

MOSFET CON ARDUINO SERIE F o L?

La tensione di uscita sui pin di Arduino è pari a 5v mentre con microcontrollori più recenti è 3.3v.

Guardando i datasheet di [IRL540](#) e di [IRF540](#) alla prima pagina, riquadro in alto, ci si rende conto che un (IRL) e' adatto a lavorare con una tensione di controllo di 5V perché la sua tensione RdsON e' indicata per una VGS di 5V (il che significa, in parole povere, che a 5V e' già pienamente in conduzione)

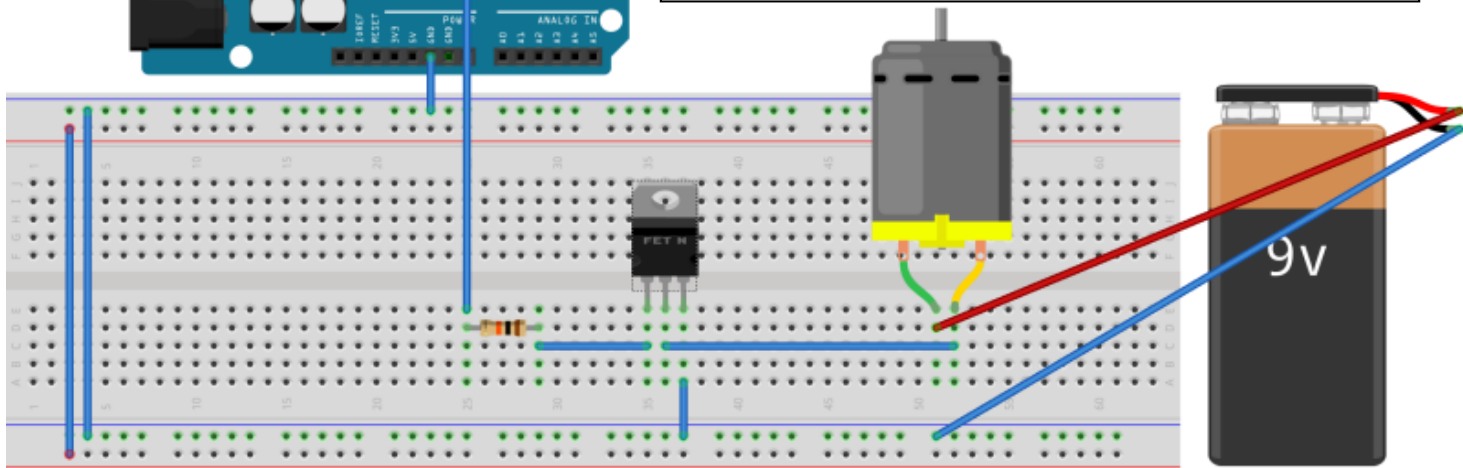
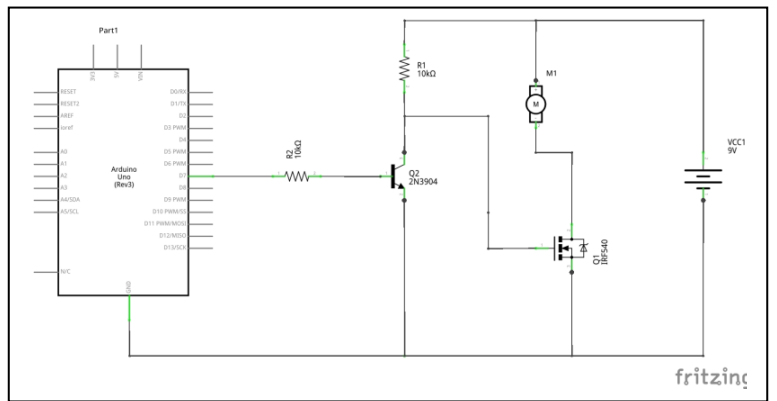
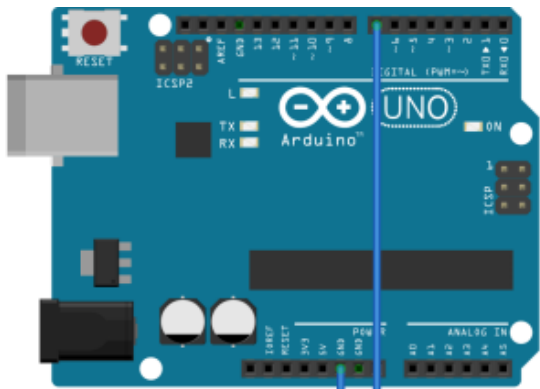
Nello stesso riquadro del (IRF) si vede che la tensione RdsON e' indicata per un valore di VGS di 10V (il che significa che per portarlo a piena conduzione sono necessari almeno 10V sul gate. Fornendo solo 5 5 volt si finirà per lavorare nella zona lineare, con il mosfet che avrà una resistenza alta che causerà una grossa caduta di tensione e di conseguenza dissiperà per effetto Joule molta potenza in forma di calore portando il transistor ad una lata temperatura che a lungo potrebbe danneggiarlo.

