

CORSO ELEMENTARE DI ELETTRONICA



**PRIMI
PASSI**

MOSFET DI POTENZA

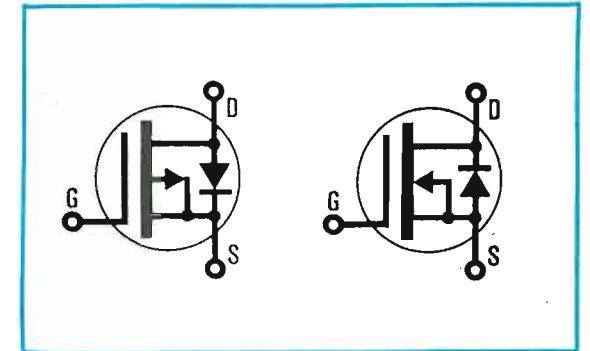
Il powerfet, ovvero il MOSFET di potenza, è un componente elettronico che, solamente in questi ultimi tempi, ha trovato larga diffusione nel particolare settore dell'elettronica hobbistica, soprattutto per la sua immissione sul mercato al dettaglio a prezzi accessibili a tutte le borse. Ma il suo maggiore interesse è principalmente sollevato dai molteplici impieghi che se ne possono fare e che si estendono dal pilotaggio delle elettrovalvole a quello di moltissimi altri dispositivi, così che oggi lo si trova applicato negli inverter da continua a continua, negli amplificatori ad alta fedeltà, negli stadi di potenza per apparati trasmettenti. Il suo simbolo teorico, adottato nella composizione dei circuiti teorici di elettronica, è del tutto simile a quello del MOSFET MONOGATE, al quale somiglia anche costruttivamente, perché sul suo chip appaiono collegati in parallelo tanti MOSFET di piccola potenza.

Per proteggere il MOSFET di potenza, il cui simbolo elettrico è riportato in figura 1, tra l'elettrodo di drain (d) e quello di source (s), come indicato in figura 2, viene inserito, ovviamente all'interno del componente, un diodo veloce, che intervenendo repentinamente elimina gli impulsi negativi troppo forti. Tuttavia, pur essendo provvisto di protezioni in entrata ed in uscita, questo componente va trattato con il massimo riguardo, come del resto si deve fare con ogni modello di semiconduttore MOS, onde scongiurare gli effetti deleteri provocati da cariche elettrostatiche ed extratensioni, che rimangono sempre le maggiori nemiche dei MOSFET i quali, come indica la figura 3, sono presenti in commercio in contenitori diversi. In particolare, quelli segnalati in figura 3, a partire da sinistra, verso destra, sono rispettivamente il TO3, il TO220, l'HD1 ed il TO39. Ma ne esistono pure degli altri.

Osservando il disegno simbolico di figura 2, è facile notare come il diodo di protezione contro gli impulsi di tensione sia cablato in senso inverso, ossia con il catodo rivolto verso l'elettrodo di drain e l'anodo verso quello di source. Ciò si spiega con il comportamento del componente, che è chiamato ad intervenire in occasione di commutazioni induttive promosse da relè, trasformatori, solenoidi, bobine a radiofrequenza, ecc. Dunque, le caratteristiche elettriche del diodo di protezione debbono essere pari a quelle del MOSFET, ovvero, se quest'ultimo, ad esempio, è in grado di sopportare tensioni massime di 200 V e correnti di 8 A, anche il diodo deve possedere tali requisiti. Elettricamente, i MOSFET di potenza si dividono in due grandi categorie: quelli a canale N e gli altri a canale P. I primi, peraltro, sono i più comuni.

PRINCIPALI CARATTERISTICHE

Le più salienti caratteristiche elettriche dei powerfet possono così essere semplicemente ricordate:



Alta capacità fra gate e drain-source
(150 pF ÷ 1.000 pF).

Isolamento elettrico fra gate e drain-source.

Bassa resistenza del tratto drain-source
in stato on.

Alte tensioni di drain-source (fino a 800 Vcc).

Elevate correnti di drain-source.

