

# Pluviometro LoRa

Paolo Bonelli

Versione 1: 20/12/2022

Il presente documento e il software indicato nel testo sono distribuiti con licenza  
Creative Commons BY-NC-SA  
This document and the software indicated in the text are distributed under license  
Creative Commons BY-NC-SA

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



## Sommario

Premessa .....	3
Che cos'è un pluviometro? .....	3
Come funziona .....	3
Sensore pluviometrico Davis .....	5
Sensore di pioggia .....	6
Microcontrollore .....	6
Schema elettrico .....	7
Assorbimento in corrente del sistema .....	9
Firmware .....	9
Logica di funzionamento .....	10
Funzionalità di auto-reset .....	10
La centralina di ricezione LoRa .....	11
Conclusioni .....	12

## Premessa

Il presente documento descrive un prototipo di strumento per la misura della precipitazione, appositamente progettato e costruito per la Difesa Civica. La Difesa Civica è un progetto che intende realizzare un sistema di previsione e allerta di fenomeni di dissesto idrogeologico, partendo dal basso, organizzato e gestito da volontari che provvedano alla formazione dei cittadini sulla gestione del rischio nonché al monitoraggio dei fenomeni più intensi. Per questo motivo il pluviometro deve rispondere a requisiti particolari, che vengono descritti più avanti e non ha uno scopo commerciale, ma rientra nella categoria dei dispositivi open source.

## Che cos'è un pluviometro?

Un pluviometro, in inglese “rain gauge”, è uno strumento che serve a misurare la precipitazione acquosa: pioggia, grandine o neve. L'unità di misura è il mm (millimetro) che corrisponde ad un volume di acqua liquida di un litro ( $\text{dm}^3$ ) su una superficie di un metro quadrato ( $\text{m}^2$ ). Nel caso della neve, alcuni pluviometri sono in grado di misurare l'equivalente in acqua, vale a dire i litri ottenuti dalla neve sciolta. Non misurano quindi l'altezza della neve in cm, che invece è stimata da altri strumenti. Per la grandine vale lo stesso discorso che per la neve.

## Come funziona

Il pluviometro si compone di una parte meccanica ed una elettronica. La prima è composta da un imbuto di raccolta e un sistema che traduce la quantità di acqua piovana in impulsi elettrici, a loro volta inviati in tempi casuali alla parte elettronica; ogni impulso corrisponde ad una quantità fissa di acqua o mm di pioggia, tipicamente 0,2 mm.

Per passare dalla quantità di acqua raccolta ai mm di pioggia si usa la seguente formula:

$$R \text{ (mm)} = A \text{ (L)} / S \text{ (m}^2\text{)};$$

dove R è la precipitazione in millimetri,

A è la quantità di acqua misurata in litri,

S è la superficie dell'imbuto di raccolta del pluviometro in metri quadrati.

Un parametro molto importante ai fini degli effetti al suolo della pioggia, come portata dei fiumi, esondazioni, frane, è l'intensità della pioggia, espressa in millimetri all'ora ( mm/h ).

Tipicamente una pioggia di intensità moderata si aggira sui 10 mm/h, mentre una pioggia violenta sui 100 mm/h. Spesso le piogge di intensità molto forte si manifestano con una durata inferiore all'ora, quindi ai fini di un sistema di allerta meteo basato su misure di pluviometri è bene non aspettare un'ora di misure per prevedere un rischio di alluvione, ma raccogliere i dati più frequentemente, ad esempio ogni 3 minuti come nel sistema qui descritto.

**La misura dell'intensità di precipitazione è fondamentale per prevedere possibili esondazioni di corsi d'acqua e frane dovute ad instabilità di un versante montano per imbibimento del terreno.**

La parte meccanica del pluviometro, in particolare quello usato in questo progetto, è costituita da un "cucchiaino" basculante che raccoglie l'acqua proveniente dall'imputo sovrastante e, una volta pieno, si inclina verso il basso scaricando l'acqua. Il cucchiaino, una volta svuotatosi, ritorna immediatamente nella posizione di partenza. Ogni basculamento del cucchiaino, che corrisponde a 0,2 mm di pioggia, genera un impulso elettrico tramite un magnete e un sensore, che viene acquisito dalla parte elettronica.