Specifiche: IRL540 (livello logico)

- Tipo di transistor: unipolare, N-MOSFET, HEXFET
- Tensione di scarico: 100 V.
- Corrente di drenaggio: 36A
- Potenza: 140 W.
- Custodia: TO220
- Tensione gate-source: 16 V.
- Resistenza diretta: 44 mΩ
- Alloggiamento di giunzione per resistenza termica: 1,1 K / W
- Carica al cancello: 49,3nC

Specifiche: IRF540

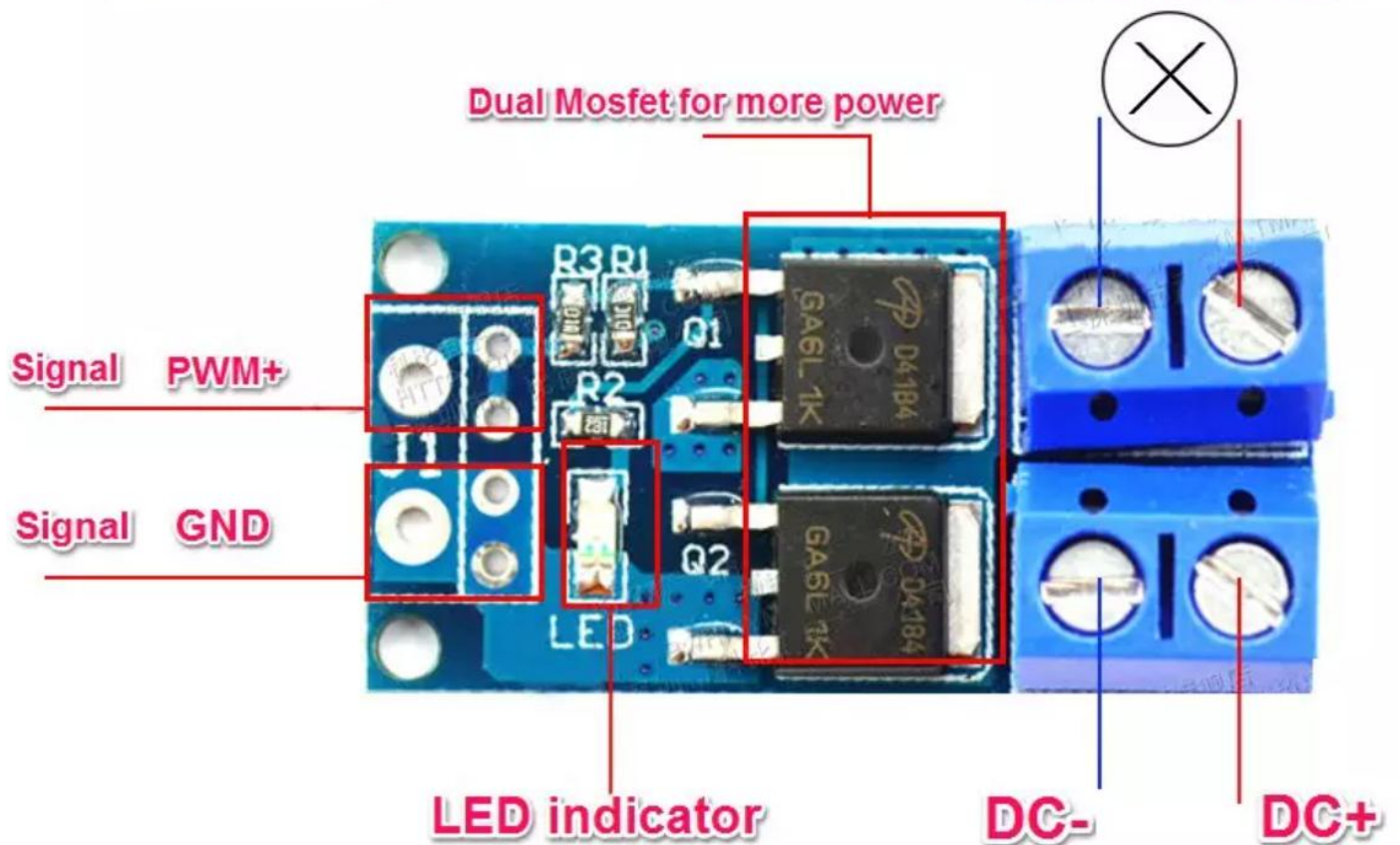
- Tipo di transistor: unipolare, N-MOSFET, HEXFET
- Tensione di scarico: 100 V.
- Corrente di drenaggio: 33A
- Potenza: 140 W.
- Custodia: TO220
- Tensione gate-source: 20 V.
- Resistenza conduttiva: 44 mΩ
- Alloggiamento di giunzione per resistenza termica: 1,1 K / W
- Carica al cancello: 47,3nC



fritzing

Signal voltage: 3.3~20V

Controlled device



Input voltage: 5V~36V

Il Mosfet di potenza della terza generazione **IRL540** sembra stato creato apposta per il **pilotaggio di grossi carichi da parte dei microcontrollori**.