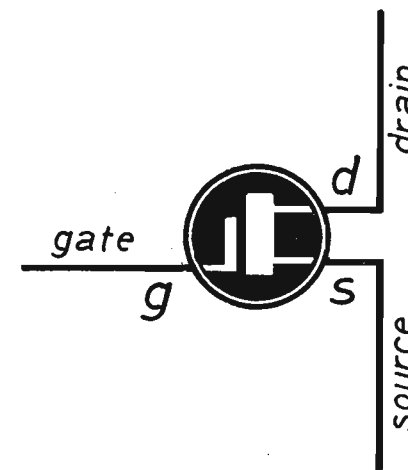


Fig. 1 - Simbolo teorico del transistor MOSFET di potenza, universalmente adottato nella composizione degli schemi elettrici dei circuiti elettronici.

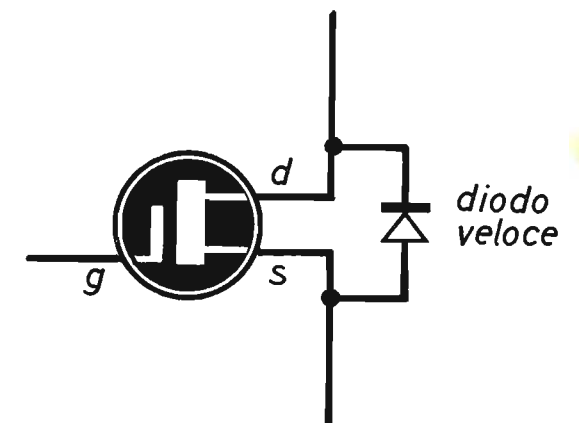


Fig. 2 - Fra gli elettrodi di drain (d) e di source (s) del transistor powerfet è inserito, ovviamente all'interno del semiconduttore, un diodo veloce in grado di eliminare gli impulsi negativi troppo forti.

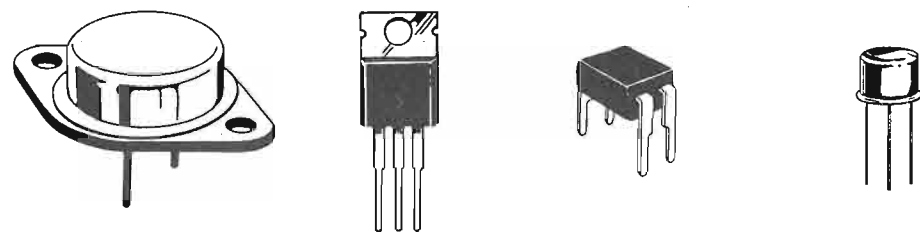


Fig. 3 - L'industria elettronica produce attualmente i transistor MOSFET in contenitori diversi; per esempio, come qui segnalato, da sinistra a destra, in T03 - T0220 - HD1 - T039.

In ogni caso, facendo riferimento a sette modelli di transistor MOSFET di potenza, scelti fra i più comuni attualmente impiegati nel mondo dilettantistico, le varie grandezze elettriche specifiche relative alle correnti, capacità, resistenze e tensioni, possono essere rilevate nell'apposita tabella.

CARATTERISTICHE DEI MOSFET DI POTENZA

Modello	I d/s	C entr.	R d/s	V d/s
IRF 250	30 A	2.000 pF	0,085 ohm	200 V
IRF 510	4 A	135 pF	0,6 ohm	100 V
IRF 532	12 A	600 pF	0,25 ohm	100 V
IRF 610	2,5 A	135 pF	1,5 ohm	200 V
IRF 740	10 A	1.250 pF	0,55 ohm	400 V
IRF 830	4,5 A	600 pF	1,5 ohm	500 V

ALIMENTATORE VARIABILE

Per meglio assimilare il funzionamento del transistor MOSFET di potenza, proponiamo al lettore principiante la realizzazione del circuito sperimentale pubblicato in figura 6, nel quale viene utilizzato il powerfet modello IRF 532, le cui caratteristiche elettriche sono menzionate nell'apposita tabella ed il cui aspetto esteriore è quello riprodotto in figura 9, che interpreta pure l'esatta piedinatura del semiconduttore. Tut-

tavia, allo scopo di raggiungere le finalità didattiche necessarie per approfondire il concetto di MOSFET di potenza, si deve inizialmente comporre la prima parte circuitale del progetto di figura 6, quella riportata nella zona di sinistra, che si identifica con lo schema di un semplice alimentatore in continua a tensione variabile e che, onde evitare disorientamento iniziale, è stato estrapolato dal circuito originale e pubblicato in figura 4. Dunque, per ora, l'esposizione teorica relativa al comportamento del powerfet prende le mosse dall'alimentatore o, meglio, dalla sezione alimentatrice di figura 4.

