

Tecnologie a semiconduttore per il controllo motori a velocità variabile

Georges Tchouangue
Wolf Jetschin
Toshiba

Il comportamento dei motori senza spazzole può essere regolato in modo semplice e preciso utilizzando i dispositivi adeguati

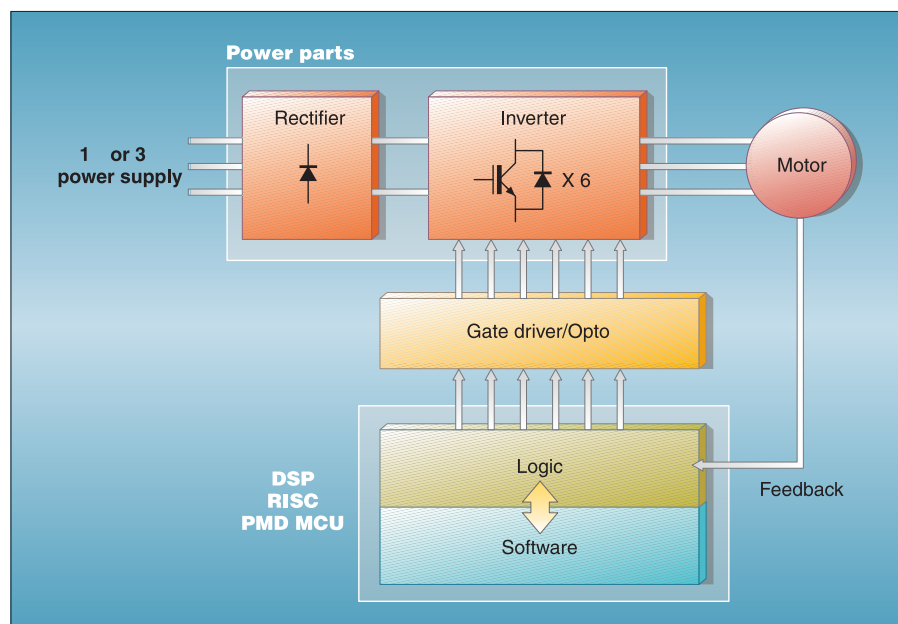
Le applicazioni di controllo motori si stanno inesorabilmente diffondendo sia in ambito industriale sia per quanto riguarda le Home Appliances, al punto che la domanda di controlli per motori DC Brushless aumenta senza sosta e coinvolge nella crescita anche l'innovazione tecnologica a riguardo, invogliata a rendere i motori sempre più silenziosi e puliti. Invero, i motori senza spazzole (brushless) offrono dei concreti vantaggi rispetto ai motori a spazzole (brushed) o a induzione (induction), ma generalmente finora questi benefici si potevano conseguire solo a patto di implementare tecniche di regolazione adeguatamente sofisticate. Oggi però sono state rilasciate alcune tecnologie su semiconduttore che consentono di comandare e controllare i motori BLDC (BrushLess DC) in modo più semplice ed efficiente.

I motori BLDC sono davvero diffusi in svariati ambiti applicativi fra i quali ci sono la produzione industriale, gli appa-

ti domestici, gli apparecchi medicali e gli attuatori automotive (come il comando finestrini o climatizzazione). Queste funzionalità possono così beneficiare dell'eliminazione delle antiquate e ingombranti parti meccaniche e migliorare di conseguenza l'affidabilità del servizio, riducendo drasticamente le possibilità di guasto. Di recente i vantaggi dei motori BLDC sono divenuti ancor più evidenti rispetto alle tecnologie alternative dal momento che i costruttori hanno reso ulteriormente più silenziosi ed efficienti i motori mini-

mizzando vibrazioni meccaniche, rumore elettrico e rumore acustico e massimizzando nel contempo il momento torcente. Del resto, i motori BLDC sono da preferire anche dal punto di vista delle prestazioni giacché la loro risposta dinamica è nettamente superiore a quella delle tecnologie alternative e maggiore è anche la velocità di rotazione raggiungibile. Inoltre, i prezzi si sono ulteriormente ridotti e oggi questi motori sono piuttosto semplici da installare e configurare. Infine, non va trascurata l'ampia disponibilità di solu-

Fig. 1 – Circuito di regolazione basato su un inverter di potenza a transistor e su un'opportuna retroazione legata alla posizione istantanea del rotore



