Dokumentation ESP32 Mikrocontroller

Unser Projektziel ist die smarte Überwachung und Zugangskontrolle zu einem Rechenzentrum. Für dieses Vorhaben verwenden wir den **ESP32 Mikrocontroller**, da dieser nativ eine Verbindung über WiFi unterstützt. Darüber hinaus taktet der ESP32 schneller als beispielsweise ein Arduino Uno und bietet zudem mehr Ein- und Ausgänge.

Für unser cyber-physisches System setzen wir mehrere Sensoren und Aktoren ein:

DHT11

Der DHT11 ist ein Temperatur- und Luftfeuchtigkeitssensor. Er misst die Temperatur in Grad Celsius sowie die Luftfeuchtigkeit in Prozent. Die Daten werden digital übertragen, eine manuelle Normalisierung oder Kalibrierung war laut unseren Tests nicht notwendig. Die Einbindung des DHT11 in den Mikrocontroller-Code erfolgt über die Verwendung der Bibliothek <DHT.h>.

LCD1602 (I^2C)

Das **LCD1602** ist ein Liquid Crystal Display, das in diesem Projekt zur Darstellung von Temperatur, Luftfeuchtigkeit sowie Systemzuständen dient. Es wurde über den **SDA- und SCL-Bus** angeschlossen, da es das I^2C-Protokoll unterstützt.

Buzzer V1.2

Der Buzzer erzeugt hörbare Töne, deren Tonhöhe in Hertz (Hz) im Code definiert wird. Er wird primär für Zutrittssignale sowie für Alarmtöne verwendet. Der Aktor kommuniziert digital; eine zusätzliche Konfiguration ist nicht notwendig.

LEDs

Eine grüne und eine rote LED zeigen den aktuellen Systemstatus an:

- **Rot**: System gesichert (Alarm scharf geschaltet)
- **Grün**: System ungesichert (Alarm deaktiviert)
  Die LEDs sind über 220-Ohm-Widerstände angeschlossen und werden über digitale Pins mit HIGH bzw. LOW geschaltet.