La sorgente di tensione dell'alimentatore è rappresentata da un collegamento in serie di tre pile piatte da 4,5 V ciascuna, con lo scopo di disporre di una tensione di valore complessivo di 13,5 V ($4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} + 4,5 \text{ V} = 13,5 \text{ V}$).

La presenza della resistenza R1 e del potenziometro R2 consente quindi di prelevare, a piacere, qualsiasi valore di tensione continua compreso fra 0 V e 9 Vcc, giacché la presenza del diodo zener DZ, da 9 V - 1 W, riduce il valore della tensione di 13,5 Vcc dell'alimentatore a quello stabilizzato di 9 Vcc.

Una volta composta questa prima sezione del progetto di figura 6, si provvede a tarare, nel modo segnalato in figura 5, una scala di valori di tensioni progressive di un solo volt per ogni tacca o punto riportato su apposita piastrina metallica, ovviamente fra 0 V e 9 Vcc.

Il lavoro di taratura si ottiene tramite un comune tester commutato nella funzione voltmetrica in continua e sulla gamma di 10 Vcc fondo-scala. Naturalmente, il puntale nero dello strumento va applicato alla linea della tensione negativa, il rosso sul terminale centrale del potenziometro R2, quello corrispondente al cursore

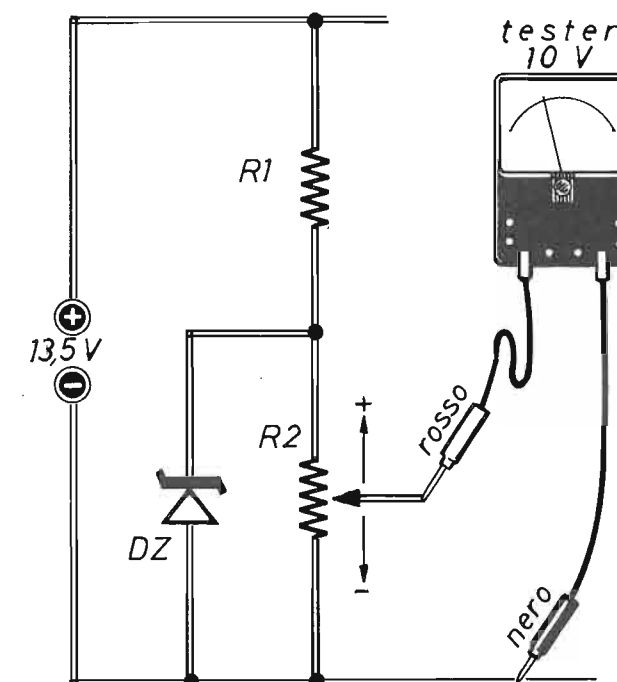


Fig. 4 - Questo stadio alimentatore del progetto sperimentale di analisi del comportamento del transistor MOSFET di potenza deve essere realizzato per primo, onde poter comporre una scala di valori di tensioni continue, fra 0 V e 9 Vcc in corrispondenza della manopola innestata sul perno del potenziometro R2.

del componente. Poi si ruota lentamente il perno di R2 osservando attentamente gli spostamenti dell'indice del tester ed arrestando il movimento di rotazione ad ogni aumento di un volt, in corrispondenza del quale si deve apporre un segno provvisorio sul lamierino in cui ruota la manopola, provvista di indice, innestata sul perno di R2.

Questo procedimento di taratura, interpretato ora a parole, viene perfettamente completato dall'immagine di figura 5.

Una volta realizzata la taratura del potenziometro R2, che in un secondo tempo potrà essere graficamente perfezionata sul lamierino supporto del potenziometro, lo sperimentatore si troverà nelle condizioni di disporre di nove valori di tensioni continue, senza la necessità di servirsi del voltmetro, ovvero del tester che, nel progetto originale di figura 6, rimane applicato nella funzione di microamperometro.

Giunto a questo punto, il lettore avrà compreso il motivo per cui è stata consigliata la sola realizzazione pratica del primo stadio del progetto di figura 6, cioè quella dell'alimentatore che permette di effettuare la taratura di una scala di valori di tensione in corrispondenza della manopola inserita sul perno del potenziometro R2.

