

ALPHA

Acquisizione Locale di Parametri con
Hardware Avanzato

Alessio Tommasi

29 aprile 2025

Indice

1	Introduzione	3
1.1	Dipendenze	3
1.2	Configurazione dell'Arduino IDE	4
2	Hardware	5
2.1	Funzionamento	5
2.1.1	Alimentazione	5
2.1.2	Ingressi Digitali	7
2.1.3	Multiplex	9
2.1.4	hardware esterno posizionabile sulla board	13
2.2	Hardware esterno	18
2.2.1	Winzet W5500 Ethernet module	18
2.2.2	MAX485 Modbus RTU	20
2.2.3	ADS1115 ADC	22
2.2.4	ESP32 38 Pin	23
3	Software	27
3.1	Diagramma UML	27
3.1.1	Pattern	27
3.2	Performace	28
3.3	WebServer	29
3.3.1	Componenti HTML Dinamici	30
3.3.2	Vantaggi del Framework	32
3.3.3	Conclusioni	32
3.4	Modbus	32
3.5	Sfide	32
4	Attività	33
5	Conclusioni	34
5.1	Demo	34

5.2 Sviluppi futuri	34
-------------------------------	----

Capitolo 1

Introduzione

Il progetto *ALPHA* è stato sviluppato nel corso di IoT del Master in Informatica presso SUPSI. Il focus principale è sull'ESP32 e il protocollo Modbus.

La documentazione ufficiale del progetto disponibile al seguente link:
[ALPHA](#).

1.1 Dipendenze

Driver Per gli utenti Windows, è necessario installare [CP210xDriver](#)

Compiler Per compilare tale progetto è stato utilizzato Arduino IDE 2.3.3. disponibile al seguente link: [Arduino IDE](#).

Pubblic library

AsyncTCP ulteriori informazioni sono disponibili a questo link [AsyncTCP](#)

ESPAsyncTCP ulteriori informazioni sono disponibili a questo link [ESPAsyncTCP](#)

ESPAsyncWebServer ulteriori informazioni sono disponibili a questo link [ESPAsyncWebServer](#)

UIPEthernet ulteriori informazioni sono disponibili a questo link [UIPEthernet](#)

Modbus Sono state testate diverse librerie, ma nessuna di esse ha funzionato in modo ottimale.

1.2 Configurazione dell'Arduino IDE

Link repo ufficiale: [iotProject](#).

Per compilare i file nelle sottocartelle, è necessario aggiungerli come librerie (.zip) all'Arduino IDE. Ho creato una cartella specifica per le librerie dove posizionare o sostituire i file zip. Per una corretta compilazione, importa tutte le cartelle zip presenti in **/Library**.

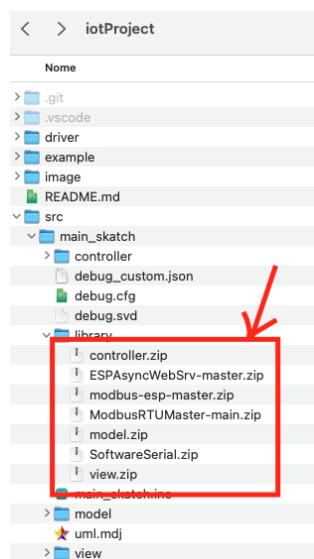


Figura 1.1: Importazione delle librerie nell'Arduino IDE

Altrimenti clonare la versione Portable del progetto disponibile al seguente link: [iotProject-portable](#).

Capitolo 2

Hardware

2.1 Funzionamento

2.1.1 Alimentazione

E' possibile alimentare la board tramite un alimentatore esterno da 24V DC che fornisca almeno 0.5A.

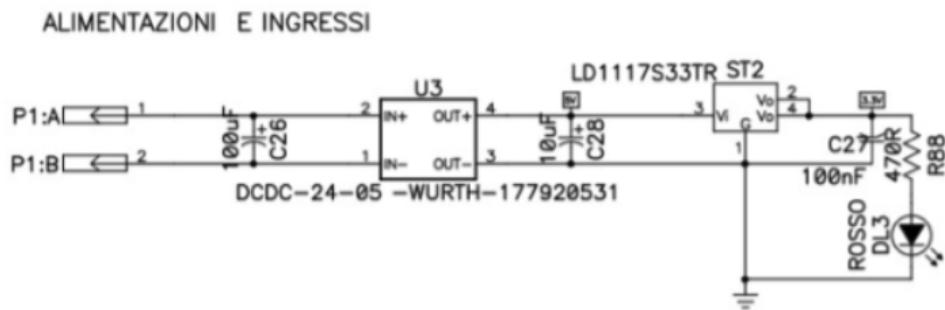


Figura 2.1:

Descrizione Lo schema in Figura 2.1 rappresenta il sistema di alimentazione con regolatori di tensione e relativi condensatori di filtraggio. I connettori P1:A e P1:B forniscono l'ingresso principale della tensione al circuito.

Conversione DC-DC Il primo stadio dell'alimentazione è rappresentato dal modulo DC-DC Wurth 177920531, (Data Sheet Here) che si occupa della conversione della tensione di ingresso a un livello adeguato per il regolatore successivo.

La stabilizzazione della tensione è garantita dai condensatori C26 e C28 entrambi da 100 μ F, i quali riducono eventuali ripple presenti nella tensione di alimentazione.

Regolazione di tensione Dopo la conversione DC-DC, il regolatore lineare LD1117S33TR (U3 sulla board) fornisce una tensione stabile di 3.3V, necessaria per l'alimentazione dei componenti successivi. Questo regolatore include un condensatore di ingresso C28 di 10uF e un condensatore di uscita C27 di 100nF per migliorare la stabilità del segnale. Un LED rosso (D3) con la resistenza R88 fornisce un'indicazione visiva della corretta alimentazione del sistema.

Regolatore Switching LM7660 Un ulteriore regolatore di tensione, l'LM7660 (U10), viene utilizzato per generare una tensione negativa o fornire una conversione di tensione specifica.

Questo componente opera con i condensatori C29 e C30 (entrambi da 10uF), i quali servono per stabilizzare la tensione e ridurre le oscillazioni indesiderate.

Uscite Le alimentazioni ottenute distribuiti tramite i connettori P20:1, P20:2, P21:1, P21:2, P22:1 e P22:2, che permettono l'integrazione del sistema con altri moduli elettronici.

P20:1 e P20:2 forniscono la tensione di alimentazione principale a 5V, mentre P21:1 e P21:2 forniscono la tensione negativa a -5V. P22:1 e P22:2 forniscono la tensione di alimentazione a 3.3V.

2.1.2 Ingressi Digitali

Questo sezione descrive l'implementazione degli ingressi digitali nel circuito, illustrando il principio di funzionamento, la protezione e il filtraggio dei segnali.

