

RAPPORTO INTERNO N. 43/80

PROVE PRELIMINARI DI UN PREAMPLIFICATORE
A MESFET PER 5 GHz

R. Ambrosini, G. Tomassetti

RAPPORTO INTERNO

CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE

LABORATORIO DI RADIOASTRONOMIA

c/o ISTITUTO DI FISICA «A. RIGHI»

Via Imerio, 46 - 40126 BOLOGNA (Italy)

INTRODUZIONE

Nello sviluppo di un sistema completo per la ricezione di tutte le bande radioastronomiche dedicate ad osservazioni VLBI, quella dai 5 GHz (5 cm) ha attualmente la priorità nella rete europea.

Proprio su questa banda di recente S. Weinreb dello N.R.A.O. ha progettato un amplificatore a Mesfet [1] con prestazioni molto prossime a quelle dei migliori parametrici commerciali: Comtech o AIL [2].

Se da un lato questi ultimi dispositivi hanno temperature di rumore leggermente inferiori a quelle degli amplificatori a Mesfet, dall'altro presentano le difficoltà di taratura tipiche dei dispositivi a resistenza negativa, la necessità di una sorgente esterna di pompa a microonde (spesso causa di instabilità) ed infine per essi non è prevedibile in futuro un sensibile miglioramento.

La tecnologia di costruzione dei Mesfet è invece in pieno sviluppo e gli amplificatori che li montano risultano non critici, stabili nel tempo ed ovviamente non richiedono sorgenti di pompa.

Di qui la scelta degli Autori di approfondire questa nuova tecnologia dopo l'esperienza già acquisita nel nostro laboratorio nell'utilizzo dei Mesfet a frequenze più basse [3] [4], in particolare duplicando il progetto dell'amplificatore a 5 GHz di Weinreb.

Avendo a disposizione i disegni costruttivi dell'amplificatore e nonostante le non poche difficoltà nell'acquisto degli altri materiali di produzione ^{estera} gli Autori hanno realizzato uno di questi amplificatori, di cui la presente nota riporta le prime misure strumentali.

IL RICEVITORE DI FREQUENZA

Attualmente il Laboratorio Alta Frequenza non dispone ancora di una strumentazione completa per frequenze superiori ad 1 GHz. Infatti per effettuare le misure di temperatura di rumore di un amplificatore a basso rumore con 10 ± 15 dB di guadagno è auspicabile l'uso di un ricevitore con una cifra di rumore non superiore a 10 dB. Tale ricevitore, nella configurazione più semplice è costituito da uno stadio mescolatore, da un oscillatore locale ed una media frequenza di ottime caratteristiche (temperatura di rumore $\sim 400^{\circ}\text{K}$).

Per quest'ultima la naturale e migliore soluzione possibile a temperatura ambiente è costituita dal ricevitore Mark III delle Croce del Nord, con 1.2 dB di cifra di rumore a 406 ± 5 MHz.

Il problema si è posto invece nel caso della immediata reperibilità del Mixer e dell'O.L.

IL MIXER

La scelta operativa nel nostro caso è stata quella di utilizzare un mixer doppio bilanciato tipo VARIAN V8309B, di provenienza surplus, in guida d'onda WG12 per il ramo di ingresso e circa di dimensione doppia nel piano E per il ramo di O.L. (vedi nella foto 1 il set-up completo di misura).

Un'ulteriore difficoltà è nata per la disponibilità da parte nostra di adattatori surplus guida-coax solo per la guida WG14, al limite delle prestazioni per la banda 4.5 - 5.0 GHz (di impiego standard nell'intervallo 5.85 - 6.2 GHz e con frequenza di taglio = 4.3 GHz).