IL CIRCUITO SPERIMENTALE

Una volta composto lo stadio alimentatore e tarato il potenziometro R2, ovviamente rispettando il piano costruttivo di figura 7, il lettore potrà completare la realizzazione del progetto di

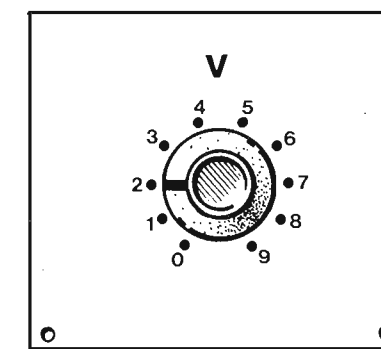


Fig. 5 - La manopola fissata sul perno del potenziometro R2 deve essere munita di un indice da posizionare esattamente su uno dei nove valori di tensioni continue riportati sul lamierino di sostegno.

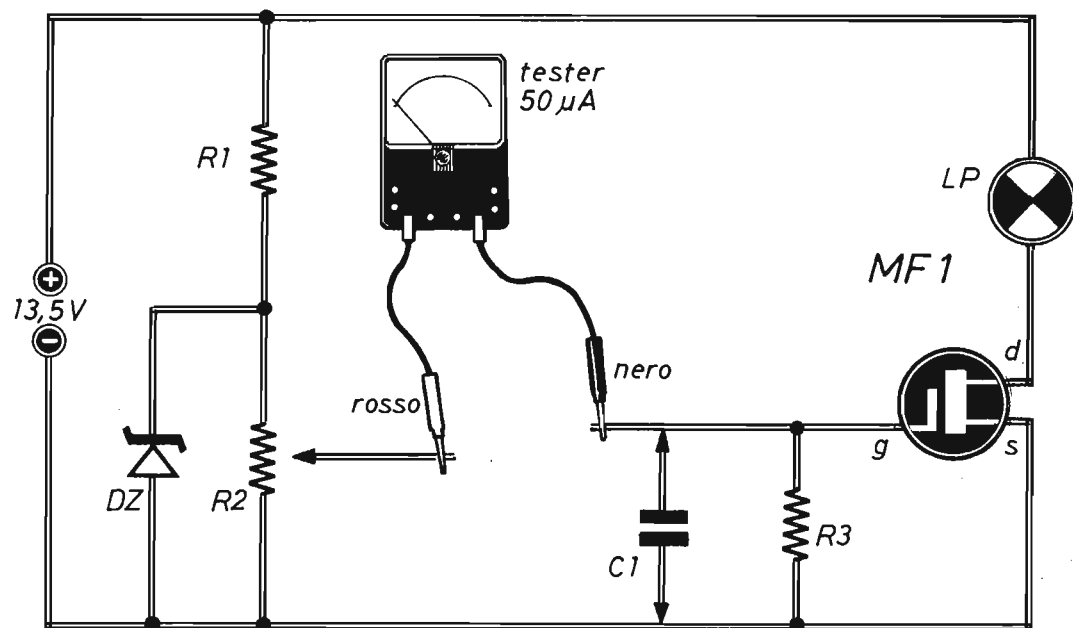


Fig. 6 - Circuito sperimentale completo di analisi del comportamento del transistor MOSFET di potenza. Le varie prove consistono nel constatare la gamma di valori di polarizzazione di gate di MF1, la mancanza di assorbimento di corrente da parte del gate ed il comportamento del carico, qui rappresentato dalla lampada ad incandescenza LP.

COMPONENTI

Condensatore

C1 = 1 µF (mylar)

Resistenze

R1 = 100 ohm - 1/4 W
 R2 = 1.000 ohm (pot. a variaz. lin.)
 R3 = 10 megaohm - 1/4 W

Varie

DZ = diodo zener (9 V - 1 W)
 MF1 = IRF 532
 LP = lamp. a fil. (12 V - 5 W)
 ALIM. = 13,5 V

figura 6, senza tuttavia inserire in questo, in un primo tempo, il condensatore C1.

Il tester, questa volta, viene utilizzato nella funzione di microamperometro, sulla portata di 50 µA fondo-scala.

