



Politechnika  
Śląska



UCZELNIA  
BADAWCZA

INICJATYWA DOSKONAŁOŚCI

# Raport końcowy

Rodzaj zajęć

## Projekt

Przedmiot

### Systemy Mikroprocesorowe i Wbudowane

Rok akademicki	Miasto	Kierunek	Semestr	Prowadzący	Grupa	Sekcja
2025/2026	G	INF	5		2	3
Planowany termin wykonywania ćwiczenia			Faktyczny termin wykonania ćwiczenia			
Data	Godzina		Data	Godzina		
Numer ćwiczenia	Temat ćwiczenia					
	Dwumodułowa stacja meteorologiczna					

Skład sekcji		
	Imię i nazwisko	Uwagi
1	Łukasz Wolf	

## SPIS TREŚCI

Ogólny opis projektu .....	3
Założenia .....	3
Analiza zadania oraz uzasadnienie wyboru elementów .....	4
Wybór jednostki centralnej i modułów komunikacyjnych.....	4
Jednostka sterująca stacją domowej (ESP32).....	4
Moduł zewnętrzny (ESP32-C3 Mini).....	4
Protokół komunikacji lokalnej: ESP-NOW .....	4
Transmisja do chmury: WiFi i architektura systemowa .....	4
Wybór czujników i Interfejsów .....	5
Czujniki .....	5
Wyświetlacz i interfejs graficzny .....	5
Narzędzia chmurowe i programistyczne.....	6
Konstrukcja fizyczna .....	7
Specyfikacja Zewnętrzna.....	8
Ogólny opis i funkcje systemu .....	8
Podział na centralkę i moduł zewnętrzny.....	8
Architektura chmurowego systemu zarządzania .....	9
Pobieranie danych o otoczeniu .....	9
Dotykowy wyświetlacz.....	9
Integracja z chmurą i dostęp globalny .....	10
Dedykowana aplikacja .....	11
Energooszczędność i praca baterijna modułu zewnętrznego .....	12
Konstrukcja płytki elektronicznej.....	12
Możliwość pracy stacji zarówno offline jak i online .....	12
Dodatkowe anteny .....	12

Specyfikacja wewnętrzna .....	13
Schemat blokowy systemu .....	13
Opis funkcji poszczególnych bloków układu .....	13
Moduł zewnętrzny .....	13
Stacja domowa .....	14
Chmura AWS .....	14
Aplikacja webowa .....	14
Aplikacja do konfiguracji Wi-Fi .....	14
Schematy ideowe .....	15
Schemat ideowy centralki domowej .....	15
Schemat Ideowy modułu zewnętrznego .....	15
Schematy montażowe płytka drukowanych .....	16
Schemat Montażowy Płytki drukowanej centralki domowej .....	16
Schemat Montażowy Płytki drukowanej modułu zewnętrznego .....	16
Dodatkowe informacje związane z płytka drukowanymi .....	17
Algorytm oprogramowania urządzenia .....	17
Skrócona instrukcja obsługi urządzenia .....	18
Przykładowe Napotkane problemy oraz ich rozwiązania .....	20
Brak wystarczającej ilości pamięci Ram oraz wycieki Pamięci .....	20
ponowne nawiązywanie połączenia między modułami .....	20
Miganie ekranu .....	20
Nakładanie się tekstu na ekranie .....	21
Pierwsze połaczenie stacji domowej z Wi-Fi .....	21
Załączniki .....	22

## OGÓLNY OPIS PROJEKTU

Dwumodułowa stacja meteorologiczna z architekturą umożliwiającą zarządzanie dużą ilością urządzeń.

### ZAŁOŻENIA

Projekt stanowi rozwiązanie IoT, zaprojektowane z myślą o masowym wdrożeniu. Głównym założeniem jest stworzenie ekosystemu, w którym pojedyncza stacja przedstawia użytkownikowi dane pogodowe, zebrane z czujników w jego otoczeniu, a chmura AWS pełni rolę centrum zarządzania wszystkimi pojedynczymi jednostkami. System ma za zadanie zbierać, przetwarzać i archiwizować dane przedstawiając je użytkownikowi w przystępny sposób, wyświetlając je na wyświetlaczu pojedynczej centralki oraz w aplikacji webowej.

## ANALIZA ZADANIA ORAZ UZASADNIENIE WYBORU ELEMENTÓW

### WYBÓR JEDNOSTKI CENTRALNEJ I MODUŁÓW KOMUNIKACYJNYCH

#### JEDNOSTKA STERUJĄCA STACJI DOMOWEJ (ESP32)

Wybrana ze względu na dwurdzeniowy procesor, który umożliwia pełną wielozadaniowość: jeden rdzeń zajmuje się obsługą wymagającego, 4-calowego wyświetlacza TFT i interfejsu dotykowego, podczas gdy drugi zarządza w tle komunikacją bezprzewodową. Wbudowane moduły Wi-Fi oraz ESP-NOW eliminują potrzebę stosowania zewnętrznych układów, co upraszcza konstrukcję i zwiększa niezawodność stacji.

#### MODUŁ ZEWNĘTRZNY (ESP32-C3 MINI)

W jednostce zewnętrznej zastosowano układ ESP32-C3 Mini, który został wybrany ze względu na swoje miniaturowe wymiary oraz energoszczędną architekturę RISC-V. Jego niewielki format pozwala na znaczną redukcję gabarytów urządzenia, a zoptymalizowany pobór mocy jest kluczowy przy zasilaniu baterijnym. Mimo małych rozmiarów, układ ten posiada pełną moc obliczeniową niezbędną do obsługi czujników i stabilnej transmisji radiowej.

#### PROTOKÓŁ KOMUNIKACJI LOKALNEJ: ESP-NOW

Zastosowany do łączności między modułem zewnętrznym a centralką domową w celu zastąpienia standardowego, energochłonnego Wi-Fi. ESP-NOW umożliwia przesyłanie danych niemal natychmiast po wybudzeniu mikrokontrolera (bez długotrwałego procesu parowania), co drastycznie obniża zużycie energii i pozwala na wielomiesięczną pracę modułu zewnętrznego na jednym zestawie baterii.

#### TRANSMISJA DO CHMURY: WIFI I ARCHITEKTURA SYSTEMOWA

Centralka domowa pełni rolę bramy, która zbiera dane lokalne i przesyła je do AWS IoT Core za pośrednictwem sieci Wi-Fi z wykorzystaniem protokołu MQTT. Zastosowana architektura systemu została zaprojektowana z myślą o globalnej skali. Pozwala ona producentowi na monitorowanie i zarządzanie tysiącami urządzeń jednocześnie z poziomu jednego panelu. Każdy zestaw (centralka + moduł zewnętrzny) jest traktowany jako unikalny obiekt w chmurze, co umożliwia bezpieczne odizolowanie danych użytkowników i sprawne zarządzanie flotą urządzeń w czasie rzeczywistym.

