



MEDUSA

Mini boa MEDUSA per il monitoraggio ambientale acqua

Deliverable D2.b.1

Report su progettazione, costruzione e test funzionale del Luxmetro

Distribuzione riservata ai soli partner del progetto MEDUSA



10/03/2025

SOMMARIO ESECUTIVO

Il presente documento descrive accuratamente i passi fondamentali sulla progettazione e la costruzione di un sensore di luce luxmetro riportando i vari schematici progettazioni meccaniche e elettroniche.

È composto da una sezione che mostra i risultati raggiunti suddivisi per tipologia di progettazione elettronica e meccanica: quindi una prima sezione descriverà in modo dettagliato tutta la progettazione elettronica del sensore custom, mentre una seconda sezione si occuperà della parte meccanica, quale progettazione e realizzazione mostrando non solo i cad 3D ma anche i materiali scelti per la sua realizzazione.

Al momento il progetto sta procedendo in linea con quanto pianificato nella proposta, per cui non ci sono deviazioni importanti da riportare, fermo restando che questo sensore sviluppato in modo custom per il progetto potrebbe essere migliorato con il proseguo del progetto stesso.

In conclusione si riporterà la versione finale del sensore di luce luxmetro con le dovute conclusioni finali.

SOMMARIO

SOMMARIO	4
1. INTRODUZIONE	5
2. DESCRIZIONE DELLA MISURAZIONE DELLA LUCE ATTRAVERSO IL LUXMETRO	6
3. PROGETTAZIONE ELETTRONICA	6
4. PROGETTAZIONE MECCANICA	9
5. CONCLUSIONI	10

1. INTRODUZIONE

Il presente documento fornisce una descrizione dettagliata sulla progettazione del sensore di luce luxmetro sviluppato appositamente per il progetto.

Il deliverable è suddiviso in diversi capitoli per permettere meglio una corretta comprensione dell'argomento in esame:

- Una prima parte che descrive in modo dettagliato la tecnica della misurazione della luce attraverso il principio del luxmetro e le sue applicazioni;
- Un capitolo (Capitolo 3) dedicato ai risultati raggiunti dal punto di vista di progettazione elettronica;
- Un capitolo (Capitolo 4) dedicato agli aspetti costruttivi del sensore, quindi progettazione meccanica, realizzazione dei pezzi e materiali utilizzati;

Infine si ha un capitolo finale per riportare le conclusioni e le prove fatte in laboratorio del sensore.

2. DESCRIZIONE DELLA MISURAZIONE DELLA LUCE ATTRAVERSO IL LUXMETRO

L'installazione di un luxmetro su una boa marina è un metodo innovativo per monitorare e prevenire la proliferazione algale. La luce è un fattore cruciale per la fotosintesi delle alghe: il controllo della quantità di luce disponibile può quindi contribuire a ridurre il rischio di fioriture eccessive, che possono danneggiare gli ecosistemi acquatici e le attività economiche collegate, come la pesca e l'acquacoltura. Un luxmetro è un dispositivo che misura l'intensità della luce in un determinato ambiente. Installato su una boa marina, può rilevare i livelli di illuminazione in superficie e a diverse profondità, fornendo dati fondamentali per l'analisi ambientale. I dispositivi a corredo del luxmetro per misurare i parametri fondamentali e per l'analisi ambientale sono:

- ❖ Luxmetro: Misura l'intensità della luce (espressa in lux o PAR, Photosynthetically Active Radiation) presente sulla boa;
 - Sensori ambientali aggiuntivi (opzionali):
 - Torbidità: Indica la presenza di particelle in sospensione che possono influenzare la trasmissione della luce.
 - Temperatura dell'acqua: Parametro importante per il metabolismo delle alghe.
 - Ph e Ossigeno disciolto: Indicatori della qualità dell'acqua e dello stato di crescita algale.
 - Clorofilla-a e Ficocianina: Marcatori biologici per identificare la presenza di alghe verdi e cianobatteri.
- ❖ Trasmissione dati: I dati vengono inviati in tempo reale via radio per esempio reti LoRaWAN a un centro di controllo.
- ❖ Sistema di alimentazione: Pannelli solari o batterie a lunga durata garantiscono un funzionamento autonomo.