Il risultato è stato risultato verificato per elettroformazione dei trasformatori di standard di lunghezza accertata da WSA ai due ingressi del Mixer Varian. I diodi originali tipo 1N290 sono stati sostituiti con gli KA400/47, dichiarati per 8.5 dB di NF in banda X. Dopo aver ottimizzato con le viti di regolazione le trasformazioni di impedenza sul ramo di ingresso e di C.L. del Mixer ed il circuito di ingresso del ricevitore a 408 MHz è stata misurata con il PANFI75 della AIL una cifra di rumore complessiva all'ingresso del Mixer a 5.0 GHz di circa 9 dB. D'altra parte poichè la banda passante del mixer è stata misurata essere superiore ad 800 MHz, tale cifra di rumore va intesa come DSB (circa 12 dB SSB), ed è quindi superiore alle aspettative. Non è nota la regione di tale comportamento.

L'OSCILLATORE LOCALE

Fissata la frequenza intermedia a 408 MHz e quella di ingresso a circa 5.000 MHz, quella di oscillatore locale (O.L.) poteva assumere il valore di 5408 MHz oppure quello di 4592 MHz. Tra i due, il valore inferiore è stato scartato perchè inferiore alla frequenza di taglio della guida d'onda utilizzata.

Il valore nominale di 5408 MHz della frequenza di O.L. non era necessario fosse più accurato di ± 20 MHz data l'ampia banda di lavoro sia dell'amplificatore in prova che del Mixer. Anche la "rumorosità" dell'O.L. non poneva particolari problemi per la misura di temperatura di rumore con il PANFI75, data la rielezione dovuta alla configurazione bilanciata del Mixer. Tali specifiche non restrittive permettevano pertanto l'utilizzo come C.L. di un oscillatore libero con

una potenza di uscita di 1.45 mW.

Una soluzione alternativa, come quella di un oscillatore in cavità a disco QDM, per ristretto dalla competenza di progetto e realizzazione del laboratorio, non è risultata praticabile a causa della mancanza del dispositivo attivo.

In un primo tentativo pertanto, è stato investigata con successo la possibilità di usare un transistor tipo EFR38 di facile reperibilità ma la frequenza più alta ottenuta a livelli di potenza accettabili è risultata di 3.5 GHz (questo circuito potrebbe essere utilizzato come "Text first L.O." nel ricevitore radioastronomico, vedi Rapporto Interno n. 42 degli stessi Autori).

In conclusione pertanto, l'uso di un Mesfet, costoso e sproporzionato alle specifiche quanto si vuole ma disponibile subito, è sembrato inevitabile. Il circuito elettrico, riportato nella fig. 2, progettato ex-novo per la circostanza, è un Colpitts modificato in cui la lunghezza della linea bifilare L è risultata essere un comodo mezzo per regolare al valore richiesto la frequenza di oscillazione. La corrente nel Mesfet è limitata dalla resistenza di "source" da 82Ω che, essendo non "bypassata", mantiene tale l'elettrodo a potenziale RF non nullo, come necessario. La tensione di "drain" è invece limitata dallo zener a 3.3 V nominali. Da questo elettrodo è stata prelevata l'uscita RF tramite una capacità di isolamento per la d.c., saldata proprio sul "case" del Mesfet fidando nella reattanza, non trascurabile a 5 GHz, del suo reoforo di collegamento al circuito di alimentazione.

La frequenza di oscillazione, letta sul contatore a microonde, è stata portata al valore voluto tagliando per tentativi successivi (cut and try) la linea L fino ad ottenerne la lunghezza appropriata. L'intera unità è alloggiata all'interno di un connettore maschio N, consuma 20 mA a 4 Volt e fornisce una potenza di uscita di circa 5 mW.

L'AMPLIFICATORE A MICRO

Una fotografia del dispositivo reale è riportata in fig. 3. Per la realizzazione meccanica sono state effettuate ovvie modifiche di conversione da standard inglesi a quelli europei e di semplificazione nella lavorazione a macchina del pezzo, irrilevanti dal punto di vista elettrico. Per citare un problema che sembra banale: Weirap ci ha fornite le linee RF e le viti di nylon per fissarle. Il mercato non offre però maschi del passo a noi necessario, nè d'altra parte viti sostitutive di nylon con filetto metrico di ZMA! E' stato pertanto necessario ripassare le viti forniteci con una filiera metrica con risultati appena accettabili.