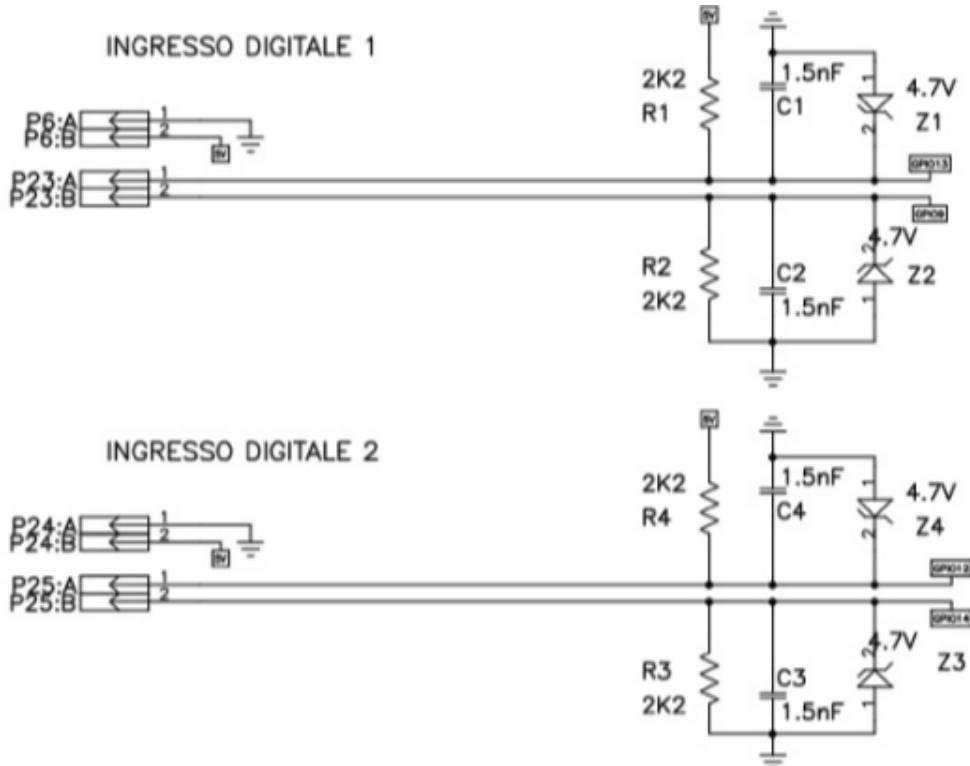


Figura 2.2:

Descrizione Il circuito degli ingressi digitali è progettato per accettare segnali in ingresso e condizionarli adeguatamente prima di inviarli alla logica di elaborazione.

Ogni ingresso è dotato di:

- **Resistenze** da $2.2\text{ k}\Omega$ rispettivamente (R1, R2) per ingresso digitale 1 e (R3, R4) per ingresso digitale 2: il loro scopo è limitare la corrente di ingresso e formare un partitore resistivo.
- **Condensatori** da 1.5 nF (C1, C2, C3, C4): implementati per ridurre il rumore ad alta frequenza e migliorare l'integrità del segnale.
- **Diodi Zener** da 4.7 V (Z1, Z2, Z3, Z4): impiegati per proteggere l'ingresso da sovratensioni accidentali che potrebbero danneggiare i componenti a valle.

Conclusioni Grazie all’uso combinato di resistenze, condensatori e diodi di protezione, il circuito è in grado di accettare segnali digitali provenienti da diversi dispositivi, mantenendo una buona immunità al rumore. Inoltre, la configurazione utilizzata permette di garantire livelli logici stabili e ben definiti.

Dunque il sistema di ingressi digitali descritto rappresenta una soluzione efficace per la gestione di segnali binari, garantendo protezione, stabilità e robustezza. Questa configurazione assicura un’interfaccia affidabile tra il mondo fisico e il sistema di elaborazione.

2.1.3 Multiplex

Il dispositivo di multiplexing riulta essere il **CD405xB**. sviluppato da Texas Insreumet, link alla documentazione ufficiale:
CD405xB.

Da cui provengono le seguenti immagini e informazioni:

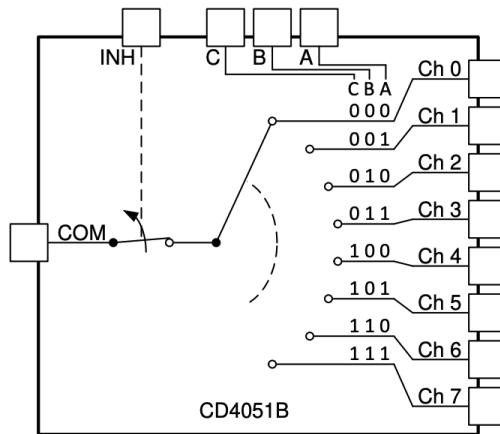


Figura 2.3: Tabella di verità del CD405xB

Collegamenti Multiplexer

I pin di ingresso A, B, C del multiplexer **CD405xB** sono collegati rispettivamente ai pin GPIO 12, 13, 14 dell'ESP32. La selezione dei canali del multiplexer avviene impostando i pin A, B, C come segue:

Canale	Pin A	Pin B	Pin C
0	0	0	0
1	1	0	0
2	0	1	0
3	1	1	0
4	0	0	1
5	1	0	1
6	0	1	1
7	1	1	1

Tabella 2.1: Configurazione dei pin per la selezione dei canali del multiplexer

i canali del multiplexer possono essere impostati nella apposita pagina web, la documentazione è disponibile più avanti in questo documento.

Dettaglio canali multiplexer Di seguito sono riportati come i canali si connettono ai segnali esterni, le operazioni effettuate su tali segnali verranno spiegate più nel dettaglio nella sezioni successive.

