

# Inteligentna doniczka

January 15, 2025

## 1 Założenia projektu

Inteligentna doniczka oparta na module ESP32 to urządzenie zaprojektowane z myślą o ułatwieniu codziennej pielęgnacji roślin. Wykorzystując nowoczesne technologie, automatyzuje kluczowe procesy, które wpływają na prawidłowy rozwój roślin, eliminując konieczność ciągłego monitorowania przez użytkownika.

Urządzenie monitoruje takie parametry jak:

- **wilgotność gleby** - pozwala na ocenę, czy roślina wymaga podlewania, dzięki czemu można uniknąć zarówno przesuszenia, jak i przelania rośliny,
- **wilgotność powietrza** - umożliwia śledzenie poziomu nawilżenia otoczenia,
- **temperatura powietrza** - pozwala na kontrolę warunków termicznych otoczenia, co jest kluczowe dla roślin wrażliwych na zmiany temperatury,
- **nasłonecznienie** - mierzy intensywność światła docierającego do rośliny, pomagając w ocenie, czy roślina ma odpowiednie warunki świetlne do procesu fotosyntezy.

Dodatkowo, doniczka wykorzystuje technologie komunikacyjne, które umożliwiają łatwą konfigurację, monitorowanie i zarządzanie urządzeniem:

- **Bluetooth low energy (BLE)** - umożliwia szybkie i wygodne połączenie urządzenia z aplikacją mobilną lub komputerem w celu inicjalnej konfiguracji oraz edytowania ustawień urządzenia, takich jak graniczne wartości parametrów czy częstotliwość wysyłania danych,

- **MQTT** - wykorzystywane do przesyłania danych z doniczki na serwer, a także do odbierania z aplikacji zleceń takich jak: prośba o podlanie rośliny, ustawienie granicznych wartości parametrów (np. minimalnej wilgotności gleby) lub zmiana częstotliwości wysyłania danych. Dzięki MQTT możliwe jest również monitorowanie stanu rośliny w czasie rzeczywistym.

## 2 Czujniki i elementy wykonawcze

W projekcie wykorzystano następujące czujniki oraz elementy wykonawcze, które umożliwiają monitorowanie oraz zarządzanie warunkami panującymi w donicze:

- **Czujnik wilgotności gleby (Capacitive Soil Moisture Sensor V1.2):**
  - Używany do pomiaru poziomu wilgotności gleby.
  - Wynik pomiaru przetwarzany jest na wartość procentową, która określa, czy gleba wymaga podlewania.
  - Czujnik jest podłączony do mikrokontrolera za pomocą wejścia analogowego.
- **Czujnik temperatury i wilgotności powietrza (BME280):**
  - Umożliwia pomiar temperatury powietrza oraz względnej wilgotności.
  - Czujnik komunikuje się z mikrokontrolerem za pomocą interfejsu I2C.
  - Dane są przesyłane do serwera MQTT i mogą być wykorzystywane do monitorowania otoczenia rośliny.
- **Czujnik światła (LM393 LDR Sensor):**
  - Umożliwia pomiar poziomu światła docierającego do rośliny.
  - Czujnik wykorzystuje zarówno wejście analogowe, jak i cyfrowe:
    - \* Wejście analogowe: odczytuje dokładny poziom światła jako wartość surową, która jest następnie skalowana do procentowego poziomu oświetlenia (0% - pełne światło dzienne, 100% - całkowita ciemność).
    - \* Wejście cyfrowe: umożliwia szybkie wykrycie podstawowych warunków oświetlenia (np. jasno/ciemno), co pozwala na uproszczoną detekcję bez przetwarzania analogowego sygnału.

- Kombinacja obu typów wejść pozwala na dokładny pomiar oraz szybkie decyzje w oparciu o proste dane.

- **Czujnik poziomu wody (Iduino SE045):**

- Służy do monitorowania poziomu wody w zbiorniku.
- Zapewnia informację o konieczności uzupełnienia wody w celu dalszego podlewania rośliny.
- Czujnik jest podłączony do mikrokontrolera za pomocą wejścia analogowego.

