

Downconverter per ATV in 6cm

(Gianfranco Sabbadini - I2SG)

PARTE prima



Questa realizzazione è dedicata agli OM interessati alle comunicazioni ATV nella banda dei 6 centimetri. Trattasi di un convertitore a basso rumore per la ricezione dei segnali nei segmenti di banda a 5 GHz allocati ai radioamatori.

Il processo di conversione è ottenuto con l'impiego di un Oscillatore con Risonatore a Dielettrico (DRO) operante a 7,5 GHz. Pertanto i segnali d'ingresso alle frequenze di nominali di 5,7 GHz o 5,8 GHz sono traslati in uscita rispettivamente a 1,8 GHz e 1,7 GHz. E' stato seguito il criterio di un progetto NO-TUNE , al fine di assicurare la migliore riproducibilità di risultati e costi contenuti. Le prestazioni tipiche ottenute nei primi 10 esemplari costruiti sono: Guadagno di conversione $GT=30\text{dB}$, Cifra di rumore $NF=1,6\text{dB}$.

Il convertitore può essere alimentato localmente o via cavo coassiale d'uscita al fine di poterlo disporre in prossimità dell'antenna o solidale con l'illuminatore per non degradare la sensibilità - e quindi il rapporto G/T - del sistema di ricezione.

1 - IL CIRCUITO

Lo schema elettrico del "*Downconverter*" e' riportato in Fig.1.

Il convertitore - realizzato in tecnologia *microstrip* - comprende 2 stadi di amplificazione R.F (Q1,Q2) , un Oscillatore Locale (Q3) con frequenza controllata da un risonatore ceramico(DR) a 7,5 GHz ed uno stadio convertitore di tipo additivo con un singolo transistor GaAs (Q4). Complessivamente sono utilizzati 4 MESFET uguali (tipo Agilent ATF36077) e con tensione di polarizzazione di *gate* nulla (*zero-bias*). Questa scelta consente una semplificazione del circuito con un modesto degrado della cifra di rumore , mantenendo risultati buoni e certamente adeguati per l'impiego nei collegamenti ATV terrestri. Il fattore di stabilità di Q1 e Q2 è forzato prossimo ad 1 con resistenze serie nel circuito di drain (R3,R4) e con valore controllato dell'induttanza di collegamento a massa dei terminali di *source* : per approfondire questo argomento si rimanda alla Ref.1. Tutti gli stadi sono alimentati con una tensione di 3,3V erogata da uno stabilizzatore con un circuito integrato standard a 3 terminali (U1). La tensione minima di funzionamento del convertitore è di 6Volt e può essere ulteriormente ridotta a 5Volt , omettendo l'inserzione dei diodi di protezione contro l'inversione di polarità (D1,D2).

Il primo stadio R.F.a 5,7GHz è ottimizzato per la migliore cifra di rumore ed il terminale d'ingresso (connettore SMA) è chiuso a massa con un tronco di linea ad alta impedenza per la protezione contro eventuali scariche elettrostatiche. Il filtro passa-banda interstadio (BPF1) è del tipo con andamento asimmetrico dell'attenuazione fuori banda , al fine di garantire una sufficiente soppressione della risposta immagine. Infatti la frequenza immagine vale 9,2...9,4 GHz che è un valore troppo vicino alla risposta di secondo ordine dei classici filtri simmetrici a linee parallele di mezza lunghezza d'onda (*Parallel Coupled Lines*). Nel nostro caso , la risposta di secondo ordine risulta posizionata a circa 11GHz. Una alternativa possibile per superare questo ostacolo consta nell'impiego di filtri interdigerati con risonatori in quarto d'onda che , nel caso peggiore , hanno la prima risposta d'ordine superiore posizionata a 3 volte la frequenza fondamentale.

