

COSTRUZIONE DI UN RADIOTELESCOPIO AMATORIALE

DISEGNARE RADIOMAPPE DEI TRANSITI DELLE RADIOSORGENTI COSTRUENDO UNA PARTICOLARE ED ECONOMICA MONTATURA PER LA PARABOLA DOTATA DI SCHEDE DI CONTROLLO E SOFTWARE DI GESTIONE DEDICATO

Nel 2020 ho acquistato il ricevitore "Total Power" **RAL10TS** di **RadioAstroLab** ed una **parabola satellitare (offset) da 125cm**, dotata di un buon **LNB** banda K (usuale TV-SAT).

L'idea era quella di costruire un piccolo radiotelescopio amatoriale per capire quali risultati concreti avrei potuto ottenere e se valesse la pena pensare ad un successivo miglioramento, in particolare con riferimento ad un'antenna più grande ed alla possibilità di operare anche a frequenze diverse.

Premetto che sono amante dell'autocostruzione e che coltivo da sempre l'hobby dell'elettronica ed anche un po' dell'informatica. Ho svolto anche una modesta attività di radioamatore con il nominativo IW7BHL.

Ho scartato a priori, ovviamente, l'autocostruzione dell'antenna e del ricevitore ed ho deciso, però, che tutto il resto avrei cercato di realizzarlo da solo.

Così all'inizio di settembre mi sono dedicato alla costruzione della montatura della parabola, le cui caratteristiche dovevano essere:

- *robustezza meccanica, per evitare vibrazioni ed essere resistente al vento;*
- *capacità di consentire il movimento verticale della parabola, che preferibilmente avrei puntato a SUD;*
- *motorizzazione per il comando di movimento in remoto;*
- *sensore di rotazione per avere almeno un'idea sommaria dell'altezza di puntamento.*

Saldatrice alla mano ho usato quattro normali profilati in ferro 30x30mm della lunghezza di un metro: due saldati a croce per realizzare la base di appoggio, altri due verticali per reggere l'asse di rotazione della parabola, riuniti in sommità da una traversa 25x25mm. Il tutto rinforzato con altro quadretto obliquo 25x25mm, inclinato, che unisce la traversa con il braccio posteriore della base.

Ho applicato, bullonandolo, un attuatore lineare tra la parabola e l'asta 25x25 obliqua, in maniera da poterne modificare da remoto l'angolo di puntamento. Pertanto ho ottenuto una antenna ben ferma per essere bloccata in tre punti (due asse di rotazione e terzo attuatore stesso).

Ho prevista la possibilità di spostare il punto di applicazione dell'attuatore rispetto all'asta obliqua: ciò per consentire il movimento della parabola da 0° a 110° suddiviso in almeno tre intervalli (ne ho previsti di più). L'ancoraggio si sposta con estrema facilità, poiché è fermato con un bullone dotato di dado a

farfalla. Tenuto conto dell'offset di 21° ho possibilità di puntamento da 21° sopra l'orizzonte a $(110+21-90) = 41^\circ$ oltre lo Zenit. Alla mia latitudine arrivo a puntare il Polo Nord celeste.

Ho applicato all'asse di rotazione della parabola un goniometro e un potenziometro lineare, la cui tensione di uscita mi consente da remoto di conoscere l'angolo di puntamento. Ho predisposto un foglio di calcolo per la conversione tensione/gradi.

Ho infine forato gli estremi dei quattro bracci della base per il fissaggio al suolo con perni di lunghezza adeguata per consentirne il livellamento.

Tutto questo ha avuto un costo esiguo ed ha richiesto pochi giorni di lavoro, inclusa la verniciatura.

Ho installato l'antenna sul solaio di copertura, piano, della mia casa ed ho iniziato le prime osservazioni, collegando il ricevitore RAL10TS, che interagisce col PC attraverso il software ARIES in dotazione.

Il ricevitore si è dimostrato veramente eccezionale (tutte le caratteristiche sono evincibili dall'esauriente documentazione presente sul sito di RadioAstroLab) ed anche l'antenna, GIBERTINI OP125L (Gain > 41dB a 10.7 Ghz – Fascio di ricezione a -3dB di 1.32° - Efficienza 70%) si è dimostrata all'altezza.

