнітної складової поля з врахуванням, що допустима напруженість поля $E_{п.д.} = 5$ В/м (за санітарними нормами): [36].

$$H_{п.д.} = 1,27 \cdot 10^5 \frac{E_{п.д.}}{Xf} = 1,27 \cdot 10^5 \frac{5}{0,8 \cdot 6 \cdot 10^4} = 13,2 \text{ А/м}$$

Напруженість на робочому місці при відсутності екрана:

$$H_x = \frac{\omega I a^2}{4X^2} = \frac{14 \cdot 380 \cdot 0,1^2}{4 \cdot 0,8^2} = 20,7 \text{ А/м}$$

Необхідна ефективність екранування на робочому місці:

$$H_{х.н.} = \frac{H_x}{H_{п.д.}} = \frac{20,7}{13,2} = 1,57.$$

Дійсна ефективність екранування на робочому місці:

$$E_{х.д.} = \frac{Re^{\frac{d}{\delta}}}{2\sqrt{2}\delta\mu_e^1} = \frac{0,35 \cdot 0,3^{\frac{1}{0,32}}}{2\sqrt{2} \cdot 3,2 \cdot 10^{-4} \cdot 1} = 10,5,$$

де: d - товщина екрана, мм; δ - глибина проникнення поля в екран, м; μ_e^1 - відносна магнітна проникність екрана ($\mu_e^1 = \frac{\mu_e}{\mu_0}$).

$$\delta = \frac{1}{\sqrt{\mu_e \gamma_e \omega f}} = \frac{1}{\sqrt{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 3,55 \cdot 10^7 \cdot 314 \cdot 6 \cdot 10^4}} = 0,32 \text{ мм.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо $d = 1$ мм.

Таким чином, вибраний екран забезпечує необхідний захист на місці, оскільки $E_{х.д.} > E_{х.н.}$ ($10,5 > 1,57$).

4.3. Способи захисту від електромагнітного поля

Вибір того чи іншого способу захисту від дії електромагнітних випромінювань залежить від робочого діапазону частот, характеру виконуваних робіт, напруженості та щільності потоку енергії ЕМП, необхідного ступеня захисту.

До заходів щодо зменшення впливу на працівників ЕМП належать: організаційні, інженерно-технічні та лікарсько-профілактичні.

Організаційні заходи здійснюють органи санітарного нагляду. Вони проводять санітарний нагляд за об'єктами, в яких використовуються джерела електромагнітних випромінювань.

Інженерно-технічні заходи передбачають таке розташування джерел ЕМП, яке б зводило до мінімуму їх вплив на працюючих, використання в умовах виробництва дистанційного керування апаратурою, що є джерелом випромінювання, екранування джерел випромінювання, застосування засобів індивідуального захисту (халатів, комбінезонів із металізованої тканини, з виводом на заземлюючий пристрій). Для захисту очей доцільно використовувати захисні окуляри ЗП5-90. Скло окулярів вкрито напівпровідниковим оловом, що послаблює інтенсивність електромагнітної енергії при світлопропусканні не нижче 75%.

Взагалі, засоби індивідуального захисту необхідно використовувати лише тоді, коли інші захисні засоби неможливі чи недостатньо ефективні: при проходженні через зони опромінення підвищеної інтенсивності, при ремонтних і налагоджувальних роботах в аварійних ситуаціях, під час короткочасного контролю та при зміні інтенсивності опромінення. Такі засоби незручні в експлуатації, обмежують можливість виконання трудових операцій, погіршують гігієнічні умови.

У радіочастотному діапазоні засоби індивідуального захисту працюють за принципом екранування людини з використанням відбиття і поглинання ЕМП. Для захисту тіла використовується одяг з металізованих тканин і радіопоглинаючих матеріалів. Металізовану тканину роблять із бавовняних ниток з розміщеним всередині них тонким проводом, або з бавовняних чи капронових ниток, спірально обвитих металевим дротом. Така тканина, наче металева сітка, при відстані між нитками до 0,5 мм значно послаблює дію випромінювання. При зшиванні деталей

захисного одягу треба забезпечити контакт ізольованих проводів. Тому електрогерметизацію швів здійснюють електропровідними масами чи клеями, які забезпечують гальванічний контакт або збільшують ємнісний зв'язок неконтактуючих проводів [36].

Найбільш ефективним способом захисту є екранування. Електромагнітне поле послаблюється екраном внаслідок створення в його товщі поля протилежного напрямку. Ступінь ослаблення електромагнітного поля залежить від глибини проникнення високочастотного струму в товщу екрану. Чим більша магнітна проникність екрана і вище частота екрануючого поля, тим менша глибина проникнення і необхідна товщина екрана. Екранують або джерело випромінювань, або робоче місце.

Крім виконання своєї прямої функції, екранування значно знижує шкідливий вплив електромагнітних випромінювань на організм людини. Воно дозволяє також зменшити вплив електромагнітних шумів на роботу пристроїв.

Лікарсько-профілактичні заходи передбачають проведення систематичних медичних оглядів працівників, які перебувають у зоні дії ЕМП, обмеження в часі перебування людей в зоні підвищеної інтенсивності електромагнітних випромінювань, видачу працюючим безкоштовного лікарсько-профілактичного харчування, перерви санітарно-оздоровчого характеру [35].

Таким чином, усвідомлення небезпеки дії електромагнітних полів та обізнаність у методах захисту від них є необхідною умовою для людини, що здійснює виявлення наявності електромагнітних полів у приміщенні.

У зв'язку зі стрімким зростанням числа технологій і приладів уникнути впливу ЕМП в сучасному світі практично неможливо.

