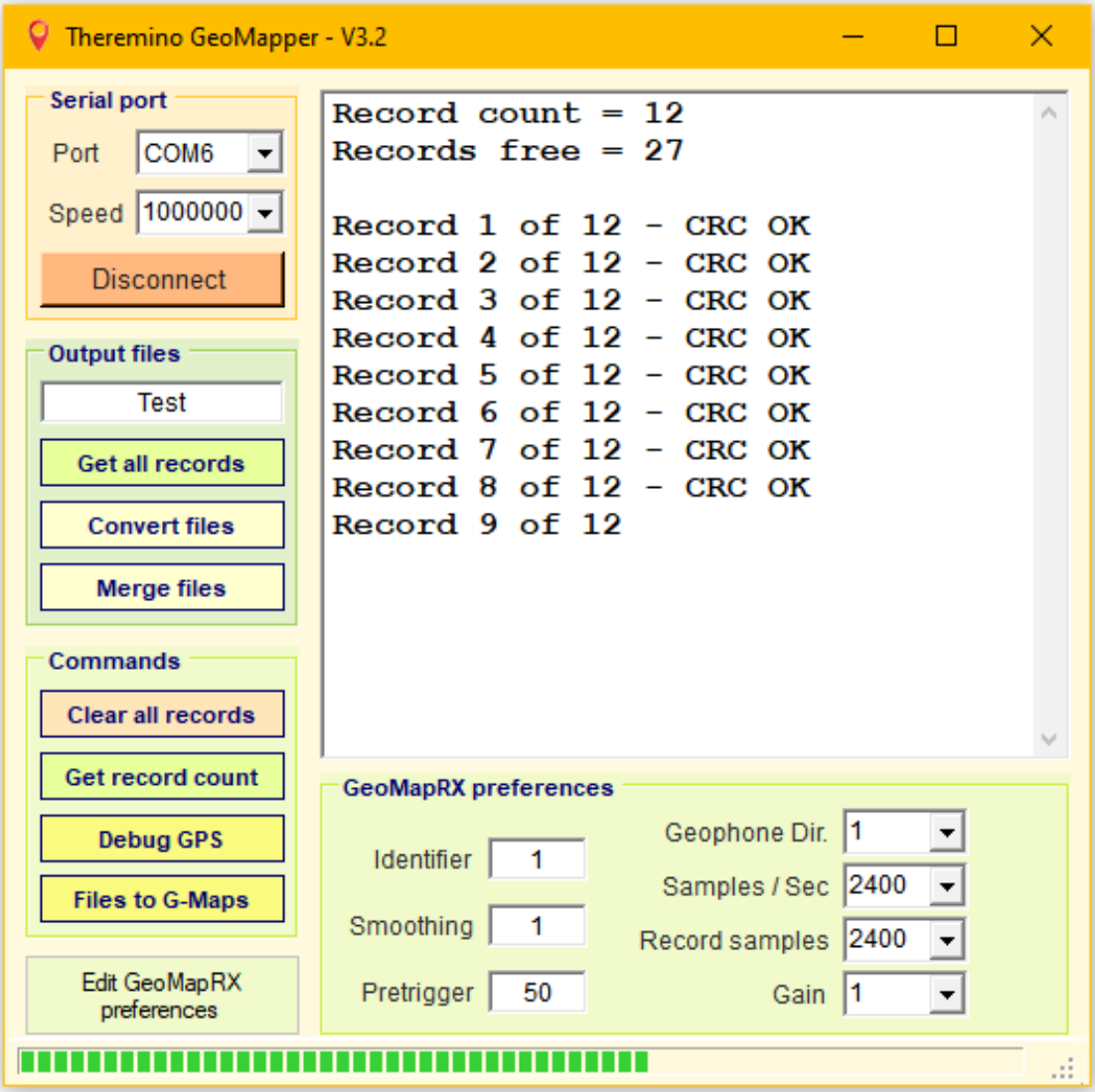
Sistema theremino



Theremino GeoMapper V3.2.x

Indice generale

Vantaggi del sistema GeoMapper....4

Eliminare il cavo di sincronismo....5

Eliminare tutti i cavi....5

Caratteristiche del sistema....6

Formato dei file registrati....7

Formato dei file convertiti in CSV....8

File adatti per Convert files e Merge files....9

La applicazione Geo Mapper....10

Opzioni e comandi - Serial port....11

Opzioni e comandi - Output files....11

Opzioni e comandi - Commands....12

Opzioni e comandi - Edit GeoMapRX preferences....13

I moduli GeoMapTX e GeoMapRX....14

Struttura meccanica dei moduli....14

Circuito di ricarica....15

Ricetrasmettitori....16

Caratteristiche dei moduli RA-01 e RA-02....17

Varianti dei moduli LoRa....18

Modulo GeoMapTX....19

GeoMapTX - Sequenza di sincronizzazione....20

Modulo GeoMapRX....21

GeoMapRX - Sequenza di sincronizzazione....22

GeoMapRX_Sync....23

GeoMapRX_Sync - Connessioni....24

Programmare il firmware dei moduli....25

Istruzioni valide per tutti i firmware....26

Modificare i parametri di comunicazione radio 27

Regolare RTX_Speed sui moduli RA-01, RA-02 e E32....28

Regolare RTX_Speed sui moduli Reyax 29

Appendice 1 - Configurazione dei GeoMapRX....30
Configurazione GeoMapRX - Samples per second....30
Configurazione GeoMapRX - Record samples....31
Configurazione GeoMapRX - Gain....31
Appendice 2 - Metodi di analisi sismica....32
Tomografia computerizzata....32
Analisi dei segnali....33
Tecniche di analisi....34
Sismica a Riflessione....35
Sismica a Rifrazione....35
Sismica MASW....35
Appendice 3 - Cenni sui sistemi GPS 36
Moduli per ricevere i segnali dei satelliti....36
Caratteristiche del modulo BN-180....37
Dispositivi GNSS....38
Satelliti GPS, GLONASS e BEIDOU....38
Codici NNMEA per GLONASS e BEIDOU....39
Identificativi dei satelliti....39
Appendice 4 - La applicazione GPS....40
La barra superiore....41
La barra dei comandi - Prima parte....42
La barra dei comandi - Seconda parte....43
I dati che si inviano agli Slot....44
La finestra MAIN....45
La finestra RAW....46
La finestra SAT....47
La finestra POS....48
La finestra Google Maps....49

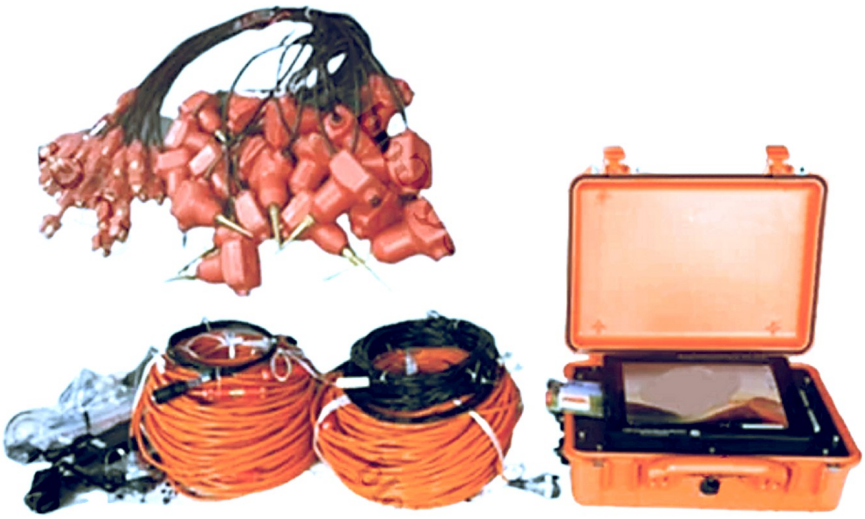
Vantaggi del sistema GeoMapper

I sistemi tradizionali per la sismica a Rifrazione, Riflessione e Masw utilizzano lunghi cavi, sia per il sincronizzare la mazza di battuta con l'apparecchio che registra i dati, sia per collegare i geofoni l'uno con l'altro.

Ecco un esempio di quello che si deve trasportare con tali sistemi.

In questo sistema i geofoni, che sembrano un gran mucchio, sono solo 24. Se fossero 48 sarebbe anche peggio.

Gran parte del peso è dovuto ai cavi che fanno anche perdere molto tempo per svolgerli, pulirli e riavvolgerli.



E qui si vede un esempio con meno geofoni.

Anche con soli 12 geofoni c'è molto peso da trasportare e anche molti metri di cavo, da stendere pulire e riavvolgere.

Abbiamo quindi studiato un sistema per eliminare i cavi e sincronizzare i geofoni via radio.

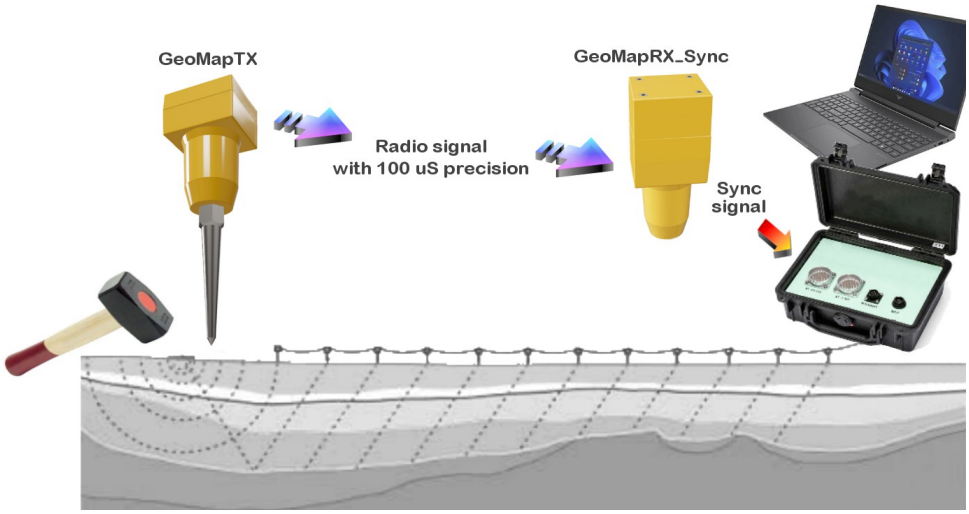
Il sistema **GeoMapper** oltre ai cavi elimina anche la centralina e memorizza le registrazioni (fino a molte centinaia), direttamente nei geofoni stessi.

Si ottengono migliori prestazioni, un buon risparmio di tempo, meno peso da trasportare e anche un notevole risparmio economico.

Eliminare il cavo di sincronismo

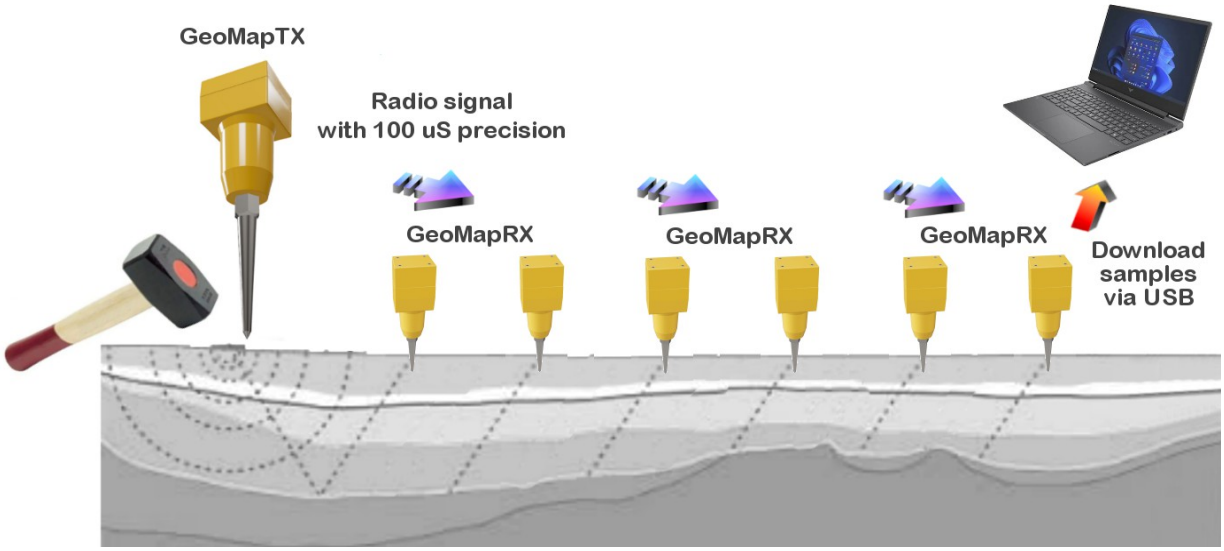
Il sistema **GeoMapper** può eliminare il cavo di sincronismo e sostituirlo con un **GeoMapTX** e un **GeoMapRX_Sync**.

Questo comporta già un buon risparmio, meno peso da portare in macchina e da srotolare, meno spesa e meno cavi da pulire.



Eliminare tutti i cavi

Con il sistema **GeoMapper** si possono eliminare tutti i cavi e anche la centralina, riducendo il costo totale e ottenendo migliori prestazioni. Si può campionare con frequenze maggiori, con minore rumore dell'ADC e si impiega meno tempo per preparare la stesura.



I **GeoMapRX** possono essere 6, 12, 24, 48 o anche di più, il limite è dovuto solo al numero di dispositivi da trasportare, pulire e ricaricare.

Ma si può usare anche un solo **GeoMapRX** e spostarlo ad ogni energizzazione, oppure spostare il punto di battuta. Si faranno più battute ma si impiega meno tempo per la stesura e si spende anche meno per acquistare i geofoni.

Caratteristiche del sistema

Hardware richiesto

- Un modulo **GeoMapTX**
- Uno o più moduli **GeoMapRX** (Nota1)

Modulo GeoMapTX

- Alimentazione a 5V con circa 40 mA
- Una batteria 18650 al litio che permette migliaia di registrazioni.

Modulo GeoMapRX

- Fino a 309 registrazioni da 0.125 secondi.
- Le registrazioni restano memorizzate anche da spento.
- Durata registrazione da un minimo di 0.125 secondi fino a 32 secondi.
- Campionamento a 24 bit fino a 19200 campioni al secondo.
- Campionamenti sincronizzati con una precisione di +/-10 uS.
- Rumore minore di 0.6 uV rms (4800 campioni al secondo e guadagno 128).
- Memorizzazione di Latitudine, Longitudine e Altezza in metri.
- Smoothing variabile per Latitudine, Longitudine e Altezza più precise
- Memorizzazione di data e ora con precisione di un secondo.
- Flessibilità di programmazione dei modi di funzionamento.
- Alimentazione a 5V con circa 70 mA
- Una singola batteria 18650 al litio permette migliaia di registrazioni.

Software e firmware

- Una applicazione **GeoMapper** sul PC
- Firmware per i moduli **GeoMapTX, GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync**

Nota 1

Si può utilizzare un singolo **GeoMapRX** e spostarlo manualmente nelle posizioni successive. Oppure si ne possono utilizzare molti, ad esempio 12 o 24.

I moduli **GeoMapRX** sono programmabili in vari modi, per effettuare prospezioni e stesure di ogni genere, vedere le pagine "GeoMapRX - Configurazione".

I moduli **GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync** possono inviare un comando al modulo **GeoMapTX** per avviare una energizzazione automatica via radio.

Formato dei file registrati

I file si scaricano dal modulo **GeoMapRX** con il pulsante "Get all records" e vengono scritti nella cartella "Files" con la estensione ".tgm", che è la abbreviazione di **Theremino_GeoMapper**.

Ogni file può contenere da una a oltre mille registrazioni e ogni registrazione contiene alcune righe di informazioni seguite dai campioni, che possono essere 19200, 9600, 4800, 2400, 1280 o 640 a seconda del "RecordSamples" impostato.

Le righe iniziali contengono:

- **RecordNumber** - Identificatore progressivo della registrazione (da 1 a 1117)
- **Identifier** - Identificatore del modulo (da 1 a 99)
- **GeoDir** - La direzione del geofono (1=Verticale o 0=Orizzontale)
- **SamplesPerSec** - Campioni al secondo (da 19200 a 640)
- **RecordSamples** - Numero di campioni in ogni record (da 19200 a 640)
- **Gain** - Guadagno dell'ADC impostato (1, 2, 4, 8, 16, 32, 64 o 128)
- **RecordLenMS** - Lunghezza della registrazione (da 33 mS a 30 000 mS)
- **GpsLatitude** - Latitudine in gradi e frazioni di grado
- **GpsLongitude** - Longitudine in gradi e frazioni di grado
- **GpsAltitude** - Altezza sul livello del mare in metri
- **GpsPrecision** - Precisione orizzontale in metri
- **GpsDate** - Data (anno, mese e giorno)
- **GpsTime** - Ora (ora, minuti e secondi)
- **NumSamples** - Numero di campioni memorizzati (uguale a RecordSamples)
- **CRC** - Il risultato del test di validità sui valori letti (OK o WRONG)

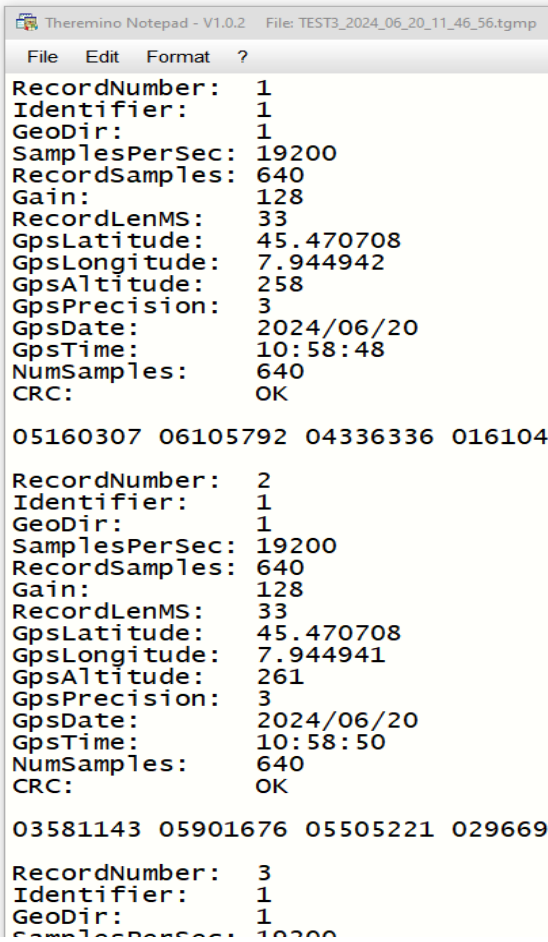
La parte seguente contiene i campioni grezzi a 24 bit, cioè numeri da 00 000 000 a 16 777 215.

I campioni sono tutti in una unica riga e tutti da otto caratteri più uno spazio, come nell'esempio seguente:

```
01320630 15762321 01676050 00010658 .....
```

La data e le coordinate prodotte dal GPS non sono di grande precisione (1 secondo e un metro nei casi migliori) per cui servono solo per identificare le registrazioni e poterle collocare al giusto posto nelle stesure.