- **Pompa wodna 120l/h:**

- Element wykonawczy odpowiedzialny za podlewanie rośliny.
- Sterowanie odbywa się za pomocą przekaźnika podłączonego do wyjścia cyfrowego mikrokontrolera.
- Włączenie przekaźnika powoduje uruchomienie pompy i podlanie rośliny.

- **Przekaźnik (SRD-05VDC-SL-C):**

- Wykorzystywany do włączania i wyłączania pompy wody.
- Przekaźnik sterowany jest cyfrowo i izoluje mikrokontroler od obwodu pompy, zapewniając bezpieczeństwo działania.

- **Powerbank 10000mAh:**

- Służy do izolowania zasilania dla mikrokontrolera (ESP) oraz pompki wodnej, co minimalizuje zakłócenia i zapewnia stabilną pracę urządzeń.
- Zasilą pompkę wodną przez przekaźnik, co pozwala na oddzielenie obwodów o różnych wymaganiach energetycznych, zwiększając bezpieczeństwo oraz niezawodność systemu.

Wszystkie komponenty są zarządzane przez oprogramowanie mikrokontrolera, które cyklicznie odczytuje dane z czujników, analizuje je oraz podejmuje odpowiednie działania, takie jak uruchomienie pompy wody lub wysłanie danych na serwer MQTT.

### 3 Bluetooth low energy

W projekcie, Bluetooth Low Energy (BLE) jest wykorzystywane do wygodnej i intuicyjnej konfiguracji urządzenia. Dzięki BLE użytkownicy mogą łatwo ustawić dane, takie jak sieć Wi-Fi, hasło do Wi-Fi, dane brokera MQTT oraz użytkownika i hasło do niego, za pomocą aplikacji mobilnej lub komputerowej. Proces konfiguracji jest prosty i przebiega w kilku krokach:

1. Przejście w tryb konfiguracji (BLE Advertising):

- aby rozpocząć proces konfiguracji, użytkownik musi wcisnąć przycisk *"boot"* na urządzeniu,
- po naciśnięciu przycisku urządzenie przechodzi w **tryb konfiguracji** i zaczyna reklamować połączenie BLE. Urządzenie staje się widoczne dla aplikacji mobilnej lub komputerowej, umożliwiając użytkownikowi połączenie z urządzeniem.

2. Połączenie z urządzeniem:

- użytkownik otwiera aplikację, która jest w stanie wykryć urządzenie w trybie konfiguracji,
- w aplikacji wyświetlana jest lista dostępnych urządzeń BLE, w tym nasza doniczka. Użytkownik wybiera odpowiednie urządzenie z listy i nawiązuje połączenie.

3. Konfiguracja parametrów urządzenia:

- po nawiązaniu połączenia użytkownik uzyskuje dostęp do interfejsu konfiguracji, w którym może ustawić kluczowe parametry urządzenia,
- użytkownik wprowadza dane dotyczące sieci Wi-Fi, takie jak **nazwa sieci (SSID)** oraz **hasło**, które umożliwiają połączenie urządzenia z siecią bezprzewodową,
- użytkownik wprowadza dane dotyczące brokera MQTT, takie jak **adres brokera**, **nazwa użytkownika** oraz **hasło**, które pozwolą urządzeniu na przesyłanie danych do odpowiedniego serwera,
- użytkownik może edytować te ustawienia w dowolnym momencie, co pozwala na łatwą aktualizację parametrów zgodnie z bieżącymi potrzebami.

#### 4. Zatwierdzenie ustawień:

- po dokonaniu zmian w ustawieniach użytkownik zatwierdza je, klikając ponownie przycisk *"boot"* na urządzeniu,
- przycisk ten działa jako mechanizm zapisu, dzięki czemu nowe dane (SSID, hasło do Wi-Fi, dane brokera MQTT) zostają zapisane w pamięci urządzenia w **pamięci NVS (Non-Volatile Storage)**,
- pamięć NVS zapewnia, że ustawienia są przechowywane nawet po wyłączeniu urządzenia, co gwarantuje ich trwałość,
- po zapisaniu zmian urządzenie przechodzi z powrotem do trybu normalnego i jest gotowe do pracy z nowymi ustawieniami.