Вплив електромагнітних полів на біо-об'єкти залежить від багатьох чинників: типу поля і його характеристик, самого біо-об'єкта, а також від властивостей середовища, що його оточує. Сам вплив електромагнітних полів багатогранний, але можна зробити висновки, що найбільші зміни відбувається на клітинному рівні. Причому нагрівання тканин організму, за досить високої інтенсивності випромінювання, не значне. Тому можна стверджувати, що вплив на біо-об'єкти

обумовлений взаємодіями електромагнітного поля з інформаційними електричними полями організму, що призводить до порушення природних ритмів і спричиняє фізіологічні порушення у вигляді радіохвильової хвороби.

Різні організації як державні, так і міжнародні розробили безліч стандартів і вимог для запобігання якого б то не було впливу електромагнітного поля на людину. Майже вся електронна техніка, що реалізується в ринкових умовах відповідає цим вимогам. Таким чином, можна зробити висновок, що дотримання санітарних і гігієнічних норм при містобудуванні і виконання необтяжливих рекомендацій з використання побутових приладів практично нівелює вплив електромагнітних полів на людину. Хоча це питання має і буде досліджуватися далі.

Окрім цього велике значення має дотримання правил дотримання електромагнітного захисту на підприємствах, враховуючи вік працівника, індивідуальні особливості, стан здоров'я.

РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ

У зв'язку з тим, що тема дипломного проекту передбачає дослідницьку діяльність, суб'єктом охорони праці обрано інженера-дослідника. Оскільки робота інженера-дослідника проводиться в оточенні, в якому знаходяться безліч електричних, теплових та інших чинників, що заважають і можуть становити загрозу йому та якості його праці, постає необхідність розробки заходів з охорони праці для даного суб'єкта.

Для аналізу умов праці було обрано робоче місце у дослідницькій лабораторії, яка знаходиться в будівлі ДП «Український державний центр радіочастот».

5.1 Аналіз умов праці

На робочому місці інженера-дослідника, який займається наглядом за технічними характеристиками випромінювання та забезпеченням електромагнітної сумісності РЕЗ і РВП, присутні стіл, стілець, та комп'ютер разом з спектральним аналізатором сигналів в реальному часі, що знаходяться на столі.

Розміри приміщення становлять 6×9 м, висота приміщення 3 м.

Загальна площа приміщення – 54 м², об'єм – 162 м³.

Приміщення лабораторії розраховане на 8 робочих місць.

План дослідницької лабораторії зображений на рис. 5.1.

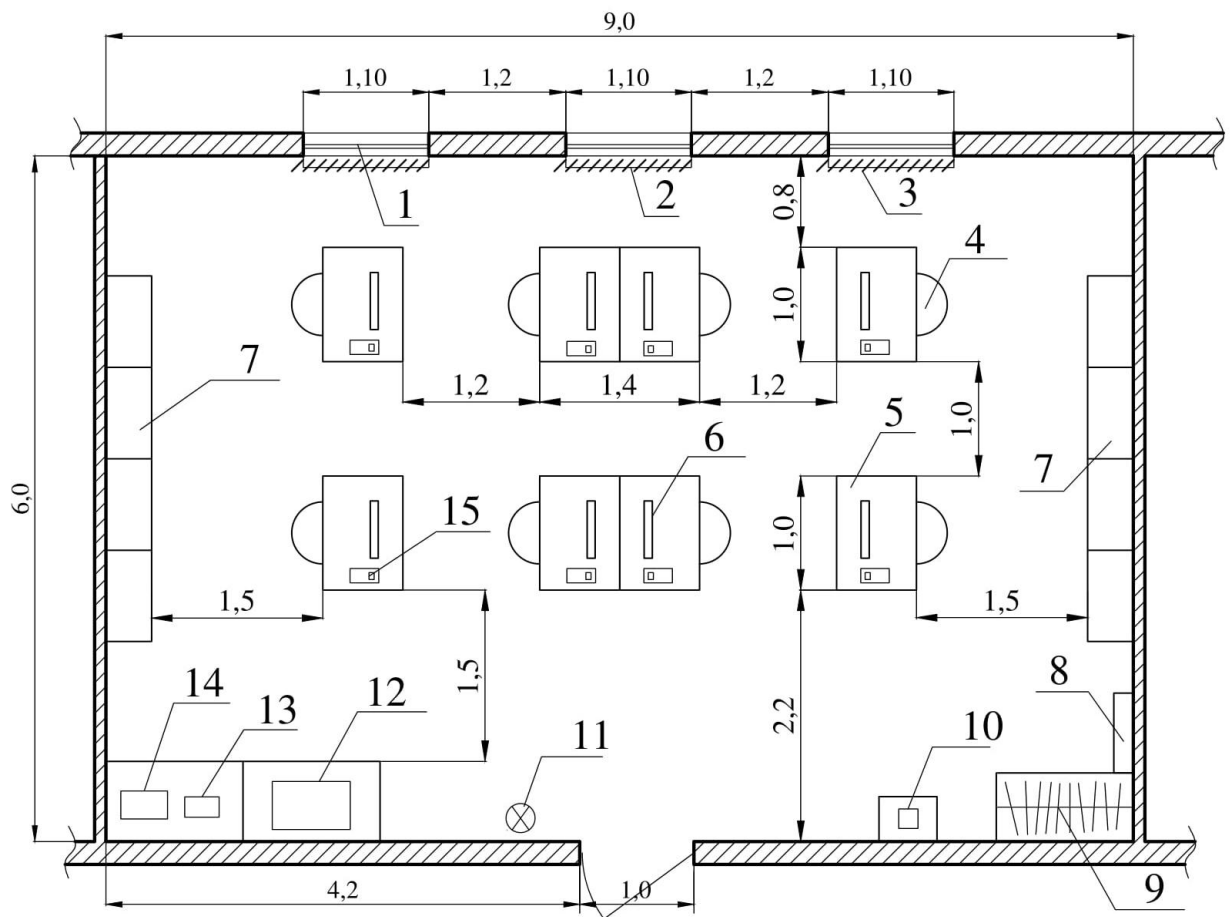


Рис. 5.1. План дослідницької лабораторії

Позначення: 1 – вікно; 2 – батарея опалення; 3 – жалюзі; 4 – стілець; 5 – стіл; 6 – комп’ютер; 7 – шафа; 8 – кондиціонер; 9 – шафа для одягу; 10 – телефон; 11 – вогнегасник; 12 – принтер типу МФП; 13 – Wi-Fi роутер; 14 – радіо; 15 –аналізатор спектру.

