

Note su IZ2TVT e relativo HW

IZ2TVT sarà attivo dal 1 Aprile 2019 in modalità WSPR (Weak Signal Propagator Reporter) durante una traversata a vela nell'Oceano Indiano.

Si tratta di una traversata che partendo dalle Seychelles si concluderà nel nord del Madagascar per una durata stimata di 7/8 giorni ed una percorrenza di circa 700 miglia nautiche.

Durante una discussione avuta con lui è emersa l'idea di tracciare, per motivi diversi, la posizione del natante durante la traversata, usando tecnologie radioamatoriali. Scartate le vhf per poca copertura, soprattutto quando si è in mezzo al mare e lontano dalle coste. La scelta, obbligata direi, è stata quella di usare le HF che, propagazione permettendo, permettono nell'arco della giornata e della notte collegamenti anche a lunghe distanze.

E' stato deciso di usare in HF (30m) il protocollo WSPR per il numero potenziale di stazioni in ascolto sparse per il globo, e per la sua capacità di arrivare lontano usando potenze minime.

Sono stati scartati altri modi digitali perchè necessitano di computer, interfacce, etc nonché di una radio HF con un po' di watt (e soprattutto ampere) a disposizione. Si voleva realizzare qualcosa di semplice, compatto che funzionasse 24 ore al giorno e che soprattutto consumasse il minimo possibile, visto che l'energia elettrica è cosa preziosa su di una barca a vela..

Conoscevo da tempo grp-labs e i loro prodotti venduti in kit. Inoltre alcuni loro prodotti sono stati già usati per esperienze simili; vedi i paragrafi 'High Altitude Baloon' e 'Ocean Traking' nella pagina → <https://www.grp-labs.com/>

Il sistema che abbiamo realizzato è basato sul trasmettitore 'Ultimate3S QRSS/WSPR' venduto in kit da grp-labs e da una unità gps QLG1 disponibile sempre in [grp-labs.com](https://www.grp-labs.com)

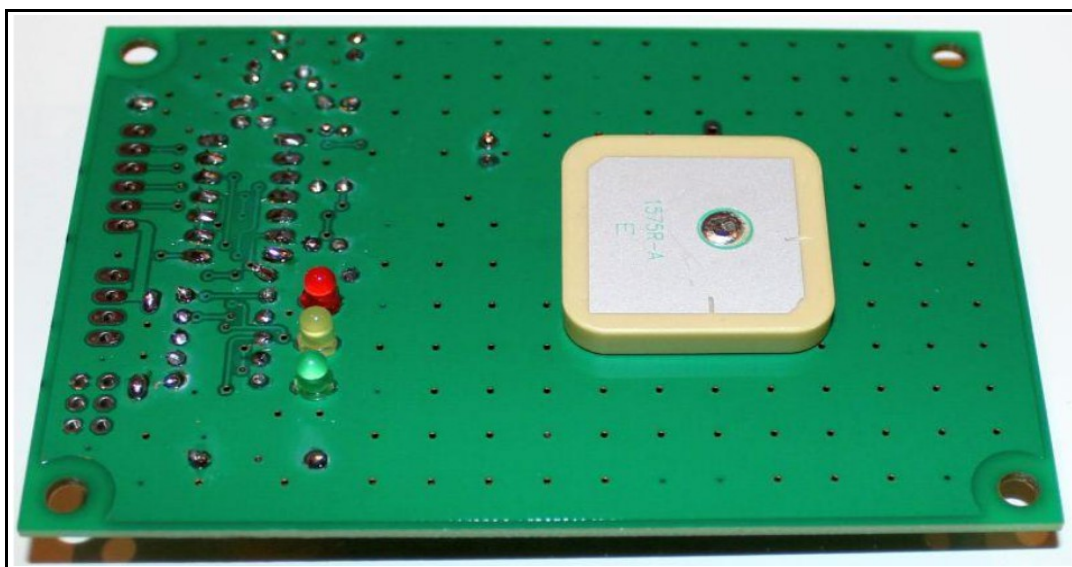
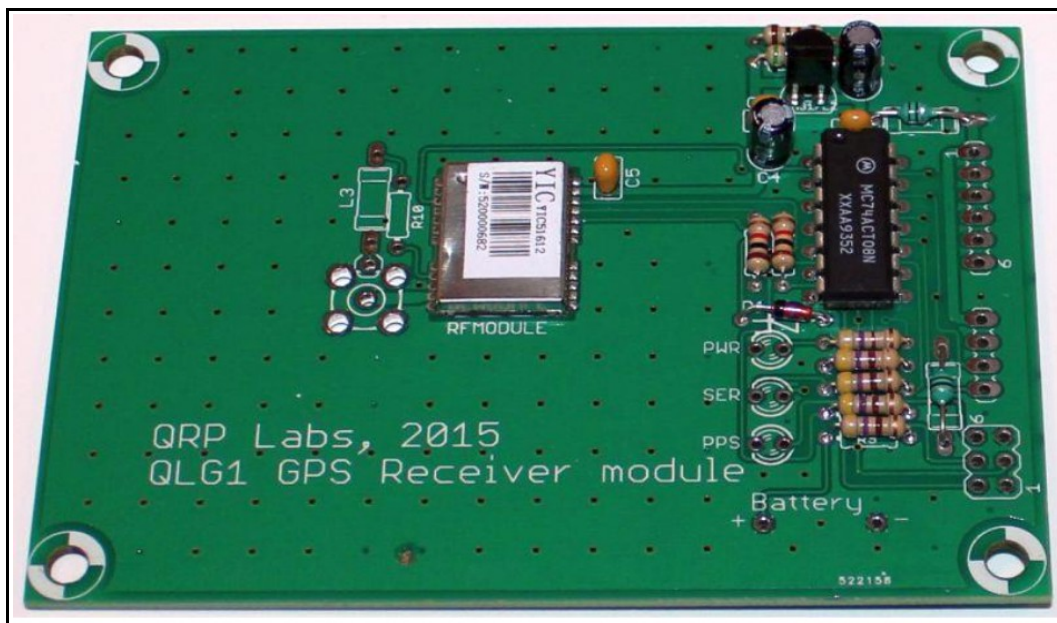
La somma di questi due dispositivi ed il locatore a 6 digit usato in wspr permette di ottenere e trasmettere una posizione stimata del natante in un raggio di 5 o 6 miglia, adatto al nostro scopo.

