

I requisiti delle applicazioni emergenti e le normative sempre più stringenti sul risparmio energetico impongono l'adozione di forme avanzate di controllo del movimento più complesse che sostituiscono i semplici controlli on/off con sistemi precisi a velocità variabile che operano in ambienti altamente integrati. I motori infatti consumano una quantità significativa di energia. Si stima che i motori elettrici da soli siano responsabili di metà del consumo dell'elettricità in ambito industriale. Di conseguenza, le riduzioni dei consumi e dei costi che si possono ottenere adottando tecniche di controllo del movimento più efficienti sono significative. Secondo la

cui tradizionalmente non se ne faceva uso: tali applicazioni emergenti saranno soggette a tassi di crescita esplosivi nei prossimi anni. Oggi più del 50% degli elettrodomestici contiene almeno un motore, per muovere il cestello delle lavatrici, o le pompe delle lavastoviglie, il compressore dei condizionatori e dei frigoriferi. Un sistema di controllo del movimento efficiente è indispensabile dato che gli elettrodomestici rappresentano una porzione significativa dei consumi domestici di energia: una lavatrice consuma anche 600 KWh all'anno, e un climatizzatore anche 1,9 MWh all'anno. Un sistema di controllo a velocità variabile migliora in modo significativo l'efficienza del sistema, e fa sì



Fig. 1 - I sistemi di controllo del movimento efficienti stanno prendendo piede in nuove applicazioni potenzialmente pervasive: un esempio è costituito dagli elettrodomestici

elettriche (e-bike), che si stanno rapidamente diffondendo non solo in Asia, ma anche in Europa. Il mercato delle biciclette elettriche varrà 18,5 milioni di unità quest'anno, e sarà caratterizzato da tassi di crescita del 25 % annuo. Con una batteria carica, una e-bike è in grado di trasportare una

mi a basso costo per il controllo dei motori nei motocicli, che consentono di soddisfare le normative sempre più severe sulle emissioni. Anche Cina e India, i due maggiori mercati di motocicli al mondo, stanno sviluppando standard più restrittivi in materia ambientale. In India sono previsti 15 milioni di nuovi veicoli a due ruote entro il 2010 rispetto ai 6,7 milioni del 2005, mentre i motorini in Cina passeranno da 17 milioni del 2005 a 21 milioni nel 2010. In generale, un sistema di controllo ad anello chiuso è costituito da tre parti: una unità di misura con uno o più sensori, un blocco embedded di elaborazione e un attuatore. Il blocco di elaborazione è un componente molto critico per il controllo del movimento, al fine di ottimizzare il consumo di energia, di aumentare l'affidabilità, di migliorare le prestazioni, i livelli di rumore e l'accuratezza, e infine di ridurre il costo a livello di sistema e il time-to-market.

QUALE DISPOSITIVO SCEGLIERE PER IL CONTROLLO DEL MOVIMENTO?

Con il proliferare delle tecnologie embedded usate per il controllo del movimento, è diventato sempre più difficile per gli ingegneri decidere quale sia la tecnologia più adatta per i loro progetti. Le possibili soluzioni includono i DSP, i microprocessori, i microcontrollori general purpose e gli FPGA. Inoltre, sono disponibili nuovi dispositivi ibridi che rendono le differenze fra questi dispositivi più sfumate. Dato che numerose applicazioni di controllo richiedono un'elaborazione e un feedback molto rapidi, gli ingegneri scelgono spesso i DSP per la loro velocità. Nelle applicazioni più complesse, può essere vantaggioso usare un DSP accanto a un microprocessore. Il DSP del

L'intelligenza nel controllo del movimento

società di analisi ARC Advisory Group, il mercato relativo ai sistemi di controllo del movimento passerà da 5 miliardi di dollari nel 2005 a 7 miliardi di dollari nel 2010. I sistemi di controllo del movimento efficienti si stanno diffondendo anche in nuove applicazioni potenzialmente pervasive, in

che il motore non lavori sempre alla massima velocità, arrestandolo se non serve. In questo modo si riducono i consumi si migliora l'efficienza, oltre a proteggere l'apparato da guasti dovuti a vibrazioni eccessive. Un'altra applicazione sorprendentemente molto promettente è data dalle biciclette