На суб’єкта охорони праці (інженера-дослідника) в межах лабораторії та його робочого місця діють такі шкідливі та небезпечні виробничі чинники:

- 1) неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання;
- 2) виробничий шум;
- 3) штучне освітлення;
- 4) електрична мережа та підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого при певних ситуаціях може відбутися через тіло людини;
- 5) шкідливі речовини в повітрі робочої зони.

Неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання

На інженера-дослідника на його робочому місці діють електромагнітні випромінювання промислової частоти від техніки та устаткування і електромагнітні випромінювання радіочастотного діапазону.

Згідно з ДСНіП 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів» напруженість електромагнітного поля промислової частоти (50 Гц), що діє на інженера-дослідника не повинна перевищувати 5 кВ/м [36].

Граничні значення для неіонізуючого випромінювання радіочастотного діапазону наведені в табл. 5.1 [33].

Таблиця 5.1 Граничні значення для неіонізуючого випромінювання радіочастотного діапазону

Параметри та одиниці вимірювання	Граничні значення в діапазонах частот				
	1 -10 кГц	1 0-60 кГц	0 ,06-3 МГц	3 -30 МГц	3 0-300 МГц
$E_{гд}, \text{В/м}$	1 000	7 00	5 00	3 00	8 0
$EH_{E_{гд}}, (\text{В/м})^2 \cdot \text{год}$	1 20000	4 0000	2 0000	7 000	8 00
$H_{гд}, \text{А/м}$	7 5	5 7	5 0	-	3 ,0*
$EH_{H_{гд}}, (\text{А/м})^2 \cdot \text{год}$	6 75	3 90	2 00	-	0 ,72*

* ГДР енергетичного навантаження магнітного поля поширюється на діапазон частот 30-50 МГц.

Виробничий шум

Згідно з ДСН 3.3.6.037-99 «Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку» рівні шуму в дослідницькій лабораторії, що діє на інженера-

дослідника, мають складати 50 дБ, а фактичне значення рівня шуму складає 55-65 дБ. Це пов'язано з наявністю у приміщенні установок кондиціонування повітря, вентиляції та повітряного опалення, які утворюють шум. На робочому місці наявні такі види шумів як механічний, електромагнітний та аеродинамічний; інфра- та ультразвук відсутні [36].

Рівні звукового тиску, що характеризують ступінь перевищення звукового тиску над певним порогом сенсорного сприйняття даного фактору, для виробничого шуму наведені у табл. 5.2 [33].

Таблиця 5.2 Рівні звукового тиску в дБ для працівників лабораторії

Вид трудової діяльності, робоче місце	Рівні звукового тиску в дБ в октавних смугах з середньгерметичними частотами, Гц									
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Еквівалентні рівні шуму, Дб А
Наукова діяльність, робочі місця – лабораторії для теретичних робіт та обробки даних	86	71	61	54	49	45	42	40	38	50

Природне і штучне освітлення

Згідно з ДБН-В.2.5.-28-2006 «Природне і штучне освітлення» нормовані показники освітленості на робочому місці інженера-дослідника мають складати 300-500 лк, а фактичне значення освітленості складає 250-430 лк. Це пов'язано з застарілістю системи освітлення. Найменша освітленість робочих поверхонь у виробничих приміщеннях визначається, в основному, характеристикою зорової роботи. Нормовані показники носять міжгалузевий характер [45].

Місцеве освітлення – це освітлення, що додається до загального, що створюється світильниками, які концентрують світловий потік безпосередньо на робочих місцях.

Чергове освітлення – освітлення за відсутності основного робочого процесу. Аварійне освітлення поділяється на освітлення безпеки та евакуаційне. Евакуаційне освітлення: у приміщеннях 0,5 лк, на відкритих ділянках – 0,2 лк.

На робочому місці інженера-дослідника використовується змішане освітлення. В якості природного освітлення в даному приміщенні використовується одностороннє освітлення за допомогою трьох вікон.

Для штучного освітлення в даному випадку необхідні джерела світла з досить великим ККД у світильниках загального освітлення, що розташовуються рівномірно по всій площі приміщення. Найкраще підходять в такому випадку світлодіодні (LED) лампи, які мають один з найвищих показників світловіддачі.

В нашому випадку використовуються люмінесцентні лампи, які розміщені так, як показано на рис. 5.2.

