

Stacja pomiarowa dla Raspberry Pi Pico

Autor: Marcin Żurawel

Przedmiot: Złożone Systemy Cyfrowe

Aplikacja webowa na Raspberry Pi Pico, służąca do pomiarów i wyświetlania zebranych z czujników danych w formie interaktywnego dashboardu.

Użyte technologie i podzespoły

Celem projektu było zrealizowanie w pełni funkcjonalnej aplikacji webowej w jak najbardziej niskopoziomowy sposób, czyli korzystając tylko ze standardowej biblioteki w wybranych językach.

Serwer

Do napisania serwera skorzystałem z MicroPythona, czyli implementacji Pythona na mikrokontrolery. Do odczytywania pomiarów użyłem sterowników, które dostarcza MicroPython, a także jednego dodatkowo pobranego (dafvid/micropython-bmp280). Użyta “bazą danych” są pliki txt, gdzie zapisuję odpowiednio sformatowane rekordy.

Klient

Frontend został napisany korzystając z JavaScriptu i HTMLa, oraz bibliotek PicoCSS (podstawowe stylowanie elementów) i Lightweight Charts (wyświetlanie danych w formie wykresu).

Układ cyfrowy

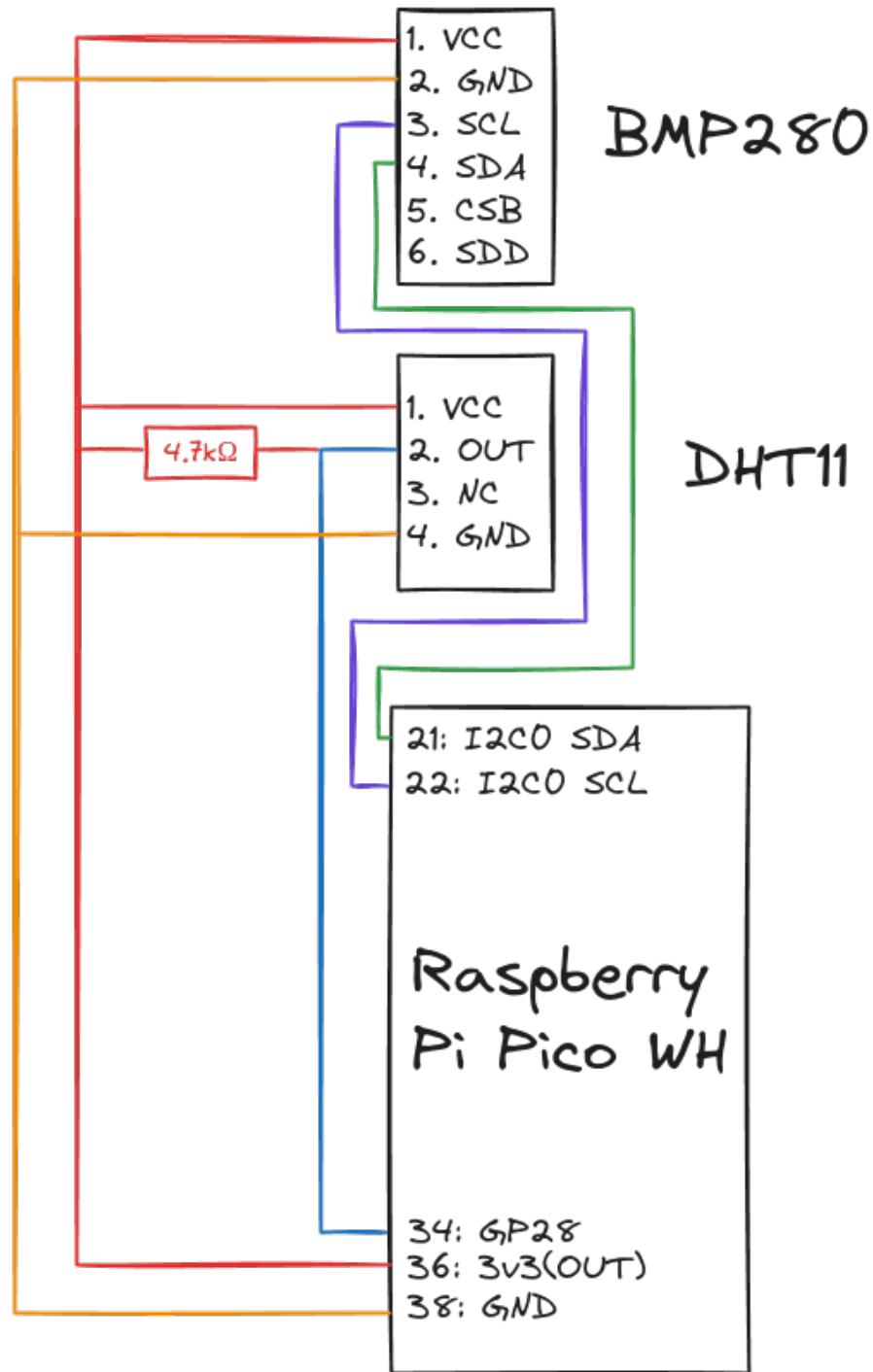
Do stworzenia układu skorzystałem z płytki breadboard, ułatwiającej tworzenie prototypu. Na niej umieściłem mikrokontroler Raspberry Pi Pico WH, czyli Pi Pico w wersji z kartą sieciową umożliwiającą podłączanie do WiFi i włączanymi headerami. Do niej podłączyłem czujniki DHT11 (pomiar temperatury i wilgotności) BMP280 (pomiar temperatury i ciśnienia atmosferycznego).

