**System automatyki szklarni z wykorzystaniem sieci bezprzewodowej**

1. Wstęp
2. Cel i zakres pracy
3. Mikroklimat
4. Przegląd rynku rozwiązań komercyjnych
   1. Rozwiązania dla rolników
   2. Rozwiązania hobbystyczne
5. Technologie wykorzystywane w czujnikach
   1. Przegląd układów mikroprocesorowych
   2. Przegląd zastosowanych technologii bezprzewodowych
   3. Przegląd czujników
6. Budowa systemu
   1. Wprowadzenie
   2. Założenia projektu
   3. Część hardware-owa projektu
      1. wprowadzenie
      2. Mikrokontroler
      3. Czujniki
      4. pytka
   4. Część software-owa projektu
      1. Wprowadzenie
      2. Omówienie komunikacji na linii mikrokontroler - serwer
      3. Oprogramowanie mikrokontrolera
         1. Założenia
         2. Schematy blokowe
         3. Omówienie działania programu
      4. Oprogramowanie serwerowe
         1. Założenia
         2. Schematy blokowe
         3. Omówienie działania programu
7. Efekt badania prototypu urządzenia
8. Podsumowanie i wnioski
9. Literatura
10. Streszczenie
11. Abstract

**Wstęp**

**Cel i zakres pracy**

Celem pracy jest zaprojektowanie, wykonanie prototypu oraz oprogramowanie systemu monitorowania warunków panujących w szklarni (wilgotności powietrza, temperatury oraz wilgotności gleby). Urządzenie będzie umożliwiało zdalne monitorowanie parametrów przy pomocy interfejsu przeglądarkowego. Projekt ma powstać z wykorzystaniem systemu mikroprocesorowego z interfejsem bezprzewodowym oraz dedykowanych czujników na zaprojektowanym obwodzie PCB.

Zakres prac:

* Zbudowanie i oprogramowanie prototypu urządzenia pomiarowego bazującego na mikrokontrolerze ESP32, czujniku temperatury i wilgotności powietrza SHT30 oraz pojemnościowym czujniku wilgotności gleby
* Dobór protokołu komunikacyjnego zapewniającego stabilną wymianę informacji pomiędzy rozproszonymi urządzeniami pomiarowymi a serwerem
* Stworzenie aplikacji serwerowej odpowiadającej za zbieranie i przetwarzanie informacji z urządzeń pomiarowych
* Zaimplementowanie prostego interfejsu pozwalającego na odczyt aktualnych wartości przekazanych przez urządzenia pomiarowe oraz dostęp do danych archiwalnych

**Przegląd rynku rozwiązań komercyjnych**

**Technologie wykorzystywane w czujnikach**

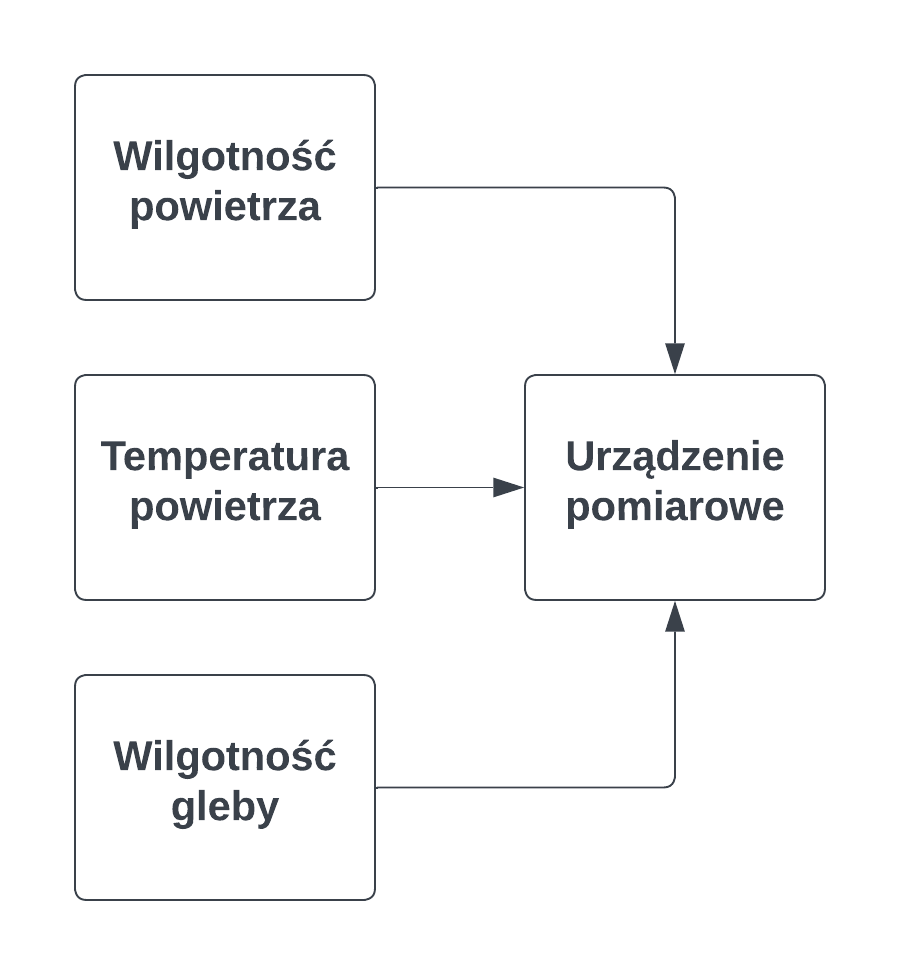
**Budowa systemu**

**Wprowadzenie**

**Założenia projektu**

**HW**

Częścią HW projektu jest stworzenie urządzenia pomiarowego pozwalającego na wykonywanie zdalnych pomiarów temperatury i wilgotności powietrza oraz wilgotności gleby w szklarni. W tej sekcji pracy opisane zostały zastosowane rozwiązania sprzętowe realizujące w praktyce założenia ze schematu ideowego.



**Mirkokontroler**

W projekcie został zastosowany mikrokontroler ESP32 (ESP-WROOM-32). Jest to moduł wyposażony w dwurdzeniowy mikroprocesor Tensilica LX6 240 Mhz, 520KB SRAM, 4MB pamięci flash oraz obsługę sieci Wi-Fi oraz Bluetooth.