La lettera L nella sua sigla sta, infatti, per Logic-Level Gate Drive.

È molto veloce, costa poco e ha una limitata $R_{ds(on)}$ che si traduce in una dissipazione quasi nulla e temperature basse di funzionamento.

Inoltre per il suo pilotaggio è sufficiente anche con una tensione di "gate" pari a 3.3 Volt.

In figura 1 si può osservare il transistor (in contenitore TO220AB), assieme alla sua piedinatura. Le sue caratteristiche elettriche sono estremamente interessanti: la V_{DS} massima è di 100 V, e la corrente massima di drain è pari a 28 A, per una totale dissipazione di 150 W.

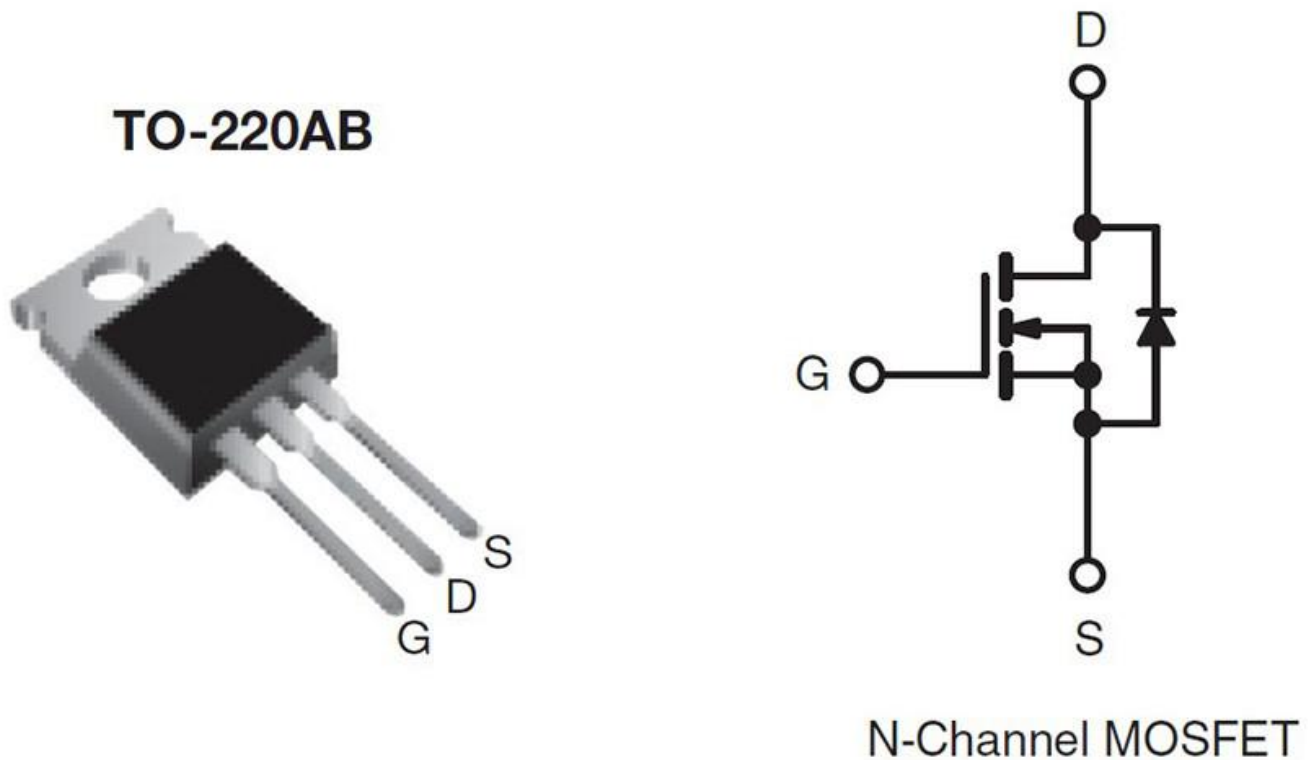


Figura 1: Il Mosfet IRL540

Lampeggiatore ad alta potenza

Lo schema della figura 2 mostra **Arduino collegato a una lampada di grossa potenza**, caratterizzata da una tensione di alimentazione di 12 V, una resistenza di 1 ohm, una corrente di assorbimento di ben 12 A e, quindi, una dissipazione di circa 144 W.

