

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria  
Industriale

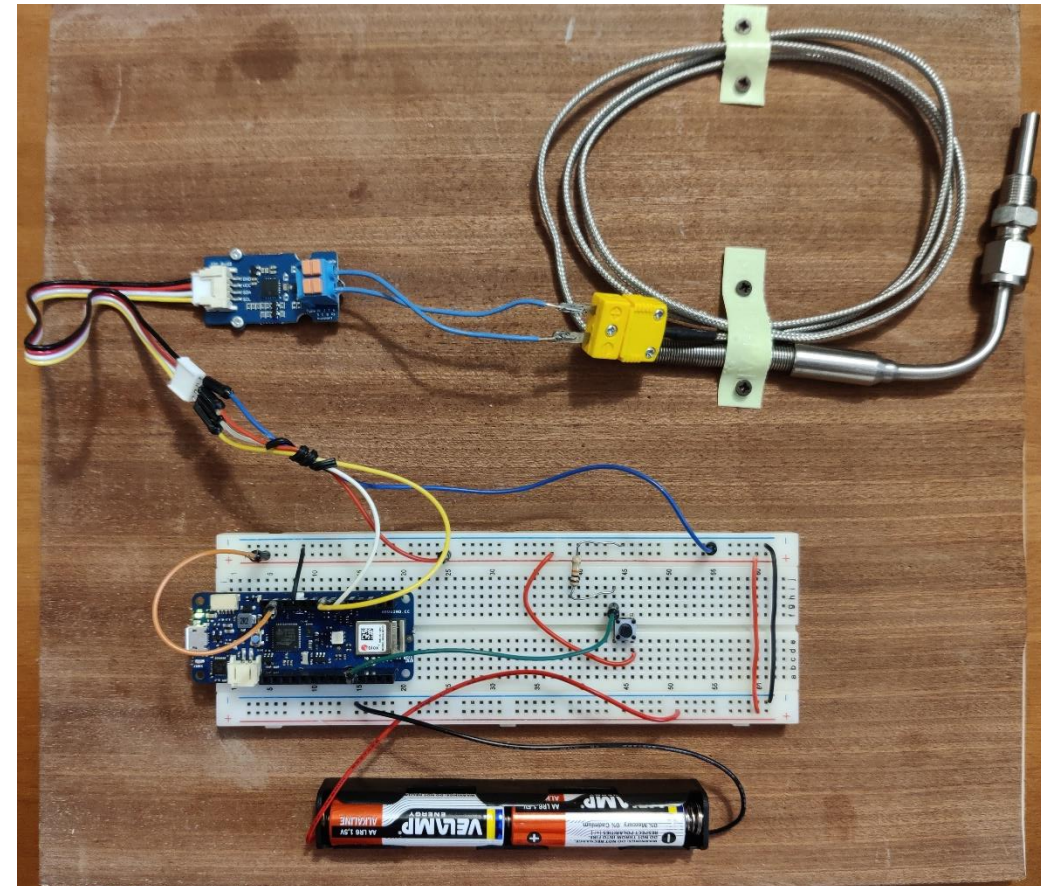
*Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia*