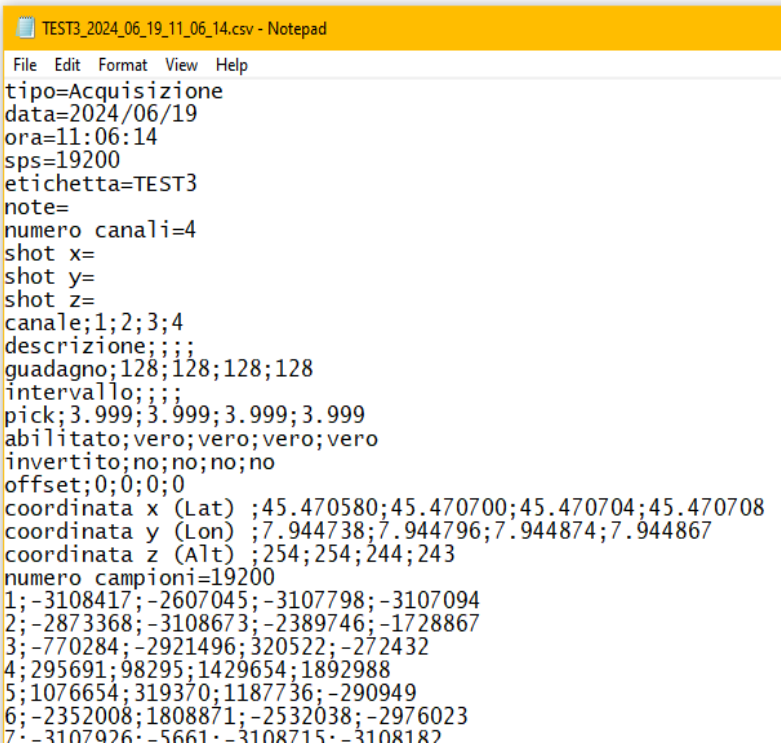
La precisione è data dal segnale radio che ha sincronizzato l'inizio della registrazione e il pretrigger.



Formato dei file convertiti in CSV

I pulsanti **Convert files** e **Merge files** della applicazione **Geo Mapper** (spiegata nelle prossime pagine) creano file di tipo CSV, come quello della immagine seguente.

Il formato CSV prodotto è uno di quelli più usati, in futuro potremmo aggiungere altri formati.



I nostri file TGM contengono tutte le informazioni relative alla registrazioni effettuate, ma convertendoli alcune di queste informazioni si perdono, per cui abbiamo deciso di mantenerli come formato intermedio.

In seguito utilizzando **Convert files** e **Merge files** li si convertono nel formato CSV.

I file TGM contengono un elenco di registrazioni una sotto l'altra ordinate nella stessa sequenza di quando sono state effettuate, mentre i file CSV contengono righe con un certo numero di campioni, uno per ogni geofono, e ogni geofono si dovrebbe trovare in posizione fisica diversa lungo la "stesura".

Se usate un solo **GeoMapRX** spostandolo lungo la stesura ad ogni nuova energizzazione, oppure lo avete lasciato fermo e avete spostato il punto di energizzazione, alla fine avrete un unico file con tutte le registrazioni una dopo l'altra. In questo caso userete **Convert files** che trasformerà questo file nel formato CSV

Se invece avete usato molti **GeoMapRX** con una sola energizzazione, alla fine avrete molti file, scaricati ciascuno da un **GeoMapRX** diverso. In questo caso dovrete usare **Merge files** e selezionare tutti i file scaricati. **Merge files** leggerà tutti i file e li riunirà in un unico file nel formato CSV.

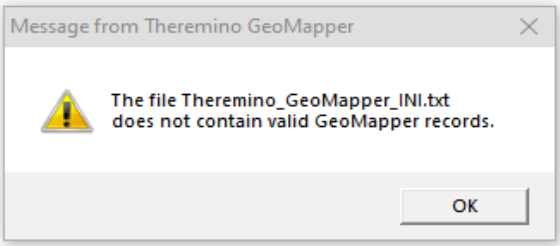
Esistono anche molte altre possibilità ibride, ad esempio usare un certo numero di **GeoMapRX** ed effettuare energizzazioni successive in più punti diversi.

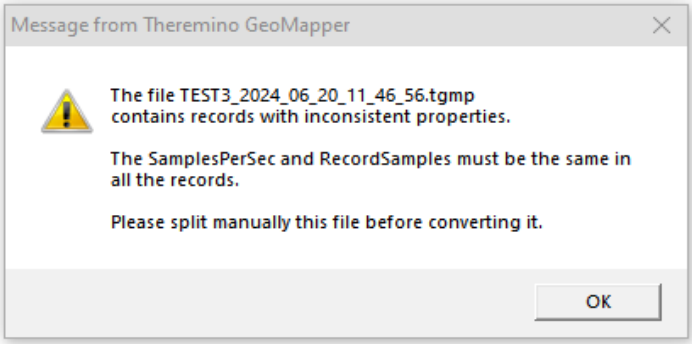
I convertitori **Convert files** e **Merge files** non saprebbero come trattare questi casi per cui si dovranno utilizzare programmi appositi per preparare i file, editarli e modificarli nei modi appropriati.

File adatti per Convert files e Merge files

Si utilizza il pulsante **Convert files** quando si sono fatte numerose registrazioni successive con un unico modulo **GeoMapRX** e solitamente gli si fa convertire un solo file, ma potrebbe anche convertirne più di uno e in questo caso non li unirà insieme ma per ogni file TGM selezionato produrrà un file CSV.

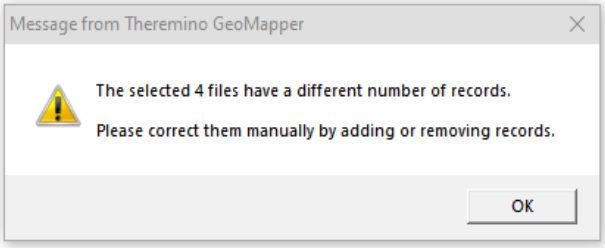
Ogni file da convertire con **Convert files** deve contenere molte registrazioni consecutive e tutte le registrazioni devono essere state fatte con gli stessi SamplesPerSec e RecordSamples. In caso contrario si verrà avvertiti con i messaggi di errore seguenti.

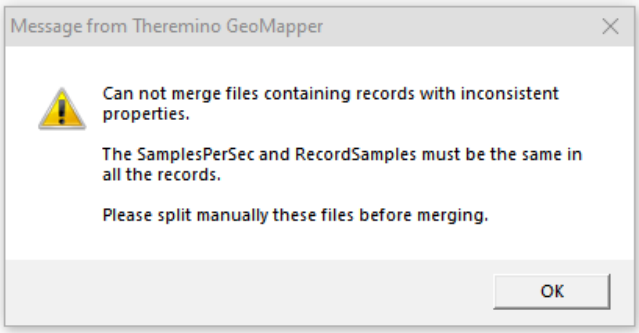




Si utilizza il pulsante **Merge files** quando si sono utilizzati numerosi moduli **GeoMapRX** e quindi si hanno molti file, ognuno prodotto da uno dei moduli.

Tutti i file da convertire con **Merge files** devono contenere lo stesso numero di record ed essere registrati con gli stessi SamplesPerSec e RecordSamples. In caso contrario si verrà avvertiti con i messaggi di errore seguenti.



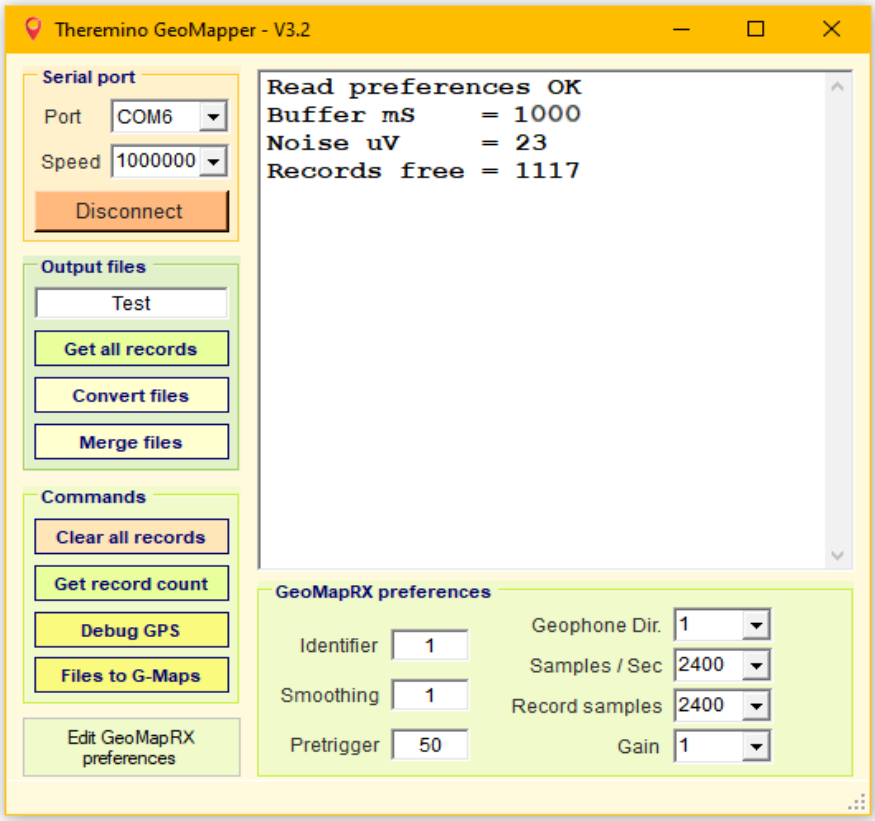


Se ci sono errori l'unico modo per recuperare i file è correggerli manualmente.

Nel caso di **Convert files** si può spezzare il file in più file, in modo che ciascuno contenga registrazioni con le stesse proprietà.

Nel caso di **Merge files** con numeri di record diversi, probabilmente si sono persi dei record e se ne dovranno duplicare qualcuno, non è facile ma si può fare.

La applicazione Geo Mapper



Questa applicazione legge i dati memorizzati nel modulo **GeoMapRX** (spiegato nelle prossime pagine) e li scrive in un file con il formato adatto ai programmi di sismica a rifrazione, riflessione e Masw.

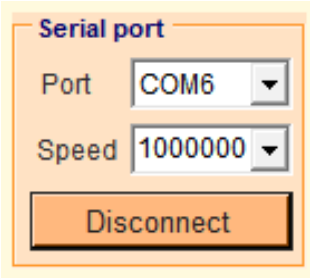
Il modulo **GeoMapRX** memorizza un gran numero di registrazioni (da 39 a 1117 a seconda delle impostazioni).

Ogni registrazione contiene la data fino ai secondi (con precisione di un secondo) e la posizione del modulo (latitudine, longitudine e altezza in metri) nel momento di quella registrazione.

- - - - - - -

Per scaricare le registrazioni si collega il modulo a un connettore USB
e si utilizzano i pulsanti del pannello "Commands",
come spiegato nella prossima pagina.

Opzioni e comandi - Serial port

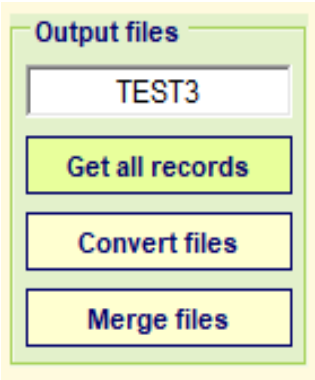


Selezionare la porta seriale.

Selezionare il BaudRate (1 mega per **GeoMapRX**)

Il pulsante diventa di colore rosso a connessione avvenuta.

Opzioni e comandi - Output files



Qui si imposta il prefisso da utilizzare per il file dei dati. Se si lascia la casella vuota il file dei dati non viene scritto. Così si possono per fare prove e controllare che i dati si scarichino regolarmente senza scrivere i file su disco.

Con il pulsante **Get all records** si scaricano tutte le registrazioni in un unico file, nella cartella "Files".

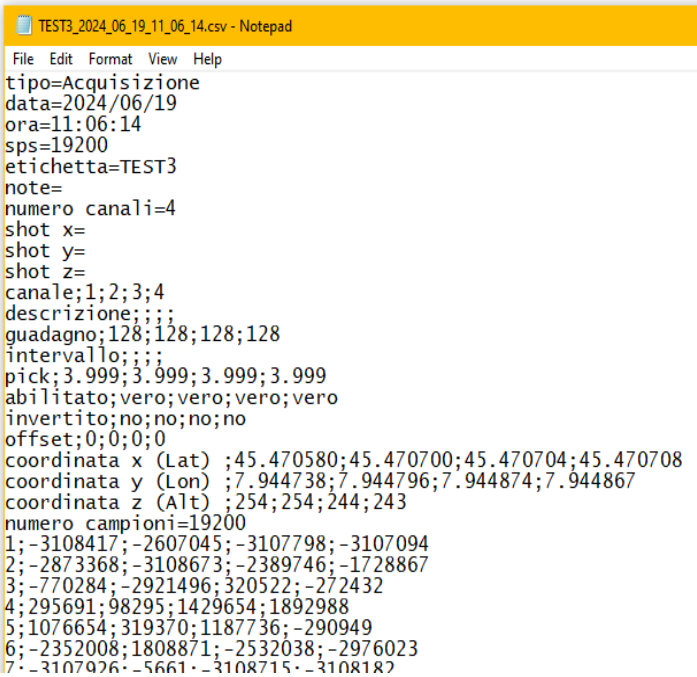
Il file scaricato inizia con il prefisso, continua con "Anno_Mese_Giorno_Ore_Minuti_Secondi" e finisce con la estensione "*.tgm", che sta per "Theremino_GeoMapper".

Con il pulsante **Convert files** si convertono uno o più file di registrazioni in uno o più file nel formato CSV.

Con il pulsante **Merge files** si uniscono più file di registrazioni in un unico file nel formato CSV.

Come usare questi due comandi è spiegato nella prossima pagina .

I formati dei file delle registrazioni e dei file CSV sono spiegati nelle pagine iniziali di questo documento.

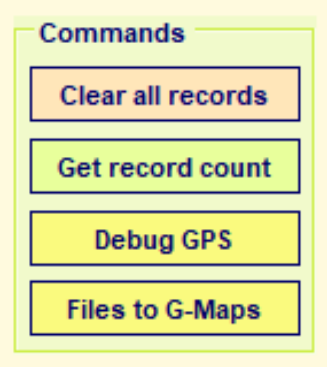


TEST3_2024_06_19_11_06_14.csv - Notepad

File Edit Format View Help

```
tipo=Acquisizione
data=2024/06/19
ora=11:06:14
sps=19200
etichetta=TEST3
note=
numero canali=4
shot x=
shot y=
shot z=
canale;1;2;3;4
descrizione;;;;
guadagno;128;128;128;128
intervallo;;;;
pick;3.999;3.999;3.999;3.999
abilitato;vero;vero;vero;vero
invertito;no;no;no;no
offset;0;0;0;0
coordinata x (Lat) ;45.470580;45.470700;45.470704;45.470708
coordinata y (Lon) ;7.944738;7.944796;7.944874;7.944867
coordinata z (Alt) ;254;254;244;243
numero campioni=19200
1;-3108417;-2607045;-3107798;-3107094
2;-2873368;-3108673;-2389746;-1728867
3;-770284;-2921496;320522;-272432
4;295691;98295;1429654;1892988
5;1076654;319370;1187736;-290949
6;-2352008;1808871;-2532038;-2976023
7;-3107926;-5661;-3108715;-3108182
```

Opzioni e comandi - Commands



Con "**Clear all records**" si cancellano tutte le registrazioni presenti nel modulo **GeoMapRX** per fare posto ad altre.

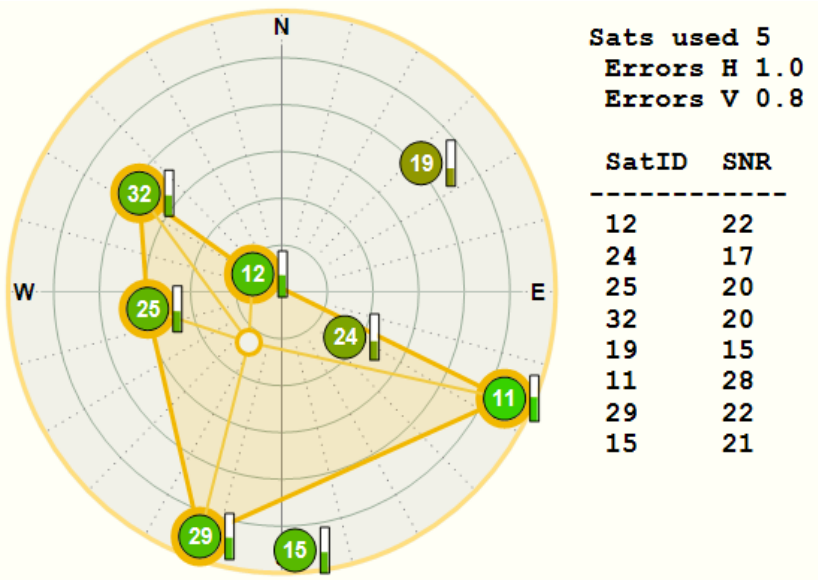
Con **"Get record count"** si chiede il numero di registrazioni.

Con il pulsante **"Debug GPS"** si apre la applicazione **Theremino_GPS** che è spiegata alla fine di questo documento.

In questa immagine si vede la pagina che mostra i satelliti nella applicazione **Theremino_GPS**.

Normalmente non è necessario utilizzare questa applicazione perché è possibile sapere se il GPS è sincronizzato sui satelliti controllando il LED del **GeoMapRX**.

Se il LED fa un triplo lampeggio ogni secondo allora i satelliti sono sincronizzati e le coordinate sono valide, altrimenti il lampeggio è sempre ogni secondo ma singolo.



Si utilizza questa applicazione se ci sono problemi con la sincronizzazione dei satelliti o se si vuole controllare la precisione delle coordinate.

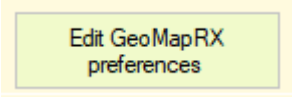
- - - - - -

Con il pulsante **"Files to G-Maps"** si inviano le coordinate dei file (TGM o CSV) a Google Maps.

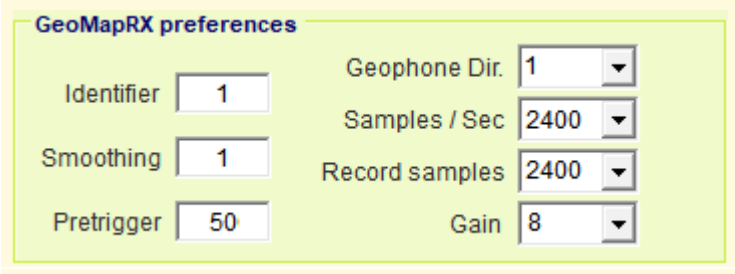
A causa delle limitazioni di Google Maps è possibile inviare un numero limitato di coordinate per cui appariranno solo la prima e l'ultima.

