

Controllo dei motori a spazzole in c.c. con driver a ponte H

Günter Richard
Group manager Product Marketing
ROHM Europe

Circuiti integrati dal design avanzato che abbinano funzioni di controllo e protezione permettono di migliorare i design esistenti e selezionare le strategie di controllo più adatte

L'uso dei motori a spazzole in CC è sempre più diffuso in diversi settori: robotica, elettronica portatile, attrezzature sportive, apparecchiature, dispositivi medici, applicazioni automotive, dispositivi di potenza e molti altri. Il motore stesso è un'alternativa preferita perché è semplice, affidabile e di basso costo. Un altro aspetto altrettanto importante e avanzato è che i circuiti integrati a "ponte H" sono in grado di controllare il senso di rotazione, la velocità e la frenatura del motore.

Di seguito, oltre a illustrare i concetti base dei driver a ponte H e l'evoluzione tecnologica che ha permesso di passare da soluzioni discrete a circuiti integrati ad alto livello di integrazione, verrà effettuato un confronto tra controllo della velocità del motore lineare e tecniche PWM più avanzate ed efficienti.

ROHM mette a disposizione una straordinaria gamma di prodotti con numerose caratteristiche avanzate, tra cui uscite PWM ad alta efficienza, circuiti di temporizzazione e controllo integrati, oltre alla possibilità di gestire ingressi di controllo della velocità sia analogici sia digitali (PWM). Nel corso dell'uscita vengono inoltre descritti i vantaggi offerti da questi IC avanzati, soprattutto in termini di efficienza, protezione integrata contro i guasti, package di piccole dimensioni, configurazione simmetrica del pinout e

compatibilità a livello di piedinatura con i modelli precedenti (uscita lineare). Infine viene presentata una selezione della gamma ROHM di IC a ponte H, che comprende dispositivi a 7 V, 18 V e 36 V VCC, disponibili in package singoli contenenti due driver abbinati con le stesse caratteristiche.

Fondamenta del ponte ad H

Il circuito a ponte H deriva il proprio nome dal circuito a ponte intero illustrato nella figura 1. Il motore costituisce la parte trasversale della "H". Velocità e direzione vengono controllate come flussi di corrente nel motore nella direzione stabilita dalla posizione degli switch nel ponte. In questo esempio con gli switch A e D chiusi, il motore ruota in senso

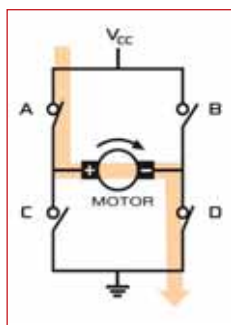


Fig. 1 - Schema semplificato del ponte ad H

orario (CW). Con B e C chiusi, il motore ruota in senso antiorario (CCW).

Nell'implementazione con controllo di uscita lineare, il controllo della velocità del motore è determinato dalla tensione applicata ai capi del motore.

Nell'implementazione PWM la velocità viene controllata dalla larghezza della serie di impulsi di uguale tensione.

In entrambi i casi la direzione del motore è controllata mediante ingressi logici separati.

Se il concetto è semplice, l'implementazione non lo è affatto se si utilizzano componenti discreti. Il controllo del funzionamento degli switch, evitando la contemporanea chiusura delle uscite di controllo CW/CCW, soprattutto quando si inverte il senso di rotazione del motore o si varia la velocità mediante frenatura dinamica, richiede l'uso di un controller