#### 5. Zakończenie konfiguracji:

- po zapisaniu nowych ustawień urządzenie przestaje reklamować połączenie BLE i następuje rozłączenie z urządzeniem,
- urządzenie automatycznie łączy się z wybraną siecią Wi-Fi oraz brokerem MQTT, gotowe do rozpoczęcia przesyłania danych oraz odbierania zleceń,
- proces konfiguracji jest zakończony, a urządzenie działa z nowymi ustawieniami w pełnej gotowości.

## 4 Łączność MQTT

W projekcie zastosowano protokół MQTT (Message Queuing Telemetry Transport) jako kluczowy mechanizm komunikacji pomiędzy urządzeniem a serwerem. MQTT umożliwia zarówno przesyłanie danych z urządzenia, jak i odbieranie poleceń sterujących.

Główne zastosowanie w projekcie:

#### 1. Wysyłanie danych z sensorów na serwer:

- Urządzenie cyklicznie zbiera dane z czujników, takich jak wilgotność gleby, wilgotność powietrza, temperatura otoczenia i nasłonecznienie.
- Dane te są przesyłane na serwer z ustaloną częstotliwością.
- Użytkownik może dynamicznie zmieniać częstotliwość przesyłania danych poprzez wysłanie wiadomości MQTT z odpowiednimi ustawieniami.

## 2. Obsługa poleceń sterujących (np. podlewanie):

- Użytkownik może wysłać żądanie podlewania za pomocą aplikacji, które zostanie przesłane do urządzenia jako wiadomość MQTT.
- Doniczka realizuje proces podlewania po otrzymaniu żądania.
- W trybie automatycznym urządzenie samodzielnie uruchamia podlewanie, jeśli wilgotność gleby spadnie poniżej ustalonego progu.

## 3. Zdalna konfiguracja parametrów działania:

Za pomocą protokołu MQTT użytkownik może dynamicznie zarządzać ustawieniami urządzenia jak częstotliwość wysyłania danych z czujników.

Protokół MQTT wykorzystuje strukturę topics do organizacji przesyłanych wiadomości, co pozwala na efektywną i łatwą w zarządzaniu komunikację pomiędzy urządzeniem a serwerem. W projekcie inteligentnej doniczki opracowano system topics, który umożliwia publikowanie danych z czujników, przesyłanie poleceń oraz konfigurację urządzenia.

### 4.1 Tematy do publikowania danych z sensorów

Dane z czujników są publikowane w regularnych odstępach czasu na poniższe tematy:

- `macUzytkownika/macUrzadzenia/air_humidity` - wilgotność powietrza,
- `macUzytkownika/macUrzadzenia/soil_humidity` - wilgotność gleby,
- `macUzytkownika/macUrzadzenia/temperature` - temperatura otoczenia,
- `macUzytkownika/macUrzadzenia/insolation` - nasłonecznienie.
- `macUzytkownika/macUrzadzenia/insolation_digital` - pora dnia (0 - dzień, 1 - noc).

Każdy z tematów jest zorganizowany w sposób, który uwzględnia identyfikatory użytkownika (`macUzytkownika`) oraz konkretnego urządzenia (`macUrzadzenia`), co umożliwia zarządzanie wieloma urządzeniami podłączonymi do jednego systemu.

Dane są przesyłane w formacie JSON, zawierającym następujące informacje:

- **Wartość pomiaru** - zmierzona wartość danego parametru,

- **Data i godzina pomiaru** - timestamp, pozwala na precyzyjne określenie momentu wykonania pomiaru,
- **Jednostka** - jednostka miary odpowiednia dla danego parametru, np. procenty dla wilgotności (%), stopnie Celsjusza (°C) dla temperatury.

