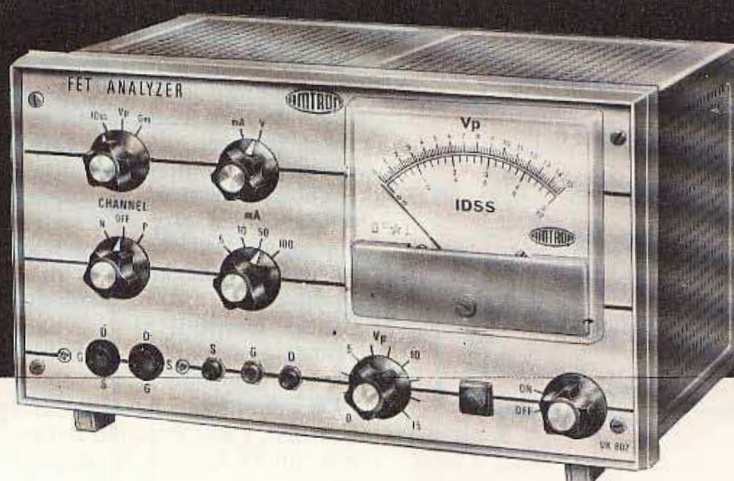


**I MONTAGGI
REPERIBILI
ANCHE IN KIT**



ANALIZZATORE PER TRANSISTORI AD EFFETTO DI CAMPO

CARATTERISTICHE TECNICHE

Alimentazione dalla rete:
115-220-250 Vc.a. 50-60 Hz

Misure sui transistori (FET) a canale
N o P:

Misure della corrente di drain: ID_{ss}

Misure della tens. di pinch-off: V_p

Misure della conduttanza mutua: G_m

Campi di misure:

Corrente di drain ID_{ss} :
da 0 ÷ 100 mA in quattro por-
tate con i seguenti valori di fon-
do scala (5-10-50-100 mA)

Tensione di pinch-off:
da 0 ÷ 15 V a variazione con-
tinua

E' un apparecchio di misura basato su un nuovo concetto circuitale, che permette di misurare rapidamente e con grande precisione i parametri caratteristici dei transistori ad effetto di campo (FET) a giunzione.

Le grandezze misurate si possono leggere direttamente sulla scala dello strumento indicatore di precisione.

Lo strumento permette la misura della corrente di drain ID_{ss} , a polarizzazione di gate zero, della tensione di svuotamento o pinch-off V_p , e della conduttanza mutua G_m . La conoscenza precisa di questi valori permette di sviluppare il progetto di un circuito intorno ad un dato componente oppure di effettuare una sostituzione con un componente di caratteristiche più prossime possibile all'originale.

L'alimentazione dalla rete rende possibile l'uso continuo dello strumento senza la preoccupazione di esaurire le pile.

L'alimentatore è dotato di protezione automatica contro i cortocircuiti.

Prima di entrare nel vivo della descrizione di questo utile strumento converrà dire qualche parola per spiegare il funzionamento dei transistori ad effetto di campo a giunzione (JFET).

Il transistor ad effetto di campo è un componente attivo elettronico che riunisce in sé i vantaggi dei tubi a vuoto (alta resistenza d'ingresso, pilotaggio in tensione ecc.) ed i vantaggi del transistor (minimo ingombro, basso consumo di dissipazione, robustezza meccanica).

Il principio su cui si basa il funzionamento del FET si può assimilare al comportamento di un tubo d'acqua di gomma. Pinzando con due dita la sezione del tubo, si può modulare il getto fino ad interromperlo del tutto con un minimo sforzo rispetto al risultato. Nel FET il tubo d'acqua è sostituito da una barretta di semiconduttore di tipo P o di tipo N.

La regolazione del flusso delle cariche elettriche che portano la corrente nella

barretta, viene effettuata da un dispositivo che applica un campo elettrico trasversale nel corpo della barretta.

La prima osservazione che si può fare è che sul percorso della corrente principale non esiste una giunzione e quindi il passaggio della corrente non è dovuto allo scambio tra portatori di segno opposto, ma avviene per il movimento di portatori dello stesso segno (elettroni o lacune, a seconda del tipo di drogaggio della barretta di semiconduttore).

Per questo mentre i transistori sono chiamati dispositivi bipolari, i FET sono chiamati dispositivi unipolari.

In sostanza la barretta di semiconduttore costituirà un canale di passaggio entro il quale la corrente passerà trovando una certa resistenza.