Diverse applicazioni emergenti richiedono sistemi sempre più sofisticati di controllo del movimento, a costi molto contenuti

persona di 100 Kg di peso per 40 Km a una velocità di circa 25 Km/h. Data la loro convenienza e il loro impatto positivo sull'ambiente, i sistemi di controllo del movimento a basso costo, tipicamente basati su microcontrollori a 8 bit e a 16 bit, sono l'oggetto di una domanda crescente per controllare il movimento ed assicurare un uso efficiente dell'energia fornita dalla batteria. Lo stesso discorso vale per i siste-



sistema riceve i segnali di ingresso per elaborare singoli task in breve tempo, mentre il processore esegue compiti di controllo, interfacciandosi con l'host e con le periferiche del sistema. L'architettura dei DSP è pensata per eseguire molto velocemente semplici calcoli in parallelo, come moltiplicazioni e accumuli. I DSP sono quindi ideali per eseguire algoritmi complessi ed elaborare dati ad alta velocità. Non sono tuttavia pensati per funzioni di controllo quali la gestione degli I/O e delle periferiche.

Anche i microprocessori e i microcontrollori sono ampiamente usati nelle applicazioni di controllo del movimento. I processori sono ottimizzati per la gestione efficiente di più task asincroni simultaneamente, requisito questo molto importante in molte applicazioni di controllo del movimento in tempo reale. Gli ingegneri spesso scelgono i microcontrollori al posto dei DSP nelle applicazioni di controllo del movimento anche perché essi offrono tradizionalmente un'ampia scelta di periferiche integrate, come i blocchi PWM (Pulse Width Modulation) e gli I/O. I microcontrollori costituiscono la soluzione preferita per ottenere funzionalità general purpose e sono inoltre semplici da programmare. Sono comunemente usati sia per ridurre i consumi energetici e il rumore udibile, sia per incrementare l'affidabilità e la vita dei motori. Un'architettura di processore ideale per il controllo del movimento è il DSC (Digital Signal Controller). I DSC combinano le funzionalità di controllo di un microcontrollore con le prestazioni di elaborazione di un DSP. Garantiscono una latenza deterministica degli interrupt. Supportano un ricco insieme di periferiche avanzate come i blocchi PWM (Pulse Width

Modulation), i convertitori A/D ad alta velocità e i filtri digitali, oltre a funzioni DSP potenti e di modalità di indirizzamento flessibili che consentono di eseguire calcoli e funzioni logiche in modo rapido e accurato. Di conseguenza, essi sono ideali per eseguire funzioni complesse ad alta velocità e consentono di mettere a punto in modo efficiente algoritmi matematici avanzati a basso costo. Inoltre, a differenza delle tradizionali MCU, i DSC sono in grado di supportare calcoli frazionari. A differenza dei processori, gli FPGA non sono provvisti di sistemi operativi e implementano le funzioni logiche su hardware dedicato, che garantiscono una velocità superiore rispetto a

simulazioni hardware-in-the-loop, nell'esecuzione di funzioni di controllo deterministico ad anello chiuso ad alta velocità, nell'acquisizione dati e nelle funzioni di monitoraggio, nella rilevazione di eventi, nelle temporizzazioni per le routine di trigger, nel condizionamento dei segnali e nell'elaborazione parallela.

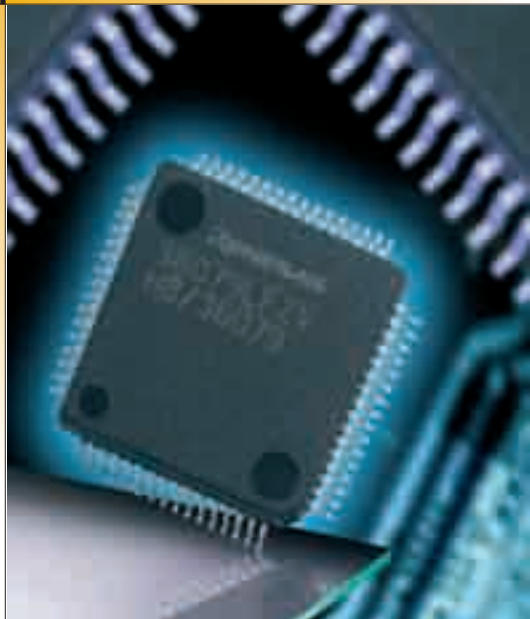
In molte applicazioni di controllo basate su FPGA la velocità è limitata dai sensori, dagli attuatori e dai moduli I/O, piuttosto che dalle prestazioni dell'FPGA stesso. Tuttavia, gli FPGA sono più comunemente usati accanto ai microprocessori o ai DSP, piuttosto che in sostituzione di questi ultimi, migliorando le prestazioni e l'affidabilità del sistema di con-



