

Projekt FOGT

Bezprzewodowy pomiar temperatury i wilgotności

Jan Bujok 337317

Michał Rempalski 337374

1 Cel projektu

Celem projektu było zbudowanie funkcjonalnego układu do bezprzewodowego pomiaru temperatury i wilgotności, opartego na module mikroprocesorowym Raspberry Pi Pico jako nadajniku oraz Raspberry Pi 4 jako odbiorniku. W projekcie wykorzystano moduł radiowy HC-12 pracujący w paśmie 433 MHz oraz czujnik DHT11, a wyniki prezentowane są na wyświetlaczu OLED z dodatkową sygnalizacją LED oraz alarmem akustycznym.

2 Podstawy fizyczne działania czujnika DHT11

Czujnik DHT11 dokonuje pomiaru temperatury i wilgotności, wykorzystując zjawiska fizyczne związane ze zmianą parametrów materiałów pod wpływem temperatury i zawartości wody w powietrzu.

2.1 Pomiar temperatury

Wewnątrz czujnika znajduje się termistor NTC (Negative Temperature Coefficient). Zasada jego działania opiera się na tym, że rezystancja materiału półprzewodnikowego maleje wraz ze wzrostem temperatury. Relacje rezystancji od temperatury można w przybliżeniu opisać zależnością:

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

gdzie:

- R_0 – rezystancja referencyjna,
- T – temperatura w kelwinach,
- B – stała materiałowa.

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

2.2 Pomiar wilgotnosci

Wilgotnosc wzgledna mierzona jest przez element pojemnoscowy wykonany z polimeru higroskopijnego. Pole elektryczne pomiedzy elektrodami zalezy od stalych elektrycznych dielektryka, a te zmieniaja sie w zaleznosci od zawartosci pary wodnej.

Pojemność kondensatora okreslana jest wzorem:

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

gdzie:

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

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

3 Fizyka transmisji radiowej i modul HC-12

Modul HC-12 wykorzystuje fale elektromagnetyczne w pasmie 433 MHz, bedacym czescia zakresu UHF. Ponizej przedstawiono kluczowe wlasciwosci 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 modulach HC-12, co zapewnia dobra sprawnosc promieniowania.

3.2 Propagacja fal elektromagnetycznych

Fale 433 MHz posiadają kilka charakterystycznych cech propagacyjnych:

- dobrze przechodzą przez lekkie przegrody (drewno, szkło),
- są umiarkowanie tłumione przez ściany murowane,
- ulegają silnemu tłumieniu przy metalowych przeszkodach,
- odbijają się od powierzchni, co może powodować interferencje konstruktywne i destruktywne,
- nie wymagają precyzyjnego ukierunkowania anten (charakterystyka dookólna).

3.3 Sposób modulacji i transmisji

Moduł HC-12 nie udostępnia bezpośrednio modulacji radiowej użytkownikowi — realizuje cały tor RF wewnątrz. Dla mikrokontrolera pracuje jak “przezroczyste połączenie UART”, co oznacza:

- UART wysyła bajty → HC-12 moduluje i wysyła fale radiowe,
- HC-12 odbiera sygnał radiowy → demoduluje → wystawia bajty na UART RX.

W praktyce moduł stosuje modulację FSK, ponieważ jest odporna na zakłócenia i prosta sprzętowo.

3.4 Zakres pracy i moc nadajnika

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

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

Realne wartości zależą od tłumienia fal, odbić oraz zakłóceń generowanych przez inne urządzenia w paśmie ISM.

4 Opis układu nadajnika

Nadajnik bazuje na Raspberry Pi Pico. Czujnik DHT11 mierzy temperaturę oraz wilgotność, a Pico przetwarza wyniki i wysyła je w formacie tekstowym. Schemat pracy:

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

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

Dioda LED sygnalizuje wykonanie pomiaru.

5 Opis układu odbiornika

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

- dane wyświetlane są na ekranie OLED,
- dioda LED miga jako sygnał odebrania ramki,
- jeśli przekroczono prog temperatury lub wilgotności, włączany jest buzzer.

6 Wnioski

Projekt pozwolił na praktyczne zastosowanie:

- fizyki fal elektromagnetycznych,
- zasad działania anten cwiere-falowych,
- pomiarów pojemnościowych i rezystancyjnych w czujniku DHT11,
- podstaw transmisji cyfrowej przez UART,
- propagacji fal w środowisku rzeczywistym.

Zaprojektowany układ okazał się stabilny i funkcjonalny. Transmisja radiowa w paśmie 433 MHz była odporna na przeszkody i zapewniła prawidłowe odtwarzanie danych. Projekt można łatwo rozbudować o kolejne czujniki i protokoły komunikacyjne.

7 Film demonstracyjny

W ramach projektu przygotowano krótki film prezentujący działanie układu nadajnika i odbiornika, wraz z omówieniem sposobu pomiaru oraz transmisji radiowej. Link do materiału wideo:

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

Film przedstawia:

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

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

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/>