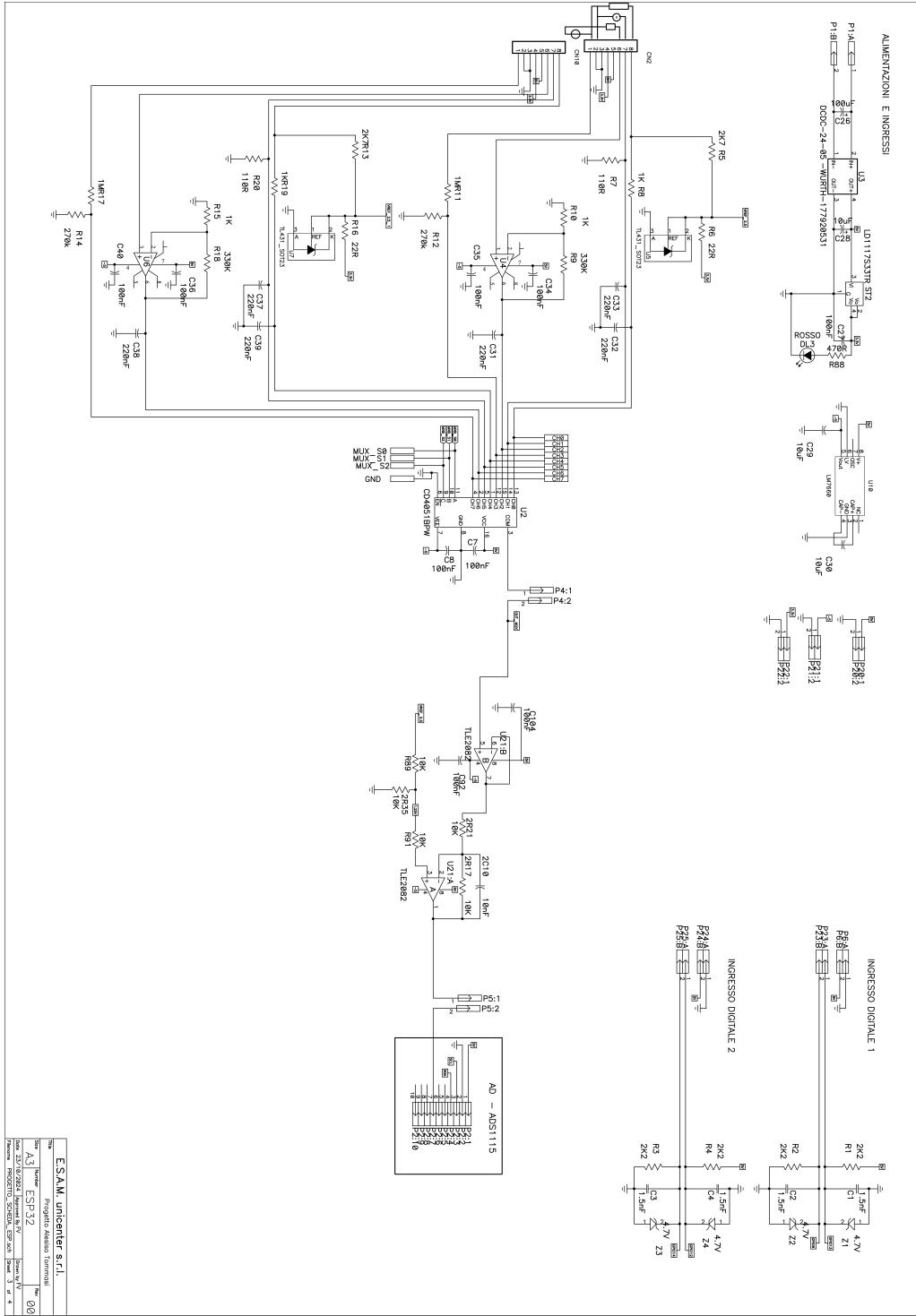


Figura 2.4: Dettaglio canali multiplexer

2.1.4 hardware esterno posizionabile sulla board

MAX31865

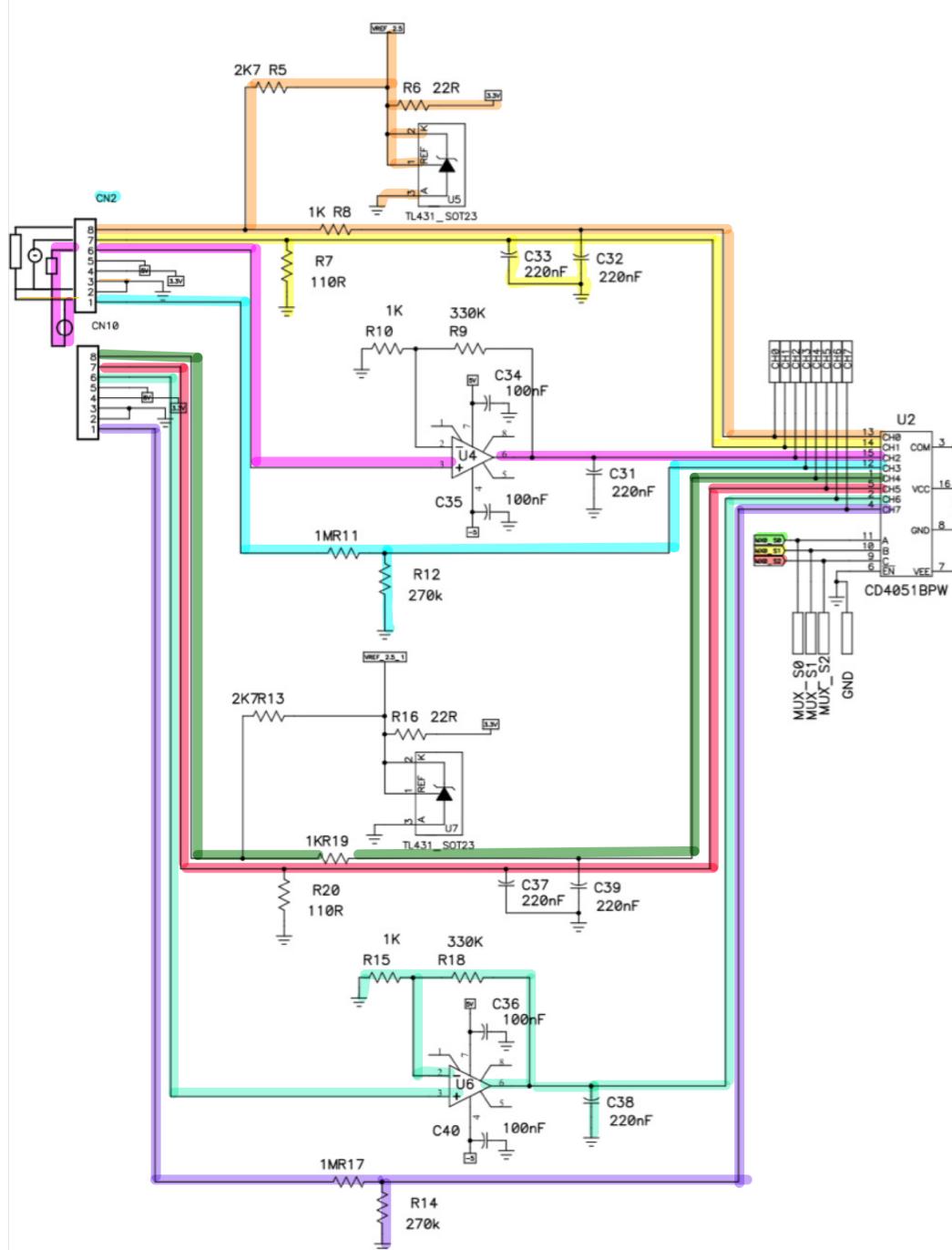


Figura 2.5: Collegamenti dei canali del multiplexer

Ch0 Selezionando Ch0 dall'apposita pagina dedicata segue il percorso evidenziato in arancione nella Figura 5.2. E' collegato a pin 8 della morsettiera CN2.

Il segnale in ingresso proviene da una resistenza esterna collegata al connettore (tra i morsetti 8 e 2 e 1).

Una corrente di circa $9 \mu\text{A}$ viene iniettata nel morsetto 8.

Questa corrente, attraversando la resistenza esterna, genera una caduta di tensione che viene selezionata tramite il canale Ch0 del multiplexer. Successivamente, il segnale passa attraverso uno stadio amplificatore per essere portato a un livello adeguato per l'ADC dell'ESP32.

Il componente TL431 funge da riferimento di tensione, ovvero un generatore di tensione costante e calibrata.

Esempio

Dati

- $R = 100 \Omega$ resistenza che vogliamo misurare
- $I \approx 9 \mu\text{A}$ corrente generata internamente sempre in questo range
- $V_{\text{ref}} = 2.5\text{V}$ tensione di riferimento generata dal TL431

Si consideri la legge di Ohm:

$$V = R \cdot I \quad \text{e} \quad R = \frac{V}{I}$$

seguendo KCL (Kirchhoff current law) si ottiene che la corrente che passa per la resistenza R8 è pari alla resistenza collegata sul morsetto 8 + la corrente generata dal componente TL431.

dunque la tensione su ch0 (V_{ch0} letta da esp a seguito dello stadio di amplificazione) seguendo KVL (Kirchhoff voltage law) è data da: tensione su R8 + tensione su R

$$R = \frac{V_{\text{ch0}}}{9 \mu\text{A}} - 1 \text{k}\Omega$$

sfortunatamente i dati letti da esp con questa formula non hanno alcun senso! vedi la seguente tabella con le misure di tensione di resistenze note:

Valori Sperimentali

Resistenza [Ohm]	Tensione [V]	Note
1k	0.67	bbb
100k	2.43	ccc
inf	2.5	nessuna resistenza collegata

Conclusioni La funzione razionale scelta per interpolare esattamente i tre punti e garantire l'asintoto $V(\infty) = 2.5$ è:

Da Trovare per ora semplicemente tensione misurata/ 9uA

Nota: per ora ho notato che tensione letta e esattamente quella sulla resistenza esterna. invece che essere una partizione!

