



## SISTEMA OUTDOOR DI INSEGUIMENTO SOLARE



### DL SUN-TRACKER 4.0

#### **INTRODUZIONE**

I pannelli fotovoltaici fissi non riescono a catturare la luce solare quando il sole non si trova nell'angolo ottimale di incidenza. Tuttavia, i sistemi di inseguimento solare aiutano i pannelli a orientarsi verso il sole, aumentando così la produzione del 10-25%. Poiché questi ultimi catturano la luce solare durante tutto il giorno e in tutte le stagioni, l'efficienza dei pannelli solari aumenta notevolmente.

Il sistema **DL SUN-TRACKER 4.0** è un dispositivo didattico progettato per **orientare in modo automatico un pannello solare** nella direzione più favorevole ai raggi solari durante il corso della giornata, massimizzando la quantità di energia solare catturata. L'obiettivo è mantenere i raggi solari perpendicolari alla superficie del pannello per massimizzare l'assorbimento di energia durante tutto l'arco della giornata e aumentarne di conseguenza il rendimento.

È un trainer progettato per istituti tecnici e università. Non è solo un inseguitore solare, ma un laboratorio completo che permette di studiare l'intersezione tra energie rinnovabili, automazione e comunicazione digitale.



Il suo funzionamento orientabile si basa su una struttura meccanica che modifica l'orientamento dei pannelli solari.

Utilizza:

- **Sensori di luminosità** per conoscere la posizione del sole rilevando la direzione della luminosità più intensa e inviando segnali a motori (**attuatori**) per spostare la struttura.
- **Attuatori** (motori elettrici) per muovere la struttura, e
- **Algoritmi di controllo** per mantenere il corretto allineamento.

Esistono due categorie principali basate sui gradi di libertà del movimento (ambidue alimentate dall'elettricità proveniente dal sistema solare):

- **Monoassiale (Single-axis)**: ruota i pannelli lungo un solo asse (solitamente Est-Ovest) per seguire il percorso quotidiano del sole.
- **Biassiale (Dual-axis)**: si muove su due assi, regolando sia l'orientamento orizzontale che l'inclinazione verticale (altezza del sole), e questo è il caso del nostro sistema. Copre il movimento quotidiano del sole e i cambiamenti stagionali e, per questo motivo, garantisce un posizionamento ottimale dei pannelli, consentendo così la massima produzione di energia durante tutto l'arco della giornata.

In conclusione, e rispetto alle strutture fisse, gli inseguitori solari consentono un aumento significativo della resa – variabile dal 15% al 30% nei sistemi a singolo asse e fino al 40% nei sistemi a doppio asse – garantendo un miglior utilizzo della superficie installata e un ritorno energetico più elevato.

Essi hanno raggiunto una maturità tecnologica avanzata: componenti più robusti, algoritmi di controllo accurati e soluzioni meccaniche affidabili riducono il rischio di guasti e semplificano la manutenzione ordinaria. La diffusione su larga scala testimonia inoltre la loro competitività economica e la capacità di integrarsi efficacemente in impianti utility-scale.

La loro adozione si conferma un elemento chiave nella progettazione dei sistemi solari moderni, con benefici tangibili sia in termini di performance sia di lungo ciclo di vita dell'impianto.

## DESCRIZIONE DEL SISTEMA

### PERCORSO DIDATTICO A 4 DIMENSIONI

Il trainer didattico **DL SUN-TRACKER 4.0** offre **quattro diverse logiche di controllo**, permettendo ai docenti di strutturare lezioni che spaziano su diversi fronti come:

- 1) **Algoritmo Astronomico (Real-Time Clock)**: Gli studenti imparano a programmare il movimento basandosi su coordinate geografiche e tempo, studiando la trigonometria della posizione solare.
- 2) **Inseguimento Reattivo (Sensori LDR)**: Studio della fotometria. Il sistema reagisce attivamente agli stimoli ambientali tramite sensori differenziali, ideale per comprendere i sistemi a "anello chiuso" (closed-loop).



- 3) **Controllo Wireless Bluetooth:** Introduzione alla comunicazione a corto raggio. Attraverso una app dedicata, è possibile pilotare i servomotori di movimento assi, comprendendo la gestione dei protocolli di comunicazione mobile.
- 4) **Controllo Manuale:** Gestione diretta per test di calibrazione e comprensione della cinematica degli assi.

## LABORATORIO IOT & TRASPARENZA TOTALE CON MQTT

Il vero cuore dell'Industria 4.0 è la gestione dei dati e il **DL SUN-TRACKER 4.0** utilizza il protocollo MQTT (**M**essage **Q**ueuing **T**elemetry **T**ransport), lo standard del settore IoT (**I**nternet **o**f **T**hings), per trasmettere in tempo reale:

- **Telemetria Elettrica:** Analisi di tensione (V), corrente (I) e potenza (P) generata dal pannello.
- **Dati di Assetto:** Feedback angolare preciso per verificare la congruenza tra posizione teorica (ottimale) e reale.