La pagina di Google Maps si apre con le coordinate nel centro e si deve utilizzare la roptella del mouse per ingrandirle.

Opzioni e comandi - Edit GeoMapRX preferences



Cliccando il pulsante **Edit GeoMapRX preferences** si apre e si chiude il pannello delle proprietà.



- **IDENTIFIER** può servire per identificare il **GeoMapRX** nei file delle registrazioni. Si utilizza questo valore nel caso che si utilizzino molti **GeoMapRX** e si consiglia di scriverlo su una etichetta su ogni modulo.
- **GEO-DIR** identifica la direzione del geofono nel caso che si utilizzino molti **GeoMapRX** e se ne abbiano alcuni con il geofono disposto orizzontalmente.
- **SamplesPerSec** è la velocità in campioni al secondo (da 19200 a 640).
- **RecordSamples** è il numero di campioni per registrazione (da 19200 a 640).
- **Gain** amplifica il segnale del geofono (da 1 a 128 volte). Impostatelo più alto possibile per ridurre il rumore di campionamento. Normalmente lo si imposta a 8 o 16 e lo si abbassa solo se si verificano saturazioni del segnale.
- **SMOOTHING** è una media mobile per aumentare la precisione di Latitudine, Longitudine e Altitudine del GPS. La si può regolare da 1 secondo fino a 600 secondi. Normalmente si regola dai 10 ai 30 secondi. Se si utilizzano tempi più lunghi si dovrà attendere troppo ogni volta che si sposta il dispositivo.
- **PRETRIGGER** (da 0 a 200 mS) si regola normalmente a due o tre millisecondi, per compensare il leggero ritardo nella lettura del segnale del sensore sismico. Ma volendo si aggiungono 50 o 100 millisecondi, per avere una zona iniziale prima dei dati, utile per misurare il livello di rumore di fondo.

Ogni volta che si cambia una di queste proprietà tutte le preferenze vengono inviate al modulo **GeoMapRX** che deve essere collegato con il cavo USB al computer.

Se la comunicazione avviene correttamente la finestra principale della applicazione mostrerà le informazioni che si vedono qui a destra.

```
Write preferences OK
Read preferences OK
Buffer mS     = 66
Noise uV      = 9
Records free = 778
```

I moduli GeoMapTX e GeoMapRX

Per il funzionamento del sistema sono necessari almeno un modulo **GeoMapTX** e uno o più moduli **GeoMapRX**.

Struttura meccanica dei moduli

Sia i **GeoMapTX** che i **GeoMapRX** hanno un aspetto esterno simile a questa immagine.

La parte superiore deve essere abbastanza alta per mantenere la antenna verticale lontana dal terreno e i controlli ben visibili fuori dall'erba.

Il **GeoMapTX** nella parte inferiore ha un sensore piezoelettrico oppure un geofono per sentire quando il terreno viene colpito dalla massa battente o dall'esplosivo.

I controlli del **GeoMapTX** sono:

- Un interruttore (oppure un pulsante) per accendere e spegnere.
- Un pulsante per i comandi.
- Un buzzer piezoelettrico e un LED.
- Un connettore USB per programmare il firmware e caricare la batteria.

Il **GeoMapRX** nella parte inferiore ha un geofono (orizzontale oppure verticale) per registrare i movimenti del terreno.

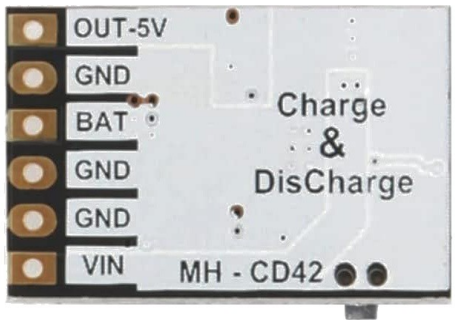
I controlli del **GeoMapRX** sono:

- Un interruttore (oppure un pulsante) per accendere e spegnere.
- Un pulsante per i comandi.
- Un buzzer piezoelettrico e un LED
- Un connettore USB per programmare il firmware, scaricare le registrazioni e caricare la batteria.

Circuito di ricarica

Sia nel **GeoMapTX** che nel **GeoMapRX** il connettore USB va al modulo (Nano o ESP32) attraverso un circuito di ricarica e di controllo della batteria.

Esistono anche altri modelli diversi da questo ma si dovrebbero controllare bene le loro caratteristiche.



Una caratteristica importante è che l'uscita a 5 volt funzioni anche mentre si fornisce il 5 volt all'ingresso e si carica la batteria e solo il 134N3P che si vede in queste immagini dichiara espressamente "Supports charging while discharging".

Un'altra caratteristica molto utile è di poter utilizzare un pulsante al posto di un interruttore per la alimentazione.

Questo MH-CD42 ha i fili da saldare e questo rende più facile il cablaggio, e ha anche, ben specificato, che collegando un pulsante esterno alla piazzola "KEY" e a GND si può accendere e spegnere l'uscita.

Il chip CD42 in realtà è un IP5306 e il suo datasheet specifica:

- Se il pulsante viene premuto per meno di 2 secondi, accende i LED e l'uscita 5V

- Se il pulsante viene premuto per più di 2 secondi, spegne i LED e l'uscita 5V

Potrete trovare altra documentazione e i datasheet nella cartella:
"GeoMapper \ HARDWARE \ BMS"

Batterie da utilizzare

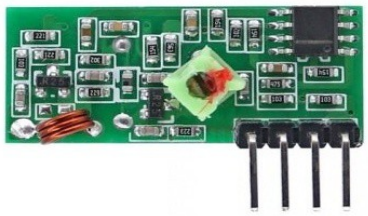
Come batteria si utilizza una classica 18650 che può garantire migliaia di registrazioni prima di scaricarsi.

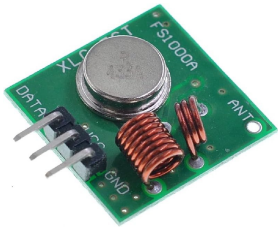
Volendo se ne potrebbero anche utilizzare due o tre in parallelo ma devono essere uguali e con lo stesso stato di conservazione.

Per collegarle facilmente, senza dover saldare i terminali con una puntatrice, esistono dei comodi porta-batteria per le 18650.

Ricetrasmettitori

Nelle versioni precedenti utilizzavamo trasmettitori e ricevitori a 433MHz come quelli di queste immagini, che si trovano facilmente su eBay e Amazon.





Ma dopo molte prove abbiamo capito che non sono abbastanza affidabili (un eufemismo per non dire che sono proprio delle schifezze). Fanno fatica ad arrivare a 20 metri, e anche i modelli migliori creano troppi problemi.

Per cui abbiamo cambiato sistema e dalla versione 3 in poi utilizziamo moduli LoRa RA-01 o RA-02 di AI-Thinker oppure altri simili, ad esempio i Reyax RYLR998 o RYLR498.

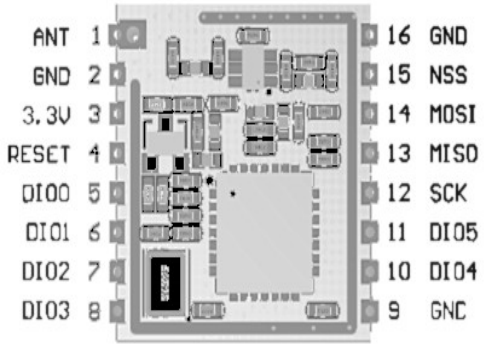
I moduli LoRa hanno caratteristiche sorprendenti, la ricezione è affidabile anche in condizioni di segnale estremamente basso e anche in presenza di rumore elettrico e disturbi di ogni genere.

Se non ci sono ostacoli tra le antenne,
possono lavorare a distanze di vari chilometri,
guardate ***questo video***.

Molti video e test in rete mostrano che i moduli Reyax arrivano anche a sette chilometri, mentre gli RA01 arrivano solo a un chilometro.

Questo è dovuto al fatto che i Reyax sono configurati per trasmettere per tempi più lunghi (160 millisecondi al posto di circa 27 millisecondi). Se li si configurano nello stesso modo coprono più o meno le stesse distanze.

Caratteristiche dei moduli RA-01 e RA-02



I moduli LoRa sono più difficili da collegare dei semplici ricevitori a 433 MHz (6 fili per il trasmettitore e 8 per il ricevitore) e richiedono un firmware più elaborato, ma funzionano notevolmente meglio perché utilizzano la tecnica di modulazione Spread Spectrum (CSS).

La modulazione CSS accende e spegne la portante con impulsi modulati in frequenza e può funzionare, senza licenza, sulle bande ISM (Industrial, Scientific, and Medical) alle frequenze di 433 MHz , 868 MHz e 915 MHz.

Frequenze

Si può anche modificare la frequenza nel firmware (da 360 a 500 Mhz), in modo da evitare la parte più affollata della banda dei 433 MHz. La abbiamo impostata a 439 MHz e non consigliamo di scostarla troppo dai 433 Mhz, perché i componenti interni e le antenne lavorano meglio al centro della banda.

Potenza e consumo

La potenza di uscita, e quindi anche il consumo di corrente, sono regolabili nel firmware. Ma non ci si deve preoccupare del consumo perché li utilizziamo in trasmissione per meno di 20 millisecondi e solo nell'attimo in cui si energizza il terreno con la mazza. Quindi il consumo medio del trasmettitore è praticamente zero e rimangono solo i 10 mA del ricevitore più i 20 o 30 mA del Nano o ESP32.

Quando si fa il test di ricetrasmissione si trasmette per 30 mS ogni 100 mS, per cui anche in questo caso il consumo medio è molto basso, dai 20 ai 50 mA e solo per il tempo che si mantiene attivo il test di ricetrasmissione.

Modificare il firmware

La frequenza di trasmissione, la potenza di uscita e gli altri parametri della trasmissione sono modificabili nelle parti iniziali del file RTX.cpp.

La frequenza può essere modificata a piacere entro una decina di megahertz in più o in meno. Gli altri parametri modificateli solo se sapete bene cosa state facendo.

ATTENZIONE
Eventuali modifiche vanno riportate esattamente uguali in tutti e tre i firmware:
GeoMapTX, GeoMapRX e GeoMapRX_Sync

Varianti dei moduli LoRa

Nella cartella **HARDWARE \ _RTX** potete trovare i datasheet e molte informazioni sui moduli LoRa.

Questi moduli si trovano in tre versioni +18dB, +20dB e +22dB, che emettono fino a 60mW, 100mW e 160mW e consumano da 80 mA a 180mA. Ma in realtà i 22 dB si otterrebbero solo alimentandoli a 3.6V e non 3.3V come facciamo normalmente.

Moduli RA01 e RA02 di Ai-Thinker

I moduli RA-01 e Ra-02 sono basati sul chip ***SX1278 di Semtech***, lavorano nella banda intorno ai 433 MHz e sono del tutto compatibili con il nostro sistema.

Normalmente sono da 18 dBm, ma quelli con estensione S sono da 20 dBm e quelli con estensione SC sono da 22 dBm

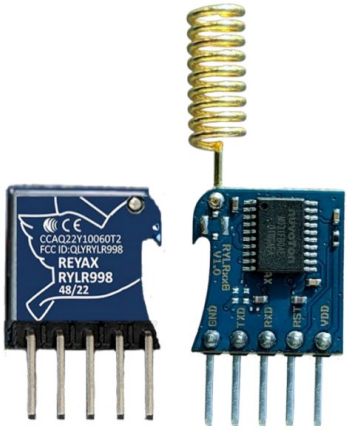
Moduli E32 di Ebyte

I moduli E32, basati sul chip ***SX1278 di Semtech***, lavorano nella banda intorno ai 433 MHz e sono del tutto compatibili con il nostro sistema.

Gli E32-433T20DC e E32-433T20S sono da 100 mW, consumano circa 100 mA in trasmissione e si possono collegare senza modifiche al nostro sistema.

Gli E32-433T30D sono da 1 Watt e consumano 610 mA a 5 V, per cui si deve modificare il circuito e collegarli al 5 volt per ottenere la massima potenza.

Moduli RYLR684 e RYLR998 di Reyax



Questi moduli sono basati sul chip ***LLCC68 di Semtech*** e per renderli compatibili con il nostro sistema si dovrebbe sostituire il file RTX.cpp con uno modificato.

Il modulo 684 lavora nella banda intorno a 433 MHz e ha una potenza di uscita fino a +20 dBm a 3.3V (100 mW) con consumo di 107 mA. I collegamenti sono SPI, quindi compatibili con i nostri firmware, ma i registri sono diversi e incompatibili.

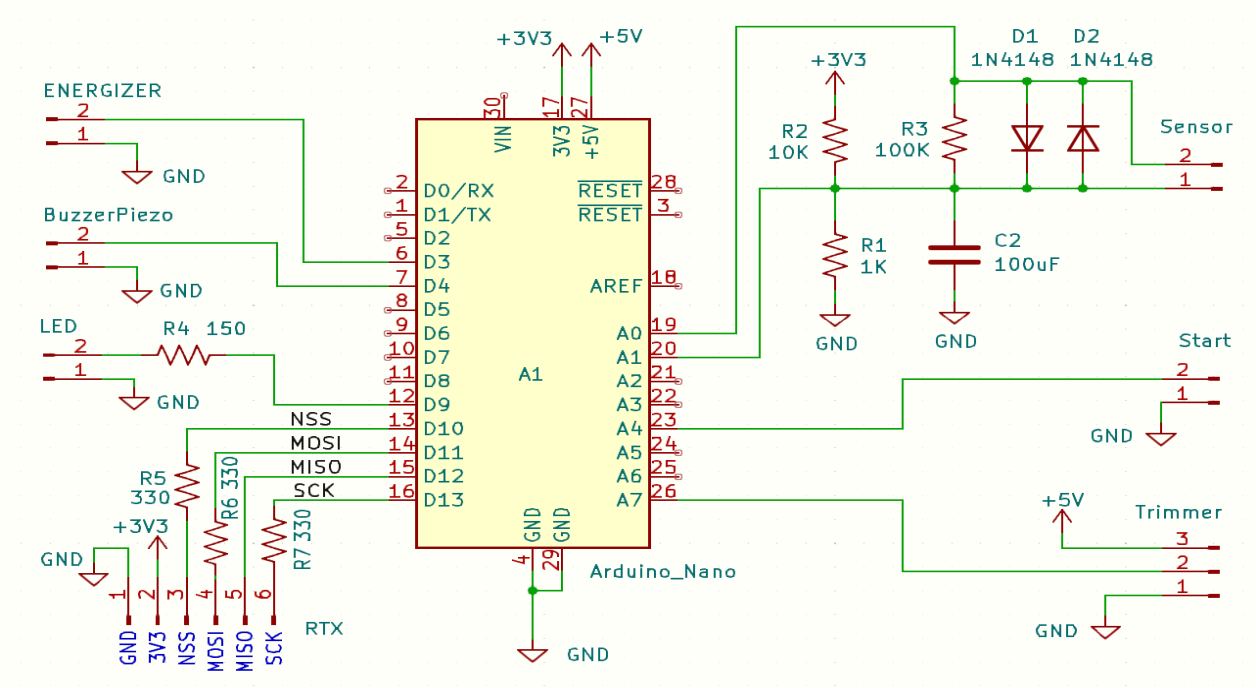
Il modulo 998 lavora nella banda da 820 a 960 MHz e ha una potenza di uscita fino a +20 dBm a 3.3V (100 mW) con consumo di 145 mA. Comunica in seriale (RX e TX) con comandi AT.

Modulo GeoMapTX

Questo modulo è composto da:

- Un Arduino Nano.
- Un interruttore (o pulsante) di accensione e uno di Start-Stop.
- Un buzzer piezoelettrico e un LED.
- Una batteria al litio e un modulo di alimentazione e ricarica.
- Un trimmer da 10K per regolare la sensibilità del sensore di vibrazione.
- Un sensore di vibrazione (geofono o sensore piezoelettrico).
- Un ricetrasmettitore LoRa di tipo RA-01 o RA-02

Schema elettrico



R1 e R2 polarizzano il sensore e C2 elimina il rumore che proviene dai 3.3V.

D1, D2 e R3 adattano e limitano il segnale del sensore (piezo o geofono).

Il Trimmer (da circa 10K) regola la sensibilità del segnale del sensore.

Il Buzzer emette segnali caratteristici per indicare i tre modi di funzionamento.

Il LED fa un lampo al secondo, per indicare che il modulo è acceso e lampi più lunghi che seguono i suoni dei vari modi di funzionamento.

Sul connettore TX2 si collega un ricetrasmettitore LoRa RA-01 o RA-02

Nella cartella HARDWARE \ GeoMapTX \ Docs trovate anche i file Kicad del PCB e una immagine per montarlo su un millefori.

GeoMapTX - Sequenza di sincronizzazione

- Si accende il **GeoMapTX** e il LED produce un breve lampo ogni secondo.
- Tutte le volte che il **GeoMapTX** rileva una vibrazione emette un doppio beep e il suo LED produce un lampo molto luminoso per mezzo secondo. Si può usare questa informazione per regolare il trimmer della sensibilità.
- L'operatore del **GeoMapTX** preme il pulsante e invia il test di rice-trasmissione e tutti i **GeoMapRX** rispondono. Se la trasmissione funziona i LED dei ricevitori lampeggiano dieci volte al secondo. Se i **GeoMapRX** rispondono anche il LED del trasmettitore lampeggia ma più piano, dieci volte al secondo diviso il numero di ricevitori. Per cui con un solo RX lampeggia veloce, con 12 lampeggia circa ogni secondo e con 24 ogni due secondi.
- Se tutto è a posto l'operatore del **GeoMapTX** preme nuovamente il pulsante e il **GeoMapTX** inizia a emettere un suono continuo e lampeggiare due volte al secondo con luce piena.
- A questo punto si può energizzare il terreno con la mazza. Oppure si potrebbe premere il pulsante e interrompere il processo senza effettuare la registrazione. In questo caso il LED ricomincerà a lampeggiare una volta al secondo e questo può servire per fare prove.
- **GeoMapTX** utilizza un sensore di vibrazione che può essere un Geofono o un sensore piezoelettrico per rilevare che il terreno viene colpito.
- Quando rileva la vibrazione il **GeoMapTX** emette un segnale radio che dice ai ricevitori di fare la acquisizione dei dati e se questi rispondono OK fa tre lampeggi e tre suoni di frequenza crescente. Se invece rispondono che non hanno memorizzato fa due lampeggi e due suoni di frequenza decrescente.
- La trasmissione del segnale impiega alcune decine di millisecondi che vengono compensati automaticamente nel firmware.
- Se l'operatore lo desidera può aggiungere un tempo di pretrigger per avere una zona iniziale piatta su cui il software può misurare il rumore di fondo.
- Tutti i moduli RX sincronizzano l'inizio della registrazione sottraendo i tempi di trasmissione e di pretrigger dall'istante di arrivo del segnale radio.
- In conclusione il file registrato nella memoria dei ricevitori inizia prima della energizzazione del terreno, esattamente nell'istante desiderato, con una precisione di una decina di microsecondi in più o in meno.
- Dopo aver inviato il sincronismo si può spegnere il **GeoMapTX** per economizzare la carica delle batterie.