Ch1 percorso evidenziato in giallo nella Figura 5.2.

Possibili funzioni del segnale sul segnale in ingresso al pin 7 della morsettiera CN2.

- **Filtro Passa Bassa** Se il segnale applicato su R7 è una tensione alternata (AC), il circuito potrebbe attenuare le alte frequenze, lasciando passare solo le frequenze più basse

- **Stabilizzazione del segnale**

Ch2 percorso evidenziato in viola nella Figura 5.2.

Leggeremo il segnale in ingresso al pin 6 della morsettiera CN2.

Il segnale verrà amplificato dall'operazionale U4 che è collegato come amplificatore non invertente (maggiori info al link LM358).

Il guadagno di U4 è dato dalla formula $G = 1 + \frac{R9}{R10} = 1 + 330 = 331$. Inoltre tali alimentatore è alimentato tra 0 e +5v quindi clamerà il segnale in ingresso tra 0 e +5v. Il condensatore C31 si occupa di stabilizzare il segnale in uscita.

Ch3 percorso evidenziato in azzurro nella Figura 5.2.

Leggeremo il segnale in ingresso al pin 1 della morsettiera CN2. tra il segnale sul pin 1 ed ESP c'è un partitore di tensione composto da $R11 = 1M$ e $R12 = 270K$ dunque

$$V_{esp} = V_{pin1} * \frac{R12}{R11+R12} = V_{pin1} * \frac{270}{1270} = V_{pin1} * 0.2126.$$

//correzione: Si necessita di montare una resistenza tra il pin 8 e il pin 1 della morsettiera CN2. Vine generata una corrente pari a $9 \mu A$ che passa attraverso la resistenza esterna paria 100Ω tale segnale finisce dunque su ch3 dopo essere passato attraverso ad un partitore di tensione.

Esempio

Dati

- $R = 100 \Omega$ resistenza collegata al pin 1,8
- $I \approx 925 \mu A$

$$V_r = I * R = 925 \mu A * 100 \Omega = 92,5 \text{ mV}$$

Successivamente e' presente un partitore resistivo per abbassare la tensione a valori accettabili per l'ESP32 (max 3V). in particolare:

$$V_{ch3} = V_{r12} = Vin * \frac{R_{12}}{R_{11} + R_{12}} = 92,5[mV] * \frac{1M}{270k} = 19,425[mV]$$

Dunque fattore di divisio ne del partitore e'

$$V_{ch3}/Vin = 19,425/92,5 = 0,21$$

A valle del partitore il componente TL082 si occupa dello stadio di amplificazione. Questo stadio consente anche una traslazione del segnale nel caso in cui la tensione in ingresso sia negativa offettuando opportuni shift di tensione.

Tale shift viene sempre effettuato in modo di portare il segnale a circa la metà della dinamica dell esp ovvero 1.25V.

Recap sull elaborazione del segnale

- generazione corrente $I \approx 925 \mu A$ che passa attraverso la resistenza esterna
- tensione generata $V_r = R * I$ viene ridimensionata da partitore con fattore pari a 0.21
- shift del segnale a 1.25V

Questo concetto verra applicato per utilizzare termoresistori (Pt100, Pt1000, Pt500, Ni500) e termocoppie che verranno attaccate e il valore di tensione misurato sara corrispondente a un certo valore di resistenza.

Le sonde di temperatura di questa famiglia però non sono lineari quindi andrà implementata una opportuna tabella di linearizzazione

Utilizzo ch3 per segnali in tensione continua l'ingresso per tali segnali è dal pin 1 (positivo) e 2 (negativo) della morsettiera CN2.

Esempio

$$Vin = 10V \Rightarrow 10V * 0.21 = 2.1V \Rightarrow 2.1V + 1.25V = 3.35V$$

Contrariamente al caso precedente, non e' necessario effettuare linearizzazione con tabella poiche il segnale e già lineare. Dovrò dare dunque un'opzione lato SW per selezionare il tipo di segnale in ingresso su CH3.

Ovvero su ch3 leggero 1.25 quando saranno applicati 0V nella morsettiera CN2 e 3.3V quando ci sono 10V

Utilizzo ch3 per segnale di corrente il generatore di corrente dovrà essere inserito tra il pin 7(positivo) e 2(negativo) della morsettiera CN2.

Esempio Consideriamo un generatore di corrente in ingresso di 20mA. La corrente cadrà sulla resistenza R7 generando una tensione che verrà poi shiftata di 1.25V

$$0.02mA * 110\Omega = 2.2V + 1.25 = 3.45V$$

Dunque su ch3 leggero 3.45V quando ci sono 20mA in ingresso.

Ultimo caso è quello delle sonde termocoppie. In questo caso la sonda è inserita tra pin 6 e pin 2

Il multiplexer sarà in posizione ch2

Queste sonde forniscono in uscita al variare della temperatura una tensione di pochi millivolt per questo il segnale deve essere amplificato tramite op177 che è un operazionale a basso offset (ovvero non introduce rumore sul segnale misurato).

Il gain dell'operazionale con queste resistenze è pari a 101 quindi il segnale in ingresso verrà amplificato per 101 volte e shiftato sempre di 1.25V

Ch4 Connessione equivalente a CH0

Ch5 Connessione equivalente a CH1

Ch6 Connessione equivalente a CH3

Tutte le connessioni equivalenti hanno un circuito hw separato per garantire la massima indipendenza tra i canali.

2.2 Hardware esterno

2.2.1 Winzet W5500 Ethernet module

tal dispositivo e opzionale e deve essere collocato sulla board in alternativa alla scheda SD.