Il ricevitore proposto da grp-labs nel kit QLG1 --> <https://www.grp-labs.com/qlg1.html> è basato su di un modulo con nome YIC51612EB9600 prodotto da MediaTek il cui data sheet è visibile qui → https://www.grp-labs.com/images/qlg1/yic_module.pdf

Ha una accuratezza della posizione di 2/3 metri (vedi data sheet), accuratezza più che sufficiente per il nostro scopo.

Il protocollo di comunicazione di questo modulo GPS è basato sul direttive NMEA 0183 e relative specifiche.

Una foto del ricevitore kit GPS (QLG1) assemblato e relativa antenna patch (visibile sul lato led)



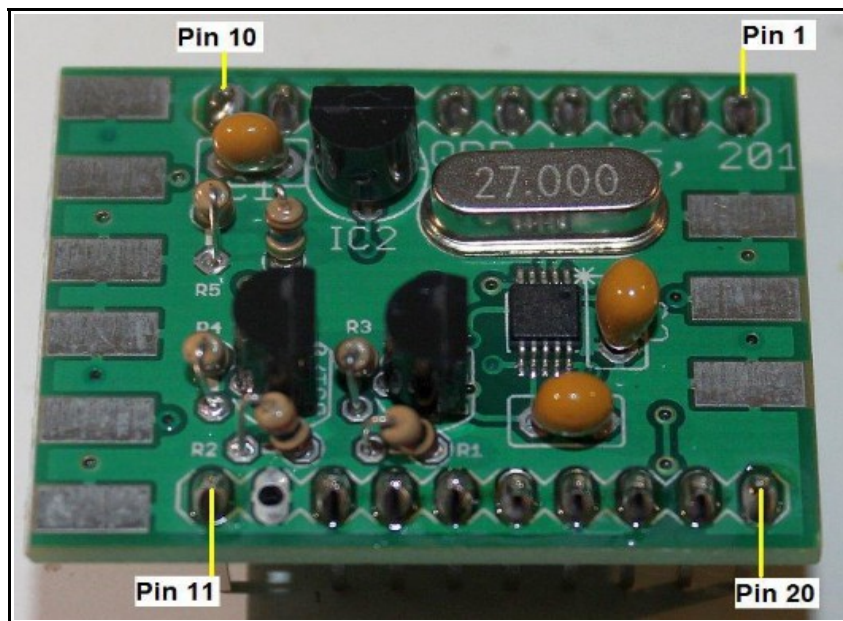
Il microprocessore (ATmega328) che controlla il sistema legge le stringhe di dati provenienti dal modulo GPS ed estrae varie informazioni incluse ora, latitudine e longitudine; informazioni che verranno utilizzate per costruire il messaggio WSPR ed identificare il minuto di inizio delle trasmissioni programmate.

Il sistema è composto da più circuiti stampati (PCB) connessi tra loro via connettori 'strip' con passo 2.54 mm.