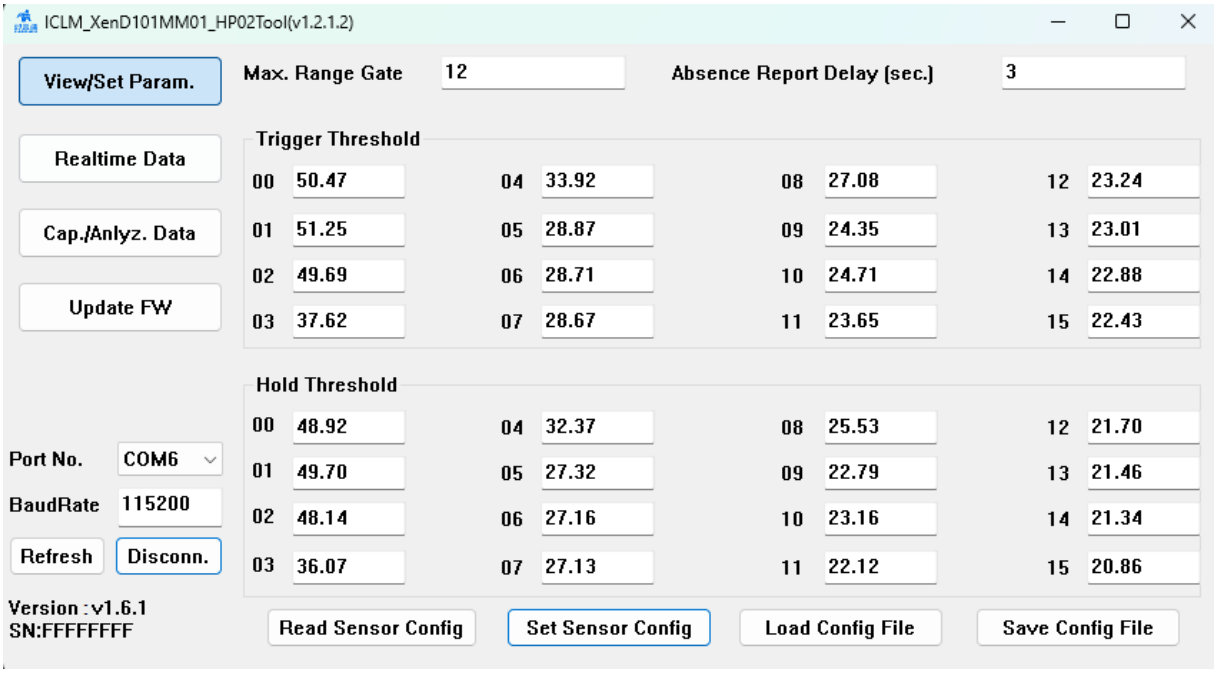
RFID-RC522

Der RFID-RC522 Sensor erkennt RFID-fähige Tags oder Geräte. Die Anbindung erfolgt über den **SPI-Bus**. Unsere Zugangskontrolle basiert auf dem Vergleich der übermittelten Tag-IDs mit freigegebenen IDs.

Präsenzsensor

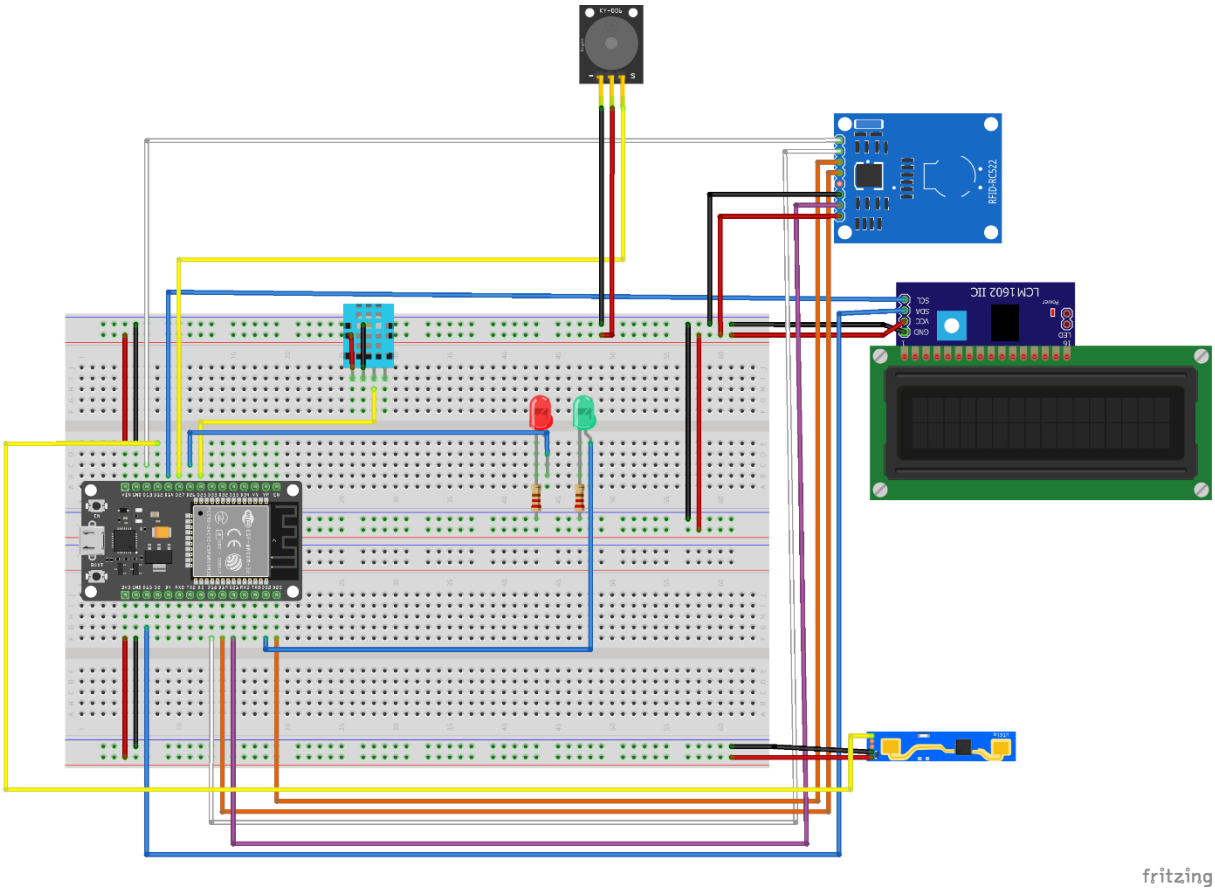
Der Präsenzsensor LD2410 wird verwendet um menschliche Anwesenheit innerhalb des zu schützenden Raumes festzustellen. Der Sensor wurde vorab über ein UART zu USB Gerät so konfiguriert, dass die Parameter für dieses Projekt passen. Die Konfiguration des Sensors kann jederzeit über ein solches Gerät angepasst werden und sollte bei Installation des Systems überprüft werden. Der LD2410 kommuniziert sowohl über serielle Schnittstelle als auch digital über einen Pin. Im diesem Projekt wird lediglich der digitale Pin ausgelesen, da dieser Aufschluss darüber gibt ob sich jemand im Raum befindet oder nicht. Eine Messung des Abstands ist für die Überwachung nicht notwendig.