Il contenitore di rame elettrolitico, dopo la fresatura e foratura è stato dorato.

Una cura minuziosa ed attenta ha richiesto il montaggio dei componenti. Devono essere utilizzati infatti tre differenti leghe di saldatura con varie temperature di fusione. Deve essere seguita pertanto una precisa successione logica nelle operazioni di collegamento dei componenti, riscaldando a diverse temperature il contenitore dell'amplificatore con un fornello termostatico.

Il dispositivo da noi utilizzato con termostato a bimetallo e 1 KW di dissipazione non è risultato del tutto idoneo a causa della sua eccessiva capacità termica e dovrà in futuro essere migliorato.

I componenti da utilizzare prima di essere montati sono stati tutti provati anche a temperature criogeniche, immergendoli più volte in azoto liquido a 77°K.

Le resistenze a strato metallico ed i condensatori a mica in chip di produzione commerciale da noi selezionati si sono dimostrati ampiamente adeguati anche a queste temperature. Durante il montaggio tuttavia è stato notato che se la temperatura di saldatura è eccessiva, i condensatori in chip possono sfaldarsi.

La saldatura del Mesfet della Minubiani invece non sono state prese precauzioni extra accetti che per l'uso dell'Indio come ambiente che non crepa a temperatura di 200K.

A posteriori si è quindi potuto verificare la maggior affidabilità di questi dispositivi specie se confrontati coi Mesfet NEC da noi provati in precedenza.

ALIMENTATORE PER MESFET

Per controllare e stabilizzare il punto di lavoro della polarizzazione in c.c. del Mesfet è stato utilizzato il circuito proposto da Weinreb riportato in fig. 4.

Esso permette di leggere in ogni momento la tensione di Drain, quella di Gate, e la corrente di Drain su tre visualizzatori digitali a 3 cifre, ma soprattutto, una volta scelta una particolare V_{Drain} con il corrispondente potenziometro di regolazione (VR1) stabilizza comunque la corrente di Drain al valore impostato dal potenziometro di regolazione corrispondente (VR2).

Infatti il Drain del Mesfet viene alimentato a "tensione costante" da IC1 via TR1 ed R1, al valore imposto da VR1; d'altra parte la d.d.p. ai capi di R1 e quindi la corrente di Drain, viene rivelata da IC3 (IC2 è un separatore per la lettura di V_{D}) e quindi confrontata con il valore imposto da VR2 tramite IC2 (a guadagno massimo in quanto a loop aperto). Quest'ultimo infine controlla con fase opposta ad I_{D} appunto, la tensione di Gate. Pertanto ogni incremento di I_{D} riporta V_{G} a tensioni più negativa in modo da ristabilire la I_{D} iniziale.

Per evitare che senza Mosfet in circuito le tensioni elevate del campo proprio di lavoro si è pensato di lasciare sempre inserito un Fet di riferimento, escludibile quando il Mosfet esterno è inserito nel circuito.

Lo Zener protegge infine il Gate da tensioni eccessive.

LE MISURE

Come già dichiarato in precedenza il laboratorio A.F. non è attrezzato in modo completo, in particolare non abbiamo un generatore sweep per la visualizzazione della curva di risposta e la misura del guadagno dell'amplificatore. Noi abbiamo utilizzato la seconda armonica dello sweep da 2-4 GHz filtrando via la fondamentale facendo passare il segnale in un tronco di guida WG14, utilizzato come filtro passa alto. Iniettando tale segnale di opportuno livello prima direttamente nel ricevitore e poi con l'amplificatore inserito è stato misurato, all'uscita, nell'analizzatore di spettro per IF substitution, un guadagno di 11 dB (la misura con il bolometro è risultata impraticabile a causa del forte contributo di rumore a relativamente larga banda della media frequenza).