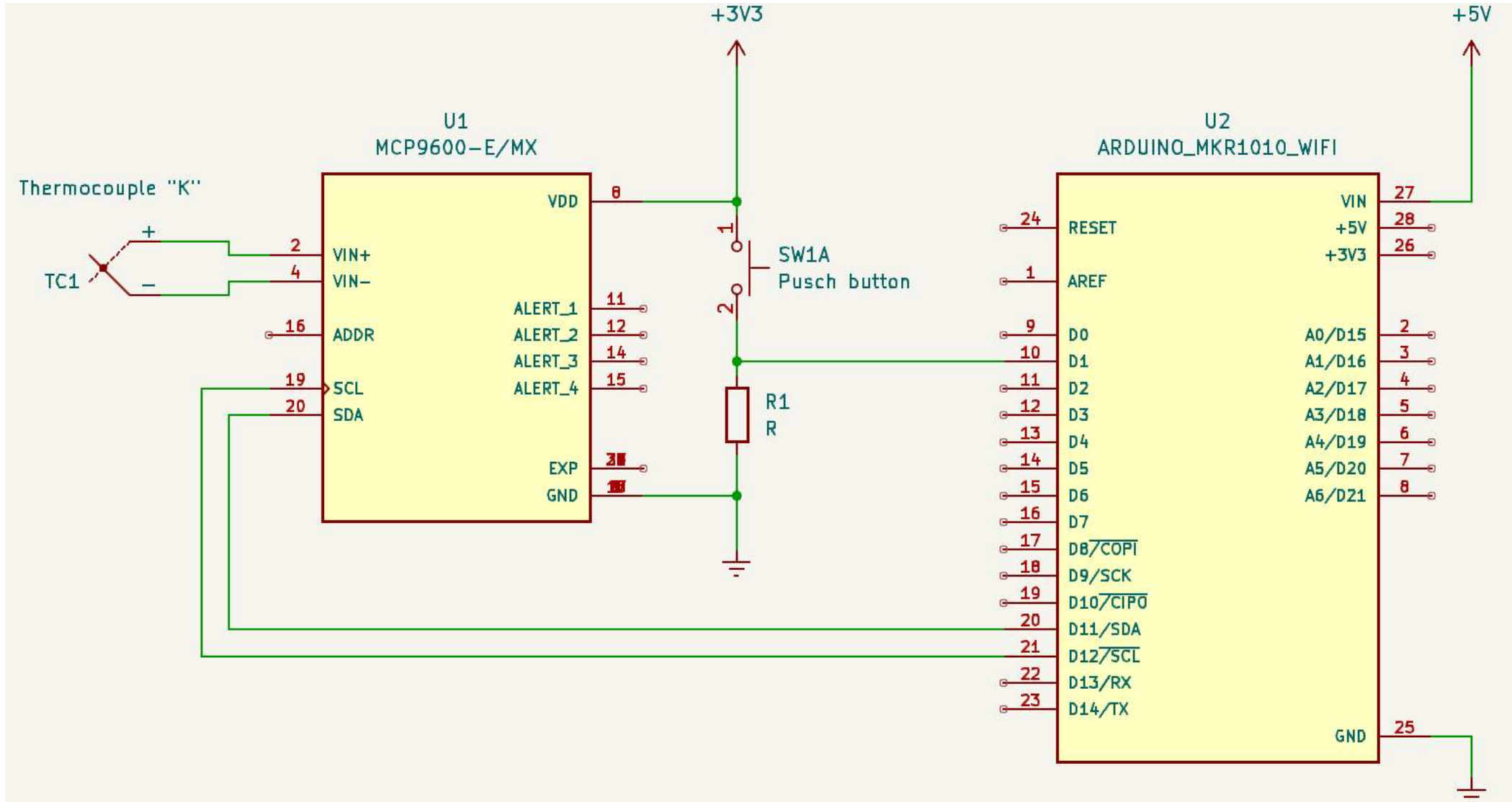
# SISTEMA DI ACQUISIZIONE WIRE-LESS PER LA TEMPERATURA

Relatore: Luigi Alberti  
Laureando: Davide Simeoni

Padova, 15/03/2024

- Misurazione della temperatura su macchina rotante
- Lettura di dati con continuità da remoto
- Utilizzare componenti facilmente reperibili, economici ed affidabili