E' stato emozionante, per me, osservare per la prima volta, e con facilità, i transiti del sole e della luna! Ma a questo punto sono iniziati anche i primi problemi che mi hanno stimolato a fare di più.

Ho constatato infatti come alla mia latitudine, a circa 40° di altezza sull'orizzonte, operano i satelliti TV geostazionari, che tenuto conto dei lobi (principale e secondari) di radiazione della mia antenna e della banda K su cui opero, pregiudicano la ricezione delle radiosorgenti in una fascia abbastanza ampia intorno ai suddetti 40° .

Ho pensato allora di modificare la montatura, che avevo realizzato e già fissato, in maniera da consentirne anche il movimento azimutale, utile per "scansare" i satelliti. Ho potuto farlo imperniandola al centro, su una base quadrata perfettamente livellata, dopo aver applicato all'estremità dei bracci della base apposite ruote. L'insieme ha conservato una buona rigidità e assenza di vibrazioni, anche perchè ho coperto la base quadrata con uno spesso tappeto in gomma, che funge da ammortizzatore ed elimina i giochi. Regolando la giusta pressione di contatto delle ruote col tappetino (la montatura è bloccata in altezza dal perno centrale) si ottiene una perfetta aderenza.

Ho aggiunto relativamente alla rotazione azimutale un altro sensore potenziometrico, un goniometro ed un secondo attuatore lineare, che mi consente variazioni di azimut di 30° e quindi, attualmente con riferimento al SUD, puntamenti da 165° a 195° .

Ho applicato infine in prossimità dei goniometri due telecamere (da auto), da pochi euro, che mi permettono la lettura in remoto della direzione di

puntamento dell'antenna sia in Altezza che in Azimut.

Ho realizzato anche una scatola di comando per il controllo manuale, in remoto, del movimento degli attuatori e della relativa velocità. La scatola è dotata di voltmetro per la lettura dei sensori angolari.

A questo punto, spostando la parabola con il RAL10 in funzione, visualizzando il grafico della radiazione ricevuta e, contemporaneamente sul monitor, il valore degli angoli di puntamento in coordinate azimutali, ho potuto tracciare manualmente una bozza di mappa sulla quale ho annotato le posizioni dei fastidiosi satelliti TV.

Ma i satelliti non vengono rilevati dall'antenna come sorgenti puntiformi, anche per la convoluzione dei segnali provenienti dal lobo principale di ricezione e da quelli secondari, con la conseguenza che la zona di disturbo si estende ad un intorno anche di alcuni gradi e con intensità variabile. Difficile e troppo laborioso disegnare tutto questo! Ho pensato così di scrivere un apposito software che riportasse su mappa i campioni registrati dal software ARIES in un file con il formato seguente:

<u>Data</u>	<u>Ora</u>	<u>Radiazione</u>
-------------	------------	-------------------

.....

03/02/2021	11:11:07.210	11062
------------	--------------	-------

03/02/2021	11:11:07.432	10111
------------	--------------	-------

03/02/2021	11:11:07.642	8531
------------	--------------	------

03/02/2021	11:11:07.850	7188
------------	--------------	------

03/02/2021	11:11:08.026	6282
------------	--------------	------

03/02/2021	11:11:08.234	6102
------------	--------------	------

03/02/2021	11:11:08.440	6400
------------	--------------	------

03/02/2021	11:11:08.648	6547
------------	--------------	------

.....

La frequenza di campionamento è di circa 5cp/sec

Per poterlo fare era necessario muovere la parabola alternativamente dall'alto in basso in maniera da ottenere una serie di scansioni al progredire della rotazione della volta celeste o dell'avanzamento azimutale.

La scheda di pilotaggio della parabola avrebbe dovuto poi inviare al PC i segnali di sincronismo (istanti di inversioni del moto) in maniera da incrociarli poi con la sequenza dei campioni. La mappa sarebbe stata disegnata associando un'ascissa a ciascuna scansione, la stessa per tutti i campioni riferiti ad essa, mentre a ciascun campione sarebbe stata segnata anche un'ordinata progressiva, in funzione dell'istante di campionamento rapportato all'intervallo di tempo compreso tra i sincronismi.

