

II MOSFET

Il MOSFET è un transistor utilizzato molto spesso come interruttore elettronico. Permette di comandare un carico mediante una tensione applicata al terminale di controllo.

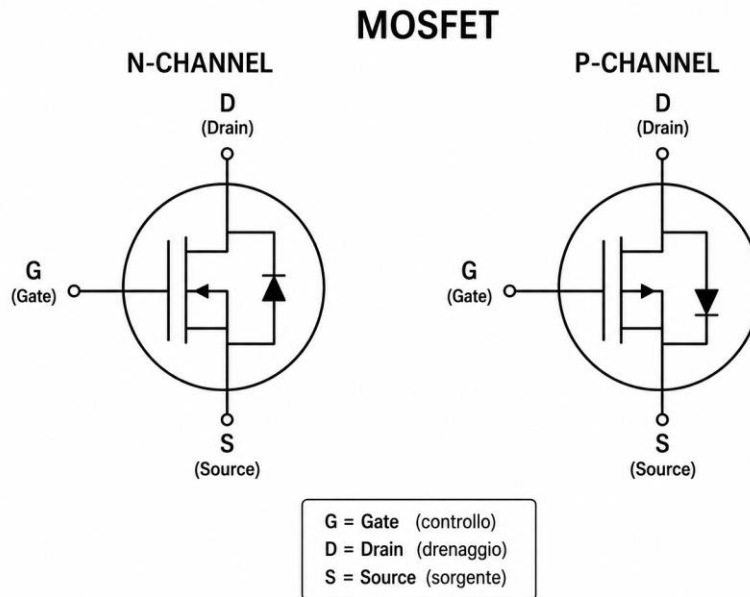
I tre terminali principali sono:

G → Gate

D → Drain

S → Source

Il gate controlla il passaggio della corrente tra drain e source.



DIFFERENZA TRA BJT E MOSFET

Nel transistor BJT il comando avviene tramite una corrente di base.

Nel MOSFET il comando avviene principalmente tramite una tensione tra gate e source, indicata con: VGS

In condizioni statiche il gate assorbe una corrente molto piccola. Durante le commutazioni, invece, il gate deve essere caricato e scaricato perché presenta una capacità elettrica.

MOSFET A CANALE N

Il MOSFET N-channel è molto utilizzato per comandare un carico collegato al positivo dell'alimentazione.

+V → carico → Drain

Source → GND

Con il gate a 0 V rispetto al source il MOSFET è normalmente spento. Applicando al gate una tensione positiva sufficiente rispetto al source, il MOSFET entra in conduzione.

MOSFET A CANALE P

Nel MOSFET P-channel il source viene normalmente collegato al positivo dell'alimentazione.

+V → Source

Drain → carico → GND

Il MOSFET P-channel è normalmente spento quando gate e source sono allo stesso potenziale. Per accenderlo il gate deve essere portato a una tensione più bassa rispetto al source.

TENSIONE GATE-SOURCE

La tensione importante per il comando del MOSFET è:

$$V_{GS} = V_G - V_S$$

Non conta quindi soltanto la tensione del gate rispetto a GND, ma la differenza di tensione tra gate e source.

N-channel: V_{GS} positiva → tende ad accendere il MOSFET

P-channel: V_{GS} negativa → tende ad accendere il MOSFET

TENSIONE DI SOGLIA

Nel datasheet è presente il parametro $V_{GS(th)}$, chiamato tensione di soglia del gate. Indica la tensione alla quale il MOSFET inizia a condurre una piccola corrente.

Non indica la tensione necessaria per utilizzarlo correttamente come interruttore. Per sapere a quale tensione il MOSFET conduce bene bisogna controllare nel datasheet il valore di $R_{DS(on)}$.

MOSFET LOGIC-LEVEL

Un MOSFET logic-level è progettato per essere comandato con le tensioni utilizzate dai circuiti logici.

- comando a 5 V → scegliere un MOSFET con $R_{DS(on)}$ specificata a circa 4,5 V o 5 V
- comando a 3,3 V → scegliere un MOSFET con $R_{DS(on)}$ specificata a circa 2,5 V o 3,3 V

Non basta controllare solamente $V_{GS(th)}$.