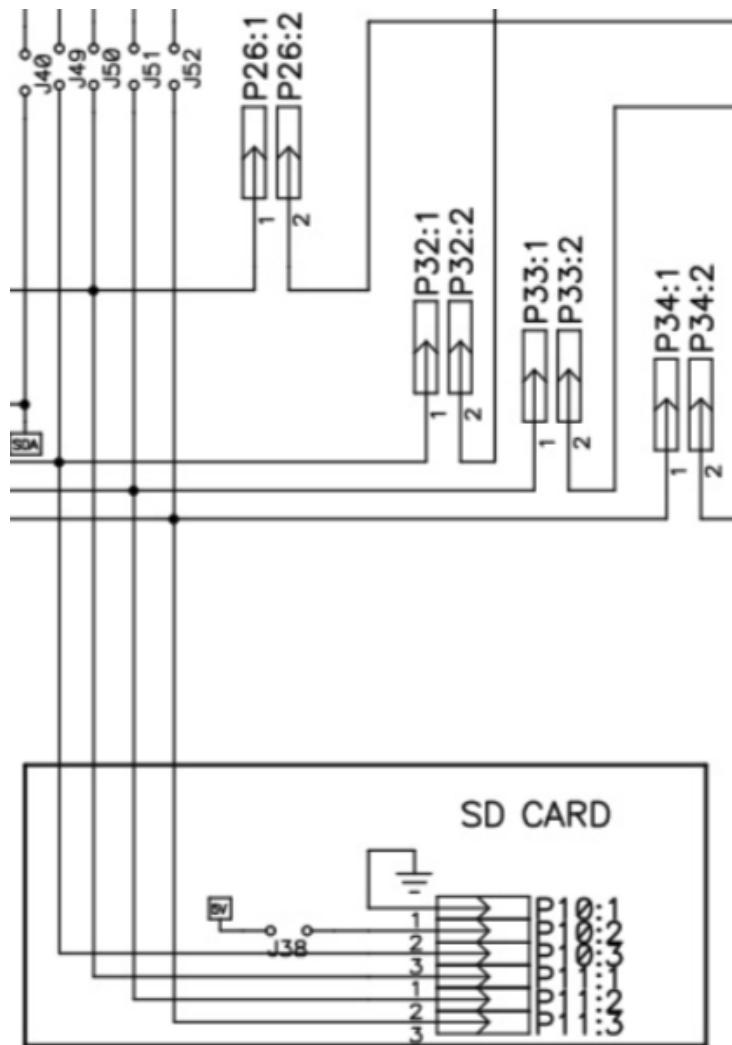


Figura 2.6: Winzet W5500 Ethernet module

per il corretto funzionamento si devono collocare manualmente sullla board seguenti jumper: J49, J50, J51, J52 e J38 visibili in figuras 2.5.

Per una documentazione dettagliata sulla ricerca di tale modulo e sul codice e librerie utilizzate da esso consultare il seguente link: W5500.

Si è optato per l'utilizzo di un modulo Ethernet W5500 per la comunicazione tramite Modbus TCP/IP.

- documentazione dettagliata modbus tcp/ip Modbus TCP/IP

funzionamento modbus TCP/IP

Modbus TCP è stato sviluppato per sfruttare le infrastrutture di rete LAN esistenti, permettendo la comunicazione attraverso reti Ethernet.

Attualmente viene utilizzato per qualsiasi connessione tra dispositivi connessi a internet.

Questo protocollo incapsula i messaggi Modbus RTU in pacchetti TCP, il che facilita la loro trasmissione su reti Ethernet standard. Uno dei principali vantaggi del Modbus TCP è la sua capacità di connettere un numero illimitato di dispositivi, grazie all'uso di indirizzi IP invece delle limitazioni di indirizzamento dei protocolli seriali.

In questo contesto, Modbus TCP ridefinisce la relazione master-slave in termini di client-server, permettendo una comunicazione più flessibile e scalabile. I dispositivi possono agire come client o server, facilitando l'integrazione di più sistemi e migliorando l'efficienza delle comunicazioni nelle reti industriali.

link bibliografia Modbus TCP/IP

Vantaggi W5500

- **Alta velocità e prestazioni:** Supporta fino a 80 Mbps grazie al buffer hardware dedicato.
- **Stack TCP/IP hardware integrato:** Libera risorse sul microcontrollore ESP32.
- **Consumo energetico ridotto:** Più efficiente rispetto all'ENC28J60, ideale per applicazioni a basso consumo.
- **Compatibilità ampia:** Supportato dalla libreria Ethernet ufficiale di Arduino.

Per visualizzare una ricerca più dettagliata sul confronto di tale modulo con altri moduli presenti sul mercato consultare il seguente link:

ResearchEthModule.

2.2.2 MAX485 Modbus RTU

Tale moduli sono utilizzati per la comunicazione seriale tra ESP32 e altri dispositivi che supportano il protocollo Modbus RTU.

il dispositivo deve essere alimentato con 5V e collegato ai pin RX e TX dell'ESP32. per far sì che la comunicazione funzioni correttamente collegare cavo trasporto dati dell'usb e collegare al dispositivo Master o slave.

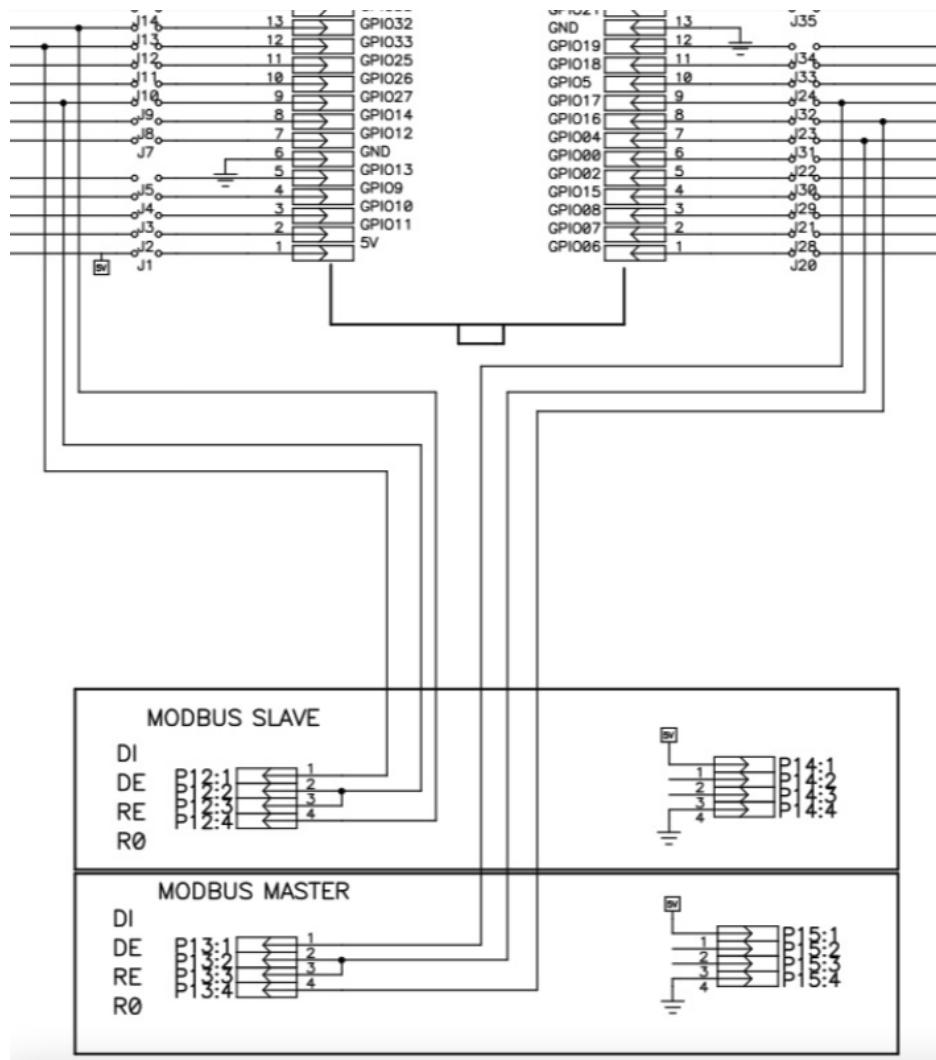


Figura 2.7: MAX485 Modbus RTU

Descrizione Protocollo Modbus RTU

Modbus RTU è basato su una comunicazione seriale asincrona, che consente la trasmissione di dati su cavi.

