



Caratterizzazione dei FET a temperature criogeniche.

V. Biliotti e S.Gennari

INAF- Osservatorio Astrofisico di Arcetri, L.go E. Fermi, 5
50125 – FIRENZE



Contenuto:

1. INTRODUZIONE.....3

2. DESCRIZIONE DELLA MISURA3

3. RISULTATI.....5

1. INTRODUZIONE

Nell'ambito degli studi per la nuova elettronica di Giano, abbiamo voluto investigare nuove e (in teoria) più vantaggiose soluzioni, per la pre-amplificazione del segnale proveniente dal rivelatore rispetto al Fet source follower, la configurazione circuitale più frequentemente usata. In particolare l'interesse è stato concentrato verso componenti capaci di funzionare a temperature criogeniche, e verso soluzioni circuitali tali da permettere, sia l'amplificazione del segnale dal sensore già a bordo della scheda che lo ospita, sia il successivo invio verso la parte di elettronica "a temperatura ambiente" in modo differenziale e, possibilmente, a bassa impedenza. La nostra scelta è caduta su due dispositivi dual Fet, selezionati fra i componenti commerciali sulla base di criteri quali il basso rumore e l'elevata risposta in frequenza, che sono incapsulati in un involucro metallico per favorire lo scambio termico fra la giunzione e l'ambiente circostante.

Per quanto riguarda invece la configurazione circuitale, non esiste possibilità di scelta, in quanto solo connettendo i Fet come amplificatore differenziale si può avere un'uscita differenziale.

Naturalmente, per decidere se è possibile ed è vantaggioso usare un simile dispositivo, diventa cruciale verificare se a temperature criogeniche mantiene la capacità di amplificare oltre che le caratteristiche di basso rumore e velocità.

2. DESCRIZIONE DELLA MISURA

Nel nostro test non abbiamo misurato accuratamente la risposta in frequenza, perchè troppo dipendente dal tipo di cablaggio usato, possiamo però dire che avendo usato come segnale un'onda quadra a 10 KHz, non si sono notate differenze apprezzabili nei tempi di risposta ai transitori al variare della temperatura. Quindi possiamo affermare che, pur con un cablaggio non ottimizzato, la banda passante è sufficiente a garantire frequenze di campionamento superiori ad 1 Msample. Inoltre, con gli strumenti usati, non era possibile eseguire una misura accurata sul rumore, una stima precisa sarà fatta più avanti appena sarà disponibile il prototipo della scheda analogica di valutazione.

Nei Fet la capacità di amplificare un segnale e il rumore generato dipendono da un parametro chiamato transconduttanza (da ora in avanti indicata con G_m). Lo scopo del nostro esperimento era quindi misurarne il valore al variare della temperatura, non tanto il suo valore assoluto, che comunque varia fra componenti della stessa famiglia e con la stessa sigla, ma il rapporto con il valore misurato a temperatura ambiente (25°C). Una volta tracciato la curva G_m in funzione della temperatura, è possibile avere una stima del rumore che è ragionevole aspettarsi a temperature criogeniche. Infatti, dalla letteratura reperibile presso uno dei costruttori di tali dispositivi (AN74-5 Siliconix), sappiamo che la tensione di rumore dipende dalla radice quadrata della temperatura e dalla radice quadrata della resistenza equivalente del canale del Fet, tale grandezza viene indicata come inversamente proporzionale a G_m . Inoltre sappiamo che la corrente di rumore è proporzionale alla radice quadrata della corrente di polarizzazione del Fet che, già bassa a temperatura ambiente, si dimezza per ogni diminuzione di 10 gradi circa. Dunque a 80 K è lecito aspettarsi che la corrente di rumore sia circa 3 ordini di grandezza inferiore a quella ambiente.

Abbiamo saldato l'involucro dei componenti su una lastrina di rame che abbiamo collegato alla piastra raffreddata di uno dei dewar di test del Laboratorio Infrarosso dell'Osservatorio di Arcetri; sulla medesima lastra di rame abbiamo posto sia un riscaldatore che un termometro a diodo, per la misura e controllo della temperatura del dispositivo.