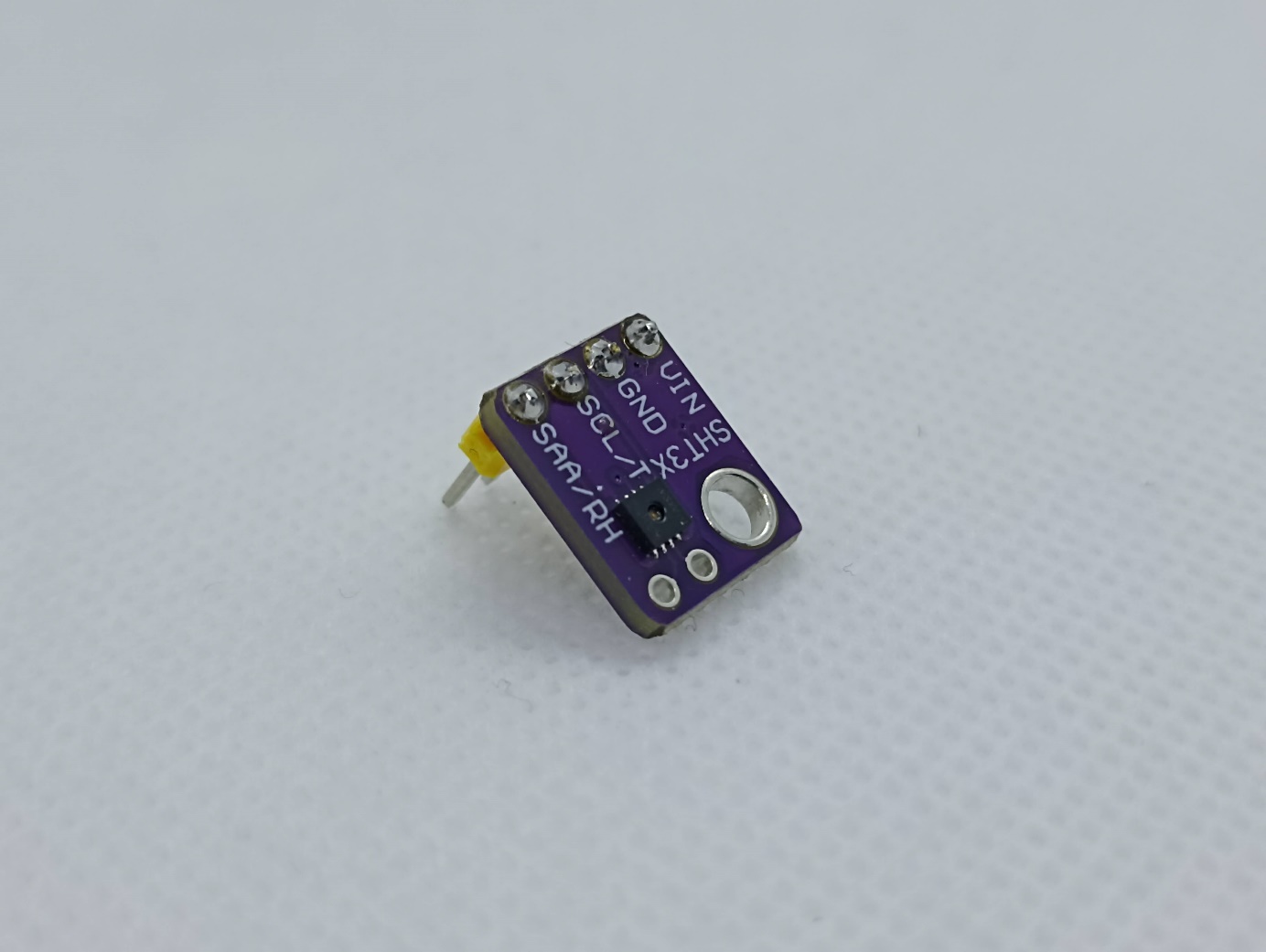


Parametry jakimi cechuje się wybrany mikrokontroler są tylko częściowo wykorzystywane w projekcie. Wybór modułu został podyktowany przede wszystkim jego szeroką dostępnością, stosunkowo niską ceną, wbudowaną obsługą sieci Wi-Fi oraz wsparciem dla frameworka Arduino.

**Czujniki**

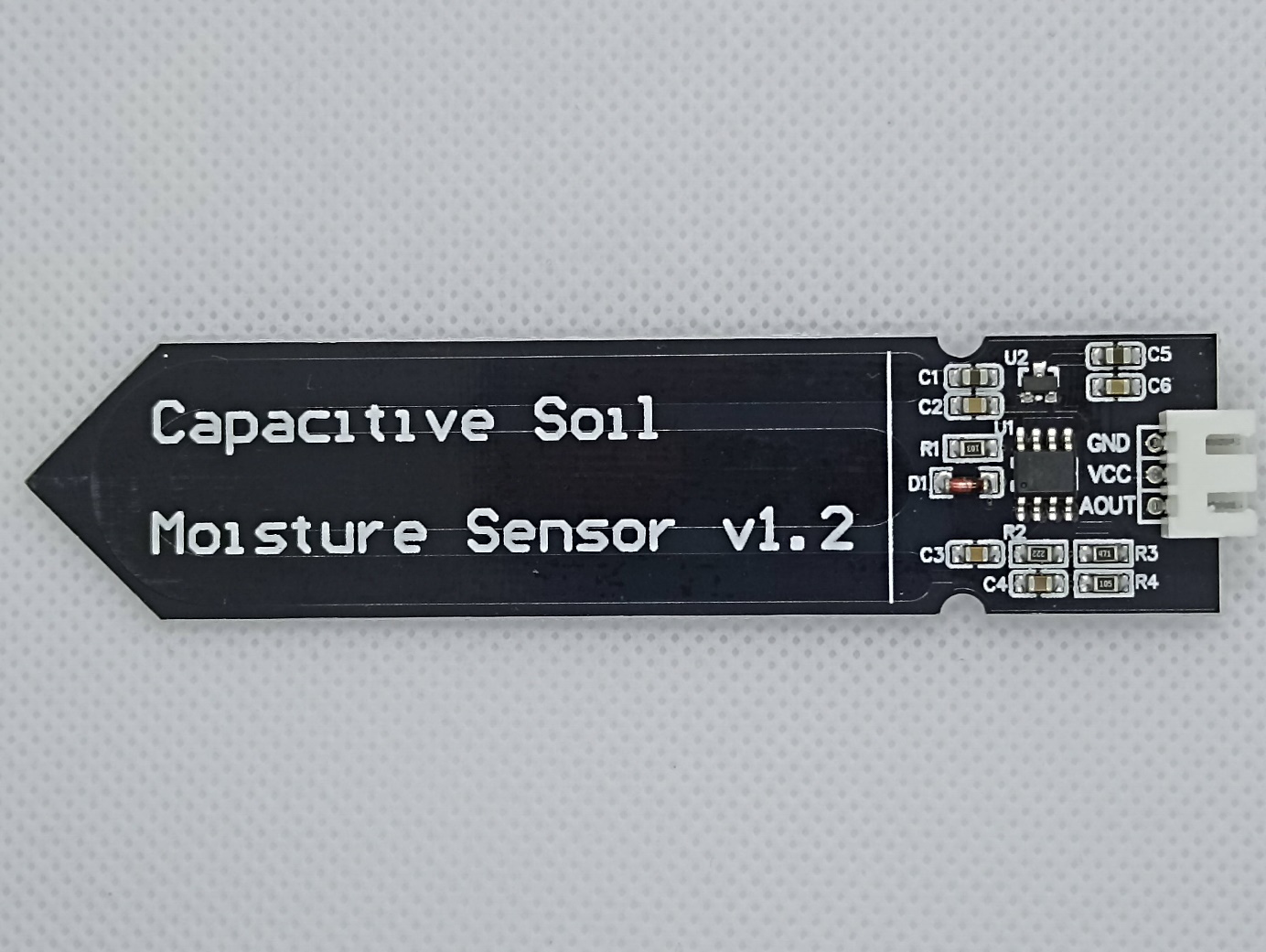
Głównym założeniem projektu jest automatyzacja pomiarów wilgotności i temperatury powietrza oraz wilgotności gleby w szklarni. Aby umożliwić mikrokontrolerowi zbieranie tych danych zostały zastosowane poniższe czujniki:

* SHT-30 – pomiar wilgotności i temperatury powietrza
* Pojemnościowy czujnik wilgotności gleby



(**DO WERYFIKACJI**) SHT-30 jest sensorem o dokładności rzędu 0.2°C w pomiarze temperatury oraz 2 punkty procentowe w pomiarze wilgotności. Obsługuje zakres [T]0-65°C i [H]10-90%. Jest to wystarczająca dokładność jak i rozpiętość pomiarów w tym zastosowaniu.

Sensor podłączany jest do mikrokontrolera za pomocą protokołu I2C (Piny SCL, SDA kontrolera)

****

Czujnik wilgotności gleby jest prostym urządzeniem, którego działanie odbywa się na zasadzie pomiaru zmiany pojemności medium w którym się znajduje. Odczyty realizowane są przez interpretacje wartości na wyjściu analogowym sensora.



Im wyższa wilgotność badanego medium, tym niższa wartość sygnału na wyjściu czujnika.

Brak wiarygodnej dokumentacji i jakiegokolwiek wzorcowania czujnika powoduje, że uzyskane w ten sposób pomiary są w najlepszym wypadku poglądowe. Procentowe wartości wilgotności gleby obliczane przez program obsługujący urządzenie pomiarowe należy traktować jedynie jako **GÓWNO**

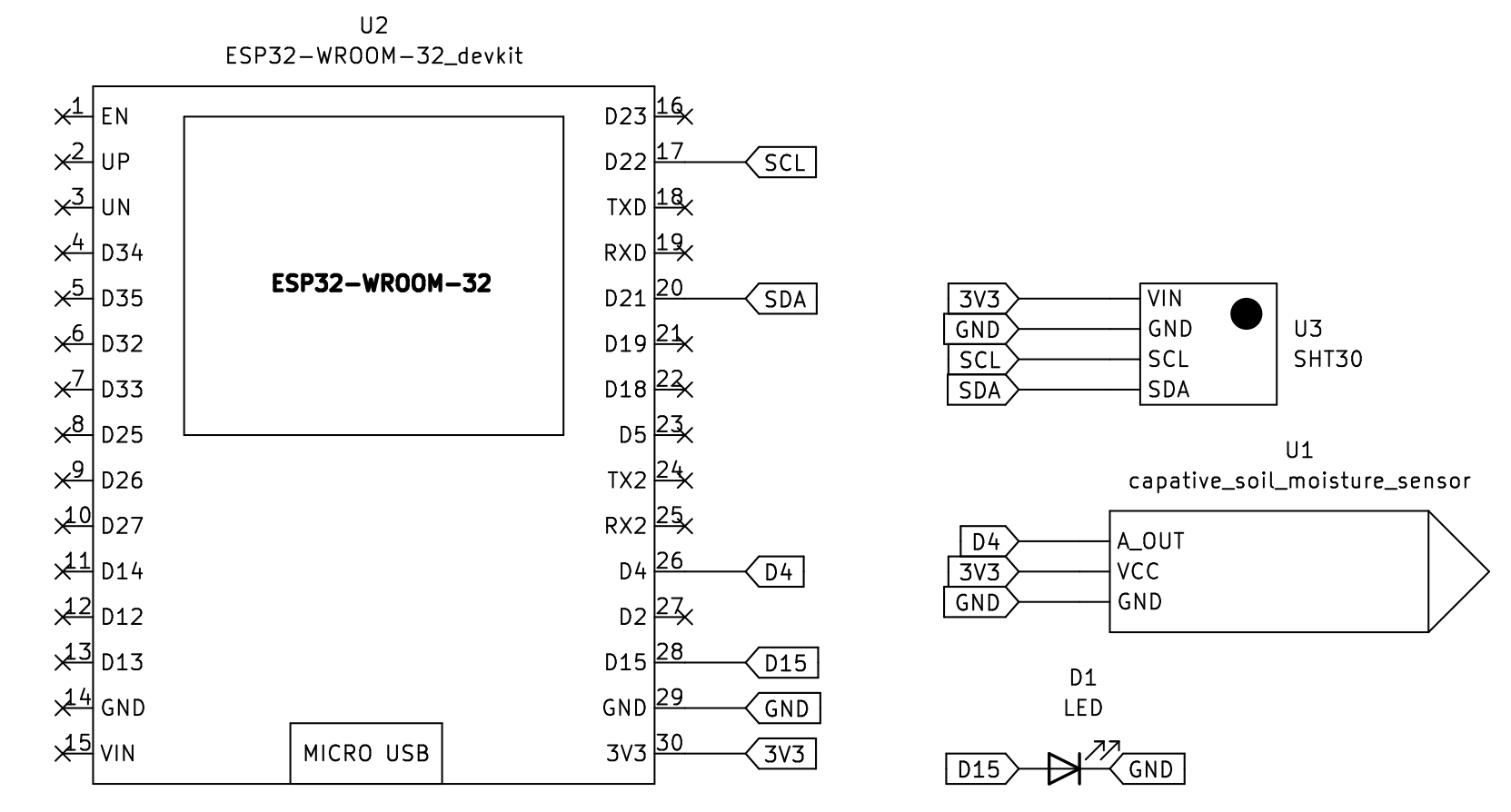
Zakres wartości sygnału został oszacowany poprzez zrobienie testu, w którym suchy czujnik został umieszczony w wodzie. Uzyskany w ten sposób zakres został przeliczony na wartości od ~0% do 100%. Aby przeprowadzić sensowną kalibrację odczytów czujnika dobrze by było przeprowadzić serie pomiarów w komorze klimatycznej o zmiennej wilgotności powietrza.