La cifra di rumore complessiva dell'amplificatore davanti al ricevitore è risultata di circa 3 dB per un contributo di rumore di 150⁰K da parte del singolo preamplificatore.

L'amplificatore è stato poi immerso in azoto liquido, senza alcuna precauzione per evitare il contatto fisico tra i due. Il rumore letto è stato di circa 2 dB con il guadagno salito probabilmente a 13 dB. In tale circostanza il rumore proprio risulta essere minore di 50⁰K.

CONCLUSIONI

I primi risultati anche se non definitivi confermano la validità del progetto di Weinreb e la capacità da parte nostra di duplicarlo senza grandi difficoltà.

Il passo successivo sarà quello di realizzare il secondo stadio di amplificazione a 5 GHz per migliorare la precisione nella misura di temperatura di rumore e verificare il corretto funzionamento dei due stadi in cascata.

Il prossimo arrivo del generatore sweep da 2-18GHz permetterà poi un'accurata misura del guadagno dell'amplificatore, principale fattore di indeterminazione nell'attuale set-up.

Anche il raffreddamento non sembra porre problemi insormontabili. Abbiamo invece trovato difficoltà nella reperibilità dei materiali necessari per la costruzione del circolatore criogenico.

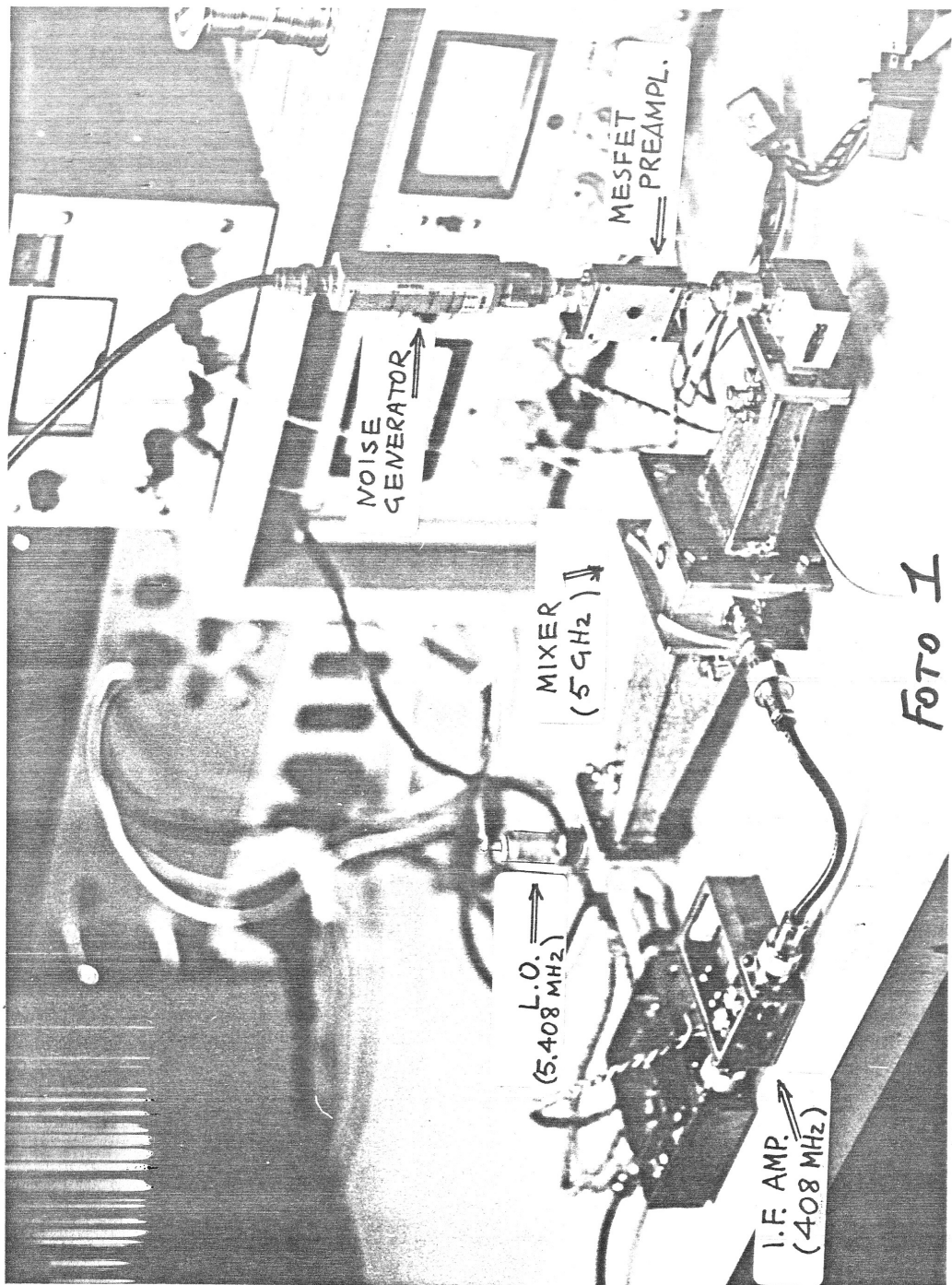
In conclusione la (eventuale) realizzazione di alcuni front-ends a 5 GHz a Mesfet raffreddati è alla portata del nostro laboratorio se si riescono a reperire in tempo utile i materiali necessari.