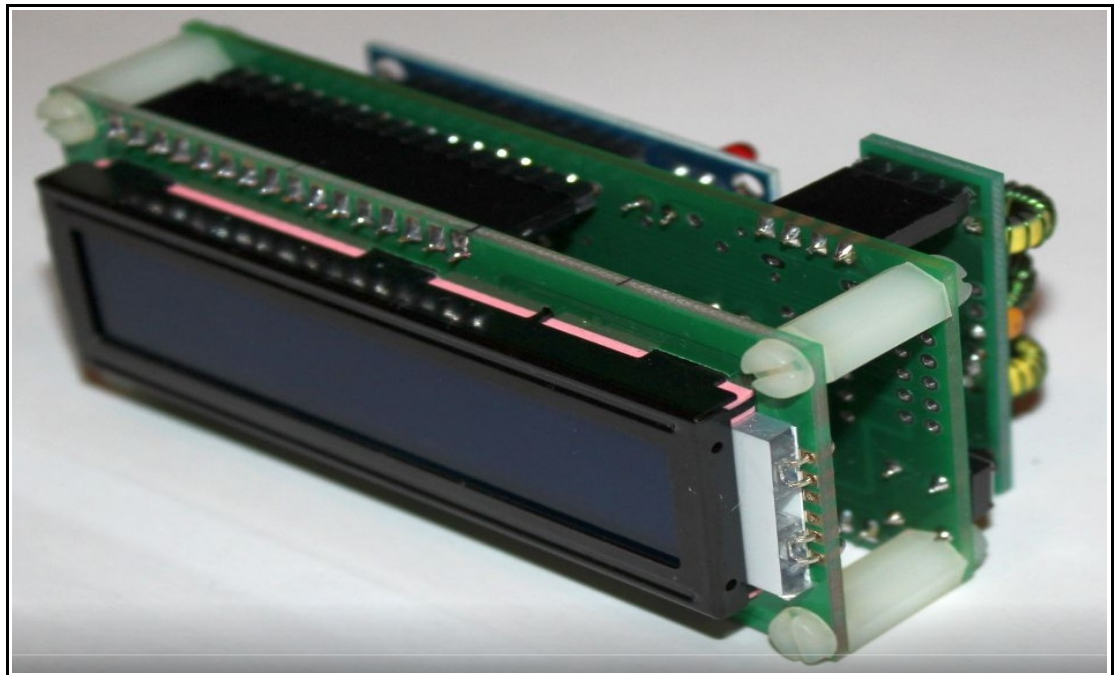
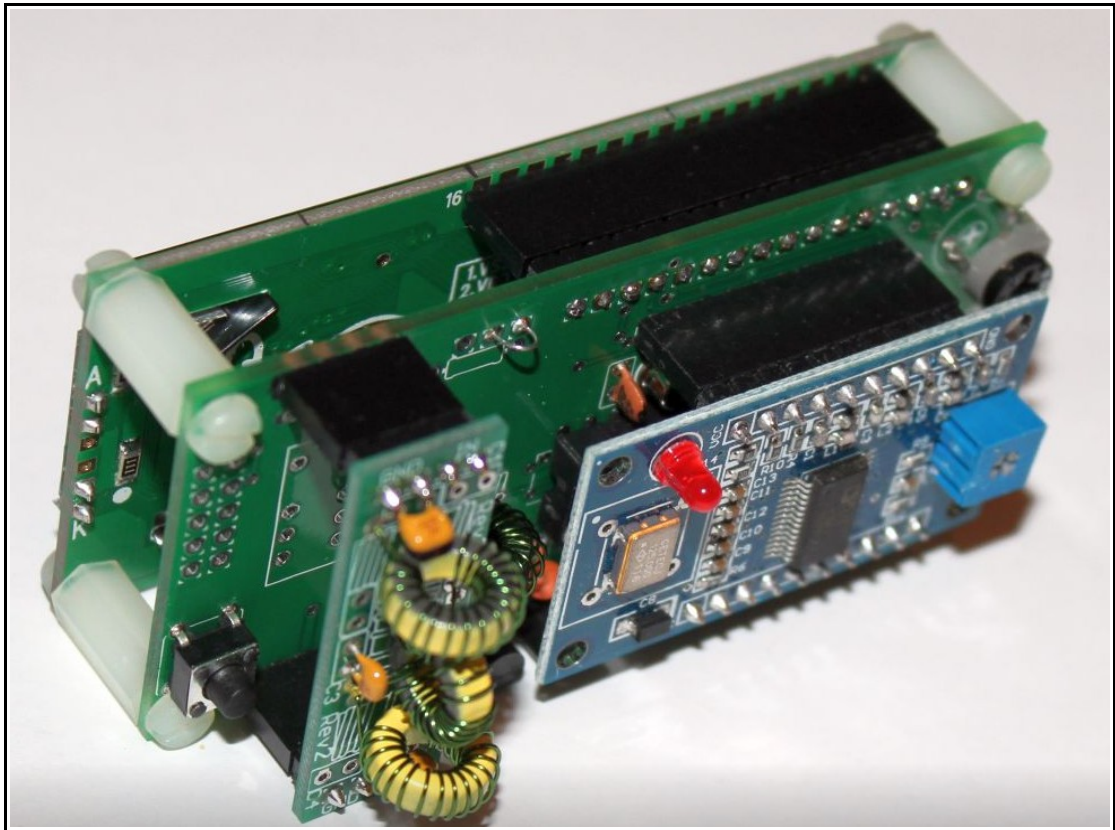
Il pcb principale (trasmettitore) include un micro controllore Atmega328 pre programmato con firmware per controllare due tasti usati per varie configurazioni, modulo LCD e interfaccia GPS. Il software viene fornito in formato 'object' del quale non sono disponibili i file sorgenti per scelte di qrp-labs.

Un secondo kit include un sintetizzatore Si5351A costruito da SiLabs.
Datasheets → <https://www.grp-labs.com/images/synth/si5351a.pdf>

Si5351 è un generatore di clock programmabile via interfaccia I2C. Può produrre tre onde quadre simultanee separati su una impedenza di 50-ohm con una frequenza che può variare tra 8 KHz e 200 Mhz. Foto del PCB popolata con i componenti. Variando opportunamente la frequenza di uno degli oscillatori si può implementare una modulazione dki tipo FSK. Foto del kit assemblato.



Un terzo pcb contiene il filtro passa basso tarato nel nostro caso per la banda dei 30m. Seguono un paio di foto che mostrano i tre pcb assemblati tra loro.



Il kit del trasmettitore nella sua versione base (vedi foto precedenti) fornisce qualche centinaio di milliwatts in output su di un carico di 50 ohm. Il segnale proveniente dal Si5351 viene amplificato da un BS170 (da uno a tre a scelta) collegati in modo per realizzare un amplificatore in classe E. Per scelta di IZ2TVT abbiamo aggiunto anche un amplificatore da alcuni watt che usa un IRF510 disponibile in kit presso qrp-labs.