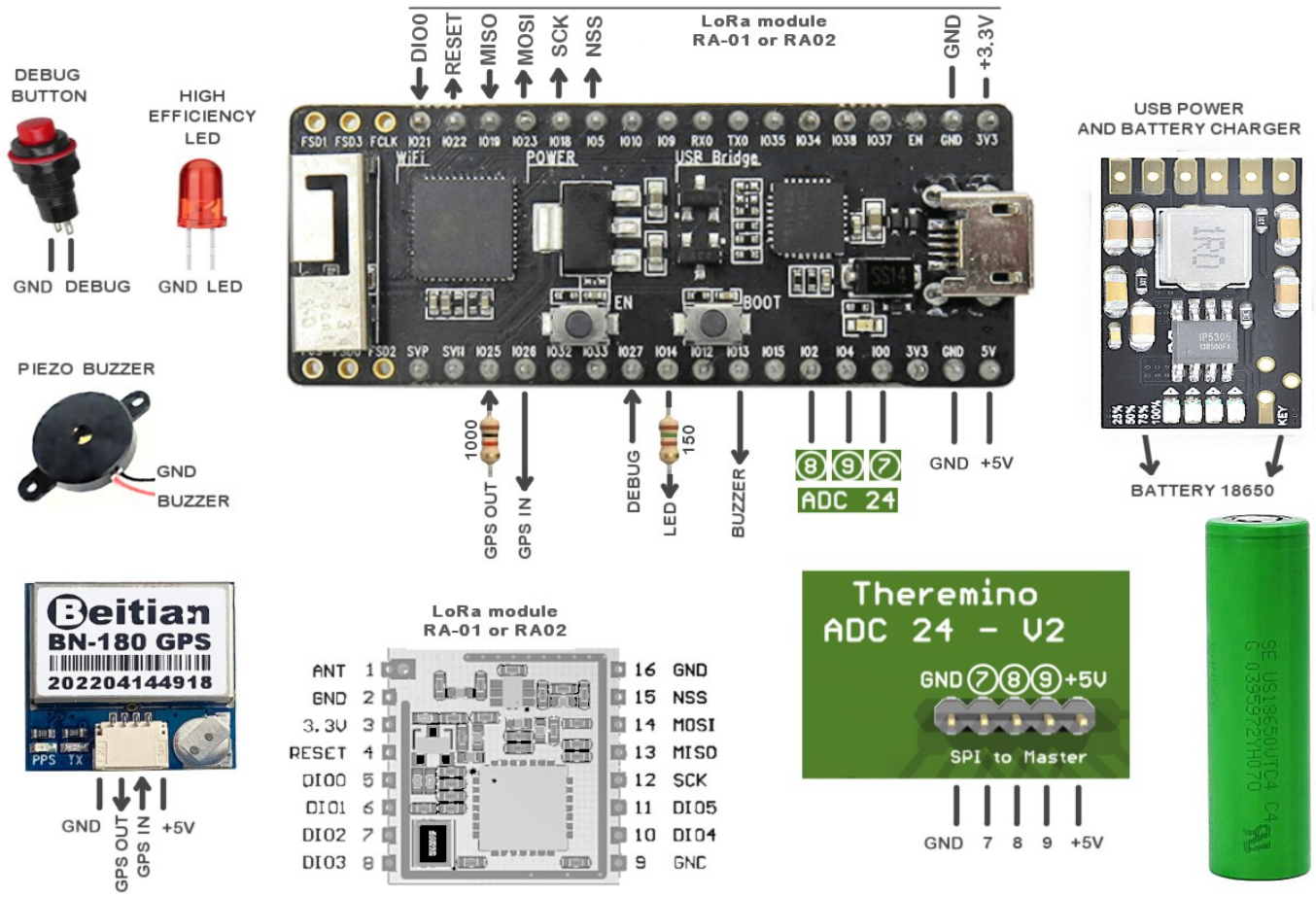
Modulo GeoMapRX

I moduli **GeoMapRX** possono anche essere uno solo e in questo caso lo si sposterà manualmente ad ogni nuova energizzazione del terreno.

Il modulo **GeoMapRX** è composto da:

- Un interruttore (o pulsante) per accendere e spegnere.
- Una batteria al litio e un modulo di alimentazione e ricarica.
- Un LED per indicare gli stati di funzionamento.
- Un buzzer piezoelettrico.
- Un ESP32 PicoKit con la sezione WiFi spenta per ridurre il consumo.
- Un modulo Theremino_ADC24
- Un ricetrasmettitore LoRa di tipo RA-01 o RA-02
- Un modulo GPS (vedere l'appendice 2 alla fine di questo documento)

Schema elettrico



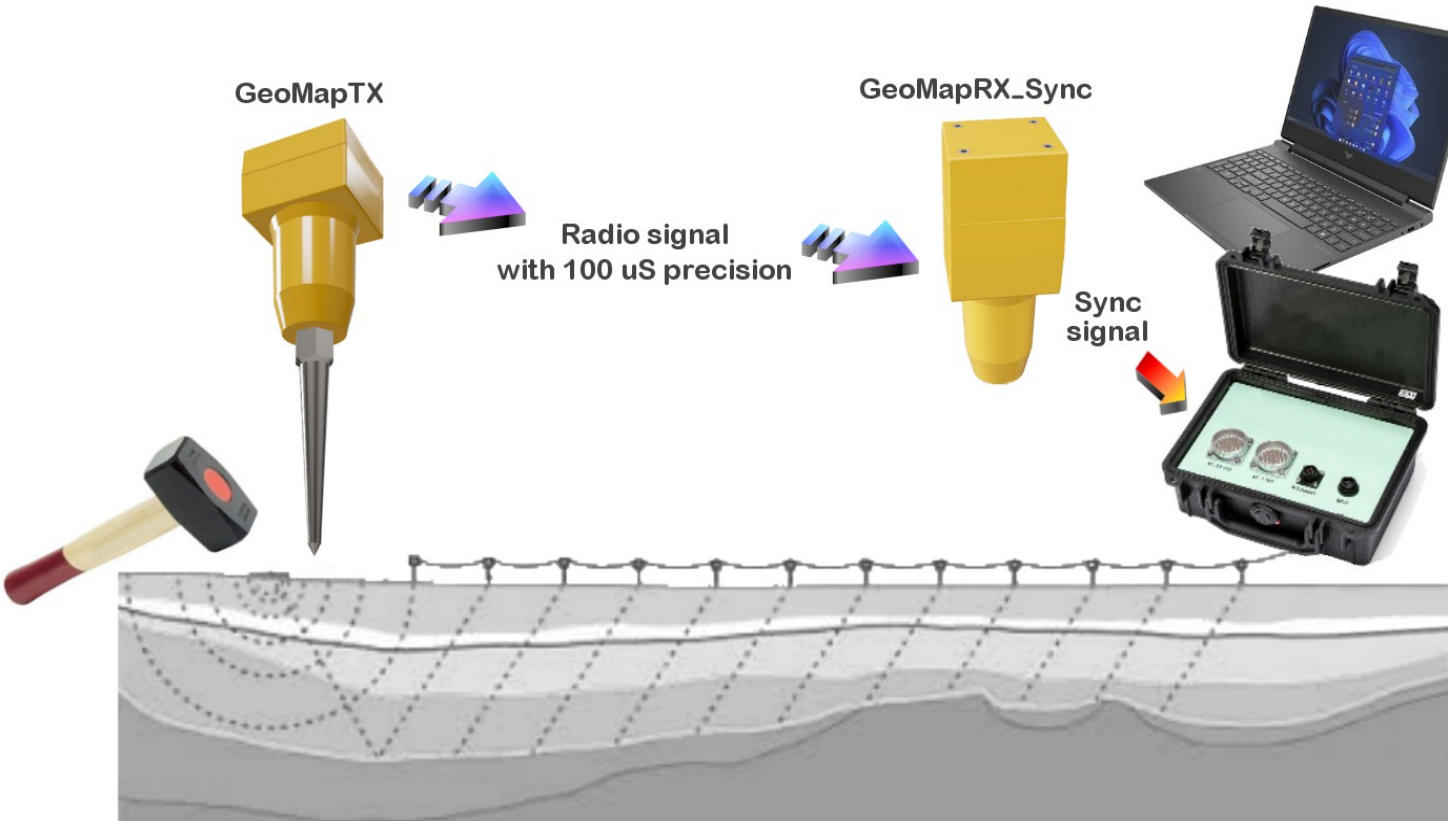
GeoMapRX - Sequenza di sincronizzazione

- Si accendono uno o più moduli **GeoMapRX**.
- Il LED dei **GeoMapRX** produce un breve lampo ogni secondo.
- Si consiglia di attendere che il GPS si sincronizzi con i satelliti. Se il cielo soprastante è libero ci vorranno poche decine di secondi, ma le prime volte che si usa il GPS potrebbe volerci di più. Per cui quando è nuovo si consiglia di lasciarlo acceso all'aperto per qualche decina di minuti.
- Quando il GPS è sincronizzato coi satelliti il LED produce tre brevi lampi ogni secondo.
- L'operatore del **GeoMapTX** preme il pulsante e invia il test di ricetrasmissione e tutti i **GeoMapRX** rispondono. Se la ricetrasmissione funziona i LED dei ricevitori lampeggiano dieci volte al secondo e quello del trasmettitore lampeggia dieci volte al secondo diviso il numero di ricevitori.
- Se tutto è a posto l'operatore del **GeoMapTX** preme nuovamente il pulsante e il **GeoMapTX** inizia a emettere un suono continuo e lampeggiare due volte al secondo con luce piena.
- L'operatore del **GeoMapTX** può quindi energizzare il terreno con la mazza.
- Se invece si dispone di un energizzatore automatico si può inviargli il segnale di start da uno qualunque dei moduli RX o RXsync. Per fare questo si preme il pulsante del modulo RX e lo si mantiene premuto. Dopo tre secondi il LED lampeggerà velocemente per dieci volte e poi il segnale verrà inviato.
- Se il modulo **GeoMapTX** riceve il segnale di energizzazione, emetterà anche lui dieci lampeggi e poi invierà il segnale elettrico allo energizzatore.
- Dopo la energizzazione i moduli RX ricevono il segnale di acquisizione e sincronizzano l'inizio della registrazione sottraendo il tempo di ritardo della trasmissione e di pretrigger.
- Dopo un breve tempo la registrazione è effettuata e i **GeoMapRX** lo indicano con tre forti lampi sul LED e tre suoni con tonalità crescente.
- Se la memoria è piena vengono emessi due suoni con tonalità decrescente e la registrazione non viene effettuata.
- Ora si possono spegnere i moduli, oppure lasciarli accesi e spostarli di posizione per fare una nuova registrazione.
- Nel caso che il tempo di spostamento sia lungo (decine di minuti) si consiglia di spegnere i moduli tra una energizzazione e la successiva, per economizzare la carica delle batterie.

GeoMapRX_Sync

Si può usare il **GeoMapRX** anche come radio ricevitore per sincronizzare i vecchi sistemi che usavano un lungo cavo tra lo energizzatore e l'apparecchio di acquisizione.

Il **GeoMapTX** rimane esattamente lo stesso e il **GeoMapRX** sarà semplificato (senza ADC24 e senza modulo GPS) ma sul connettore SYNC fornisce in uscita lo stesso segnale che arriverebbe attraverso il lungo cavo.



Con questo sistema si potranno continuare a usare gli apparecchi che già si conoscono, ma si risparmierà di doversi portare dietro il cavo di start, che è lungo, pesante, difficile da stendere e anche molto costoso.

Il firmware del **GeoMapTX** rimane invariato ma per il **GeoMapRX** si utilizzerà il firmware **GeoMapRX_Sync**

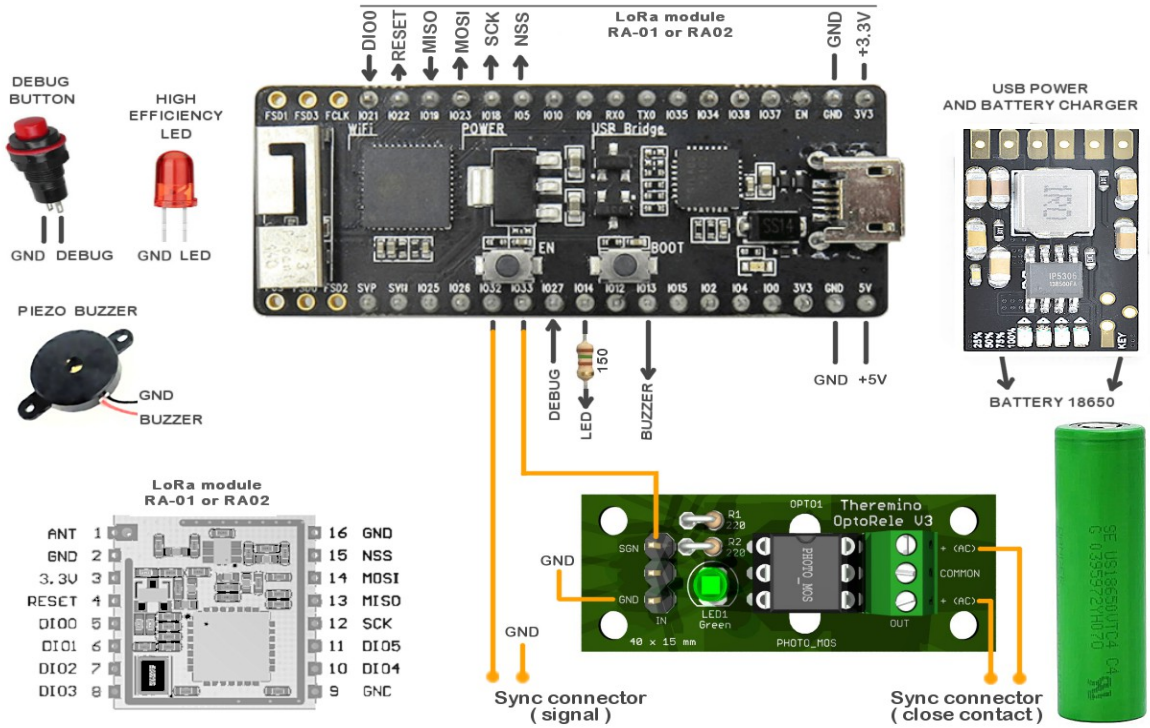
Anche in questo caso si deve impostare il pre-trigger di 27 millisecondi più alcuni millisecondi, come spiegato nella prossima pagina ""Programmare il firmware", ma lo si dovrà impostare nell'apparecchio di acquisizione.

Tutti gli apparecchi di acquisizione hanno la regolazione del pre-trigger che va fino cento millisecondi e oltre, ma per i particolari dovrete consultare la loro documentazione.

GeoMapRX_Sync - Connessioni

Il **GeoMapRX_Sync** è simile ai normali **GeoMapRX**

Per costruirlo si eliminano i moduli ADC24 e GPS e si aggiunge un connettore che fornisce in uscita il segnale adeguato al sistema che si usa.



In questa immagine i collegamenti in arancione sono quelli relativi al segnale di trigger, che non erano presenti nei normali **GeoMapRX.**

Se il sistema da sincronizzare utilizzava per il trigger un segnale elettrico (sistemi Piezo o TTL) si userà l'uscita "Sync connector (signal)", altrimenti si userà quella denominata "Sync connector (close contact)".

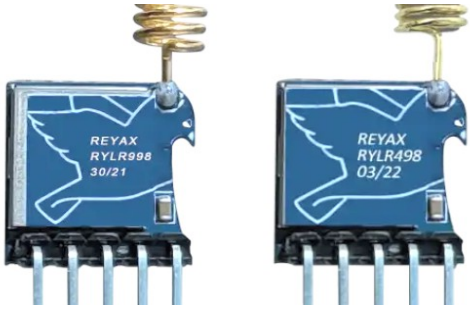
Il tipo "signal" potrà essere modificato nel firmware per adeguarlo a diversi sistemi mentre il tipo "close contact" simula i semplici contatti a lamella, collegati a una massa vibrante, che sono usati da molti costruttori.

Programmare il firmware dei moduli

I moduli **GeoMapRX, GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync** vanno programmati con l'IDE di Arduino e con i file ".ino" che si trovano nelle cartelle: **HARDWARE** sottocartella **FIRMWARE_XXX** e poi nelle sottocartelle **MapTX, GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync.**

Se i moduli sono RA-01, RA-02 oppure E32 si devono utilizzare i file che si trovano nelle sottocartelle di **FIRMWARE_SPI**

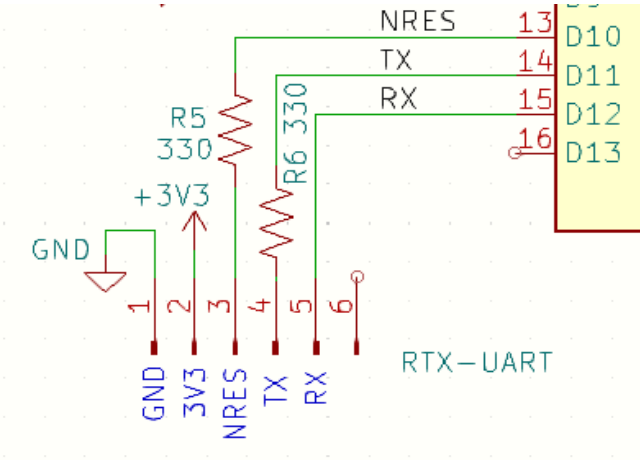
Se invece sono i REYAX si devono utilizzare i file che si trovano nelle sottocartelle di **FIRMWARE_UART**



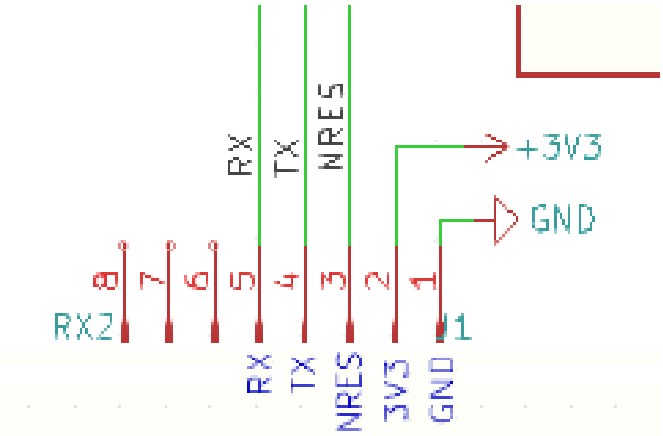
Connessioni per i REYAX

Gli schemi elettrici e i piani di montaggio per i REYAX sono nelle cartelle DOCS che si trovano a partire dalla cartella **FIRMWARE_UART**.

Potete utilizzare gli stessi millefori e gli stessi PCB degli altri ma ci sono piccole differenze che riguardano i fili per la connessione dei moduli radio.