Przykładowa wiadomość publikowana na temat `macUzytkownika/macUrzadzenia/air_humidity` może wyglądać następująco:

```
{
  "value": 45.2,
  "timestamp": "1736679460",
  "unit": "%"
}
```

## 4.2 Tematy do obsługi poleceń

Urządzenie obsługuje również tematy służące do wysyłania poleceń i żądań:

- `macUzytkownika/macUrzadzenia/soil_humidity/request` - żądanie podlewania, które może zostać wysłane:
  - przez użytkownika za pomocą aplikacji,
  - automatycznie przez urządzenie, jeśli wilgotność gleby spadnie poniżej ustalonego progu.
- Wartość przesyłana w wiadomości MQTT specyfikuje czas trwania podlewania w sekundach.

## 4.3 Tematy do konfiguracji parametrów

Konfiguracja parametrów urządzenia, takich jak częstotliwość wysyłania danych z sensorów, odbywa się za pomocą tematów dedykowanych każdemu typowi danych. Poniżej przedstawiono strukturę tematów używanych do ustawiania częstotliwości:

- `macUzytkownika/macUrzadzenia/air_humidity/frequency` - częstotliwość wysyłania danych o wilgotności powietrza,
- `macUzytkownika/macUrzadzenia/soil_humidity/frequency` - częstotliwość wysyłania danych o wilgotności gleby,

- *macUżytkownika/macUrządzenia/temperature/frequency* - częstotliwość wysyłania danych o temperaturze otoczenia,
- *macUżytkownika/macUrządzenia/insolation/frequency* - częstotliwość wysyłania danych o nasłonecznieniu.
- *macUżytkownika/macUrządzenia/insolation\_digital/frequency* - częstotliwość wysyłania danych o porze dnia.

Wartości częstotliwości są definiowane przez użytkownika i przesyłane w treści wiadomości MQTT.

## 5 Aplikacja serwerowa

### 5.1 Panel rejestracji

Po podłączeniu urządzenia do BLE, użytkownik otrzymuje dostęp do charakterystyki zawierającej URL prowadzący do strony rejestracji. Na tej stronie można założyć konto, wypełniając pola takie jak **imię**, **nazwisko**, **adres e-mail**, **hasło** oraz **numer telefonu**, na który mają być przesyłane powiadomienia SMS w przypadku przekroczenia wartości ustalonych progów.

Figure 1: Panel rejestracji.



## 5.2 Panel logowania

Panel logowania umożliwia użytkownikowi wprowadzenie danych logowania, takich jak adres e-mail i hasło. Pola te są obowiązkowe do wypełnienia, a po ich poprawnym uzupełnieniu użytkownik może uzyskać dostęp do swojego konta.

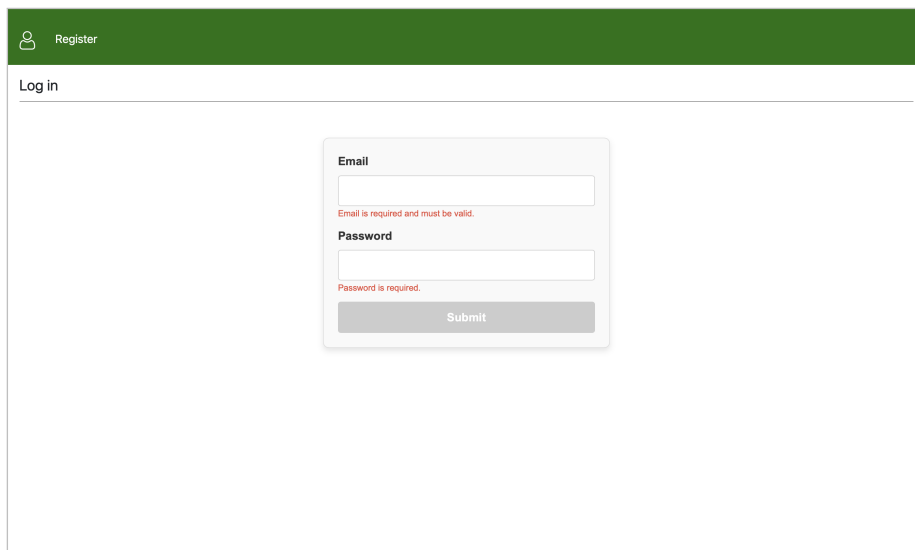


Figure 2: Panel logowania.