Per illuminarla occorre una batteria di elevata potenza.

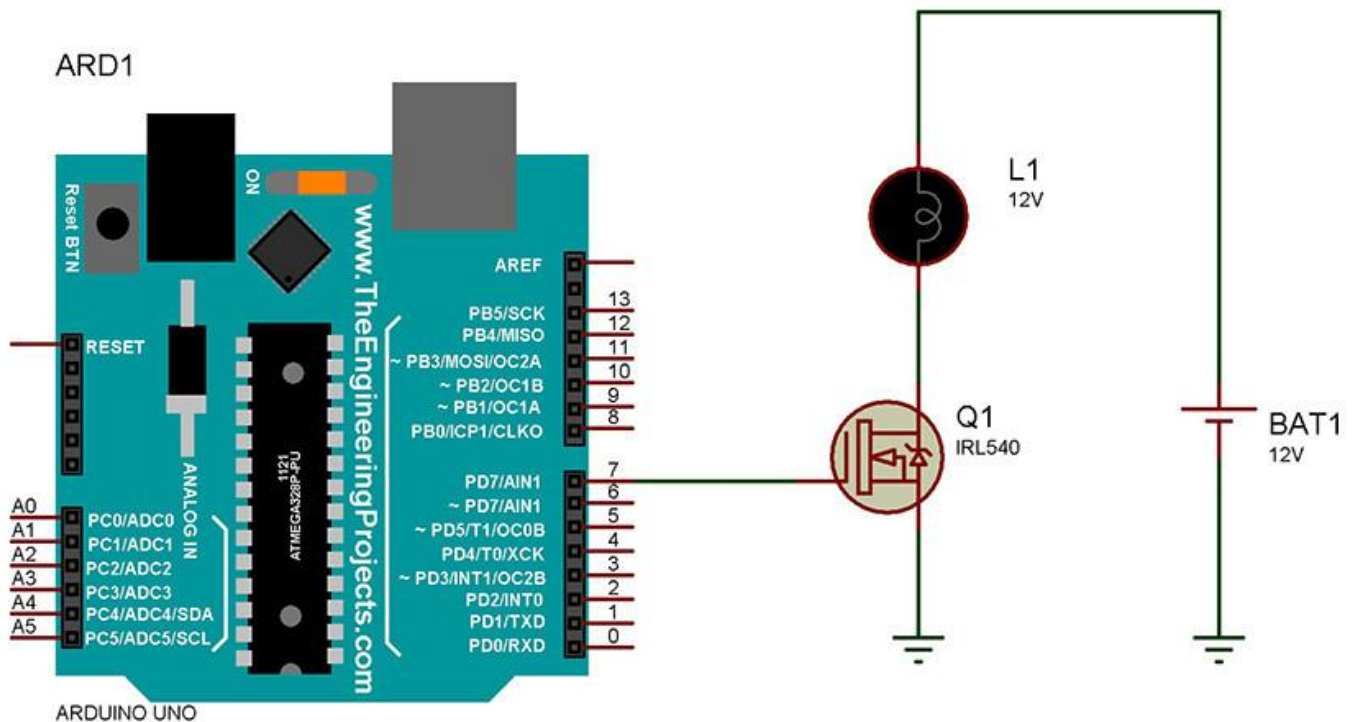


Figura 2: Schema elettrico con una lampada e un MOSFET

La lampada è collegata ad Arduino sulla porta 7. In caso di livello logico alto, il gate del Mosfet si trova ovviamente alla tensione di 5 V (ma non c'è praticamente passaggio di corrente, data la sua altissima impedenza d'ingresso) e il drain è attraversato dalla massima corrente (circa 12 A). In tale condizione l'IRL540 dissipa una potenza di circa 7 W, non male per pilotare un carico di quella portata. Se il transistor dovesse scaldare si dovrebbe prevedere un'adeguata aletta di raffreddamento.

Lo sketch del lampeggiatore

La figura 3 riporta il semplicissimo listato del lampeggiatore. Il pin 7 è configurato come uscita digitale, all'interno della funzione `setup()`. La funzione `loop()`, invece, attiva e disattiva, ciclicamente, tale porta, alla frequenza di un Hertz.

```
void setup()
{
  pinMode(7, OUTPUT);
}
void loop()
{
  digitalWrite(7, HIGH);
  delay(500);
  digitalWrite(7, LOW);
  delay(500);
}
```

Figura 3: Lo sketch del lampeggiatore ad alta potenza

In figura 4 è riportato il grafico della corrente che attraversa la lampada, nel dominio del tempo, durante il funzionamento del prototipo.