Il problema della riduzione del canale di passaggio delle lacune (tipo P) o degli elettroni (tipo N), si risolve applicando un campo elettrico di segno appropriato che respinga i portatori e ne renda più difficile il passaggio. Tale campo può essere applicato mediante un elettrodo metallico opportunamente isolato dal canale conduttore, per esempio da uno strato di ossido di silicio (ottimo isolante). In questo modo si ottengono i cosiddetti MOSFET, dei quali non parleremo in queste righe.

Un altro sistema è quello di utilizzare l'elevatissima resistenza inversa delle giunzioni P-N. Una giunzione P-N costituisce quello che in pratica si chiama diodo. Se ai terminali di un diodo applichiamo una tensione, troveremo che se il polo positivo è applicato al terminale connesso col semiconduttore di tipo N, non si avrà praticamente passaggio di corrente. Quindi la resistenza pre-

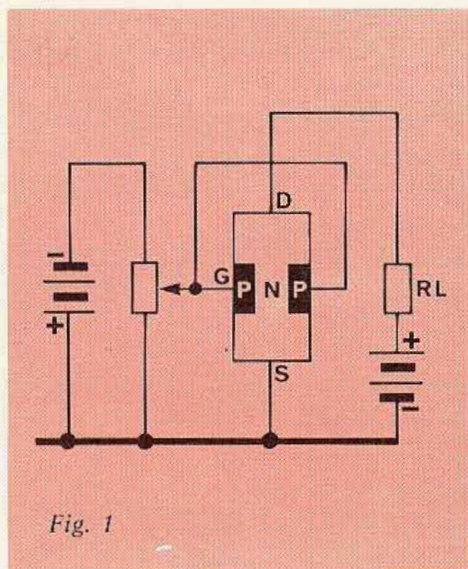


Fig. 1

sentata dalla giunzione in queste condizioni, sarà elevatissima. La tensione applicata con polarità inversa, ossia con il positivo al terminale connesso al semiconduttore di tipo P, provocherà invece un notevole passaggio di corrente, e la giunzione presenterà in questo senso una resistenza molto bassa. A questo fenomeno si deve l'efficacia del diodo nel raddrizzamento delle correnti alternate.

Ora, se in un certo punto della superficie esterna della barretta conduttrice del nostro FET, noi disponiamo una piastrina di materiale di segno opposto, creando una giunzione che, si badi bene, non interessa la sezione di passaggio della corrente, polarizzando inversamente questa giunzione, noi potremo creare un campo elettrico nella barretta, senza che si abbia passaggio di corrente nella giunzione.

Supponiamo ora (fig. 1) che la barretta sia costituita da materiale tipo N, nel quale la corrente è trasportata dagli elettroni.

Alla superficie laterale della barretta viene applicato del materiale tipo P, in modo che si formi una giunzione.

Dalla figura appare chiaro come devono essere disposte le batterie di polarizzazione in modo da poter avere una regolazione della corrente nella barretta principale. Se la barretta è costituita da materiale P, le cose vanno nel senso opposto. Notare, che in figura, la disposizione della batteria ricorda esattamente quella dei triodi a vuoto. Infatti il FET a canale N può essere quasi esattamente assimilato ad un triodo, tranne per il fatto che le curve di risposta ricordano piuttosto il pentodo.

I tre elettrodi si chiamano normalmente, con parole inglesi, S=source, D=drain, G=gate.

Le grandezze che è necessario conoscere per caratterizzare il funzionamento di un FET, sono le seguenti:

- 1) V_p = Tensione di pinch-off è il valore di tensione applicata fra il gate e la sorgente che determina lo svuotamento del canale delle cariche libere. In corrispondenza, la resistenza tra il drain e la sorgente è dell'ordine del $M\Omega$.
- 2) La transconduttanza o conduttanza mutua che, come per i tubi a vuoto, è definita dalla variazione della corrente di drain provocata da una variazione della tensione tra gate e source. Essa definisce l'efficacia dell'elemento come amplificatore.
- 3) BV_{GDS} = tensione di rottura della giunzione tra la barretta ed il gate. Questo valore è dato dai fogli delle caratteristiche ed è importante la sua conoscenza per determinare la tensione massima di polarizzazione.
- 4) I_{GSS} = corrente massima nella giunzione di gate. Ovviamente è piccolissima, ma non nulla, dato che la giunzione non è perfetta. Dà un'idea dei limiti della resistenza d'ingresso.
- 5) I_{DSS} = corrente di drain a polarizzazione di gate nulla. Dà un'idea della resistenza intrinseca del materiale con cui è fatta la barretta.