Un sistema di protezione civile, che usi osservazioni in tempo reale dei fenomeni al suolo, oltre alle previsioni meteo, comprende uno o più pluviometri dislocati in punti significativi del territorio, dove precedentemente è stata fatta un'analisi dei possibili rischi. Gli strumenti devono soddisfare i seguenti requisiti:

1. Trasmettere i dati almeno ogni 3 minuti dall'inizio della precipitazione;
2. Usare una tecnologia di trasmissione dati a lunga distanza con bassi consumi di energia;
3. Avere un'alimentazione autonoma a batteria con eventuale pannello solare FV.
4. Essere affidabile da un punto di vista hardware e software.

La parte meccanica del pluviometro qui descritto è fornita dalla ditta statunitense Davis, abbastanza famosa nel mondo per vendere stazioni meteo con un buon compromesso tra affidabilità e prezzo.

La ditta Davis fornisce stazioni complete di sensori e sistemi di trasmissione e raccolta dati su Internet. Lo svantaggio della stazione completa Davis, in commercio, è quello di non avere un sistema di trasmissione dei dati wireless a lunga distanza e di inviare i dati esclusivamente ad un suo server proprietario, rendendo quindi difficile la personalizzazione del sistema di raccolta e presentazione dati.

Nel presente progetto si è preferito adottare solo la parte meccanica del pluviometro Davis collegandola ad un'elettronica costruita ad hoc.

Assieme al pluviometro Davis è stato installato un doppio sensore di pioggia con lo scopo di avviare il conteggio degli impulsi solo alle prime gocce. Si è preferito raddoppiare il sensore di pioggia per migliorare l'affidabilità del sistema.

La parte elettronica del pluviometro è composta da un nodo trasmettitore (TX), posto vicino alla parte meccanica e autonomo energeticamente, e un nodo ricevitore (RX), posto in luogo con alimentazione elettrica e connessione WiFi che può essere distante alcuni chilometri dal nodo TX. Un solo nodo RX è in grado di ricevere molti nodi TX.

L'elettronica del TX ha lo scopo di contare gli impulsi provenienti dal pluviometro, trasformarli in grandezze legate alla quantità di pioggia e alla sua intensità e trasmetterli via radio con la tecnologia LoRa (Long Range).

I parametri trasmessi, oltre a quelli dell'identificativo del nodo, sono:

- il numero di impulsi contati in un certo tempo (periodo) dall'inizio della precipitazione;
- il periodo in cui vengono contati gli impulsi (attualmente 180 s = 3 min);
- i decimi di millimetro di pioggia al minuto;
- i valori 1 o 0 dei sensori di pioggia (1: dry; 0: wet);
- la tensione della batteria;
- il numero progressivo dei messaggi inviati;

Il software del nodo TX è ottimizzato per consumare meno energia possibile, a tal fine, in assenza di pioggia la CPU del nodo viene messa in "sleep mode".

Appena uno dei due sensori di pioggia segnala la presenza di gocce d'acqua, il software comincia a contare gli eventuali impulsi provenienti dal cucchiaino del pluviometro e trasmette un messaggio radio ogni periodo prefissato (3 min).

Nel caso di presenza di gocce d'acqua sui sensori in assenza di pioggia, per esempio con la rugiada mattutina o alla fine del fenomeno piovoso, il conteggio andrà avanti fino al prosciugamento dei sensori, ma il dato trasmesso in questi casi sarà 0 mm di pioggia.

Dopo un certo tempo con assenza di pioggia (attualmente di circa 4 min), il nodo trasmette comunque un messaggio.