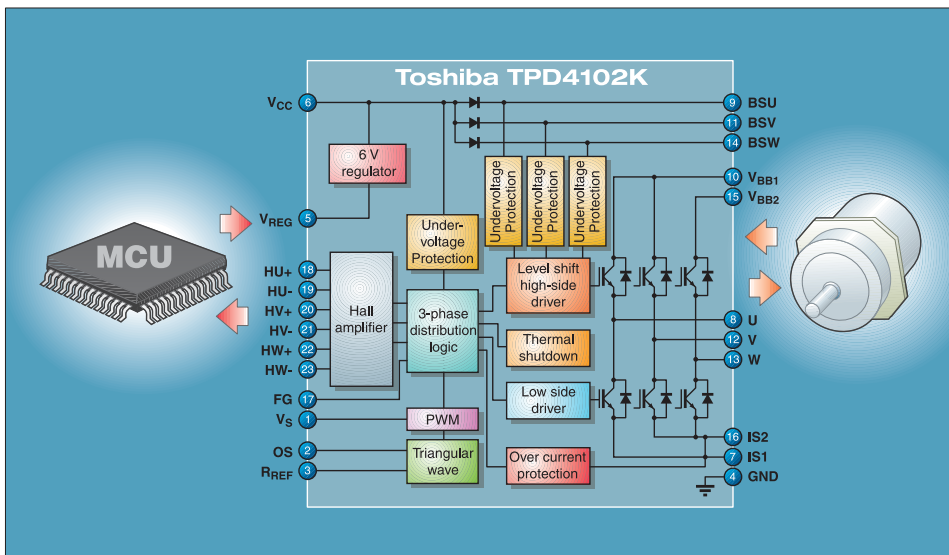


Fig. 2 – Esempio di come si può utilizzare il TPD4112K per ridurre il numero dei componenti e ottimizzare l'occupazione di spazio sul circuito di regolazione

zioni a semiconduttore esistenti sul mercato in proposito.

La regolazione

I motori BLDC sono più efficienti perché possono essere comandati elettronicamente piuttosto che meccanicamente, ma per lo stesso motivo richiedono circuiti di regolazione relativamente sofisticati. La parte più importante di questi circuiti è costituita da un'inverter basato su transistor di potenza mosfet, o IGBT, il quale provvede a fornire corrente a tutto il resto del circuito (vedi figura 1). In effetti, i mosfet di potenza dello stadio d'uscita richiedono circuiti di comando appositi e un sistema di regolazione ad alto livello che, per esempio, sia in grado di gestire l'inizializzazione del sistema al momento dell'accensione e gli eventuali casi di malfunzionamento che possono verificarsi. Inoltre, c'è sicuramente bisogno di un qualche meccanismo di retroazione che rilevi la posizione del rotore e permetta al controllo di calcolare la forma d'onda PWM più opportuna da applicare, di volta in volta, allo statore per far sì che ogni commutazione avvenga al momento giusto tale per cui si realizzi in uscita il movimento preventivamente impostato alla corretta velocità di rotazione.

Lo sviluppo di sistemi integrati capaci di semplificare le problematiche di coman-

po dai motori comporta alcune questioni prevalentemente dovute al fatto che occorre far convivere in qualche modo i circuiti di commutazione ad alto voltaggio insieme ai circuiti logici di controllo. I progettisti di chip dunque, hanno avuto un bel da fare per mettere a punto le tecnologie di fabbricazione adatte ai sistemi basati sui motori BLDC. Toshiba, per esempio, è un pioniere nello sviluppo della tecnologia oggi nota come SOI (Silicon On Insulator). Per entrambi i voltaggi AC più diffusi a 110 o 220 V, Toshiba ha sviluppato tecniche SOI ad alto voltaggio che consentono d'integrare i transistor di potenza insieme ai circuiti attivi in forma monolitica sullo stesso chip. I circuiti integrati risultanti possono così interfacciarsi direttamente con i circuiti logici dei microprocessori e grazie a ciò viene aumentata sensibilmente la densità dei dispositivi sul silicio e vengono a ridursi le correnti disperse e quelle parassite. Oggi, per le applicazioni BLDC sono già disponibili svariate soluzioni di questo tipo, tutte ampiamente sperimentate con successo.