**Elementy do debugowania na poziomie sprzętowym**

Aby ułatwić debugowanie oprogramowania urządzenia na poziomie sprzętowym wykorzystana została wewnętrzna dioda mikrokontrolera sprzęgnięta z pinem D2 oraz dodana została dioda LED na pinie D15. Docelowo mają one sygnalizować działanie procesów na konkretnych rdzeniach procesora. Wyprowadzone zostały piny (**TU WSTAW NUMERY PINÓW**) aby umożliwić wizualizację działania wątków na oscyloskopie.

**Schemat**

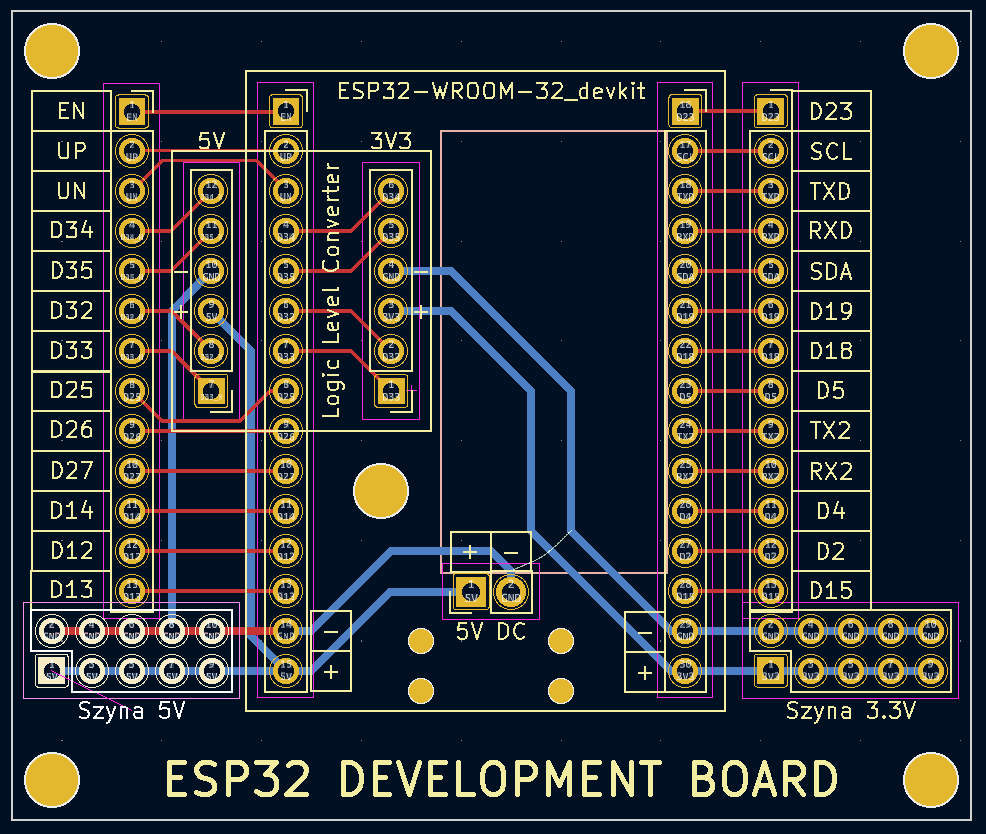
Poniżej schemat rzeczywistych połączeń w projekcie.