Riassumendo, il sistema completo è composta da queste parti reperibili in kit e ordinabili in → <https://www.qrp-labs.com/>

- *Ultimate/2S QRSS/WSPR kit*
- *Si5351A Synthesiser kit*
- *Low Pass Filter kit*
- *5W HF PA kit*
- *QLG1 GPS Receiver kit*

Le relative pagine web dove è possibile trovare altre informazioni, approfondimenti e manuali di montaggio e uso dei kit.

→ <https://www.qrp-labs.com/ultimate3/u3s.html>

→ <https://www.qrp-labs.com/synth.html>

→ <https://www.qrp-labs.com/lpfkit.html>

→ <https://www.qrp-labs.com/pa.html>

→ <https://www.qrp-labs.com/qlg1.html>

Non ho ritenuto necessario inserire qui altre informazioni sui vari kits, vi rimando ai manuali per approfondimenti .

La costruzione non è particolarmente complessa, e le varie parti hanno funzionato al primo colpo...

Le parti SMD (Si5351) ed il modulo GPS vengono forniti pre saldati sui pcb.

Ci sono alcuni toroidi da avvolgere ma le spiegazioni nei manuali per la loro costruzione sono più che dettagliate.

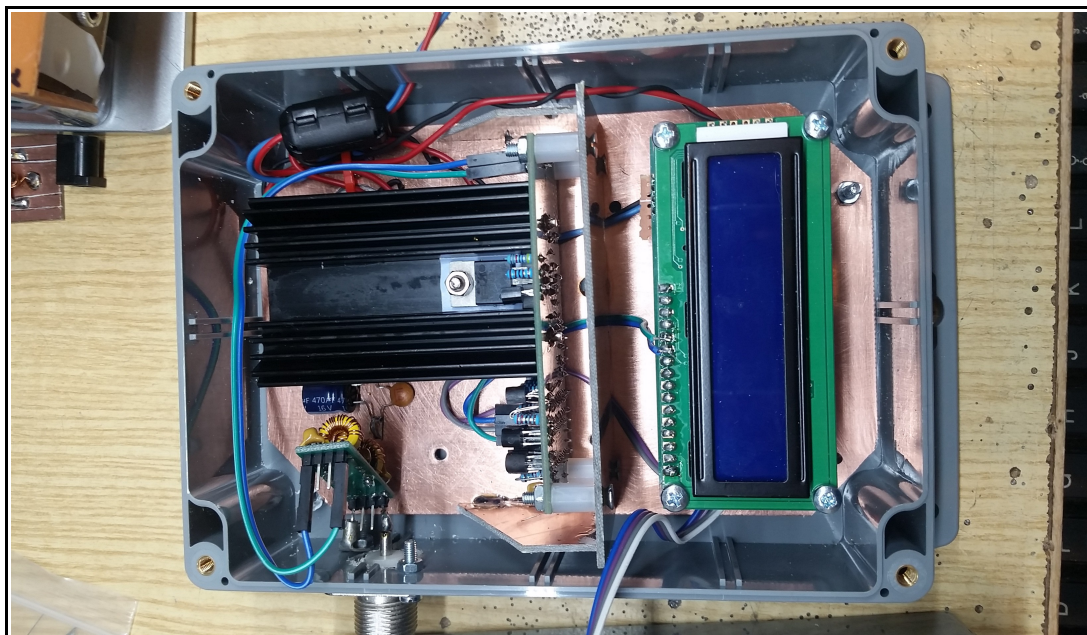
E' richiesta un minimo di esperienza nel montaggio di componenti su pcb e relativo cablaggio.

Il consumo di corrente è una cosa importante soprattutto se si tratta di una barca a vela come accennato in precedenza.

Durante la navigazione vengono disattivati tutti i dispositivi di bordo non considerati essenziali. Nonostante i consumi del nostro sistema siano relativamente bassi si è arrivati al compromesso di utilizzare 1 Watt in trasmissione e trasmettere 3 volte l'ora.

(si consumano più o meno 100-120 mA in ricezione e 200-300 mA in trasmissione)

Seguono alcune foto dei pcb assemblati e alloggiati nella loro sede definitiva:





*Il kit prevede diverse modalità di trasmissione come QRSS, WSPR, JT9, JT65 etc
Come già riportato in precedenza la scelta è caduta su WSPR .*

*WSPR prevede la trasmissione di un messaggio formattato che include un call, un
locatore e una indicazione della potenza usata per la trasmissione.*

*Il kit 'base' può funzionare anche senza modulo GPS. L'aggiunta del kit GPS è una opzione.
Se questo modulo è presente, ora e locatore vengono calcolati dal micro controllore usando i dati
di posizionamento data e ora ricevuti dal ricevitore GPS.*

Se il modulo GPS non è presente questi dati vanno inseriti manualmente in fase di configurazione.

*Nel nostro caso l'uso del GPS è stata una scelta obbligata, in quanto il nostro QTH è in movimento.
Usando un locatore 'fisso' avremmo perso la possibilità di tracciare questo movimento, che è
l'obiettivo di quanto abbiamo fatto.*

Non conosciamo il programma inserito nel micro controllore il cui codice sorgente non è disponibile, ma a grandi linee, questo è il funzionamento del sistema.