I parametri che interessano per valutare le prestazioni e per riconoscere se un determinato FET è in condizioni da

corrispondere ai dati costruttivi forniti dal foglio dei dati, sono principalmente tre.

Questi tre parametri sono la tensione di pinch-off V_p , conduttanza mutua G_m e la corrente di drain a polarizzazione di gate nulla I_{DSS} .

Per misurare con ottima precisione questi tre parametri è stato studiato l'UK 807. La difficoltà da superare consiste nel fatto che i tre parametri sono strettamente dipendenti uno dall'altro.

La difficoltà è stata superata introducendo nella misura alcune approssimazioni ed alcuni accorgimenti atti ad ottenere una precisione più che accettabile, usando un'apparecchiatura il più semplice possibile.

Se noi chiamiamo G_{mo} la conduttanza mutua a polarizzazione di gate 0, troveremo su tutti i manuali di uso dei FET una semplice formula che definisce il valore di questa grandezza:

$$G_{mo} = I_{DSS} / V_p$$

Questa formula, per quanto molto semplificata, si può ritenere sufficientemente precisa per gli usi pratici.

Osservando la formula suddetta, non sembrerebbe possibile, a prima vista, una sua risoluzione per mezzo di un circuito elettronico semplice.

La formula mette infatti in relazione ben tre grandezze che noi non conosciamo. Se anche riuscissimo a misurarne due, la terza per forza dovrebbe essere calcolata.

La particolarità del circuito che presentiamo è invece quella che le varie grandezze caratteristiche del FET si possono leggere direttamente sul quadrante dello strumento, senza bisogno di eseguire dei calcoli.

Il sistema adottato è quello di far assumere ad uno dei componenti del circuito di controllo un valore proporzionale ad una delle incognite.

Supponiamo (fig. 2a/b) di inserire nel circuito di drain uno strumento di misura shuntato da una resistenza di basso valore. Questo strumento non segnerà più la corrente di drain ma una corrente proporzionale alla tensione che si sviluppa ai capi della resistenza di shunt, che costituisce il carico effettivo del FET.

La resistenza R_G che serve a determinare V_p viene commutata in modo da fornire la resistenza in serie allo strumento, la cui scala darà un'indicazione corrispondente alla relazione esistente tra la variabile fissata RGV_p e quella che vogliamo leggere, cioè I_m .

Se noi eseguiamo per prima cosa la misura di V_p avremo il potenziometro R che assumerà un valore $R_G V_p$ proporzionale alla tensione di pinch-off.

Senza cambiare il valore di questa resistenza noi la trasferiamo in serie al milliamperometro, la cui indicazione sarà ora resa proporzionale a V_p . Siccome la resistenza dello strumento sarà molto elevata, se viene messa in parallelo con R_L di piccolo valore, essa non influenzerà la tensione ai capi di questa che a sua volta sarà proporzionale alla corrente di drain.