Quando tutto è pronto e dopo essersi assicurati che il montaggio proposto in figura 7 è stato completato senza aver commesso errori di cablaggio, possono iniziare le operazioni di sperimentazione del comportamento di MF1, per il quale si è fatto uso di un comune modello di MOSFET di potenza, esattamente l'IRF 532.

Si comincia ora coll'imprimere una piccola rotazione alla manopola del potenziometro R3 che, inizialmente, deve trovarsi regolata sul valore di 0 V. Ebbene, ci si accorgerà subito che,

fino ai valori di tensione di alimentazione inferiori ai 3 Vcc, la lampadina LP rimane spenta e che questa si accende soltanto se si supera il valore di 3 Vcc. Ma l'accensione di LP, dapprima minima, diventa massima quando si raggiunge la tensione di 4 Vcc. E sui valori successivi, vale a dire fino a quello di 9 Vcc, la lampadina conserva la stessa luminosità, senza variazione alcuna.

Le conclusioni che si possono trarre dopo questo primo esperimento sono le seguenti: il MOSFET MF 1 è in grado di funzionare soltanto se sul suo gate (g) si applicano tensioni comprese fra i 3 Vcc e i 4 Vcc. In particolare, con le tensioni di gate inferiori ai 3 Vcc, il transistor rimane all'interdizione con quelle superiori ai 4

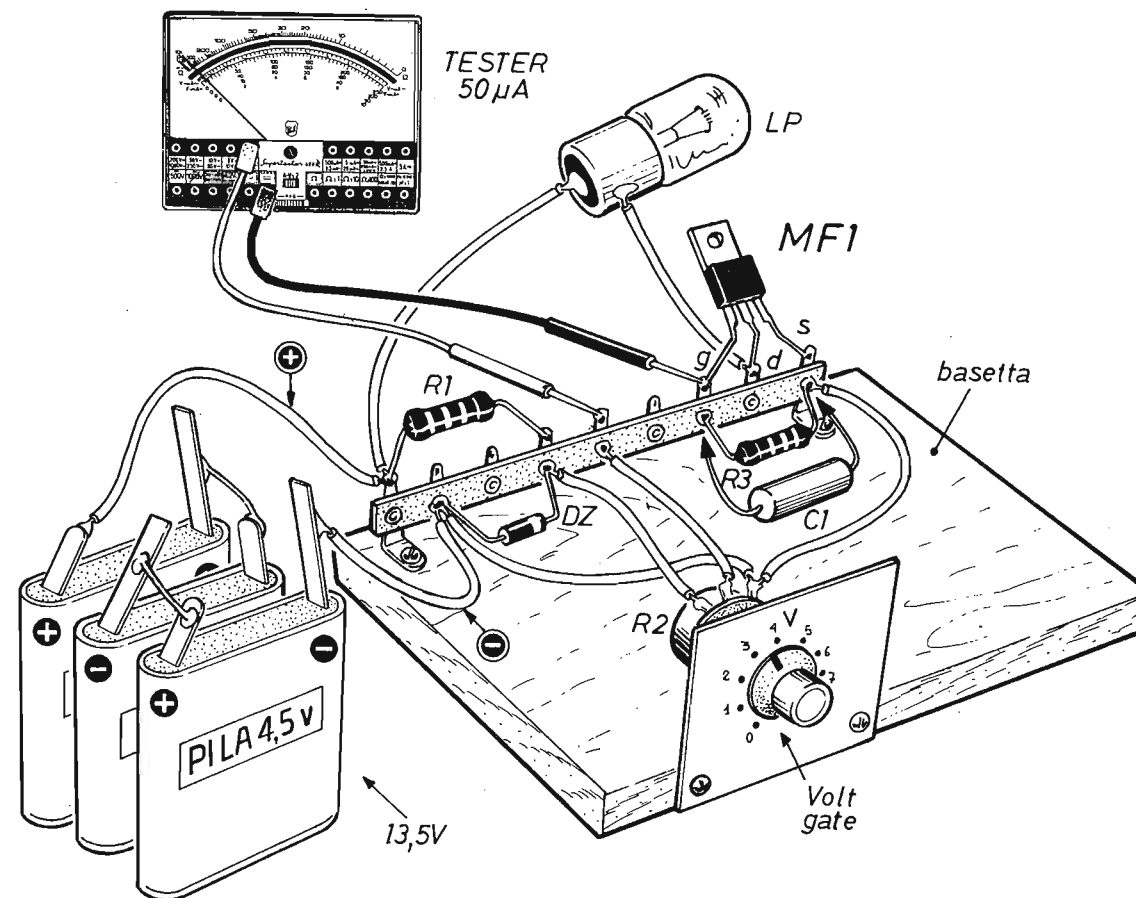


Fig. 7 - Piano costruttivo del progetto sperimentale di esame del comportamento dei transistor powerfet. Il potenziometro R2 è di tipo a variazione lineare e la lampada ad incandescenza LP è un modello da 12 V - 5 W per auto. Il tester rimane commutato nella funzione di microamperometro.