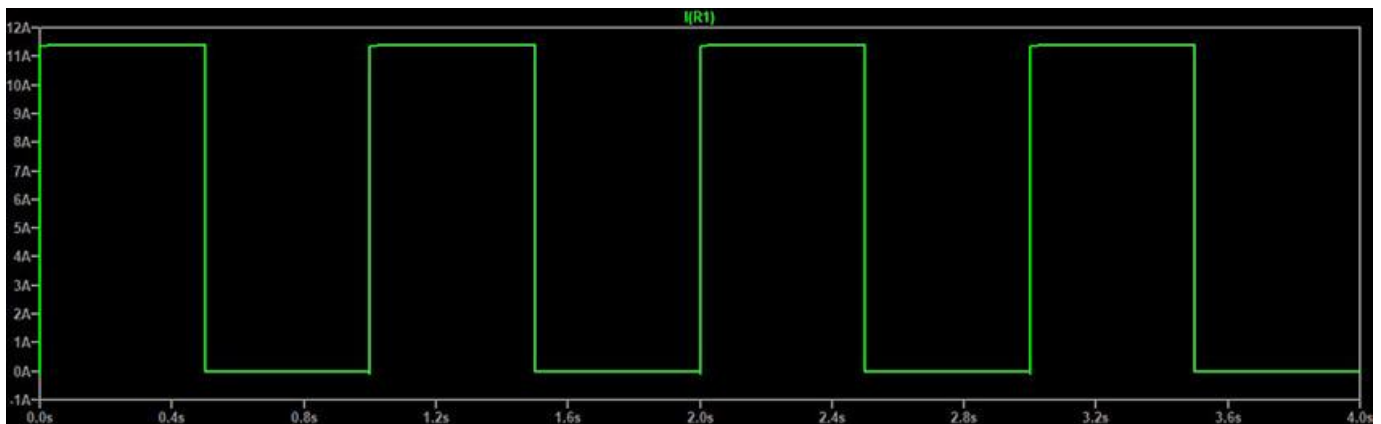


Figura 4: Il grafico della corrente che transita sulla lampada

Motore in continua

Con tale componente è possibile anche pilotare un motore in corrente continua. Tramite la tecnica del PWM si può variare la sua velocità senza influire (in modo troppo marcato) sulla coppia motrice che risulta buona anche a basso regime.

La figura 5 mostra lo schema elettrico. Un diodo di ricircolo è montato in "antiparallelo" al carico, per eliminare i pericolosi picchi di tensione, dovuti agli avvolgimenti del motore quando si toglie l'alimentazione al circuito.