*Il ricevitore GPS dopo l'accensione necessita di un paio di minuti per stabilizzarsi.
Serve qualche tempo perchè il ricevitore agganci un numero minimo di satelliti
e sia in grado di fornire i dati di tempo (ora) e di localizzazione validi.
Quando stabile, alcuni flag nelle frasi NMEA in uscita da ricevitore gps indicano
che i dati sono validi e utilizzabili...*

*Il sw nel micro controllore non inizia a trasmettere finchè il ricevitore gps non fornisce
dati validi.*

*Ciclicamente il sw legge le stringhe NMEA ed estrae dalle stesse latitudine, longitudine
e ora. L'ora serve per sincronizzare l'orologio interno al controllore con quella ricevuta dal gps,
latitudine e longitudine per calcolare il locatore Maidenhead.*

*Alcuni settaggi del software permettono di stabilire il minuto di inizio della trasmissione
e il ritardo tra una trasmissione e l'altra.
Nel nostro caso la trasmissione inizia al minuto 0, 24 e 48 di ogni ora.*

Inoltre è possibile impostare la frequenza di trasmissione, nel nostro caso a 10.140200 Mhz

Quando l'orologio nel micro controllore raggiunge uno dei minuti di inizio trasmissione:

- Si costruisce il locatore a 6 digit Maidenhead partendo da latitudine e longitudine ricevute via GPS.*
- Si costruisce il messaggio WSPR da spedire
(ad esempio IZ2TVT/M JN45TQ 30)*
- Si comprime il messaggio e si applicano i vari algoritmi di correzione dell'errore
A questo punto abbiamo pronti i 162 bit da spedire e relativo tono scelto tra i quattro disponibili. (10.140200 + frequenza del tono).*
- Per ognuno dei 162 bit in base al tono relativo, si calcola la frequenza da impostare
nel sintetizzatore (Si5351A) . Assumendo 10.140200 come frequenza base.*

Tono 0 sarà → 10.140.200 + 0

Tono 1 sarà → 10.140.200 + 1.4648 Hz

Tono 2 sarà → 10.140.200 + 2.9296 Hz

Tono 3 sarà → 10.140.200 + 4.3944 Hz

*Si trasmette un tono per una durata di 0.6827 secondi, si ricalcola la frequenza del
tono successivo e si torna a trasmettere.*

*0.6827 secondi per ogni tono moltiplicato per 162 = 110.6 secondi
è il tempo necessario per trasmettere il messaggio...*

I dati raccolti dalle stazioni in ascolto (spot) sulle frequenze WSPR sono disponibili su sito www.wsprnet.org sia in formato tabellare che grafico.

Ad esempio questi sono parte degli spot registrati per IZ2TVT/M nelle ultime 24 ore durante i test (qth Monza).

Timestamp	Call	MHz	SNR	Drift	Grid	Pwr	Reporter	RGrid	km	az	# Spots
2019-03-12 18:48	IZ2TVT/M	10.140188	-20	0	JN45pn	1	DP0GVN	IB59uh	13003	186	17
2019-03-12 21:48	IZ2TVT/M	10.140189	-27	0	JN45pn	1	W1NEJ	EL96xi	7904	289	1
2019-03-12 21:24	IZ2TVT/M	10.140194	-23	0	JN45pn	1	W3HH	EL89vb	7859	292	3
2019-03-12 19:24	IZ2TVT/M	10.140188	-22	0	JN45pn	1	WD4AH	EL89rt	7827	293	17
2019-03-13 06:24	IZ2TVT/M	10.140193	-22	0	JN45pn	1	K4COD	EM73sc	7719	297	9
2019-03-12 21:24	IZ2TVT/M	10.140189	-21	0	JN45pn	1	K9AN	EN50wc	7449	305	6
2019-03-12 19:24	IZ2TVT/M	10.140188	-19	0	JN45pn	1	KD2OM	FN12gx	6555	302	28
2019-03-12 20:48	IZ2TVT/M	10.140201	-25	0	JN45pn	1	N2NOM	FN22bg	6494	300	4
2019-03-12 19:24	IZ2TVT/M	10.140203	-27	0	JN45pn	1	N2HQI	FN13sa	6486	301	2
2019-03-12 21:24	IZ2TVT/M	10.140195	-25	0	JN45pn	1	VE3CUS	FN14he	6472	303	1
2019-03-12 20:48	IZ2TVT/M	10.140189	-21	0	JN45pn	1	KK1D	FN31vi	6302	297	3
2019-03-13 10:48	IZ2TVT/M	10.140190	-26	0	JN45pn	1	WA9WTK	FN42fk	6189	298	1
2019-03-12 22:24	IZ2TVT/M	10.140197	-27	0	JN45pn	1	VE2NGO	FN35gl	6135	302	1
2019-03-12 19:24	IZ2TVT/M	10.140190	-17	0	JN45pn	1	AJ8S/1	FN44mf	6042	300	4
2019-03-12 18:48	IZ2TVT/M	10.140186	-21	0	JN45pn	1	EA8DBU	IL18oe	2995	239	1
2019-03-13 14:02	IZ2TVT/M	10.140186	-3	0	JN45pn	1	TF4M	HP85fp	2973	330	17
2019-03-13 14:26	IZ2TVT/M	10.140186	-19	-1	JN45pn	1	TF1VHF	HP84wl	2848	329	37
2019-03-13 09:00	IZ2TVT/M	10.140196	-18	0	JN45pn	1	EA8BFK	IL38bo	2770	235	23
2019-03-12 16:24	IZ2TVT/M	10.140190	-15	0	JN45pn	1	EA8/LA3JJ	IL38ar	2765	235	3
2019-03-12 18:50	IZ2TVT/M	10.140189	-22	0	JN45pn	1	OH8GKP	KP24rt	2358	19	32
2019-03-12 19:00	IZ2TVT/M	10.140188	-14	0	JN45pn	1	SM2KOT	JP95	2291	11	47
2019-03-12 19:48	IZ2TVT/M	10.140207	-27	0	JN45pn	1	SK2AU	KP04lq	2244	15	1
2019-03-13 09:02	IZ2TVT/M	10.140193	-22	-2	JN45pn	1	TA4/G8SCU	KM56ov	2061	110	11
2019-03-13 05:48	IZ2TVT/M	10.140200	-11	0	JN45pn	1	OH3NE	KP11ul	2000	23	3
2019-03-13 08:50	IZ2TVT/M	10.140197	-16	-1	JN45pn	1	OH3HTI	KP21ag	1991	23	17
2019-03-12 19:02	IZ2TVT/M	10.140187	-22	0	JN45pn	1	CS5SEL	IM58ks	1690	250	13
2019-03-13 14:00	IZ2TVT/M	10.140204	-12	0	JN45pn	1	SM0EPX/RX2	JO89si	1629	17	105