## WYBÓR CZUJNIKÓW I INTERFEJSÓW

### CZUJNIKI

- **DS18B20 (Temperatura wewnętrzna):** Wybrany ze względu na interfejs OneWire. Pozwala on na przesyłanie sygnału na większe odległości przy użyciu tylko jednego przewodu danych, co upraszcza konstrukcję płytki drukowanej.
- **DS3231 (Zegar RTC):** W odróżnieniu od tańszych zamienników, ten moduł posiada wbudowaną kompensację temperatury, co zapewnia precyzyjny pomiar czasu bez konieczności częstej synchronizacji z Internetem. Jest to niezbędne do poprawnego nadawania znaczników czasu pomiarom.
- **Fotorezystor (Czujnik natężenia światła):** Wybrany jako najprostszy i najbardziej niezawodny sposób na realizację funkcji automatycznej. Pozwala na płynną regulację napięcia, co łatwo przeliczyć na sygnał PWM dla wyświetlacza.
- **BME280 (Czujnik temperatury, wilgotności i ciśnienia):** Ten czujnik został wybrany, ponieważ integruje pomiar temperatury, wilgotności i ciśnienia w jednej miniaturowej obudowie, co pozwala zastąpić trzy osobne sensory i zaoszczędzić miejsce na płytce. Dzięki komunikacji cyfrowej przez magistralę I2C zapewnia stabilny odczyt danych bez zakłóceń, a jego niski pobór prądu sprawia, że jest to optymalne rozwiązanie dla bezprzewodowego modułu zewnętrznego.
- **Czujnik natężenia UV (GUVA-S12SD):** Zastosowany w module zewnętrznym w celu rozszerzenia spektrum monitorowanych warunków atmosferycznych o natężenie promieniowania ultrafioletowego. Został wybrany ze względu na wysoką czułość w zakresie 240–370 nm oraz liniową charakterystykę wyjściową, co pozwala na precyzyjne określenie aktualnego indeksu UV i wyświetlenie go w czasie rzeczywistym na ekranie stacji oraz w aplikacji.

### WYŚWIETLACZ I INTERFEJS GRAFICZNY

- **Wyświetlacz TFT z panelem dotykowym:** 4-calowa matryca, zapewnia wysoką czytelność danych i komfortową obsługę dotykową. Dzięki dużej powierzchni ekranu urządzenie oferuje przejrzysty układ informacji, który byłby niemożliwy do osiągnięcia na mniejszych wyświetlaczach.
- **System plików LittleFS:** Narzędzie to służy do przechowywania grafik, ikon oraz wygładzonych czcionek bezpośrednio w pamięci flash procesora. Dzięki temu interfejs działa płynnie, a kod programu głównego pozostaje lekki i przejrzysty, ponieważ nie musi zawierać ogromnych tablic z danymi graficznymi.

---

## NARZĘDZIA CHMUROWE I PROGRAMISTYCZNE

- **AWS IoT Core:** W projekcie wykorzystano Amazon Web Services ze względu na profesjonalne podejście do bezpieczeństwa (certyfikaty X.509) oraz gotowość na ogólną skalę. Pozwala na łatwe zarządzanie znaczną ilością urządzeń, co było kluczowym założeniem projektu.
- **AWS Cognito:** Wykorzystany do obsługi rejestracji i logowania użytkowników. Gwarantuje bezpieczne przechowywanie haseł i automatyczną wysyłkę maili weryfikacyjnych.
- **AWS Lambda:** Służy jako bez serwerowa warstwa obliczeniowa. Wykonuje kod w odpowiedzi na konkretne zdarzenia (np. odebranie danych z czujnika lub zapytanie z aplikacji), co eliminuje potrzebę utrzymywania stale działającego serwera i redukuje koszty.
- **AWS API Gateway:** Pełni rolę bezpiecznego punktu wejścia dla aplikacji webowej. Zarządza ruchem, pośredniczy w komunikacji między interfejsem użytkownika a funkcjami Lambda oraz dba o autoryzację zapytań.
- **Mechanizm CORS (Cross-Origin Resource Sharing):** Skonfigurowany w ramach API Gateway, aby umożliwić bezpieczną wymianę danych między aplikacją webową a serwerem znajdującym się w innej domenie, zapobiegając jednocześnie nieautoryzowanym próbom dostępu.
- **AWS S3 (Simple Storage Service):** Wykorzystany do hostowania plików aplikacji webowej oraz przechowywania statycznych zasobów. Zapewnia błyskawiczny dostęp do strony internetowej oraz wysoką trwałość zapisanych danych.
- **VS Code + PlatformIO:** Środowisko wraz z rozszerzeniem PlatformIO zostało wybrane ze względu na ogólną bazę bibliotek wspierających ESP32, co przyspieszyło proces implementacji obsługi wyświetlacza oraz innych funkcjonalności systemu.

---

## KONSTRUKCJA FIZYCZNA

- **Dedykowana płytka PCB:** Do mechanicznej realizacji projektu wykonane zostały dwie płytki PCB. Płytki wykonane zostały w technologii termo transferu, przy użyciu papieru kredowego i wytrawiacza. Takie rozwiązanie pomaga zwiększyć odporność na uszkodzenia mechaniczne całego układu, ponieważ eliminuje sytuacje w, których połączenia przewodowe, mogą się zerwać. Elementy elektroniczne projektu są wykonane w metodzie THT, co ułatwiło proces montażu przy lutowaniu.
- **Zasilanie USB stacji domowej:** Wybrane ze względu na powszechność standardu. Każdy użytkownik posiada ładowarkę USB, co obniża koszt zestawu, upraszcza konstrukcję zasilania i ułatwia codzienną eksploatację centralki wewnętrz budynku.
- **Zasilanie baterijne modułu zewnętrznego:** Zastosowanie baterii pozwala na pełną mobilność modułu i jego montaż w optymalnym miejscu na zewnątrz, bez konieczności prowadzenia instalacji elektrycznej. Dzięki niskonapięciowej architekturze i oszczędnemu zarządzaniu energią, zestaw baterii zapewnia długie czas pracy, co czyni jednostkę zewnętrzną całkowicie autonomiczną.