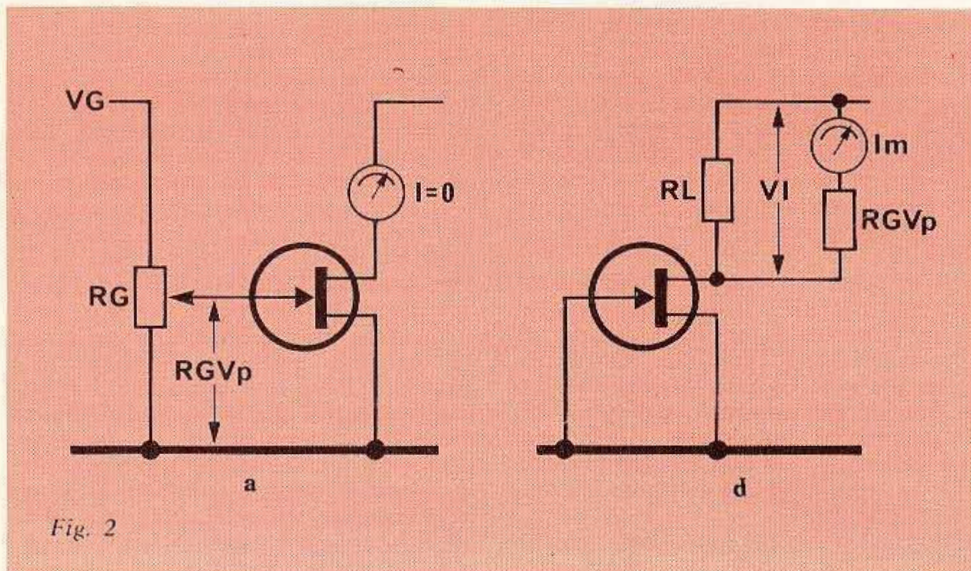


Fig. 2

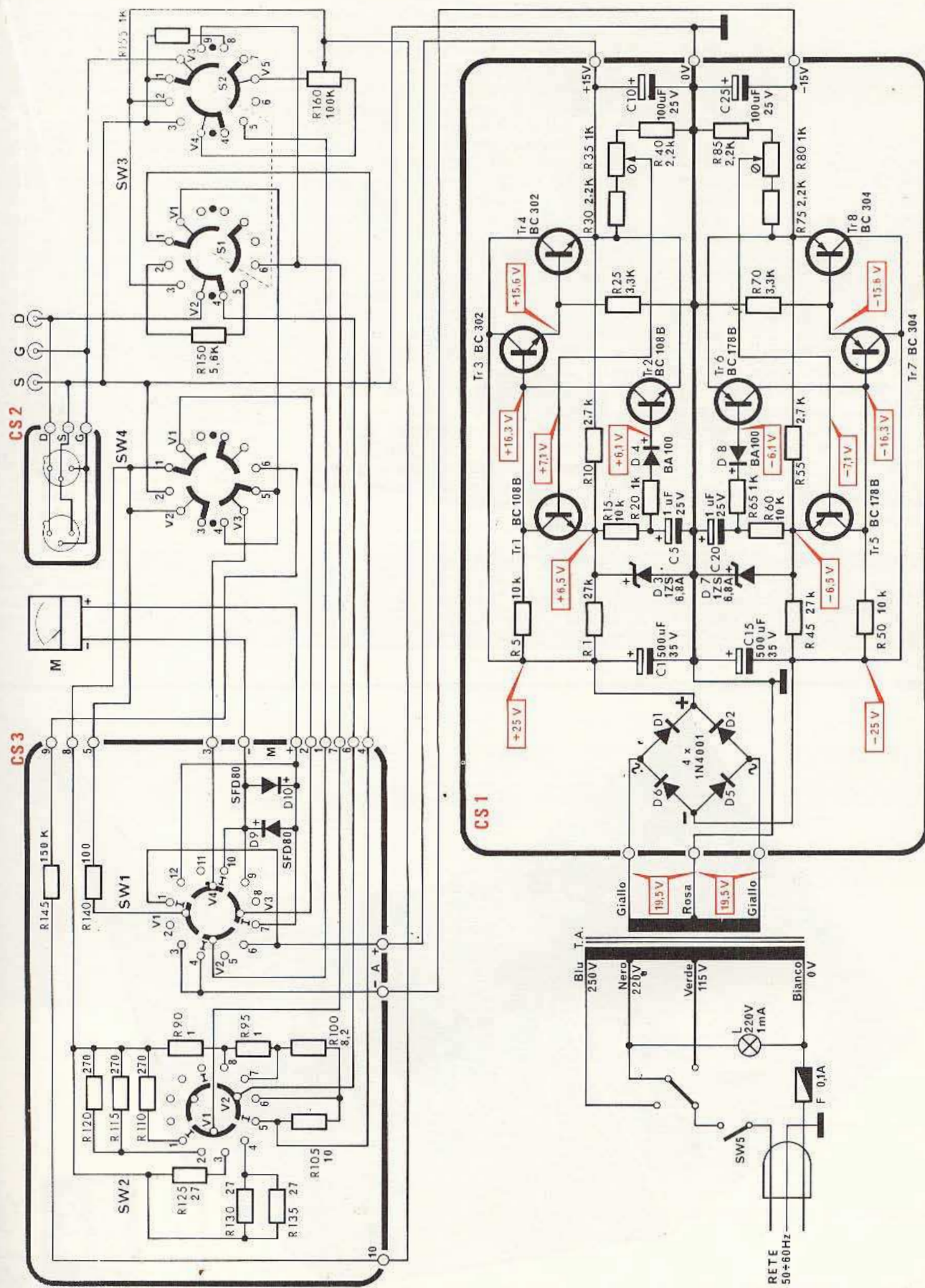


Fig. 3 - Schema elettrico.