Il monitoraggio della luce aiuta a identificare condizioni favorevoli alla crescita delle alghe prima che diventino un problema. Se i livelli di luce risultano eccessivi, è possibile intervenire con misure preventive, come l'introduzione di sistemi di ombreggiamento artificiale o il rilascio controllato di sostanze biocompatibili per limitare la crescita algale. La raccolta di dati consente di correlare i livelli di illuminazione con altri parametri ambientali, migliorando la capacità di previsione delle fioriture algali. La combinazione di misurazioni di luce e clorofilla-a aiuta a distinguere tra un'alta luminosità naturale e un rischio reale di crescita algale.

Le applicazioni pratiche sono: Monitoraggio di laghi e bacini artificiali: Per prevenire l'eutrofizzazione e la crescita incontrollata di alghe; Gestione della qualità dell'acqua in porti e aree costiere: Evita la formazione di tappeti algali che possono ostacolare la navigazione e danneggiare l'ambiente; Supporto all'acquacoltura e alla pesca: Garantisce condizioni ottimali per i pesci, prevenendo la formazione di tossine algali nocive; Studi scientifici e ambientali: Raccoglie dati per ricerche sul cambiamento climatico e sulla salute degli ecosistemi marini.

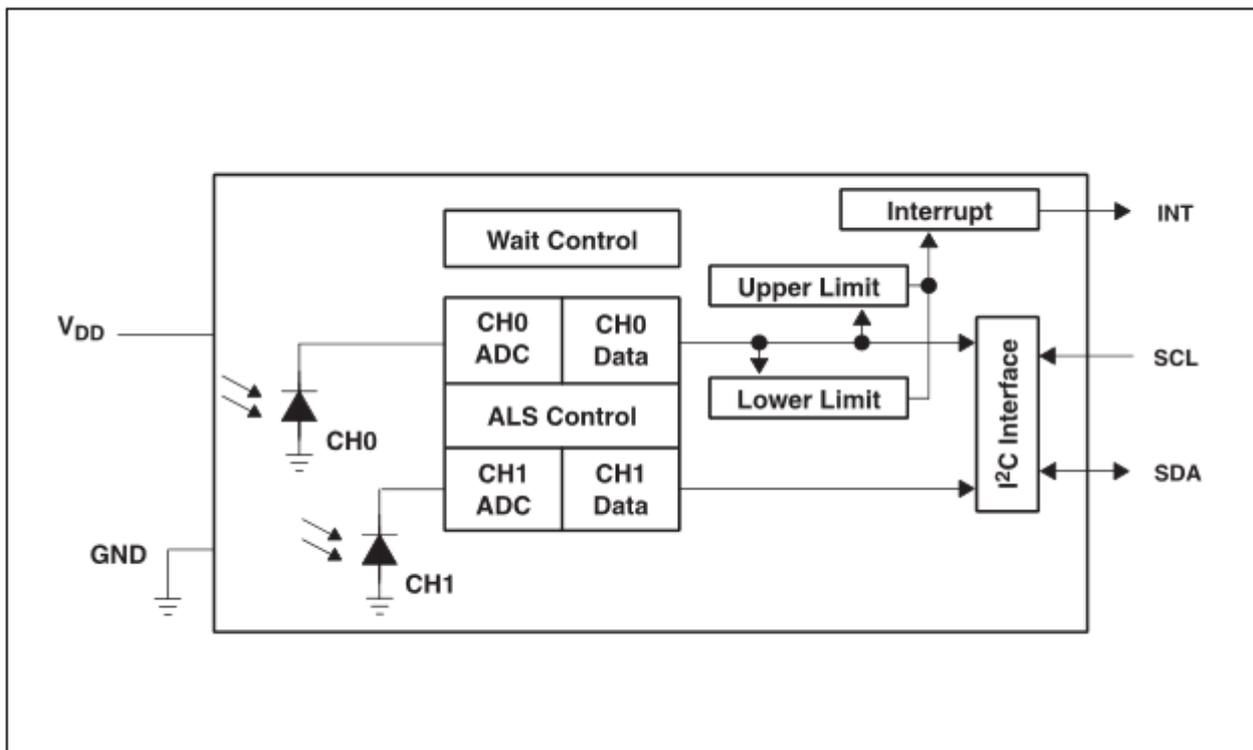
In conclusione possiamo dire che l'integrazione di un luxmetro su boe marine rappresenta una soluzione innovativa ed efficace per monitorare e contrastare la proliferazione algale. Grazie alla raccolta e analisi dei dati in tempo reale, è possibile attuare strategie preventive, proteggendo gli ecosistemi acquatici e le attività umane legate alla qualità dell'acqua.