Ho progettato e realizzato prima di tutto un prototipo di scheda di comando con pochi componenti:

- un LM358 – doppio operativo

- un 40106 – sei trigger invertenti
- un 4043 – Flip-Flop R/S
- un NE555 – multivibratore (stato monostabile)
- due BC 328 (transistor)
- due Relais
- tre potenziometri lineari
- la scheda di un mouse economico, “sventrato”
- qualche LED, resistenze, condensatori, ecc.

su un supporto per montaggi provvisori, ed è ancora così, perfettamente funzionante, in attesa che il progetto diventi definitivo e sia assemblata in modo stabile.

Ho sviluppato successivamente, e per gradi, il software, inizialmente utilizzando Visual Basic 6 – Enterprise, con cui avevo familiarità, poi per incompatibilità con le ultime versioni di Window 10, sono passato a Visual Studio 2019 e, in particolare, all'ultima versione di Visual Basic.net, approfondendo le modifiche sintattiche introdotte nel tempo, specialmente relativamente alla grafica.

In particolare, attivato il movimento alternativo della parabola tra due limiti angolari prefissati, possibilmente puntandola a SUD, procedo ad avviare la registrazione col software ARIES dei campioni di radiazione rilevati dal RAL10TS.

Al transito dell'ascensione retta (RA) corrispondente a quello che sarà il lato destro della mappa avvio anche, dal mio software che ho chiamato **Radio_Map**, la registrazione dei sincronismi relativi al movimento della parabola. Al transito della RA corrispondente alla fine dell'osservazione (lato sinistro della mappa) arresto in sequenza i software Radio_Map e ARIES, chiudendo le sessioni di registrazione, e quindi blocco il movimento della parabola disalimentando la scheda.

I dati registrati con ARIES sono quelli nel formato sopra riportato, mentre quelli registrati dal mio software Radio_Map hanno il seguente formato:

```

1          Modalità
+036.30   Yo
+047.30   Yn
+346.64   Xo
+347.80   Xn
23.005    Tciclo
0.1055    deltaX
3600      (LTime-UTC)
00299.064 Durata in sec
012       Scansioni
02/03/2021 12:12:18 - V=60
43938.069->43950.461 12.392
43966.813->43988.873 22.060
43998.722->44010.748 12.026
44020.509->44032.571 12.062
44042.244->44054.428 12.184

```

44064.304->44076.346	12.042
44086.053->44097.942	11.889
44107.674->44119.580	11.906
44129.255->44141.125	11.870
44157.412->44178.717	21.305
44188.774->44201.122	12.348
44216.691->44237.133	20.442

In questo esempio si tratta di 12 scansioni di circa 12 secondi (ho utilizzato solo la fase ascensionale della parabola). I sincronismi sono in sec a tre cifre decimali misurati a partire dalle ore 00:00:00. Ciascuna scansione dista dalla successiva di 0,1055° RA. La mappa ha larghezza (dRA) da 347,80° a 346,64 ed altezza (dDEC) da +36,30° a 47,30°.

La scheda provvede ad invertire il moto della parabola con riferimento a due diversi livelli di tensione inviati dal sensore comparati, tramite il circuito integrale operativo LM358, con altrettanti, fissi, selezionati con due distinti potenziometri lineari.

La scheda è in grado anche di avviare, se necessario, piccoli avanzamenti azimutali della montatura fra due scansioni, necessari per tracciare la mappa dei fastidiosi satelliti TV, e, comunque, delle radiosorgenti fisse presenti nella porzione di cielo oggetto di studio. In questo caso il formato dei dati di sincronismo è leggermente diverso.