Il nodo di ricezione RX ha le seguenti funzioni:

1. riceve i messaggi provenienti da tutti i nodi TX siano essi dotati di pluviometri o di altri sensori;
2. calcola, per ogni nodo, i mm di pioggia misurati nell'ora precedente;
3. trasmette al server Internet tutti i dati, tramite una connessione WiFi.

Per tutti i dettagli sul protocollo di trasmissione dati usato e le modalità con cui il nodo RX invia i dati al server, si veda il documento "Come costruirsi una Mini Rete LoRa".

## Sensore pluviometrico Davis

<https://www.meteo-shop.com/it/stazioni-meteorologiche/sensori/50369-pluviometro-con-base-di-montaggio/>



## Sensore di pioggia

<https://www.az-delivery.de/it/products/regen-sensor-modul>



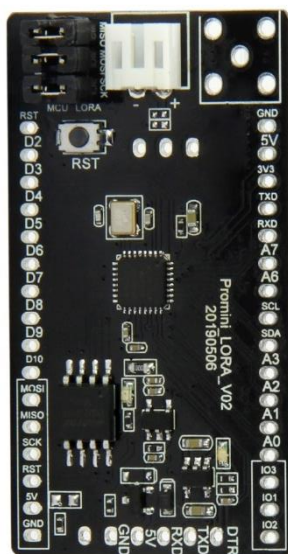
Il sensore di pioggia è composto da una superficie sensibile e un circuito elettronico. Non appena una o due gocce d'acqua cadono sulla superficie sensibile il circuito elettronico porta a 0 V l'uscita digitale DO, altrimenti questa rimane alla tensione di 3.3V. La sensibilità viene regolata tramite il trimmer. Un LED rosso si illumina quando l'uscita va a 0 V.