## 5.3 Panel urządzeń

Widok aplikacji został zaprojektowany tak, aby umożliwić intuicyjne zarządzanie urządzeniami użytkownika. Poszczególne elementy interfejsu są uporządkowane w logicznej kolejności:

### 1. Lista urządzeń użytkownika

W centralnej części aplikacji znajduje się lista urządzeń przypisanych do użytkownika.

### 2. Dane urządzenia

Po wybraniu urządzenia wyświetlane są szczegóły, takie jak:

- nazwa urządzenia,
- unikalny identyfikator (adres mac).

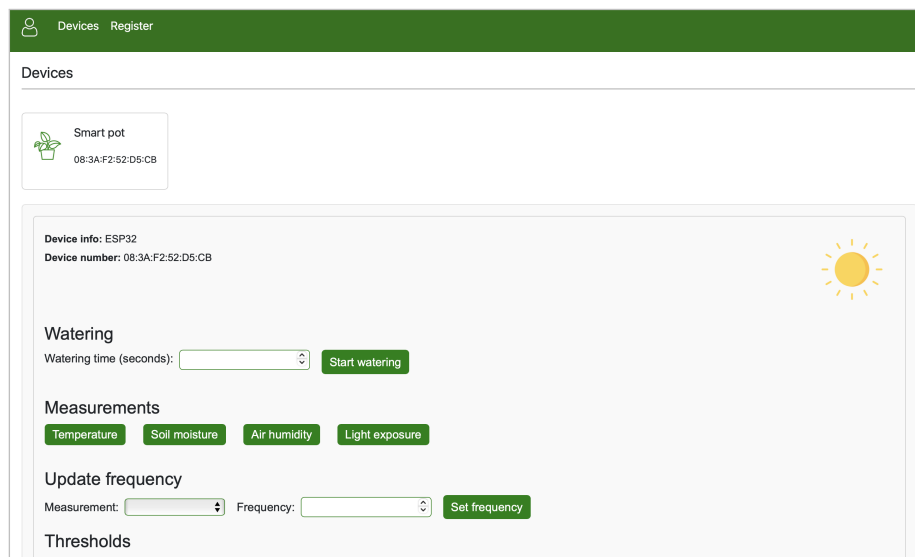


Figure 3: Panel urządzenia

Aplikacja, zależności od pory dnia przesyłanej z urządzenia, wyświetla ikonę reprezentującą aktualną porę (słońce - dzień, księżyc - noc).

### 3. Funkcjonalność do podlewania

Użytkownik ma możliwość uruchamiania funkcji podlewania bezpośrednio z poziomu aplikacji. Specyfikowany jest czas (w sekundach) jak długo ma trwać podlewanie.

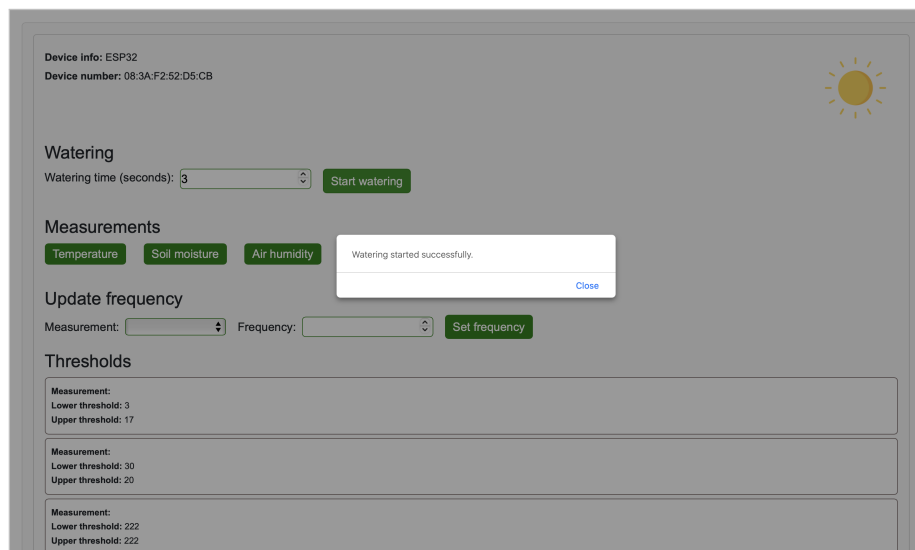



Figure 4: Funkcja podlewania.


