

PREAMPLIFICATORE PER ANTENNE RICEVENTI NELLE BANDE BASSE

Articolo pubblicato su Radio Rivista 02/2022

IW2FND Attolini Lucio Via XXV Aprile, 52/b 26037 San Giovanni in Croce (CR) www.iw2fnd.it

1. Premessa

Quando un OM si appresta a lavorare nelle bande basse (BB), cioè in 160m, 80m, 60m e 40m, si accorge immediatamente che è necessario separare l'antenna trasmittente (TX) da quella ricevente (RX). Infatti, le antenne trasmittenti sono il più efficiente possibile ed hanno angoli di radiazione bassi; tipicamente sono verticali con molti radiali. Va da sé che un'antenna siffatta, se usata in ricezione, capta rumore da tutte le direzioni rendendo impossibile la ricezione delle stazioni più remote. È quindi necessaria un'antenna per la sola ricezione, le cui caratteristiche non sono l'alto guadagno ma l'alto rapporto segnale rumore. Le antenne più utilizzate per la ricezione sono tipicamente non risonanti con guadagni parecchio inferiori al dipolo $\frac{1}{2}$ onda. Tra queste vi sono: le Beverages, le EWE, le Flag, le Pennant, le Delta, le Diamond (Rombiche) e le Loop come le Double Half Delta Loop, ecc... [1, cap.7]. Tutte quelle citate poc'anzi sono direttive ma alcune di queste, a causa delle loro rilevanti dimensioni o dalla loro conformazione, hanno l'orientazione fissata dalla posa. Altre, come: le Flag, le Pennant, le Delta, le Diamond, si possono orientare tramite un rotore o un sistema di commutazione perché hanno dimensioni più contenute.

In questo articolo vedremo come costruire un preamplificatore larga banda, tele-alimentato, da porre direttamente sull'antenna.

Lo schema elettrico originale è quello di Larry W7IUV, rimaneggiato dal sottoscritto con l'aiuto dell'Italian Dxpediton Team che, con i loro suggerimenti, hanno permesso di arrivare alla soluzione che vi propongo.

2. Schema elettrico

Lo schema elettrico è quello che trovate in [2] a pag. 5 e che è riportato in figura 1

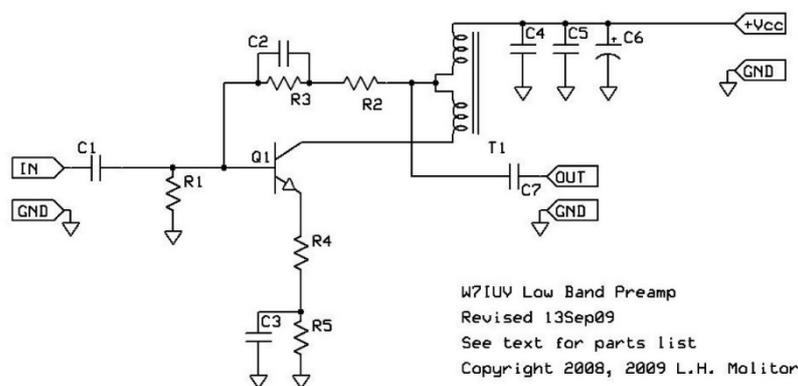


Figura 1 Schema originale di W7IUV preso da [2]

Il transistor utilizzato è il classico 2N5109 in TO-39 perché presenta un'ottima figura di rumore (NF). A questo schema è stato aggiunto il trasformatore di adattamento, appartenente all'antenna RX, ed il sistema di esclusione del preamplificatore quando l'antenna TX è in trasmissione. Quest'ultima modifica si è resa necessaria per evitare di distruggere il transistor quando l'antenna RX è posta troppo vicina all'antenna TX (meno di 100m).

Lo schema elettrico adottato è quello di figura 2.