3. PROGETTAZIONE ELETTRONICA

La progettazione elettronica di questa parte della boa, cioè del sensore custom di luce luxmetro, viene realizzata prendendo in considerazione un chip che riesce a leggere la variazione di luce e la converta in

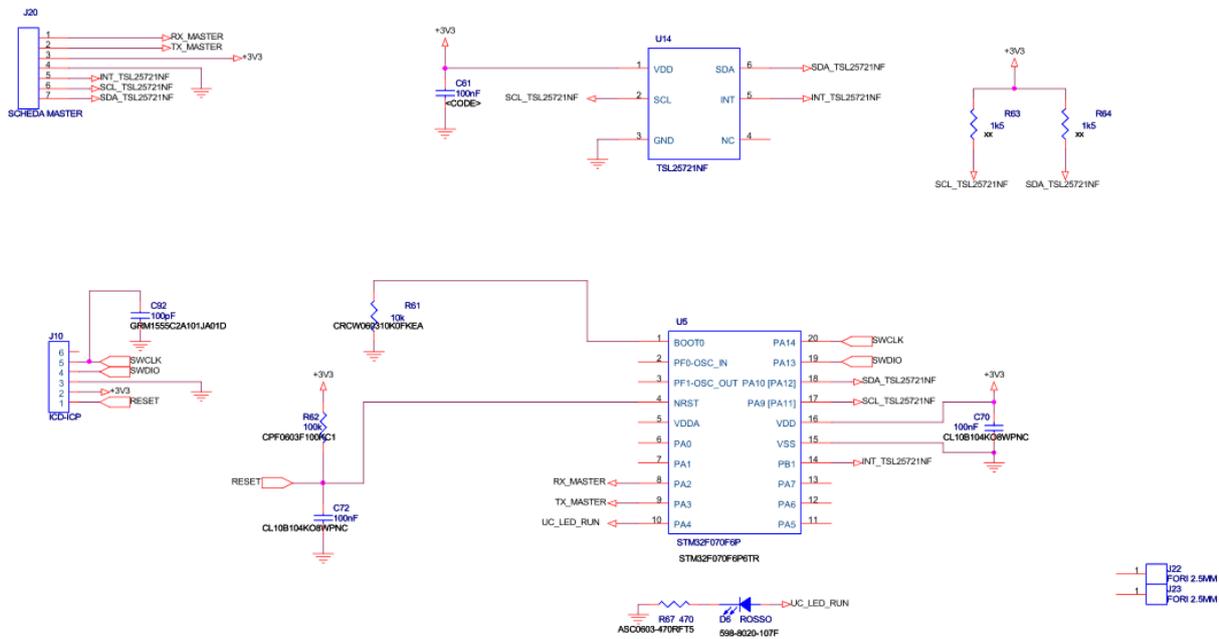
formato digitale. Per effettuare questo si è deciso di utilizzare uno componente di alta precisione quale il chip TSL25721FN. La famiglia di dispositivi TSL2572 fornisce un rilevamento della luce ambientale (ALS) che approssima la risposta dell'occhio umano all'intensità della luce in una varietà di condizioni di illuminazione e tramite una varietà di materiali di attenuazione. Le misurazioni ALS accurate sono il risultato della tecnologia brevettata a doppio diodo di AMS e del filtro di rigetto UV incorporato nel pacchetto. Inoltre, il range operativo è esteso a 60.000 lux alla luce solare quando viene utilizzata la modalità a basso guadagno.