Per una corretta comunicazione il dispositivo MAX485 SLAVE deve essere collegato su P12 mentre il dispositivo MASTER su P13.
i collegamenti ai pin dell'esp sono rappresentati in figura 2.6.

- **Caratteristiche**

- Formato di messaggio compatto: I messaggi sono compatti, il che consente una trasmissione più rapida ed efficiente.
- Modalità binaria: I dati vengono trasmessi in un formato binario, il che significa che si usano bit (0 e 1).

- **Vantaggi del Modbus RTU**

- Ideale per distanze brevi e medie.
- Semplice ed economico per installazioni piccole o medie.

- **Limitazioni del Modbus RTU**

- Limitazioni di distanza e velocità.
- Numero limitato di dispositivi che possono essere collegati sulla stessa linea di comunicazione, ovvero 32 dispositivi.

2.2.3 ADS1115 ADC

Il modulo ADS1115 è un convertitore analogico-digitale (ADC) a 16 bit con quattro canali di ingresso.

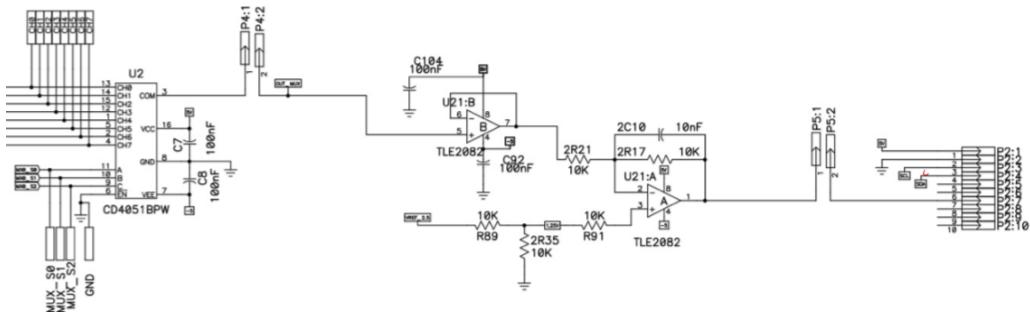


Figura 2.8: ADS1115 ADC

Il dispositivo utilizza un multiplexer descritto nella sezione 2.1.3 per selezionare uno dei canali di ingresso, amplifica il segnale tramite il PGA e poi lo converte in un valore digitale.

Il risultato della conversione viene inviato al microcontrollore tramite l'interfaccia I2C.

il datasheet dettagliato di tale dispositivo e' disponibile al seguente link:
[ADS1115](#).

Pin per trasferimento dati:

Il collegamento SCL dell ADS una volta collegato il jumper J39 si collega a PIN39 ovvero GPIO 22

Il collegamento SDA dell ADS una volta collegati il jumper J40 si collega al pin GPIO 21

2.2.4 ESP32 38 Pin

Descrizione

L'ESP32 è un potente microcontrollore prodotto da Espressif Systems che integra funzionalità Wi-Fi e Bluetooth, rendendolo ideale per applicazioni IoT (Internet of Things), automazione domestica, sistemi indossabili, monitoraggio remoto e molti altri progetti.

La versione a 38 pin offre una vasta gamma di GPIO (General Purpose Input/Output) utilizzabili per diversi scopi.

Caratteristiche principali:

- **Dual-core Tensilica LX6:** Processore dual-core con velocità di clock fino a 240 MHz.
- **Wi-Fi e Bluetooth:** Supporto per Wi-Fi 802.11b/g/n e Bluetooth v4.2 BR/EDR e BLE (Bluetooth Low Energy).
- **Interfacce Multiple:** Include SPI, I2C, I2S, UART, ADC, DAC, PWM, e touch sensor.
- **Basso Consumo Energetico:** Modalità di basso consumo per applicazioni a batteria.
- **Memoria Integrata:** SRAM da 520 KB e supporto per memoria esterna.

Link alla documentazione ufficiale: [ESP32](#).