## Microcontrollore

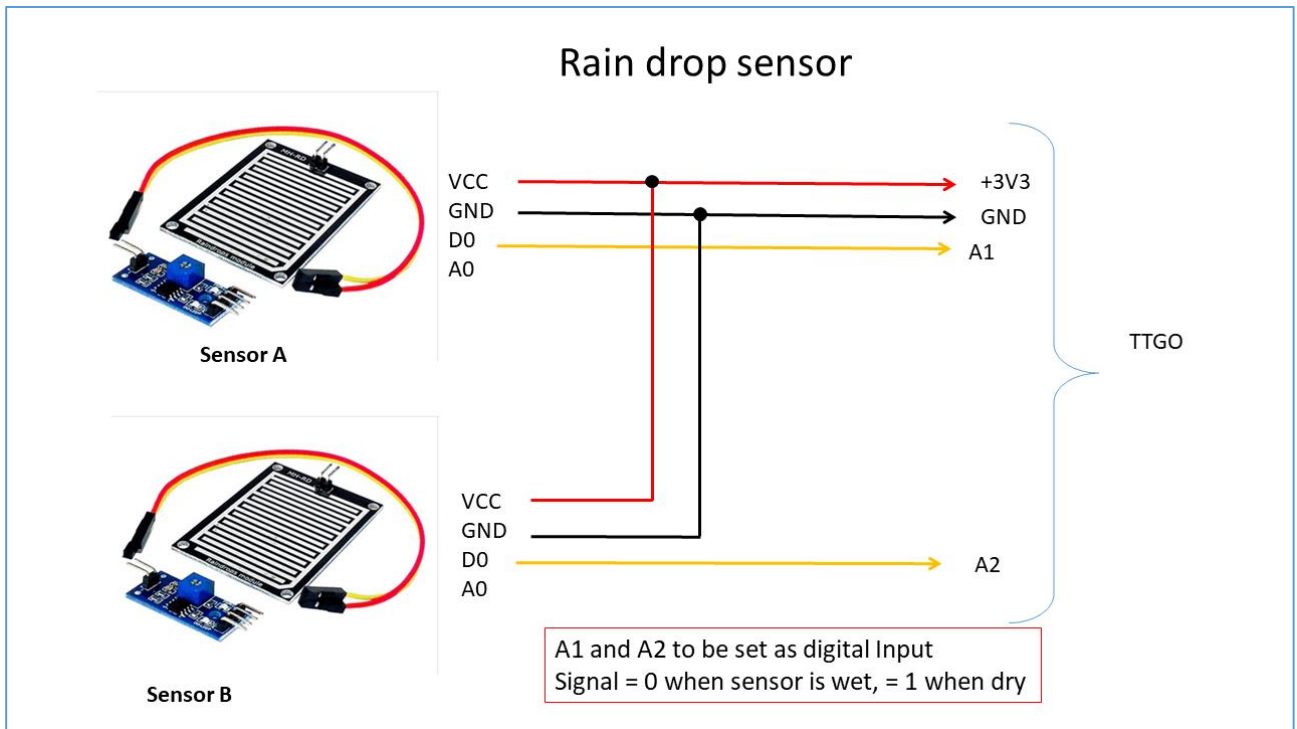
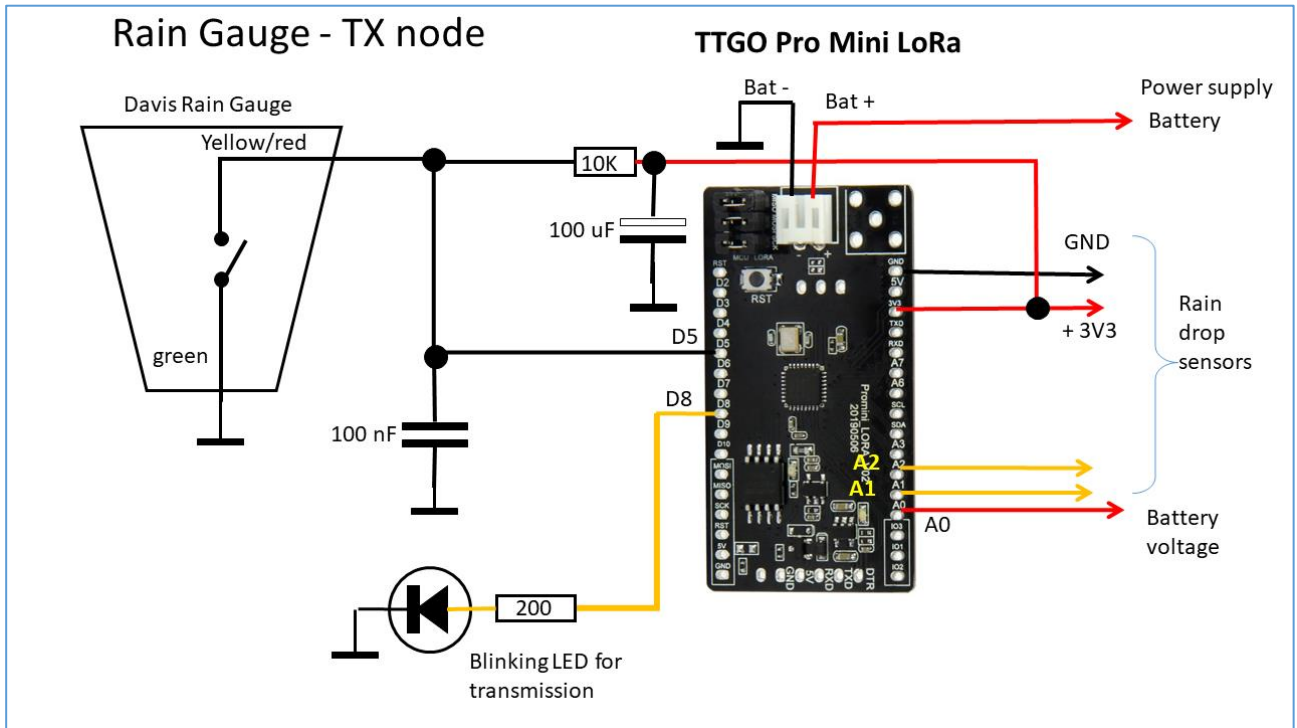
<http://www.lilygo.cn/>