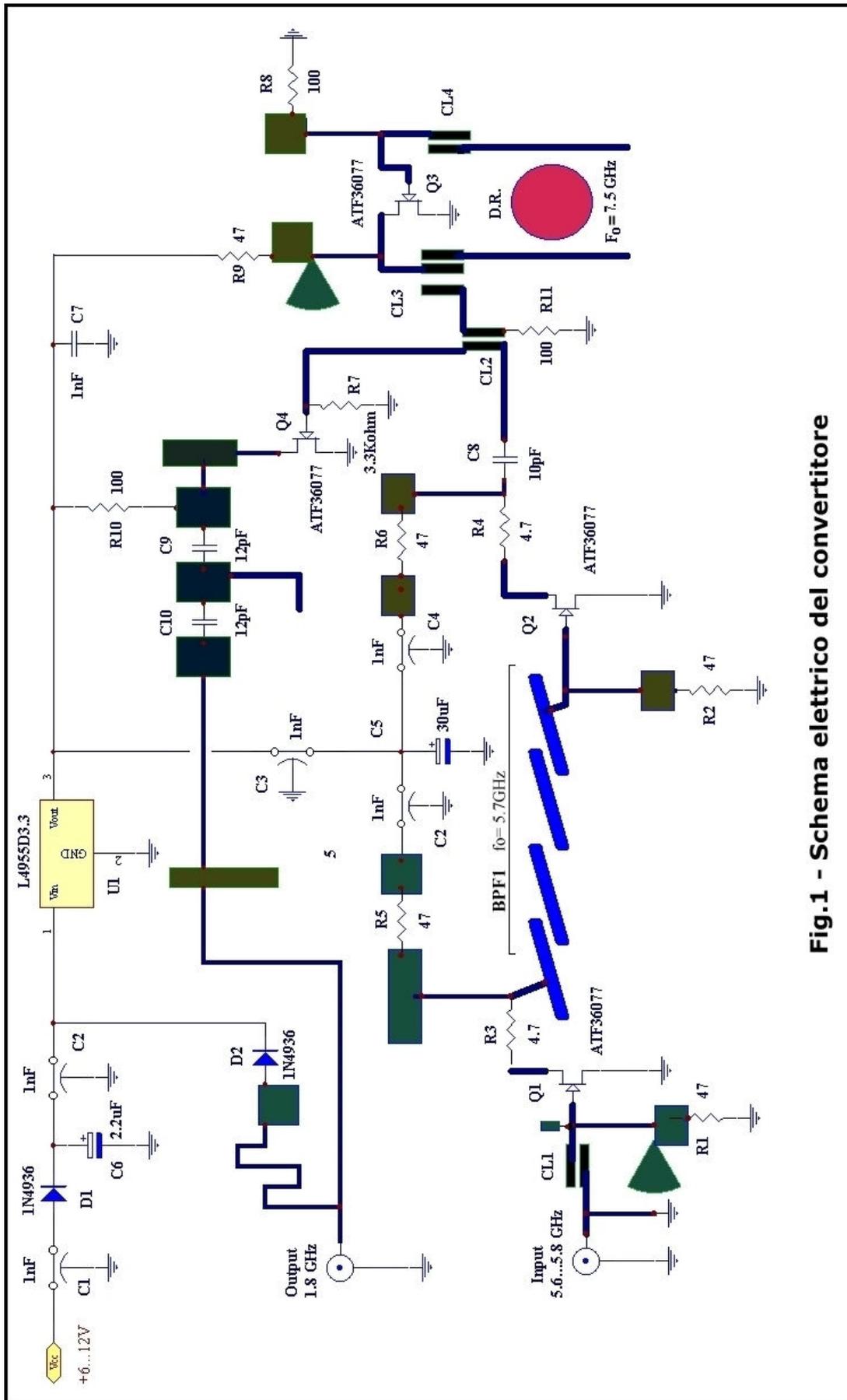