### OGÓLNY OPIS I FUNKCJE SYSTEMU

#### PODZIAŁ NA CENTRALKĘ I MODUŁ ZEWNĘTRZNY

System został zaprojektowany w architekturze rozproszonej, składającej się z dwóch współpracujących ze sobą jednostek sprzętowych, co pozwala na niezależny monitoring warunków w różnych strefach:

- **Moduł zewnętrzny:** Pełni rolę bezprzewodowego modułu. Jego głównym zadaniem jest pomiar parametrów atmosferycznych bezpośrednio w miejscu ich występowania. Dzięki zasilaniu baterijnemu i energooszczędnnej łączności radiowej, może być umieszczony w dowolnym punkcie na zewnątrz budynku, przesyłając dane o pogodzie do centralki znajdującej się w domu.
- **Centralka (Stacja domowa):** Stanowi serce systemu i główny węzeł komunikacyjny. Odpowiada za zbieranie danych z modułu zewnętrznego oraz własnych czujników wewnętrznych. Pełni funkcję bramy internetowej, wysyłając zgromadzone pakiety informacji do chmury AWS, a jednocześnie służy jako interaktywny terminal użytkownika, prezentujący wyniki na kolorowym ekranie dotykowym.

---

## ARCHITEKTURA CHMUROWEGO SYSTEMU ZARZĄDZANIA

Architektura pozwala producentowi na monitorowanie znacznej ilości stacji z poziomu jednego panelu administracyjnego. Każda centralka wysyła dane do chmury AWS w miejsce przypisane użytkownikowi podczas rejestracji konta w aplikacji internetowej.

Każdy zestaw (centralka i moduł zewnętrzny) po wyprodukowaniu otrzymuje unikatowy certyfikat X.509. Dzięki temu komunikacja każdego z nich jest w pełni szyfrowana.

---

## POBIERANIE DANYCH O OTOCZENIU

Centralka oraz moduł zewnętrzny monitorują parametry otoczenia na zewnątrz i wewnątrz budynku. Jednostka zewnętrzna mierzy temperaturę, wilgotność, ciśnienie oraz natężenie promieniowania UV, co pozwala na bieżąco śledzić pogodę i poziom nasłonecznienia. Wewnątrz stacja odczytuje temperaturę oraz poziom natężenia światła w pokoju. Ten drugi pomiar służy do automatycznej regulacji jasności ekranu dotykowego przez sygnał PWM, gdy w pokoju robi się ciemniej, wyświetlacz samoczynnie przygasza. Wszystkie te informacje są łączone w jeden pakiet z datą i godziną z modułu RTC, a następnie wysyłane do chmury AWS. Dzięki temu dane można przeglądać zdalnie w aplikacji internetowej.

---

## DOTYKOWY WYSWIETLACZ

Głównym elementem stacji jest kolorowy wyświetlacz TFT z panelem dotykowym, który służy do interakcji z urządzeniem i wizualizacji zebranych danych. Interfejs został podzielony na kilka funkcjonalnych ekranów, między którymi użytkownik może się swobodnie przełączać:

- **Ekran główny:** To centralny punkt systemu, na którym wyświetlana jest aktualna godzina i data pobierana z modułu RTC. W czytelny sposób prezentowane są tu najważniejsze pomiary: temperatura wewnętrzna i na zewnątrz, wilgotność oraz ciśnienie. Ikony statusu na tym ekranie informują również o aktualnym stanie połączenia bezprzewodowego.
- **Menu ustawień:** Pozwala na personalizację pracy stacji. Z tego poziomu użytkownik może ręcznie zmienić jasność podświetlenia lub aktywować tryb automatyczny, który dostosowuje ekran do oświetlenia w pokoju. Znajdują się tu również przyciski nawigacyjne prowadzące do ekranów łączenia urządzenia z aplikacją oraz do ekranu odpowiedzialnego za połączenie stacji z Wi-Fi.
- **Ekran łączenia z aplikacją:** Służy do autoryzacji urządzenia i przypisania go do konta użytkownika w chmurze. Wyświetla on status powiązania z kontem w aplikacji oraz krotką instrukcję, dotyczącą sposobu parowania z aplikacją. Dzięki temu użytkownik ma pewność, że dane z jego stacji trafiają do właściwego profilu w aplikacji webowej, a proces łączenia posiadanej urządzenia z kontem jest przejrzysty.
- **Ekran konfiguracji Wi-Fi:** Odpowiada za zarządzanie łącznością z Internetem. Umożliwia otworzenie aplikacji służącej do logowania w sieci Wi-Fi. Zawiera również krótką instrukcję postępowania w przypadku braku połączenia.

---

## INTEGRACJA Z CHMURĄ I DOSTĘP GLOBALNY

System łączy się z platformą **AWS (Amazon Web Services)**, co zmienia zwykłą stację pogodową w inteligentne urządzenie połączone z siecią. Dla użytkownika oznacza to szereg praktycznych korzyści:

- **Dostęp do danych z dowolnego miejsca:** Dzięki bezpiecznemu połączeniu z chmurą, informacje z Twojej stacji nie są widoczne tylko na jej ekranie. Możesz sprawdzić warunki panujące w domu i jego okolicy z dowolnego miejsca na świecie za pomocą aplikacji.
- **Bezpieczeństwo Twoich danych:** Każde urządzenie posiada własny cyfrowy certyfikat bezpieczeństwa. Oznacza to, że połączenie jest szyfrowane na takim samym poziomie, jak bankowość elektroniczna, a dostęp do odczytów ma tylko uprawniony właściciel.
- **Historia i analiza:** Dane nie giną po wyświetleniu. Chmura gromadzi je i przechowuje, co pozwala na przeglądanie danych historycznych i sprawdzanie jak zmieniała się temperatura w ostatnich godzinach.
- **Niezawodność na masową skalę:** Architektura systemu jest przygotowana na obsługę dziesiątek tysięcy urządzeń jednocześnie. Oznacza to, że niezależnie od liczby użytkowników, transmisja danych pozostaje szybka i stabilna. Producent może zdalnie monitorować dane związane z poszczególnymi zestawami centralek i modułów zewnętrznych. Ma on również wgląd do informacji związanych z kontami założonymi przez użytkowników.

---

## DEDYKOWANA APLIKACJA

Uzupełnieniem stacji jest zaawansowana aplikacja internetowa, która stanowi osobiste centrum kontroli nad urządzeniem. Jest ona bezpośrednio zintegrowana z chmurą AWS, co zapewnia płynny przepływ danych i wysoki poziom bezpieczeństwa.