Trasponendo quanto detto sopra in alcune semplici formule, avremo:

$$\begin{aligned} V_1 &= I_{DSS} R_L \text{ per la legge di } \Omega \\ I_m &= V_1 / (R_G V_p) = \\ &= I_{DSS} R_L / (R_G V_p) \end{aligned}$$

è la corrente che attraversa lo strumento.

Ma:

$$G_m = \frac{2 I_{DSS}}{V_p} \frac{K R_L}{R_G} 2 K I_m$$

Il gate è connesso al source per fissare il valore I_{DSS} della corrente di drain.

Quindi la corrente nello strumento e quindi la sua indicazione, sarà proporzionale alla conduttanza mutua una volta che abbiamo fissato il valore di $R_G V_p$, per una costante $2K$ definita in sede di taratura.

La misura di I_{DSS} , per la sua stessa definizione, non presenta difficoltà; basta infatti misurare la corrente di drain con il gate a polarizzazione zero, ossia direttamente connesso al source.

Opportune resistenze molto precise shuntano lo strumento indicatore per adattarne la portata al valore della corrente di drain.

DESCRIZIONE DEL CIRCUITO

Si noterà immediatamente osservando lo schema della fig. 3, che è stata data una grande importanza all'alimentatore destinato a fornire le due tensioni di polarizzazione.

E' necessario che l'alimentatore fornisca due tensioni distinte e di polarità opposte, in quanto, contrariamente ai transistori ed analogamente ai tubi a vuoto, il FET ha bisogno per la polarizzazione dell'elettrodo di controllo, di una tensione di segno opposto a quella principale.

L'alimentatore è formato da due distinti circuiti di regolazione serie i cui elementi di potenza sono i Darlington formati rispettivamente dai transistori Tr3-Tr4 e Tr7-Tr8. I transistori, Tr1 e rispettivamente Tr2, costituiscono gli elementi di confronto tra la tensione fornita dagli Zener D3 e D7 e la tensione di uscita; il segnale di errore pilota gli stadi di potenza.

Come si vede è un alimentatore molto sofisticato, che garantisce una costanza quasi assoluta delle tensioni di alimentazione dello strumento.

Il raddrizzamento della corrente alternata dalla rete avviene per mezzo del ponte di Graetz monofase formato dai diodi D1, D2, D5, D6.

Due potenziometri semifissi R35 ed R80 regolano entro certi limiti la polarizzazione degli stadi comparatori, permettono un'accurata regolazione della tensione di uscita.

L'alimentatore dispone di un efficiente circuito di protezione contro i cortocircuiti dell'utilizzatore. Tali elementi sono costituiti dai transistori Tr2 e Tr6. Esamineremo il funzionamento di Tr2, in quanto quello di Tr6 è perfettamente analogo. In condizioni normali di fun-

zionamento la giunzione base - emettitore di Tr2 è polarizzata inversamente e quindi tale transistor è bloccato. Infatti vediamo che l'emettitore è direttamente collegato alla tensione di uscita di +15 V mentre la base riceve una tensione di +6,1 V attraverso il diodo D4. Mettendo l'uscita in corto-circuito con la massa, la tensione di emettitore di +15 V diventa ora zero, mentre la polarizzazione di base rimane a 0,7 V. Avremo quindi il transistor Tr2 direttamente polarizzato e quindi, in conduzione. In questo modo si viene a creare un cortocircuito tra la base e l'emettitore del Darlington di potenza che, di conseguenza si blocca, salvo a riprendere le normali condizioni di funzionamento non appena venga rimosso il corto-circuito sul carico.

Passiamo ora a descrivere il circuito di misura vero e proprio.

Le condizioni di prova vengono stabilite dalla posizione dei commutatori:

SW1 A tre posizioni, quattro vie. La posizione centrale esclude sia l'alimentazione che lo strumento indicatore. Nelle due posizioni laterali vengono fornite le adatte polarità sia al FET in prova che allo strumento indicatore per i due casi di FET a canale N ed a canale P.

SW2 A quattro posizioni, tre vie, delle quali una non utilizzata. Serve a scegliere tra le quattro portate possibili di fondo scala per lo strumento indicatore e tra le quattro diverse possibilità di carico di drain per il FET.