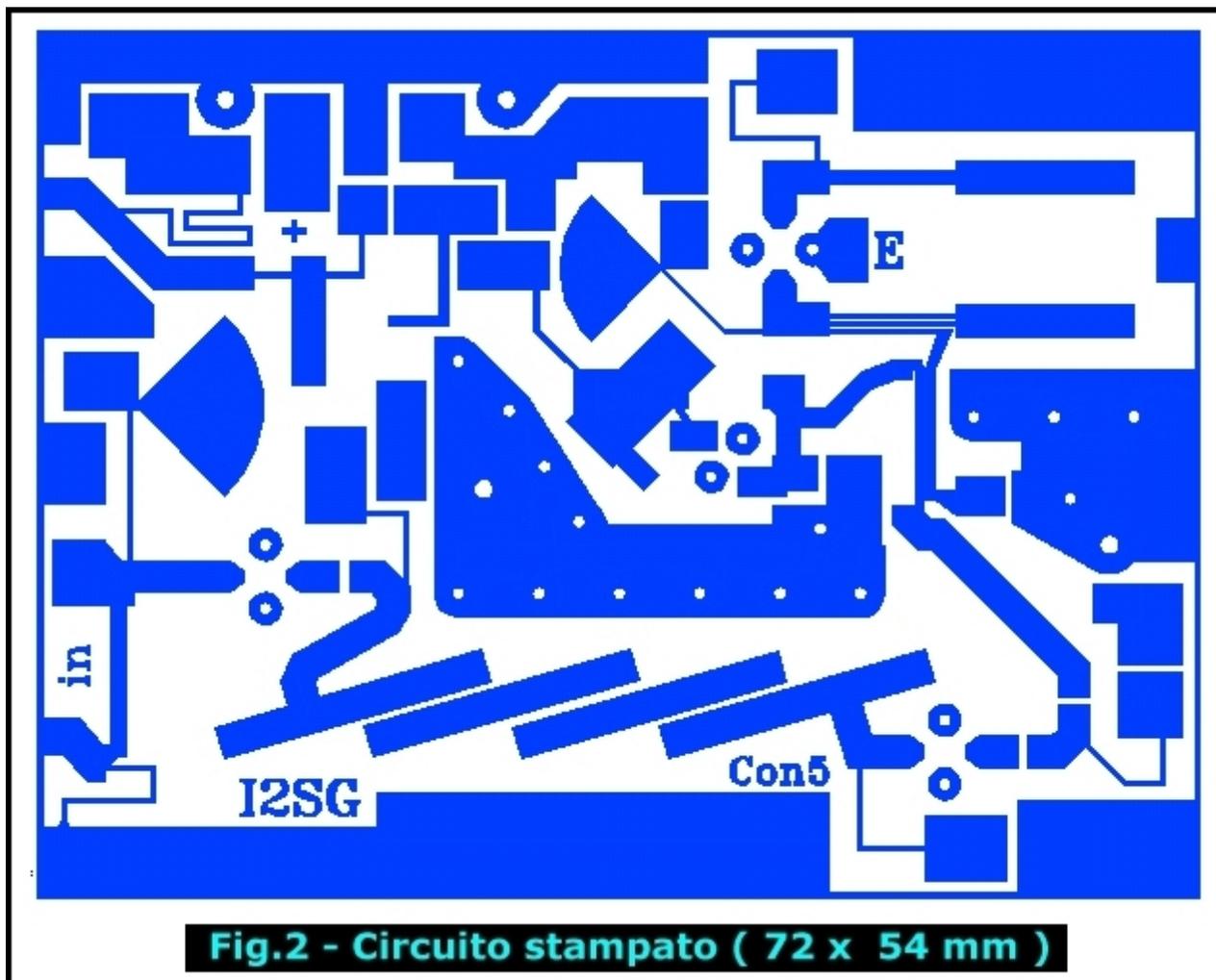