- **Bezpieczny system dostępu:** Aplikacja posiada wbudowany moduł logowania i rejestracji. Proces tworzenia konta jest w pełni zabezpieczony. Podczas rejestracji system wysyła automatyczny kod weryfikacyjny na adres e-mail użytkownika. Dzięki wykorzystaniu usług AWS Cognito, dane dostępowe są szyfrowane i chronione przed niepowołanym dostępem.
- **Intuicyjny panel danych:** Po zalogowaniu użytkownik ma dostęp do przejrzystego panelu, który w czasie rzeczywistym wyświetla wszystkie odczyty z Twojej stacji: temperaturę, wilgotność, ciśnienie oraz indeks UV. Dane są prezentowane w formie czytelnych wskaźników i interaktywnych wykresów historycznych.
- **Centrum prognoz i dodatkowych informacji:** Poza odczytami z własnego czujnika, aplikacja integruje zewnętrzne API pogodowe. Pozwala to na sprawdzenie prognozy pogody na najbliższe dni dla dowolnej lokalizacji, dając pełny obraz sytuacji meteorologicznej w jednym miejscu.
- **Zarządzanie powiązanymi urządzeniami:** Aplikacja pozwala na przypisanie zestawu do konkretnego konta. Dzięki temu możesz zarządzać swoją stacją z dowolnej przeglądarki na komputerze lub telefonie, mając pewność, że wyświetlane dane należą wyłącznie do Twojego urządzenia.
- **Pełna integracja z ekosystemem AWS:** Cała logika aplikacji od wysyłki maili weryfikacyjnych, przez bazę użytkowników, aż po błyskawiczne pobieranie danych czujników opiera się na rozwiązaniach Amazon Web Services. Gwarantuje to niezawodność systemu nawet przy dziesiątkach tysięcy zarejestrowanych osób.

---

## ENERGOOSZCZĘDNOŚĆ I PRACA BATERYJNA MODUŁU ZEWNĘTRZNEGO

Moduł zewnętrzny został zaprojektowany z myślą o długotrwałej pracy bez konieczności częstej obsługi np. wymiany baterii czy rekonfiguracji połączenia ze stacją.

- **Tryb Deep Sleep:** Moduł zewnętrzny spędza większość czasu w trybie głębokiego uśpienia, w którym pobór prądu jest ograniczony do minimum. Wybudza się jedynie na krótką chwilę, aby pobrać dane z czujników i przesyłać je do centralki znajdującej się w domu.
- **Zasilanie baterijne:** Dzięki optymalizacji kodu i wykorzystaniu lekkiego protokołu transmisji ESP-NOW zamiast Wi-Fi, które jest mniej energooszczędne, moduł może być zasilany baterijnie. Pozwala to na jego montaż w dowolnym miejscu, np. na balkonie czy ścianie budynku, bez konieczności prowadzenia przewodów.

---

## KONSTRUKCJA PŁYTKI ELEKTRONICZNEJ

Część sprzętowa obu modułów została zaprojektowana w taki sposób aby zajmować jak najmniej miejsca.

- **Dedykowana płytka drukowana (PCB):** Całość układu została zrealizowana na zaprojektowanej wcześniej płytce PCB.
- **Porty zasilania:** Stacja domowa wyposażona jest w port USB-C, co pozwala na zasilanie jej standardowymi ładowarkami do telefonów, zwiększając uniwersalność urządzenia.

---

## MOŻLIWOŚĆ PRACY STACJI ZARÓWNO OFFLINE JAK I ONLINE

Stacja jest przygotowana na problemy z sieciową infrastrukturą domową.

- **Praca offline:** W przypadku braku połączenia z Internetem, zestaw nie przestaje działać. Dane z czujników są nadal odbierane i wyświetlane na ekranie TFT centralki, dzięki czemu użytkownik zawsze ma dostęp do informacji lokalnych.
- **Automatyczne wznowianie pracy:** Po ponownym połączeniu z siecią, centralka samoczynnie powraca do wysyłania danych do chmury nie wymagając reakcji użytkownika.

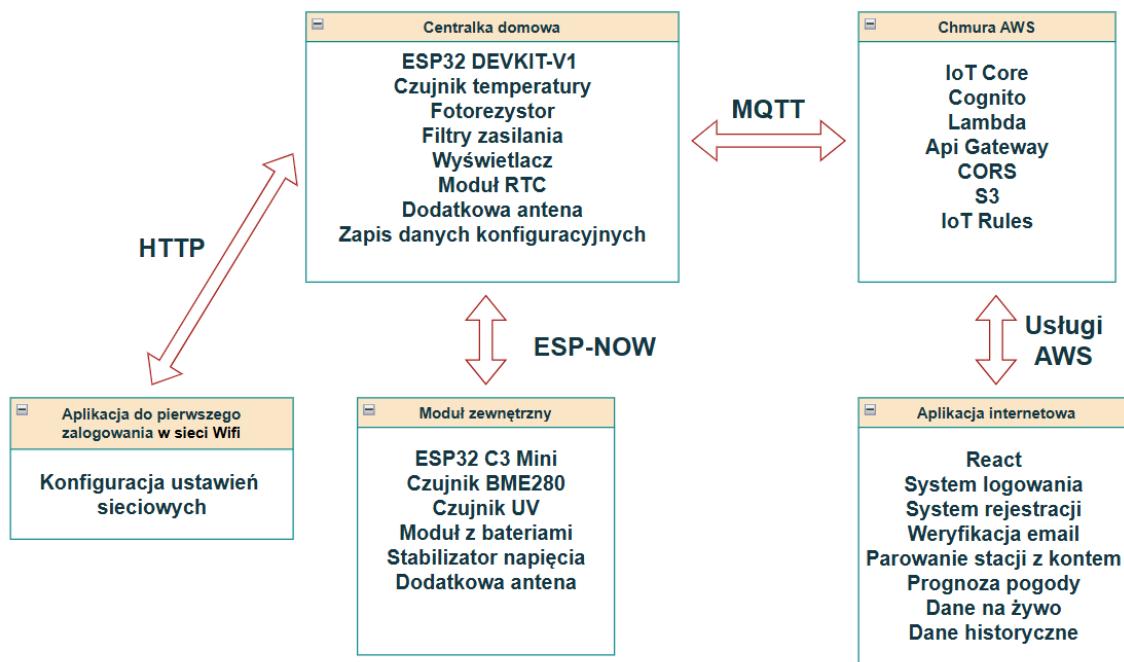
---

## DODATKOWE ANTENY

Zarówno w module zewnętrznym jak i w centralce zamontowano dodatkowe anteny w celu polepszenia zasięgu komunikacji bezprzewodowej.

## SPECYFIKACJA WEWNĘTRZNA

### SCHEMAT BLOKOWY SYSTEMU



### OPIS FUNKCJI POSZCZEGÓLNYCH BLOKÓW UKŁADU

#### MODUŁ ZEWNĘTRZNY

To autonomiczne urządzenie pracujące na zewnątrz, którego głównym zadaniem jest pomiar danych atmosferycznych, a następnie przesłanie ich do centralki domowej.

Zbiera informacje o temperaturze, wilgotności, ciśnieniu oraz natężeniu promieniowania UV. Aby oszczędzać energię, moduł większość czasu spędza w trybie uśpienia. Wybudza się co 30 minut, wykonuje błyskawiczny pomiar i przesyła dane do domu za pomocą protokołu ESP-NOW. Dzięki temu może pracować na zasilaniu baterijnym przez długi czas bez konieczności ładowania.