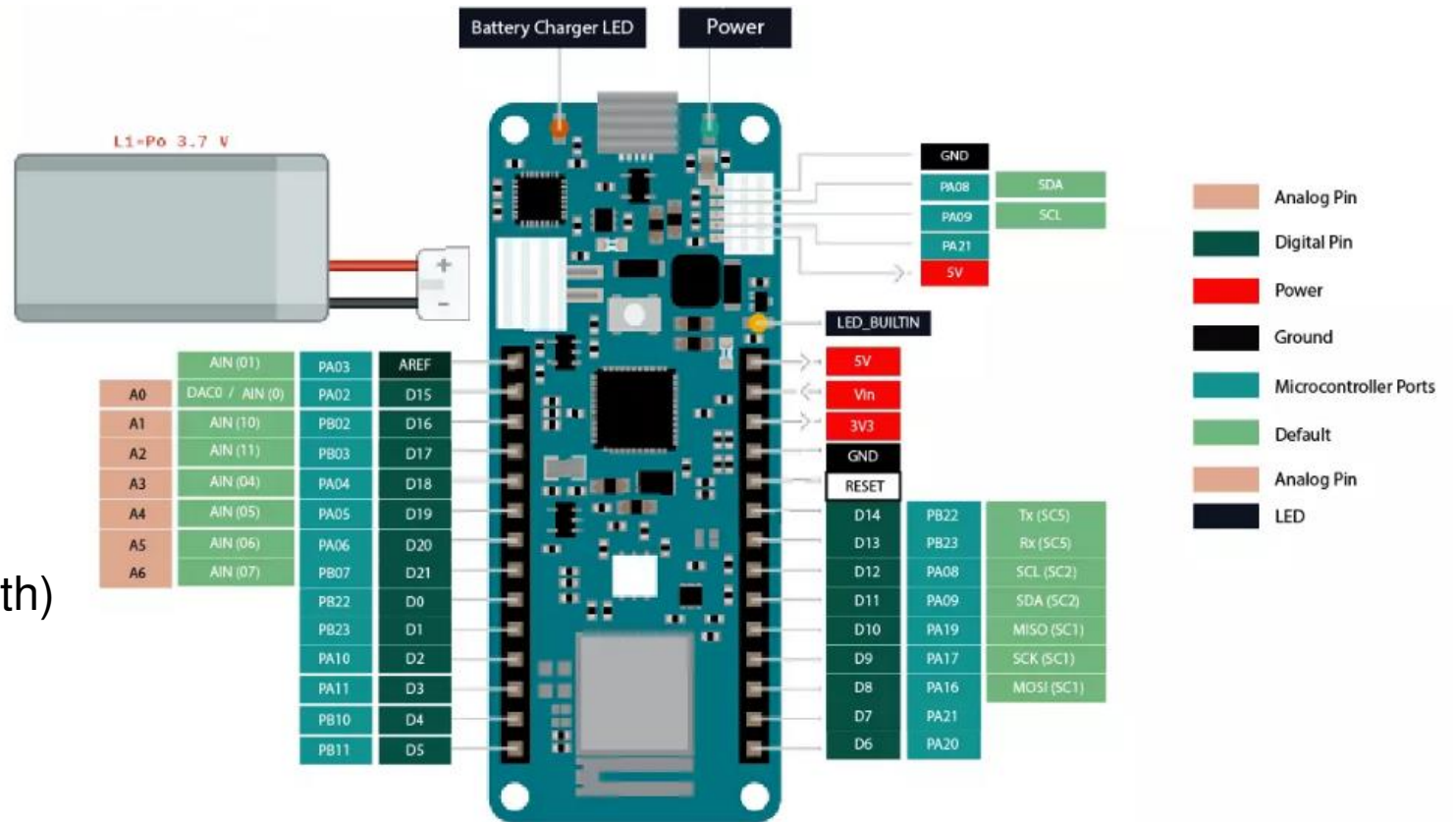




- Piattaforma elettronica hardware dotata di microcontrollore
- Sviluppo open source
- Economica ed espandibile

## MKR WiFi 1010

- Microcontrollore SAMD21
- Tensione operativa  $V_{IN}$  5 V
- Tensione di scambio  $V_{I/O}$  3,3V
- Velocità di clock 48MHz
- Nina W102 (modulo WiFi e Bluetooth)
- Protocolli di comunicazione UART, SPI, I2C
- Interrupt esterni 10
- Programmabile con Arduino IDE
- Utilizzato in applicazioni IoT



- Effetto seebeck
- Tipo k

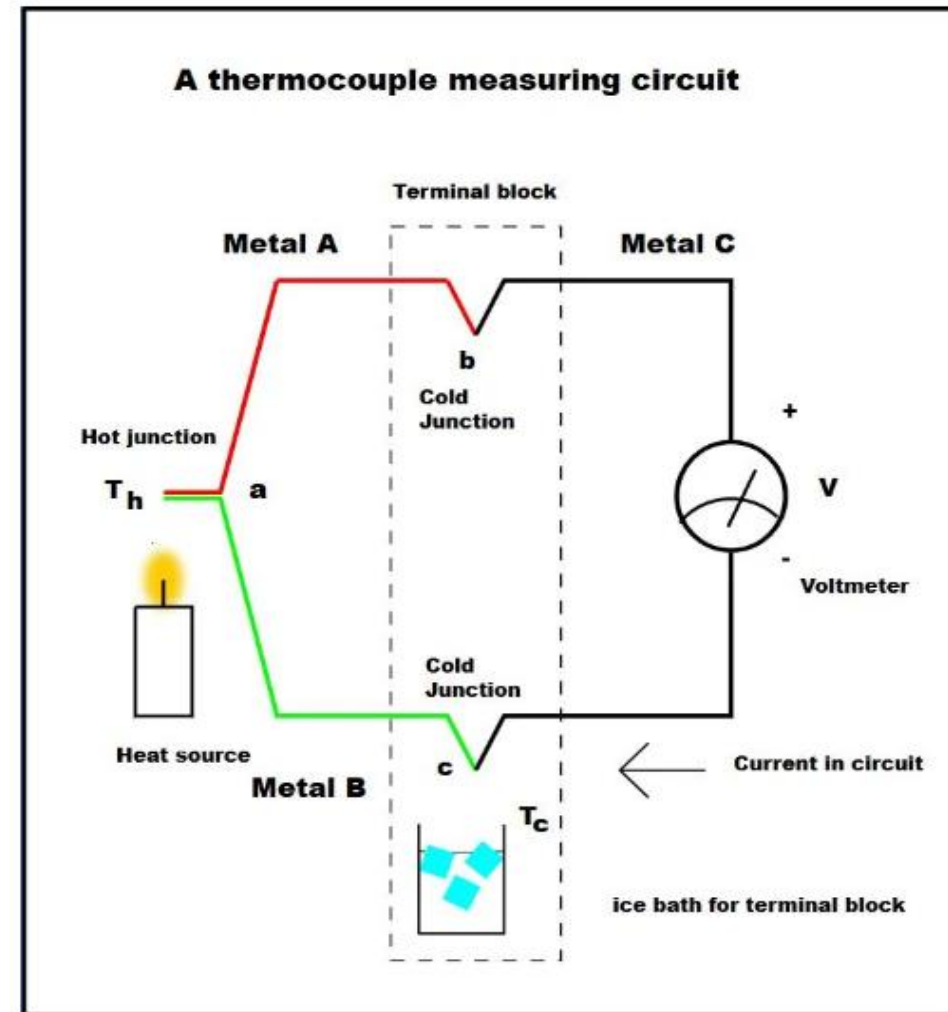
Nikel Cromo(+) / Nikel (-)  
 $T_{REF} : -200^{\circ}\text{C} \div 1372^{\circ}\text{C}$   
 Errore:  $\pm 0,7^{\circ}\text{C}$   
 $V_{max} : 50\text{mV}$