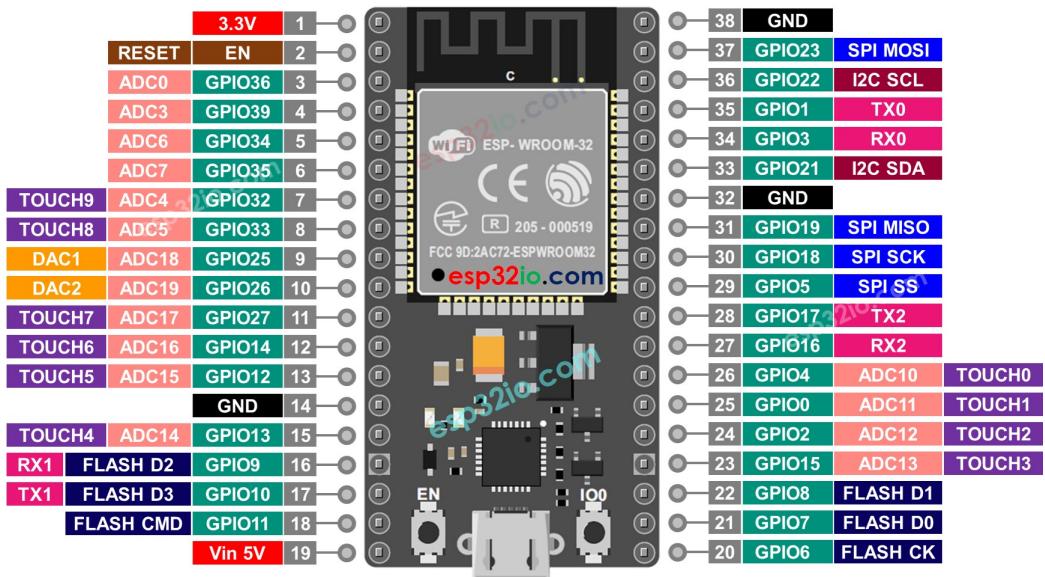


Figura 2.9: Pinout dell'ESP32-DOIT-DEV-KIT v1

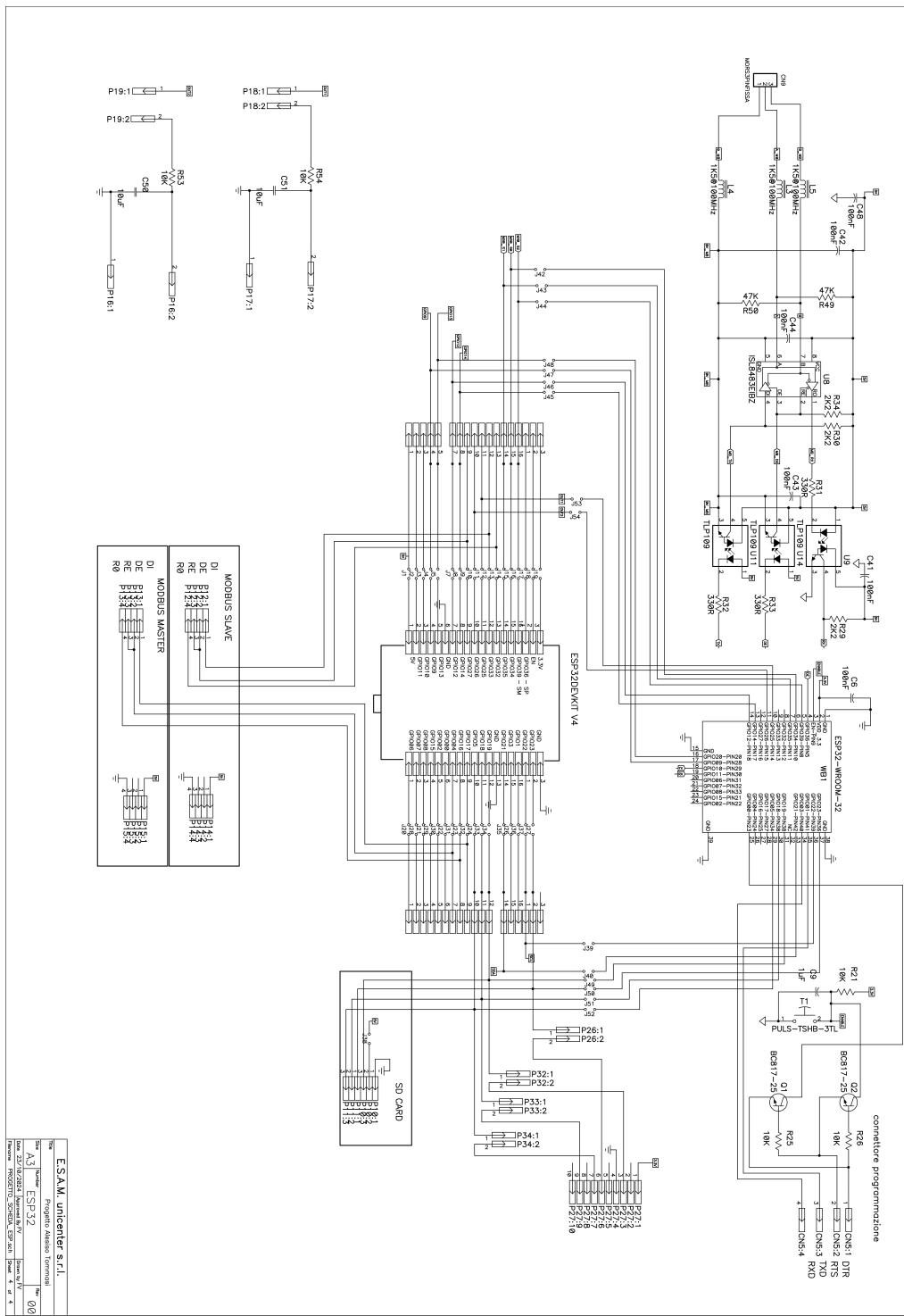


Figura 2.10: collegamenti all'ESP32-DOIT-DEV-KIT v1

Tabella 2.2: Pinout dell'ESP32 (Versione a 38 pin)

GPIO	Input	Output	Notes
0	pulled up	OK	outputs PWM signal at boot, must be LOW to enter flashing mode
1	TX pin	OK	debug output at boot
2	OK	OK	connected to on-board LED, must be left floating or LOW to enter flashing mode
3	OK	RX pin	HIGH at boot
4	OK	OK	
5	OK	OK	outputs PWM signal at boot, strapping pin
6	x	x	connected to the integrated SPI flash
7	x	x	connected to the integrated SPI flash
8	x	x	connected to the integrated SPI flash
9	x	x	connected to the integrated SPI flash
10	x	x	connected to the integrated SPI flash
11	x	x	connected to the integrated SPI flash
12	OK	OK	boot fails if pulled high, strapping pin
13	OK	OK	
14	OK	OK	outputs PWM signal at boot
15	OK	OK	outputs PWM signal at boot, strapping pin
16	OK	OK	
17	OK	OK	
18	OK	OK	
19	OK	OK	
21	OK	OK	
22	OK	OK	
23	OK	OK	
25	OK	OK	
26	OK	OK	
27	OK	OK	
32	OK	OK	
33	OK	OK	
34	OK		input only
35	OK		input only
36	OK		input only
39	OK		input only

Capitolo 3

Software

3.1 Diagramma UML

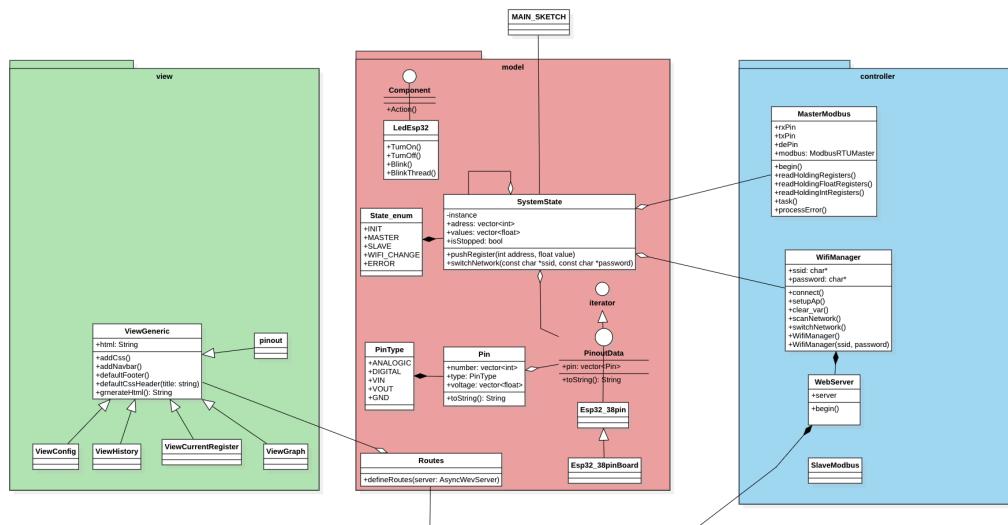


Figura 3.1: Diagramma UML del sistema

3.1.1 Pattern

Model-View-Controller (MVC)

Model Contiene la struttura dei dati e le funzioni per accedere e modificarli. Le classi coinvolte sono **SystemService**, **Pin**, **PinoutData**, **Routes**.

View Si occupa di visualizzare i dati e di interagire con l'utente. principalmente sono classi che si occupano della generazione dei componenti delle pagine web visualizzate dall'utente.

Controller Gestisce le richieste dell'utente e aggiorna il modello di conseguenza.

Singleton

utilizzato per garantire unicità e atomicità dei dati **SystemState** è la classe che implementa tale pattern. Sarà particolarmente utile in futuro per l'implementazione di un sistema di datalogging e persistenza dei dati su scheda SD.

Dallo sketch principale è inoltre possibile definirsi una Board custom estendendo la classe pinout e un wifi di default sulla quale connettersi senza dover passare ogni volta dall'AP dell'ESP per garantirne una migliore usabilità.

3.2 Performance

Il programma caricato ottiene i seguenti risultati dal compilatore integrato ad Arduino IDE:

```
Sketch uses 1291045 bytes (98%) of program storage space.  
Maximum is 1310720 bytes.  
Global variables use 50448 bytes (15%) of dynamic memory,  
leaving 277232 bytes for local variables.  
Maximum is 327680 bytes.
```

Considerazioni: Analizzando tale output si ne deduce che il programma utilizza il 98% dello spazio di memorizzazione disponibile. Questo elevato utilizzo della memoria flash implica un margine limitato per l'aggiunta di nuove funzionalità o librerie.

L'utilizzo delle variabili globali è pari al 15% della memoria disponibile, lasciando un ampio margine per le variabili locali e altre strutture di dati dinamici.