In generale, nei motori BLDC il ripple del momento torcente può essere ridotto aumentando il numero delle fasi, anche se questo tipo di compromesso finisce per aumentare la complessità della soluzione circuitale, perché implica la realizza-

zazione di uno schema a tre fasi costituito da almeno sei transistor congiunti a ponte. Per le applicazioni che necessitano di correnti maggiori di 5 A, ecco che però conviene scegliere una soluzione basata sui mosfet multipli come quelli disponibili nella famiglia Toshiba Power-6. Il recente MP6602, per esempio, è un modulo da 60 V / 20 A completo, racchiuso in un singolo e compatto package con spessore di 3,5 mm. I parametri critici per questo dispositivo MP6602 sono la resistenza di conduzione fra collettore ed emettitore $R_{\text{DS(on)}}$ di 22,4 m Ω , la corrente dispersa di 100 μ A e la tensione d'isolamento di 2500 VAC garantita da Toshiba per un minuto. I moduli mosfet si utilizzano generalmente insieme ai circuiti di pompaggio carica tipicamente posti sul lato alto quali possono essere il TPD7203F o il TPD7210F della stessa azienda, che oltretutto consentono di semplificare notevolmente il sistema poiché comprendono di serie anche le protezioni per sotto tensioni, cortocircuiti e anomalie sul carico.

Con o senza sensori?

I sensori di posizione sono piuttosto importanti nel progetto perché determinano la scelta degli altri parametri sul circuito di regolazione. Tuttavia, la rivelazione della posizione assoluta del rotore, che tipicamente può comportare la necessità

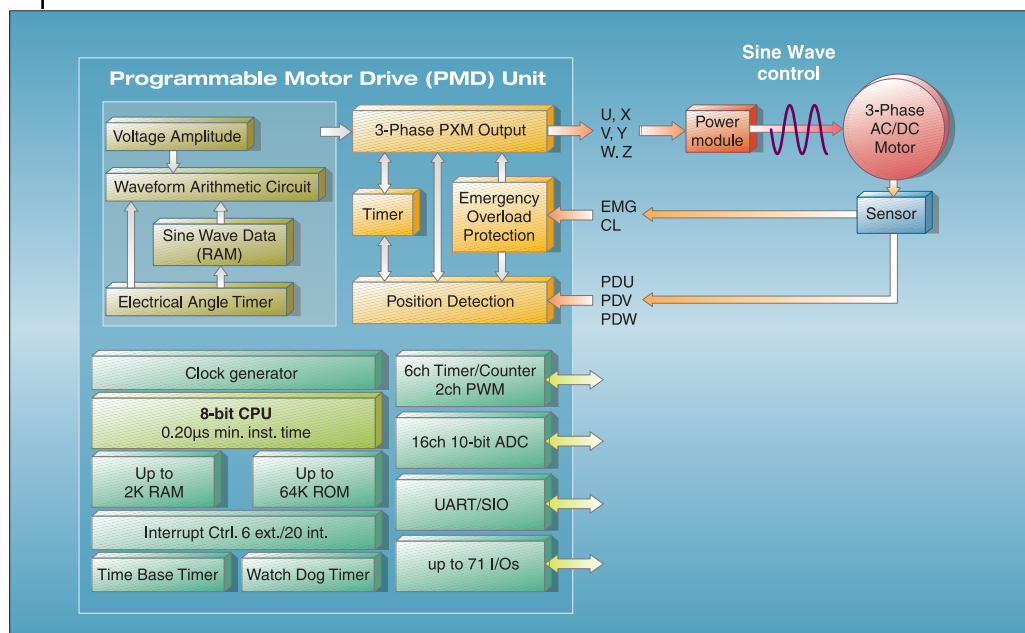


Fig. 3 - Schema a blocchi del controllore programmabile a 8 bit TMP88CH40IMG, comprensivo del circuito di comando PWM

possono essere utili per il comando diretto da parte del processore host. La figura 2 mostra come l'uso di un dispositivo con le caratteristiche del TPD4112K può contribuire a ridurre la quantità dei componenti sul layout finale del sistema di controllo.

Per le attività configurate senza bisogno di sensori si può optare per un dispositivo con le qua-

lità del TB9065F di Toshiba che integra un regolatore 5 V, un pre-driver e un pompaggio di carica con un comparatore a cinque canali. Questo genere di topologie è tipicamente utilizzato nelle applicazioni automotive e per questo motivo il TB9065 è progettato con caratteristiche di robustezza piuttosto notevoli, consumi davvero contenuto al minimo e, inoltre, con a bordo anche un transceiver LIN.