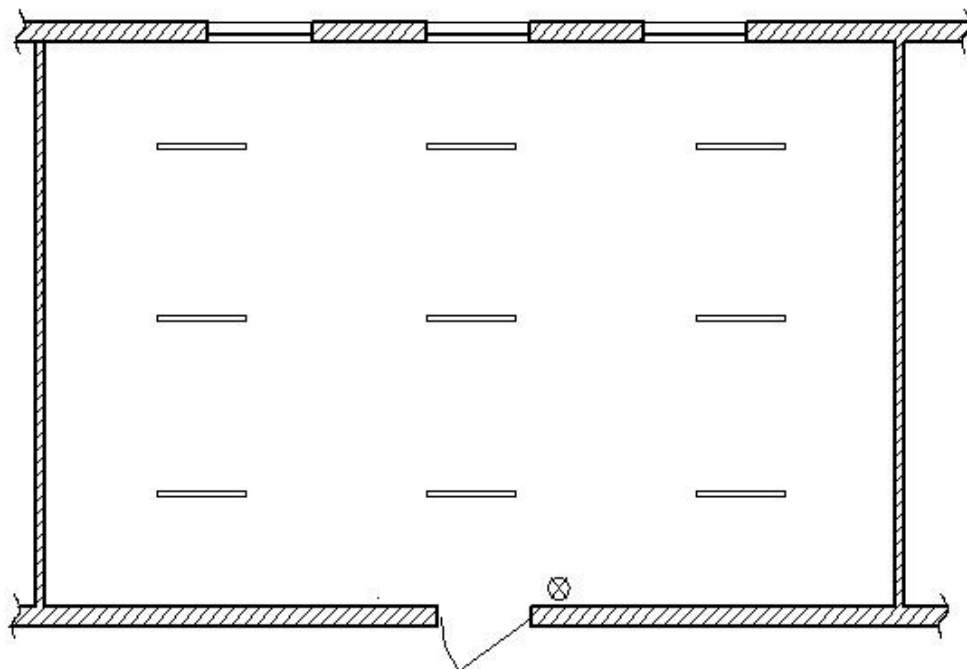


Рис. 5.2. Розміщення ламп та аварійного освітлення

При правильно розрахованому і виконаному освітленні виробничих приміщень, очі працюючого протягом тривалого часу зберігають здатність добре розрізняти предмети, не стомлюючись. Такі умови сприяють зниженню виробничого травматизму і професійного захворювання очей. Раціональне освітлення має задовольняти ряд вимог та умов.

Воно має бути:

- достатнім, щоб мати можливість без напруги розрізняти предмети;
- постійним для цього напруга в мережі живлення не повинна коливатися більше ніж на 4%;
- рівномірно розподіленим по робочих поверхнях;
- таким, що не здійснює осліплюючу дію на око людини як від самого джерела світла, так і від поверхонь, що віддзеркалюють його та знаходяться в полі зору інженера;
- не викликати різких тіней на робочих місцях. Цього можна уникнути при правильному розташуванні світильників.

5.2 Заходи зниження впливу шкідливих факторів на робочому місці інженера-дослідника

1) неіонізуючі електромагнітні поля і випромінювання;

Захист людини від небезпечного впливу електромагнітного опромінення здійснюється рядом способів, основними з яких є: зменшення випромінювання безпосередньо від самого джерела, екранування джерела випромінювання, екранування робочого місця, поглинання електромагнітної енергії, індивідуальні засоби захисту. Для реалізації цих методів застосовуються: екрани, поглинальні матеріали, атенюатори, еквівалентні навантаження та індивідуальні засоби. Екрани призначені для ослаблення електромагнітного поля у напрямку поширення хвиль. Ступінь ослаблення залежить від конструкції екрану і параметрів випромінювання. На ефективність екрану впливає також матеріал, з якого виготовлений екран. Товщина екрану, що забезпечує необхідне ослаблення, розраховується за спеціальною методикою. Часто для екранування застосовується металева сітка.

Екрани з сітки мають ряд переваг. Вони проглядаються, пропускають потік повітря, дозволяють досить швидко ставити і знімати екрануючі пристрої. Як основний метод захисту в житлових умовах рекомендується використовувати захист відстанню [39]

2) виробничий шум;

Вирішення проблеми захисту від шуму досягається проведенням комплексу заходів, щодо послаблення інтенсивності шкідливих виробничих факторів у їхніх джерелах або на шляху поширення звукового тиску.

Зменшення шуму на шляху його поширення передусім досягається архітектурно-планувальними та акустичними заходами колективного захисту від шуму.

Архітектурно-планувальні заходи включають:

- раціональне розміщення будівель і споруд на території підприємства (здійснюється при проектуванні, реконструкції та експлуатації підприємств, цехів, дільниць);
- раціональне розміщення технологічного устаткування та робочих місць;
- раціональне акустичне розміщення зон і режимів руху транспортних засобів і потоків;
- створення шумозахисних зон.

Акустичні засоби передбачають застосування засобів звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляції, демпфірування (гасіння коливань механічних систем нелінійними динамічними пристроями) та застосування глушників шуму.

На практиці також широко застосовуються організаційно-технічні засоби колективного захисту від шуму, які передбачають: застосування малошумних технологічних процесів та устаткування, оснащення устаткування засобами дистанційного керування, дотримання правил технічної експлуатації обладнання, проведення його планово-попереджувальних оглядів та ремонтів тощо.

У випадку, коли заходами колективного захисту не вдається знизити рівень шуму на робочих місцях до допустимих значень, застосовуються засоби

індивідуального захисту від шуму (ЗІЗ від шуму). Вони дають змогу перекрити найбільш чутливий канал проникнення звуку в організм через вуха та попередити розлад нервової системи від дії такого інтенсивного подразника, як шум.

З цією метою використовують протишуми, або антифони, які поділяються на 3 види:

- внутрішнього використання – втулки, вкладки, тампони;
- зовнішнього використання – навушники, шоломи, костюми;
- змішані, які вставляються при вході в слуховий прохід.