RINGRAZIAMENTI

Ringraziamo il Prof. G. Sinigaglia per la preziosa consulenza prestata e il Sig. Franco Magaroli per l'intelligente esecuzione della lavorazione meccanica.

BIBLIOGRAFIA

- 1 S. Weinreb: "Low-noise cooled Gasfet Amplifiers" NRAD, E.D. Int. Rep. n. 202
- 2 S. Weinreb: "Tests of cooled 5 GHz parametric and Gasfet Amplifiers" NRAD, E.D. Int. Rep. n. 203
- 3 G. Tomassetti, R. Ambrosini: "Preamplificatore a 408 MHz con NEC 2448D" in corso di pubblicazione.
- 4 G. Tomassetti, R. Ambrosini: "Colometro a Mesfet non alimentato" in corso di pubblicazione.



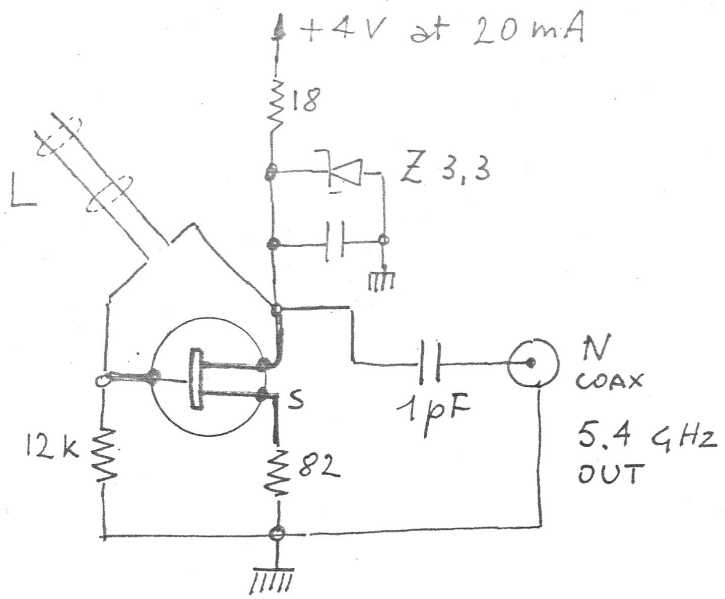


FIG. 2

