

Projekt FOGT

Bezprzewodowy pomiar temperatury i wilgotnosci

Jan Bujok 337317

Michał Rempalski 337374

1 Cel projektu

Celem projektu bylo zbudowanie funkcjonalnego ukladu do bezprzewodowego pomiaru temperatury i wilgotnosci, opartego na module mikroprocesorowym Raspberry Pi Pico jako nadajniku oraz Raspberry Pi 4 jako odbiorniku. W projekcie wykorzystano modul radiowy HC-12 pracujacy w pasmie 433 MHz oraz czujnik DHT11, a wyniki prezentowane sa na wyświetlaczu OLED z dodatkowa sygnalizacja LED oraz alarmem akustycznym.

2 Podstawy fizyczne działania czujnika DHT11

Czujnik DHT11 dokonuje pomiaru temperatury i wilgotnosci, wykorzystujac zjawiska fizyczne zwiazane ze zmiana parametrow materialow pod wpływem temperatury i zawartosci wody w powietrzu.

2.1 Pomiar temperatury

Wewnatrz czujnika znajduje sie termistor NTC (Negative Temperature Coefficient). Zasada jego dzialania opiera sie na tym, ze rezystancja materialu polprzewodnikowego maleje wraz ze wzrostem temperatury. Relacje rezystancji od temperatury mozna w przyblizeniu opisac zaleznoscia:

$$R(T) = R_0 \exp \left(B \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) \right)$$

gdzie:

- R_0 – rezystancja referencyjna,
- T – temperatura w kelwinach,
- B – stala materialowa.

DHT11 nie zwraca wartosci analogowych — pomiar jest przeliczany przez wbudowany mikroprocesor, ktory konwertuje rezystancje na wynik cyfrowy.

2.2 Pomiar wilgotnosci

Wilgotnosc wzgledna mierzona jest przez element pojemosciowy wykonany z polimeru hi-groskopijnego. Pole elektryczne pomiedzy elektrodami zależy od stalych elektrycznych dielektryka, a te zmieniaja sie w zaleznosci od zawartosci pary wodnej.

Pojemność kondensatora określana jest wzorem:

$$C = \varepsilon_r \varepsilon_0 \frac{A}{d}$$

gdzie:

- ε_r – wzgledna przenikliwość elektryczna (rosnie wraz z zawiłgoceniem),
- A – powierzchnia elektrod,
- d – odleglosc miedzy elektrodami.

Zmiana pojemnosci jest mierzona przez układ scalony i przeliczana na procentowa wilgotnosc wzgledna.

3 Fizyka transmisji radiowej i modul HC-12

Modul HC-12 wykorzystuje fale elektromagnetyczne w paśmie 433 MHz, bedacym czescia zakresu UHF. Poniżej przedstawiono kluczowe właściwości fizyczne tego pasma.

3.1 Dlugosc fali

Dlugosc fali obliczamy ze wzoru:

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

gdzie:

- $c \approx 3 \cdot 10^8$ m/s – predkosc swiatla,
- $f = 433 \cdot 10^6$ Hz.

Otrzymujemy:

$$\lambda \approx 0.69 \text{ m}$$

Praktyczna antena cwierc-falowa ($\lambda/4$) ma dlugosc okolo:

$$\frac{\lambda}{4} \approx 17 \text{ cm}$$

Jest to dokladnie dlugosc anten stosowanych w modułach HC-12, co zapewnia dobra sprawnosc promieniowania.

3.2 Propagacja fal elektromagnetycznych

Fale 433 MHz posiadaja kilka charakterystycznych cech propagacyjnych:

- dobrze przechodza przez lekkie przegrody (drewno, szklo),
- sa umiarkowanie tlumione przez sciany murowane,
- ulegaja silnemu tlumieniu przy metalowych przeszkodach,
- odbijaja sie od powierzchni, co moze powodowac interferencje konstruktywne i destruktywne,
- nie wymagaja precyzyjnego ukierunkowania anten (charakterystyka dookolna).