Vcc conduce e conserva la saturazione. Dobbiamo tuttavia aggiungere che tali affermazioni non sono rigorosamente esatte, ma rendono bene il concetto di polarizzazione del MOSFET di potenza. Infatti, per coloro che vogliono approfondire la teoria, possiamo aggiungere che il tratto fra i 3 Vcc e i 4 Vcc viene denominato "lineare" e corrisponde all'impiego delle vecchie valvole elettroniche funzionanti nelle classi A ÷ B, mentre al di sotto dei 3 Vcc il riferimento va fatto con la classe C.

Il diagramma riportato in figura 8 riflette il comportamento della tensione di drain Id, espresso in ampere, in funzione della tensione di gate Vg citato in volt. In esso si nota perfettamente come, fra i 3 Vcc e i 4 Vcc, applicati al gate, la corrente di drain aumenti repentinamente, fino a raggiungere e a stabilizzarsi sul valore massimo di 12 A, menzionato peraltro nell'apposita tabella in corrispondenza dei valori di corrente d/s relativi al modello di transistor IRF 532 utilizzato nell'esperimento di figura 6.

KIT PER CIRCUITI STAMPATI L. 18.000

Dotato di tutti gli elementi necessari per la composizione di circuiti stampati su vetronite o bachelite, con risultati tali da soddisfare anche i tecnici più esigenti, questo kit contiene pure la speciale penna riempita di inchiostro resistente al percloruro.



- Consente un controllo visivo continuo del processo di asporto.
- Evita ogni contatto delle mani con il prodotto finito.
- E' sempre pronto per l'uso, anche dopo conservazione illimitata nel tempo.
- Il contenuto è sufficiente per trattare più di un migliaio di centimetri quadrati di superfici ramate.

MODALITÀ DI RICHIESTE

Il kit per circuiti stampati è corredato di un pieghevole, riccamente illustrato, in cui sono elencate e abbondantemente interpretate tutte le operazioni pratiche attraverso le quali, si perviene all'approntamento del circuito. Il suo prezzo, comprensivo delle spese di spedizione, è di L. 18.000.

Le richieste debbono essere fatte inviando l'importo citato a: STOCK RADIO - 20124 MILANO - Via P. Castaldi, 20 (Tel. 2049831) a mezzo vaglia postale, assegno bancario, assegno circolare o c.c.p. n. 46013207.

CORRENTE NULLA SUL GATE

Una volta raggiunto e superato il valore di tensione di alimentazione di 4 Vcc e dopo aver constatato che la luminosità della lampada LP non subisce alcun mutamento, si potrà osservare la scala del microamperometro, per riscontrare un ulteriore particolare relativo al comportamento del transistor MOSFET di potenza. Quello per cui la corrente di gate è nulla, rimanendo l'indice del microamperometro fermo sul valore zero. Infatti, nel circuito interno del componente, non esiste alcun collegamento. Soltanto la presenza della resistenza R3, di elevatissimo valore ohmmico (10 megaohm), invece, provoca un lieve passaggio di corrente, esternamente al MOSFET, fra l'elettrodo di gate ed il canale di conduzione drain-source. Tuttavia, eliminando per un momento la resistenza R3, è possibile controllare la veridicità di quanto prima affermato, ovvero del valore di corrente nullo sul gate di MF1.

Il debolissimo passaggio di corrente attraverso il microamperometro, praticamente quello assorbito dalla resistenza R3, è facilmente calcolabile tramite la seguente formula:

$$I_{gs} = V_{cc}R2 : R3$$

Le prove pratiche sperimentali continuano ora con l'operazione di disinserimento dal circuito di uno dei due puntali del microamperometro. E qui l'osservazione va rivolta alla lampada LP, la quale passa immediatamente dallo stato di accensione a quello di spegnimento, informando lo sperimentatore che, in assenza della opportuna tensione di polarizzazione di gate, il transistor si "spegne", ossia il canale drain-source non è più conduttivo.