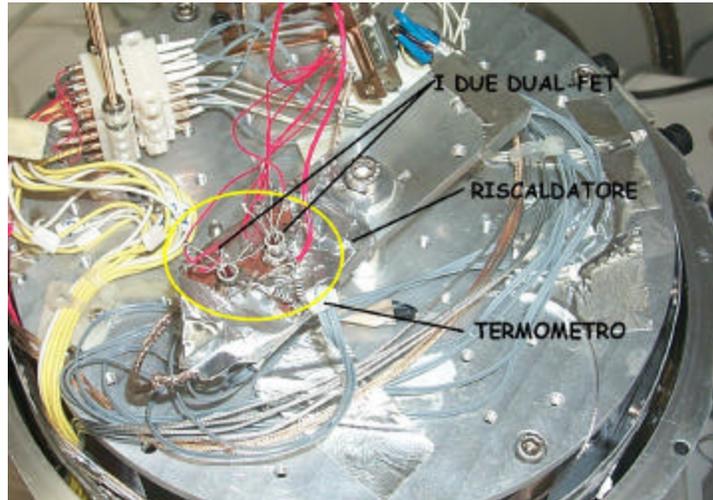


figura 1 – Sistemazione dei due dual FET all'interno del dewar di test

Abbiamo collegato i componenti in configurazione differenziale, con una resistenza di carico pari a 1800 Ohm su entrambi i drain, alimentando il ramo positivo a +15 Volts e inserendo un generatore di corrente costante a 8 mA sui due source, come da schema elettrico in figura 2. In questa situazione la potenza dissipata era 50 mW per ogni dispositivo ed è rimasta costante entro il 10% su tutto l'intervallo di temperature comprese fra 60 e 297 K (circa -217 e 20 °C).

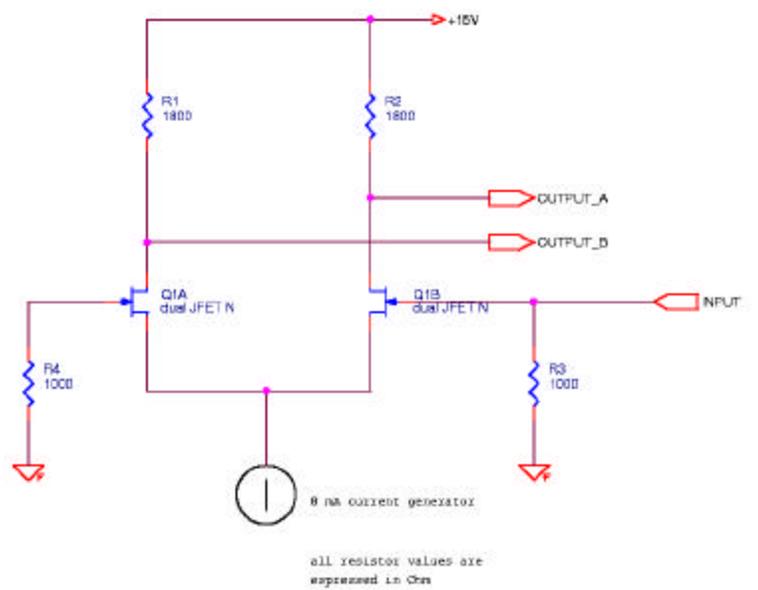


Figura 2 – Schema circuitale della misura

Il guadagno in tensione misurato su ogni uscita del circuito, è dato (facendo le opportune

semplificazioni) semplicemente dal prodotto della resistenza per la transconduttanza. La semplificazione fatta rispetto al circuito equivalente completo è sostanzialmente quella di assumere che G_m sia uguale per entrambi i fet dentro al dispositivo a tutte le temperature, ciò è ovviamente non vero, ma dalle misure effettuate si ricava che l'errore introdotto da questa semplificazione è inferiore al 10% per un dispositivo e al 3% per l'altro. Questo livello di incertezza non vanifica lo scopo del test che non è, come detto, quello di misurare il valore G_m in assoluto, ma misurarne la variazione con la temperatura.