3.3 Sposób modulacji i transmisji

Modul HC-12 nie udostepnia bezposrednio modulacji radiowej uzytkownikowi — realizuje caly tor RF wewnatrz. Dla mikrokontrolera pracuje jak “przezroczyste połaczenie UART”, co oznacza:

- UART wysyla bajty → HC-12 moduluje i wysyla fale radiowa,
- HC-12 odbiera sygnal radiowy → demoduluje → wystawia bajty na UART RX.

W praktyce modul stosuje modulacje FSK, poniewaz jest odporna na zaklocenia i prosta sprzutowo.

3.4 Zakres pracy i moc nadajnika

Moc wyjsciowa HC-12 wynosi ok. 100 mW, co przy dobrej antenie daje zasieg:

- 50–100 m w pomieszczeniach,
- 200–1000 m w otwartej przestrzeni.

Realne wartosci zaleza od tlumienia fal, odbic oraz zaklocen generowanych przez inne urzadzenia w paśmie ISM.

4 Opis ukladu nadajnika

Nadajnik bazuje na Raspberry Pi Pico. Czujnik DHT11 mierzy temperature oraz wilgotnosc, a Pico przetwarza wyniki i wysyla je w formacie tekstowym. Schemat pracy:

1. inicjalizacja czujnika DHT11,
2. odczyt temperatury i wilgotnosci,
3. wygenerowanie danych w formacie tekstowym,

4. wyslanie danych przez UART do HC-12,
5. transmisja radiowa.

Dioda LED sygnalizuje wykonanie pomiaru.

5 Opis ukladu odbiornika

Odbiornik wykorzystuje Raspberry Pi 4. Dane odebrane przez HC-12 sa analizowane. W przypadku poprawnego odczytu:

- dane wyświetlane sa na ekranie OLED,
- dioda LED miga jako sygnal odebrania ramki,
- jesli przekroczeno prog temperatury lub wilgotnosci, wlaczany jest buzzer.

6 Wnioski

Projekt pozwolil na praktyczne zastosowanie:

- fizyki fal elektromagnetycznych,
- zasad działania anten cwierc-falowych,
- pomiarow pojemnosciowych i rezystancyjnych w czujniku DHT11,
- podstaw transmisji cyfrowej przez UART,
- propagacji fal w srodowisku rzeczywistym.

Zaprojektowany uklad okazal sie stabilny i funkcjonalny. Transmisja radiowa w paśmie 433 MHz byla odporna na przeszkode i zapewnila prawidlowe odtwarzanie danych. Projekt mozna łatwo rozbudowac o kolejne czujniki i protokoly komunikacyjne.

7 Film demonstracyjny

W ramach projektu przygotowano krotki film prezentujacy dzialanie ukladu nadajnika i odbiornika, wraz z omowieniem sposobu pomiaru oraz transmisji radiowej. Link do materialu video:

<https://www.youtube.com/watch?v=-KaHl-fO7PE>

Film przedstawia:

- uruchomienie nadajnika Raspberry Pi Pico
- uruchomienie odbiornika Raspberry Pi 4

- pomiary temperatury i wilgotnosci z czujnika DHT11,
- wysyłanie danych przez modul HC-12,
- odbior danych na Raspberry Pi 4 oraz wizualizacja danych w czasie rzeczywistym
- reakcje alarmowa (buzzer) na przekroczenie progow.

8 Bibliografia i materiały źródłowe

- Dokumentacja czujnika DHT11 – datasheet:
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/view/2193416/0SEPP/DHT11.html>
- Dokumentacja modułu radiowego HC-12:
<https://www.elecrow.com/download/HC-12.pdf>
- Dokumentacja wyświetlacza OLED SSD1306 (SPI/I2C) – Adafruit:
<https://cdn-learn.adafruit.com/downloads/pdf/monochrome-oled-breakouts.pdf>
- Raspberry Pi Pico – dokumentacja techniczna:
<https://datasheets.raspberrypi.com/pico/pico-datasheet.pdf>
- Raspberry Pi 4 – dokumentacja GPIO i interfejsów:
<https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-datasheet.pdf>
- Dokumentacja biblioteki SSD1306 dla Pythona (CircuitPython):
<https://docs.circuitpython.org/projects/ssd1306/en/latest/>