

Relazione Tirocinio  
Monitoraggio pannelli solari traccianti tramite  
Arduino

Simone Bibalo<sup>1</sup>

Agosto 2022

<sup>1</sup>Simone Bibalo 143184 bibalo.simone@spes.uniud.it

# Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione e obiettivi del progetto</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Componenti e configurazione hardware</b>	<b>2</b>
2.1	Componenti . . . . .	2
2.2	Struttura . . . . .	3
2.3	Collegamenti . . . . .	4
<b>3</b>	<b>Implementazione</b>	<b>5</b>
3.1	Tracking solare . . . . .	5
3.2	Misurazione e rilevazione GPS con Arduino . . . . .	5
3.3	Da Arduino a Nodemcu . . . . .	5
3.4	Da Nodemcu a Influxdb . . . . .	5
3.5	Da Influxdb a Grafana . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Difficoltà e problemi riscontrati</b>	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>Analisi dei dati</b>	<b>7</b>
5.1	Confronto risultati . . . . .	7
5.2	Media . . . . .	8
5.3	Deviazione std . . . . .	8
<b>6</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>9</b>
<b>7</b>	<b>Link</b>	<b>9</b>

# 1 Introduzione e obiettivi del progetto

Il progetto ha come obiettivo verificare se il tracking della posizione solare porta dei vantaggi significativi all'efficienza dei pannelli solari. Per ottenere i dati richiesti il progetto si occupa dell'acquisizione e il monitoraggio dei valori(tensione,corrente e potenza) generati dai pannelli solari.

La parte della visualizzazione si appoggia a due servizi cloud gratuiti, InfluxDB per la creazione ed il mantenimento del database e Grafana per la parte di visualizzazione tramite dashboard.

Nonostante InfluxDB proponga un servizio di visualizzazione con dashboard, viene scelto Grafana per una migliore estetica.

In caso serva un database completo, i dati rilevati dall'Arduino Uno vengo salvati su una scheda SD in modo da prevenire disconnessioni e garantire una facile futura elaborazione dei dati senza l'utilizzo dei servizi cloud.

I dati ottenuti dal GPS vengono utilizzati nel salvataggio dei dati offline poiché i servizi cloud offrono la possibilità di ottenere data e ora dei dati, mentre per la posizione sarebbe sufficiente cambiare il nome del dispositivo che invia con le coordinate in cui viene posizionato.

# 2 Componenti e configurazione hardware

## 2.1 Componenti

- *Arduino Uno R3*
- *Nodemcu (esp8266)*
- *(x4) Pannello solare(V max=5V, I max=500mA)*
- *INA219*
- *Modulo GPS*
- *Servomotore e relativo condensatore*
- *(x2) Fotodiodo e relativa resistenza*
- *Micro SD TF Card Module*
- *Powerbank*
- *Resistenza 220Ω*
- *Led rosso (perdita stimata 5mA)*

## 2.2 Struttura

La struttura è un pannello di compensato incastrato in una struttura in legno con due braccia che permettono la rotazione del pannello su un asse. Il pannello fa da base ai pannelli solari e la sua rotazione è permessa dal servomotore sull'asse centrale incastrato nella struttura in legno e nel pannello.



## 2.3 Collegamenti

I pannelli solari vengono montati tutti in parallelo in modo da ottenere lo stesso voltaggio ma il quadruplo della corrente.

Il flusso di corrente generato dai pannelli solari passa attraverso il modulo INA219 per poi finire sul carico.

Il modulo INA219, il GPS, il SD reader, i fotodiodi, il servomotore e il Nodemcu sono tutti collegati all'Arduino Uno che fa da dispositivo centrale grazie al suo numero di pin disponibili per la comunicazione con altri dispositivi.

L'INA219 utilizza i pin SCL e SDA dell'Arduino Uno.

Il GPS usa i pin digitali 3 e 4 di Arduino ma viene alimentato dal Nodemcu per distribuire il carico.

Il servomotore usa il pin digitale 5.