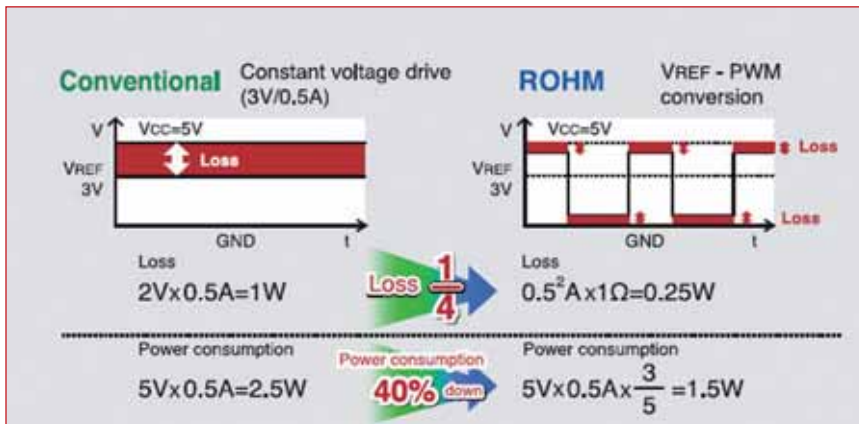


Fig. 2 - Confronto tra un'implementazione lineare e PWM.

Nell'implementazione lineare, a velocità del motore ridotta, la caduta di tensione nei transistor di controllo provoca una notevole dissipazione di potenza

per il ponte ad H. Tale controller viene poi collegato a quattro dispositivi che formano i rami del ponte. In una soluzione discreta il progettista deve occuparsi dei livelli di controllo della tensione, della temporizzazione per evitare il shoot-through e della selezione di adeguati switch a semiconduttore. La soluzione discreta richiede anche altri circuiti per l'espletamento di funzioni come protezione contro sovratensione, sovracorrente, sovratemperatura e scariche elettrostatiche (ESD). Tutto ciò si traduce in un processo complesso il cui risultato è un numero più elevato di componenti, dimensioni maggiori e una minore affidabilità rispetto a una soluzione LSI completamente integrata.

Topologia del driver

I driver a ponte H integrati sono costruiti combinando in un unico package un

controller, driver di uscita e circuiti di protezione. I primi driver a ponte H usavano transistor di potenza e circuiti di controllo bipolari. Le uscite bipolari erano normalmente azionate in modalità lineare per garantire il controllo della velocità. Il semplice utilizzo dell'integrato ha conferito praticità al circuito sebbene le dimensioni del die fossero troppo grandi per ottimizzare la dissipazione di potenza.

Una limitazione dei dispositivi di uscita bipolari era l'elevata dissipazione di potenza, soprattutto nella modalità di controllo della velocità.

L'uso dei MOSFET di potenza per i dispositivi di uscita ha rappresentato la transizione naturale per i driver a ponte H. Oltre alle minori perdite a parità di tensione e un die più piccolo, i MOSFET controllati in tensione sono più facili da gestire rispetto agli switch bipolari con-

trollati in corrente, il che facilita un efficiente controllo PWM. Oltre a una maggiore efficienza, la modulazione a larghezza d'impulso (PWM) offre un controllo più accurato della velocità del motore e una maggiore velocità di risposta. Il design BiCMOS per la parte di controllo sfrutta i punti di forza del progetto bipolare e CMOS, garantendo notevoli capacità di pilotaggio e una minore dissipazione di potenza. Nella figura 2 viene riportato un confronto tra le caratteristiche di dissipazione di potenza dei driver a ponte H lineari e i più recenti driver con uscita PWM.

Le continue evoluzioni dei MOSFET di potenza hanno contribuito a ridurre notevolmente le dimensioni del die per gestire una determinata tensione e garantire bassi valori di resistenza "on". Attualmente i circuiti di controllo e i quattro driver di uscita vengono offerti in package a montaggio superficiale, simile o leggermente più grande di uno degli switch di uscita necessari per un'implementazione discreta. In pratica il driver a ponte H offre una soluzione monolitica per le funzioni di controllo della direzione e della velocità dei motori a spazzole in CC.

Il drive a ponte H ideale

Grazie all'utilizzo di MOSFET di potenza e del controllo BiCMOS, i dispositivi ROHM di ultima generazione si propongono come i driver a ponte H integrati