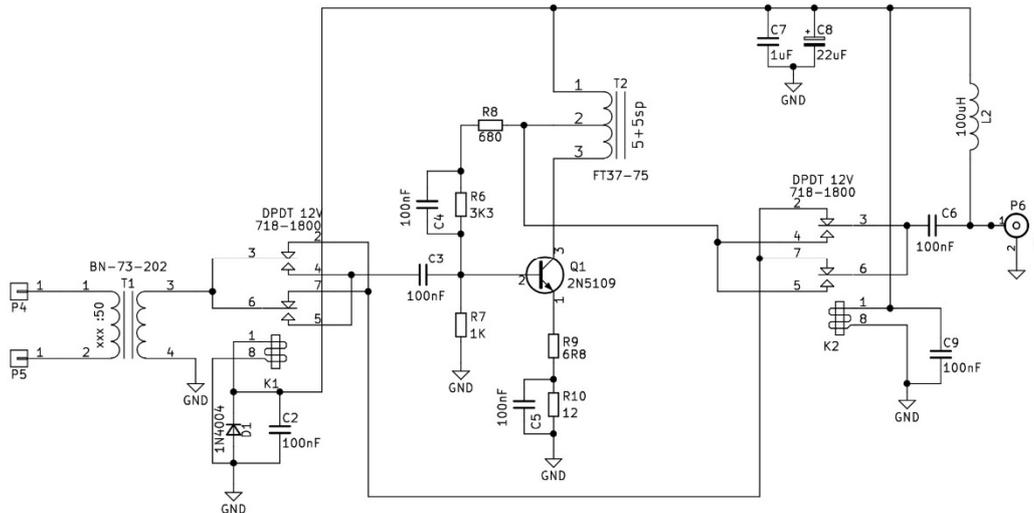


Figura 2: Schema elettrico

Si tratta di un amplificatore con BJT a bassa figura di rumore (NF) la cui impedenza d'ingresso, vista da C3, è 50 Ohm. L'antenna vera e propria, collegata ai connettori P4 e P5, è adattata ai 50 ohm d'ingresso del preamplificatore col trasformatore T1 in ferrite binoculare che fa già parte dell'antenna. Sia all'ingresso che all'uscita vi sono due microrelè K1 e K2 che permettono di escludere l'amplificatore quando non è alimentato. In ogni caso, l'antenna ricevente, col suo trasformatore di adattamento, resta collegata all'uscita anche in assenza di alimentazione. Ciò permette di utilizzarla anche senza il preamplificatore inserito. Il guadagno su tutta la banda HF è poco più di +20dB ma il miglior compromesso tra NF e distorsione OIP3 (3° order intercept point) si ha nelle BB [2]. Il principale motivo è il degrado della ferrite usata per il T2.

Il circuito, come anche detto da Larry in [2], ha il punto di lavoro scelto in modo da ottimizzare sia la NF che l'OIP3, per cui tutti i componenti che influiscono sul punto di lavoro sono critici. Quindi, le resistenze SMD R7, R8, R9 ed R10 devono essere scelte con $\pm 1\%$ di precisione oppure selezionate con un buon tester. La resistenza R6 invece potrebbe essere modificata per poter migliorare ulteriormente la NF e l'OIP3 ma se non avete una buona strumentazione per misurarle è bene che non la tocchiate [2]. Anche il trasformatore T2 entra nel circuito di polarizzazione del BJT per cui bisogna utilizzare una Amidon FT37-75, oppure una equivalente Fair-Rite 5975000211, ove sono avvolte 5 spire bifilari. Non importa la sezione del filo, io ho usato un filo wire-wrap AWG30. Il circuito è tele-alimentato dallo shack con tensione da 12,6 a 13,6 Vcc così d'avere circa 12 Vcc al preamplificatore. Con quella tensione il transistor Q1 va raffreddato con un'aletta affinché la sua temperatura non superi i 65-70°C anche quando il circuito è racchiuso nella sua custodia di plastica.

È interessante sapere che talvolta è utile dallo shack abbassare la tensione di alimentazione (mai meno di 9 Vcc e oltre i 13,6 Vcc) per ottimizzare il rapporto segnale rumore (S/N). Infatti, così facendo si sposta il punto di lavoro del BJT e quindi anche il compromesso tra NF e OIP3. L2 e C6 sono i componenti che permettono la tele-alimentazione. C6 è scelto con 250VL in poliestere onde limitare i danneggiamenti da scariche elettriche sulla linea d'antenna. Il consumo massimo del preamplificatore è intorno agli 82mA.

3. Realizzazione del preamplificatore

Il circuito è sbrogliato con KICAD®, realizzato su vetronite G10 ramata da entrambi i lati ed avente dimensioni 71x33mm; vedi figura 3. Le tracce rosse sono sul lato componenti mentre quelle verdi sul lato rame.