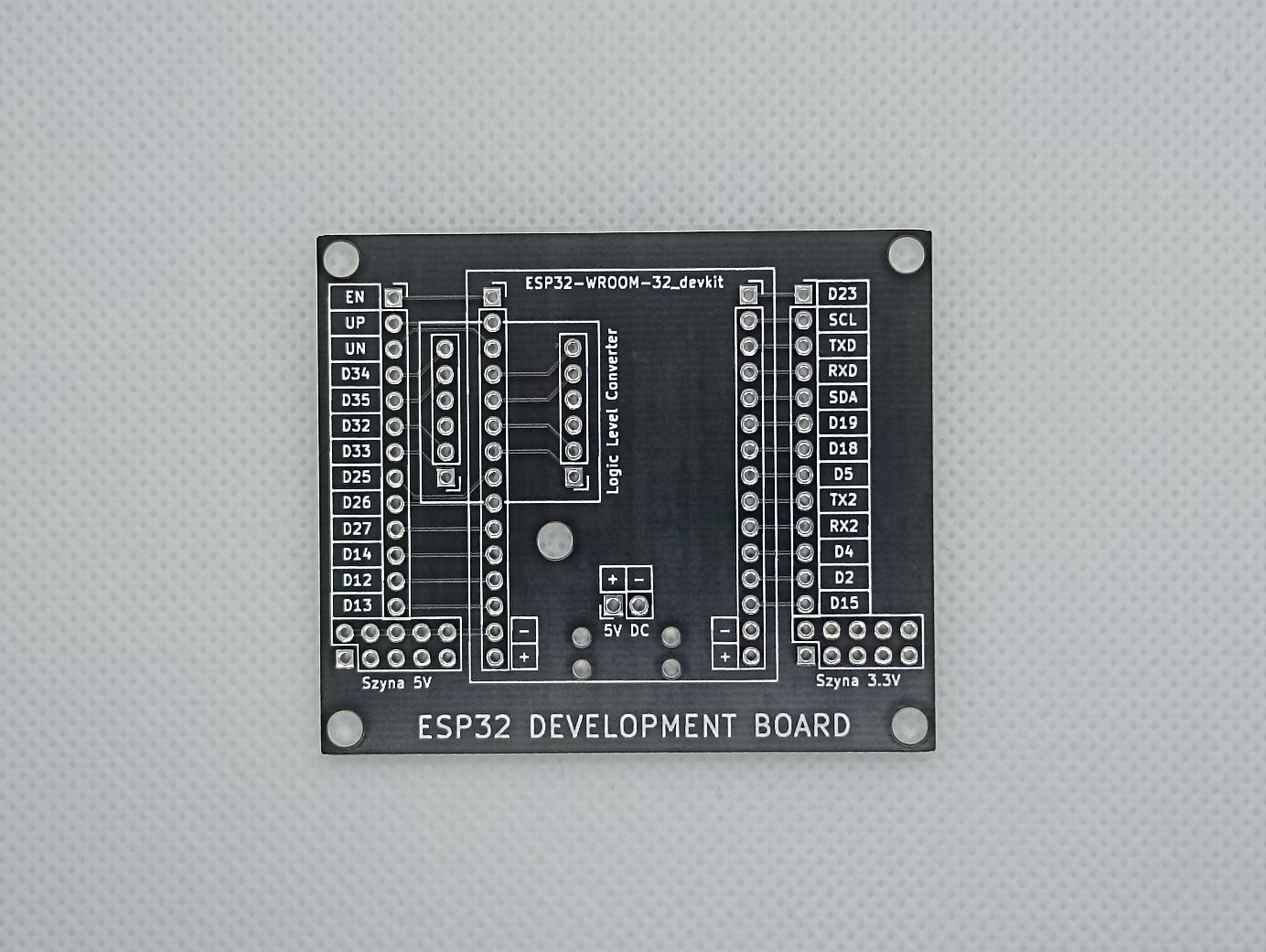


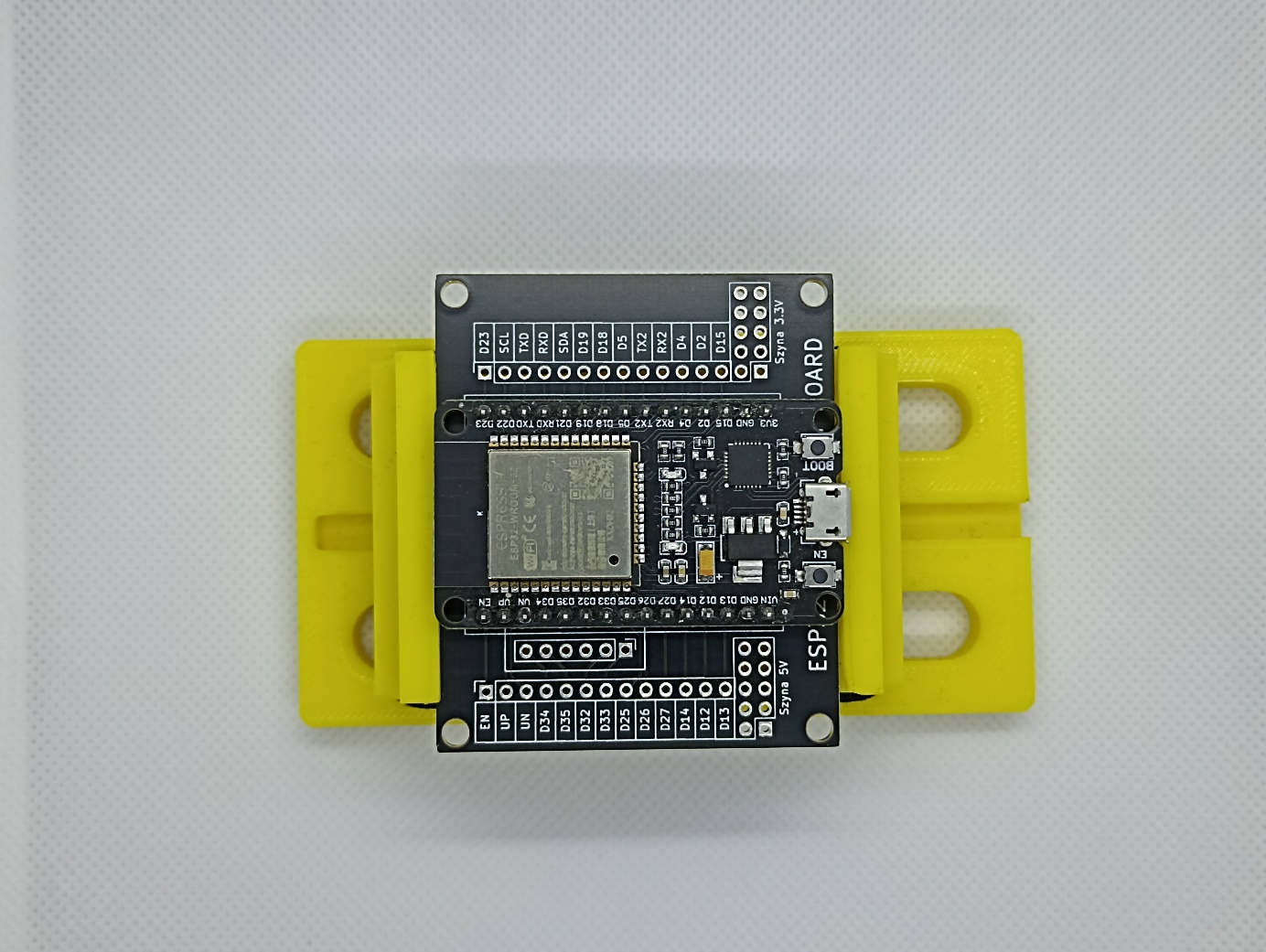
**Płytka**

W projekcie zastosowana została płytka PCB – nie jest ona dedykowana do urządzenia pomiarowego. Ze względów ekonomicznych została zaprojektowana płytka uniwersalna z możliwością zastosowania konwertera stanów logicznych do zamiany stosowanej logiki 3V3 na 5V.