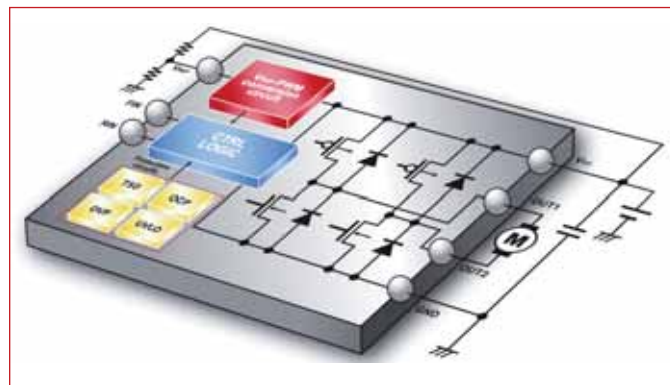


Fig. 3 - Il driver a ponte H ideale prevede flessibilità per il funzionamento analogico o digitale e circuiti di protezione

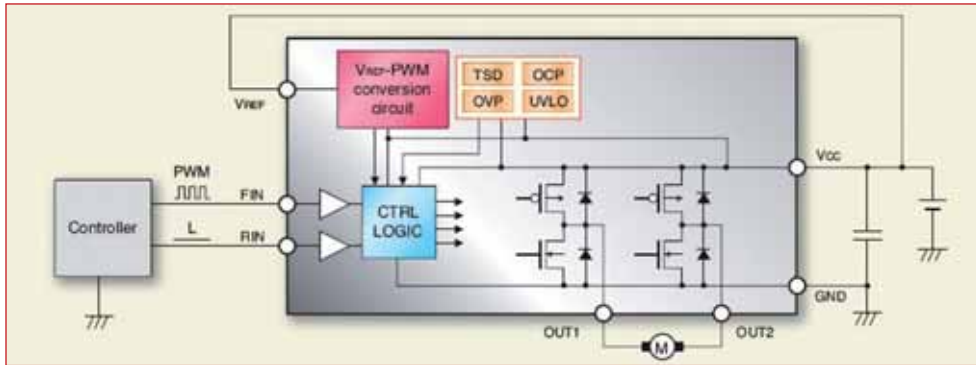


Fig. 5 - Controllo della velocità analogico semplice con ingresso a partitore di tensione

ideali. La figura 3 riporta un diagramma a blocchi degli elementi funzionali. Per gestire ingressi sia analogici sia digitali, l'unità offre un doppio controllo della velocità. V_{REF} fornisce l'ingresso analogico. Il chip converte l'ingresso lineare a V_{REF} in un controllo efficiente della velocità usando il proprio circuito di conversione PWM interno.

Tabella 1 - Applicazione della sequenza di impulsi PWM e gli ingressi logici per controllare la velocità, il senso di rotazione e lo stato di frenatura e minimo

Input		Output
FIN	RIN	
PWM	L	Forward
L	PWM	Reverse
H	H	Brake
L	L	Idle

Tabella 2 - Tabella della verità per il controllo del senso di rotazione, della frenatura e del minimo

Input		Output
FIN	RIN	
H	L	Forward
L	H	Reverse
H	H	Brake
L	L	Idle

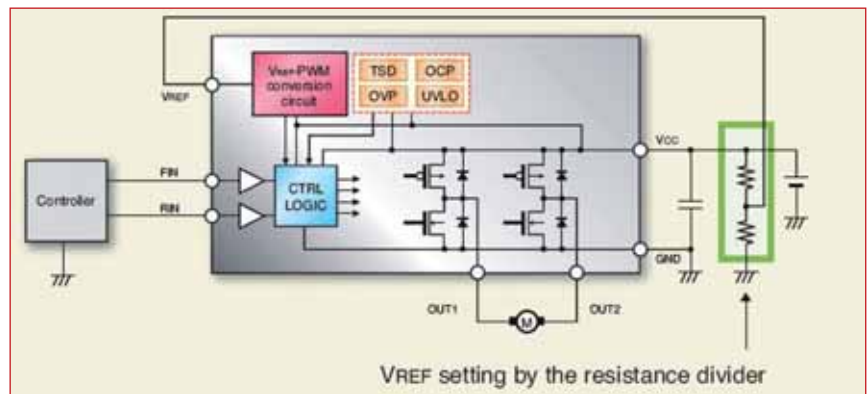


Fig. 4 - Un controller digitale come un micro può gestire direttamente i circuiti logici di controllo del driver a ponte H

Gli ingressi FIN e RIN sono usati con un microcontroller (MCU) o altri ingressi logici digitali per controllare direzione e velocità.