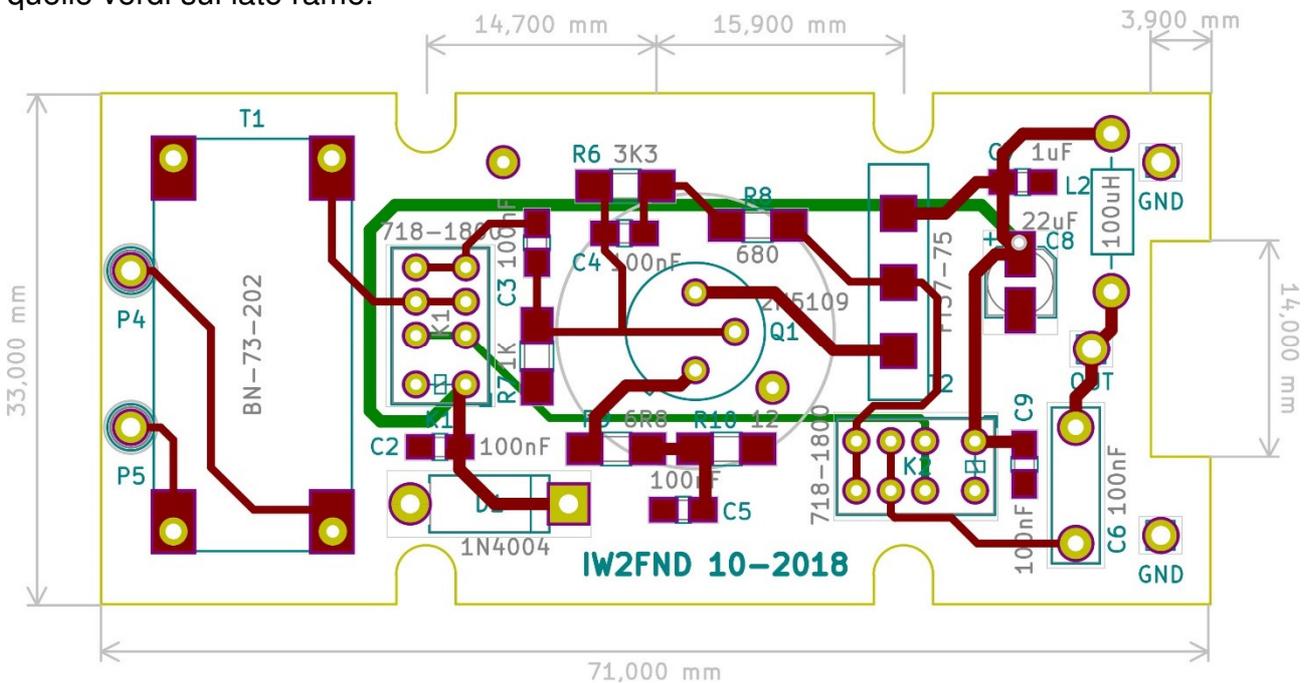


Figura 3: Layout dei componenti

I componenti, col relativo packaging, sono quelli elencati in tabella 1:

TABELLA 1						
Q.tà	Riferimento SCH	Tipologia	Valore	Variante	Package	Codice
1	C2, 3, 4, 5 e C9	Condensatore Ceramico SMD	100nF	100V	SMD 0805	RS 136-4701
1	C7	Condensatore Ceramico SMD	1uF	50V	SMD 0805	RS 135-8986
1	C6	Condensatore poliestere THO	100nF	250V	Passo 10	RS 115-102
1	C8	Condensatore Elettrolitico SMD	22uF	35V	SMD 4x5,8	RS 729-6264
1	L2	Induttanza THO	100uH	350mA	Passo 11,5	RS 191-0598
1	Q2	Transistor BJT	2N5109		TO-39	RF-Microwave 2N5109
1	D1	Diode Silicio THO	1N4004			
1	R6	Resistenza film metallico	3K3		SMD 0805	RS 223-0499
1	R7	Resistenza film metallico	1K		SMD 0805	RS 812-3435
1	R8	Resistenza film metallico	680		SMD 0805	RS 223-0405
1	R9	Resistenza film metallico	6R8		SMD 0805	RS 223-0540
1	R10	Resistenza film metallico	12		SMD 0805	RS 223-6168
1	T1	Trasformatore	BN 73-202	Vedi testo		RF-Microwave BN-73-202
1	T2	Trasformatore	FT37-75	5+5sp d=0,4mm		RF-Microwave FT-37-75
2	K1-K2	Relé	DPDT	12V 1A		RS 718-1800 (683-9602)
1		Aletta di raffreddamento	45 C°/W	TO-39		
2	P4-P5	Connettore	SMA	f diritto 2 fori		RF-Microwave CIR-186
1	P6	Connettore	F	f da pannello		RS 546-2683
1		Scatola	TEKO SOAP2 10015	Plastica		
1		PCS	71,1x33,0mm	Doppia Faccia		

Il trasformatore T1 utilizza una ferrite binoculare dell'Amidon BN 73-202 (oppure Fair-Rite 2873000202). Il cui rapporto spire dipende dall'antenna che state costruendo. I criteri utilizzati per il dimensionamento del trasformatore sono descritti nel mio precedente articolo pubblicato su RR 9/2017 [3] e sono riassunti nella seguente tabella 2. L'Al considerato è quello medio misurato col VNWA su di una decina di ferriti binoculari a 1,8MHz; la condizione peggiore del nostro caso.

TABELLA 2				
Ferrite: BN 73-202		Al @1,8MHz = 2200 nH/sp ²		
Imp. Pri.	Imp. Sec.	Rapp. Sp.	Spire Pri.	Spire Sec.
72	50	1,20	6	5
200	50	2,00	6	3
450	50	3,00	9	3
900	50	4,24	17	4
940	50	4,34	13	3
1250	50	5,00	20	4

Il conduttore da utilizzare per l'avvolgimento, come avevo già accennato, è wire-wrap AWG 30 di tipo argentato ma quando le spire sono tante non è facile inserirlo nei fori quindi potete sostituire l'avvolgimento con meno spire con del filo smaltato più sottile: 0,25mm o anche meno. La spira media l_{wm} è lunga 40mm ma ricordate di aggiungere una spira, a quelle indicate in tabella 2, per i reofori. Avvolgete, come scritto in [3], prima metà dell'avvolgimento con più spire poi tutto quello con meno spire ed infine l'altra metà dell'avvolgimento con più spire. Vi ricordo che con le binoculari si conta una spira solo quando il filo ha attraversato entrambi i fori. Il risultato è visibile in figura 4.

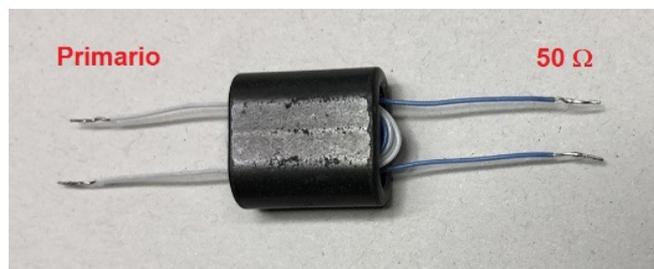


Figura 4: Esempio di trasformatore T1

Il trasformatore T2 utilizza una ferrite toroidale FT37-75 (oppure Fair-Rite 5975000211) ove sono avvolte 5 spire di cavo bifilare AWG 30 per wire-wrap, identico a quello usato per il T1. Il cavo bifilare si ottiene ritorcendo tra loro, col trapano avvitatore, due spezzoni uguali di filo lunghi una decina di centimetri; la spira media è $l_{wm}=14\text{mm}$. Con le ferriti toroidali, invece, si conta una spira ogni volta che si entra nel foro centrale. Le 5 spire devono essere avvolte strette attorno al toro e devono essere distribuite omogeneamente su tutto l'anello. Se si sono fatte le cose per bene, l'avvolgimento avrà i due estremi vicini per cui sarà facile unire la fine del primo filo con l'inizio del secondo, così da creare la presa centrale. La figura 5 spiega meglio di tante parole.