---

## STACJA DOMOWA

Pełni rolę bramy komunikacyjnej oraz głównego interfejsu dla użytkownika. Jest to najbardziej rozbudowany element sprzętowy wewnątrz budynku.

Odbiera dane z modułu zewnętrznego, mierzy warunki wewnętrz pomieszczenia (temperatura, natężenie oświetlenia) i zarządza łącznością z siecią. Wyposażona w 4-calowy wyświetlacz TFT, prezentuje dane w sposób graficzny. Odpowiada za logikę sterowania jasnością ekranu (PWM) oraz synchronizację czasu z modułem RTC. Po zebraniu wszystkich danych (lokalnych i zewnętrznych), formuje pakiet JSON i wysyła go przez Wi-Fi do chmury.

---

## CHMURA AWS

To niewidoczna, ale kluczowa warstwa pośrednicząca, która zapewnia bezpieczeństwo i skalowalność całego systemu.

Przyjmowanie, autoryzacja, przechowywanie i przetwarzanie danych. Wykorzystuje AWS IoT Core do bezpiecznej komunikacji z tysiącami urządzeń jednocześnie. Silnik reguł (Rules Engine) przekazuje dane do funkcji Lambda, które zapisują je w bazach danych lub wysyłają do aplikacji webowej. Chmura dba również o to, by tylko zalogowany użytkownik miał dostęp do swoich odczytów (AWS Cognito). Umożliwia również podgląd aktywnych urządzeń i kont użytkowników w panelach administracyjnych.

---

## APLIKACJA WEBOWA

To okno na system, dostępne z poziomu przeglądarki na dowolnym urządzeniu (telefon, laptop).

Wizualizacja danych historycznych, zarządzanie kontem i podgląd prognozy pogody. Komunikuje się z chmurą AWS poprzez API Gateway. Pobiera zapisane dane i tworzy panele z danymi na żywo oraz z historycznymi pomiarami. Pozwala użytkownikowi na rejestrację, weryfikację e-maila oraz przypisanie stacji do swojego profilu. Dodatkowo integruje zewnętrzne API pogodowe, aby dostarczyć prognozę na najbliższe dni, uzupełniając dane z fizycznych czujników.

---

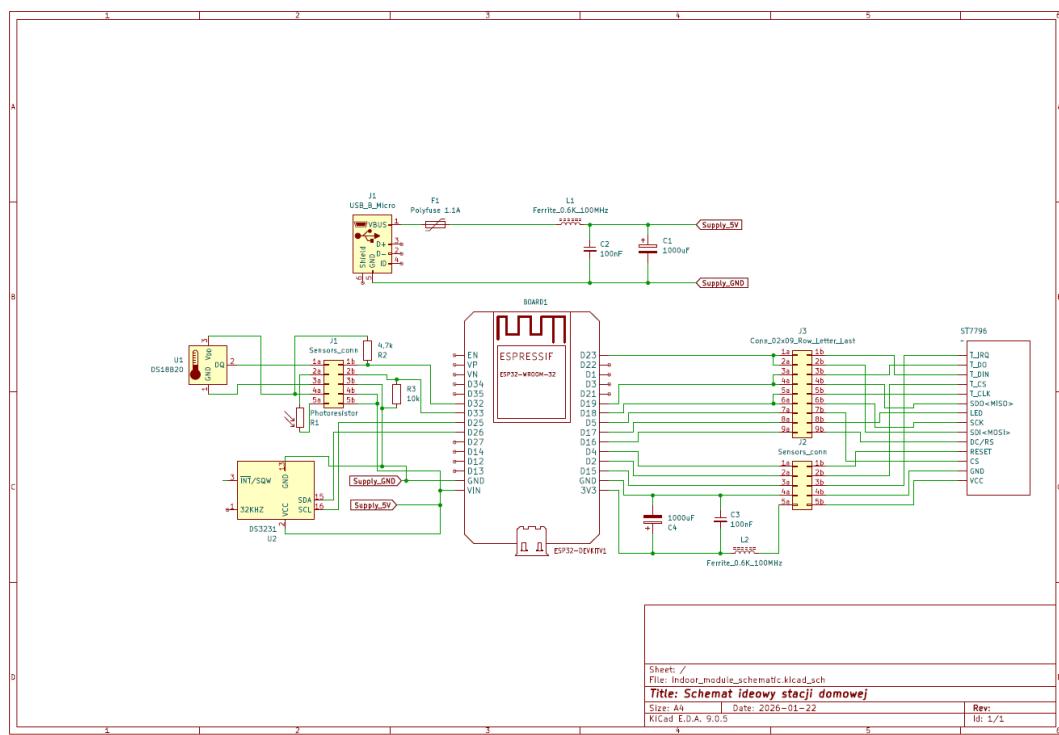
## APLIKACJA DO KONFIGURACJI WI-FI

Narzędzie służące do połączenia urządzenia z siecią Wi-Fi.

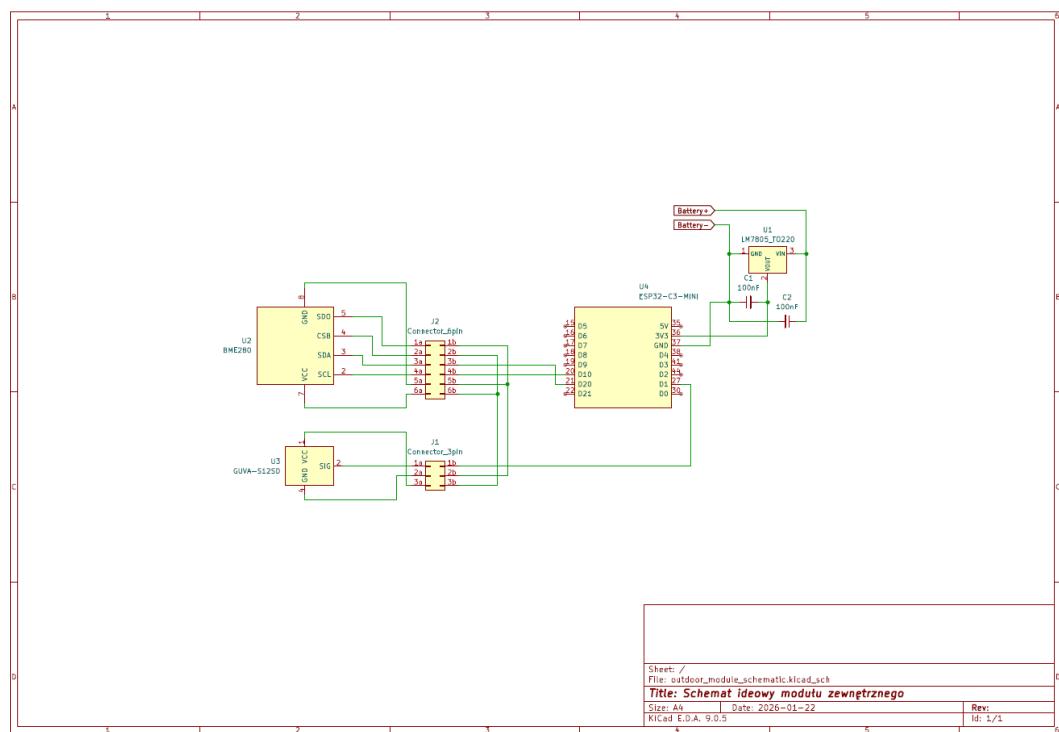
Pozwala na bezpośrednie połączenie z centralką (gdy ta działa jako punkt dostępowy AP). Umożliwia użytkownikowi bezpieczne wprowadzenie danych lokalnej sieci Wi-Fi, co jest niezbędne do pierwszego połączenia centralki z Internetem. Eliminuje to problem związany z uzyskaniem danych do połączenia z siecią Wi-Fi przez centralkę.