Як правило, вибір засобу індивідуального захисту обумовлюється видом та характеристикою шуму на робочому місці, зручністю його використання при виконанні конкретної робочої операції, кліматичними умовами та іншими чинниками. Зокрема, застосування вкладок допустимо при рівнях звуку не вище 100 дБ, навушників — 110 дБ, шоломів — 120 дБ. При рівнях шуму вище 120 дБ рекомендується одягати, крім шоломів, шумозахисний комбінезон, пояс і черевики. [38]

3) штучне освітлення;

Для максимального використання денного світла і рівномірного освітлення виробничих приміщень:

- мити вікна регулярно (не рідше 3 разів на рік);
- на підвіконнях не дозволяється розташовувати вазони з високими квітами (висота не повинна перевищувати 15 см від підвіконня);
- садити дерева не ближче 15 м, чагарники – не ближче 5 м від будівлі;
- не зафарбовувати віконне скло.

Лампи, що перегоріли, підлягають своєчасній заміні. Також заміні підлягають люмінесцентні лампи у разі створення під час роботи шуму, миготіння та стробоскопічного ефекту.

Штучне освітлення приміщень рекомендовано забезпечувати люмінесцентними лампами та лампами розжарювання з відповідною арматурою, яка повинна давати розсіяне світло, бути безпечною та надійною.

В одному приміщенні не слід використовувати одночасно люмінесцентні лампи і лампи розжарювання.

У виробничих приміщеннях світильники слід розміщувати в 2 ряди паралельно до лінії вікон на відстані 1,5 м від зовнішньої і внутрішньої стін, Відстань між рядами світильників повинна бути 2,5-2,65 м. Вікна виробничих приміщень обладнуються: регульованими сонцезахисними пристроями типу жалюзі, тканинними шторами світлих тонів. Штори з полівінілхлоридної плівки не рекомендується використовувати. Для обробки виробничих приміщень використовуються оздоблювальні матеріали та фарби, що створюють матову поверхню.

4) електрична мережа та підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого при певних ситуаціях може відбутися через тіло людини;

Робоче приміщення нежарке, сухе, відноситься до класу приміщень без підвищеної небезпеки поразки персоналом електричним струмом, оскільки відносна вологість повітря не перевищує 75%, температура не більше 35°C, відсутні хімічно агресивні середовища (ПУЕ-2017), а також відсутня можливість одночасного дотику до металоконструкцій будівлі, що мають контакт із землею, та до струмопровідних елементів електроустаткування. Живлення електроприладів у робочому приміщенні здійснюється від трьохфазної мережі із глухозаземленою нейтраллю напругою 220 В і частотою 50 Гц із використанням автоматів струмового захисту. У приміщенні застосована схема занулення. Для зменшення значень напруг дотику й відповідних їм величин струму, при нормальному й аварійному режимах роботи електроустаткування необхідно виконати повторне захисне заземлення нульового дроту.

5) шкідливі речовини в повітрі робочої зони.

Методами зменшення шкідливого впливу на виробництві може бути:

- вилучення шкідливих речовин у технологічних процесах, заміна шкідливих речовин менш шкідливими;
- удосконалення технологічних процесів та устаткування;

- автоматизація і дистанційне керування технологічними процесами, при яких можливий безпосередній контакт працюючих з шкідливими речовинами;
- герметизація виробничого устаткування, робота технологічного устаткування під розрідженням, локалізація шкідливих виділень за рахунок місцевої вентиляції, аспираційних укриттів;
- нормальне функціонування систем опалення, загальнообмінної вентиляції, кондиціонування повітря, очистки викидів у атмосферу;
- попередні та періодичні медичні огляди робітників, які працюють у шкідливих умовах, профілактичне харчування, дотримання правил особистої гігієни;
- контроль за вмістом шкідливих речовин у повітрі робочої зони;
- використання засобів індивідуального захисту. [39]

5.2.1 Розрахунок параметрів електромагнітного поля

Ведемо розрахунки згідно з формулами, представленими в ДСНіП 3.3.6.096-2002 «Державні санітарні норми і правила при роботі з джерелами електромагнітних полів».

Розраховуємо допустимий час перебування в електричному полі за формулою:

$$T_{\text{гд}} = \frac{50}{E} - 2, \quad (5.1)$$

де: $T_{\text{гд}}$ - допустимий час перебування в електричному полі при відповідному рівні напруженості, год; E - напруженість електричного поля у контрольованій зоні, кВ/м, що дорівнює 5 кВ/м.

$$T_{\text{гд}} = \frac{50}{5} - 2 = 8 \text{ год}$$

За одержаними даними розраховуємо допустимі значення енергетичного навантаження протягом допустимого часу перебування в електромагнітному полі частотою 50-300 МГц використовуючи формули [45]:

$$E_{гд} = \sqrt{\frac{EH_{гд}}{T_{гд}}} \quad (5.2)$$

$$H_{гд} = \sqrt{\frac{EH_{гд}}{T_{гд}}} \quad (5.3)$$

де: $E_{гд}$ та $H_{гд}$ - граничнодопустимі значення напруженості електричного (В/м) та магнітного (А/м) полів, що становлять 10 В/м та 0,28 А/м відповідно;

$EH_{гд}$ та $EH_{гд}$ - граничнодопустимі значення енергетичного навантаження протягом робочого дня, $(В/м)^2 \cdot год$ та $(А/м)^2 \cdot год$.

Після перетворення отримуємо потрібні для розрахунку формули:

$$\sqrt{EH_{гд}} = E_{гд} \cdot \sqrt{T_{гд}} \quad (5.4)$$

$$\sqrt{EH_{гд}} = 10 \cdot \sqrt{8};$$

$$EH_{гд} = 100 \cdot 8 = 800 (В/м)^2 \cdot год;$$

$$\sqrt{EH_{гд}} = H_{гд} \cdot \sqrt{T_{гд}} \quad (5.5)$$

$$\sqrt{EH_{гд}} = 0,28 \cdot \sqrt{8}$$

$$EH_{гд} = 0,0784 \cdot 8 = 0,63 (А/м)^2 \cdot год;$$

Отже, згідно з розрахованими даними, допустимий час перебування в електричному полі відповідає часу регламентованого робочого дня, а допустимі

значення енергетичного навантаження відповідають граничним значенням, наведеним в табл. 5.1.