Questa situazione è favorevole, in quanto garantisce la flessibilità necessaria per gestire strutture dati complesse e consentire allocazioni dinamiche. Dunque, per garantire la stabilità e l'espandibilità del progetto, potrebbe essere utile considerare l'acquisto di una versione dell'ESP32 con una maggiore capacità di memoria flash disponibile in commercio.

Oppure in alternativa, si può optare per la modifica lo schema di partizionamento dell'ESP32 per allocare più memoria al codice del programma, riducendo lo spazio destinato alla memoria Dinamica. Questa personalizzazione permette di adattare la memoria disponibile alle specifiche esigenze del progetto senza introdurre costi aggiuntivi.

Monitor Per un controllo più granulare delle metriche come stack e heap del dispositivo, è stata creata una pagina dedicata che permette il monitoraggio in tempo reale senza impattare sulle prestazioni.

3.3 WebServer

È stato sviluppato un framework estendendo la libreria `AsynkWebserver` per la gestione delle pagine web e delle richieste HTTP. tale framework consente di aggiungere dinamicamente componenti HTML alle pagine in base alle richieste del client.

Questo approccio garantisce una struttura uniforme e un tema coerente che si adatta a tutti i dispositivi.

Il framework è progettato per essere estensibile e modulare. Per aggiungere una nuova pagina, è sufficiente estendere la classe `ViewGeneric` e aggiungere i componenti desiderati. I nuovi componenti erediteranno automaticamente il tema dell'applicativo, assicurando un aspetto e una sensazione coerenti in tutto il sistema.

3.3.1 Componenti HTML Dinamici

Il framework consente di definire componenti HTML come stringhe e di aggiungerli dinamicamente alle pagine web. Questo approccio permette di creare interfacce utente flessibili e reattive.

Esempio di Aggiunta di una Pagina

Per aggiungere una nuova pagina al WebServer, è necessario seguire questi passaggi:

1. Estendere la classe `ViewGeneric`.
2. Definire i componenti HTML desiderati come stringhe.
3. Aggiungere i componenti alla pagina utilizzando i metodi forniti dal framework.

```
class ViewConfig : public ViewGeneric
{
public:
    static String generateHTML(std::vector<std::string> ssidList);
    static String generateHTML();

    static String generateComponents(std::vector<std::string> &networks); ////

};

#include "viewConfig.h"

String viewConfig::html = "";

String viewConfig::generateListComponents( std::vector<std::string> &networks)
{
    /*Example of a component*/
    String html = "<div class='form-container'>";
    html += "<form action='/switch_wifi' method='get'>";
    html += "<label for='network'>Select Network:</label>";
    html += "<select id='ssid' name='ssid' required>";

    for (const std::string &network : networks)
    {
        html += "<option value='" + String(network.c_str()) + "'>" + String(
    }
}
```

```

        html += "</select>";
        html += "<label for='password'>Password:</label>";
        html += "<input type='password' id='password' name='password' required>";
        html += "<button type='submit'>Connect</button>";
        html += "</form>";
        html += "</div>";

        return html;
    }

String viewConfig::generateHTML(std::vector<std::string> ssidList)
{
    String html = viewGeneric::defaultCssHeader("Config Page");

    html += viewConfig::generateListComponents(ssidList);

    html += viewComponent2::generate();

    ...

    html += viewComponentN::generate();

    html += viewGeneric::defaultFooter();

    return html;
}

```

Routes Una volta definito il componente, è necessario aggiungerlo alle route desiderate per poterlo visualizzare.

Questo può essere fatto in due modi: 1. Estendendo il file ‘Routes.h’ e aggiungendo la nuova route. 2. Aggiungendo la route direttamente nel file ‘Routes.cpp’ come segue:

```

void Routes::addRoutes()
{
    server.on("/new_component_routes", HTTP_GET, [] (AsyncWebServerRequest *r)
    {
        String htmlContent = viewConfig::generateHTML(SystemState::getInstance());
        const char *htmlContentPtr = htmlContent.c_str();
    });
}

```

```

    request->send(200, "text/html", htmlContentPtr);
}

...
}

```

3.3.2 Vantaggi del Framework

- **Uniformità:** Garantisce un aspetto e una sensazione coerenti in tutto il sistema.
- **Modularità:** Facilita l'aggiunta di nuove pagine e componenti senza modificare il codice esistente.

3.3.3 Conclusioni

Il framework per il WebServer rappresenta una soluzione robusta e flessibile per la gestione delle interfacce web. La sua architettura modulare e la capacità di aggiungere dinamicamente componenti HTML rendono il sistema facile da mantenere e espandere, garantendo al contempo un'esperienza utente coerente e reattiva.

3.4 Modbus

Questa funzionalità non riulta attualmente perfettamente funzionante quindi sarà rivista nelle attività future. Sono stati fatti diversi tentativi di ognuno di essi è consultabile al seguente link: Modbus.

3.5 Sfide

Una delle attività più complesse è stata la gestione dell'accesso concorrente alle variabili da parte delle richieste HTTP asincrone.

È stato necessario implementare una logica che garantisse un accesso atomico alle variabili e una sincronizzazione in tempo reale di tali variabili su più dispositivi.

Capitolo 4

Attività

Attività	Descrizione
Configurazione sensori di temperatura	Configurare e integrare sensori di temperatura PT100 , PT1000 e termocoppie utilizzando moduli come MAX31865 e MAX31855 . implementazione una opportuna tabella di linearizzazione per Le sonde di temperatura di questa famiglia (Vedi sezione 2.1.3 - Ch3 per maggiori dettagli)
Lettura segnali analogici	Implementare la lettura di segnali analogici tramite gli ingressi ADC dell'ESP32 e eventuali moduli esterni.
Gestione uscite digitali e analogiche	Sviluppare la gestione delle uscite digitali e analogiche tramite l'ESP32.
Comunicazione RS485 (Modbus RTU)	Integrare la comunicazione RS485 utilizzando il protocollo Modbus RTU per interfacciarsi con altri dispositivi.
Server Web (Ethernet TCP/IP)	Sviluppare un server Web basato su Ethernet TCP/IP per il monitoraggio e controllo remoto dei dati acquisiti.
Datalogging	Implementare un sistema di datalogging per salvare e storicizzare i dati raccolti dai sensori.
Test e validazione	Testare e validare il sistema attraverso simulazioni e test su hardware reale.

Capitolo 5

Conclusioni

5.1 Demo

mostrare funzionamento delle funzionalita del sistema durante presentazione

5.2 Sviluppi futuri

persistenza e datalogging su scheda SD Si intende implementare un sistema che una volta salvata una configurazione wifi e una board personalizzata e possibile garantirne la persistenza su scheda SD.

backup dati su cloud implementazione backend con adeguata scalabilita per garantire una migliore elaborazione ed estrapolazione dei dati poiche la board e limitata in termini di memoria e capacita di calcolo.

personalizzazione implementazione di un sistema di modifica e dello stato dei pin e dei canali multiplexer direttamente da apposite web.

Implementazione di un sistema di notifiche Sviluppare un sistema di notifiche per avvisare l'utente quando i valori registrati sullo stack superano una soglia limite definita dall'utente. Inoltre, notificare la presenza o l'assenza di connessione internet.

Modbus implementazione corretta di SLAVE RTU e TCP/IP attraverso dispositivo Winzet W5500.