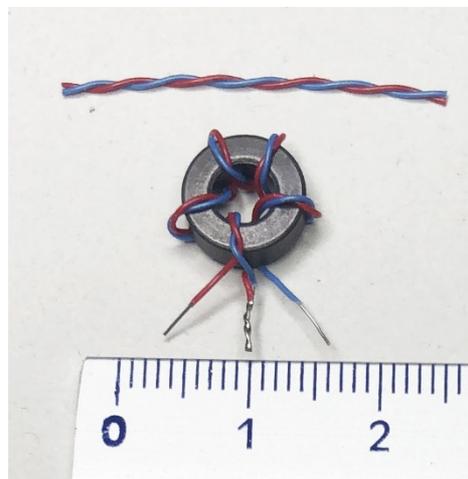


Figura 5: Trasformatore T2

Montati tutti i componenti, la basetta trova alloggio in un contenitore di plastica Teko SOAP2 cod. 10015 perché è stata appositamente sagomata. La scatola la potete poi sigillare con un filo di silicone o con del semplice nastro adesivo. Il piano di foratura lo vedete in figura 6.

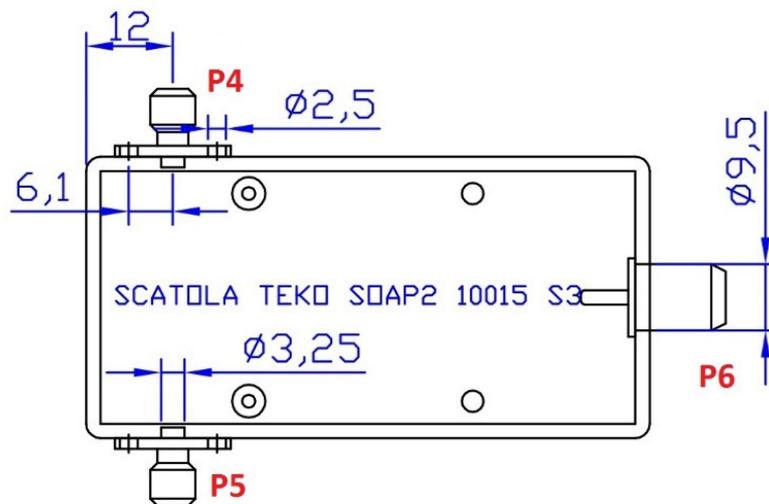


Figura 6: Piano di foratura contenitore

Nel contenitore devono trovare spazio anche i connettori P4, P5, che collegano il preamplificatore ai fili dell'antenna, ed il connettore P6, che si collega alla radio. I connettori P4 e P5 possono essere anche delle semplici viti M3 in acciaio INOX munite di pagliette. Purtroppo, la paglietta esterna, ove è collegato il filo dell'antenna, è continuamente sollecitata dal vento e può, spiacevolmente, rompersi per fatica. Per questo motivo la versione proposta utilizza dei connettori SMA a cui è stato tolto il pin interno (viene usata solo la parte esterna) che risolve il problema. La scelta è caduta sullo SMA modificato perché è facilmente reperibile e, essendo dorato, non si ossida alle intemperie. Inoltre, è facilmente svitabile con una chiave da 8mm. Questo permette di ridurre i tempi di montaggio e smontaggio dell'antenna durante le spedizioni dell'Italian Dxpediton Team. Il connettore P6 invece è un comunissimo connettore F per cavi coassiali TV da 75 Ohm. La scelta del cavo TV è principalmente economica. Il coassiale TV costa pochissimo ed è di eccellente qualità: doppia schermatura, conduttore argentato, isolamento FOAM, leggero e reperibile dappertutto. Il disadattamento che si ha con l'ingresso RX della radio, che è a 50 Ohm, non è rilevante perché il segnale è già stato amplificato dal preamplificatore. Il segnale perso per riflessione è il 4%. Però, se ciò vi disturba, potete realizzare un piccolo trasformatore in ferrite binoculare BN 73-202 per adattare l'impedenza da 75 a 50 Ohm. Il trasformatore lo metterete nel box di tele-alimentazione che vedremo nel prossimo paragrafo.



Figura 7: Preamplificatore completo per rombica

4. Box di tele-alimentazione

Il box di tele-alimentazione non è meno importante del preamplificatore ed è posto nello shack nei pressi della radio. Il circuito è contenuto in una scatola metallica 72x58x30 mm (Teko cod. 2/A.1). Lo schema è quello di figura 8 ed è cablato con fili "volanti".