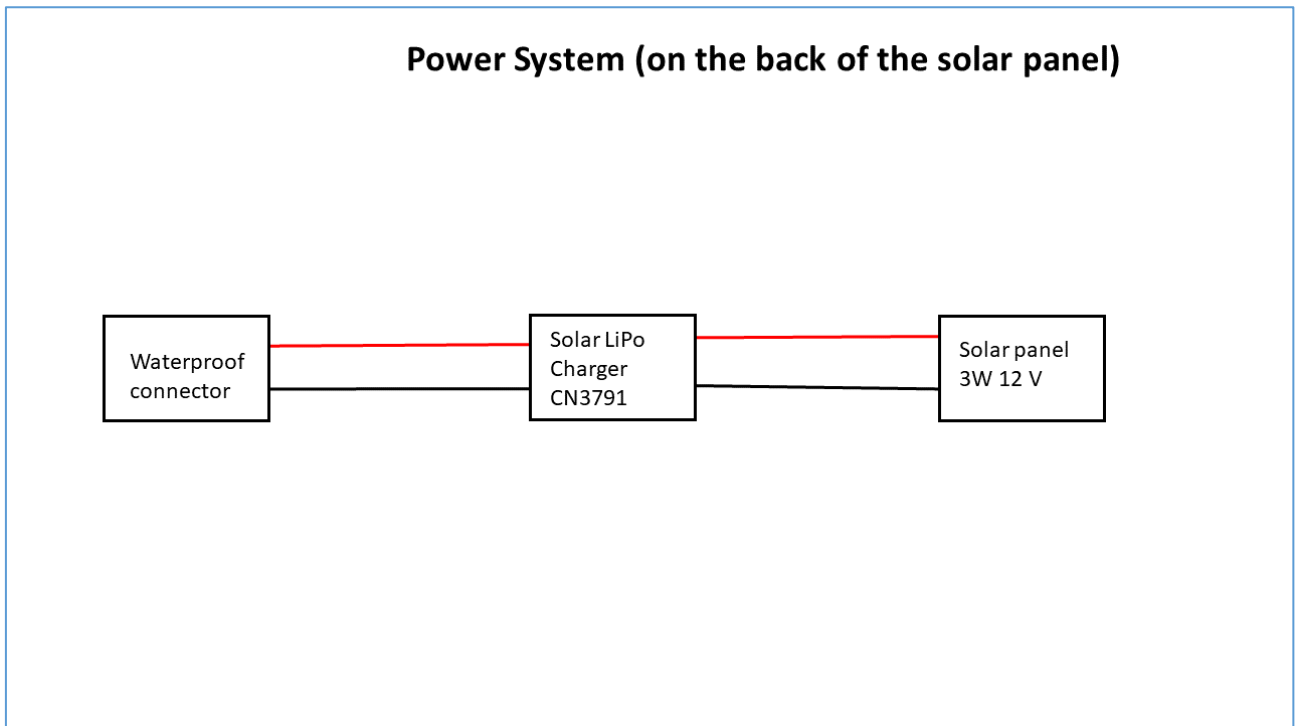
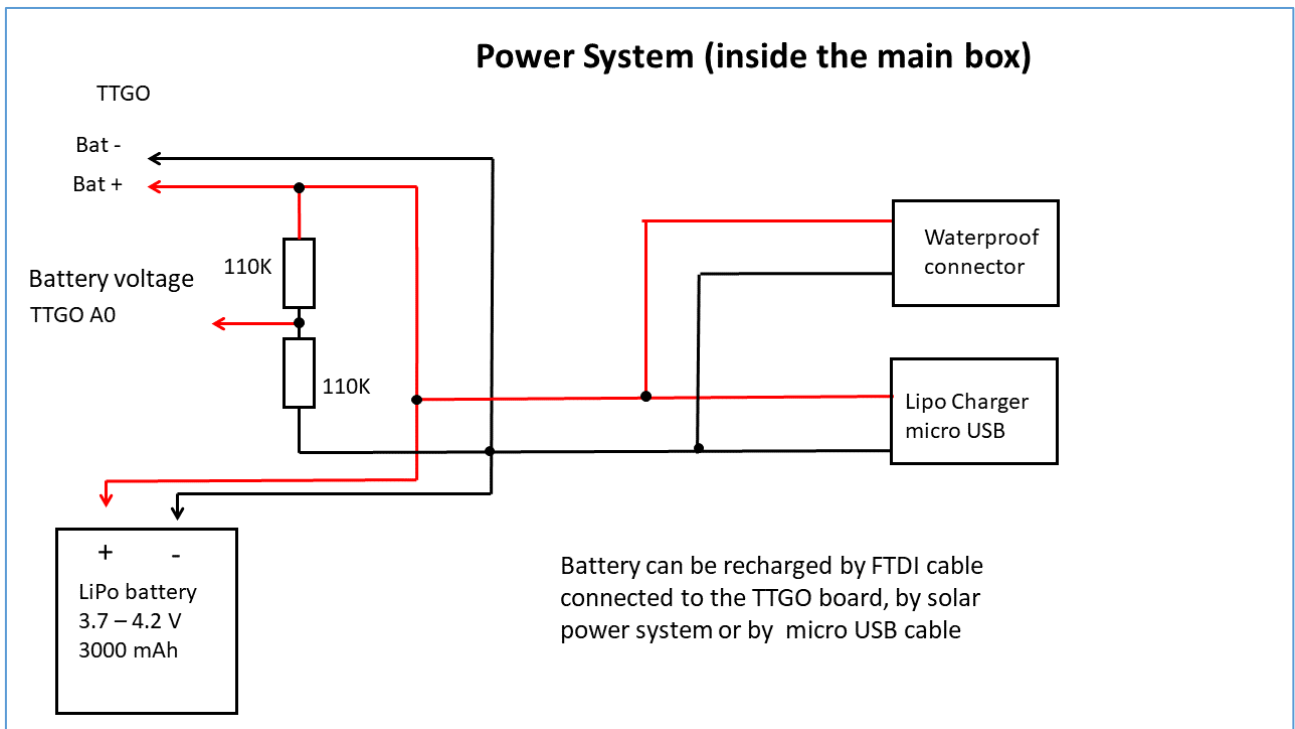
Lilygo Ttgo T-Deer Pro Mini LoRa 868 Mhz