Płytka została zaprojektowana w programie KiCAD.





****

**Zabezpieczenie przed warunkami zewnętrznymi**

Urządzenie pomiarowe zostało zabezpieczone wykonanymi w technologii druku 3D obudowami. W prototypowej wersji druk został zrealizowany z wykorzystaniem materiału PLA, jednak jest on biodegradowalny, co znaczy, że na dłuższą metę nie sprawdzi się w finalnym zastosowaniu. Dodatkowo, gdyby urządzenie miało być używane w realnym zastosowaniu obudowy powinny lepiej zabezpieczać przed działaniem kurzu i wody.

Mikrokontroler wraz z sensorem SHT-30





Pojemnościowy czujnik wilgotności gleby





**Soft**

**Oprogramowanie mikrokontrolera**

**Wprowadzenie**

Oprogramowanie mikrokontrolera ma spełniać trzy podstawowe funkcje:

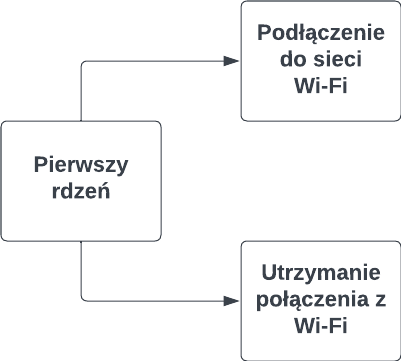
* Utrzymanie stabilnego połączenia z siecią Wi-Fi
* Odczyt i przetwarzanie informacji z podłączonych czujników
* Komunikacja z serwerem

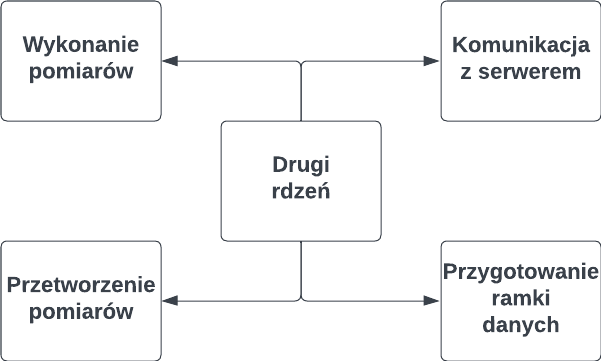
Platformą na której zaimplementowane zostały powyższe funkcjonalności jest wspomniany wyżej mikrokontroler ESP32. Wbudowany moduł sieci bezprzewodowej pozwolił na zrezygnowanie z zewnętrznego modułu Wi-Fi oraz zegara czasu rzeczywistego. Ponadto mikroprocesor Tensilica Xtensa LX6 pozwolił na odseparowanie priorytetowej funkcjonalności utrzymania połączenia z siecią bezprzewodową od reszty.

Oprogramowanie urządzenia pomiarowego było tworzone z wykorzystaniem środowiska Arduino IDE 2.0 ze względu na wbudowane rozszerzenie do prostego pobierania potrzebnych bibliotek, wbudowany kompilator, monitor portu szeregowego oraz przede wszystkim narzędzie do wgrywania skompilowanego kodu bezpośrednio na zastosowaną płytkę.

https://docs.platformio.org/en/stable/frameworks/arduino.html

Język w jakim zostało napisane oprogramowanie to pochodna języka C wykorzystywana głównie w programowaniu płytek rozwojowych Arduino. Wykorzystanie tego frameworka było ponieważ poza mikroprocesorami firmy Atmel (wykorzystywanymi w Arduino) wspiera on również inne chipy między innymi te produkowane przez Espressif.





**Schematy blokowe i omówienie działania programu**

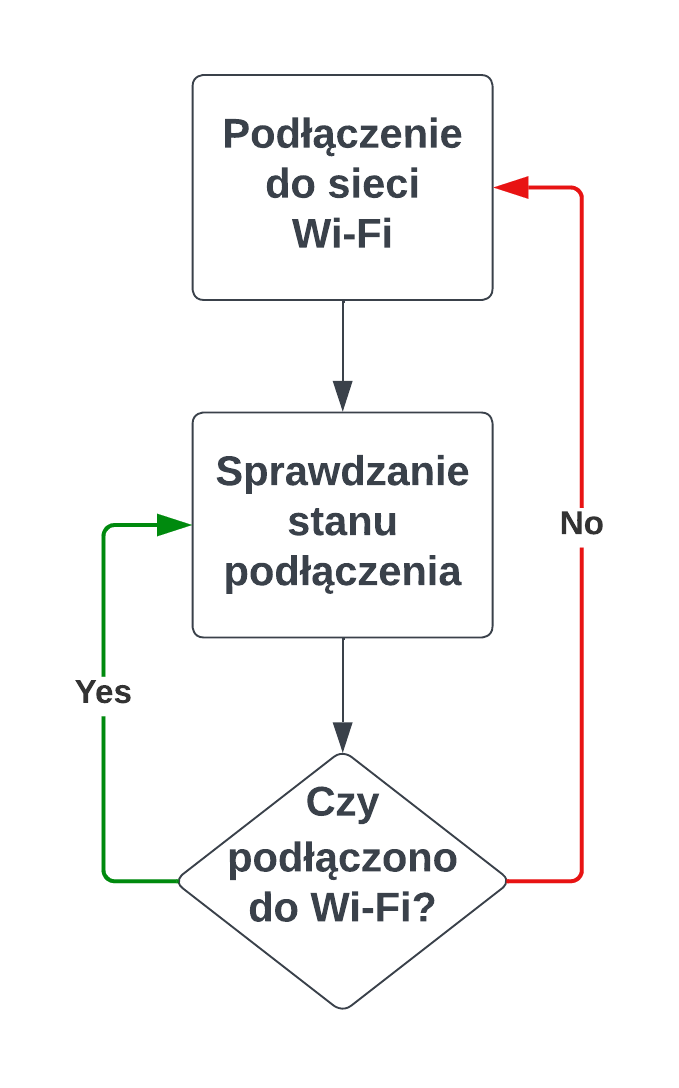
W oprogramowaniu urządzenia pomiarowego można wyszczególnić 3 główne sekcje:

* Obsługa połączenia z siecią Wi-Fi
* Zbieranie i przetwarzanie danych z czujników
* Komunikacja z serwerem

Aby zapewnić stabilną i pewną pracę programu wykorzystany został FreeRTOS – system operacyjny czasu rzeczywistego dla zastosowań embeded. Pozwala on na programowanie wielowątkowe oraz zarządzanie cechami wątków takimi jak m.in. priorytet wykonywania i przypisanie do wskazanego rdzenia procesora.