## SCHEMATY IDEOWE

### SCHEMAT IDEOWY CENTRALKI DOMOWEJ

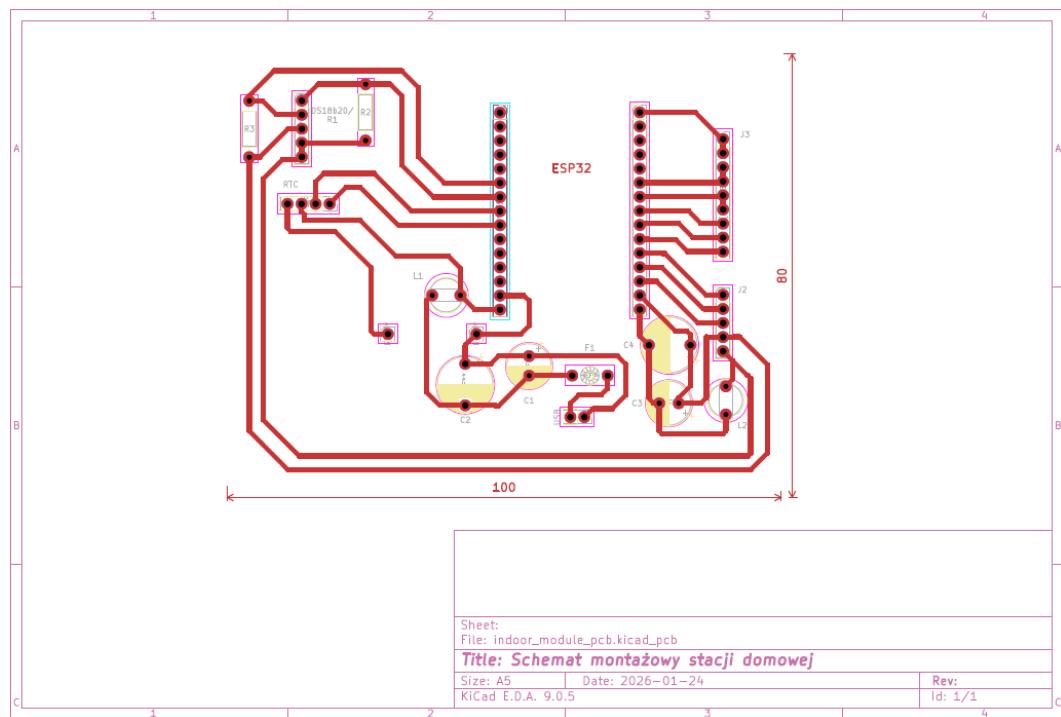


### SCHEMAT IDEOWY MODUŁU ZEWNĘTRZNEGO

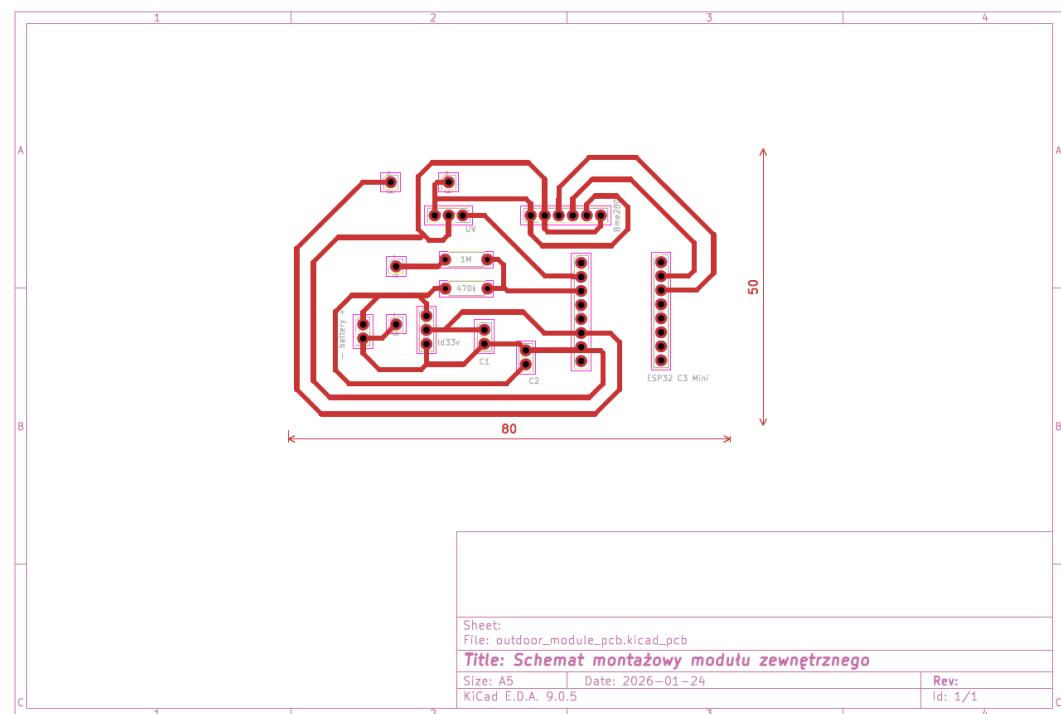


## SCHEMATY MONTAŻOWE PŁYTEK DRUKOWANYCH

### SCHEMAT MONTAŻOWY PŁYTKI DRUKOWANEJ CENTRALKI DOMOWEJ



### SCHEMAT MONTAŻOWY PŁYTKI DRUKOWANEJ MODUŁU ZEWNĘTRZNEGO



---

## DODATKOWE INFORMACJE ZWIĄZANE Z PŁYTKAMI DRUKOWANYMI

**Typ montażu elementów elektronicznych:** THT - montaż przewlekany

**Średnica otworów:** 1,0 mm

**Średnica pól lutowniczych:** 2,0 mm

**Grubość ścieżek sygnałowych:** 0,8 mm

**Grubość płytka:** 1,0 mm

**Wymiary płytki (Centralka):** 100 x 80 mm

**Wymiary płytki (Moduł zewnętrzny):** 80 x 50 mm

**Metoda nanoszenia ścieżek:** Metoda termo transferowa

**Wykończenie powierzchni:** Ocynowanie miedzianych ścieżek w celu zapewnienia ich trwałości i zapobieganiu utleniania się obwodów miedzianych.