La logica di controllo deriva l'ingresso da un generatore analogico e digitale e gestisce in modo efficiente le direzioni diretta/inversa, la velocità e la frenatura del motore pilotando i MOSFET integrati in modo adeguato. L'uscita CMOS ad alta potenza a canale P/canale N di ROHM garantisce una bassa resistenza "on", senza richiedere un circuito a pompa di carica e i relativi condensatori esterni necessari per i MOSFET a canale N negli switch high side comunemente utilizzati in molti driver a ponte H integrati. Diodi di recupero affidabili integrati nella struttura eliminano il ricorso ad altri diodi esterni.

L'abbinamento della tecnologia bipolare e CMOS in un chip singolo permette di ottenere una corrente in standby inferiore a 1 μ A. Si tratta di un elemento

importante per le applicazioni portatili alimentate a batteria.

Per proteggere il motore e il driver sono previsti i seguenti circuiti di protezione:

- Overvoltage protection (OVP) – protezione contro sovratensione.
 - Undervoltage lockout (UVLO) – blocco di minima tensione.
 - Overcurrent protection (OCP) – protezione contro sovracorrente.
 - Thermal shutdown (TSD) – shutdown termico.
 - Overlap (shoot-through) protection - protezione contro fenomeni di conduzione contemporanea.
 - ESD (4 kV) protection – protezione contro le scariche elettrostatiche.
- I circuiti di rilevamento della sovra/sottotensione mantengono il circuito integrato ad una adeguata tensione di lavoro. La protezione da sovracorrente limita l'assorbimento di corrente e in pratica spegne il dispositivo forzando tutte le uscite del driver in uno stato di alta

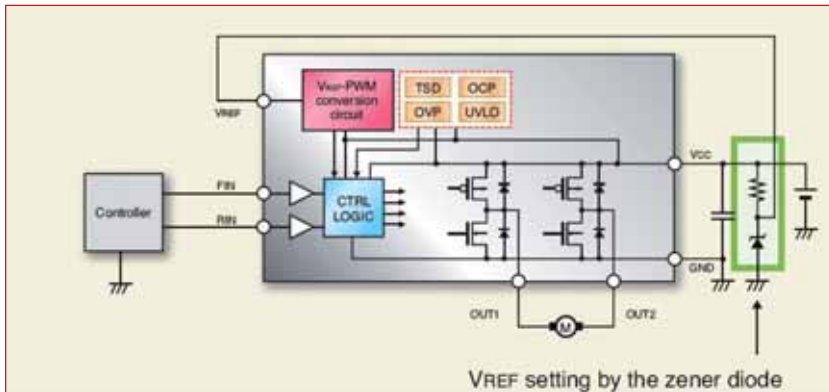


Fig. 6 - Un diodo zener fornisce un riferimento per il funzionamento a velocità costante

impedenza in caso di corto circuito o di altri eventi che comportano l'insorgere di una corrente eccessiva (es. rotore bloccato). Lo shutdown termico può fornire una protezione a più lungo termine quando il chip opera all'interno dei limiti di corrente previsti ma si è verificato un altro guasto, ad esempio una temperatura ambiente di esercizio molto alta o una perdita di raffreddamento a causa di un dissipatore di calore danneggiato. Dal punto di vista della temporizzazione, la protezione da sovracorrente ha una risposta rapida mentre l'arresto termico è più lento. Ad esempio, lo shutdown termico offre una protezione di back-up per i guasti che la protezione da sovracorrente non è in grado di individuare, ad esempio un corto circuito di lieve entità che rimane entro un limite di corrente, ma causa comunque un eccessivo aumento della temperatura. La protezione da sovracorrente protegge le uscite MOSFET, mentre lo shutdown termico protegge il die. Se la temperatura del die supera un limite prestabilito (es. 175 °C), il circuito integrato si spegne. Per ogni applicazione a ponte H è richiesto un circuito di temporizzazione che