5.3. Пожежна безпека

Основними причинами пожеж та вибухів на підприємстві є [37]:

- несправність виробничого обладнання
- несправність та перенавантаження електричного обладнання;
- необережне ставлення до вогню (паління, використання відкритого вогню в недозволених місцях, залишення без нагляду електрообладнання);
- порушення правил пожежної безпеки.

Згідно з НАПБ А.01.001-2004 «Правила пожежної безпеки в Україні», у приміщеннях встановлюються надійні засоби попереднього сповіщення небезпеки виникнення пожежі, та розміщуються схеми евакуації (рис. 5.3). На стелі приміщення встановлюється певна кількість датчиків пожежної сигналізації.

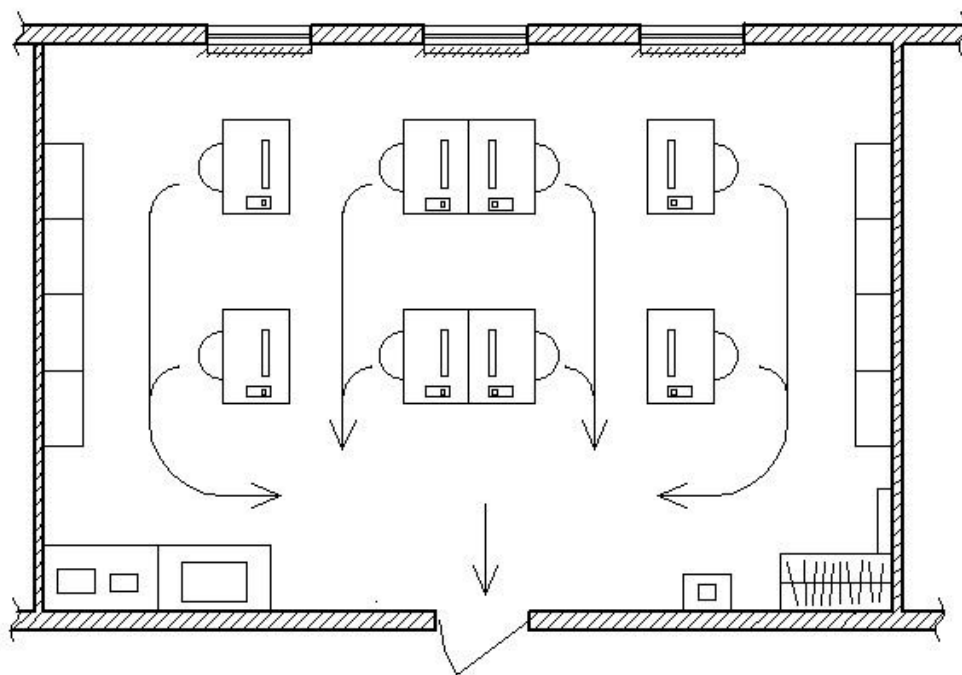


Рис. 5.3. План евакуації з приміщення

Згідно з НАПБ Б.03.002-2007 «Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою»,

дане приміщення належить до категорії «Д». В ньому повинна бути встановлена система пожежної сигналізації типу «ППКП Тирас-4П» (система стикується з пультом пожежної охорони) з димовими пожежними сповіщувачами СПД-3.4, та переносні порошкові вогнегасники ВП-5, в кількості 1 шт.

В даному розділі розглядалося робоче місце інженера-дослідника в дослідницькій лабораторії НДІ.

Основними шкідливими чинниками являються працюючі технічні засоби та устаткування, а саме дія електромагнітного поля та енергетичного навантаження від них на інженера-дослідника протягом робочого дня. Були розраховані допустимий час перебування інженера-дослідника в приміщенні та допустимі значення енергетичного навантаження протягом цього часу. Для даного випадку в якості захисту можна запропонувати застосування методу екранування – встановити в потрібних місцях стаціонарні екрани, а в якості індивідуального захисту використовувати індивідуальні екрануючі комплекти.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі спроектовано рішення для пристрою, яке полягає в розробці вдосконаленого алгоритму радіочастотної ідентифікації з елементами інтелектуалізації для зчитувача з малою споживаною потужністю що може використовуватися як зчитувач з автономним живленням. Досліджено ринок рішення для IoT, а саме особливості мікроконтролерів ESP8266 виробництва Espressif. До особливостей мікроконтролерів ESP8266 виробництва Espressif з інтерфейсом Wi-Fi слід віднести можливість виконувати код програми з зовнішньої флеш-пам'яті з інтерфейсом SPI, що значно розширює його функціонал. Завдяки цій можливості можливо запрограмувати модуль під різноманітні задачі. Оскільки МК ESP8266 не має на кристалі енергонезалежної пам'яті, то виконання програм ведеться з зовнішнього SPI ПЗП шляхом динамічного завантаження необхідних ділянок пам'яті в кеш інструкцій. Завантаження здійснюється апаратно. Даний модуль підтримує до 16 МБайт зовнішньої пам'яті програм. Сам виробник не надає документації щодо внутрішньої периферії МК. Замість цього надається набір бібліотек (SDK), а через API можна отримати доступ до периферії. Оскільки ці бібліотеки інтенсивно використовують ОЗП МК, то виробник в документації не вказує точної кількості ОЗП на кристалі, а тільки приблизну оцінку тієї кількості ОЗП, що залишається користувачу після використання бібліотек – близько 50 кБайт. Джерело програми, яка буде виконуватися в ESP8266 задається станом портів GPIO0, GPIO2 і GPIO15 в момент подачі живлення на мікроконтролер. Найбільш розповсюджені два режиму роботи:

виконання коду з UART (GPIO0 = 0, GPIO2 = 1 і GPIO15 = 0)

виконання коду з зовнішнього ПЗП (GPIO0 = 1, GPIO2 = 1 і GPIO15 = 0).