Il mio software incrocia quindi i miei dati con quelli di ARIES ottenendo un terzo file in questo formato (breve parte della sequenza):

```

.....
-> (+346.640 +041.62) R 16373
-> (+346.640 +041.80) R 16373
-> (+346.640 +041.97) R 16373
-> (+346.640 +042.16) R 16373
-> (+346.640 +042.34) R 16373
-> (+346.640 +042.52) R 15835
-> (+346.640 +042.71) R 12244
-> (+346.640 +042.90) R 09739
-> (+346.640 +043.07) R 08755
-> (+346.640 +043.27) R 09080
.....

```

La freccia -> indica che i dati sono riferiti alla rampa in salita della parabola, è opzionale utilizzare anche quelli in discesa, seguono tra parentesi le coordinate dei campioni nel formato scelto (Azimutali o Equatoriali), in questo caso sono in RA e DEC, e quindi il valore R della radiazione rilevata dal ricevitore "Total Power" RAL10TS.

A questo punto ho finalmente la possibilità di costruire una mappa a video assegnando a ciascun pixel, di coordinate ormai note, una luminosità/colore correlata alla radiazione.

Attualmente ho sospeso le osservazioni per dare l'assetto definitivo al software con le seguenti finalità:

1) assegnare le coordinate celesti del centro mappa e l'ampiezza della mappa in deltaRA e deltaDEC, per ottenere in funzione della latitudine,

longitudine e offset dell'antenna:

- *i gli estremi dell'intervallo di movimento angolare della parabola*
- *l'istante del transito di RA corrispondente all'estremo sinistro della mappa, e quindi quando avviare la registrazione dei sincronismi;*
- *la durata della registrazione, cioè il tempo necessario al transito di RA corrispondente al lato destro della mappa;*

2) disegnare la mappa e le sezioni trasversali con diverse modalità di rappresentazione (spettri) in maniera da evidenziare, anche a colori e con appositi algoritmi, la presenza di radiosorgenti;

3) rappresentare una griglia angolare sulla mappa, effettuare lo zoom e lo spostamento dell'immagine;

4) effettuare misurazioni su punti e aree selezionate;

5) avviare e chiudere in automatico le sessioni di registrazione.

Il software fa già tutto questo ed al momento sto solo provvedendo ad effettuare piccoli miglioramenti e ad eliminare qualche BAG residuo che si presenta ogni tanto.

Ho previsto anche l'uso di un file, in formato testo, dove posso, con un semplice editor, elencare il centro mappa di aree/radiosorgenti da osservare, riportando le relative RA e DEC in questo formato:

	Flusso	RA	DEC
Sole	40000 2500000	(variabili)	
Luna	30000	(variabili)	
Cas_A	2400	600 23h23m21.0s	+58g49'59"
Cyg_A	1590	100 19h59m28.3s	+40g44'02"
M17		550 18h20m26.0s	-16g10'36"
Ori_A	520	470 05h35m15.0s	-05g22'49"
Sgr_A	1600	300 17h46m04.0s	-28g51'00"
Tau_A	875	500 05h34m30.0s	+22g00'57"

La lista compare su un apposito controllo (multifunzione) del mio software. Cliccando sulla riga prescelta compaiono istantaneamente i riferimenti di puntamento della parabola e l'orario del transito. Attivando la registrazione dei sincronismi questa si avvia automaticamente all'orario prescelto, per arrestarsi poi trascorsa la durata stabilita.

La registrazione contiene tutti i riferimenti per costruire la mappa.

In ultimo preciso che, per brevità e semplicità, ho integrato nel mio prototipo di scheda pilota della parabola la scheda presente in un comunissimo mouse. Essa mi consente di interagire con il mio software senza necessità di particolari driver. Sto sperimentando la scheda di un mouse Wi-Fi per un collegamento anche privo di cavi.

Faccio notare che la diversa durata delle scansioni sopra rappresentate è dovuta alla imprecisione e tolleranza dei sensori di movimento applicati alla parabola (banali potenziometri lineari a strato), che sostituirò quanto prima con altri ad effetto di Hall, privi di contatti striscianti, che ho già acquistato e

che il costruttore dichiara capaci di discriminare una variazione angolare inferiore al decimo di grado.

Ho pensato che la mia esperienza possa, forse, interessare altri appassionati come me che, però, non possono permettersi l'acquisto anche del più piccolo radiotelescopio in commercio.