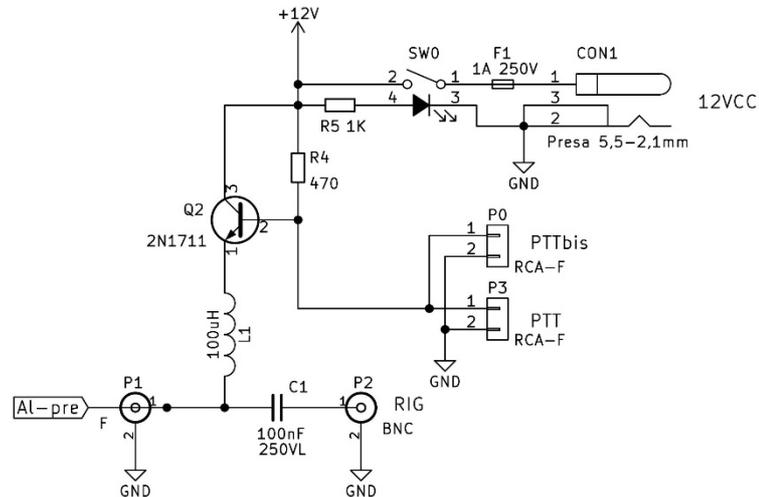


Figura 8: Circuito di alimentazione

Il circuito non presenta alcuna difficoltà, l'ingresso PTT al connettore P3 serve per togliere tensione al preamplificatore quando si è in TX. Quando è portato a GND l'assorbimento è di 25mA. Il connettore P0 (opzionale) è per ripetere la connessione PTT. Ovviamente se si sceglie di non metterlo non deve essere fatto il secondo foro nella scatola metallica per l'RCA (PTT bis). Il BJT Q2, invece, si può montare su di una piccola basetta millefori dove troverà posto anche la resistenza R4. Infine, il condensatore C1, in poliestere THO (thru hole), è da 250VL per resistere alle sovratensioni provenienti dalla linea esterna.

I materiali necessari alla costruzione del preamplificatore sono elencati in tabella 4.

TABELLA 4					
Q.tà	Riferimento SCH	Tipologia	Valore	Variante	Package
1	C1	Condensatore poliestere THO	100nF	250V	Passo 10 RS 115-102
1	L1	Induttanza THO	100uH	1 A	Passo 27,5 RS 213-1910
1	Q2	Transistor BJT	2N1711		
1	R4	Resistenza film metallico THO	470	5%	
1	R5	Resistenza film metallico THO	1K	5%	
2	P0 e P3	Connettore	RCA	Da pannello nero	
1	P1	Connettore	F	Da pannello	RS 546-2683
1	P2	Connettore	BNC	Da pannello	RS 546-4897
1	CON1	Connettore	Alimentazione	2,1mm	Japan
1	F1	Portafusibile	5x20	Da pannello	RS 310-9841
1	SW0	Interruttore		Con spia verde	
1		Spina	2,1mm	Volante	Japan
1		Paglietta di massa	3/8"		RS 112-3182
1		Fusibile	5x20	1A	
1		Scatola	TEKO 2/A.1	72x58x30 Metallica	

Il piano di foratura della scatola Teko è rappresentato in figura 9 mentre il cablaggio è visibile in figura 10.