Il dispositivo TSL2572 "light-to-digital" è costituito da fotodiodi on-chip, amplificatori integrati, ADC, accumulatori, clock, buffer, comparatori, una macchina a stati e un'interfaccia I²C. Ogni dispositivo combina un fotodiodo del canale 0 (CH0), che risponde sia alla luce visibile che a quella infrarossa, e un fotodiodo del canale 1 (CH1), che risponde principalmente alla luce infrarossa. Due ADC integrati convertono simultaneamente le correnti amplificate del fotodiodo in un valore digitale che fornisce fino a 16 bit di risoluzione. Al completamento del ciclo di conversione, il risultato della conversione viene trasferito ai registri dati. Questa uscita digitale può essere letta da un microprocessore attraverso il quale l'illuminamento (livello di luce ambientale) in lux viene derivato utilizzando una formula empirica per approssimare la risposta dell'occhio umano. La comunicazione con il dispositivo avviene tramite un bus seriale I²C veloce (fino a 400 kHz) a due fili per una facile connessione a un microcontrollore o a un controller incorporato. L'uscita digitale del dispositivo è intrinsecamente più immune al rumore rispetto a un'interfaccia analogica. Il dispositivo fornisce un pin separato per gli interrupt di livello. Quando gli interrupt sono abilitati e viene superato un valore preimpostato, il pin di interrupt viene attivato e rimane attivato finché non viene cancellato dal firmware di controllo. La funzione di interrupt semplifica e migliora l'efficienza del sistema eliminando la necessità di interrogare un sensore per un valore di intensità luminosa. Viene generato un interrupt quando il valore di una conversione ALS supera una soglia superiore o inferiore. Inoltre, una funzione di persistenza di interrupt programmabile consente all'utente di determinare quante soglie consecutive superate sono necessarie per attivare un interrupt. Lo schema a blocchi del dispositivo viene mostrato di seguito:

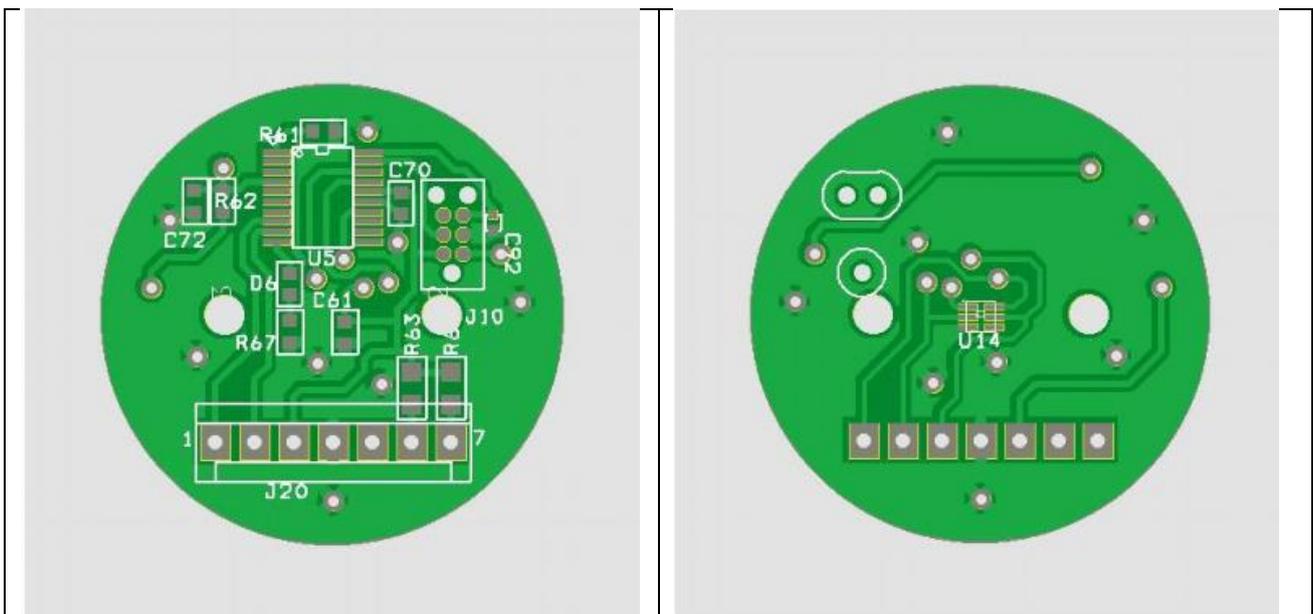


Come si vede dallo schema a blocchi, questo componente elettronico è facilmente interfacciabile con qualsiasi microcontrollore attraverso il bus di comunicazione I2C, che consente non solo di impostare le condizioni di misura ma anche di leggere la variazione di luce.

Sulla base dello schema a blocchi evidenziato in precedenza, si è costruito uno schema elettronico che interfacciasse questo componente con il microcontrollore. Di seguito riportiamo lo schematico della scheda elettronica.



Dallo schematico elettronico si passa, attraverso CAD dedicati di progettazione elettronica, alla progettazione del PCB (Printed Circuit Board). Di seguito si riportano le immagini rendering della scheda PCB di controllo degli elettrodi di luce luxmetro.



Mentre nel lato superiore sono presenti tutti i componenti passivi collegati al microcontrollore, dal lato inferiore è presente il solo sensore di luminosità e nessun altro componente permettendo così alla lente di essere alloggiata a contatto con il PCB garantendo così la massima efficienza in termini di convogliamento della luce tutta al centro della scheda dove si trova la parte sensibile del sensore.