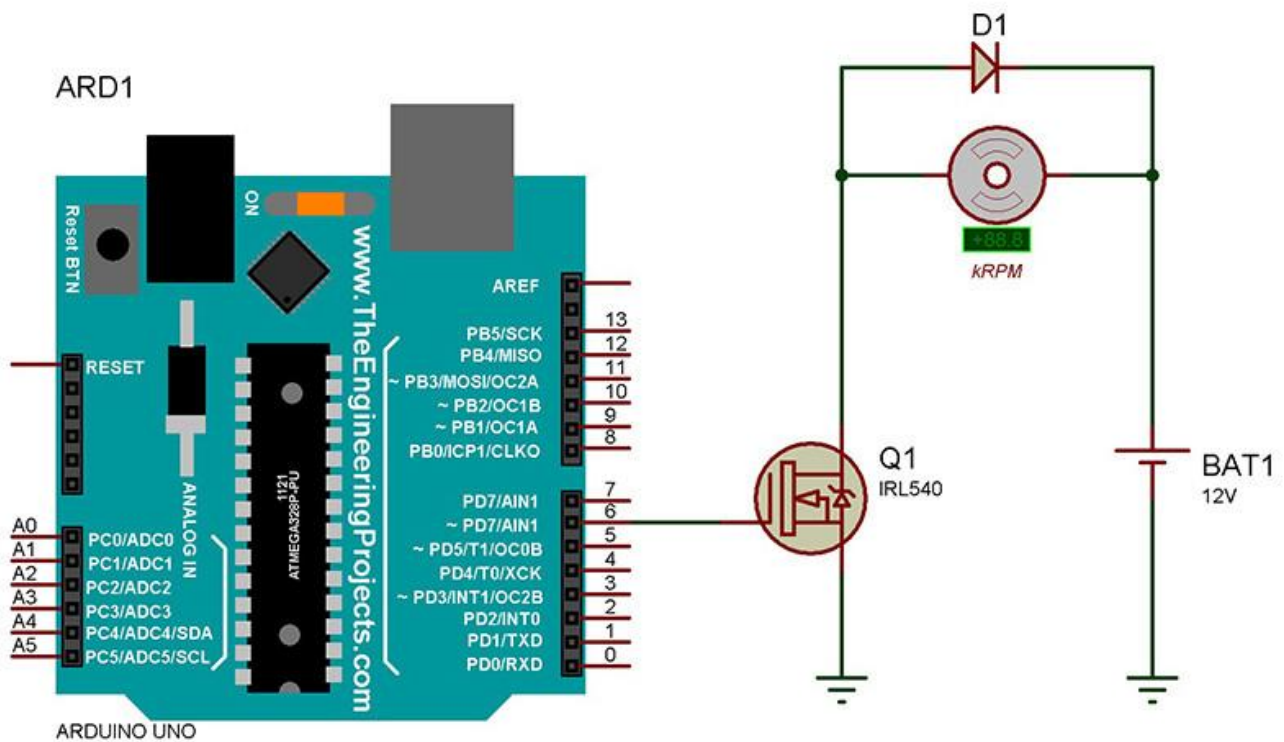


Figura 5: Schema elettrico per il pilotaggio del motore in C/C

Lo sketch

Il listato proposto in figura 6 ha lo scopo di pilotare il motore, secondo le seguenti diverse temporizzazioni e potenze:

- 5 secondi allo 0%;
- 10 secondi al 25%;
- 10 secondi al 50%;
- 10 secondi al 75%;
- 10 secondi al 100%.

Il motore aumenterà la propria velocità di rotazione a ogni variazione del duty cycle del segnale PWM, come evidenziato dagli oscillogrammi di cui in figura 6.

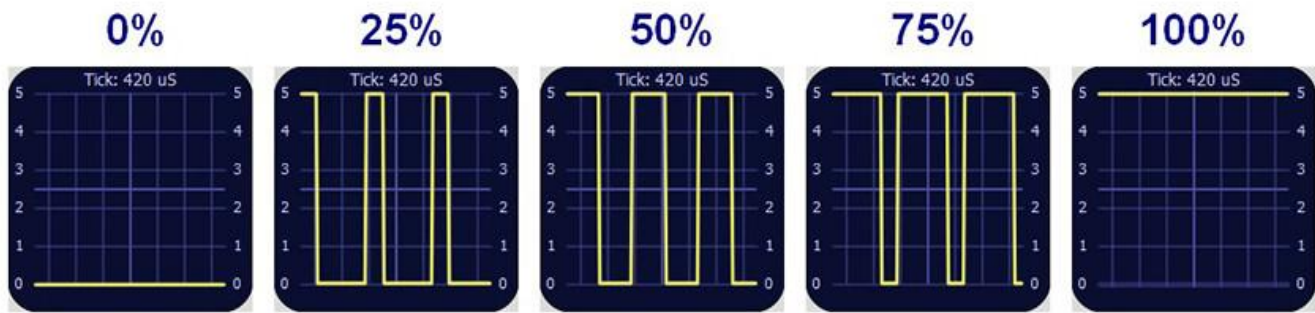


Figura 6: I vari duty cycles per le diverse velocità del motore

In figura 7 è riportato il semplice listato. Si ricorda che per adottare la tecnica del PWM occorre utilizzare solamente i pin di Arduino predisposti a tale tipologia di lavoro.

```
void setup()
{
  pinMode(6, OUTPUT);
}
void loop()
{
  analogWrite(6, 0); /* Duty Cycle allo 0% */
  delay(5000);
  analogWrite(6, 64); /* Duty Cycle allo 25% */
  delay(10000);
  analogWrite(6, 128); /* Duty Cycle allo 50% */
  delay(10000);
  analogWrite(6, 192); /* Duty Cycle allo 75% */
  delay(10000);
  analogWrite(6, 255); /* Duty Cycle allo 100% */
  delay(10000);
}
```

Figura 7: Lo sketch per il pilotaggio del motore

Mosfet e IGBT per il controllo motori



La tecnologia attuale per il controllo motore vede l'utilizzo di dispositivi microelettronici al fine di offrire un migliore controllo della velocità, della posizione e della coppia, oltre ad una maggiore efficienza.

INTRODUZIONE

Il circuito di controllo motore deve attivare e disattivare rapidamente il flusso di corrente nelle bobine del motore, con perdite minime di commutazione o di conduzione nell'interruttore. Questo settore presuppone l'impiego di MOSFET e IGBT. Entrambi questi **dispositivi a semiconduttore** soddisfano le esigenze del controllo motore; dimostrandosi adatti in differenti situazioni applicative. Questi dispositivi elettricamente controllabili sono simili in funzione e attributi e presentano sovrapposizioni nel design interno. Nella maggior parte delle applicazioni vengono utilizzati in una configurazione a ponte H (figura 1), dove controllano il percorso di flusso corrente a due o più bobine di motore. Questo consente un controllo completo della velocità e della direzione del motore.