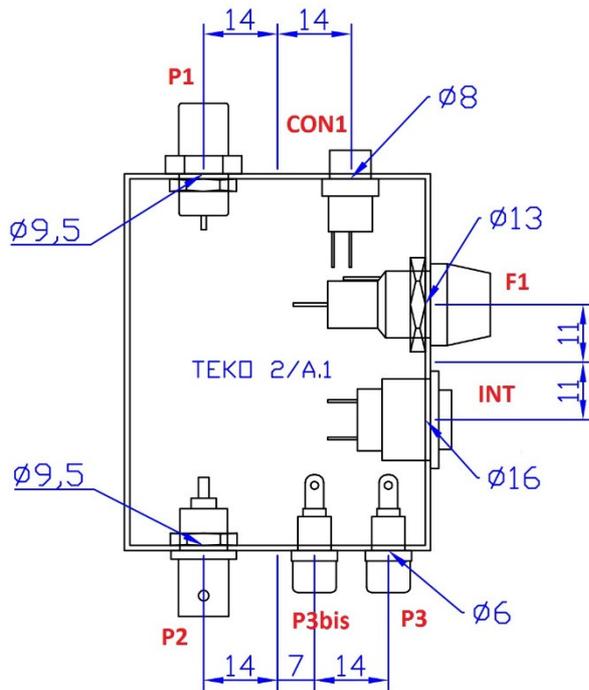


Figura 9: Piano di foratura del Box di alimentazione

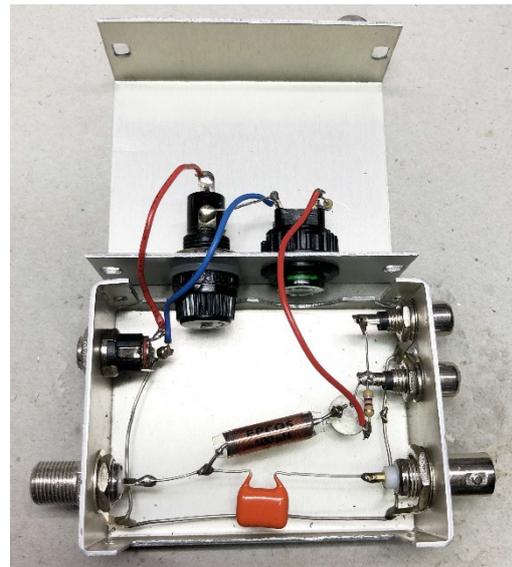


Figura 10: Layout del Box di alimentazione

Nel box di figura 10 è possibile inserire il trasformatore di adattamento da 75 a 50 Ohm. Quest'ultimo è in realtà un autotrasformatore ed è realizzato con ferrite binoculare Amidon BN 73-202 (oppure Fair-Rite 2873000202). Dalla tabella 2 ricaviamo che il lato a 75 Ohm (in verità a 72 Ohm) deve vedere 6 spire mentre il lato a 50 Ohm deve vedere 5 spire. Quindi tagliamo 24cm di filo AWG 30, avvolgiamo 5 spire, spelliamo e poi, con altro colore, facciamo la sesta spira. In figura 11 è chiaro come vanno collegati i terminali.

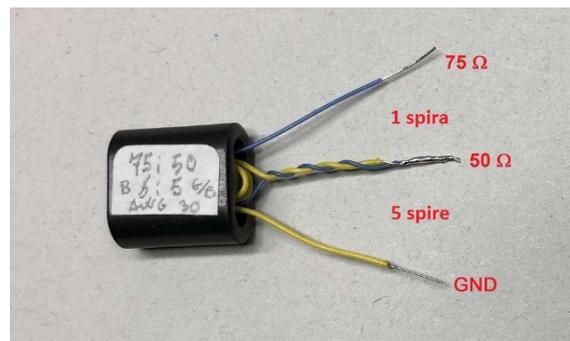


Figura 11: Autotrasformatore di adattamento 75-50 Ohm

Le prestazioni dell'autotrasformatore di figura 11 sono rappresentate dalla traccia gialla di figura 12. La traccia gialla è l' S_{11} (o coefficiente di riflessione) ed è sempre inferiore a -20dB, da 1MHz ad oltre 50MHz. Nel tratto da 1MHz a 17MHz è inferiore a -30dB (misura svolta con NanoVNA SAA-2N); ciò vuol dire che l'SWR visto dal lato a 50 Ohm è inferiore a 1,06.