Connessioni dai moduli REYAX al Nano



Connessioni dai REYAX allo ESP32

Le connessioni non vanno invertite (come si fa in alcuni casi), quindi TX va al Pin TXD del modulo Reyax, e RX va al Pin RXD.

Istruzioni valide per tutti i firmware

All'inizio dei file INO seguite le istruzioni **COMPILER SETTINGS** per configurare l'IDE. Senza queste istruzioni non riuscirete a compilare.

Programmare il **GeoMapTX**

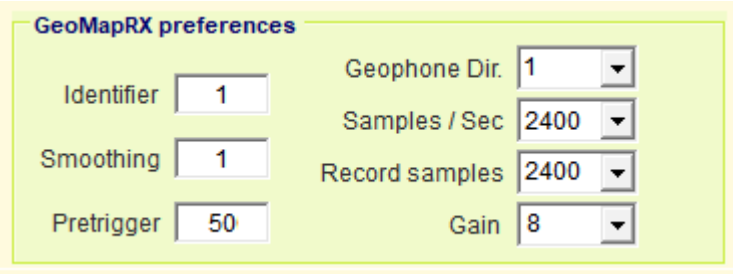
Proprio all'inizio c'è la sezione "**`Number of GeoMapRX in the system`**". Se nel sistema avete più ricevitori GeoMapRX allora dovete seguire le istruzioni di quella sezione. In pratica si tratta solo di scrivere il numero di ricevitori nella variabile, ad esempio "`NumberOfGeoMapRX = 12;`"

Lasciate tutto quello che segue senza fare modifiche.

Programmare i **GeoMapRX**

La sezione **INITIALIZATIONS** definisce la velocità della porta seriale e i PIN utilizzati. Lasciate questa sezione e le seguenti come sono senza modificarle.

Tutte le opzioni disponibili si regolano con il pannello **GeoMapRX preferences** della applicazione **GeoMapper** (vedere le prime pagine di questo documento), senza bisogno di ricompilare e scrivere il firmware con l'IDE di Arduino.



Il tempo di pre-trigger è impostabile da 0 a 200 mS

La casella "Pretrigger" va impostata con qualche millisecondo (2 o 3 mS) per compensare il ritardo dovuto alla lentezza del sensore di vibrazione.

Se l'operatore lo desidera può aumentare il tempo di pretrigger per avere una zona iniziale piatta su cui il software può misurare il rumore di fondo. Normalmente in questo caso si impostano 50 o 100 mS.

Nelle ultime versioni di firmware, dalla 3.2 in poi, il ritardo di trasmissione radio viene automaticamente compensato e non si deve più aggiungerlo al pretrigger.

Modificare i parametri di comunicazione radio

I parametri di comunicazione sono all'inizio dei file RTX.cpp e dovrebbero funzionare bene nella maggioranza dei casi.

Potreste modificarli per utilizzare moduli che lavorano su una diversa banda di frequenza o perché li utilizzate in USA, Cina o Russia. Oppure per ottenere una portata più lunga e fare stesure oltre i 500 metri.

Ma attenzione: le impostazioni devono essere identiche in tutti e tre i moduli **GeoMapTX**, **GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync**, altrimenti non comunicano più.

RTX_FREQUENCY

- In Europa si possono utilizzare le bande dei 433 MHz e 863-870 MHz
- In Cina le bande 470-510 MHz e 779-787 MHz
- In Russia la banda 864-870 MHz e in USA la banda 902-928 MHz

Se usate la banda dei 433 Mhz consigliamo di stare almeno a un MHz di distanza dalla frequenza di 433.95 MHz che è usata da tutti gli apricancello e apriporte. Tenete conto che questi dispositivi sono molto rozzi e possono sbandare anche di alcuni MHz. Ma i loro ricevitori li ricevono lo stesso perché sono quasi tutti a banda larga.

RTX_Power

Si può modificare la potenza di uscita. Normalmente dovrebbe essere impostata a 20 o 22 che è il massimo, ma controllate prima di programmare i moduli, perché a volte la si abbassa per fare prove. Oppure perché la alimentazione non è sufficiente quando si alimenta il modulo senza batteria, con cavi USB lunghi e di bassa qualità.

RTX_Speed

La velocità di comunicazione che abbiamo scelto consente un ritardo di trasmissione abbastanza basso (inferiore ai 30 millisecondi) e una buona portata (fino a un alcune centinaia di metri nelle migliori condizioni). Se avete bisogno di aumentare la portata (anche fino a un chilometro e oltre) potete abbassare questa velocità dal valore normale 14 fino a 6 o 5 (moduli RA-01 Ra-02 e E32) oppure dal valore normale 7 fino a 4 o anche meno (moduli REYAX).

RTX_RepeatMS

Questo parametro c'è solo nel **GeoMapTX** e serve solo durante il test di comunicazione. Normalmente lo si tiene a 100 mS e lo si dovrà modificare solo se si abbassa RTX_Speed e il tempo di trasmissione supera i 30 millisecondi.

Regolare RTX_Speed sui moduli RA-01, RA-02 e E32

All'inizio dei file **RTX.cpp** (che si trovano nelle sottocartelle di FIRMWARE_SPI) trovate una tabella di tempi e la regolazione di **RTX_Speed**.

```
// ------------------------------------ RTX_Speed and RTX_RepeatMS
// RTX_Speed       0    1    2    3    4   5   6   7   8   9  10  11  12  13  14  15  16  17  18
// TX-RX delay  1425  713  696  700  425 345 107 106  86  60  60  53  53  30  27  15  14 7.2 6.6
// RTX_RepeatMS 3000 1600 1600 1600 1000 800 220 220 200 150 150 120 120 100 100 100 100 100 100
uint8_t  RTX_Speed = 14;     // RTX_Speed 0 to 18 (normally 14)
```

Nei file per i moduli **GeoMapTX**, c'è anche la regolazione di **RTX_RepeatMS**.

```
uint16_t RTX_RepeatMS = 100; // if RTX_Speed < 13 increase up to 3000 mS
```

Con **RTX_Speed** si impostano diciannove diverse configurazioni dei parametri di comunicazione: **SpreadingFactor**, **Bandwidth**, **CodingRate** e **PreambleLen.**

Con questo metodo semplificato basta impostare un singolo valore da 0 a 19 per cambiare la velocità di trasmissione dei dati e la distanza massima raggiungibile.

Con **RTX_Speed** = 18 si ottiene un ritardo tra trasmissione e ricezione di pochi millisecondi ma la distanza di comunicazione sarebbe bassa, probabilmente non maggiore di 100 metri.

Con il valore 14 che abbiamo scelto, il ritardo è di 27 mS e si dovrebbe arrivare a 500 metri e oltre.

Per aumentare la portata si potrebbe ridurre **RTX_Speed** fino a 6 o al massimo 5, non consigliamo di scendere sotto al 5, perché si dovrebbe alzare troppo **RTX_RepeatMS** e il test di comunicazione diventerebbe molto lento.

Normalmente il test di comunicazione avviene dieci volte al secondo ma se si utilizzano più moduli **GeoMapRX** questa ripetizione rallenta. Con 16 o 32 moduli i lampi del LED e i beep di conferma sono piuttosto lenti, alcuni secondi. E questi secondi diventerebbero decine se si abbassa molto **RTX_Speed.**

Nel caso che si usi un solo GeoMapRX questo rallentamento è meno grave e si potrebbe scendere anche fino a **RTX_Speed** = 1 e quindi **RTX_RepeatMS** = 1600 millisecondi che darebbe una frequenza di test ancora ragionevole di circa un secondo e mezzo.

Attenzione: le impostazioni devono essere identiche in tutti e tre i moduli **GeoMapTX**, **GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync**, altrimenti non comunicano più.

Nelle ultime versioni di firmware, dalla 3.2 in poi, il ritardo TX-RX delay viene automaticamente compensato nel firmware e non si deve più aggiungerlo al pretrigger..

Regolare RTX_Speed sui moduli Reyax

All'inizio dei file **RTX.cpp** (che si trovano nelle sottocartelle di FIRMWARE_UART) trovate una tabella di tempi e la regolazione di **RTX_Speed**.

```
// ------------------------------------ RTX_Speed and RTX_RepeatMS
// RTX_Speed       0    1    2    3    4    5    6    7    8    9   10
// TX-RX delay   180  170  165  150   83   53   35   24   13   10    9
// RTX_RepeatMS  390  370  350  330  180  120  100  100  100  100  100

uint8_t  RTX_Speed = 7;      // RTX_Speed 0 to 10 (normally 7)
```

Nei file per i moduli **GeoMapTX**, c'è anche la regolazione di **RTX_RepeatMS**.

```
uint16_t RTX_RepeatMS = 100; // if RTX_Speed < 6 increase up to 400 mS
```

Con **RTX_Speed** si impostano undici diverse configurazioni dei parametri di comunicazione: **SpreadingFactor**, **Bandwidth**, **CodingRate** e **PreambleLen.**

Con questo metodo semplificato basta impostare un singolo valore da 0 a 10 per cambiare la velocità di trasmissione dei dati e la distanza massima raggiungibile.

Con **RTX_Speed** = 10 si ottiene un ritardo tra trasmissione e ricezione di pochi millisecondi ma la distanza di comunicazione sarebbe bassa, probabilmente non maggiore di 100 metri.

Con il valore 7 che abbiamo scelto, il ritardo è di 24 mS e si dovrebbe arrivare a 500 metri e oltre.

Per aumentare la portata si potrebbe ridurre **RTX_Speed anche** fino a zero, sopportando che il test di comunicazione diventi abbastanza lento.

Normalmente il test di comunicazione avviene dieci volte al secondo ma se si utilizzano più moduli **GeoMapRX** questa ripetizione rallenta. Con 16 o 32 moduli i lampi del LED e i beep di conferma sono piuttosto lenti, alcuni secondi. E questi secondi diventano decine se si abbassa molto **RTX_Speed.**

Nel caso che si usi un solo GeoMapRX questo rallentamento è meno grave e con **RTX_Speed** = 0 e quindi **RTX_RepeatMS** = 390 millisecondi si ottiene ancora una frequenza di test ragionevole di circa tre volte al secondo.

Attenzione: le impostazioni devono essere identiche in tutti e tre i moduli **GeoMapTX**, **GeoMapRX** e **GeoMapRX_Sync**, altrimenti non comunicano più.

Nelle ultime versioni di firmware, dalla 3.2 in poi, il ritardo TX-RX delay viene automaticamente compensato nel firmware e non si deve più aggiungerlo al pretrigger.

Appendice 1 - Configurazione dei GeoMapRX

La impostazione **AD7124_SetWorkingMode** è commentata e non la si usa.
La manteniamo per chi volesse usare il GeoMapRX con altre applicazioni.

Tutte le opzioni disponibili si regolano con il pannello **GeoMapRX preferences** della applicazione **GeoMapper** (vedere le prime pagine di questo documento), senza bisogno di ricompilare e scrivere il firmware con l'IDE di Arduino.

Configurazione GeoMapRX - Samples per second

Con i SamplesPerSecond si determina la velocità di campionamento (SPS) e di conseguenza il rumore generato dall'ADC.

```
// ==========================================================
//  Max Record-Seconds by Record-Samples
// ==========================================================
//         ------------- RECORD SAMPLES -------------------
//  SPS   | 19200    9600    4800    2400   1280      640  |
// ----------------------------------------------------------
// 19200      1 s   0.5 s  0.25 s  125 mS   66 mS   33 mS
//  9600      2 s     1 s   0.5 s  250 mS  133 mS   66 mS
//  4800      4 s     2 s     1 s   0.5 s  266 mS  133 mS
//  2400      8 s     4 s     2 s     1 s  533 mS  266 mS
//  1280     15 s   7.5 s   3.8 s   1.9 s     1 S   0.5 S
//   640     30 s    15 s   7.5 s   3.8 s     2 S     1 S
// ==========================================================
//  RECORD SAMPLES must be set to 19200/9600/.../1280/640
//  If you set a wrong value the default is 1
// ==========================================================
```

Una velocità di campionamento più alta non è sempre un vantaggio perché come effetto collaterale si ottiene un aumento del rumore. Quindi si deve scegliere un compromesso tenendo conto della minima frequenza di campionamento necessaria per il tipo di analisi che si devono effettuare.

Per le analisi superficiali, decine di metri, si dovrebbe aumentare la frequenza il più possibile, anche fino a 19200 SPS. Fortunatamente in questi casi il segnale utile è forte e il rumore ha meno importanza. Per le analisi profonde si dovrà fare il contrario in modo da ridurre il rumore il più possibile.

Si consiglia di utilizzare il mode 3 che fornisce un ottimo compromesso tra un basso rumore e una alta frequenza di campionamento, di quasi 5000 campioni al secondo.

Configurazione GeoMapRX - Record samples

Con Record Samples si sceglie un compromesso tra la durata delle registrazioni e il numero massimo di registrazioni che possono stare in memoria.

```
// ==========================================================
//  Max memorizable Records by Record-samples
// ==========================================================
//  Record samples  19200   9600   4800   2400   1280   640
// ----------------------------------------------------------
//  Max records        39     78    155    309    574  1121
// ==========================================================
```

Configurazione GeoMapRX - Gain

```
// ==========================================================
//   ADC NOISE by GAIN and SAMPLES PER SECOND
// ==========================================================
//         ------------ Samples per second ----------------
//         19200     9600     4800     2400    1280     640
//  GAIN   ----------- Noise PeakToPeak (*) ----------------
// ----------------------------------------------------------
//    1    500 uV   76 uV    38 uV    25 uV   19 uV   13 uV
//    2    270 uV   61 uV    25 uV    16 uV   13 uV    8 uV
//    4    150 uV   34 uV    20 uV    12 uV    8 uV    6 uV
//    8     95 uV   27 uV    13 uV     8 uV    6 uV    4 uV
//   16     57 uV   21 uV     9 uV     6 uV    4 uV    3 uV
//   32     33 uV   13 uV     6 uV     4 uV    3 uV    2 uV
//   64     26 uV   12 uV     5 uV     3 uV    2 uV    1 uV
//  128     23 uV    9 uV     4 uV     2 uV    1 uV    1 uV
// ==========================================================
//  Gain must be set to 1/2/4/8/16/32/64/128
//  If you set a wrong value the default is 1
//  (*) The RMS noise is about 7 times lower
// ==========================================================
```

Il guadagno va regolato il più alto possibile, in molti casi 128 dovrebbe andare bene.

Comunque è bene fare alcune prove e controllare di non avere troppa saturazione nei canali che si trovano più vicini la punto di energizzazione.

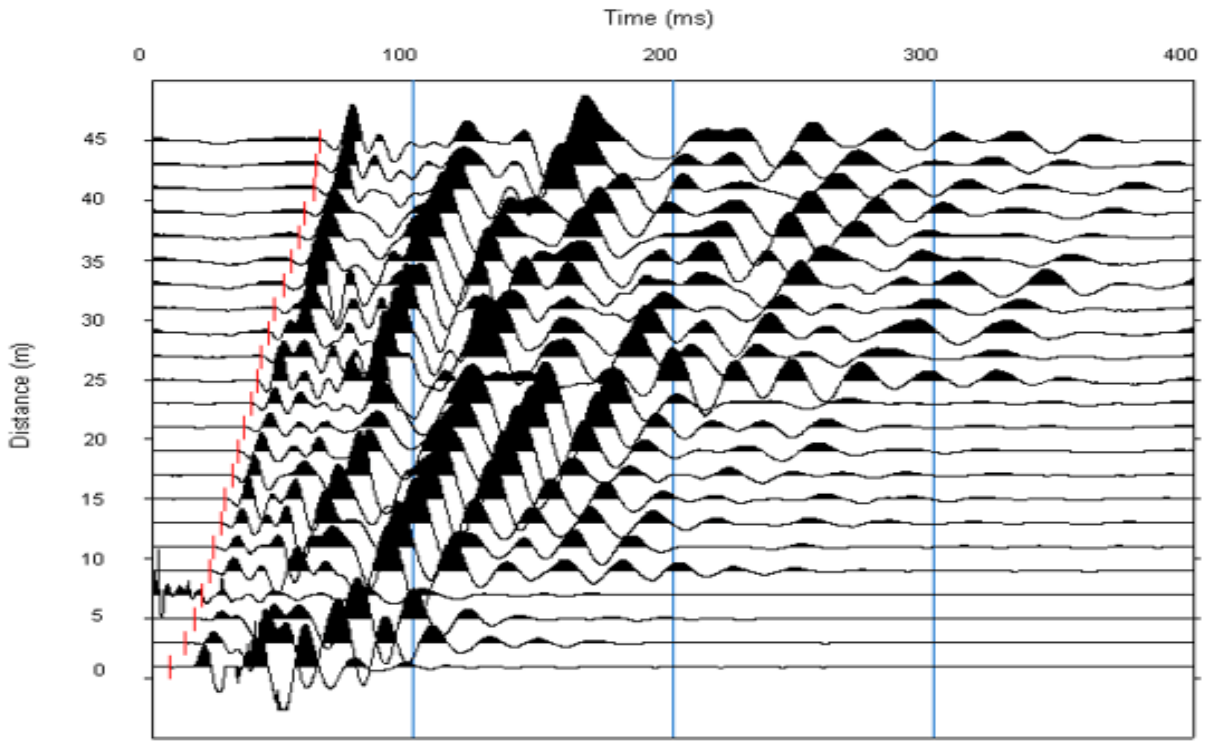
Utilizzare guadagni inferiori a 128 potrebbe essere appropriato per analisi di poche decine di metri e quindi distanza brevi tra la massa battente e i geofoni.

Appendice 2 - Metodi di analisi sismica

Tomografia computerizzata

Diverse tecniche di analisi permettono di analizzare la stratificazione e le caratteristiche del terreno, da pochi metri fino a migliaia di metri di profondità.