La modulazione

Che si usino o meno i sensori, nella regolazione di comando motori la tecnologia imprescindibile è la modulazione degli impulsi nota come Pulse Width Modulation (PWM). Tuttavia, nella maggior parte dei casi il progettista può sempre riservarsi di decidere la complessità del circuito PWM da utilizzare. In talune applicazioni senza sensori, per esempio, le forme d'onda canoniche rettangolari sono generalmente adeguate e hanno gli indubbi vantaggi di essere relativamente semplici, richiedere pochi componenti di supporto e garantire elevata efficienza. In questo tipo di circuiti, i segnali PWM sono indipendenti dall'induttanza del motore e producono un'onda di corrente rettangolare notevolmente più piccola in valore rispetto alla frequenza impostata sul PWM. Tuttavia, ci sono applicazioni nelle quali le

di una tecnica di controllo vettoriale alquanto sofisticata, va considerata solo nel caso di sistemi di regolazione che richiedono prestazioni particolarmente evolute. Per la maggior parte delle altre applicazioni, si utilizzano due approcci più agevoli basati sui sensori a effetto Hall oppure su architetture senza sensori. Le tecniche basate sui sensori a effetto Hall sono oggi relativamente conosciute e hanno indubbi vantaggi: innanzi tutto, consentono di applicare il massimo momento torcente anche a velocità nulla; in secondo luogo, permettono di prevedere un numero sufficiente di "incidenti rilevabili" a ogni rivoluzione, tali da poter rendere minimo il jitter e offrire un'elevatissima accuratezza nel riconoscimento della posizione. Tutto ciò consente, dunque, al costruttore di realizzare motori più versatili e robusti.

Tuttavia, per talune applicazioni può essere svantaggioso dover prevedere la presenza di un sensore perché questo è, di fatto, un componente aggiuntivo che richiede uno spazio d'installazione apposito abbastanza vicino al rotore e, inoltre, va a incrementare i costi. Per di più, la scelta di un sensore a effetto Hall può influire sull'affidabilità del sistema soprattutto perché si tratta di un componente generalmente un po' delicato. Infatti, è facile a

danneggiarsi perché possono smagnetizzarsi i piccoli magneti rotori che gli si affiancano allo scopo di regolarne il trigger e, inoltre, richiede interconnessioni aggiuntive che lo rendono ulteriormente più vulnerabile al rumore elettrico. È per tutti questi motivi che si sono evolute alcune tecniche di regolazione basate su architetture prive di sensori, le quali rivelano direttamente il segnale di Back-EMF sugli anelli dello statore e lo usano per ricavare la posizione del rotore.

Un inverter integrato single-chip come il TPD41xx di Toshiba può essere preferito per la possibilità che offre di implementare efficacemente una di queste diffuse architetture. Il TPD4112K, per esempio, sfrutta la tecnologia SOI per garantire l'erogazione stabile di 500 V e 1 A ed è realizzato in un package a 23 pin già comprensivo di protezioni sulle sottotensioni e sulle sovracorrenti, il quale può essere interfacciato direttamente al microprocessore e a un sensore a effetto Hall. Questo dispositivo integra un circuito PWM, i circuiti di comando lato alto e lato basso, la logica di distribuzione delle tre fasi e i sei transistor (in questo caso specifico sono IGBT invece che mosfet) necessari per fornire la corrente sullo statore. Il TPD4112K offre anche un'uscita rotativa a impulsi e un pin "forward/reverse" che

perdite per effetti induttivi nel motore causate proprio da queste onde di corrente rettangolari si aggiungono al rumore elettrico e acustico già presente fino al punto di annullare l'efficacia di questo genere di soluzioni. In questi casi, è indispensabile ricorrere a un'architettura basata sulla presenza di un sensore e sull'utilizzo di forme d'onda di comando per il PWM sinusoidali, le uniche in grado di assicurare un'operatività senza rischi perché capaci di ridurre simultaneamente tanto il rumore, quanto le vibrazioni.