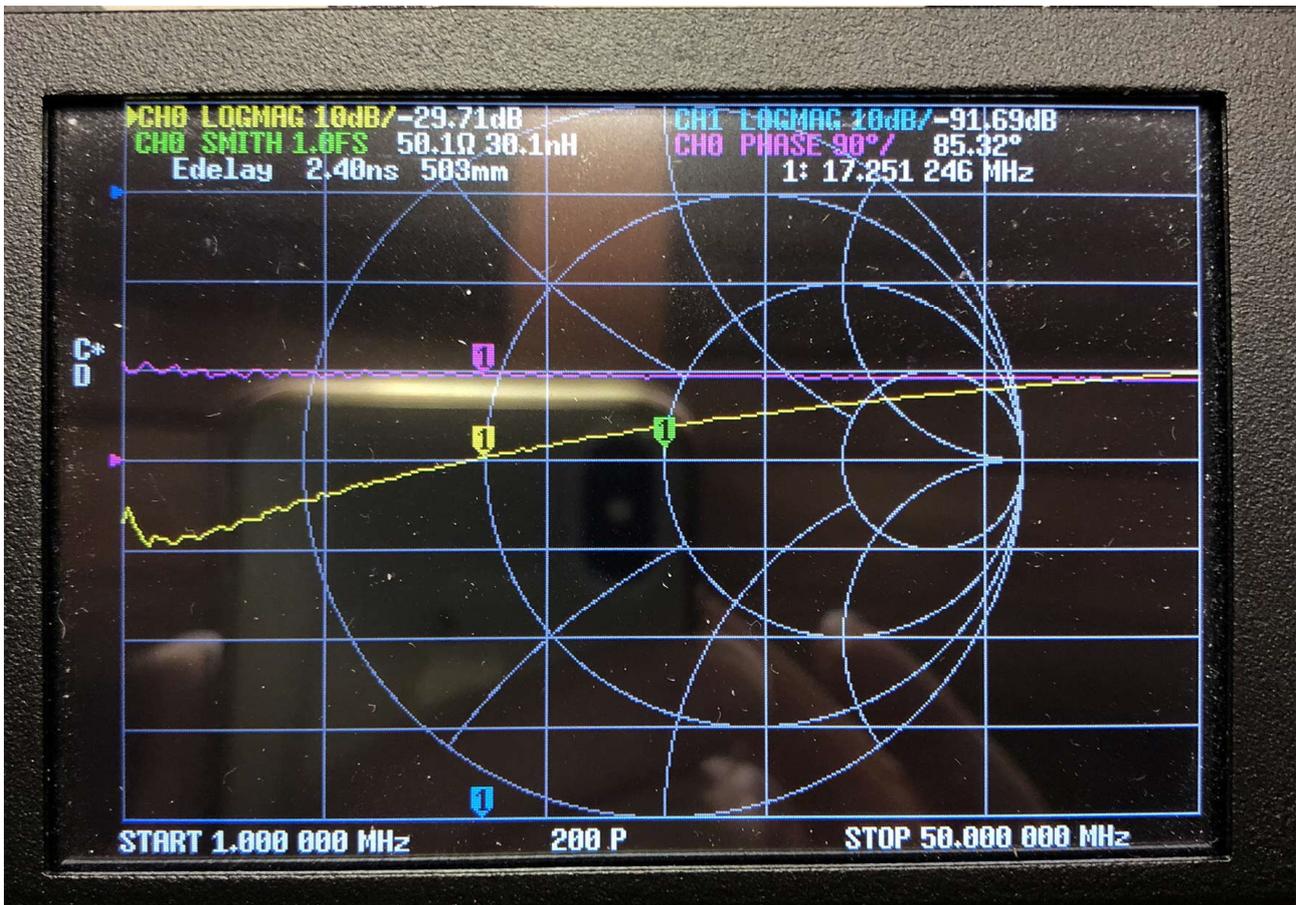


Figura 12: Banda passante dell'autotrasformatore 75:50 Ohm

L'autotrasformatore, poi, dovrà essere collegato tra il condensatore C1 (lato a 75 Ohm), il connettore P2 (lato a 50 Ohm) e la massa del connettore P2.

5. Misure

Prima d'inscatolare il preamplificatore e montare il trasformatore T1 (che fa parte dell'antenna) è bene controllare le prestazioni del preamplificatore con l'analizzatore di spettro (SA) dotato di tracking generator (TG) ed un attenuatore a step in grado d'attenuare almeno -70dB, con passi da 10dB. Per fare ciò è necessario saldare tra l'uscita del trasformatore T1 ed il punto di massa, appositamente piazzato nelle vicinanze, un cavetto coassiale RG316 dotato di connettore da inserire nell'attenuatore a step. La stessa cosa deve essere fatta all'uscita con un coassiale 75 Ohm intestato con un connettore F. Se l'avete già inscatolato, staccate il reoforo di T1 che va al pin 3 del relè K1 e collegate il cavetto RG316 nella stessa piazzola del reoforo staccato e la massa. Fatto ciò alimentate il circuito con l'apposito Box. Controllate l'assorbimento in modo che sia intorno agli 82mA e che non vi siano sorprese o fumate di componenti. Se è tutto OK collegate il preamplificatore all'SA, impostate la frequenza di start a 1 MHz e quella di stop a 30MHz. Normalizzate la traccia del TG e poi inserite l'attenuatore a step; come schematizzato in figura 13.

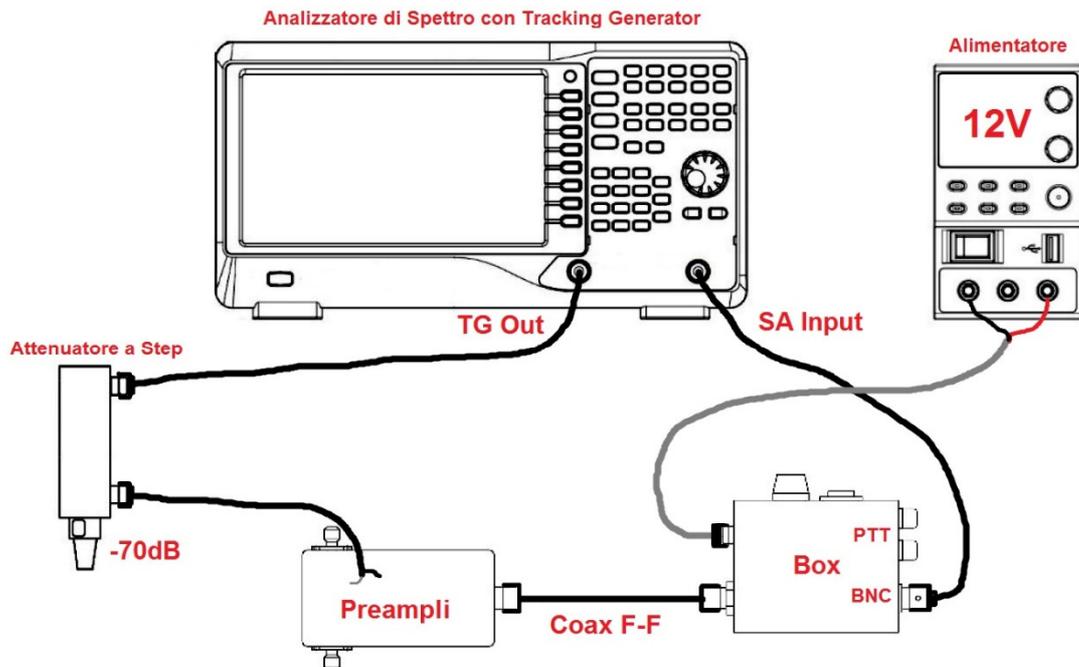


Figura 13: Setup di misura

Impostate l'attenuatore a -70dB e poi date tensione al preamplificatore. Subito dovrete sentire scattare i due microrelè e vedere la traccia salire di almeno +20dB in tutta la banda HF. In figura 14 vedete la porzione di banda tra 1 e 10MHz ove il segnale in input è di -71,18 dB (traccia gialla, marker 4) ed il guadagno in corrispondenza dei marker 1 (@1,82MHz), 2 (@3,64MHz) e 3 (@7,20MHz) è sempre sopra i +21dB. Abbassando ulteriormente il livello in ingresso a -90dB il guadagno diminuisce di circa 1dB (misura svolta con SIGLENT® SVA 1032X).