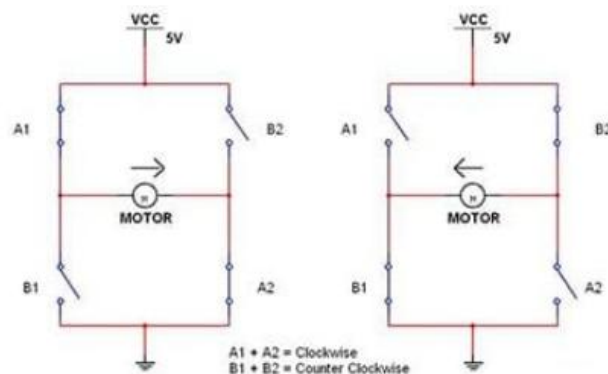


Figura 1: configurazione H per il controllo motore

L'IGBT è un dispositivo a semiconduttore che combina le caratteristiche di uscita di un transistor bipolare con le caratteristiche dell'unità di gate di un MOSFET. Rispetto al MOSFET, IGBT offre un'elevata impedenza d'ingresso e capacità di trasporto corrente, sono anche più adatti a scalare livelli di tensione più elevati a causa delle loro caratteristiche di uscita bipolare (figura 2).

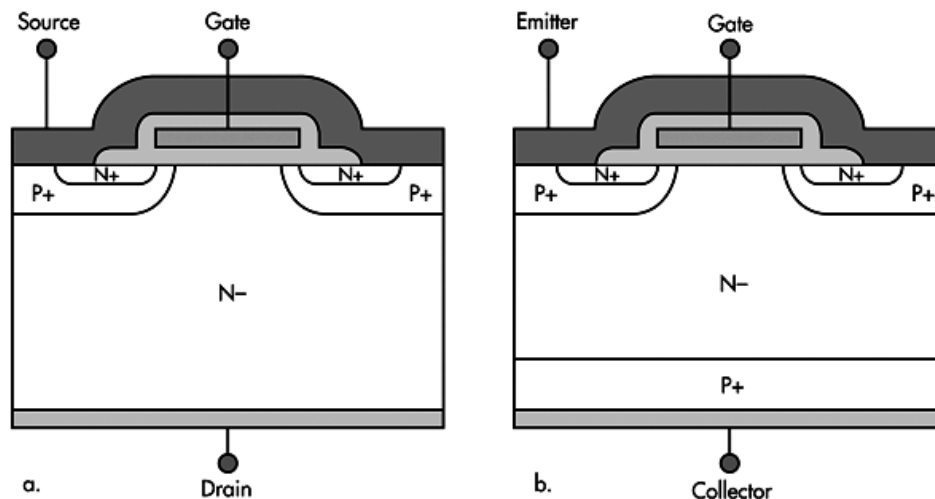


Figura 2: struttura di un Mosfet (a) a confronto con quella di un IGBT (b). Un IGBT a canale N è essenzialmente un MOSFET di potenza a canale N su un substrato di tipo p +.

La tecnologia IGBT è certamente la scelta per le tensioni di rottura superiori a 1000V, mentre il MOSFET è sicuramente il dispositivo di scelta per tensioni inferiori a 250V. Tra 250 e 1000 V ci sono molti documenti tecnici disponibili dai produttori di questi dispositivi, alcuni preferiscono MOSFET, altri IGBT. Tuttavia, la scelta tra IGBT e MOSFET è molto specifica per l'applicazione e tutte le esigenze di costo, dimensione, velocità e capacità termica devono essere considerate (figura 2).

Confrontando le sezioni trasversali dei due dispositivi, si osservano caratteristiche abbastanza simili.

La differenza sostanziale è nell'aggiunta di un substrato p al di sotto di quello n.

Dal punto di vista applicativo, gli IGBT sono preferiti per via del duty cycle ridotto, e per la possibilità di operare con elevate temperature oltre i 100 °C. Le applicazioni tipiche includono i sistemi di illuminazione (per frequenze inferiori ai 100 kHz) e le macchine per la saldatura.

I Mosfet, invece, sono preferiti dove è richiesta una grande variazione sul carico con potenze inferiori a 500 W. Alcuni esempi includono gli alimentatori a commutazione e i caricabatterie.

PARAMETRI CHIAVE

Come per la maggior parte dei componenti elettronici, esistono alcuni parametri principali e specifiche di prestazioni che determinano la corrispondenza iniziale tra il dispositivo e l'applicazione.

Naturalmente, non esiste una sola scelta "migliore", in quanto tutte le selezioni forzano le decisioni relative alla ponderazione dei molti inevitabili compromessi della scelta dei componenti (compresi i costi, ovviamente).

Per entrambi i dispositivi, i parametri di primo livello sono i valori di gestione della corrente e di tensione, in quanto determinano se una parte specifica può supportare i requisiti di carico del motore.