Abb.1 Konfiguration USB -> UART des Sensors:



Verkabelung

Die genaue Verkabelung der Komponenten ist im folgenden Schaubild dargestellt:



Funktionalitäten des Mikrocontrollers

Grundfunktion

Die Kernaufgaben des Mikrocontrollers sind:

- Messung von Temperatur und Luftfeuchtigkeit
- Einlesen von RFID-Karten
- Auslösung eines Alarms bei bestimmten Bedingungen

Ein Alarm wird ausgelöst, wenn:

- ein konfigurierbarer Grenzwert (z. B. Temperatur) überschritten wird
- eine Präsenz erkannt wird, während das System gesichert ist

---

Konsistente Konfiguration

Ein Teil des Speichers des ESP32 wird zur Dateiablage genutzt. Dort befinden sich u. a. die Dateien config.json und access_IDs.json. Diese persistenten Daten ermöglichen es, Konfigurationen und Zugangs-IDs auch nach einem Neustart des ESP32 zuverlässig zu laden.

Änderungen an der Konfiguration oder Zugangsberechtigungen können bequem über ein Webinterface vorgenommen werden.

WiFi- & MQTT-Verbindung

Der ESP32 stellt beim Start automatisch eine Verbindung zum konfigurierten WiFi-Netzwerk sowie zum MQTT-Broker her. Die Verbindung wird kontinuierlich überwacht; im Falle eines Abbruchs wird sie automatisch wiederhergestellt.

Kommunikation über MQTT

Die gesamte Netzwerkkommunikation des ESP32 läuft über **MQTT**. Es wurde ein passwortgeschützter MQTT-Broker eingerichtet.
Sowohl die Kommunikation mit der Datenbank als auch die Konfiguration des Systems erfolgen ausschließlich über MQTT.

Da das System eine bidirektionale Kommunikation benötigt, kann der ESP32 sowohl MQTT-Nachrichten senden als auch empfangen und auswerten. Der Datenaustausch zwischen Backend und Mikrocontroller basiert auf MQTT-Kommandos und einer eigens entwickelten Nachrichtenstruktur.

ArduinoMQTTClient.h

Die ArduinoMQTTClient.h Bibliothek wird zum verbinden und übertragen der Daten über MQTT genutzt. Aufgrund der extensiven MQTT Kommunikation hat dies die Problematik hervorgerufen, dass MQTT Nachrichten auf 256 Bytes begrenzt waren. Die ArduinoMQTTClient.h Bibliothek wurde daher manuell so angepasst, dass größere Nachrichten unterstützt werden.