In generale, ci sono due modi per definire i requisiti sinusoidali di corrente per il segnale PWM. Il primo consiste nello sviluppare il software specifico per un microcontrollore oppure per un dispositivo programmabile apposito, mentre il secondo consiste nello scegliere una soluzione ASSP (Application Specific Standard Product) come il TB6551F di Toshiba, che contiene di serie tutti i circuiti necessari a generare le sinusoidi a tre fasi adatte alla modulazione dei segnali PWM, compresa la programmabilità dei tempi morti e delle curvature. La scelta ottima può, comunque, dipendere da numerosi fattori, fra cui il miglior equilibrio fra la convenienza di una soluzione standard e le esigenze di tempi e costi legate allo sviluppo software di una soluzione completamente custom. Per realizzare soluzioni personalizzate si

può, per esempio, utilizzare il Toshiba TB9065F che è ottimizzato per supportare i sistemi basati sui sensori e sulle onde sinusoidali. Se si preferisce, invece, una soluzione ASSP ecco che il TB6551F può essere combinato con un inverter con adeguate caratteristiche di configurazione per quanto riguarda i tempi morti e le onde sinusoidali.

Gli inverter integrati single-chip TPD4113K e TPD4113K da 500 V / 1 A, per esempio, offrono la possibilità di regolare i tempi morti fino a 1,4 μ s e consentono, perciò, di realizzare comandi per motori BLDC particolarmente silenziosi, con i vantaggi dell'elevata efficienza e della minima dissipazione di potenza tipici delle soluzioni PWM.

La programmabilità

I costruttori di sistemi a semiconduttore non cessano di sviluppare e rendere disponibili sul mercato nuovi moduli integrati per il comando motori denominati Programmable Motor Driver (PMD), i quali hanno il valore aggiunto della programmabilità e, pertanto, possono essere utilizzati in una gran varietà di applicazioni. Fra i prodotti Toshiba di questo genere c'è il TMP88CH40IMG, il cui schema a blocchi è rappresentato nella figura 3. Si tratta, in pratica, di un controllore a 8 bit programmabile che comprende un circuit

to di comando basato su PWM a onde sinusoidali, alcuni temporizzatori, un ADC e tutti gli I/O che servono a implementare le strategie di regolazione con o senza sensori. Questi componenti possono essere utilizzati con successo nel controllo motori e offrono il concreto vantaggio di permettere di sfruttare al meglio le risorse hardware disponibili così da poter soddisfare i requisiti in più modalità d'intervento, anche se basate sulla stessa piattaforma.

In altri termini, l'incremento delle prestazioni, la riduzione dei costi e la maggior semplicità d'integrazione sono i fattori che concorrono nel favorire la diffusione delle soluzioni di controllo motori BLDC in una sempre più ampia varietà di applicazioni. A questo scopo sono già disponibili sul mercato svariati controllori single-chip capaci di erogare correnti in ogni range d'intensità. Man mano che le industrie di semiconduttori proseguono nello sviluppo di soluzioni sempre più efficaci nel migliorare le prestazioni e il momento torcente, nonché contenere i costi e i consumi, ecco che le soluzioni BLDC continueranno ad affermarsi sul mercato come tecnologia di riferimento nel controllo motori. 

Toshiba
readerservice.it n. 18

ASSICURATE LA VITA DEI VOSTRI COMPONENTI



PROTEZIONE PER OGNI GRANDEZZA

Consultate il nostro catalogo di 40 Valigie Peli™ indistruttibili e a tenuta stagna per trovare quella che si adatta alla perfezione alle vostre apparecchiature. Non importa se userete la schiuma Pick 'N' Pluck™ o i divisori di schiuma personalizzata, essi avvolgeranno i vostri oggetti per assicurarvi che resteranno al loro posto, totalmente intatti e funzionali. Potete proteggere anche le vostre apparecchiature elettroniche installando un pannello interfaccia grazie al nostro sistema di montaggio di pannelli. Inoltre è possibile aggiungere a qualsiasi valigia decalcomanie o etichette metalliche personalizzate con il vostro logo.

Non vi limitate a qualcosa di "abbastanza buono". Cercate la perfezione per proteggere le vostre apparecchiature!



Distribuiamo in Italia. Contattateci

PELI PRODUCTS, S.A. C/ Casp, 33-B Pral. • 08010 • Barcelona, Spain • Tel +34 93 467 4999 • Fax +34 93 487 7393 • marketing@peli.com • www.peli.com

readerservice.it n.18078