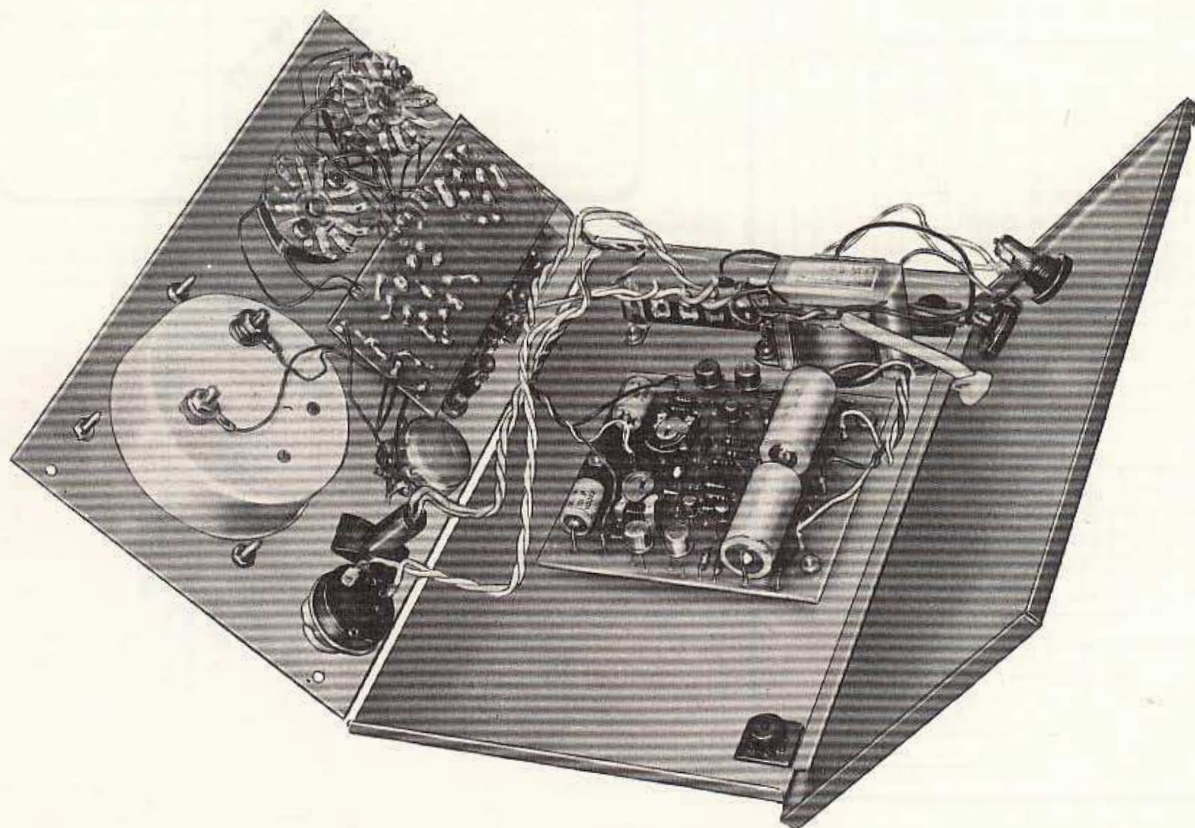
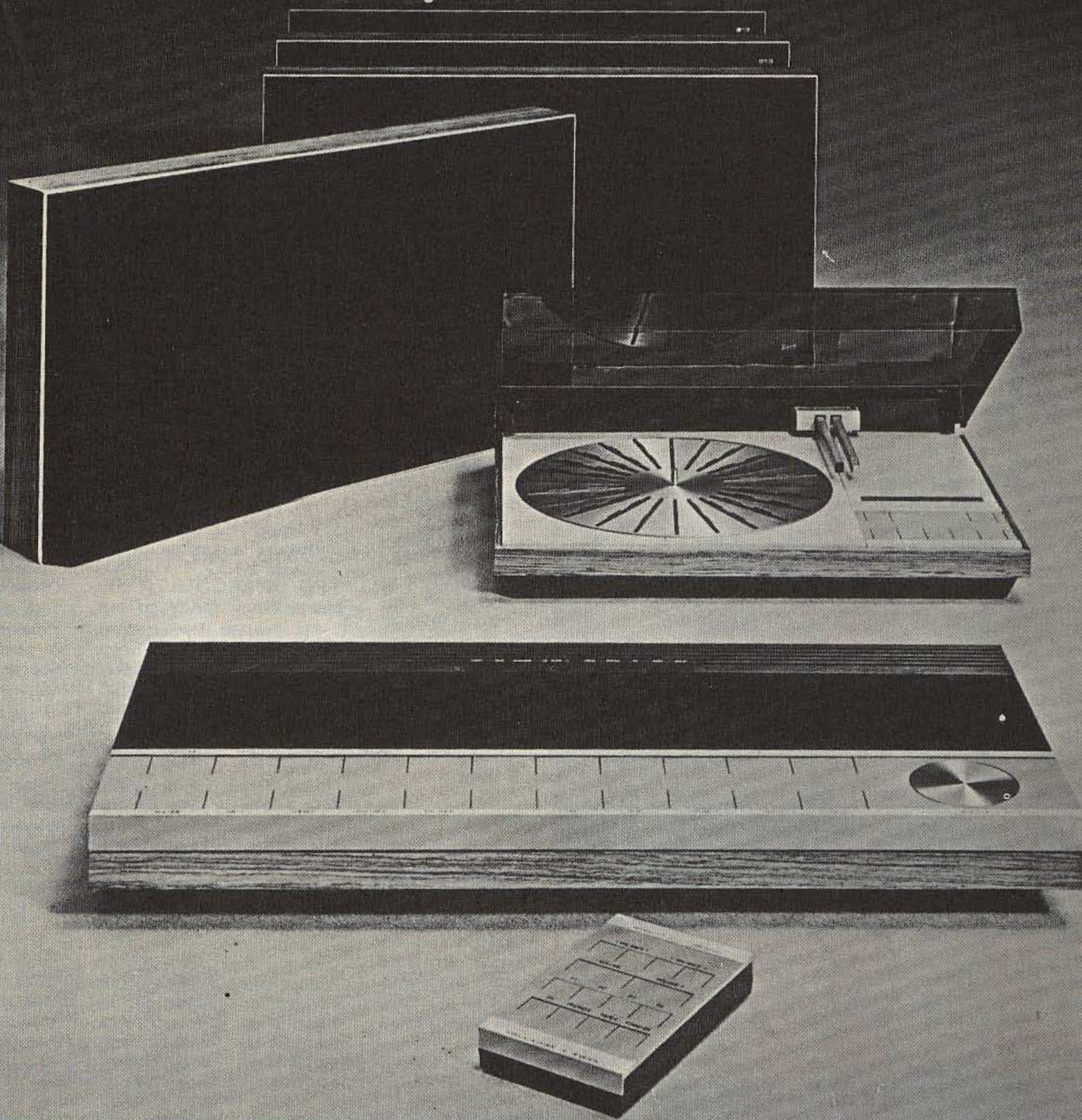