Fig.1 - Schema elettrico del convertitore

Ma i risonatori in quarto d'onda hanno una estremità collegata a massa ed a 5,7 GHz un errore di posizionamento di pochi decimi di millimetro del foro di collegamento al piano di massa si traduce in una sensibile dissintonia.

Pertanto questa soluzione richiede uno standard di processo elevato e poco si concilia con la precisione ottenibile con mezzi "domestici" quali utilizzati dall'autore nel processo di fotoincisione e lavorazione del circuito stampato.(vedere Fig.2) Lo stadio oscillatore (**Q4**) è del tipo con reazione *drain-gate* ed il dischetto **DR** (*Dielectric Resonator*) è accoppiato a mezzo di due linee *microstrip* con estremità aperta (quindi in regime di onde stazionarie) e nel punto di massima corrente.



Alcune semplici informazioni sull'argomento sono disponibili alle Ref.2, Ref 3. Entrambe le linee di accoppiamento al **DR** sono connesse al MESFET (**Q4**) in serie ad accoppiatori in quarto d'onda (**CL3**, **CL4**) che hanno la funzione di ridurre il guadagno d'anello - ovvero il tasso di reazione del circuito - in corrispondenza dei modi di risonanza adiacenti a quello desiderato. L'accoppiatore **CL3** è simmetrico con 3 porte : con il terzo ramo è prelevato il segnale **LO** (*Local Oscillator*) inviato allo stadio mescolatore (**Q3**).

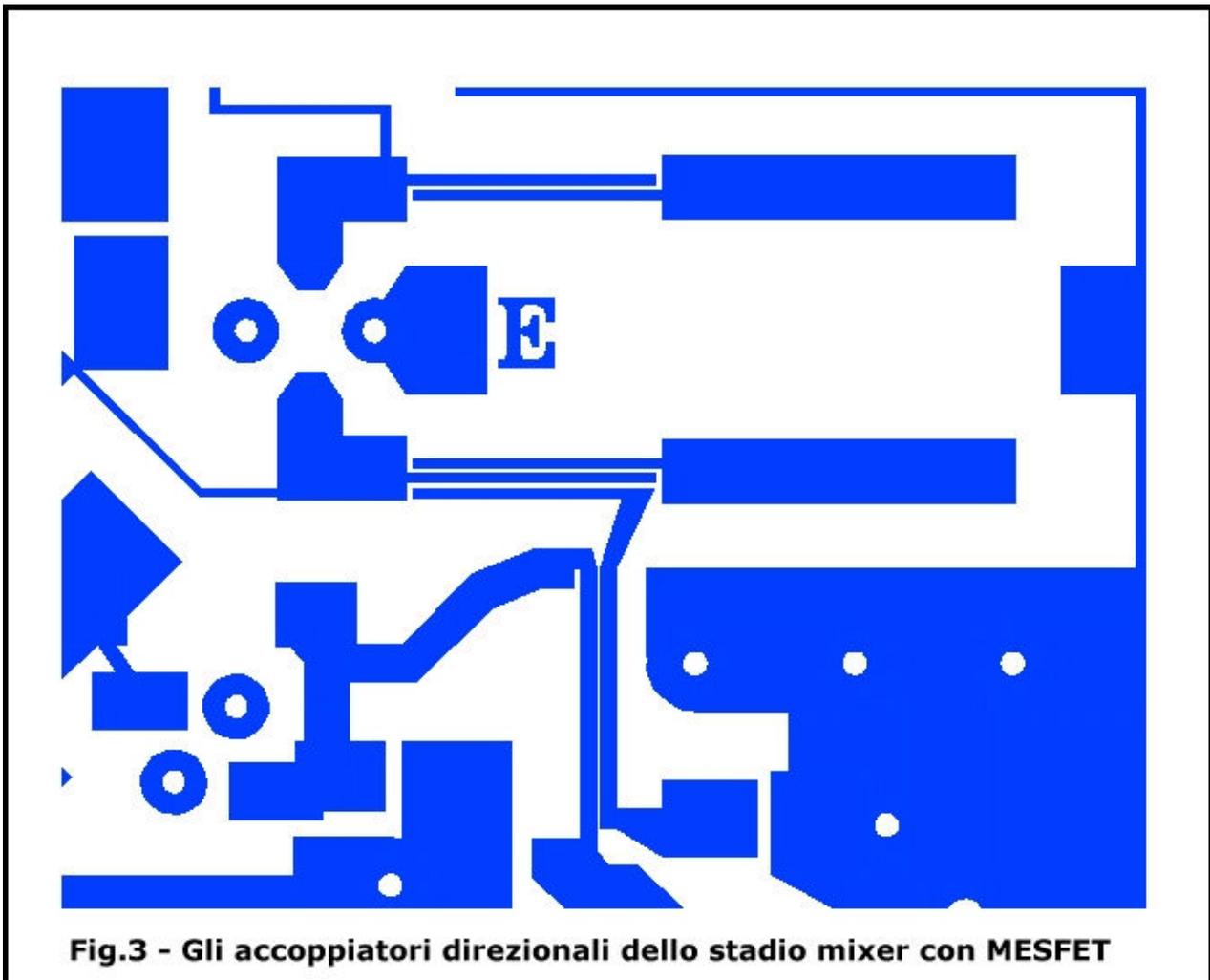
In questa tipologia di mescolatori il segnale R.F. e quello dell'Oscillatore Locale sono sommati all'ingresso (terminale di *gate*) del transistor. Per ottenere un buon guadagno di conversione è necessario che il livello dell'Oscillatore Locale sia sufficientemente elevato per pilotare il dispositivo in zona non lineare (classe AB) e comunque con angolo di circolazione della corrente di *drain* minore di 360 gradi.