Note GPS e NMEA

Nelle telecomunicazioni il sistema GPS (Global Positioning System) è un sistema di posizionamento e navigazione satellitare di origine militare che attraverso una rete dedicata di satelliti artificiali in orbita, fornisce a un terminale mobile (o ricevitore GPS) informazioni sulle sue coordinate geografiche e il suo orario ovunque sulla terra dove il ricevitore GPS possa ascoltare il segnale proveniente da almeno 4 satelliti.

La localizzazione avviene tramite la trasmissione di un segnale radio da parte di ciascun satellite e l'elaborazione dei segnali ricevuti da parte del ricevitore.

Il sistema GPS è gestito dal governo USA ed è liberamente accessibile da chiunque sia dotato di un ricevitore GPS. Il suo grado di accuratezza è dell'ordine dei centimetri, in dipendenza dalla condizioni meteo, dalla disponibilità e dalla posizione dei satelliti rispetto al ricevitore, dalla qualità e tipo del ricevitore nonché delle influenze sul segnale radio che attraversa la ionosfera e troposfera.

(fonte Wikipedia) .

NMEA è uno standard nato per regolamentare la comunicazione tra dispositivi diversi usato principalmente nella nautica: ad esempio eco scandagli, plotter usati per la cartografia, dati dal motore, etc. L'ente che gestisce e sviluppa il protocollo è la National Marine Electronics Association.

Nel caso del nostro modulo GPS, quando alimentato e ricevuto un segnale valido di posizione e di tempo dai satelliti, fornisce i dati elaborati attraverso una interfaccia seriale via stringhe di dati codificate con protocollo NMEA-0183.

Se ad esempio collegassimo l'uscita del modulo GPS ad un PC (previo adattamento dei livelli logici) sul quale gira un programma per la comunicazione con la porta seriale (9600 bps, 8 data bits, no parity, 1 stop bits) vedremmo passare delle stringhe di dati più o meno come le seguenti

```
$GPVTG,200.48,T,M,1.36,N,2.5,K,A*00
$GPGGA,134805.000,5540.3160,N,01231.2940,E,1,10,0.8,12.8,M,41.5,M,,0000*6B
$GPGSA,A,3,03,22,06,19,01,14,32,11,28,18,,,1.8,0.8,1.6*3F
$GPRMC,134805.000,A,5540.3160,N,01231.2940,E,1.31,195.71,041112,,,A*64
$GPVTG,195.71,T,M,1.31,N,2.4,K,A*03
$GPGGA,134806.000,5540.3152,N,01231.2945,E,1,10,0.8,12.8,M,41.5,M,,0000*6C
$GPGSA,A,3,03,22,06,19,01,14,32,11,28,18,,,1.8,0.8,1.6*3F
$GPRMC,134806.000,A,5540.3152,N,01231.2945,E,1.88,191.48,041112,,,A*6F
$GPVTG,191.48,T,M,1.88,N,3.5,K,A*0F
$GPGGA,134807.000,5540.3144,N,01231.2954,E,1,09,1.0,13.9,M,41.5,M,,0000*6B
$GPGSA,A,3,03,22,06,19,01,14,32,11,18,,,2.0,1.0,1.8*39
$GPGSV,3,1,11,19,65,185,34,11,54,274,23,22,51,072,33,01,37,274,24*79
$GPGSV,3,2,11,03,35,170,22,14,33,110,25,32,26,212,18,06,24,158,21*7B
$GPGSV,3,3,11,28,22,320,12,18,15,055,17,09,07,033,17*42
$GPVTG,180.71,T,M,0.98,N,1.8,K,A*0A
```

In terminologia NMEA ogni stringa di dati viene chiamata 'sentence' o frase in italiano. Ogni frase ha una struttura del tipo:

\$PREFISSO,dato1,dato2,.....datoN*CHECKSUM

Il \$PREFISSO è la prima parte della stringa e serve a identificare il tipo di dispositivo con il quale stiamo colloquiando ad esempio autopilota, GPS, sonar, controllo della direzione, etc etc. Nel caso dell'utilizzo di un dispositivo GPS, il prefisso è \$GP seguito dal tipo della frase. Dato1, datoN sono i dati relativi al tipo di frase specifica e checksum è calcolato per verificare eventuali errori.