#### 4. Lista pomiarów

Dane pomiarowe prezentowane są w przejrzystej liście, zawierającej:

- wilgotność powietrza,
- wilgotność gleby,
- temperaturę,
- nasłonecznienie.

DevicesRegister

Devices

Smart pot  
08:3A:F2:52:D5:CB

Device info: ESP32  
Device number: 08:3A:F2:52:D5:CB

☀️

Watering

Watering time (seconds):  Start watering

Measurements

Temperature

Soil moisture

Air humidity

Light exposure

Date: Wednesday, January 15, 2025 at 8:24 PM  
Value: 25

Date: Wednesday, January 15, 2025 at 8:24 PM  
Value: 25

Date: Wednesday, January 15, 2025 at 8:24 PM

Figure 5: Pomiar.

## 5. Zmienianie częstotliwości wysyłki danych na serwer

Użytkownik może dostosować częstotliwość, z jaką dane z urządzenia są przesyłane na serwer.

Value: 50

Date: Wednesday, January 15, 2025 at 8:23 PM

Value: 50

Date: Wednesday, January 15, 2025 at 8:22 PM

Value: 50

Previous

Next

### Update frequency

Measurement: 

Temperature

Soil moisture

Air humidity

Light exposure

Day time

Frequency:

Set frequency

### Threshold

Measurement: 

Lower threshold: 20

Upper threshold: 20

Measurement: 

Lower threshold: 222

Upper threshold: 222

Measurement: 

Lower threshold: 3

Upper threshold: 17

Measurement: 

Lower threshold: 2

Upper threshold: 3

### Update threshold

Measurement: 

Lower:

Upper:

Set threshold

Figure 6: Zmiana częstotliwości wysyłki danych.

## 6. Zmiana minimalnych i maksymalnych wartości progów pomiaru

Aplikacja pozwala na edycję minimalnych i maksymalnych progów dla poszczególnych pomiarów, co umożliwia lepsze dopasowanie działania urządzenia do indywidualnych potrzeb.

The screenshot displays a user interface for configuring measurement thresholds and update frequency. At the top, it shows a 'Value: 80' and a 'Date: Wednesday, January 15, 2025 at 8:22 PM'. Below this, there are 'Previous' and 'Next' buttons. The 'Update frequency' section includes a 'Measurement' dropdown, a 'Frequency' input field, and a 'Set frequency' button. The 'Thresholds' section contains four rows, each with a 'Measurement' dropdown and 'Lower threshold' and 'Upper threshold' input fields. The bottom section, 'Update threshold', includes a 'Measurement' dropdown, 'Lower' and 'Upper' input fields, and a 'Set threshold' button.

Measurement	Lower threshold	Upper threshold
	30	20
	222	222
	3	17
	2	3

Figure 7: Progi pomiarów.

W przypadku, gdy otrzymane dane przekraczają ustalone progi - zbyt wysoki lub zbyt niski, na numer użytkownika wysyłane jest powiadomienie o tym stanie.

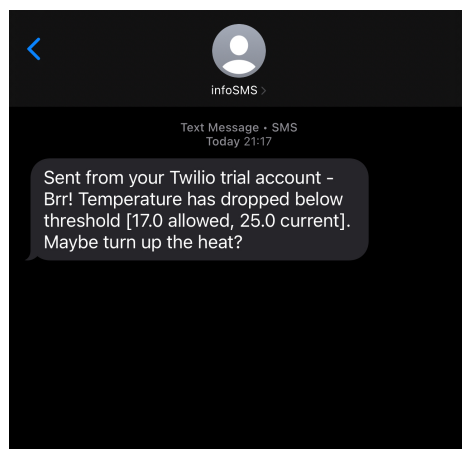


Figure 8: Powiadomienie o przekroczeniu progów (wersja Twilio trial).