**PRO:**

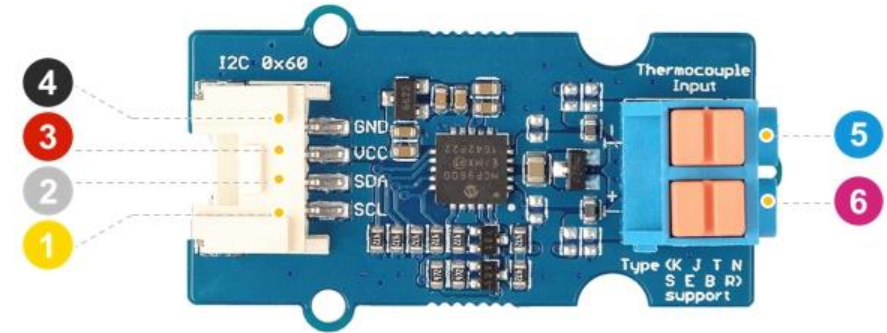
- Autoeccitante
- Semplice
- Robusta
- Poco costosa

**Contro:**

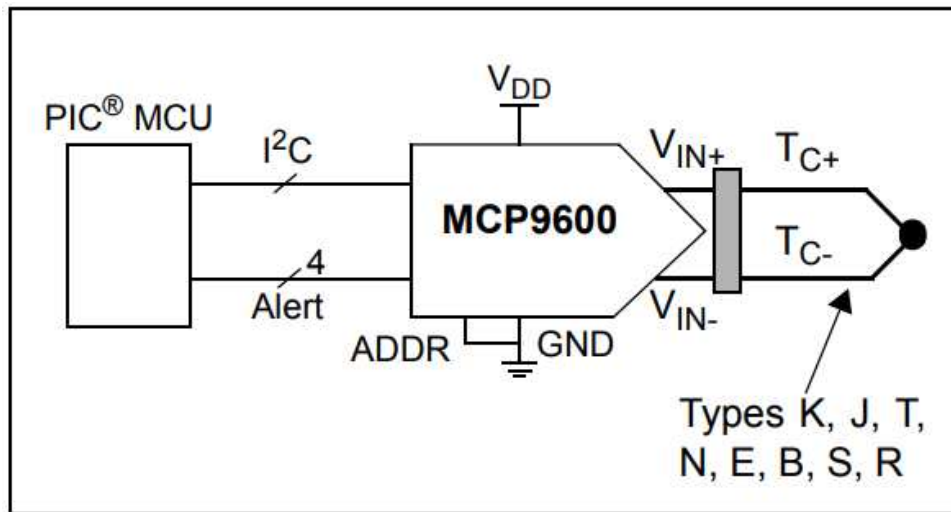
- Non lineare
- Bassa  $V_{out}$
- Temperatura di riferimento
- Bassa sensibilità



- Convertitore da Thermocouple Electromotive Force (EMF) a °C, tramite compensazione del giunto Freddo
- Precisione giunzione Calda  $\pm 1,5^\circ\text{C}$
- Risoluzione giunzione Calda/Fredda  $+0,0625^\circ\text{C}$
- Tensione operativa  $V_{DD}$  2,7÷5,5V (300uA)
- Protocollo di comunicazione I2C 100kHz