## ALGORYTM OPROGRAMOWANIA URZĄDZENIA

Z uwagi na poziom skomplikowania kodu, jak i jego rozkład na wiele plików, zdecydowałem się na sporządzenie dokumentacji w systemie Doxygen oraz JSDoc. Dokumentacja ta znajduje się w katalogu /doc w repozytorium GitHub.

**Link do repozytorium:** <https://github.com/LukaszWolf/Meteo-station-with-AWS-Cloud-5-semester-project->

## SKRÓCONA INSTRUKCJA OBSŁUGI URZĄDZENIA

### 1. Pierwsze Uruchomienie

- **Centralka domowa :** Podłącz urządzenie do zasilania (do portu USB). Ekran zaświeci się a urządzenie rozpocznie swoją pracę automatycznie.
- **Moduł Zewnętrzny:** Do zasilenia potrzebne są trzy baterie AAA. Po włożeniu baterii praca modułu rozpocznie się automatycznie.

### 2. Konfiguracja Wi-Fi

Jeśli stacja nie połączy się automatycznie ze znaną siecią (np. przy pierwszym uruchomieniu), przejdź w tryb konfiguracji:

- Na swoim telefonie lub komputerze wyszukaj sieć Wi-Fi o nazwie Meteo-Setup.
- Połącz się z nią. Okno konfiguracji powinno otworzyć się automatycznie.
- Wprowadź nazwę swojej sieci domowej oraz hasło.
- Zapisz ustawienia. Stacja zrestartuje się i połączy z zapisaną siecią automatycznie.

### 3. Obsługa Ekranu Dotykowego

Interfejs stacji domowej stanowi wyświetlacz dotykowy:

- **Zmiana ekranu:** Do nawigacji między ekranami służą wyświetlane ikonki oraz przyciski.
- **Jasność:** Po zaznaczeniu opcji automatycznego dostosowania jasności, ekran będzie automatycznie zmieniał jasność w zależności od natężenia oświetlenia w pomieszczeniu.

### 4. Znaczenie Ikonki statusu połączenia

W prawym górnym rogu ekranu widoczna jest ikonka sygnalizująca status połączenia z siecią, chmurą oraz modułem zewnętrznym:

- **Kolor szary:** Połączenie z Wi-Fi, chmurą AWS oraz modułem zewnętrznym jest aktywne.
- **Kolor czerwony:** Brak połączenia z Wi-Fi, chmurą AWS lub modułem zewnętrznym. Sprawdź czy baterie są naładowane oraz sprawdź, połączenie z siecią Wi-Fi (w razie problemów postępuj zgodnie z punktem 2 instrukcji).

### 5. Montaż Modułu Zewnętrznego

- Umieść moduł w miejscu osłoniętym przed bezpośrednim deszczem, ale z dostępem do przepływu powietrza.
- Dla poprawnego działania czujnika UV, sensor powinien być skierowany w stronę nieba.

## 6. Aplikacja Webowa

Twoja stacja pogodowa wysyła dane do chmury, dzięki czemu możesz sprawdzać pogodę oraz dane z czujników na żywo z dowolnego miejsca na świecie.

- **Dostęp:** Otwórz przeglądarkę internetową i wejdź pod adres: <https://meteo-web-app-nine.vercel.app/>
- **Rejestracja nowego konta:** W celu korzystania z aplikacji konieczne jest założenie nowego konta. W aplikacji kliknij przycisk „Zaloguj się” a następnie po otwarciu panelu logowania wybierz opcję „Zarejestruj się”. Podaj adres email oraz hasło a następnie wpisz kod weryfikacyjny wysłany na podanego wcześniej maila.
- **Parowanie konta z zestawem:** Na samym dole strony znajduje się panel z nagłówkiem „Połącz nową stację”. Wpisz tam nazwę swojego urządzenia oraz kod parowania, który jest automatycznie generowany po przejściu do ekranu „Połącz z aplikacją” (na stacji domowej).
- **Podgląd danych na żywo:** W górnej części strony aplikacji po zalogowaniu będą wyświetlane aktualne pomiary z czujników modułu zewnętrznego oraz stacji domowej.
- **Historia pomiarów:** Sekcja „Historia pomiarów” przedstawia na wykresie 48 ostatnich odczytów temperatury w domu oraz na zewnątrz. Użyj paska przewijania aby poruszać się po wykresie.
- **Prognoza pogody:** W celu sprawdzenia pogody w dowolnym miejscu na świecie przejdź do panelu „Prognoza pogody” a następnie w pasku wyszukiwania wpisz nazwę interesującej cię miejscowości. Wyświetlone zostaną informacje o aktualnych warunkach meteorologicznych oraz prognoza pogody na najbliższe godziny oraz dni.
- **Wymagania:** Aby dane w aplikacji były aktualne, centralka w domu musi być połączona z Wi-Fi, chmurą oraz modułem zewnętrznym (szara ikona chmury na wyświetlaczu).

## PRZYKŁADOWE NAPOTKANE PROBLEMY ORAZ ICH ROZWIĄZANIA

### BRAK WYSTARCZAJĄcej ILOŚCI PAMIĘCI RAM ORAZ WYCIEKI PAMIĘCI

**Problem:** Używanie wielu grafik oraz dużych obiektów lub tworzenie ich globalnie powoduje szybkie wyczerpanie pamięci RAM. ESP32 resetuje się, gdy brakuje pamięci na stos lub stertę podczas alokacji grafiki.

**Rozwiązanie:** Zastosowałem rysowania bezpośrednie zamiast Sprite'ów dla prostych ikon oraz mechanizmu "Lazy Loading" dla dużych grafik. Grafiki są ładowane z systemu plików (LittleFS) tylko na moment rysowania i natychmiast zwalniane. Małe ikony są trzymane w pamięci Flash (PROGMEM) jako tablice bajtów, co oszczędza cenny RAM.

### PONOWNE NAWIĄZYWANIE POŁĄCZENIA MIĘDZY MODUŁAMI

**Problem:** Nawiązanie ponownego połączenia między modułem zewnętrznym i stacją domową po połączeniu z chmurą AWS w celu wysłania danych kończyło się niepowodzeniem. Było to spowodowane przejściem stacji na inny kanał Wi-Fi, więc moduł zewnętrzny próbując nawiązać połączenie na tym samym kanale co poprzednio nie potrafił się połączyć z stacją domową.