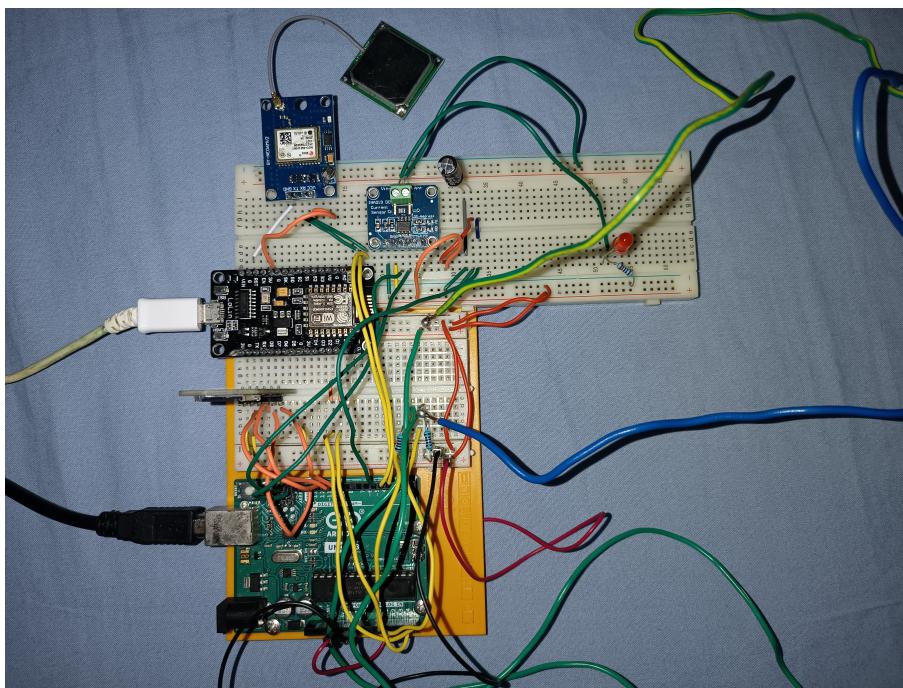
I fotodiodi usano i due pin analogici A0 e A1.

Il modulo lettore per schede SD utilizza i pin digitali 13,12,11,10 di Arduino.

Nodemcu invece collega i suoi pin D1,D2 ai pin A4,A5 di Arduino.

Il powerbank che alimenta Arduino e Nodemcu è aa sua volta collegato a l'output dei pannelli con un cavo USB sfilacciato da una parte, in modo da collegare il cavo positivo all'output positivo e l'output negativo alla scocca del cavo che nei modelli a basso costo fa da massa.

Come si può vedere dalla figura successiva l'utilizzo di Nodemcu era necessario anche per gestire tutti i cavi, nella figura non sono stati collegati il servomotore e gli output del pannello solare in modo da rendere visibile il resto.



## 3 Implementazione

Ogni 120 secondi Arduino calcola la differenza tra i valori dati dai fotodiodi e decide come orientare il pannello grazie al servomotore.

La fase di acquisizione inizia con la rilevazione del voltaggio e della corrente dal modulo INA219(11ms per la rilevazione) collegato ad Arduino Uno, successivamente l'Arduino Uno converte in array di bit i dati e comunica i due dati al Nodemcu.

L'Arduino inoltre registra il voltaggio, corrente e di dati ottenuti dal gps anche su una scheda SD. La fase successiva di comunicazione dei dati ad il servizio di database cloud di InfluxDB viene gestito dal Nodemcu che connettendosi ad una rete Wi-Fi e invia direttamente al cloud i dati.

La visualizzazione dei dati viene resa possibile tramite Grafana che utilizza come fonte dati il database cloud di InfluxDB.

Viene usato il Nodemcu insieme all'Arduino sia per la mancanza di un modulo Wi-Fi su questo specifico modello di Arduino, sia per distribuire il carico energetico e di memoria per il codice.

### 3.1 Tracking solare

Il tracking solare avviene tramite l'utilizzo di due fotodiodi posti in direzioni opposte. La differenza dei valori ottenuti da entrambi permette di calcolare l'angolazione, in breve se la differenza è un valore molto alto allora il pannello tenderà in obliquo verso il lato specifico dove batte il sole mentre se la differenza è vicina allo 0 allora il pannello andrà in posizione orizzontale. La rotazione del pannello avviene tramite il servomotore che ruoterà seguendo la differenza tra i valori dei fotodiodi. La posizione iniziale del pannello è rivolta verso est. Nei link a fine relazione si può trovare un link al video che illustra in modo pratico il funzionamento.

### 3.2 Misurazione e rilevazione GPS con Arduino

Il modulo INA219 rileva i dati del voltaggio e della corrente mentre il modulo GPS rileva le coordinate e l'orario, successivamente Arduino li registra sulla scheda SD. Per semplicità di utilizzo è stata utilizzata la libreria TinyGps+.

### 3.3 Da Arduino a Nodemcu

La trasmissione tra Arduino e Nodemcu avviene tramite una connessione seriale I2C master-slave in cui Nodemcu è il master.