W omawianym przypadku dla każdej z wymienionych sekcji został utworzony dedykowany wątek (task) z czego obsługa połączenia z siecią bezprzewodową została odseparowana od reszty programu. Przypisana została do pierwszego rdzenia procesora. Powoduje to, że jej działanie nie zostanie w żaden sposób zakłócone przy wykonywaniu pozostałych funkcji. Drugi rdzeń odpowiada za obsługę czujników i komunikację z serwerem.

Stabilne działanie funkcji odpowiadającej za nawiązanie komunikacji bezprzewodowej jest priorytetowe, ponieważ stworzona procedura odpowiada również za ponowne połączenie w przypadku zerwania połączenia z siecią Wi-Fi

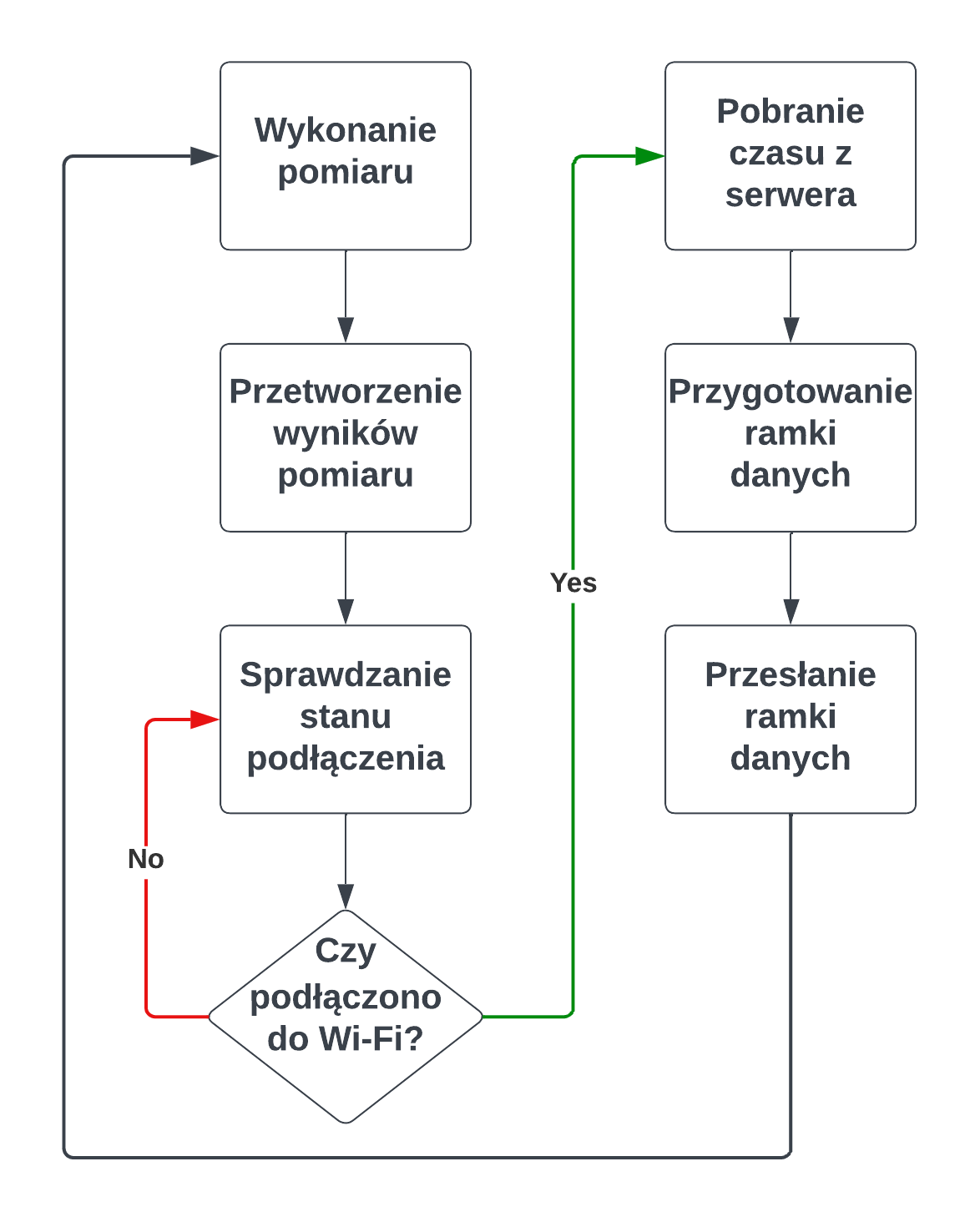


Schemat procedury wifi



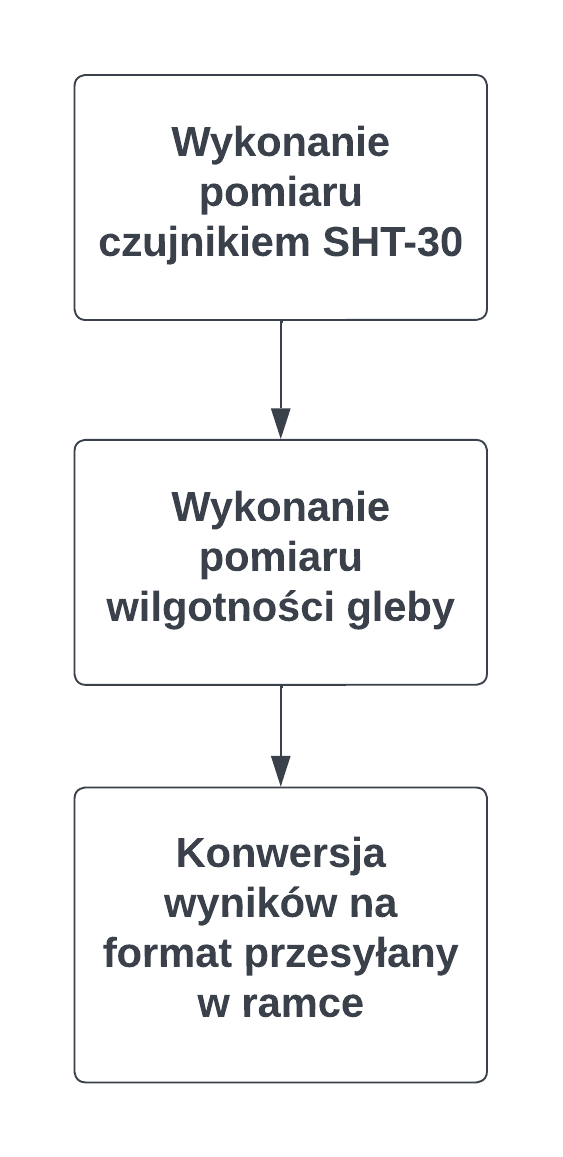
Kod procedury wifi

Drugi rdzen



Pomiary prowadzone są w przedstawionej funkcji. Zbiera ona wyniki z czujnika SHT-30 oraz odczytuje i przelicza na wartości procentowe odczyty z pojemnościowego czujnika wilgotności gleby. Dane te są wykorzystywane w wątku odpowiadającym za przesyłanie danych do serwera

Schemat procedury pomiarowej

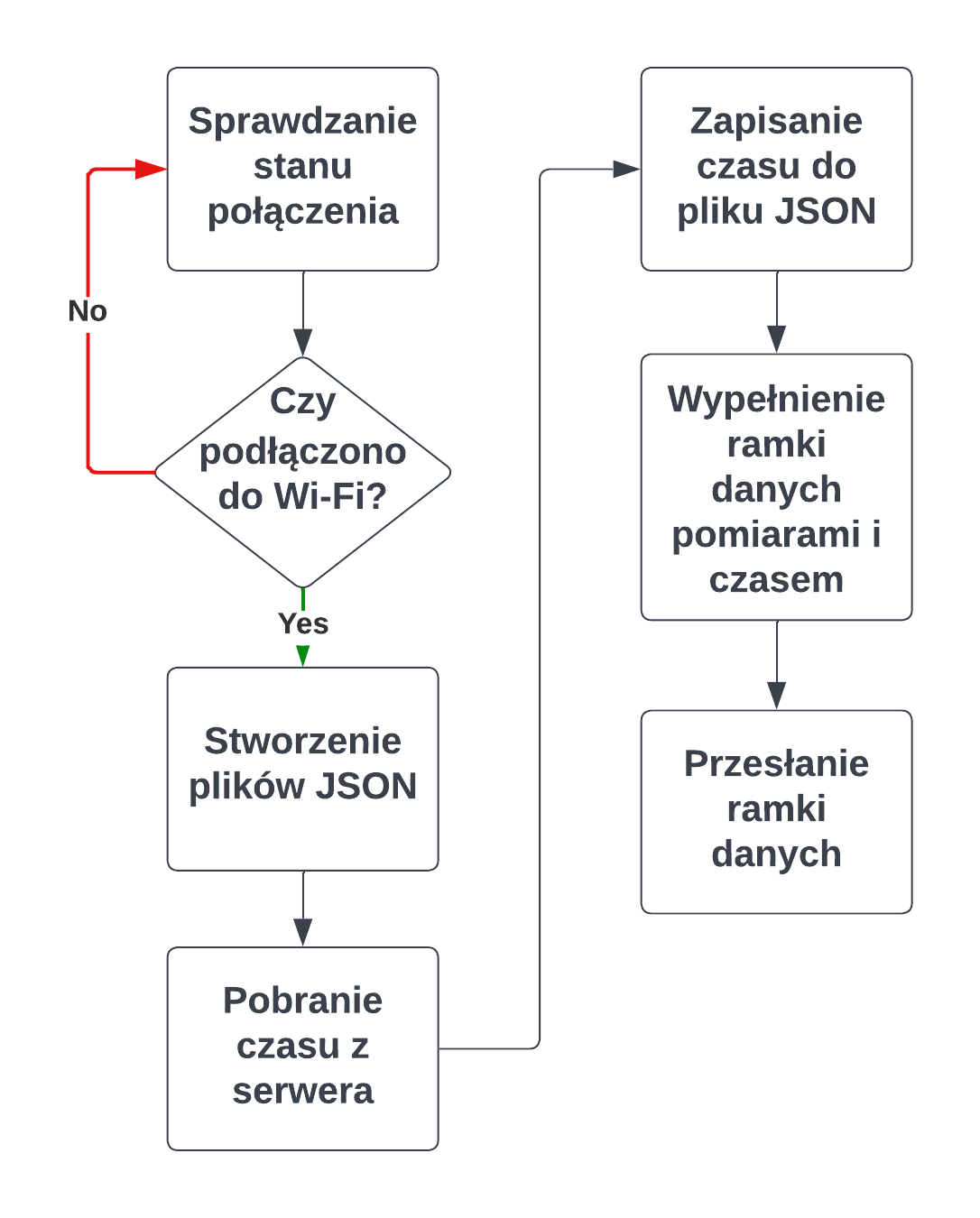