Inne

Do ułatwienia najczęstszych operacji na mikrokontrolerze (ładowanie plików, uruchamianie REPL, konfigurowanie WiFi) przygotowałem skrypt Bash.

Projekt układu cyfrowego

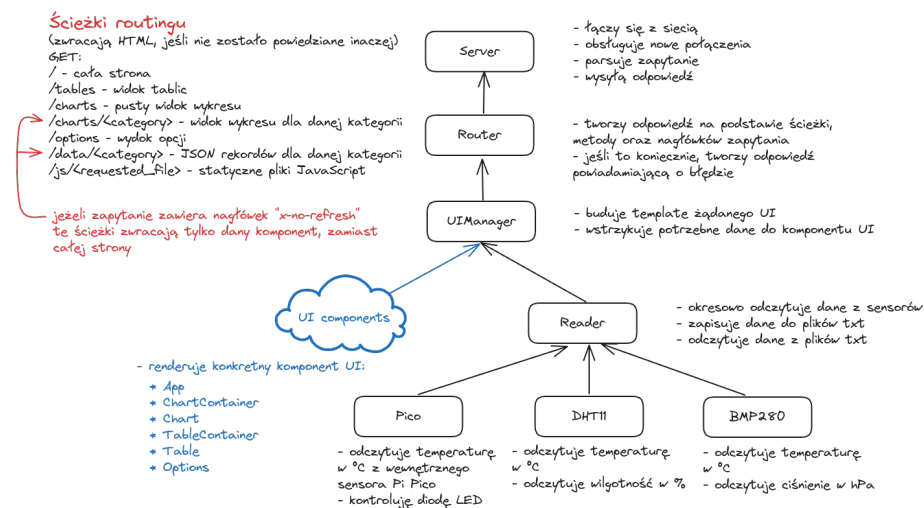
Schemat



Architektura oprogramowania

Diagram

Serwer został zaimplementowany zgodnie z następującym diagramem:



Wynik



Wnioski

Użyte sensory

Wykorzystałem sensory korzystające zarówno z komunikacji I2C (BMP280) jak i Serial (DHT11). Było to na pewno edukacyjne doświadczenie, jednak w przyszłości prawdopodobnie postawię na czujniki komunikujące się przez I2C, z powodu łatwiejszego wykorzystania po stronie oprogramowania i nie wymagania dodatkowych podzespołów (do podłączenia DHT11 musiałem skorzystać z dodatkowego rezystora). Kolejnym problemem z DHT11 była niska dokładność czujnika, która nie pozwalała na odczytywanie zmian w wynikach odczytu w czasie rzeczywistym (przy małych zmianach). Jedynym problemem z BMP280 był brak fabrycznie wlutowanych pinów.