Nodemcu richiede il dato che vuole e l'Arduino successivamente risponde trasformando i dati float in array di bit.

### 3.4 Da Nodemcu a Influxdb

Per prima cosa Nodemcu si connette alla rete, successivamente ogni ciclo di trasmissione controlla di essere ancora connesso.

La trasmissione da Nodemcu a Influxdb avviene tramite librerie apposite open

source per dispositivi esp8266 che devono comunicare dati ad Influxdb.  
I dati vengono inseriti in un data point che cataloga i dati per tag(il device di origine per esempio) e field(il nome del valore).

### 3.5 Da Influxdb a Grafana

Grafana fornisce semplici passaggi per l'utilizzo di InfluxDB come sorgente di dati.

Una volta ottenuti i dati con Grafana la dashboard viene organizzata in tre pannelli che mostrano corrente, tensione e potenza con aggiornamento e filtro del periodo dei dati configurabili.

## 4 Difficoltà e problemi riscontrati

Le principali difficoltà incontrate sono tutte legate al servomotore e il modulo GPS.

La prima difficoltà incontrata è stata l'incapacità di Arduino Uno di alimentare più di un servomotore sottosforzo, questo ha creato complicatezze nella rotazione del pannello principale.

La seconda difficoltà è stata la sovrapposizione di modifiche su risorse condivise dalle librerie del GPS e del servomotore, in particolare un valore di clock, infatti usando la libreria NeoSSerial al posto di SWSerial(quella standard) il problema è stato risolto.

La terza difficoltà è stata la quantità di tempo per trovare i satelliti in zone non completamente all'aperto dovuta alla bassa qualità del modulo GPS, oltre alla bassa qualità della batteria del modulo costringendolo a un costante avvio a freddo.

L'ultimo problema è stata la capacità di memoria di Arduino, questo problema è stato risolto con un ottimizzazione del codice (soprattutto della parte di scambio dati I2C tra i due dispositivi).

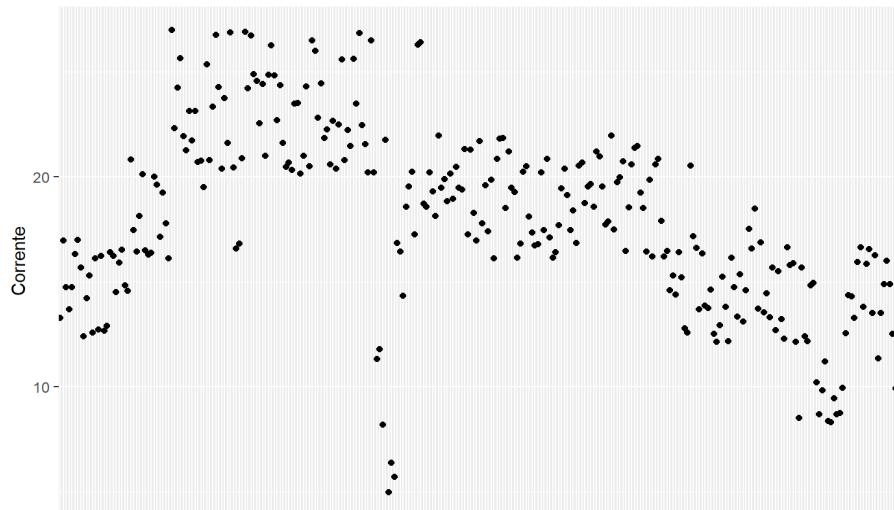
Un possibile problema che è stato trascurato nella realizzazione di questo progetto è il surriscaldamento dei pannelli o della struttura.