Kod procedury pomiarowej



Ostatnia z funkcjonalności to komunikacja z serwerem.

Schemat blokowy komunikacji



Kod komunikacji



Komunikacja z serwerem opiera się na dwóch zapytaniach protokołu http. Metoda GET pobiera aktualny czas. POST przesyła dane w formacie JSON. Wysyłana ramka danych zawiera datę i godzinę wykonanego pomiaru (timestamp) oraz wyniki pomiarów z sensorów (temperatura i wilgotność powietrza, wilgotność gleby). W pamięci urządzenia ramka danych przechowywana jest jako dokument o stałym rozmiarze. Waga dokumentu jest sztywno określona i bierze pod uwagę rozmiar przesyłanych danych oraz margines bezpieczeństwa. Możliwe było zaimplementowanie dynamicznego przypisywania wielkości pliku JSON, **jednak fixed jest pewniejsze.**

**Oprogramowanie serwerowe**

**Założenia**

Oprogramowanie serwerowe zgodnie z założeniami projektu zawiera poniższe funkcjonalności:

* Komunikacja bezprzewodowa z *n* urządzeniami pomiarowymi
* Gromadzenie odczytów z *n* urządzeń
* Graficzne przedstawianie najnowszych pomiarów
* Graficzne przedstawienie wszystkich pomiarów z *n* urządzeń.

**Schemat blokowy realizowanych założeń**