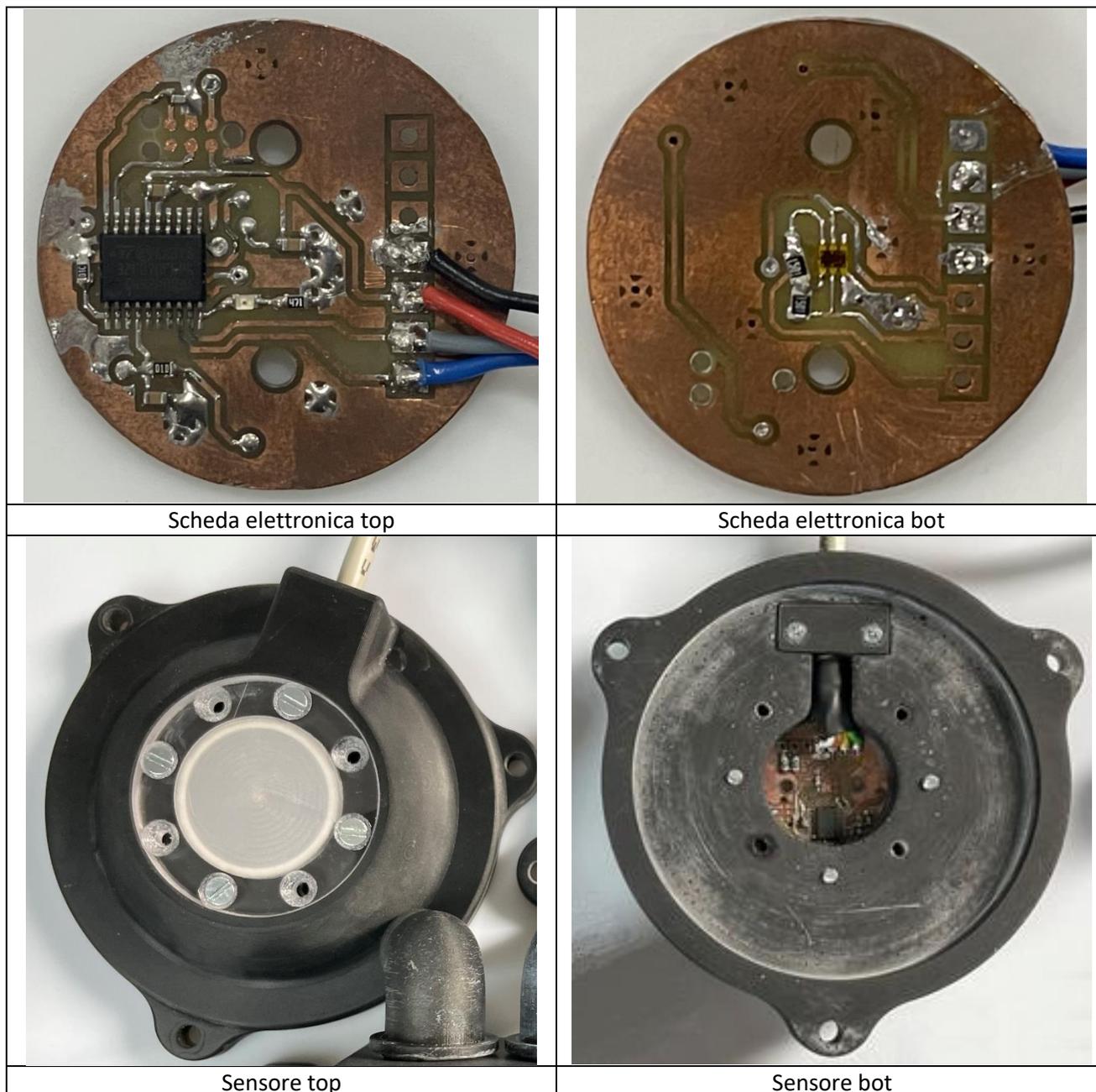
4. PROGETTAZIONE MECCANICA

La costruzione di questo sensore di luce luxmetro è basata su un alloggiamento plastico progettato al CAD 3D per il facile montaggio sulla mini-boa marina e realizzato con stampanti 3D a resina liquida. Inoltre come si può vedere dalle immagini successive è composto da una lente centrale posta a contatto con il chip sensibile in modo tale da convogliare tutta la luce proveniente da diverse direzioni sulla parte sensibile del chip. Il tutto fissato con viti in acciaio inossidabile 316 che è un acciaio inossidabile standard adatto all'impiego in ambienti interessati da acqua di mare. Questo involucro viene reso impermeabile attraverso l'utilizzo di guarnizioni in modo da proteggere la scheda elettronica dove è montato il sensore da spruzzi. Inoltre il corpo in plastica presenta delle asole per il montaggio dello stesso sul corpo boa. In uscita da questo sensore si ha un cavo stagno per la connessione della scheda, sulla quale è alloggiato il sensore, alla scheda elettronica principale presente nella boa.

Di seguito si riporta un rendering 3D del sensore luxmetro realizzato in modo custom per la misura della intensità luminosa.



Di seguito si riportano le immagini del sensore luxmetro realizzato in modo custom per la misura della intensità luminosa.



5. CONCLUSIONI

Il presente deliverable riassume l'attività di progettazione del sensore custom di luce luxmetro dedicato alla misurazione dell'intensità luminosa per la prevenzione della proliferazione di alghe marine ed installato sulla boa. Al momento della stesura del deliverable questo sensore è stato completamente progettato e simulato la sua funzionalità ed è in fase di realizzazione sia dal punto di vista meccanico che elettronico. Nei successivi deliverable riguardanti la progettazione dell'elettronica e della parte meccanica della boa verranno riportate in modo complessivo tutto i vari sotto sistemi tra cui anche i sensori custom.