## 5 Analisi dei dati

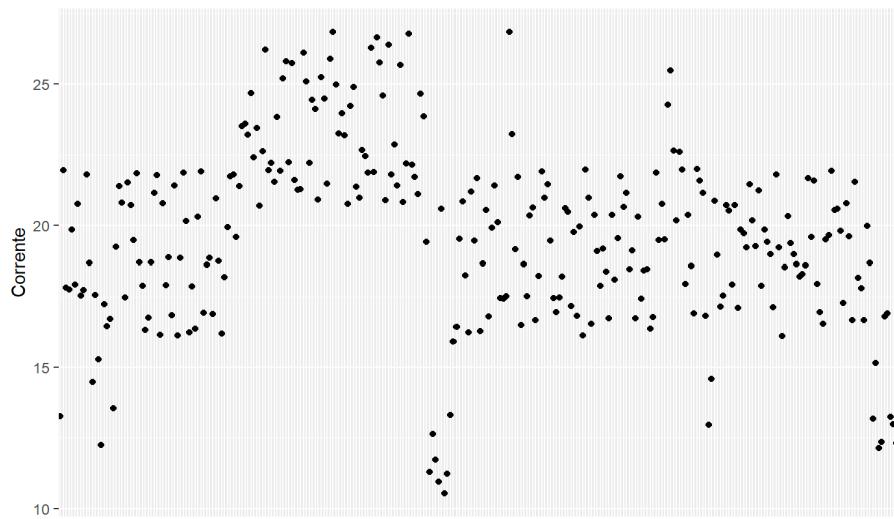
### 5.1 Confronto risultati

L'analisi dei dati con R è basata sui dati ottenuti da due misurazioni in giornate con meteo soleggiato, in posizioni relativamente vicine e circa nello stesso orario. Dalle seguenti figure si nota come la corrente prodotta senza il tracking solare sia meno uniforme e performante nelle ore in cui il sole non è perpendicolare al pannello .

La prima misurazione effettuata il 29/08 è stata eseguita senza il tracking solare. In questa misurazione circa ci sono stati 3 momenti di luce non diretta causa nuvole.

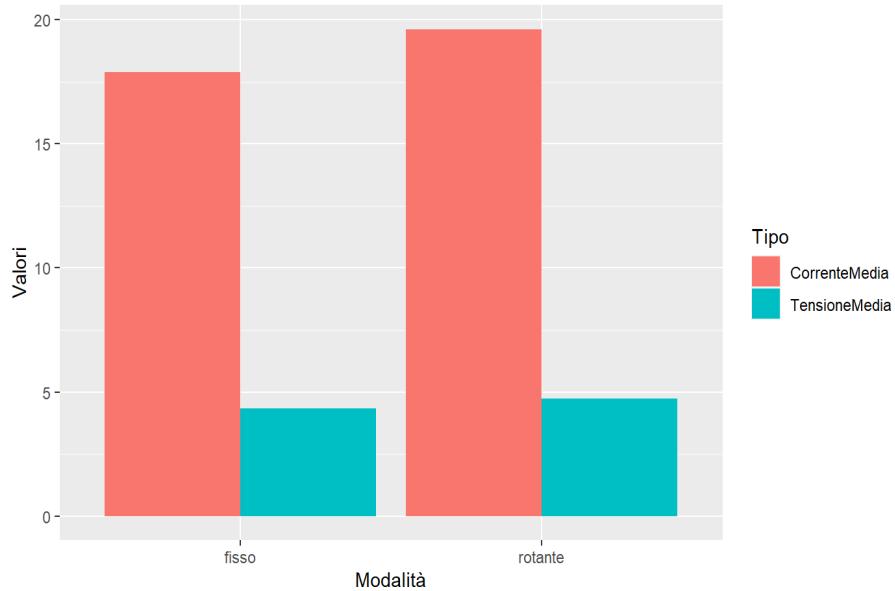


La seconda misurazione effettuata il 30/08 è stata eseguita con il tracking solare. In questa misurazione ci sono stati 2 momenti di luce non diretta causa nuvole, tuttavia grazie al solar tracking i pannelli sono riusciti a ottenere un risultato migliore osservando la scala dei valori.



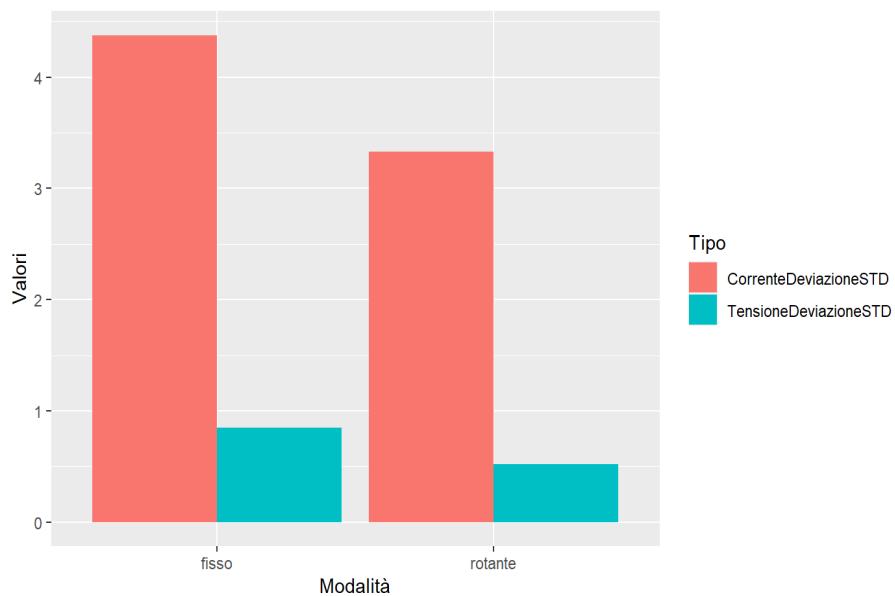
## 5.2 Media

Confrontando la media dei valori di tensione e corrente si nota che grazie al solar tracking si ottiene un miglioramento quasi del 10%, che considerate le dimensioni ridotte del pannello è un buon risultato.