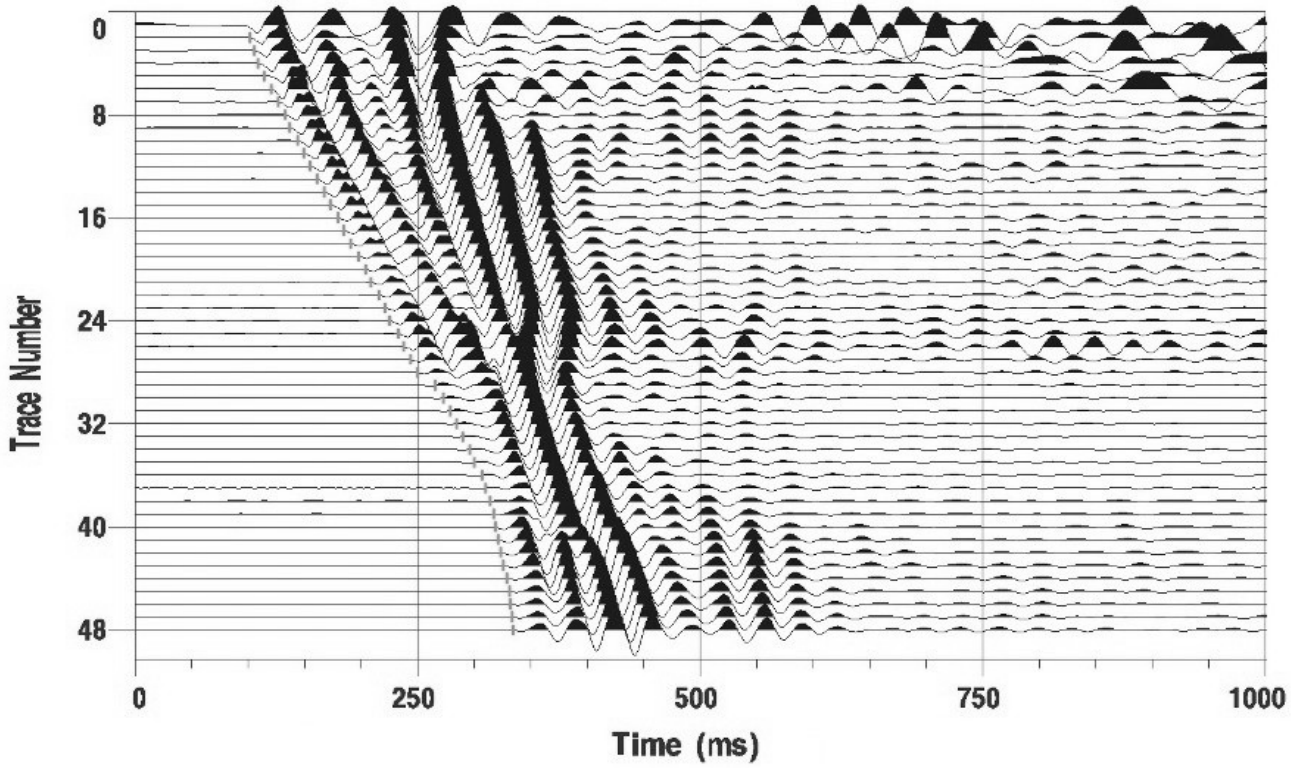
Le onde sismiche, generate da esplosivi o masse battenti, vengono rilevate tramite geofoni disposti a distanze regolari in linea retta.

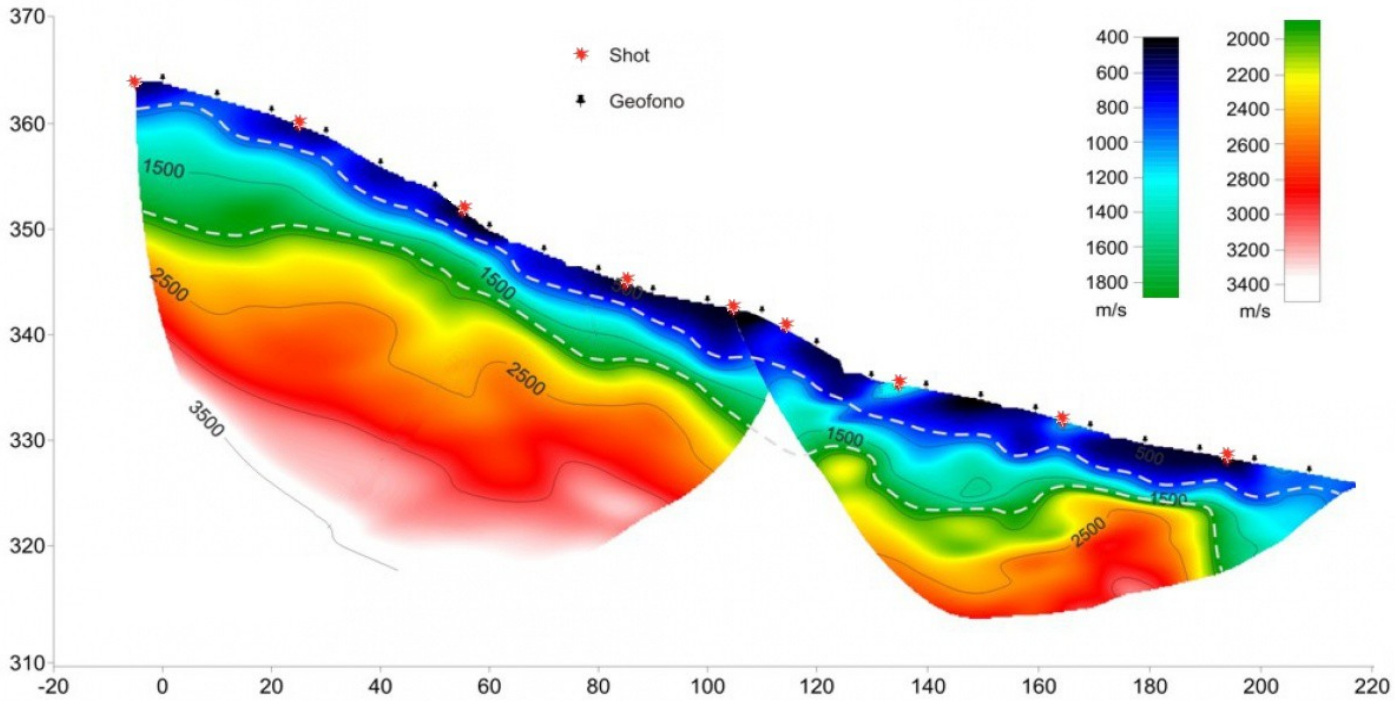


Normalmente si utilizzano cavi di collegamento, scomodi da utilizzare e molto costosi. Il nostro sistema **GeoMapper** elimina i cavi e riduce notevolmente i costi.

Analisi dei segnali

Analizzando i segnali ricevuti si possono ottenere immagini che rappresentano con colori diversi le caratteristiche degli strati del terreno.





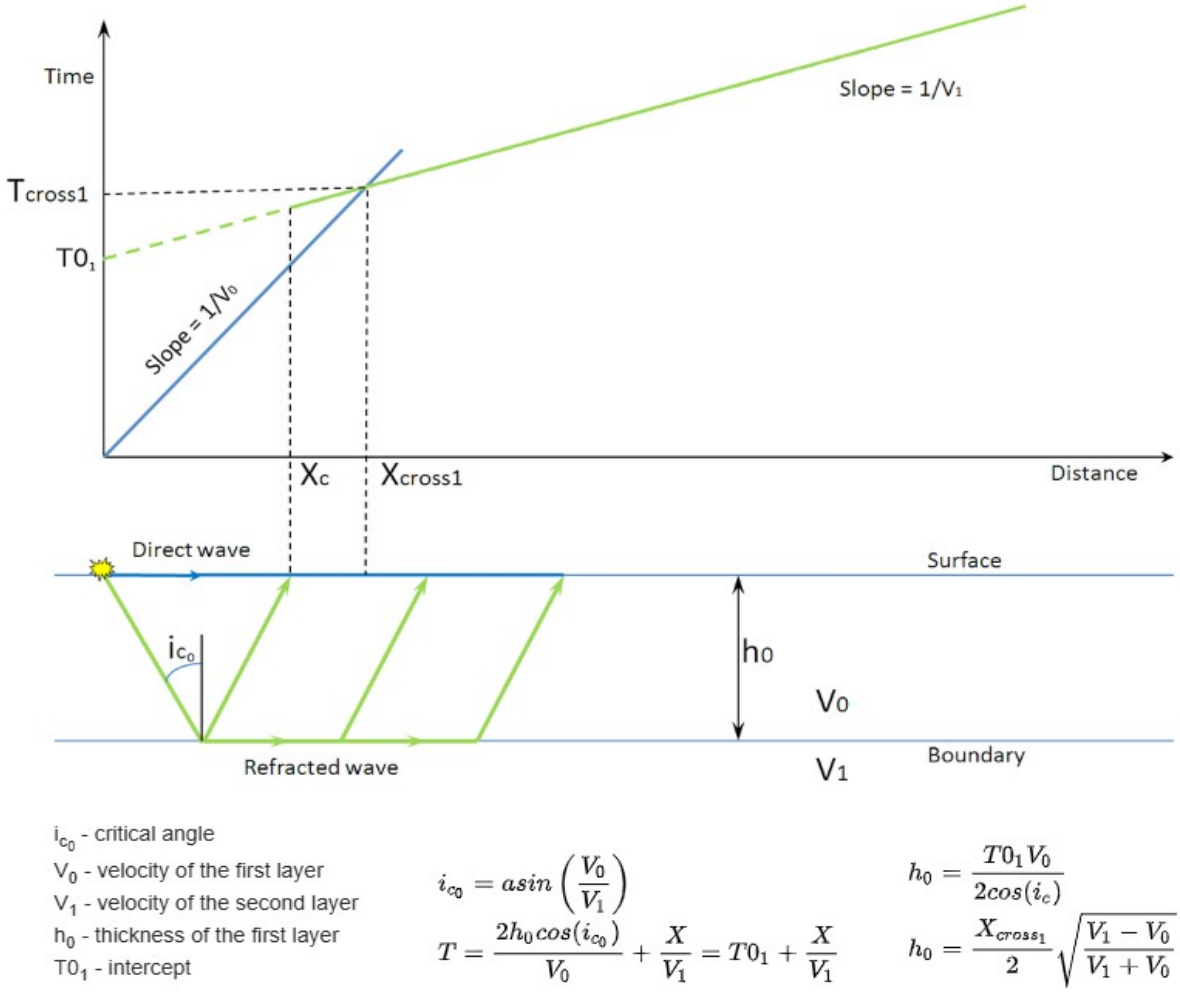
Tecniche di analisi

Esistono numerosi software, anche Open Source e gratuiti, per fare le analisi. Per cui noi ci limitiamo a rilevare le onde sismiche e a preparare i dati con la massima accuratezza.

Le tecniche attualmente più usate per lo studio delle caratteristiche del sottosuolo, sono la sismica a riflessione, quella a rifrazione e la MASW.

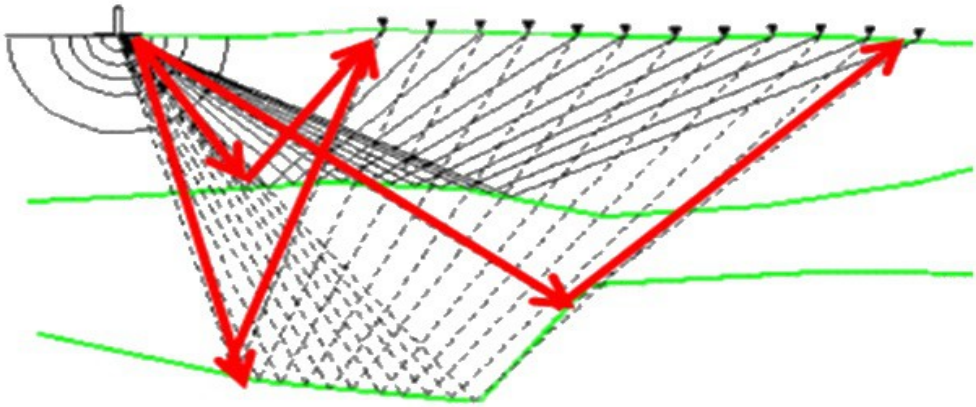
Fondamenti di queste tecniche sono le interazioni tra l'energia elastica delle onde sismiche e le superfici di discontinuità tra mezzi diversi.

Questo permette di definire le unità litologiche presenti lungo un profilo, determinando spessori, geometria e proprietà elastiche dei terreni investigati.



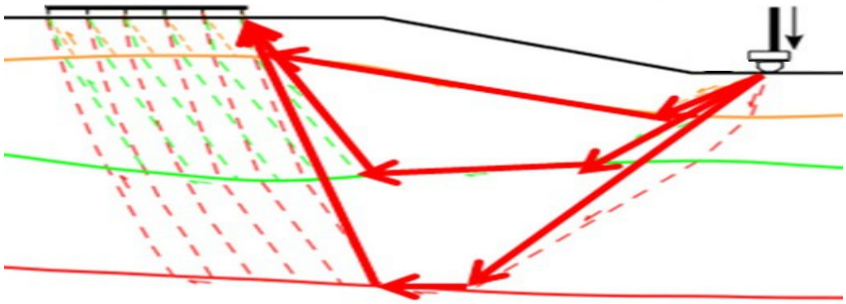
Questa immagine mostra un esempio di analisi matematica delle stratificazioni.

Sismica a Riflessione



La sismica a riflessione analizza i tempi tra l'impulso elastico generato e la sua ricezione in superficie dopo le riflessioni da superfici riflettenti. Questo metodo sfrutta le proprietà elastiche del terreno per identificare le discontinuità litologiche.

Sismica a Rifrazione



La sismica a rifrazione, invece, si basa sulla ricezione delle onde sismiche rifratte dalle discontinuità geologiche, permettendo di determinare la velocità di propagazione dei diversi strati e di risalire alla natura geologica delle formazioni.

Sismica MASW

La tecnica MASW, insieme ad altri sviluppi recenti, rappresenta un particolare tipo di sismica a rifrazione che permette di identificare le caratteristiche dinamiche dei suoli e ottenere il profilo di velocità delle onde di taglio verticali, fondamentale per la progettazione e la previsione del comportamento delle opere soggette ad azioni dinamiche come sismi, venti, vibrazioni ed esplosioni.

Appendice 3 - Cenni sui sistemi GPS

Nelle prossime pagine riportiamo le informazioni principali sui sistemi GPS e sui moduli per ricevere i segnali GPS.

Moduli per ricevere i segnali dei satelliti.

I moduli attualmente più usati (2024), sono i BN-180, BN-220, BN-280 e BN-880.

Questi moduli su Amazon costano circa 25 Euro (BN-180) fino a circa 45 Euro (Bn-880).

Nel nostro caso la memoria FLASH non serve, dato che ne abbiamo in quantità sul processore ESP32.

E ancor meno ci serve la bussola del BN-880, dato che non facciamo volare un drone.

Per cui la scelta migliore è sicuramente il BN-180 che inoltre è molto piccolo e lo si può facilmente posizionare sulla faccia superiore del tubo che contiene il geofono.

Una caratteristica importante di questi moduli BN-xxx è di lavorare anche con le tecniche GNSS, vedere le prossima pagine.

1 2 3 4

1	GND	Ground
2	TX	Serial Data Output
3	RX	Serial Data Input
4	VCC	DC 3.0V - 5.5V supply input,Typical: 5.0V

Model	Interface	Size	Flash	Compass	Antenna Type
BN-180	1.0mm 4pin	18*18*6mm	/	/	Passive
BN-220	1.0mm 4pin	22*20*6mm	4M Flash	/	Passive
BN-280	1.25mm 6pin	28*28*8mm	4M Flash	/	Passive
BN-880	1.25mm 6pin	28*28*10mm	4M Flash	HMC5883L	Active

Esistono anche altri moduli meno costosi, ad esempio il GY-NEO6MV2 NEO-6M che si può trovare su Amazon per meno di 10 euro, spedizione compresa.

Però questi moduli sono più grandi e ricevono solo i satelliti GPS (niente GNSS) e quindi potrebbero metterci più tempo per sincronizzarsi. Ma li abbiamo provati e se li si usa all'aperto vanno molto bene.

Caratteristiche del modulo BN-180

- **Dimensione: 18mm * 18mm * 6mm**
- **Peso: 4,9 g**

- **Canali: 72**
- **Tracciamento: -167 dBm**
- **Riacquisizione: -160dBm**
- **Avviamento a freddo: -148 dBm**
- **Avvio a caldo: -156 dBm**
-
- **Formato di ricezione: GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou, QZSS e SBAS**
- **Frequenze: GPS L1, GLONASS L1, BeiDou B1, SBAS L1, Galileo E1**

- **Precisione orizzontale: 2 m CEP 2D RMS Abilita SBAS (tipico cielo aperto)**
- **Velocità: 0.1 m/sec 95% (SA off)**
- **Timing: 1us sincronizzato con l'ora GPS**

- **Avviamento a freddo: 26 secondi**
- **Avvio a caldo: da 1 secondo a 25 secondi**

- **Baud Rate di comunicazione: da 4800 bps a 921600 bps (default 9600)**
- **Livelli: TTL o RS-232 (default TTL)**
- **Protocollo: NMEA-0183 o UBX (default NMEA-0183)**
- **GNSS singolo: da 1Hz a 18Hz**
- **GNSS simultaneo: da 1Hz a 10Hz (default 1Hz)**

- **Altitudine max: 50.000 m**
- **Velocità max: 515 m/s**
- **Accelerazione max: 4 g**

- **Alimentazione: da 3.6V a 5.5V (tipica 5V)**
- **Corrente: cattura 50 mA a 5V**
- **Temp di funzionamento: da -40°C a +85°C**
- **Temperatura di stoccaggio: da -40°C a +105°C**

- **LED TX - BLU - Lampeggiante durante la trasmissione dei dati**
- **LED PPS - ROSSO - Lampeggiante quando i satelliti sono validi**

- **Connessioni: 1=GND, 2=TX (uscita dati), 3=RX (ingresso dati), 4=VCC (3.0v-5.5v)**
- **Connettore: passo 1mm (4 connettori inclusi nella confezione)**

Dispositivi GNSS

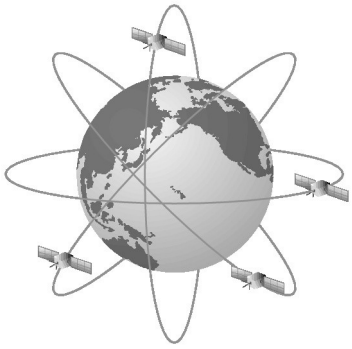
I dispositivi GNSS (G*lobal Navigation Satellite System*) possono ricevere dati dai satelliti di più nazioni diverse.

GNSS-1 è la prima generazione e combina i sistemi GPS (USA) e GLONASS (Russia),

GNSS-2 è la seconda generazione e combina i sistemi GPS (USA), GLONASS (Russia), Beidou (Cina), Galileo (Europa), QZSS (Giappone) e IRNSS (India).

I ricevitori che implementano il GNSS forniscono prestazioni superiori perché ricevono con maggiore facilità il segnale da un numero maggiore di satelliti. Questo gli permette di ottenere una maggiore precisione, in molti casi al di sotto del metro orizzontale, e anche di riuscire a lavorare in posizioni difficili, sotto agli ostacoli come ad esempio grandi alberi o addirittura in ambienti chiusi.

Satelliti GPS, GLONASS e BEIDOU



I satelliti GPS orbitano ad un'altezza operativa tra i 18000 e i 22000 Km e il loro periodo di rotazione intorno alla terra è di 12 ore.

I satelliti GPS (Global Positioning System), lanciati dagli Stati Uniti, sono circa 24.

I satelliti GLONASS (GLObal NAvigation Satellite System), lanciati dalla Russia, comprendono 24 satelliti operativi e alcuni di scorta.

Nel 2012 Russi e Cinesi hanno approvato un nuovo programma di cooperazione spaziale e hanno avviato l'interazione sui sistemi di navigazione satellitare GLONASS e Beidou.

La costellazione dei satelliti Beidou è stata completata nel 2020 e consiste di un totale di 36 satelliti attivi, perlopiù in orbita terrestre media e con alcune unità collocate in orbita geostazionaria e altre in orbita geosincrona inclinata.