- 4 GND: connect this module to the system GND
- 3 VCC: you can use 5V or 3.3V for this module
- 2 SDA: I<sup>2</sup>C serial data
- 1 SCL: I<sup>2</sup>C serial clock
- 5 T -: Thermocouple Input, negative pole
- 6 T +: Thermocouple Input, positive pole

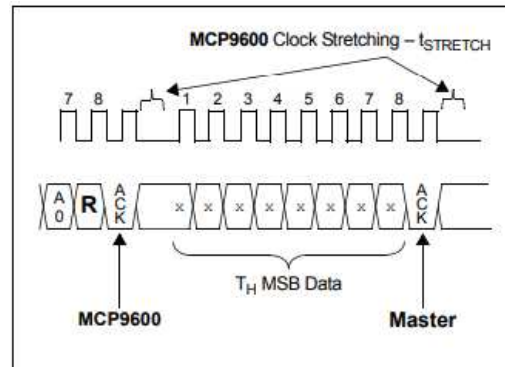
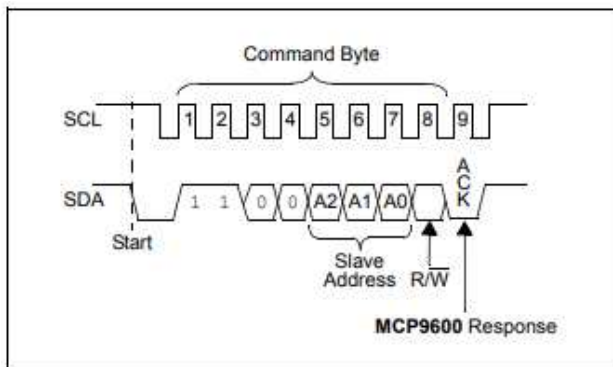
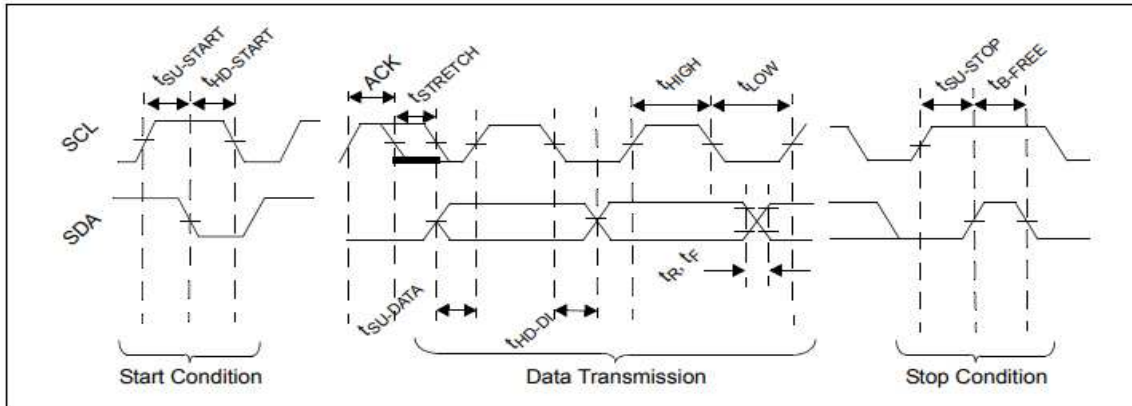
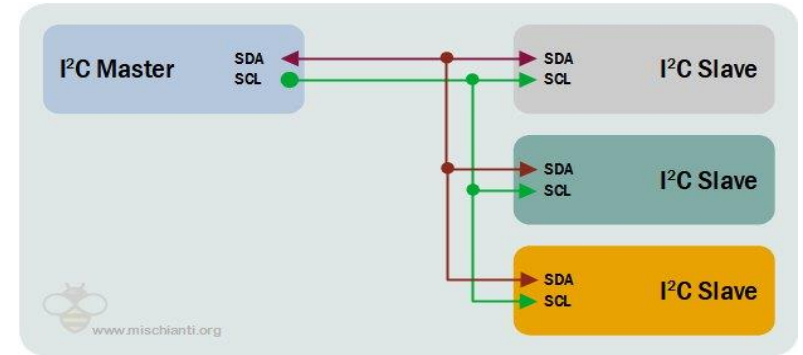


$$T_H = T_C + T_\Delta$$

- $T_C$  Temperatura giunzione fredda =  $T_{amb}$ .
- $T_H$  Temperatura giunzione calda (Type K)
- $T_\Delta = -200 \div 1372^\circ\text{C}$   
 $V_{EMF} = -5,907 \div 54,886 \text{ mV}$   
(Tabelle di conversione fornite dal NIST ITS-90)