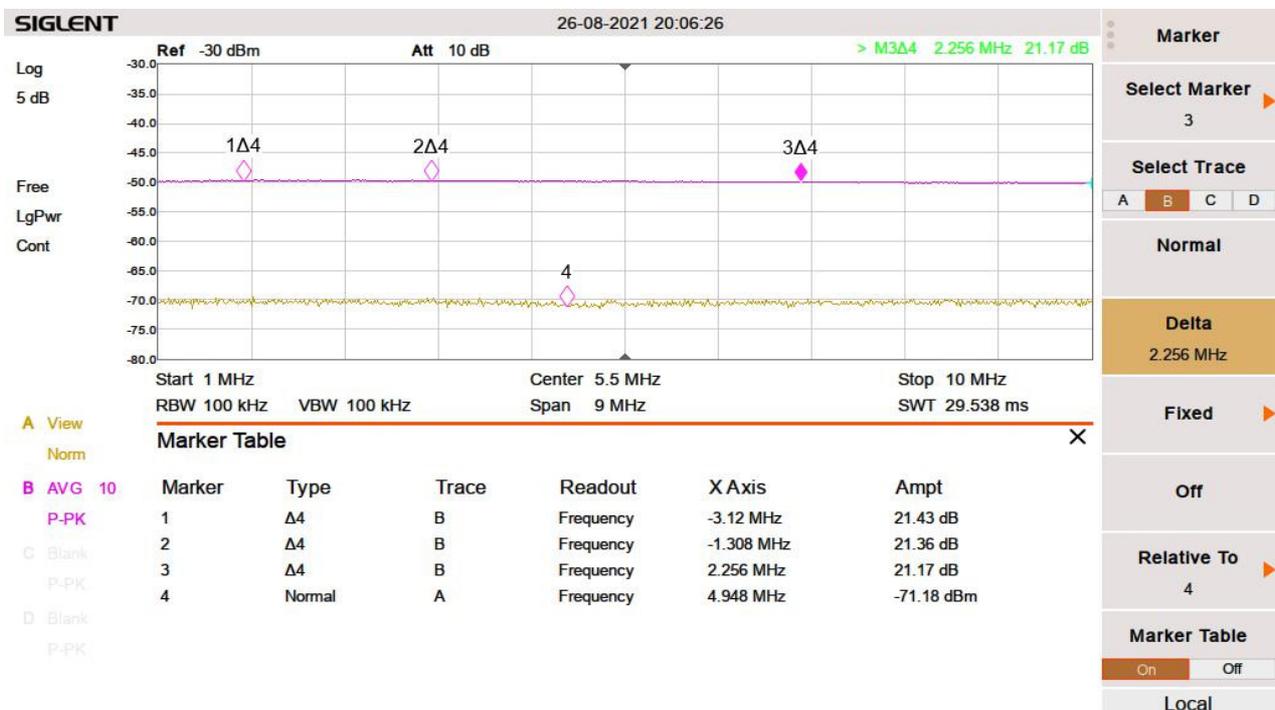


Figura 14: Spettrogramma del preamplificatore con input a -71dB

Salvate le misure su chiavetta SSD perché torneranno utili in caso di ricontrollo futuro.

Infine, i più esperti, potranno fare altre misure, come la NF e la OIP3, cercando di migliorare, ritoccando R6, il compromesso tra le due ma i più possono benissimo evitare. L'ultima prova da fare è quella di portare il PTT a massa per vedere se al preamplificatore gli viene tolta l'alimentazione e non amplifica più.

6. Conclusioni

Come vi ho anticipato, il preamplificatore è in grado d'amplificare il segnale prelevato direttamente dall'antenna di +20dB abbondanti, su tutta la banda HF, ma è ottimizzato per il miglior compromesso tra NF e OIP3 solo fino a 7,5MHz quindi per le sole bande basse. Se vi fossero dei forti segnali che interferiscono con le bande d'interesse è opportuno inserire un filtro preselettore tra T1 e il pin 3 del relè K1; come suggerito da Larry W7IUV in [2].

Infine, per evitare le correnti di modo comune, captate dal cavo coassiale, vi si può inserire un BalUn di corrente realizzato infilando 5 manicotti di ferrite, tipo Fair-Rite 2675540002 (RS 151-2776), nel coassiale. Se usate le suddette ferriti, il diametro del coassiale non deve superare i 6,3mm.

Di BalUn ne va messo uno all'inizio della discesa d'antenna e un altro nello shack. Il BalUn posto alle intemperie è bene che abbia le ferriti bloccate tra loro col silicone grigio e il tutto sia sigillato con del termorestringente.

7. Bibliografia

- 1: John Devoldere, ON4UN: Low-Band Dxing, ARRL, 4° edizione 2005-2007.
- 2: Lawrence H. Molitor, W7IUV: Low Band High Performance Preamp, Rev. 5, 1998-2009.
- 3: Lucio Attolini, IW2FND: I trasformatori d'impedenza in ferrite per sistemi d'antenna, Radio Rivista n°9 2017.

8. Indice

1. Premessa	1
2. Schema elettrico.....	1
3. Realizzazione del preamplificatore.....	3
4. Box di tele-alimentazione	6
5. Misure	8
6. Conclusioni.....	10
7. Bibliografia	10
8. Indice.....	10