Il MESFET ATF36077 risulta particolarmente adatto perché ha una tensione di interdizione (V_t) molto bassa (valore tipico $-0,35V$) e quindi risulta sufficiente un livello massimo di 6dBm. (cioè 4mW) Per isolare l'uscita del secondo stadio di amplificazione R.F. (**Q2**), il segnale dell'Oscillatore Locale è applicato attraverso un accoppiatore direzionale (**CL2**). L'isolamento è maggiore di 20 dB mentre il segnale R.F. inviato a **Q3** è attenuato di 3 dB. (metà potenza del segnale R.F. è dissipata in **R11**)

Questa è parte più critica del circuito stampato perché la spaziatura minima tra le *microstrip* è di 100 micron nominali. (vedere Fig.3) Il segnale convertito a 1,8 GHz presente al *drain* di **Q3** è filtrato con una rete passa-banda costituita da tronchi di linea e 2 condensatori da 12 pF (**C9,C10**). Le funzioni principali di questo filtro sono:

- A) - Adattare a 50 ohm l'impedenza d'uscita dello stadio convertitore nell'intervallo 1,5...2GHz.**
- B) - Sopprimere i segnali molto intensi dell'Oscillatore Locale sia alla frequenza fondamentale a 7,5 GHz che in seconda armonica a 15 GHz.**
- C) - Isolare l'uscita dello stadio convertitore per i segnali con frequenze inferiori al GHz.**

In prima approssimazione ed in condizioni ottimali, il guadagno di conversione con questa tipologia di mescolatori è pari al guadagno disponibile (**MAG**) (*Maximum Available Gain*) del MESFET a 5,7 GHz abbattuto di 6...8dB.(Ref.1, pag. 217, 218) Pertanto con l'ATF36077 il guadagno del mescolatore è prossimo a 10dB. Anche la Cifra di Rumore associata è pari a quella del dispositivo a 5,7 GHz aumentata di 6...8dB ma essendo il guadagno degli stadi R.F. elevato il contributo dello stadio mixer alla cifra di rumore complessiva del convertitore risulta marginale.