Режим виконання коду з UART використовується для перепрошивки підключеної флеш-пам'яті, а другий режим – звичайний робочий.

Arduino IDE для ESP8266 дозволяє створювати власні прошивки та завантажувати їх в МК точно так, як це робиться зі звичайною платформою Arduino. При цьому, ніяких плат Arduino не треба, тобто МК використовується в якості основного модуля. Більше того, можна використовувати практично всі

Arduino-бібліотеки з ESP8266 після деякого доопрацювання. Слід відзначити, що існує досить багато бібліотек, які адаптовані для використання з ESP8266. Arduino IDE для ESP8266 забезпечує підтримку всіх відомих на цей час модулів на базі МК ESP8266, включаючи модулі з флеш-пам'яттю малого об'єму (512k), а також модулів NodeMCU (всіх версій), OlimexMOD-WiFi-ESP8266. Також підтримується режим авторестарту та прошивки по RTS+DTR, як у звичайної Arduino. Для цього необхідний USB-TTL адаптер з розведеними пінами DTR і RTS. В багатьох версіях модулів ця функція вже реалізована. Якщо ж підключені тільки RX, TX і GND на USB-TTL, то доводиться самостійно притягувати до землі GPIO0 і перемикає живлення модуля для прошивки. Для роботи в Arduino IDE з МК ESP8266 потрібно в налаштуваннях середовища в полі Additional Boards Manager URLs вставити посилання на стабільну версію набору бібліотек від виробника (SDK) – http://arduino.esp8266.com/staging/package_esp8266com_index.json. Надалі виконується зберігання введених даних. Після цього здійснюється перехід за гілкою меню: Інструменти – Плата – Boards Manager. В Boards Manager в полі фільтра потрібно знайти в списку та обрати ESP8266 by ~ 122 ~ ESP8266 Community Forum і виконати інсталяцію. Після цих дій в менеджері плат повинні з'явитися різноманітні модулі на основі МК ESP8266. Таким чином, розглянута технологія використання Arduino IDE дозволяє оптимізувати програмування МК з вбудованим Wi-Fi модулем.

Змоделювано принципову схему пристрою та описано принцип низького споживання живлення модулем. Процесор ESP8266 був розроблений спеціально для мобільних пристроїв, портативної електроніки та IoT-додатків. Завдяки використанню декількох патентованих технологій, він відрізняється низьким споживанням. ESP8266 має три режими роботи: активний режим (active mode), сплячий режим (sleep mode) і режим глибокого сну (deep sleep mode), їх використання дозволяє збільшити тривалість роботи від АКБ.

Для досягнення дуже низького енергоспоживання було реалізовано перехід у режим «Deep sleep» коли це необхідно. Для цього наш модуль лише періодично буде «просипатися» для обробки даних, виконання необхідних дій, отримання або

передачі інформації за бездротовим каналом, а потім знову переходити в «Deep sleep». Якщо тривалість знаходження в стані сну виявляється значною (наприклад, кілька годин), то загальне споживання в режимі очікування може перевищувати сумарне споживання в активному режимі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://github.com/esp8266/Arduino>
2. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.euromobile.ru/upload/iblock/38e/38edea9ed541014c941ac8a47619db65.pdf>
3. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://volfiq.ru/cat/shields/esp8266-shields/>
4. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://arduino.ua/prod1581-plata-razrabotchika-na-esp8266>
5. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://arduino.ua/prod1495-wifi-plata-nodemcu-v2-esp8266-cr2102>
6. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://arduino.ua/prod1492-wi-fi-modyl-nodemcu-esp8266>
7. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://mcscpu.ru/index.php/soft/42-lm324/67-programmlang>
8. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу:
<https://doc.arduino.ua/ru/prog/>
9. Тези 69-ої наукової конференції професорів, викладачів, наукових працівників, аспірантів та студентів університету. Том 1. (Полтава, 19 квітня – 19 травня 2017 р.) – Полтава: ПолтНТУ, 2017. – 384 с.
Сторінки 120-122
10. Introduction to Unix [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.softwaretestinghelp.com/unix-introduction/> – Дата доступу: 20.05.2019 – Назва з екрану.
11. Features of C language [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:
<https://www.studytonight.com/c/features-of-c.php> – Дата доступу: 20.05.2019 – Назва з екрану.
12. GCC [Електронний ресурс]. – 2019. – Режим доступу до ресурсу:
<https://gcc.gnu.org/> – Дата доступу: 20.05.2019 – Назва з екрану.

13. GLib Overview [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://developer.gnome.org/glib/stable/> – Дата доступа: 20.05.2019 – Назва з екрану.
14. Gtk Overview [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.gtk.org/> – Дата доступа: 20.05.2019 – Назва з екрану.
15. What are the advantages of C++ Programming Language? [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <https://www.tutorialspoint.com/What-are-the-advantages-of-CplusplusProgrammingLanguage> – Дата доступа: 20.05.2019 – Назва з екрану.
16. Templates [Электронный ресурс]. – 2019. – Режим доступа до ресурсу: <http://www.cplusplus.com/doc/oldtutorial/templates/> – Дата доступа: 20.05.2019 – Назва з екрану.
17. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: http://reposit.nupp.edu.ua/xmlui/bitstream/handle/PoltNTU/2997/T2_69_%d0%9d%d0%9a_2017_01.pdf?sequence=1&isAllowed=y
18. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <http://rfidukraine.com.ua/rfid-frequency/>
19. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <http://rfidukraine.com.ua/different-rfid-technology/>
20. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://idcard.com.ua/metki-s-rfid-chipom/>
21. Klaus Finkenzeller. RFID Handbook: Fundamentals and Applications in Contactless Smart Cards and Identification. John Wiley & Sons. 2003.
22. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <http://rfidukraine.com.ua/how-rfid-works/>
23. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <http://rfidukraine.com.ua/rfid-readers/>
24. [Электронный ресурс]. – 2020. – Режим доступа до ресурсу: <https://wireless-e.ru/rfid/rfid/>

25. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://www.vostok.dp.ua/ukr/infa1/rfid/rfid_tekhnologiya/
26. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.datakrat.ru/technology/rfid-radiochastotnaya-identifikatsiya>
27. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: https://shtrih-center.ru/state/sistema_radiochastotnoy_id.html
28. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: Gunther O. RFID in manufacturing. Leipzig, 2008. 163 p
29. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.pvsm.ru/diy-ili-sdelaj-sam/356325>
30. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://3d-diy.ru/wiki/arduino-moduli/nodemcu-lua-wi-fi-na-esp8266/>
31. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.terraelectronica.ru/news/5211>
32. Посудін Ю.І. Фізика і біофізика навколишнього середовища- К.: Світ, 2000. – 303с.
33. Охорона праці в галузі : навчальний посібник / П. С. Атаманчук, В. В. Мендерецький, О. П. Панчук, Р. М. Білий - К. : «Центр учбової літератури», 2017. - 322 с.
34. Григор'єва Л. І., Томілін Ю. А. Електродинаміка біосистем та дія фізичних полів на біосистеми, 194с
35. Денисенко Ю.П., Высочин Ю.В., Гордеев Ю.В. Влияние электромагнитных полей на функциональное состояние центральной нервной системы // Фундаментальные исследования. – 2006. – № 7. – С. 33-34;
36. Охорона праці: Навч. Посібник / За ред.. В. Кучерявого. – Львів: Оріяна – Нова, 2007. – 368 с
37. Гандзюк М.П., Желібо Є.П., Халімовський М.О. Основи охорони праці: Підручник. 5-е вид. / За ред. М.П. Гандзюка. - К.: Каравела, 2011. - 384 с.
38. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.sop.com.ua/article/1071-zasobi-zahistu-vd-shumu-vbrats>
39. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <https://www.kpi.kharkov.ua/archive/Conferences/%D0%91%D0%B5%D0%B7%D0%>

BF%D0%B5%D0%BA%D0%B0%20%D0%BB%D1%8E%D0%B4%D0%B8%D0%BD%D0%B8%20%D0%B2%20%D1%81%D1%83%D1%87%D0%B0%D1%81%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D1%83%D0%BC%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%85/2015/VII-

%D1%97%20%D0%BC%D1%96%D0%B6%D0%BD%D0%B0%D1%80%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B0%20%D0%BD%D0%B0%D1%83%D0%BA%D0%BE%D0%B2%D0%BE-

%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D1%87%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%84%D0%B5%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%86%D1%96%D1%8F/%D0%95%D0%9B%D0%95%D0%9A%D0%A2%D0%A0%D0%9E%D0%9C%D0%90%D0%93%D0%9D%D0%86%D0%A2%D0%9D%D0%86%20%D0%92%D0%98%D0%9F%D0%A0%D0%9E%D0%9C%D0%86%D0%9D%D0%AE%D0%92%D0%90%D0%9D%D0%9D%D0%AF%20%D0%94%D0%86%D0%AF%20%D0%9D%D0%90%20%D0%9E%D0%A0%D0%93%D0%90%D0%9D%D0%86%D0%97%D0%9C%20%D0%9B%D0%AE%D0%94%D0%98%D0%9D%D0%98.pdf стр 264-265

40. [Електронний ресурс]. – 2020. – Режим доступу до ресурсу: <http://dspace.univer.kharkov.ua/bitstream/123456789/7674/2/%D0%92%D1%80%D0%B5%D0%B4%D0%BD%D1%8B%D0%B5%20%D0%B2%D0%B5%D1%89%D0%B5%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%B0.pdf> стр 16-17

```
/*
 * Created by TheCircuit
 */
#define SS_PIN 4 //D2
#define RST_PIN 5 //D1
#include <SPI.h>
#include <MFRC522.h>
#include <Servo.h>

MFRC522 mfrc522(SS_PIN, RST_PIN); // Create MFRC522 instance.

int status = 0;
int out = 0;
Servo servo;

void setup()
{
  Serial.begin(9600); // Initiate a serial communication
  SPI.begin(); // Initiate SPI bus
  mfrc522.PCD_Init(); // Initiate MFRC522
  servo.attach(2); //D4
  servo.write(30);
  delay(2000);
}

void loop()
{
  // Look for new cards
  if ( ! mfrc522.PICC_IsNewCardPresent() )
  {
    return;
  }

  // Select one of the cards
  if ( ! mfrc522.PICC_ReadCardSerial() )
```



```

{
  return;
}
//Show UID on serial monitor
Serial.println();
Serial.print(" UID tag :");
String content= "";
byte letter;
for (byte i = 0; i < mfrc522.uid.size; i++)
{
  Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " ");
  Serial.print(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX);
  content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i] < 0x10 ? " 0" : " "));
  content.concat(String(mfrc522.uid.uidByte[i], HEX));
}
content.toUpperCase();
Serial.println();
if (content.substring(1) == "29 A4 8E 5A") //change UID of the card that you want to give access
{
  Serial.println(" Access Granted ");
  Serial.println(" Welcome!");
  servo.write(120);
  delay(3000);
  servo.write(30);
  delay(1000);
  Serial.println();
  status = 1;
}
else {
  Serial.println(" Access Denied ");
  delay(3000);
}
}

```