## PROTOCOLLO DI COMUNICAZIONE I2C (seriale)

- SDA (Serial Data) linea per inviare e ricevere dati tra master e slave  
 $V_{IH} 0,7V_{DD}$ ,  $V_{IL} 0,3V_{DD}$ ,  $I_{LEAK} \pm 2\mu A$ ,  $V_{OL} 0,4V$ ,  $I_{OL} 3mA$ ,  $V_{OH}=V_{DD}$ ,  $I_{OH} 1\mu A$
- SCL (Serial Clock) linea che trasporta il segnale di clock  
 $V_{IH} 0,7V_{DD}$ ,  $V_{IL} 0,3V_{DD}$ ,  $I_{LEAK} \pm 2\mu A$ ,  $F_{SCL} (10\div 100) kHz$



## TRASFERIMENTO DATI:

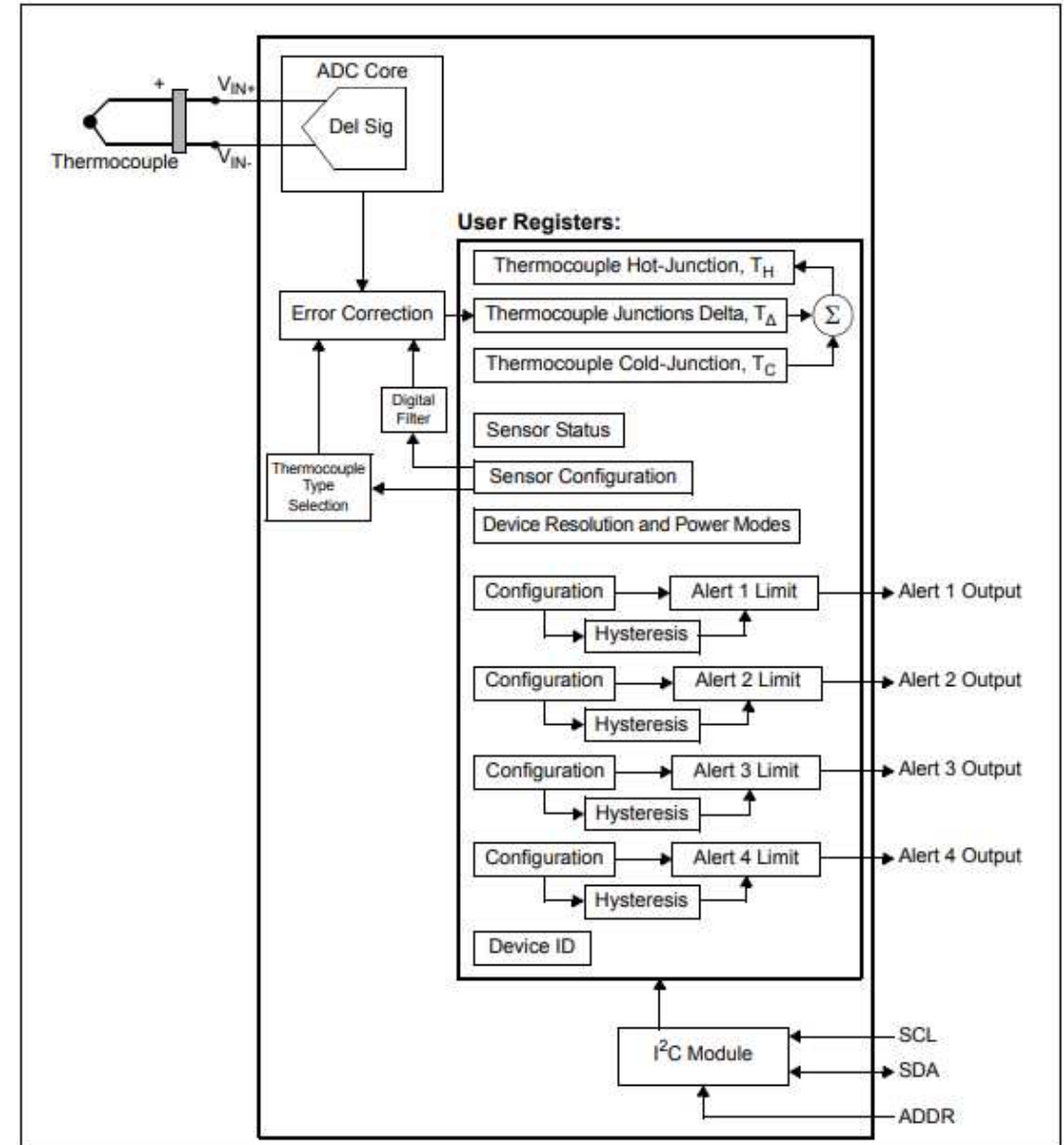
- MASTER dispositivo che controlla il CLK
- SLAVE dispositivo con «Address» richiamato dal master
- START/STOP CONDITION, unico segnale mandato dal master per inizializzare o terminare l'interfacciamento seriale
- ACKNOWLEDGE (ACK/NAK), il dispositivo ricevente, genera un bit ACK dopo la ricezione di ciascun byte, il master genererà un extra clock per riconoscimento