Fig. 4 - Vista interna dall'UK 807 a montaggio quasi ultimato.

Beosystem 6000



Col Beosystem 6000 qualsiasi informazione quadrifonica, stereofonica, monofonica viene riprodotta con la più grande naturalezza e fedeltà.

Beomaster 6000...

Il sinto-amplificatore di **4 x 40 W RMS** le cui funzioni possono essere comandate a distanza con il **"Commander 6000"** ad ultrasuoni.

Beogram 6000...

Il giradischi con braccio a scorrimento tangenziale comprendente il decodificatore e la testina **MMC 6000** per la lettura dei dischi **CD4**.

Beovox P 50...

I diffusori ultrapiatti, nuovi per linea e concezione, a **tre vie quattro altoparlanti**. La particolarissima superficie angolata permette qualsiasi sistemazione ambientale.

RICHIEDETE I PRODOTTI B&O AI MIGLIORI RIVENDITORI

Cataloghi a **Furman** S.p.A. - Via Ferri, 6 - 20092 CINISELLO B. (MI)



è in edicola il nuovo numero di

Millecanali TV

a sole

L. 1000

la rivista di TV CAVO e AUDIOVISIVI

SW3 A tre posizioni, sei vie, delle quali una non utilizzata. Serve alla scelta della grandezza caratteristica del FET da sottoporre a misura.

Per quanto detto nella descrizione preliminare, è necessario effettuare la misura di V_p , prima di G_m in quanto la sezione del potenziometro R160 messa in circuito per questa misura, verrà trasportata tale e quale in serie allo strumento indicatore per poter effettuare la misura di G_m .

SW4 A due posizioni, quattro vie, delle quali una non utilizzata. Definisce il collegamento dello strumento come voltmetro oppure come amperometro per la misura rispettivamente di tensioni e di correnti.