SSR a CSR

Przy projektowaniu aplikacji zdecydowałem się na użycie Server Side Rendering, czyli renderowaniu strony po stronie serwera oraz HTML As The Engine Of State, czyli przechowywaniu stanu aplikacji (w większości) jako HTML. Zaletami tego rozwiązania było otrzymanie dobrze ustrukturyzowanego kodu, przejrzyste zarządzanie stanem aplikacji oraz wyróżnione URL dla każdego widoku na stronie. Ponadto udało się zachować zaletę SPA (Single Page Application) dzięki skorzystaniu z częściowego renderingu (nagłówek “x-no-refresh”). Wadami było obciążenie serwera renderowaniem UI, co wiązało się z problemami z pamięcią mikrokontrolera oraz zdecydowanie utrudniona implementacja - MicroPython nie ma wbudowanego wsparcia dla template’ów, a po stronie klienta normalnie używa się biblioteki htmx, której część cech musiałem zaimplementować własnoręcznie.

Manualne uruchamianie garbage collection

Dużym problemem było zapełnienie pamięci podręcznej płytki gdy aplikacja działała przez dłuższy czas. Okazało się, że wynikiem było wielokrotne tworzenie tymczasowych obiektów - szczególnie komponentów UI, które były tworzone przy każdym zapytaniu. Prowadziło to do fragmentacji pamięci, ponieważ garbage collection MicroPythona uruchamia się dopiero w przypadku gdy pamięć osiągała ustalony poziom zapełnienia, a nie gdy obiekt przestawał być potrzebny. Rozwiązaniem problemu było manualne uruchamianie garbage collection po obsłużeniu każdego zapytania:

```
# server.py
import gc
# po obsłużeniu zapytania wyczyść niepotrzebne obiekty
gc.collect()
```

Źródła

www.datasheets.raspberrypi.com/picow/connecting-to-the-internet-with-pico-w.pdf

www.datasheets.raspberrypi.com/pico/raspberry-pi-pico-python-sdk.pdf
www.docs.micropython.org/
[www.github.com/micropython/micropython/issues/8736](https://github.com/micropython/micropython/issues/8736)
[www.github.com/orgs/micropython/discussions/9096](https://github.com/orgs/micropython/discussions/9096)
www.forum.micropython.org/viewtopic.php?t=9369
www.medium.com/@chirag.singla/http2-pipelining-and-multiplexing-7208572cf37e
www.www.halvorsen.blog/documents/technology/iot/pico/pico_temperature_sensor_builtin.php
www.mathspp.com/blog/sockets-for-dummies
www.docs.python.org/3/howto/sockets.html
www.thesolderingstation.com/how-to/how-to-solder-header-pins/
www.electrocredible.com/raspberry-pi-pico-serial-uart-micropython/
www.www.instructables.com/DHT11-With-Raspberry-Pi-Pico/
www.forums.raspberrypi.com/viewtopic.php?t=222791
www.docs.micropython.org/en/latest/esp8266/tutorial/dht.html
www.randomnerdtutorials.com/raspberry-pi-pico-dht11-dht22-micropython/
www.randomnerdtutorials.com/raspberry-pi-pico-w-asynchronous-web-server-micropython/
www.electrocredible.com/bmp280-raspberry-pi-pico-micropython-guide/
www.stackoverflow.com/questions/14081189/how-to-parse-a-post-requests-body
www.stackoverflow.com/questions/73720122/how-does-parsing-the-multipart-form-data-http-request-work