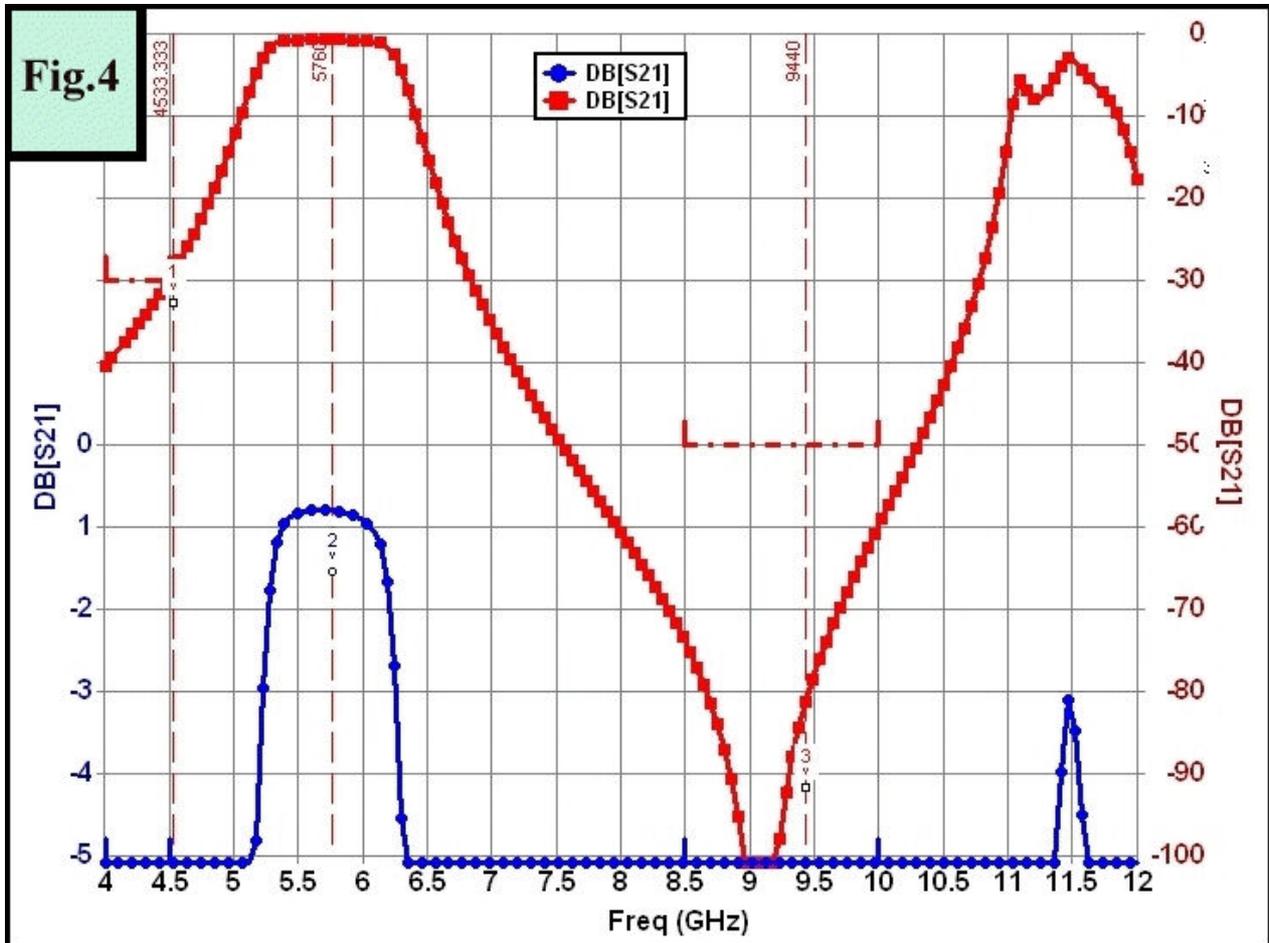


2 - IL FILTRO PASSA-BANDA a 5,7 GHZ

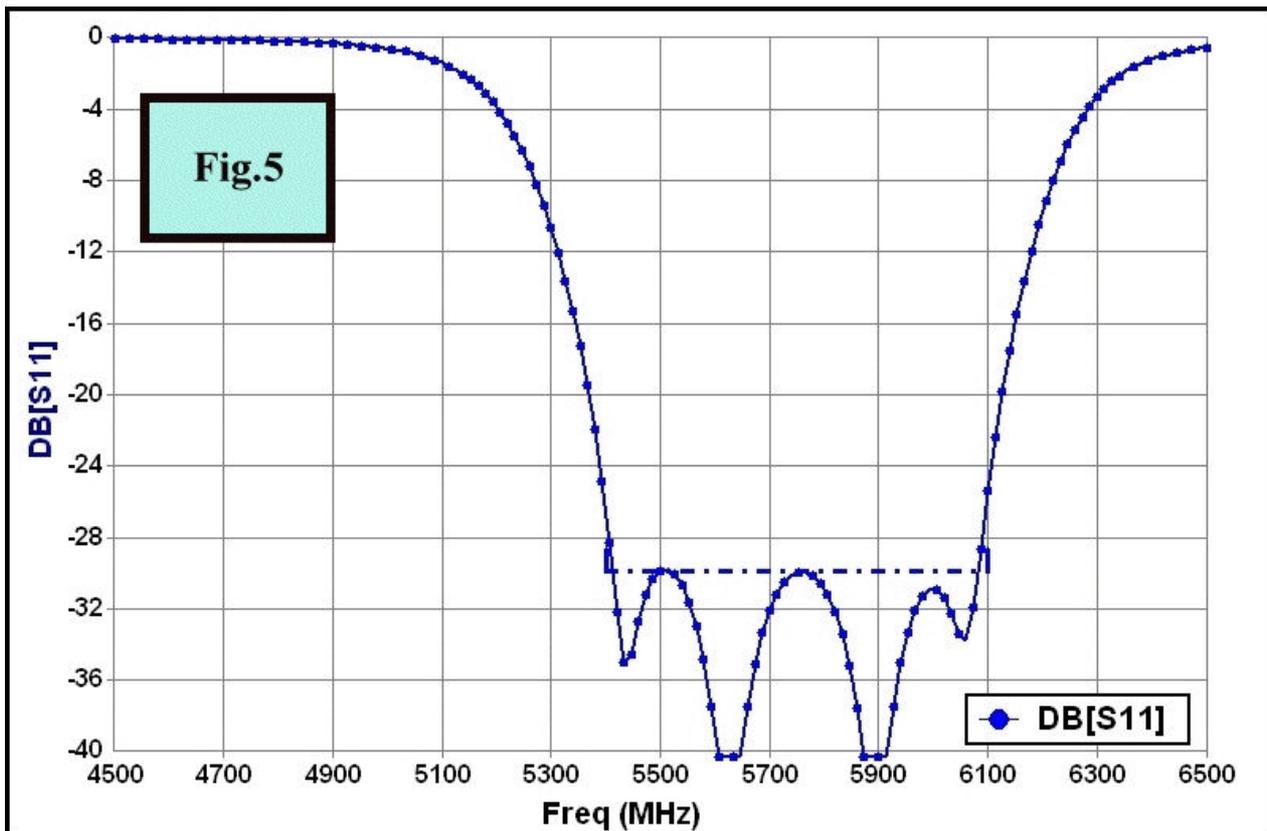
Il filtro RF interstadio (**PBF1**) è realizzato unicamente con risonatori in *microstrip* sospesi da massa. In Fig.4 è riportata la curva di risposta del filtro dopo il ciclo di sintesi ed ottimizzazione condotto col calcolatore nell'intervallo 4...12 GHz. (curva rossa con relativa scala dei valori a destra) Notiamo i valori minimi di attenuazione posti nel progetto:

- * *S₂₁ < -30 dB per tutte le frequenze inferiori a 4,5 GHz ed*
- * *Attenuazione minima di 50 dB nell'intervallo 8,5...10GHz*

La scala inferiore di sinistra si riferisce alla curva espansa (colore blu) della banda passante del filtro. Il filtro ha una complessità di 8 poli con due "zeri" della funzione di trasferimento posizionati a 9.2 GHz ovvero in corrispondenza della frequenza immagine.



Notiamo la risposta di secondo ordine posizionata a 11 GHz , come previsto. L'attenuazione d'inserzione in banda passante vale circa 1 dB col laminato in teflon (PTFE) di buona qualità utilizzato nel progetto. (Rogers 5870 , 0,75mm di spessore e metallizzazioni da 25 micron in rame).



In Fig.5 è riportato il parametro S11 con i limiti di progetto impostati ($S_{11} < -30$ dB nell'intervallo 5400...6100 MHz).

Continua

BIBLIOGRAFIA

- 1) " Compendium UHF e Microonde" Edizione 2001 - I2SG
- 2) " Oscillators design and computer simulation" W.Rhea -
Second Edition - Noble Publishing - Atlanta
- 3) "Design a wide range of quiet DRO circuits" P. Khanna - Engineering Mng.
AVANTEK - California - USA