Questo componente ha la stessa CPU di Arduino UNO. Monta anche un modulo radio LoRa sulla banda 868 MHz. Si programma con la IDE di Arduino tramite un cavo USB-FTDI



# Schema elettrico





Le quattro figure, di cui sopra, rappresentano rispettivamente:

- i collegamenti tra il microcontrollore e il pluviometro Davis,
- i collegamenti dei due sensori di pioggia al microcontrollore,
- il sistema di alimentazione posto all'interno del contenitore con tutta l'elettronica,



- la parte di alimentazione posta dietro il pannello fotovoltaico.



Il sistema di alimentazione è costituito da una batteria LiPo da 3,7 – 4,2 V e 3000 mAh, che viene costantemente ricaricata da un pannello FV. La stessa batteria può essere ricaricata tramite un cavo FTDI collegato al MCU, lo stesso che viene usato per la programmazione, oppure tramite la presa micro USB da collegare ad un alimentatore 5 V plug-in, avendo però l'accortezza di scollegare la batteria dal MCU.

## Assorbimento in corrente del sistema

Correnti erogate dalla batteria:

2.8 mA con sensori dry;

10.9 mA con un sensore wet;

12.8 mA con due sensori wet con o senza impulsi

9.4 mA con due sensori dry ma durante il loop di conteggio impulsi

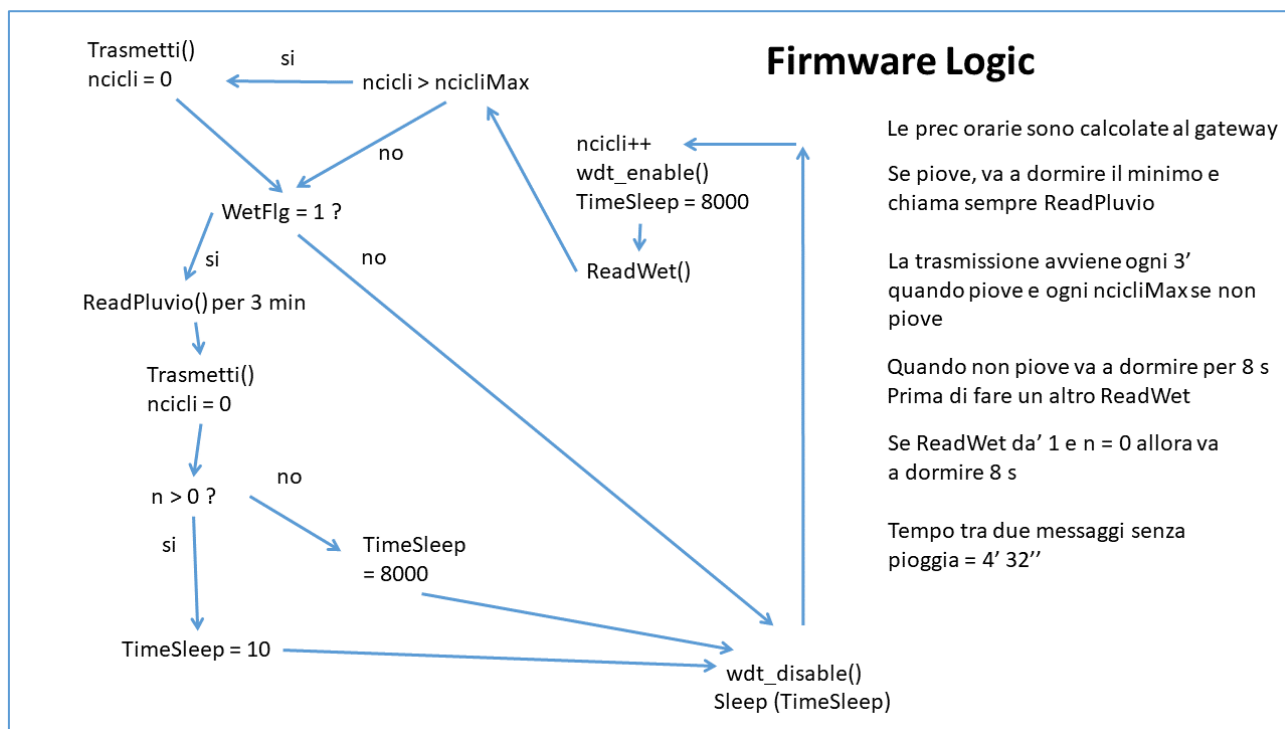
## Firmware

Il firmware da caricare sul MCU è scritto in C++ con la IDE di Arduino, versione 1.8.19, Il nome è:

Pluviometer\_V5 e si può scaricare tramite questo link:

<https://github.com/paolometeo/MiniReteLoRa>

## Logica di funzionamento



Nella figura è mostrata la logica del firmware eseguito dal MCU. Il significato delle funzioni citate nello schema a blocchi:

**Trasmetti()** funzione che trasmette un messaggio per mezzo del modulo radio LoRa;

**ReadWet()** funzione che legge lo stato dei due sensori di pioggia; restituisce WetFlg = 1 se almeno uno dei due sensori è bagnato, = 0 se ambedue sono asciutti.