Costituito da:

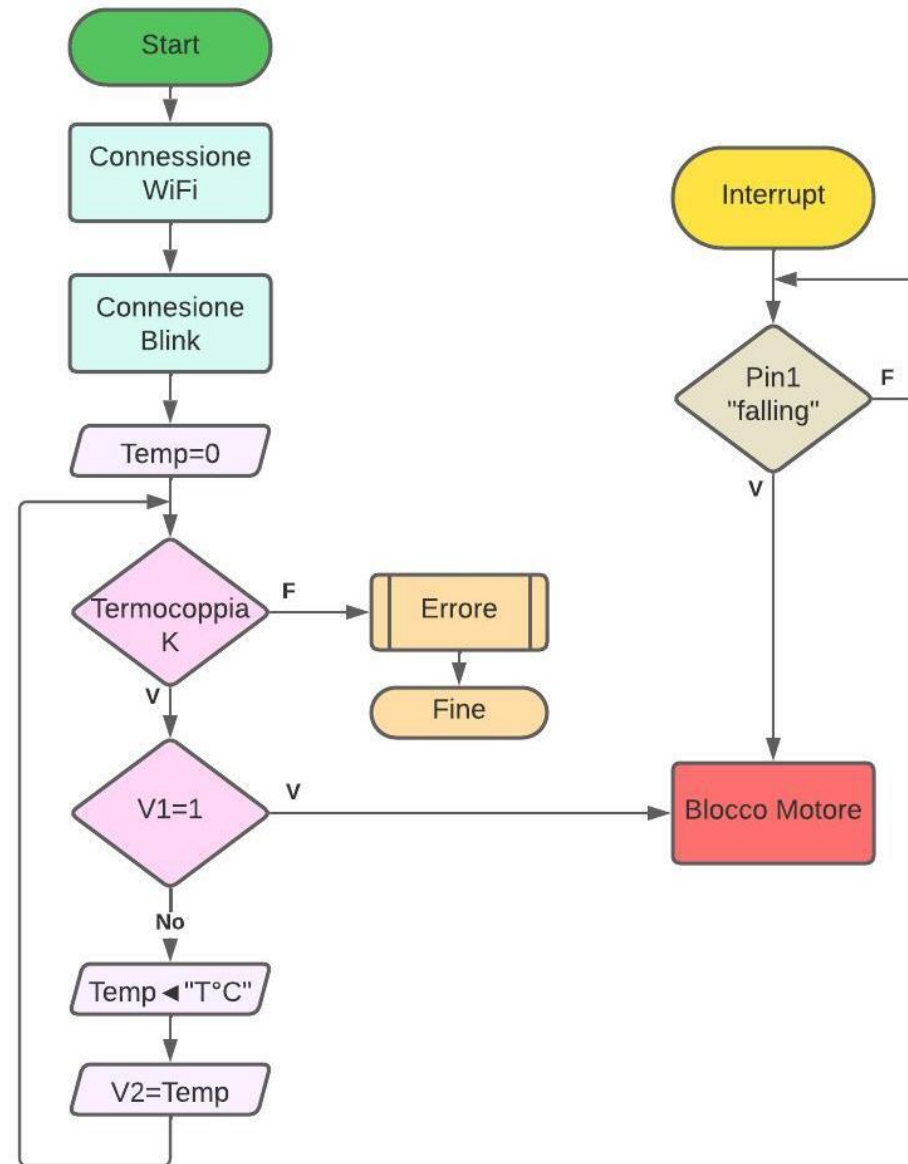
- Sensore di temperatura digitale per misurate  $T_C$
- Core, Processore per computare EMF in  $^{\circ}C$
- ADC, convertitore analogico digitale a 18 bit, utilizzato per misurare la tensione EMF della termocoppia
- Modulo I2C

Resolution/ Sensitivity (typical)	Conversion Time (typical)	Raw ADC Register Bit Format (Note 1:)
18 bit/2 $\mu V$	320 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XXXX XXXX
16 bit/8 $\mu V$	80 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XXXX xx00
14 bit/32 $\mu V$	20 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX XXXX 0000
12 bit/128 $\mu V$	5 ms	SSSS SSSX XXXX XXXX xx00 0000