A chi fosse interessato consiglio l'acquisto di una parabola TV-SAT di almeno da 120 cm, dotata di un buon LNB.

La spesa per costruire una montatura dotata almeno di un attuatore lineare per muovere verticalmente la parabola non dovrebbe superare i 150€.

La spesa per la costruzione della scheda di pilotaggio e relativi accessori è ancora minore.

Relativamente al particolare ricevitore RadioAstroLab costruisce più di un modello, anche in kit, a costi accessibilissimi.

Allego alcune foto e immagini, per quanto riferite ad un progetto in corso di sperimentazione, che spero possano integrare e chiarire meglio quanto esposto nella presente relazione.

Mi auguro di trovare altri appassionati della materia, e dell'autocostruzione, per un piacevole e produttivo scambio idee.

Francesco Grassi

Monteroni di Lecce

Email: ingfragrassi@hotmail.com

Foto allegate:

- 1.Parabola e montatura azimutale;
- 2.Goniometro verticale e telecamera per la lettura da remoto;
- 3.Comandi locali e sensore verticale dell'antenna;
- 4.Prototipo, funzionante, della scheda di controllo automatico di movimento degli attuatori lineari;
- 5.Cassetta di comando manuale dei movimenti d'antenna da remoto;
- 6.Uno dei primi transiti del sole osservati con la parabola in posizione statica;
- 7.Mappa del transito del Sole costruita in scansione con la prima versione del software Radio_Map;
- 8.Particolare della mappa di cui alla foto n.9;
- 9.Mappa dei satelliti TV geostazionari ottenuta con scansioni intervallate da avanzamenti azimutali dell'antenna;
- 10-14. Ultima versione del software realizzata con Visual Studio 2019 (Visual Basic.net): Mappe di un transito lunare evidenziato, con diverse modalità di rappresentazione, da cui si nota anche la variazione in diminuzione del gradiente termico del cielo, e quindi la diminuzione della temperatura di brillantezza dell'antenna con l'aumentare dell'altezza;
- 15.Avvio di una sessione di registrazione. Assegnato il punto centrale della mappa, Es.**Cyg_A** e le dimensioni della mappa (7 x 5)°, il software calcola quelle che saranno le coordinate della mappa (da 38,23° a 43,23°)DEC e (da 296,37° a 303,37°)RA, come impostare la scansione della parabola (da 66,60° a 71,60°)ELV tramite la scheda, l'orario

di avvio della registrazione (05:46:58) e la durata (1.675sec);

16. **Simulazione** di registrazione in corso in modalità "**Griglia Equatoriale - Solo rampa ascendente /**". Il monitor indica gli istanti di inizio e fine di ciascuna scansione. Inoltre, in tempo reale, vengono rappresentati i valori di RA iniziale (111,50°) e quello di avanzamento (111,52° alla terza scansione), la larghezza media in RA della scansione (0,0215°) e la durata media di un ciclo (Tscansione_salita + Tscansione_discesa 2,365sec) e, infine, la durata attuale della registrazione (7,094 sec di quella prevista di 1.675 sec);

17-18. Mappe di un transito della luna rispettivamente in modalità FLAT (comprensiva della brillantezza del cielo) ed in modalità HARD (al netto della brillantezza minima del cielo). La seconda modalità rende maggiormente visibili le radiosorgenti. La funzione HARD è attiva sia in B/N che nelle rappresentazioni a colori.

*Attualmente, entusiasmato da questo progetto, sono in trattative per l'acquisto di una parabola Mesh, tipo quelle usate in banda C, del diametro di 3 metri, atteso che a frequenze più basse di quelle della banda K (l'LNB in banda C ha centro banda a 3,8 Ghz) le radiosorgenti di natura non termica emettono di più. Con tale parabola intendo provare anche ad esplorare la frequenza dell'idrogeno neutro di 1420 Mhz. con un ricevitore "SDR" tipo **RSPduo** e apposito illuminatore a barattolo, da autocostruire, e/o con l'LNB in banda C, commissionato insieme alla parabola.*