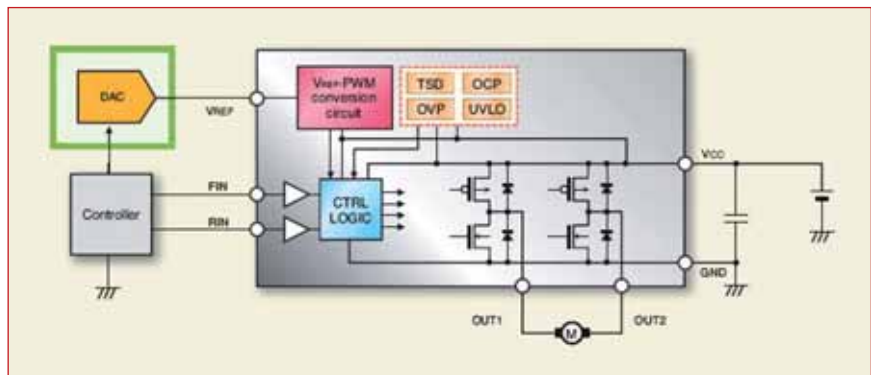


Fig. 7 - Con un DAC la tensione digitale convertita in analogica può fornire l'ingresso V_{REF}

impedisca picchi di corrente di shoot-through quando si cambia direzione o si attiva la frenatura dinamica. I driver a ponte H di ROHM eseguono questi controlli a livello interno. Se si usa un micro per controllare direttamente i dispositivi di uscita, occorre scrivere un programma che assicuri una temporizzazione adeguata ed eviti problemi di shoot-through. Un design accurato deve prevedere un certo grado di affidabilità per affrontare eventi imprevisti che possono danneggiare il driver (es. scariche elettrostatiche). I circuiti integrati a ponte H di ROHM sono appositamente progettati per resistere a tensioni ESD di 4 kV.

Tecniche di controllo della velocità PWM utilizzate nei driver a ponte H di ROHM

I più recenti driver a ponte H di ROHM effettuano il controllo della velocità PWM sfruttando diverse tecniche in grado di soddisfare le varie esigenze applicative.

Controllo MCU

Con un micro o altra logica digitale che generano il PWM, sarebbe adatto un circuito come quello rappresentato in figura 4.

La sequenza di impulsi applicata agli ingressi F_{IN} e R_{IN} controlla la direzione e la velocità in modo digitale dal micro. Nella tabella 1 è riportata la logica per implementare il PWM in senso orario e antiorario e i valori di frenatura.

Per completare l'applicazione, la V_{REF} è

collegata alla V_{CC} e i due condensatori di disaccoppiamento esterni sono collegati tra V_{CC} del motore e la massa dell'integrato.

Controllo della tensione analogico

Con gli ingressi direzionali forniti attraverso i pin F_{IN} e R_{IN} come da tabella 2, l'ingresso V_{REF} può essere usato per controllare la velocità del motore in CC.

La figura 5 illustra un partitore di tensione semplice che rappresenta un generatore di tensione variabile per i circuiti PWM interni.

Questa tensione potrebbe provenire anche da una tensione variabile (potenziometro, rete di resistenze) che consenta all'operatore di controllare la velocità del motore.

Questa configurazione opera in maniera più appropriata con un alimentatore stabilizzato. Val la pena rilevare che in questo caso non occorre un microcontroller; gli ingressi F_{IN} e R_{IN} potrebbero provenire da due interruttori.

Velocità fissa da un alimentatore non stabilizzato

Con l'ingresso del partitore di tensione collegato alla V_{CC} , se cambia la tensione di linea, cambia anche la velocità del motore. È possibile stabilire con precisione una velocità fissa con un diodo zener nella parte inferiore del partitore (Fig. 6). A dispetto delle variazioni di tensione di linea, il motore viene controllato alla stessa velocità.

Controllo della velocità digitale semplificato

L'uscita di un convertitore digitale-analogico (DAC) potrebbe controllare V_{REF} fornendo la tensione di controllo analogica al driver convertendo il segnale in un'uscita PWM come quella riportata in figura 7.