Codici NNMEA per GLONASS e BEIDOU

Lo standard NMEA, usato dai ricevitori GPS si è evoluto per includere i satelliti Russi, Cinesi, Indiani, Giapponesi e Europei.

Per cui i messaggi $GPXXX dei ricevitori GPS, diventano:

- $GP - riferito a GPS
- $GL - riferito a Glonass
- $GN - riferito a GNSS (GPS + Glonass + altri)

Ad esempio i messaggi GPRMC e GPGGA diventano GNRMC e GNGGA.

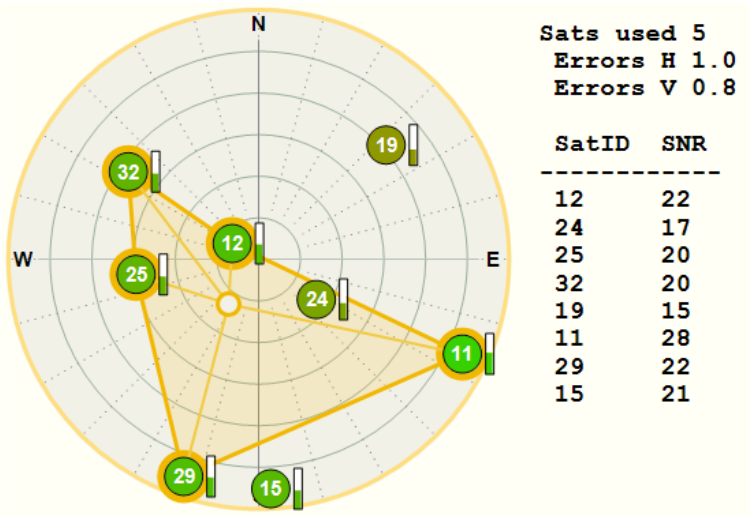
La stringa GNGSA (che indica la precisione e i satelliti attivi) si riferisce a GNSS e include la lista di satelliti per entrambe le costellazioni.

La stringa GPGSA che era un stringa singola, diventa più stringhe GNGSA perchè il numero di satelliti utilizzabili, aggiungendo Glonass, cresce notevolmente e non sarebbe possibile includere tutta la lista dei satelliti utilizzati per il fix all'interno di una sola stringa.

Il messaggio GPGSV non è cambiato, ma vi si aggiunge il messaggio GLGSV che è riferito esclusivamente ai satelliti Glonass.

Identificativi dei satelliti

Gli standard GNSS non specificano gli identificatori per i satelliti. Solo gli ID da 1 a 32 sono sicuramente appartenenti al sistema GPS (USA). Però secondo alcune fonti i satelliti dovrebbero seguire la tabella seguente.



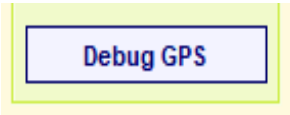
- GPS: 1-32
- Galileo: 1-36
- Beidou: 1-63
- IRNSS: 1-14
- QZSS: 183-206
- SBAS: 120-151, 183-192

Appendice 4 - La applicazione GPS

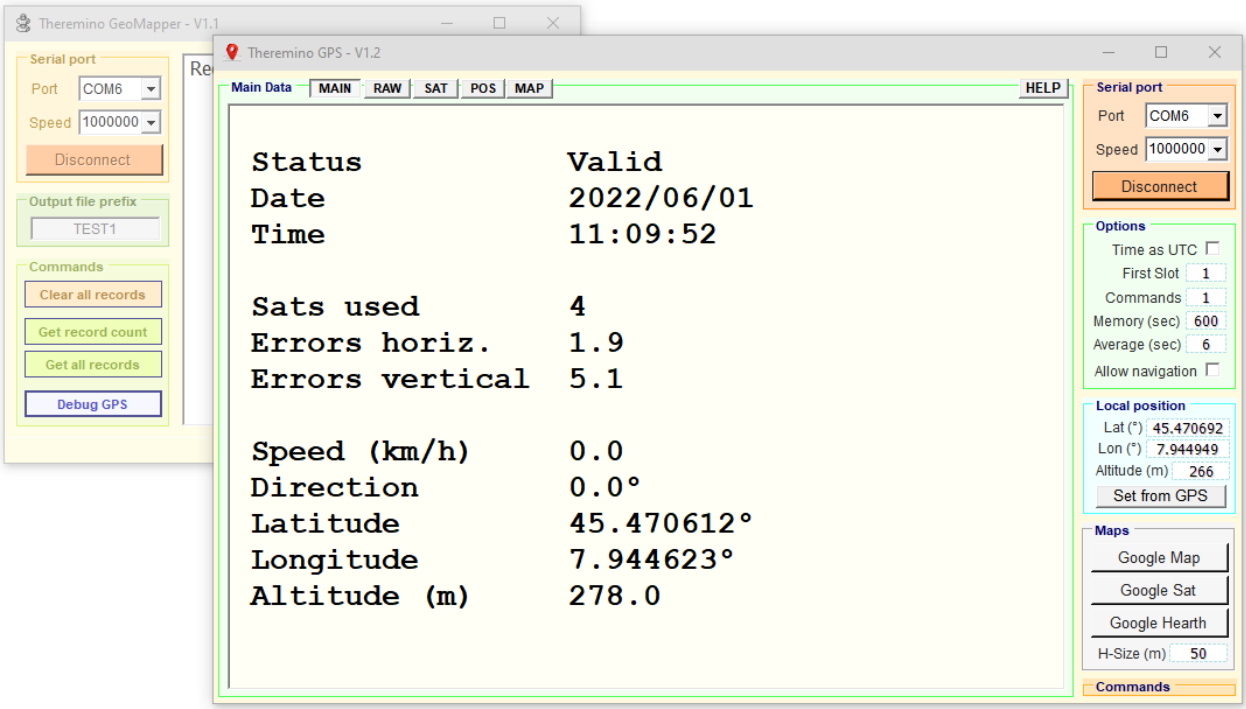
Con la applicazione **Theremino_GPS** si controlla il buon funzionamento del modulo GPS presente nei ricevitori **GeoMapRX**.

Normalmente non è necessario utilizzare questa applicazione perché è possibile sapere se il GPS è sincronizzato sui satelliti controllando se l'apposito LED lampeggia.

Si utilizza questa applicazione se ci sono problemi con la sincronizzazione dei satelliti oppure se si vuole controllare la precisione delle coordinate o altri dati relativi ai satelliti.



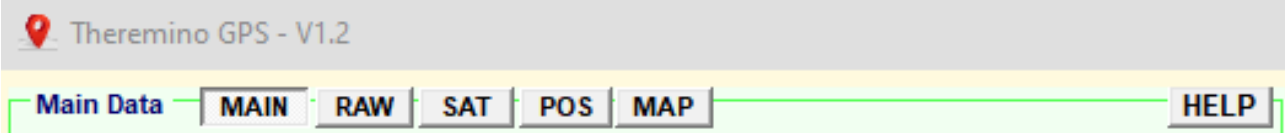
Per aprire la applicazione GPS si utilizza il pulsante "Debug GPS" nella applicazione **GeoMapper**.



Premendo questo pulsante la applicazione **GeoMapper** si disabilita e diventa trasparente fino a che non si chiuderà la applicazione GPS con la croce. In questa prima pagina (che si sceglie con il pulsante "MAIN" situato nella barra superiore) vediamo lo stato generale dei satelliti, se sono validi, quanti ne vengono usati, la precisione di misura e i dati di velocità e posizione.

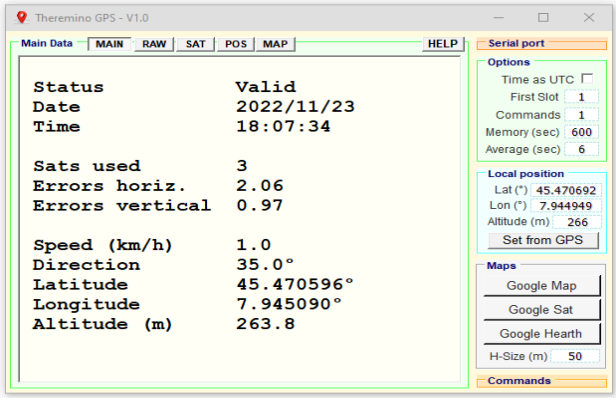
Nella parte destra c'è la colonna dei comandi che spiegheremo nelle prossime pagine.

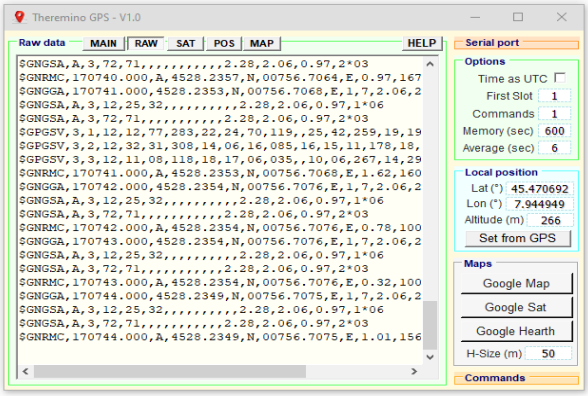
La barra superiore

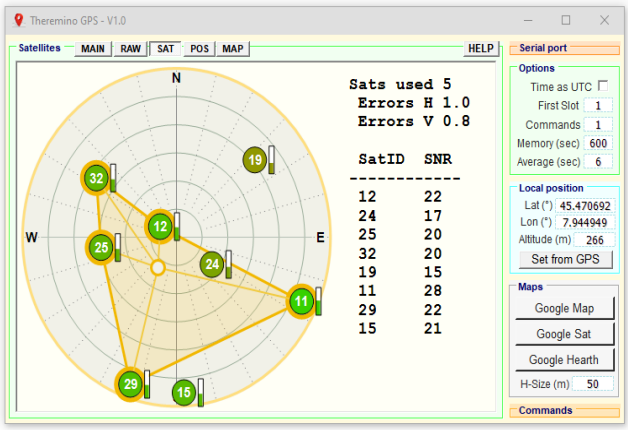


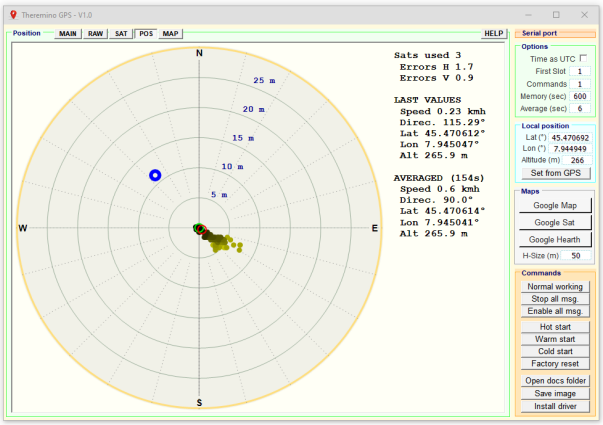
Con questi pulsanti si sceglie il tipo di visualizzazione tra quelli delle immagini seguenti.

Il pulsante "HELP" apre un breve riassunto delle istruzioni. Parte delle istruzioni si riferisce ai moduli GPS con cavo USB e non è valida per **GeoMapper**.

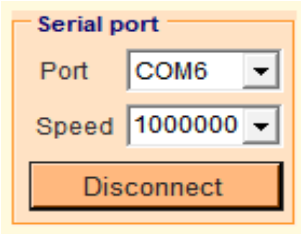








La barra dei comandi - Prima parte



Selezionare la porta seriale.

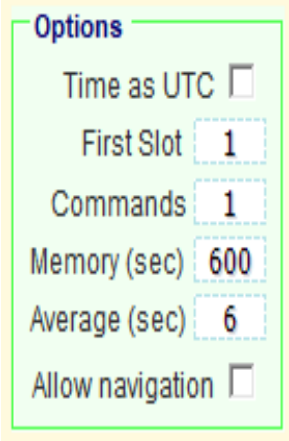
Selezionare il BaudRate (1 mega per i **GeoMapRX**)

Il pulsante diventa di colore rosso a connessione avvenuta.

Tutti i pannelli di questa applicazione possono venire chiusi come visibile nella immagine qui a destra.

Per chiudere e riaprire i pannelli si fa click sul nome del pannello.

Si consiglia di tenere chiusi i pannelli che non si usano e in particolare il pannello "Serial port" perché quando è aperto lampeggia e impegna inutilmente tempo del processore.



Per ottenere l'ora in "Coordinated Universal Time" selezionare la casella "Time as UTC".

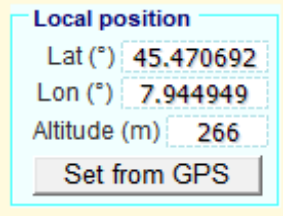
Con la casella di testo "First Slot" si indica il primo slot da utilizzare (vedi paragrafo successivo).

Impostare la casella di testo "Memory (sec)" con un tempo in secondi. Questo tempo verrà usato per memorizzare i dati del percorso effettuato. Il tempo massimo è 9999 secondi che corrispondo a quasi tre ore.

Impostare la casella di testo "Average (sec)" con "1" per ottenere dati veloci ma rumorosi.

Con media = 60 la latitudine, la longitudine e l'altitudine sono la media dell'ultimo minuto. Il tempo medio massimo è di 600 secondi che equivalgono a 10 minuti. Le posizioni medie vengono calcolate solo se gli errori H e V sono inferiori a 10

La casella "Allow navigation" normalmente dovrebbe restare disattivata (bianca). In questo modo si impedisce a Google di aprire messaggi fastidiosi. Però in alcuni casi si deve attivarla, ad esempio per accettare la Privacy di Google.

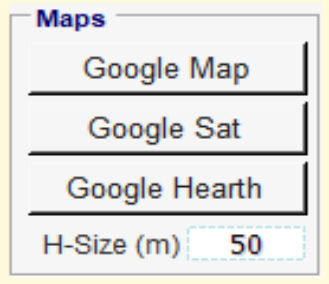


Impostare manualmente Lat, Lon e Altitude.

Utilizzare il pulsante "Set from GPS" solo se si è sicuri della posizione GPS decodificata.

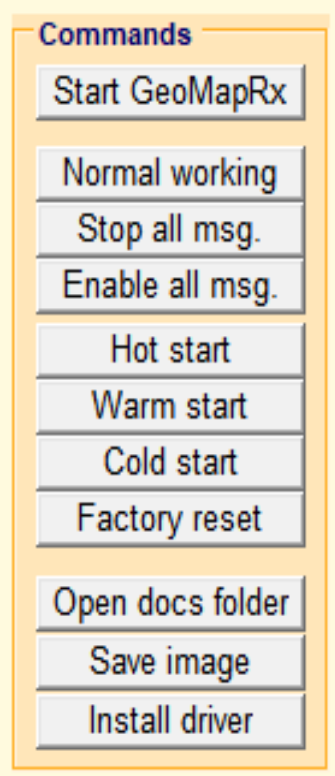
La tua posizione locale viene utilizzata per mostrare un cerchio blu nel grafico POS ed anche per facilitare le operazioni iniziali con i comandi "Hot Start" e "Warm Start"

La barra dei comandi - Seconda parte



Con "Google Map", "Google Sat" e "Google Hearth" puoi aprire le pagine WEB relative.

Con H-Size si imposta la altezza della finestra visibile in metri.



Start GeoMapRX Invia il comando “Debug GPS” ai moduli **GeoMapRX**.

Normal working - Invia i messaggi RMC, GGA, GSA ogni secondo e i GSV ogni 4 secondi

Stop all msg - Interrompe tutti i messaggi per controllare se il buffer seriale è sovraccaricato.

Enable all msg - Invia RMC, GGA, GSA, GSV e anche GLL e VTG ogni secondo (per fare prove).

Hot start - Riavvia utilizzando la posizione locale.

Warm start - Cancella i dati delle effemeridi e imposta la posizione locale.

Cold start - Cancella tutti i dati in memoria e imposta la posizione locale.

Factory reset - Cancella tutti i dati, imposta la posizione locale e ripristina le impostazioni di fabbrica.

Open docs folder - Apre la cartella "Documenti" dove troverai documentazione e applicazioni utili.

Save image - Salva l'immagine attuale nella cartella "Images".

Install driver - Per quasi tutti i moduli USB è necessario installare il driver "Prolific".

Quando si utilizza la applicazione GeoMapper
tutti i comandi in colore rosso sono disabilitati e non agiscono.

Primo utilizzo e dopo i comandi Warm start, Cold start e Factory reset
In questi casi il ricevitore potrebbe richiedere molto tempo per riavviarsi.
Posizionarlo all'aperto e attendere che colleghi molti satelliti.

I dati che si inviano agli Slot

Per controllare il funzionamento del GPS non è necessario inviare i dati agli Slot ma questa applicazione viene utilizzata anche per altre configurazioni del Sistema Theremino e quindi può anche farlo.

- - - - - -

Per disabilitare l'invio dei dati agli Slot si imposta la casella "First Slot" con -1

I valori decodificati vengono inviati al primo Slot e agli Slot successivi.