**ReadPluvio()** funzione che conta per 3 minuti gli impulsi provenienti dal pluviometro;

**wdt\_enable()** funzione che abilita il watch-dog (sistema che resetta MCU dopo 8 secondi da un wdt\_reset)

**wdt\_disable()** funzione che disabilita il watch-dog

**Sleep(TimeSleep)** funzione che limita al minimo i consumi del MCU per un tempo pari a TimeSleep millisecondi.

## Funzionalità di auto-reset

Questa funzionalità è utile nel caso in cui la CPU del MCU si blocchi per un qualsiasi motivo, richiedendo un reset manuale. Se si vuole evitare questo reset manuale, esiste la possibilità di attivare una parte hardware/software del MCU, chiamata watch-dog che invia un reset alla CPU ogni 8 secondi (in questa applicazione è stato settato in 8000 ms) dal momento in cui si esegue un reset dello stesso watch-dog (funzione wdt\_reset).

Nel programma del firmware sono stati inserite diverse chiamate alla `wdt_reset` nelle parti che rallentano l'esecuzione delle istruzioni in modo che il watch-dog non arrivi mai a durare più di 8 s. L'unica parte del programma che non ha questi reset è quella dello Sleep, prima della quale è stato disabilitato il watch-dog. Infatti è difficile che la CPU si blocchi durante questa fase.

## La centralina di ricezione LoRa



La centralina per la ricezione dei messaggi LoRa provenienti dal pluviometro può essere costruita in diverse configurazioni e può ricevere messaggi da molti nodi trasmettitori che misurino pioggia o altre variabili.

La centralina RX avrà il compito di:

- ricevere i messaggi dai nodi TX,
- decodificarli elaborando eventuali grandezze derivate,
- inviare i dati ad un server internet per la loro visualizzazione da parte di utenti ubicati in qualsiasi posto.

Naturalmente la centralina dovrà essere ubicata dove è presente una rete WiFi alla quale può essere collegata e non troppo distante dai nodi TX, secondo il massimo range della trasmissione LoRa (1 – 2 Km).

Vi sono schede MCU che hanno a bordo sia il modulo radio LoRa, sia quello WiFi, pertanto la centralina RX può essere costituita da una sola scheda e una buona antenna. Per maggiori dettagli si rimanda al documento “Come costruirsi una mini rete LoRa”.

Nel caso del pluviometro descritto nel presente documento, la centralina RX avrà il compito di calcolare la precipitazione integrata nell'ora precedente; grandezza che verrà inviata al server Internet assieme alle altre.

Il programma della centralina RX si collega, tramite WiFi, al server AdafruitIO (<https://io.adafruit.com/>) con un account scelto dall'utente e riportato nel programma (vedi documento “Come costruirsi una mini rete LoRa”) e invia sul server le seguenti grandezze (Feed):

1. "n" numero di impulsi provenienti dal pluviometro in 3 minuti, ogni impulso corrisponde a 0.2 mm di pioggia;
2. "Per" intervallo di tempo in cui si contano gli impulsi in secondi (180);
3. "Irain" intensità di precipitazione espressa in 0.1 mm/min;
4. "WetnessA" stato del sensore di pioggia A (1 = dry, 0 = wet);
5. "WetnessB" stato del sensore di pioggia B (1 = dry, 0 = wet);
6. "npack" numero progressivo del messaggio;
7. "Battery" tensione della batteria in mV;
8. "RainH" precipitazione integrata nell'ora precedente in 0.1 mm/h.

L'utente, tramite un browser, può visualizzare le grandezze come valori numerici, graficarle ed estrarle in file formato CSV.

Trovate il firmware per RX al sito:

<https://github.com/paolometeo/MiniReteLoRa>

## Conclusioni

Siamo arrivati alla fine di questa lunga trattazione su come costruire un pluviometro LoRa adatto alle allerte meteo, spero di essere stato chiaro nella spiegazione e aver stimolato l'interesse nel lettore.

Il programma firmware per il pluviometro è scaricabile assieme a quello del ricevitore sul sito già citato in precedenza. Tutto è stato collaudato, comunque, essendo Hw e Sw open source, potete cimentarvi a modificare quello che volete, nei limiti della licenza Creative Commons citata all'inizio dell'articolo.

Rimango disponibile a rispondere ai vostri commenti e segnalazioni di possibili errori.

Buon Lavoro!

Paolo