**Rozwiązanie:** Ustawiłem stały kanał Wi-Fi przed każdym wejściem stacji domowej w tryb oczekiwania na dane przychodzące z modułu zewnętrznego. Dodałem również dodatkowe zabezpieczenie w module zewnętrznym w postaci mechanizm skanowania kanałów. Umożliwia on sprawdzenie pozostałych kanałów w momencie niepowodzenia nawiązania połączenia na poprzednio ustawionym kanale.

### MIGANIE EKRANU

**Problem:** Ekran stacji domowej migał w momencie łączenia stacji z Wi-Fi. Było to spowodowane pikami prądu z racji na jego wysoki pobór podczas nawiązywania połączenia.

**Rozwiązanie:** Zastosowałem kondensatory oraz dławiki ferrytowe. Znajdują się one przy zasilaniu wyświetlacza oraz przy module USB zasilającym elementy zamontowane na płytce. Pozwoliło to całkowicie wyeliminować niepożądane miganie.

## NAKŁADANIE SIĘ TEKSTU NA EKRANIE

**Problem:** Brak czyszczenia tła przed rysowaniem tekstu oraz grafik na ekranie, powodowało nakładanie się ich.

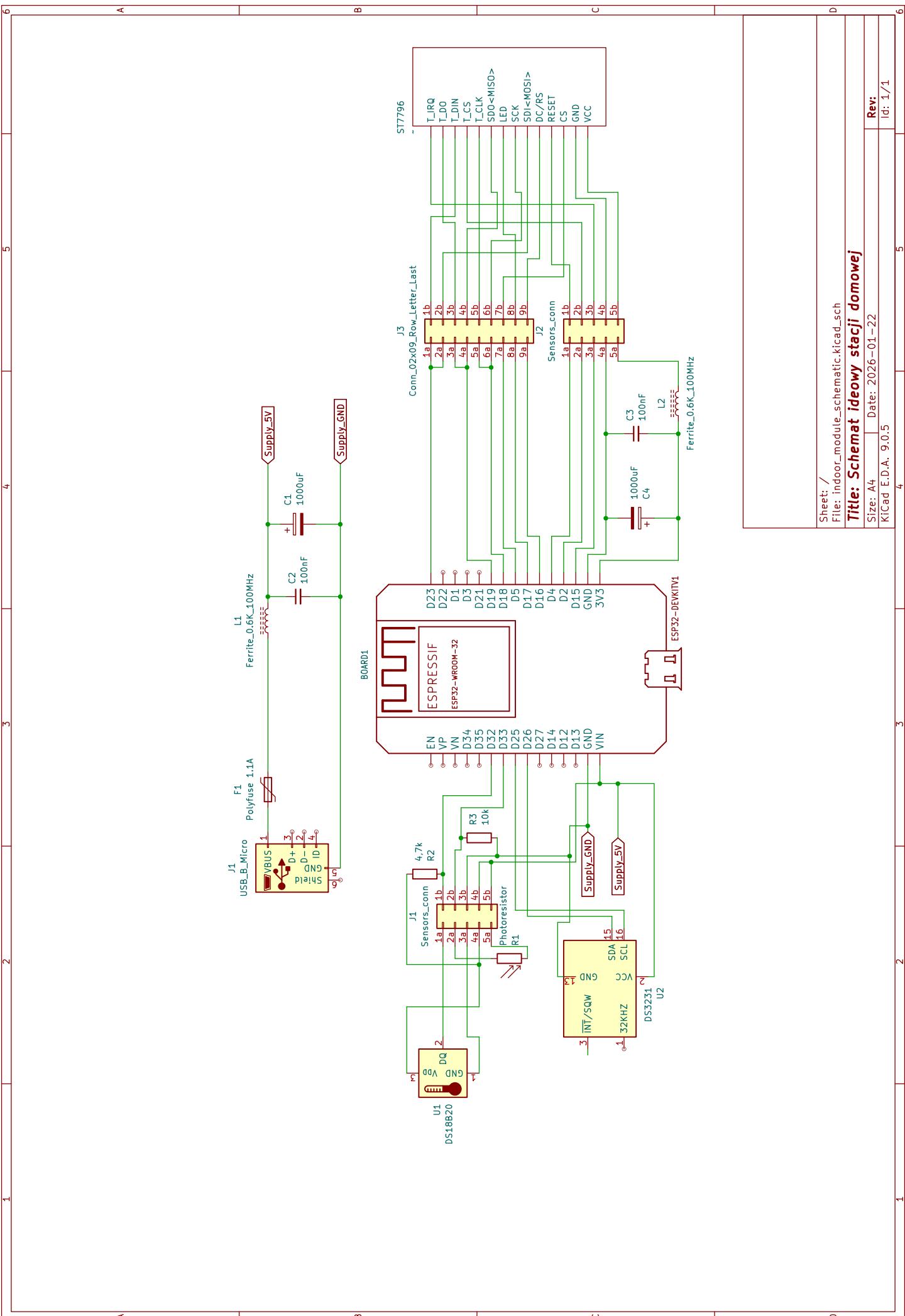
**Rozwiążanie:** Zastosowałem technikę warstwowego odświeżania obszarowego. Zamiast czyścić cały ekran (co powodowałoby migotanie), przed każdym wypisaniem tekstu program najpierw dorysowuje w tym samym miejscu mały fragment oryginalnego tła (pobierany z pliku graficznego lub pamięci ROM), a dopiero potem nanosi aktualne dane. Dzięki temu interfejs odświeża się płynnie, a tekst nie nakłada się.

## PIERWSZE POŁACZENIE STACJI DOMOWEJ Z WI-FI

**Problem:** Przy pierwszym uruchomieniu zestawu stacja domowa nie zna nazwy ani hasła do lokalnej sieci użytkownika.

**Rozwiążanie:** Konieczne było stworzenie małej aplikacji webowej uruchamianej na serwerze znajdującym się w mikrokontrolerze stacji domowej. Serwer jest uruchamiany tylko na żądanie użytkownika i zamykany po wyjściu z aplikacji co nie obciąża w żaden sposób urządzenia podczas normalnej pracy. Użytkownik przekazuje dane logowania do sieci po czym są one zapisywane w pamięci. Mikrokontroler korzysta z tych danych do kolejnych prób łączenia z siecią.

## ZAŁĄCZNIKI



Sheet: /  
File: outdoor\_module\_schematic.kicad\_sch

**Title: Schemat ideowy modulu zewnętrznego**

Size: A4 Date: 2026-01-22  
KiCad E.D.A. 9.0.5 Rev: Id: 1/1