Realizziamo ora l'ultima prova pratica, che consiste dapprima nell'applicare il condensatore C1 e nel disinserire poi uno dei due puntali del tester, con lo scopo di interrompere la tensione di polarizzazione di gate.

Osservando lo schema elettrico di figura 6, si può rilevare che il condensatore C1 non appare permanentemente collegato fra la linea della tensione di alimentazione negativa e quella di polarizzazione di gate di MF1, giacché i suoi terminali sono segnalati per mezzo di due piccole frecce, che rivelano l'incertezza o la sostituibilità del componente. In ogni caso, la presenza o meno di C1 non altera i collegamenti elettrici fra l'elettrodo di gate e quello di source

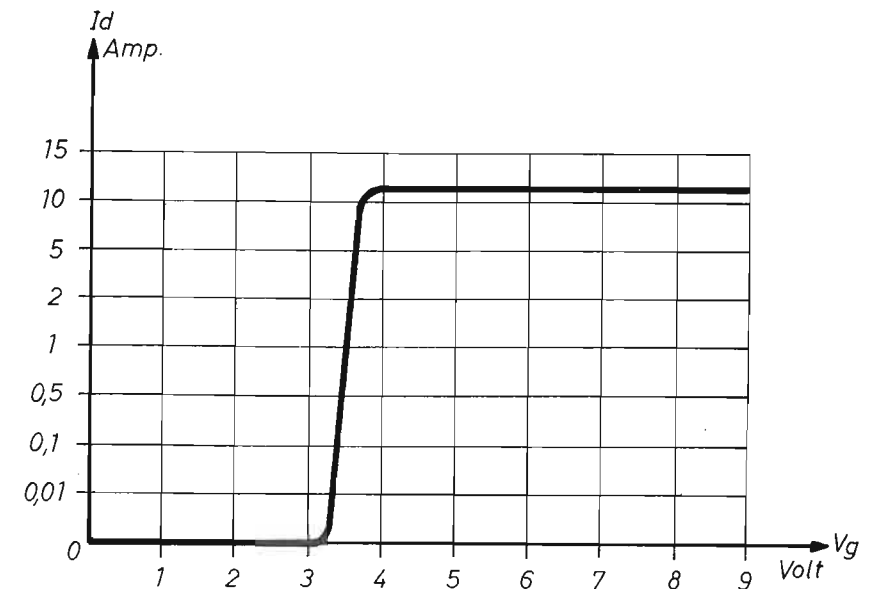


Fig. 8 - Diagramma relativo al comportamento del transistor IRF 532. Sull'asse orizzontale sono valutate le tensioni di gate espresse in volt, su quello verticale sono segnalati i corrispondenti valori di corrente di drain riportati in ampere.

IL NUMERO UNICO - ESTATE 1990

È il fascicolo arretrato interamente impegnato dalla presentazione di undici originali progetti, tutti approntati in scatole di montaggio, sempre disponibili a richiesta dei lettori.

COSTA L. 5.000

Chi non ne fosse in possesso, può richiederlo a:



ELETTRONICA PRATICA - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52, inviando anticipatamente l'importo di L. 5.000 a mezzo vaglia postale, conto corrente postale n. 916205 o assegno bancario.

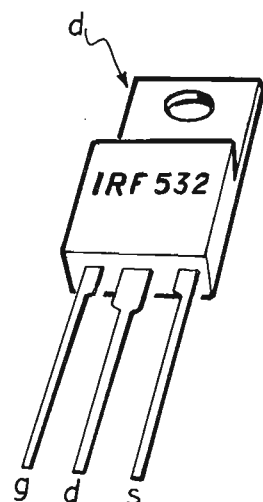


Fig. 9 - Piedinatura del transistor IRF 532. L'elettrodo di drain (d) rimane in contatto elettrico con l'aletta metallica di raffreddamento (d).