Il FET da analizzare viene collegato allo strumento, sia mediante due zoccoli collegati secondo i due schemi più comuni di connessione dei piedini, oppure mediante collegamenti flessibili volanti che fanno capo alle boccole contrassegnate S, G, D.

Il potenziometro R160 è adoperato per la misura del pinch-off e della conduttanza mutua secondo quanto spiegato nell'introduzione.

I due diodi D9 e D10 montati in opposizione servono alla protezione dello strumento di misura contro i sovraccarichi, in quanto la tensione ai loro capi non potrà mai superare la tensione minima in cui avviene la conduzione. In caso di tensione maggiore almeno uno dei diodi passa in conduzione diretta, assorbendo tutto il carico eccessivo ed al limite, sacrificandosi al posto del ben più costoso strumento di misura.

USO DELLO STRUMENTO

Vediamo ora il semplice procedimento da usare per la misura delle caratteristiche di un FET.

Attenzione: lo strumento misura solo FET a giunzione. I mosfet non possono essere provati con questo strumento anche se il funzionamento avviene in modo analogo. La ragione di questa limitazione è la necessità di usare particolari precauzioni per evitare l'effetto di cariche elettrostatiche sullo strato isolante di ossido di silicio che in questi elementi tiene il posto della giunzione a diodo polarizzata inversamente e che potrebbe facilmente perforarsi.

Procedere come segue per eseguire la misura:

1) Connettere l'apparecchio alla rete elettrica e disporre l'interruttore generale nella posizione ON. Si accenderà la spia di rete montata sul pannello frontale.

2) Portare il potenziometro della regolazione della tensione V_p tutto a sinistra. La tensione di polarizzazione sarà così di 0 V.

3) Portare il commutatore CHANNEL sulla posizione OFF.

4) Portare il selettore della portata su 100 mA.

5) Portare il selettore delle funzioni su ID_{ss} .

6) Inserire il FET sullo zoccolo oppure collegarlo alle prese S, G, D rispettando la posizione dei collegamenti degli elettrodi ed evitando di toccarli con le mani.

7) Portare il commutatore CHANNEL sulla posizione corrispondente alla polarità del FET da provare (N per canale N e P per canale P).

8) Portare il commutatore mA - V su mA e leggere direttamente sulla scala dello strumento indicatore il valore di ID_{ss} . Se la lettura fosse troppo piccola, diminuire la portata di fondo scala agendo sul selettore delle portate.

9) Portare il selettore delle funzioni su V_p . Regolare il potenziometro V_p finché la lettura sullo strumento indicatore scenderà a 0. Bisogna interrompere la manovra del potenziometro appena la lettura arriva allo zero, in quanto continuando ad aumentare la polarizzazione la lettura rimarrà a zero ed il valore di V_p potrebbe risultare maggiore del vero.

10) Portare il commutatore mA-V su V e leggere direttamente sullo strumento indicatore la tensione di pinch-off. **NON TOCCARE PIU' IL POTENZIOMETRO DI REGOLAZIONE** e portare il commutatore mA-V su mA.

11) Portare il selettore delle funzioni nella posizione G_m . Leggeremo direttamente sulla scala amperometrica dell'indicatore il valore della conduttanza mutua, in mA/V. Volendo l'indicazione in micro ohm, come usato specialmente dagli americani, bisognerà moltiplicare per mille il valore letto. Il selettore di portata del milliamperometro deve essere disposto su una portata tale da consentire una lettura più alta possibile, in modo da ottenere una maggiore precisione.

In questo modo saremo in possesso di tutti i dati necessari per progettare un circuito FET, senza dover tenere conto della dispersione dei valori che si trovano sui fogli dati, che, per questi particolari componenti è veramente notevole. Questo è importante nel campo di lettantistico, dove si ricerca un risultato ottimo e non un buon compromesso che permetta di usare componenti di serie con una larga tolleranza nei valori delle caratteristiche. L'utilità dello strumento si ravvisa anche nella sostituzione di questi componenti con altri di diverso tipo. Tra i vari componenti a disposizione si può scegliere senza fatica quello che maggiormente si avvicina alle caratteristiche dell'elemento da sostituire.

L'utilità di questo strumento è evidente anche considerando che praticamente non esistono in commercio apparecchi capaci di dare prestazioni analoghe, pur con una spesa veramente contenuta.

Questo apparecchio fa parte della produzione AMTRON ed è reperibile in kit con la sigla UK 807 presso tutti i punti di vendita GBC e i migliori rivenditori.