## 5.3 Deviazione std

Confrontando la deviazione standard dei valori di tensione e corrente si nota che la dispersione dal valore medio è molto più alta nel caso del pannello senza solar tracking, questo dovuto alle fasi in cui il sole non essendo perpendicolare al pannello produce una quantità inferiore di corrente.

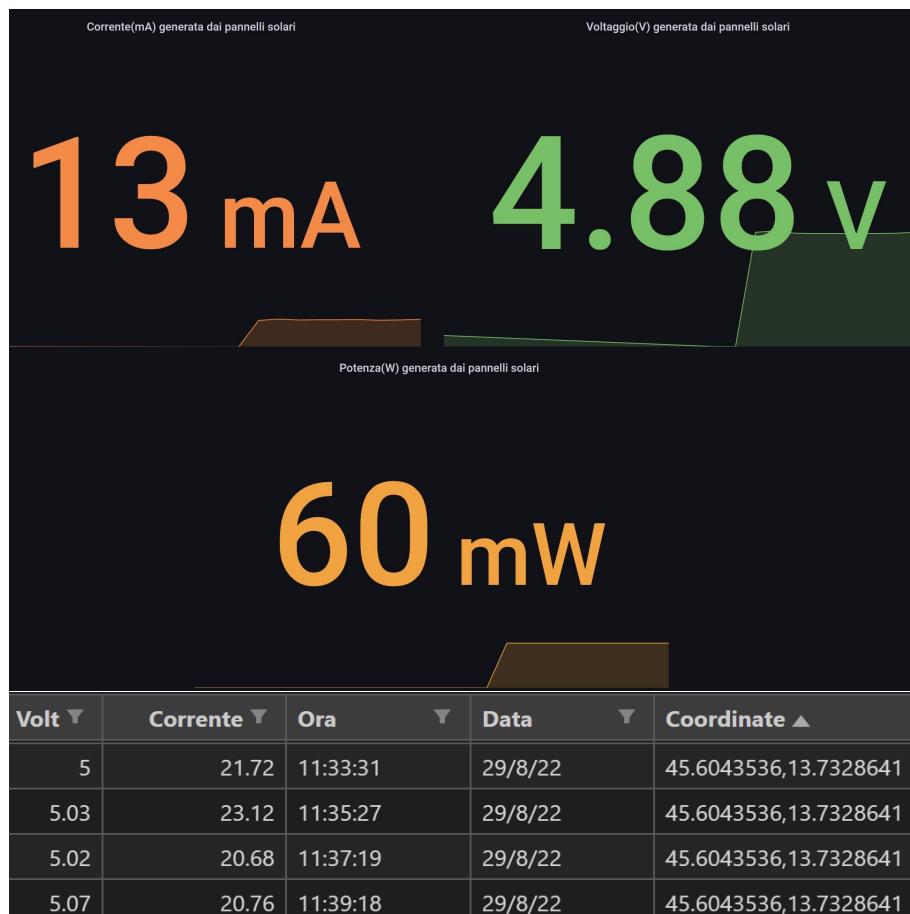


## 6 Conclusioni

Alimentando Arduino e Nodemcu con un powerbank e a sua volta collegando il powerbank ai pannelli solari il sistema è in grado di auto alimentarsi in una giornata soleggiata sia con il tracking che senza, tuttavia parte della corrente generata va persa quando il voltaggio non è sufficiente, basterebbe un regolatore di tensione per permettere di ottenere il massimo risultato.

Dall'analisi dei dati si può concludere che il solar tracking aiuta effettivamente ad aumentare le performance dei pannelli, considerato che la struttura in questione è di dimensione molto inferiore alla media dei pannelli, si può presumere che con dimensioni maggiori si ottengano risultati migliori nonostante l'energia maggiore richiesta per la rotazione.

Le seguenti figure sono uno screenshot della dashboard su Grafana e uno screenshot del csv sulla scheda SD.



## 7 Link

<https://github.com/Biby99/Tirocinio-Solar-Tracking>