Risoluzione selezionabile, consente di scegliere tempi di conversione più rapidi con una risoluzione ridotta

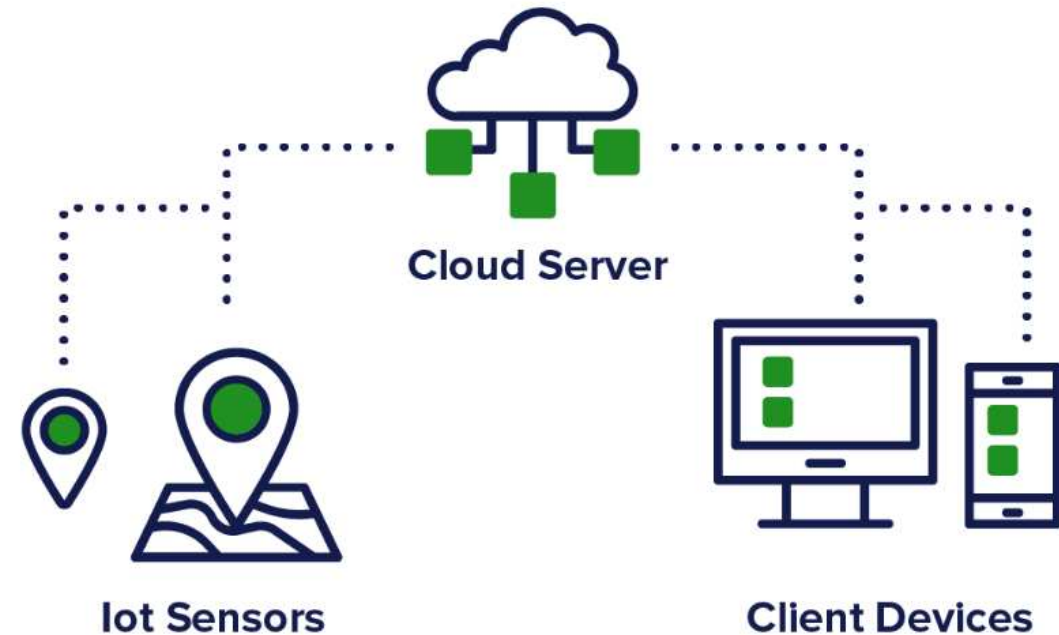






IoT (Internet of Things): vasta rete di oggetti fisici incorporati con sensori, elettronica e software che consentono di raccogliere e scambiare dati.

IoT cloud: sistema di interconnessione con identificatori univoci in grado di scambiare dati su una rete



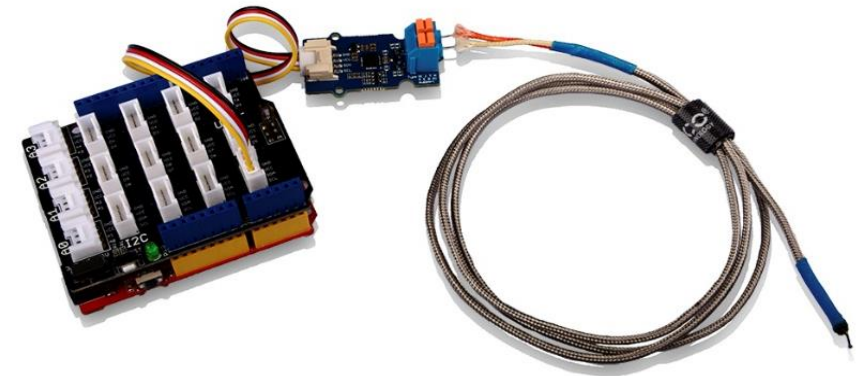
Blynk Piattaforma White – Label che fornisce soluzioni web e applicazioni mobili

- Cloud dedicato
- Dashboard editabile mediante « widget »
- Pin virtuali

- Inserire soglie nel « loop » per abilitare funzioni esterne
- Aggiungere « interrupt »
- Gestire più sensori contemporaneamente

→ Grove Base Shield:

- Modulo che si applica ad Arduino
- 8 porte digitali
- 4 porte analogiche
- 4 porte I2C



## Prezzo componenti (2024)

- Arduino MKR Wi-Fi 1010: 35,72 € (*store.arduino.cc*)
- Termocoppia «K»: 19,89 € (*amazon.it*)
- Grove – I2C Termocouple Amplifier «MCP9600»: 26,54 € (*RS Italia*)
- Elettronica varia: 5€

TOTALE: 87,15 €

---

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

---