Grazie a questi due punti menzionati sopra, gli studenti possono sottoscrivere i **"topic"** del tracker tramite broker (come **Mosquitto**/uno dei più noti **broker MQTT** Open Source), visualizzare i grafici su dashboard come **Node-RED**, consentendo a chiunque di creare applicazioni che raccolgano, trasformino e visualizzino i propri dati, costruendo flussi in grado di automatizzare il proprio mondo, oppure su un'interfaccia **SCADA**.

## MONITORAGGIO AMBIENTALE

Il **DL SUN-TRACKER 4.0** non si limita a inseguire la luce, ma monitora l'ambiente circostante per fornire un quadro analitico completo. L'integrazione di sensori meteorologici permette agli studenti di studiare le variabili che influenzano la produzione di energia rinnovabile, e di analizzare i dati ambientali in tempo reale.

Tutti i parametri meteorologici sono campionati dal microcontrollore e inviati via **MQTT** insieme ai dati elettrici, come:



- **Velocità del Vento (Anemometro):** Studia la sicurezza strutturale. Gli studenti possono programmare una funzione di "Safe Mode" che porta il tracker in posizione orizzontale in caso di raffiche di vento superiori a una soglia impostabile.
- **Direzione del Vento:** Analisi dei flussi d'aria e della distribuzione del calore intorno ai moduli.
- **Precipitazioni (Pluviometro):** Monitoraggio dell'intensità della pioggia per studiare l'effetto "self-cleaning" dei pannelli o la riduzione dell'irraggiamento.
- **Temperatura delle celle fotovoltaiche (Sensore di Temperatura):** Fondamentale per calcolare il coefficiente di temperatura delle celle fotovoltaiche.

Con questo sistema lo studente sperimenterà diversi metodi per controllare un sistema di tracciamento solare outdoor a doppio asse, e aumenterà la competenza necessaria per la progettazione HW e la programmazione SW.

Le attività didattiche sperimentali sono le seguenti:

- **Controllo Manuale:** Gestione del sistema motorizzato tramite interfaccia analogica (Joystick).
- **Controllo Remoto:** Implementazione del pilotaggio wireless mediante protocollo Bluetooth.
- **Inseguimento orario:** Tracciamento solare basato su un sistema orario.
- **Inseguimento Adattivo:** Monitoraggio e puntamento automatico tramite sensori di irraggiamento (LDR).
- **Caratterizzazione Energetica:** Analisi delle curve di efficienza e dei parametri elettrici del pannello fotovoltaico. Confronto produttività fra impianto a orientamento fisso e impianto ad inseguimento.
- **Rilevamento dei dati ambientali.**

## CARATTERISTICHE TECNICHE

### Pannelli Fotovoltaici (PV)

- **Tipo:** Silicio Policristallino.
- **Potenza Totale:** Circa 220 Wp (Watt di picco).
- **Configurazione:** 2 pannelli per studiare gli effetti dei collegamenti in serie/parallelo.
- **Costruzione:** Vetro temperato ad alta trasmissività, telaio in alluminio anodizzato, scatola di giunzione IP67.

### Sistema di Montaggio a Inseguimento Biassiale

- **Assi di Movimento:**
  - ◆ **PAN (Azimut):** inclinazione Est-Ovest.
  - ◆ **TILT:** Da 0° a 60° per adattarsi all'altezza del sole nelle varie stagioni.
- **Attuatori:** Motori o attuatori lineari.
- **Feedback di posizione:** sensore di inclinazione.



## Caratteristiche elettriche

- **Range di Misura:**
  - ◆  $V_{\max}$ : 50Vcc.
  - ◆  $I_{\max}$  **continuativa**: 15A.
  - ◆  $I_{\max}$  **momentanea**: 20A.

## Alimentazione

- **V**: Batteria da 12Vcc/27Ah.
- $I_{\text{riposo}}$ : 100mA.
- $I_{\max}$ : 1A con 2 motori attivi contemporaneamente.

Fornito con tutti gli accessori necessari (cavi, SW) e con un manuale pratico dettagliato.

## **OPZIONE PER I SISTEMI FOTOVOLTAICI E IBRIDI**

Il sistema **DL SUN-TRACKER 4.0** può essere utilizzato con i nostri sistemi che appartengono ai settori dell'energia rinnovabile fotovoltaica e ibrida (in alternativa al pannello fotovoltaico tradizionale), in particolare con:

- **DL SOLAR-B**: Sistema modulare per lo studio dell'energia solare.
- **DL SOLAR-D1**: Trainer modulare per lo studio dell'energia solare con collegamento alla rete.
- **DL SOLAR-AT**: Trainer avanzato per lo studio della energia solare fotovoltaica.
- **DL SOLAR-GTS**: Sistema modulare per lo studio dell'energia solare con collegamento alla rete e stoccaggio.
- **DL WP-SOLAR-D**: Trainer per pompe solari.
- **DL SUNWIND-OG**: Trainer modulare per lo studio dell'energia solare/eolica.
- **DL SUNWIND-GT**: Trainer per lo studio dell'energia solare/eolica con collegamento alla rete.
- **DL SUNWIND-A2**: Trainer avanzato per lo studio dell'energia solare/eolica.
- **DL SGWD/DL SWGD-W/DL SGWD2.0/DL SGWD2.0-W**: SMART GRID.