RESISTENZA $R_{DS(on)}$

Quando il MOSFET è acceso non si comporta come un interruttore perfetto. Tra drain e source rimane una piccola resistenza chiamata $R_{DS(on)}$.

La dissipazione durante la conduzione può essere stimata con:

$$P = I^2 \cdot R_{DS(on)}$$

Esempio: con $I = 2$ A e $R_{DS(on)} = 0,05$ Ω:

$$P = 2^2 \cdot 0,05 = 0,2$$
 W

Più $R_{DS(on)}$ è bassa, minori sono la caduta di tensione e la potenza dissipata.

ESEMPIO: IRLZ44N

Un MOSFET N-channel logic-level molto conosciuto è l'IRLZ44N, disponibile nel comune contenitore TO-220.

- $V_{DS\ max} = 55$ V
- $I_{D\ max} = 47$ A
- $R_{DS(on)\ max} \approx 35$ mΩ con $V_{GS} = 4,5$ V

$I_{D\ max} = 47$ A è un valore massimo dichiarato dal costruttore nelle condizioni specificate dal datasheet. Non è una normale corrente di lavoro.

Per capire l'importanza della dissipazione, usando in modo semplificato $I = 47$ A e $R_{DS(on)} = 0,035$ Ω:

$$P = I^2 \cdot R_{DS(on)}$$

$$P = 47^2 \cdot 0,035 \approx 77$$
 W

Una potenza di questo ordine richiede una gestione termica molto importante.

CORRENTE E TENSIONE MASSIME

Per scegliere un MOSFET bisogna controllare almeno:

- VDS max → tensione massima tra drain e source
- ID max → corrente massima di drain
- VGS max → tensione massima ammessa tra gate e source
- RDS(on) → resistenza quando il MOSFET è acceso
- potenza dissipabile e temperatura di funzionamento

I valori massimi del datasheet rappresentano limiti e non normali condizioni di lavoro.

IL GATE NON DEVE RIMANERE FLOTTANTE

Il gate di un MOSFET non deve essere lasciato scollegato. Un gate flottante può caricarsi elettricamente e portare il MOSFET in conduzione anche senza un comando volontario.

Per un N-channel si può utilizzare una resistenza di pull-down:

Gate → 10 kΩ → GND

Per un P-channel utilizzato sul lato positivo si usa normalmente una resistenza di pull-up tra gate e source.

RESISTENZA IN SERIE AL GATE

Tra l'uscita del circuito di comando e il gate viene spesso inserita una piccola resistenza. Un valore tipico può essere dell'ordine di:

100 Ω

Questa resistenza limita il picco di corrente durante la carica e la scarica del gate e può ridurre oscillazioni e disturbi durante la commutazione.

COMANDO DI UN CARICO

Il MOSFET permette di comandare carichi che richiedono correnti maggiori di quelle disponibili direttamente da un'uscita logica. L'uscita logica comanda solamente il gate; la corrente del carico passa invece attraverso drain e source.

CARICHI INDUTTIVI

Relè, elettrovalvole e motori sono carichi induttivi. Quando la corrente viene interrotta, l'induttanza può generare una sovratensione che può danneggiare il MOSFET.

Con un carico induttivo alimentato in corrente continua si utilizza normalmente un diodo di ricircolo in parallelo al carico:

catodo K → lato positivo del carico

anodo A → lato collegato al MOSFET

Quando il MOSFET si spegne, il diodo permette alla corrente della bobina di continuare temporaneamente a circolare e limita la sovratensione.

DIODO INTERNO DEL MOSFET

Nei MOSFET di potenza è presente anche un diodo interno, chiamato body diode. Fa parte della struttura del MOSFET e non deve essere confuso con il diodo di ricircolo collegato al carico.

ESEMPIO DI COLLEGAMENTO N-CHANNEL

+12 V → carico → Drain

Source → GND

uscita di comando → Gate

Gate → 10 kΩ → GND

Quando il gate viene portato a una tensione sufficientemente alta rispetto al source, il MOSFET conduce e il carico viene alimentato. Quando il gate viene portato a 0 V, il MOSFET si spegne. Se il carico è induttivo, si aggiunge il diodo di ricircolo.

Fonte tecnica: Infineon, datasheet IRLZ44N.