di MF1, perché i condensatori non consentono il passaggio delle correnti continue. Ma passiamo subito all'applicazione di un condensatore da $1 \mu\text{F}$, di ottima qualità (MYLAR), in parallelo con la resistenza R3, per osservare che nessuna variazione circuitale si è verificata nel progetto di figura 6. Dunque, la presenza o meno di C1, è indifferente al comportamento pratico del transistor MF1. Ma non lo è più se uno dei due puntali del tester viene disinserito dal circuito, perché una decina di secondi dopo quest'ultima operazione la lampada LP si spegne. Infatti, la necessaria tensione di polarizzazione di gate di MF1, prima erogata dal potenziometro R2 attraverso il microamperometro, ora viene applicata dal sistema C1 - R3, la cui costante di tempo, con i valori attribuiti ai componenti, si aggira intorno alla decina di secondi. Il transistor MOSFET di potenza, invece, rimarrebbe eccitato per ore ed ore se la resistenza R3 ve-

nisse eliminata e si conservasse soltanto il condensatore C1, a riprova, se ancora ce ne fosse bisogno, che l'elettrodo di gate di MF1 non assorbe corrente, ma necessita soltanto di una debole tensione di polarizzazione.

MONTAGGIO SPERIMENTALE

Trattandosi di un esperimento didattico, il montaggio del progetto di figura 6 non richiede una forma di approntamento particolarmente ricercata. Dato che, come dimostrato nel piano di cablaggio di figura 7, sono sufficienti una tavoletta di legno, in veste di supporto generale, una morsetteria a nove ancoraggi, di cui tre rimangono inutilizzati per concedere spazio alla costruzione, un lamierino-supporto per il potenziometro e i pochi componenti elettronici.

Ricordate il nostro indirizzo!

EDITRICE ELETTRONICA PRATICA

Via Zuretti 52 - 20125 Milano

In occasione dell'inserimento del diodo zener DZ, si deve ricordare che questo è un componente polarizzato, che va applicato rispettando l'esatta posizione dei due elettrodi di anodo e di catodo. Quello di catodo è facilmente individuabile per la presenza di un anello guida impresso sul corpo esterno dello zener.

Il transistor IRF 532, la cui piedinatura è rilevabile, oltre che sullo schema pratico di figura 7, anche nel disegno di figura 9, è caratterizzato dalla connessione elettrica dell'elettrodo centrale di drain (d) con l'aletta metallica di raffreddamento superiore. Tale particolare deve essere ricordato tutte le volte che questo transistor viene inserito su un radiatore connesso a massa, perché in questa operazione si deve interporre, fra il semiconduttore ed il radiatore,

un foglietto di mica, con funzioni di elemento isolante, ed un leggero strato di grasso al silicene.

La lampada LP, montata nel circuito di figura 7, è un modello per auto da $12 \text{ V} - 5 \text{ W}$, tuttavia qualsiasi altra lampada da 12 V e $5 \text{ A} \div 6 \text{ Amax}$ può essere impiegata nell'esperimento. Ma è chiaro che, con assorbimenti di corrente tanto elevati, l'alimentatore proposto non è più sufficiente e che deve essere sostituito con altro più adeguato. Anche il MOSFET di potenza, conseguentemente, va equipaggiato con adatto raffreddatore.

L'alimentatore, come è stato detto, è realizzato con tre pile piatte da $4,5 \text{ V}$ ciascuna, collegate in serie tra loro, così come segnalato nel piano di montaggio di figura 7.

Raccolta PRIMI PASSI - L. 14.000

Novi fascicoli arretrati di maggiore rilevanza didattica per il principiante elettronico.

Le copie sono state attentamente selezionate fra quelle la cui rubrica "PRIMI PASSI" ha riscosso il massimo successo editoriale con i seguenti argomenti:

- 1° - Trasformatori di bassa frequenza
- 2° - Trasformatori per radiofrequenze
- 3° - La radio circuiti classici
- 4° - Antenne utilità adattamenti
- 5° - Dalla pila alla lampadina
- 6° - Energia tensione corrente
- 7° - Resistenze a valori costanti
- 8° - Resistenze a valori variabili
- 9° - Legge di OHM



Ogni richiesta della RACCOLTA PRIMI PASSI deve essere fatta inviando anticipatamente l'importo di L. 14.000 (nel prezzo sono comprese le spese di spedizione) a mezzo vaglia, assegno o conto corrente postale N. 916205 e indirizzando a: ELETTRONICA PRATICA - 20125 MILANO - Via Zuretti, 52.