Figura 3 – Sistemazione della misura in laboratorio

3. RISULTATI

I dati misurati non solo confermano la capacità dei fet di amplificare anche a basse temperature, ma ci mostrano una situazione decisamente interessante per un uso criogenico: nella figura 4 (dove è riportata la misura della transconduttanza in funzione della temperatura) si può vedere che G_m aumenta per entrambe le coppie di Fet al diminuire della temperatura, fino ad un massimo in cui è superiore del 60% rispetto al valore a temperatura ambiente. Il punto massimo non coincide per i due dispositivi, dunque non dipende esclusivamente dal materiale (silicio per entrambi) ma anche dalla geometria e dal processo produttivo.

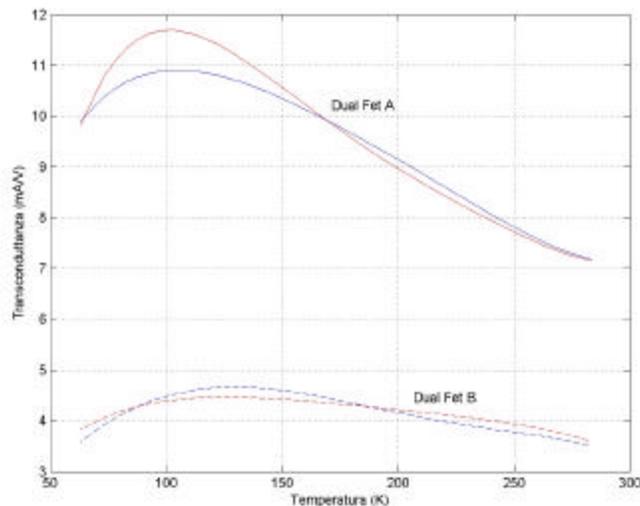


Figura 4 – Andamento della transconduttanza in funzione della temperatura

Per un tipo di dispositivo il massimo è stato raggiunto a 100K° , una temperatura vicina a quella operativa del rivelatore: risulta quindi possibile montare il Fet sulla stessa scheda e, addirittura, nelle vicinanze del sensore, come auspicato. Infine un'ultima considerazione: in corrispondenza del punto di massimo G_m ha la sua variazione minima, dunque termostatare il dispositivo a quella temperatura ha tre effetti desiderabili, il massimo guadagno, il minimo rumore e le minime variazioni dei parametri, che influiscono sul rumore $1/f$.

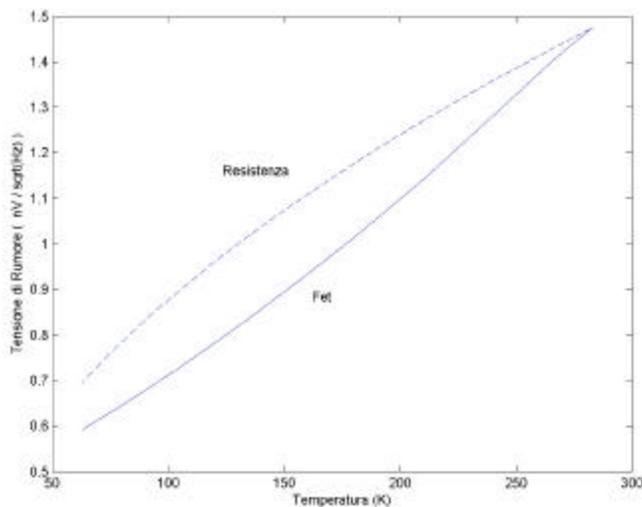


Figura 5 – Tensione di rumore stimata in funzione della temperatura per uno dei componenti sotto esame confrontata con quella di una resistenza che a temperatura ambiente ha lo stesso rumore