Se ad esempio si imposta "First Slot" = 1 gli Slot vengono aggiornati come nella tabella seguente:

- Slot 1 Status 0 = Not valid / 1000 = Valid

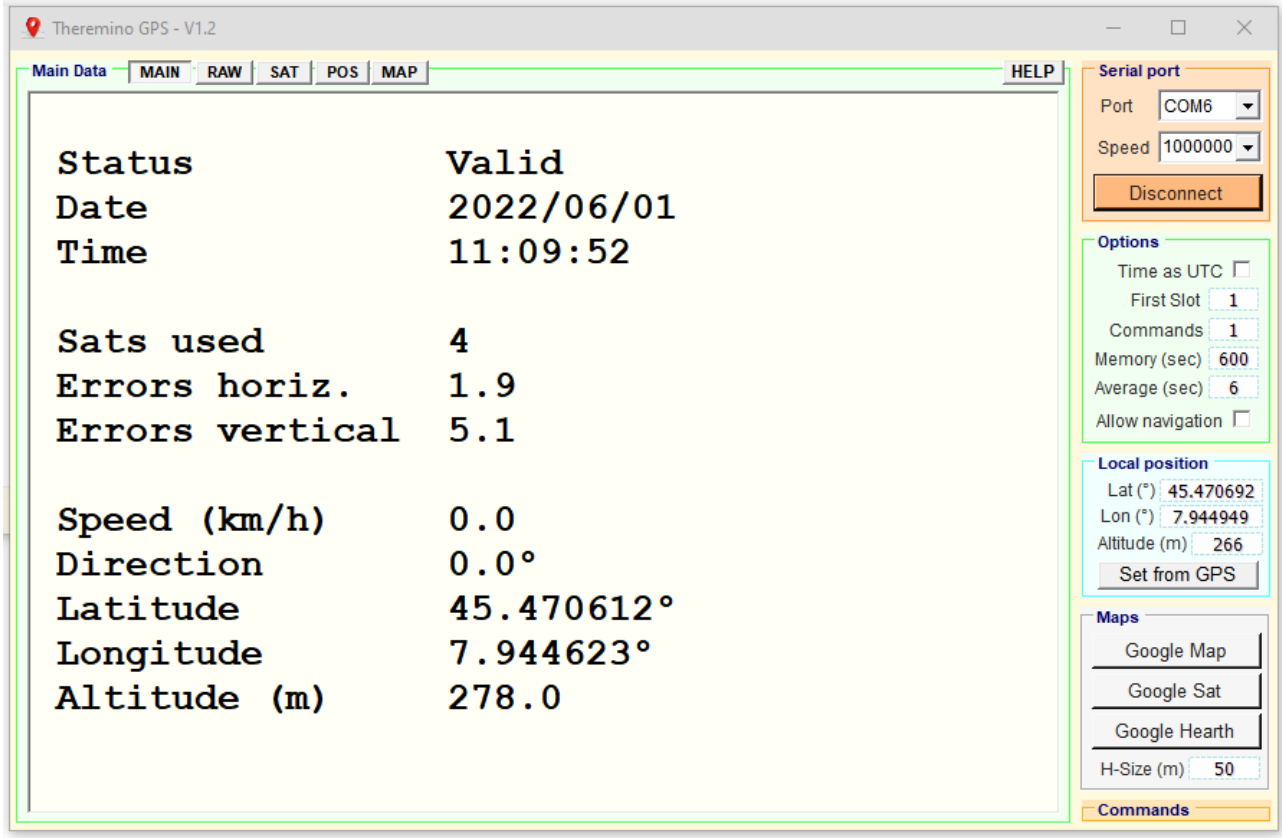
- Slot 2 Year
- Slot 3 Month
- Slot 4 Day
- Slot 5 Hour
- Slot 6 Minute
- Slot 7 Second

- Slot 8 Number of used satellites
- Slot 9 Horizzontal errors (1 good / 5 medium / 10 bad)
- Slot 10 Vertical errors (1 good / 5 medium / 10 bad)

- Slot 11 Speed in km/h
- Slot 12 Direction in degree and fractions
- Slot 13 Latitude in degree and fractions (averaged)
- Slot 14 Longitude in degree and fractions (averaged)
- Slot 15 Altitude in meters (averaged)

Le posizioni medie vengono calcolate solo se gli errori H e V sono inferiori a 10

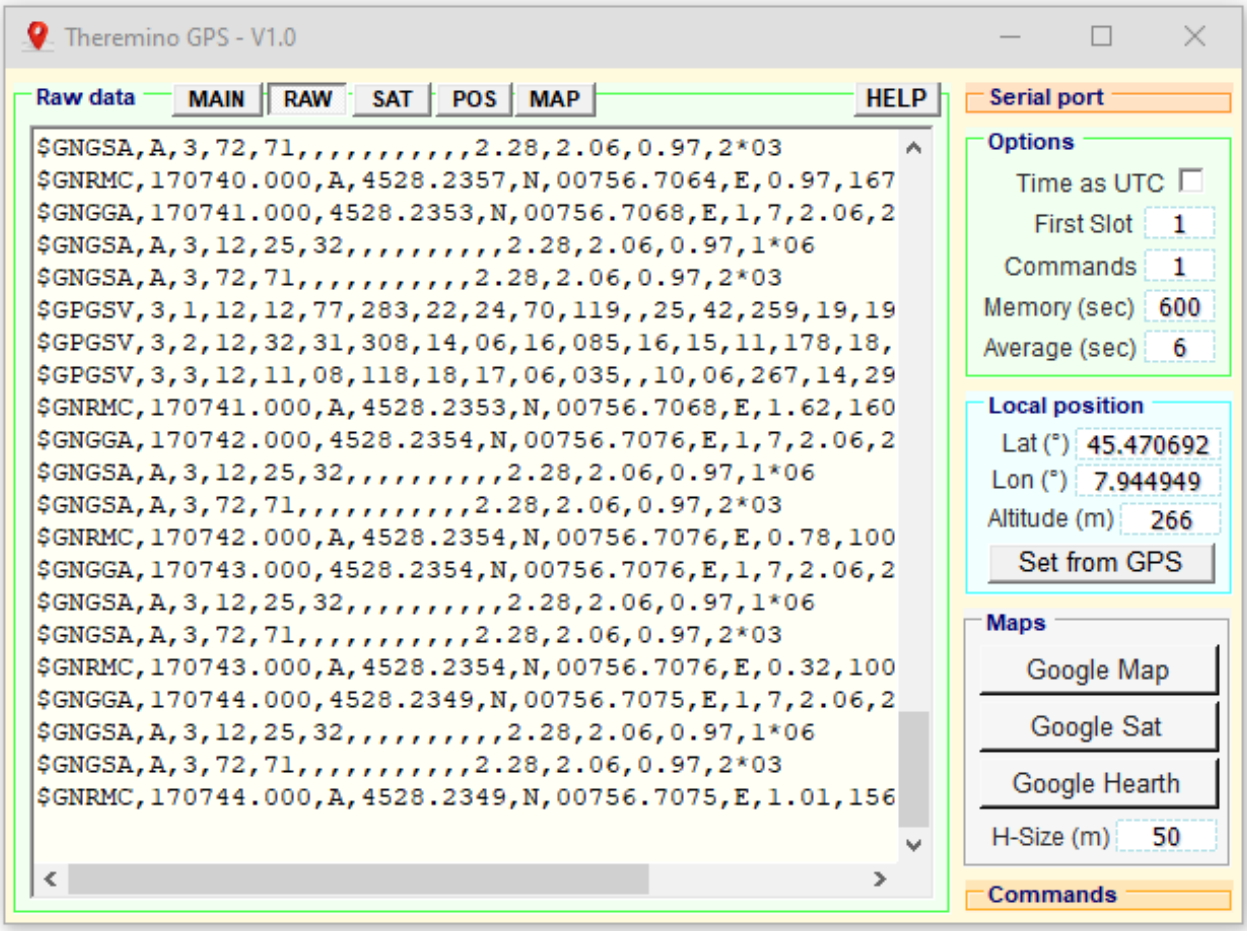
La finestra MAIN



Premendo il pulsante "MAIN" si apre questa pagina che mostra lo stato generale dei satelliti.

- Status - Indica se i satelliti sono almeno quattro e se sono validi.
- Date e Time - Indicano la data attuale ricavata dai satelliti con la precisione di circa un secondo.
- Sats used - Indica quanti sono i satelliti usati nei calcoli delle coordinate.
- Errors horiz. - Indica l'errore orizzontale in metri.
- Errors vertical - Indica l'errore verticale in metri.
- Speed - Indica la velocità di movimento in chilometri all'ora.
- Direction - Indica la direzione del movimento in gradi (zero gradi è il Nord)
- Latitude e Longitude - Sono le coordinate in gradi e frazioni, non si usano minuti e secondi per essere compatibili con il formato di Google Maps.
- Altitude - Indica la altezza in metri sul livello del mare.

La finestra RAW



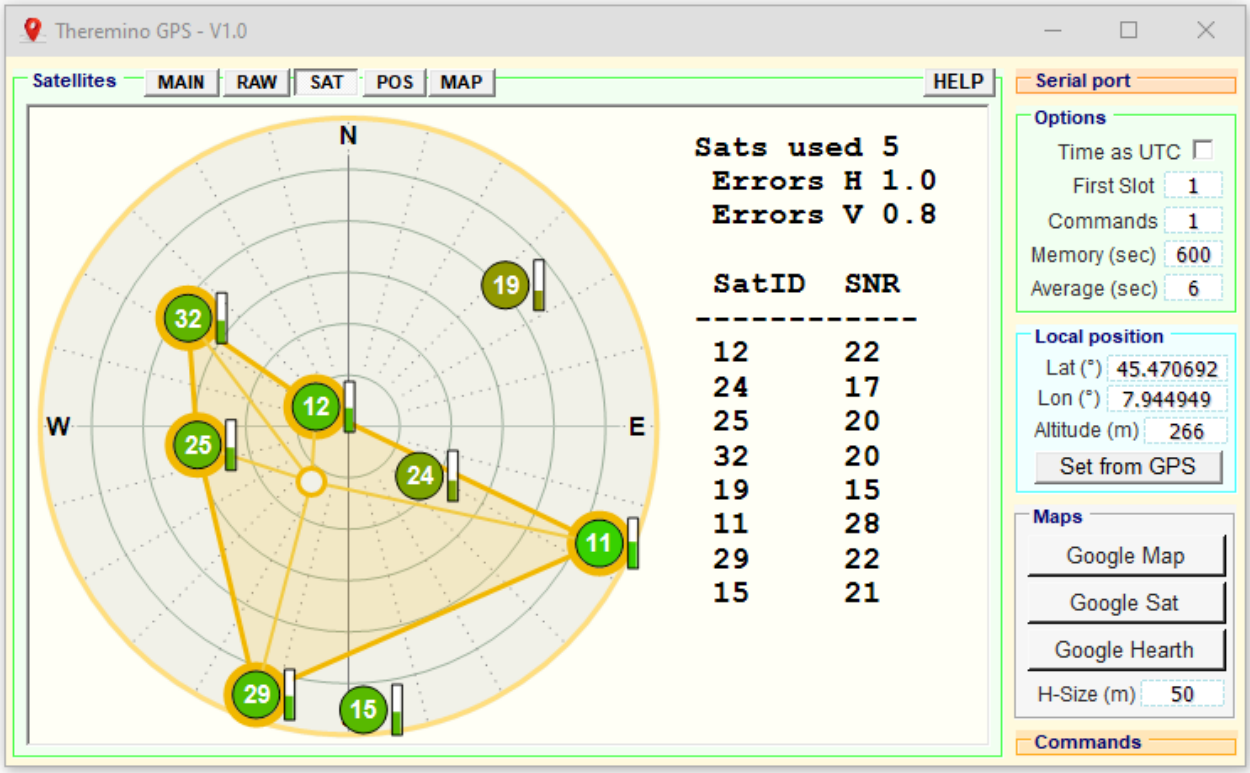
Premendo il pulsante "RAW" si apre questa pagina che mostra i dati grezzi provenienti dal modulo GPS.

Nella "Appendice 2" di questo documento potete trovare informazioni sul significato di queste righe secondo il protocollo NMEA.

- - - - - -

Potete trovare altre informazioni ed esempi
sui satelliti e sul protocollo NMEA, nella cartella "GPS \ DOCS"
apribile anche con il pulsante "Open docs folder" del pannello "Commands"

La finestra SAT



La pagina "SAT" indica quali sono i satelliti visibili, i loro identificativi e la forza del segnale di ogni satellite (colonna SNR nella tabella e barrette verticali).

La parte in alto a destra indica il numero di satelliti utilizzati e gli errori orizzontali e verticali in metri.

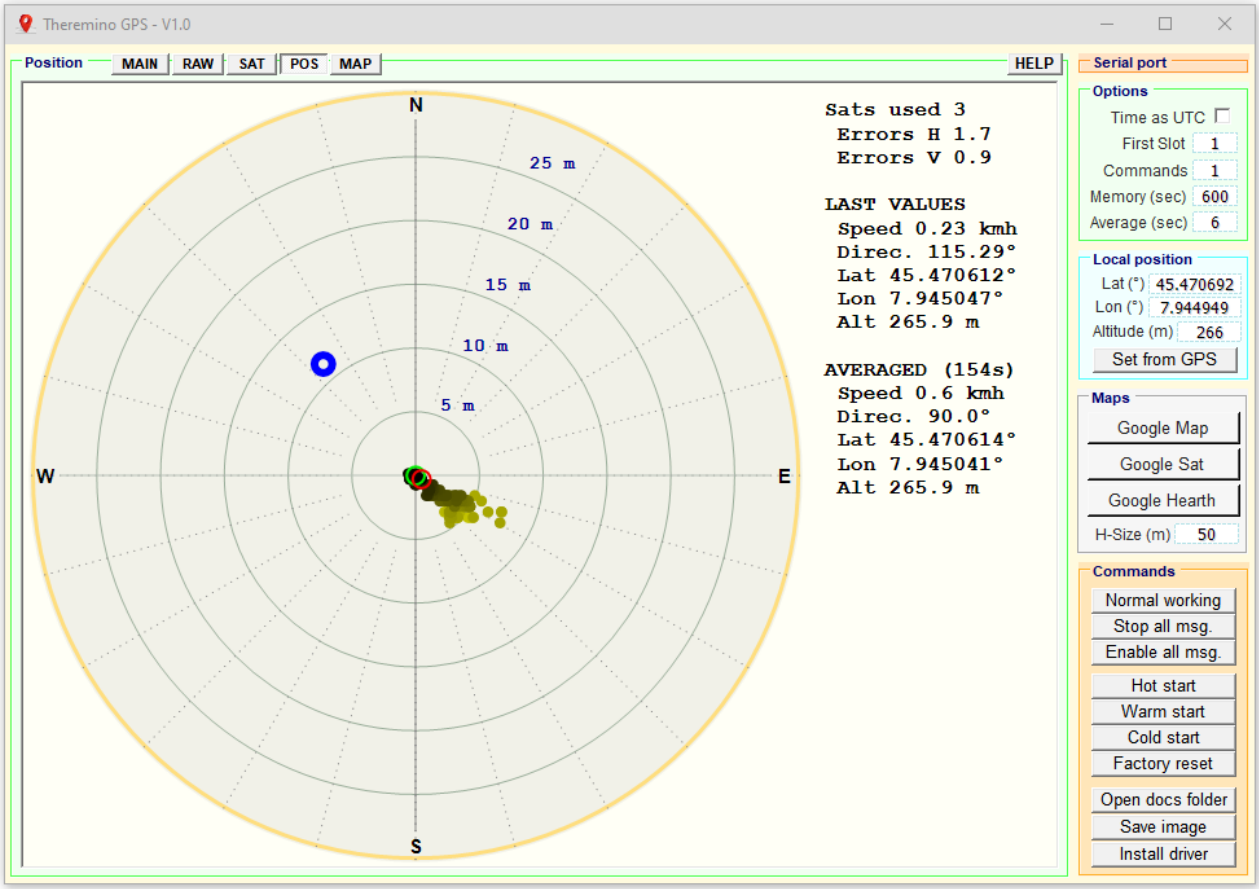
I satelliti utilizzati producono un poligono evidenziato in giallo che indica visivamente se sono distribuiti bene attorno al baricentro.

La migliore precisione in metri si ottiene con una buona distribuzione dei satelliti e con una buona forza dei loro segnali.

- - - - - -

Potete trovare altre informazioni sui satelliti nella cartella "GPS \ DOCS" apribile anche con il pulsante "Open docs folder" del pannello "Commands"

La finestra POS



Si può modificare lo zoom con la rotellina del mouse.

Le posizioni si aggiornano solo se gli errori H e V sono inferiori a 10 metri.

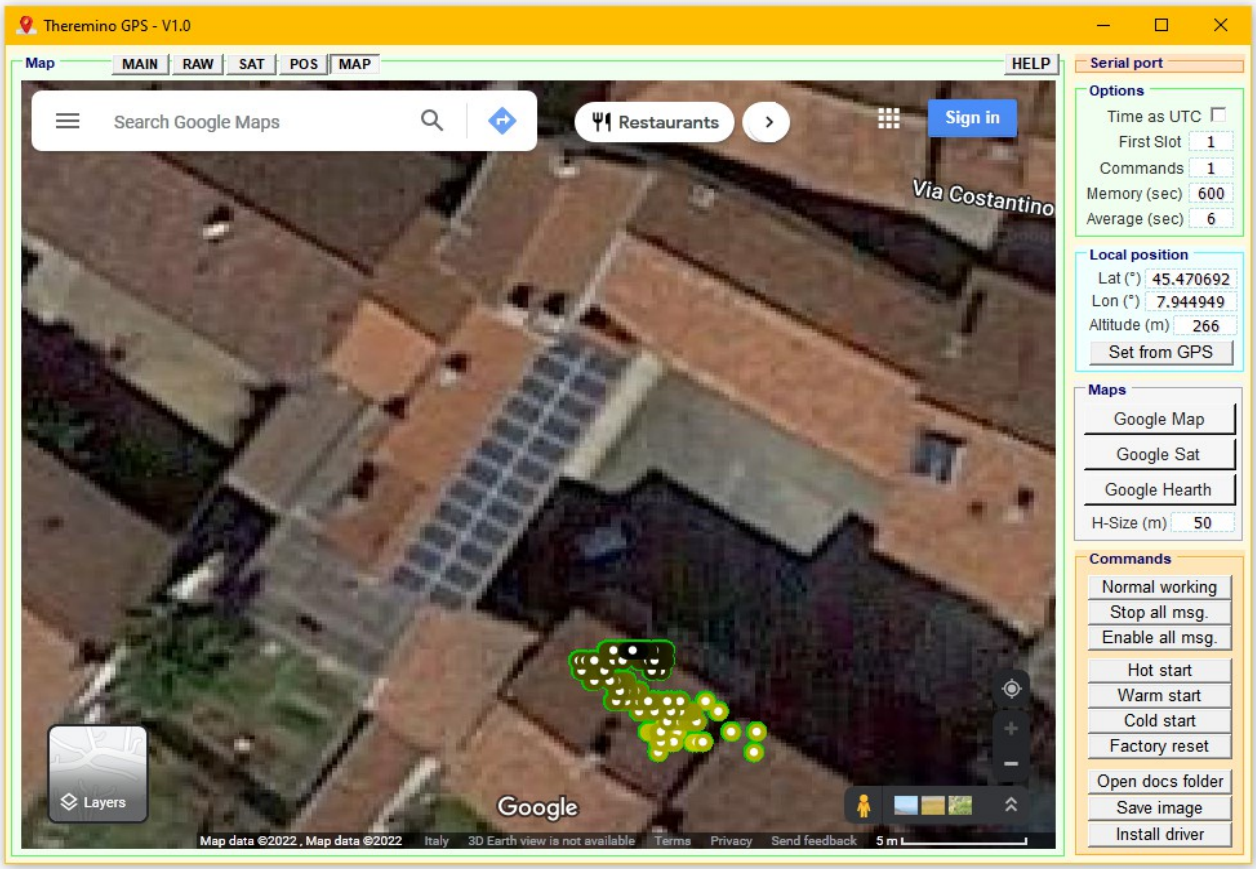
Le posizioni indicate sono:

- Cerchio ROSSO = Ultima posizione decodificata.
- Cerchio VERDE = Posizione media.
- Cerchio BLU = Posizione impostata nel pannello "Local position"

- - - - - -

Potete trovare altre informazioni sui satelliti nella cartella "GPS \ DOCS" apribile anche con il pulsante "Open docs folder" del pannello "Commands"

La finestra Google Maps



La pagina MAP si apre centrata sulla posizione media e la sua altezza in metri dipende dal valore che si è impostato in H-Size (nel pannello "Maps").

Questa è la pagina di Google Maps (tipo satellitare) con i punti della posizione ricavata dai segnali GPS.

I colori dei pallini più chiari indicano quali sono i più recenti.

Si può spostare la pagina con il tasto sinistro del mouse e la si può zoommare con la rotella.

- - - - - -

Potete trovare altre informazioni ed esempi
sui satelliti e sul protocollo NMEA, nella cartella "GPS \ DOCS"
apribile anche con il pulsante "Open docs folder" del pannello "Commands"