Per i MOSFET, i seguenti parametri critici sono on-resistance ($R_{DS(on)}$) e capacità di gate.

Una più bassa on-resistance diminuisce la perdita resistiva e la caduta di tensione durante la conduzione, **riducendo così il carico di dissipazione con un aumento dell'efficienza.**

Gli avanzamenti nel design MOSFET hanno ridotto la resistenza a decine di milliohm, piccoli, sicuri, ma ancora un potenziale problema quando si trattano decine o centinaia di amplificatori. La capacità di gate determina la frequenza attuale e la velocità necessaria per attivare e disattivare completamente il gate con il tempo di transizione desiderato (che si riferisce alla velocità di commutazione). La quantità di corrente da iniettare o estrarre è basata sull'equazione di base $I = C \, dV / dt$. Per l'IGBT, la specifica critica è la caduta di tensione V_{drop} di circa 2 V, che è la somma del contributo del diodo attraverso la giunzione PN e del mosfet interno.

Entrambi i parametri $R_{DS(on)}$ e V_{drop} sono influenzati dal livello di temperatura e corrente.

Per i MOSFET, la caduta di tensione è proporzionale alla corrente, e $R_{DS(on)}$ aumenta con la temperatura.

Per IGBT, la tensione di drop è come quella di un diodo, aumenta con il log della corrente, ed è relativamente costante con la temperatura (figura 3).

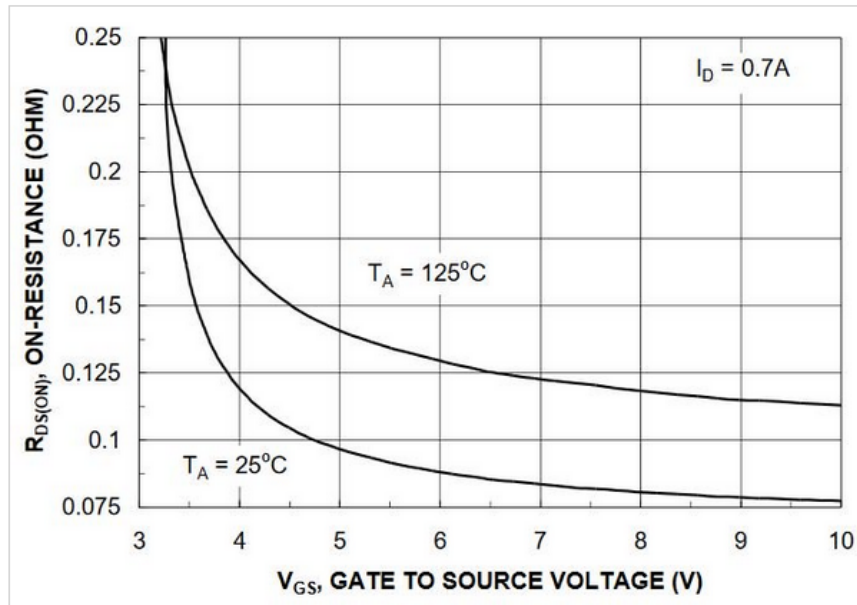


Figura 3: esempio dell'andamento della $R_{ds(on)}$ in funzione della V_{gs}

In generale, il Mosfet offre velocità di commutazione più elevate (MHz) e correnti di picco più alta. Ma la loro condotta dipende fortemente dalla temperatura e dalla tensione. IGBT sono disponibili con più elevati valori di corrente e sono robusti, ma hanno una velocità di commutazione più lenta. Per le applicazioni controllo motore, le linee guida di partenza sono che i MOSFET sono una scelta migliore per tensioni e correnti più basse e per frequenze di commutazione più elevate; IGBT, invece, sono una scelta migliore a tensioni/correnti più alte e frequenze più basse.

CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI

IGBT e MOSFET sono spesso disponibili per una determinata applicazione.

È utile capire chiaramente i vantaggi e le limitazioni di entrambi i dispositivi e scegliere quello che meglio si adatta alle esigenze in termini di prestazioni generali e di costo.

MOSFET e IGBT sostituiscono rapidamente una grande maggioranza dei vecchi dispositivi a stato solido e meccanici.

È un mercato che non sembra possa rallentare, specialmente con lo sviluppo di nuovi materiali al carburo di silicio (SiC). I dispositivi di potenza SiC mostrano notevoli vantaggi come minori perdite, possibilità di ottenere piccole dimensioni e una maggiore efficienza. Innovazioni come questa continueranno a spingere i limiti di MOSFET e IGBT in applicazioni a più alta tensione e ad alte potenze. Di conseguenza, le divergenze tra i due probabilmente continueranno in molte applicazioni. In questo caso, un'analisi approfondita del dispositivo stesso è forse la soluzione più logica quando si affronta il compito di selezionare un transistor per l'applicazione di automazione desiderata.