

## **ОСОБЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ МІКРОКОНТРОЛЕРІВ ДЛЯ СТВОРЕННЯ РАДІОКАНАЛІВ ПЕРЕДАВАННЯ ДАНИХ В БЕЗДРОТОВИХ СЕНСОРНИХ МЕРЕЖАХ**

Останнім часом значного розвитку набули бездротові сенсорні мережі, методи радіочастотної ідентифікації, комунікації малого радіусу дії та міжмашинні комунікації, які інтегруючись з інтернетом, дозволяють забезпечити простий зв'язок між різними технічними пристроями («інтернет - речами»), число яких може бути величезним, а також із хмарними сервісами зберігання і обробки даних. Технології передавання даних, залежно від використовуваного середовища передачі, можна розділити на два великі класи: дротові та бездротові. Дротові технології передачі даних в IoT можуть використовувати кабель зв'язку, електропроводку або волоконно-оптичний кабель. Бездротові комунікації великого радіусу дії реалізуються на основі стільникових мереж, GSM, CDMA, LTE, систем широкосмугового доступу WiMAX, LoRa, Nanotron та ін.

Зручне підключення до Wi-Fi точки доступу можливо забезпечити з використанням недорогих чіпів ESP32 та ESP8266, які ідеально підходять для самостійних проєктів у галузі IoT. Плата ESP8266 оснащена інтерфейсом Wi-Fi, а плата ESP32 має два інтерфейси – Wi-Fi та Bluetooth. Наявність інтерфейсу SPI дає змогу підключати до цих мікроконтролерів модуль трансивера, який використовує технологію “LoRa” з розширенням спектру сигналу методом CSS, або радіомодуль NRF24L01.

Керування радіомодулями здійснюється за допомогою цих мікроконтролерів, програмування яких може бути здійснено, наприклад, у програмному середовищі «Arduino IDE».

Деякі проєкти не вимагають доступу в інтернет для передавання сенсорних даних на невелику відстань з використанням бездротових технологій. Наприклад, передавання даних вимірів відстані з використанням ультразвукового методу в системах паркування автомобілів здійснюється на невелику відстань і не вимагає доступу в інтернет.

Використання широкосмугових сигналів у технології “LoRa” забезпечує потрібну швидкість передачі цифрових даних по радіоканалах ISM діапазону з необхідною якістю. Необхідна дальність радіолінії, при обмеженій потужності передавача, забезпечується шляхом адаптивної зміни як швидкості передавання, так і параметрів сигналу із лінійно-частотною модуляцією. При цьому, завдяки оптимальній обробці у приймачі широкосмугового сигналу можливо отримати збільшення потужності корисного сигналу у базу разів. При смузі радіоканалу 125 кГц, для отримання значення бази сигналу 4096, тривалість передачі одного байта інформації у технології “LoRa” складає близько 32 мс.

Передавання даних на невелику відстань без доступу в інтернет можна організувати з використанням радіомодуля NRF24L01, який забезпечує багатоканальне передавання даних. Він працює в діапазоні частот 2,4 ГГц, використовує GFSK – модуляцію і має 128 частотних каналів з рознесенням між каналами 1 МГц. На базі радіомодуля NRF24L01 можливо організувати міні-мережу, тобто на одній частоті можуть працювати до 6 передавачів і 1 приймач. При цьому кожному передавачу присвоюється свій унікальний ідентифікатор, а приймач містить інформацію про всі ідентифікатори передавачів, від яких він буде приймати дані. Забезпечується дальність зв'язку прямої видимості до 100 м, або до 30 м – в приміщенні. Дальність зв'язку можна збільшити до 1000 м, якщо використовувати ці ж модулі з додатковим підсилювачем і зовнішньою антеною.

Мікроконтролери ESP8266 та ESP32 використовують також технологію ESP-NOW – це спрощений протокол зв'язку Wi-Fi з передачею коротких пакетів між пристроями. Додаткові процедури, пов'язані з підтримкою протоколу Wi-Fi, не використовуються, що прискорює процес обміну пакетами. Забезпечується швидкість передачі до 1 Мбіт/с на дальність до 100 м. Ця технологія може застосовуватися в IoT для дистанційного керування актуаторами та отримання інформації від сенсорів.

На базі мікроконтролерів ESP8266 та ESP32 можливо створення локальної Wi-Fi точки доступу з підтримкою DNS. При цьому сенсорні дані можливо відобразити на веб-сторінці шляхом підключення до неї будь-якого пристрою за IP-адресою або за ім'ям. Практична перевірка показала, що впевнене передавання даних можливо на відстань до 100 м.