Controllo soft-start con ingresso analogico

La tecnica soft-start illustrata nella figura 8 utilizza un condensatore e due diodi per cui la tensione raggiunge il massimo valore in maniera graduale. Il motore parte lentamente e lentamente raggiunge la velocità prescelta.

Criteri di selezione per il driver a ponte H

Considerata la diversità delle tensioni di esercizio, è importante scegliere il driver a ponte H più adatto al fine di pervenire alla soluzione ideale. La tabella 3 mostra le applicazioni più diffuse e i criteri di selezione della tensione.

Configurazioni multiple di tensione e corrente ottimizzano le prestazioni

Per soddisfare le esigenze di queste applicazioni, ROHM offre driver a ponte H adatti per tensioni di esercizio massime di 7 V, 18 V e 36 V, con correnti da 0,5 A, 1,0 A e 2,0 A, in configurazione singola o doppia.

Normalmente le singole applicazioni hanno tensioni di esercizio di 3-5 V, 6-15 V o 18-32 V. Tuttavia ogni driver ROHM

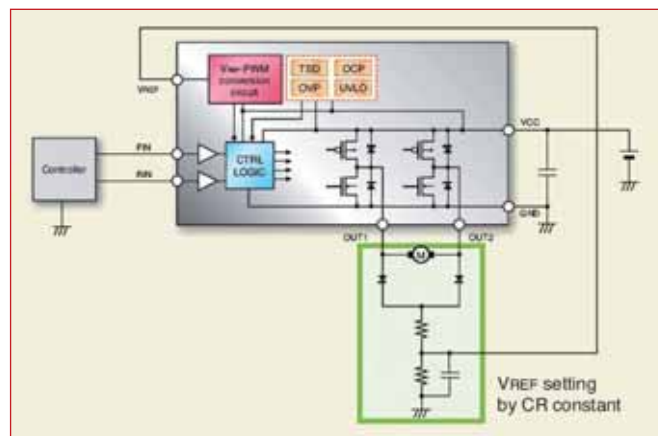


Fig. 8 - La funzione soft-start richiede solo l'aggiunta di un condensatore e due diodi

opera con qualsiasi V_{CC} inferiore al suo limite massimo.

I dispositivi con V_{CC} max più bassi garantiscono una maggiore efficienza dal momento che nei MOSFET di uscita una tensione più alta è bilanciata con una resistenza "on" più elevata.

Pertanto la scelta di una V_{CC} max adeguata ottimizza il consumo di energia ed evita costi aggiuntivi per tensioni di esercizio superiori.

Package a basso profilo

I package ROHM a basso profilo sono caratterizzati da una dimensione verticale massima di 2,2 mm (alcuni 1,5 mm), fattore molto importante soprattutto per quanto riguarda i prodotti portatili.

Le versioni a due canali con alte prestazioni

Per le applicazioni che richiedono più di un motore indipendente (es. stampanti, robotica, giocattoli e giochi) i driver a ponte H a due canali della ROHM offrono il controllo indipendente di ogni canale in package di piccole dimensioni, con una configurazione simmetrica dei pin.

Strategie di controllo flessibili

I driver a ponte H ROHM offrono diverse opzioni per il controllo della direzione, della velocità, della frenatura e del minimo.

I driver della società integrano un circuito interno per la conversione da V_{REF} a PWM per il controllo analogico della velocità, oltre a livelli di controllo degli ingressi digitali di 2,0-5,0 V TTL da micro esterno.

Passaggio dal controllo lineare a PWM

La più recente generazione di driver a ponte H di ROHM è pin compatibile con i modelli precedenti.

Le applicazioni che usano il controllo lineare V_{REF} possono facilmente migrare verso design nuovi senza modificare il layout dei PCB esistenti e ottenere i vantaggi della funzionalità PWM.

Molti di questi driver a ponte H PWM avanzati sono pin compatibili con quelli a uscite lineari esistenti di ROHM, garantendo una maggiore efficienza ed eliminando eventuali errori di sostituzione nella scheda.

Per maggiori informazioni sulla linea completa di circuiti driver a ponte H della ROHM:

www.rohmelectronics.com/h-bridge.html

ROHM (DED.R.A. Elettronica)
readerservice.it n. 8