Con riferimento alle 'frasi' riportate sopra, ad esempio:

\$GP (prefisso per GPS)

GGA (tipo della frase)

Il nostro modulo GPS YIC51612EB9600 utilizza 6 tipi di frasi riassunte nella tabella che segue:

NMEA	Description
GGA	Global positioning system fixed data
GLL	Geographic position - latitude/longitude
GSA	GNSS DOP and active satellites
GSV	GNSS satellites in view
RMC	Recommended minimum specific GNSS data
VTG	Course over ground and ground speed

Come illustrato nella documentazione del kit del trasmettitore il nostro sistema utilizza solo 4 tipi di 'frasi' nmea, in particolare:

\$GPRMC → Latitude, Longitude, Validity flag

\$GPGSA → Type of fix, None, 2D, 3D

\$GPGGA → Number of satellites in fix, Altitude

\$GPGSV → Number of satellites being tracked, signal strength

Ad esempio, latitudine e longitudine vengono estratte dalle 'frasi' di 'tipo' RMC

Un esempio di frase di tipo RMC e relativa decodifica:

\$GPRMC,062407.000,A,4507.25481,N,00738.52978,E,52.2,66.7,050811,0.0,W,A*1E

RMC *Global Positioning System Fix Data*

062407.00 *Tempo 06:24:07.00*

A *Indicatore del Fix*
A = Fix Valido
V = Fix non valido

4507.25481,N *Latitudine*

00738.52978,E *Longitudine*

52.2 *Velocità 52.2 nodi*

66.7 *Direzione 66.7 gradi*

050811 *Data. 5 Agosto 2011*

0.0,W *Variazione rispetto al Nord magnetico*

A *Indicatore modalità di funzionamento:*
A = Autonomo
D = Differenziale
E = Navigazione stimata (dead reckoning)
M = Input Manuale
S = Simulazione
N = Dati non valid

Alcune note su WSPR e il suo protocollo

WSPR pronuncia 'wisper' o sussuro è l'acronimo di Weak Signal Propagation Reporter.

E' stato pensato ed implementato da John Taylor, premio Nobel per la fisica nonché radiamatore con call KIJT. Come proseguimento dei suoi interessanti sviluppi di sw ad uso radioamatoriale per lo scambio di brevi messaggi strutturati, principalmente per uso vhf e EME introduce nel 2008 la prima versione di WSPR.

WSPR è stato disegnato per condurre studi sulla propagazione usando potenze di trasmissioni molto ridotte che spaziano da pochi milliwatt a qualche watt.

Una trasmissione wspr usa messaggi strutturati di lunghezza fissa ai quali vengono applicati algoritmi per la correzione di eventuali errori che possono comparire durante la trasmissione via radio dei dati.

Un messaggio standard è composto da un call, un locatore ed un indicatore della potenza impiegata per la trasmissione. Ad esempio:

IW2IOL JN45 37

Dove

IW2IOL è il call di chi sta trasmettendo

JN45 è il locatore che descrive la località di trasmissione (QTH)

30 è la potenza di trasmissione (1 Watt) espressa in dBm

La tabella che segue riassume alcune conversioni Watts to dBm (0 dBm = 1 milliwatt)

0	dBm =	0.001	W
3		0.002	
7		0.005	
10		0.01	
13		0.02	
17		0.05	
20		0.1	
23		0.2	
27		0.5	
30		1	
33		2	
37		5	
40		10	
43		20	
47		50	
50		100	
53		200	
57		500	
60		1000	

Nel caso il messaggio contenga un call composto esempio IZ2TVT/M o un locatore a 6 digit, casi entrambe veri nella nostra implementazione, il messaggio necessita di due trasmissioni distinte per essere trasferito (2 + 2 minuti in totale).

La prima trasporta il nominativo composto e la potenza usata.

La seconda trasporta il call (hashed), il locatore a 6 digit e potenza.

Il messaggio iniziale ad esempio 'IW2IOL JN45 30' viene compresso da un algoritmo per ridurre la lunghezza e minimizzare come conseguenza i tempi di trasmissione.

Un messaggio standard dopo che e stato compresso ha una lunghezza di 50 bit.

Servono 28 bit per codificare un call, 15 bit per codificare il locatore e 7 bit per codificare la potenza usata

IW2IOL JN45 30

28 + 15 + 7 = 50 bit

In seguito si applica al messaggio un algoritmo di FEC (Forward Error Correction) e convoluzione con $K=32$, rate $r=1/2$.

*Quindi numero di bit nel messaggio da spedire diventa $(50 + K - 1) * 2 = 162$.*

In un sistema di telecomunicazione il termine Forward Error Correction (FEC) indica un meccanismo di rilevazione e successiva correzione degli errori a valle di una trasmissione digitale ottenuta grazie alla codifica di canale, ovvero attraverso l'introduzione di ridondanza di bit al flusso informativo. In particolare il parametro FEC indica quanti dei bit trasmessi vengono utilizzati per correggere eventuali errori in ricezione. (Wikipedia).

Da notare che al nostro messaggio 'utile' che è lungo 50 bit, vengono aggiunti 112 bit di 'extra' informazioni che hanno l'unico scopo di correggere eventuali errori introdotti dalla trasmissione via radio (qsb, qrm, qrn, etc)

Per la trasmissione di un singolo messaggio di 162 bit servono 110.6 secondi per una velocità di trasmissione di 1.4648 baud.

I bits componenti il messaggio sono trasmessi via radio usando una modulazione FSK a 4 toni, con una separazione tra un tono e l'altro di 1.4648 Hz. (ogni tono ha una durata di 0.6827 secondi) per una banda passante risultante di circa 6Hz.

*Il rapporto tra segnale e rumore su di una banda passante di riferimento di 2500 Hz (ssb) vale più o meno -28dB (circa $10 * \log(6 / 2500)$).*

Ogni trasmissione deve obbligatoriamente iniziare ad un minuto pari, entro il primo secondo dello stesso.

Quale tono usare dei 4 disponibili per 'trasmettere' ogni singolo bit ?

Nella cartella di installazione di WSPR (non WSJT-X) c'è un eseguibile con nome WSPRcode.
Digitando → **WSPRcode IW2IOL JN45 30** ottengo l'output che segue:

C:\Users\user1\Downloads>wsprcode "IW2IOL JN45 30"
Message: IW2IOL JN45 30

Source-encoded message (50 bits, hex): 7F AF FC 37 89 77 80

Data symbols:

0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1
1 0 1 1 1 1 1 1 1 0 1 1 0 0 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 0 0
0 0 1 0 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 1 1 0 1 0 1 1 0 1 1 0 1 1 1 1 1
1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 1 0 0 1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 1 1 0 1 0
1 0 1 1 0 0 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0 0
1 1 0 0 0 0 1 1 1 1 1 1

Sync symbols:

1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0
0 0 0 0 1 0 0 1 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 1 1 0 0 1 1 0 1 0 0 0 1
1 0 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 1
1 0 1 0 1 0 0 0 1 0 0 0 0 0 1 0 0 1 0 0 1 1 1 0 1 1 0 0 1 1
0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 0 0 1 0 1 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0 1 1 0
1 0 1 1 0 0 0 1 1 0 0 0

Channel symbols:

1 1 0 2 2 0 0 2 3 2 2 0 3 3 3 0 2 0 1 0 2 3 2 3 3 3 1 0 0 2
2 0 2 2 3 2 2 3 2 1 2 2 0 0 2 0 3 2 3 1 2 0 1 1 2 3 2 2 0 1
1 0 3 0 2 0 2 3 3 0 1 0 3 2 3 2 1 2 0 3 2 0 3 2 1 3 2 2 2 3
3 0 1 0 1 2 0 2 3 2 2 0 2 0 1 2 0 3 0 2 1 1 1 2 1 3 2 0 3 1
2 1 2 2 0 1 1 1 0 2 2 0 0 3 2 3 0 0 1 1 2 0 2 2 2 2 0 1 1 0
3 2 1 1 0 0 2 3 3 2 2 2

Decoded message: IW2IOL JN45 30 ntype: 30

Come interpretare l'output del comando.....

Il messaggio originale IW2IOL JN45 30 è stato compresso in 50 bits come visibile qui sotto:

Source-encoded message (50 bits, hex): 7F AF FC 37 89 77 80

(espressi in esadecimale)

In seguito, è stato applicato a questi 50 bits iniziali, contenete il dati 'utili' (call, locatore, watts) l'algoritmo di FEC e convoluzione che portata la lunghezza del messaggio a 162 bits come visibile di seguito.

Data symbols:

```
000110011110111010001111110001
101111111011001011101000111100
001010111000111101011011011111
100001011110100101010001011010
101100000110011100001011110000
110000111111
```

Il programma costruisce inoltre questo vettore di simboli (bit) pseudo casuali che vengono usati per motivi di sincronizzazione tra trasmittente e ricevente.

Sync symbols:

```
110000001000111000100101111000
000010010100000010110011010001
101000011010101010010010110001
101010001000001001001110110011
010001110000010100110000000110
101100011000
```

*La combinazione tra i bit **Data Symbol** e **Sync Symbol** stabilisce quale tono usare per la trasmissione di un singolo bit. I numeri da 0 a 3 indicano quale dei 4 toni sarà utilizzato per trasmettere il relativo bit di dati (Data) e sincronizzazione (Sync) .*

Channel symbols:

```
110220023220333020102323331002
202232232122002032312011232201
103020233010323212032032132223
301012023220201203021112132031
212201110220032300112022220110
321100233222
```


Delle stringhe di dati precedenti riporto per semplicità la prima riga e prendo in considerazione il valore dei bit che compongono le due stringhe Data e Sync uno a uno da sinistra a destra. I diversi colori riportano toni diversi (da 0 a 3) in base alla combinazione dei due bit.

Data symbols: 0 0 0 1 1 0 0 1 1 1 0 1 1 1 0 1 0 0 0 1 1 1 1 1 1 0 0 0 1
 Sync symbols: 1 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 1 1 1 0 0 0 1 0 0 1 0 1 1 1 1 0 0 0
 Channel symbols: 1 1 0 2 2 0 0 2 2 2 0 3 3 3 0 2 0 1 0 2 3 2 3 3 3 1 0 0 2

Data	Sync	Tono (Channel)	
0	0	0	+0.0000 Hz (Tono 0)
0	1	1	+ 1.4648 Hz (Tono 1)
1	0	2	+ 2.9296 Hz (Tono 2)
1	1	3	+ 4.3944 Hz (Tono 3)

Assumendo una frequenza centrale di 1400 Hz il tono trasmesso avrà frequenza:

Tono 0 = 1400.0000 Hz
 Tono 1 = 1401,4648 Hz
 Tono 2 = 1402, 9296 Hz
 Tono 3 = 1404,3944 Hz