Fig. 2 - Un'applicazione molto promettente per i sistemi di controllo del movimento è data dalle biciclette elettriche, che si stanno rapidamente diffondendo non solo in Asia, ma anche in Europa (fonte: Infineon)

un'implementazione software. Grazie alla loro flessibilità e riprogrammabilità su hardware, durante la fabbricazione o anche sul campo, gli FPGA stanno acquistando una popolarità crescente nel campo del controllo del movimento. Gli FPGA sono inoltre facili da interfacciare con il mondo esterno ed efficienti nelle operazioni a livello di bit. Sono ideali in particolare nella messa a punto di protocolli di comunicazione digitale, nella prototipazione rapida, nelle

trolo. Il linguaggio HDL (Hardware Description Language) descrive le funzionalità del circuito a livello RTL (Register Transfer Level) degli FPGA. Sono disponibili anche tool grafici di alto livello per la programmazione FPGA. Ad esempio, National Instruments offre National Instruments LabVIEW FPGA Module, che consente anche ai progettisti non esperti di programmazione FPGA di realizzare soluzioni hardware di controllo del movimento.



ALCUNI DISPOSITIVI IN COMMERCIO PER IL CONTROLLO DEL MOVIMENTO

I processori general purpose, come pure i nuovi processori ibridi che combinano un DSP e un core di processore in un unico dispositivo sono una sorta di "coltellino svizzero" per i progettisti. Ne costituiscono un esempio i nuovi microcontrollori della XC866 di Infineon, basati sull'architettura standard 8051, che offrono una velocità di clock da 27 MHz e un ricco insieme di periferiche ad alte prestazioni, che includono un convertitore A/D a 10 bit ad alta velocità e da 4 a 16 kByte di memoria flash. I dispositivi si prestano per numerose applicazioni in campo automotive e industriale, e persino per il mercato emergente delle biciclette elettriche.

La piattaforma integrata ASIC (Application Specific Integrated design Platform) iMOTION di International Rectifier è un sistema completo altamente integrato per il controllo del movimento a velocità variabile di tipo sensorless. Il prodotto integra un controllore digitale della famiglia IRMC3xx, costituito da 3 blocchi: un microcontrollore di tipo 8051 a 8 bit prestazioni da 60 MIPS, un blocco di controllo configurabile e un Analog Signal Engine per il condizionamento e la conversione A/D dei segnali.

I microcontrollori H8/36079-GF di Renesas costituiscono una soluzione completamente integrata per diverse applicazioni di controllo del movimento, e sono ideali per applicazioni a basso costo, come ad esempio negli elettrodomestici, nei compressori, nelle ventole di raffreddamento e nel controllo industriale con particolari requisiti di basso consumo. Il dispositivo, con un'architettura interna a 32 bit e registri a 16 bit, offre prestazioni superiori rispetto ai dispositivi a 8 bit usati per le stesse applicazioni, e disponibili allo stesso prezzo. STMicroelectronics offre una vasta gamma di MCU flash per il controllo del movimento, dai componenti più compatti a 8

bit con 8 piedini, fino ai potenti prodotti basati sull'architettura ARM 7 a 32 bit studiati appositamente per applicazioni di controllo del motore e permettono di implementare algoritmi sofisticati che usano tecniche di controllo particolari, per esempio "Field-Oriented Control", come la famiglia di MCU STR750F, ottimizzata per le prestazioni e per i bassi consumi.

Per quanto riguarda le architetture ibride, i processori Blackfin di Analog Devices offrono funzionalità microcontrollore e DSP in un'architettura unificata per le funzioni di controllo e di elaborazione dei segnali. I processori possono comportarsi come una MCU al 100 %, mantenendo una densità del codice in linea con gli standard industriali, o come un

trollo del motore che sono generate nel modulo di controllo integrato. Il controllore supporta anche una funzione di correzione del fattore di potenza (PFC, Power Factor Correction). Microchip ha messo di recente a disposizione gratuitamente il codice sorgente per applicazioni FOC (Field Oriented Control) sensorless di motori sincroni a magnete permanente (Permanent Magnet Synchronous Motors o PMSM). Il codice è adatto a qualsiasi Digital Signal Controller (DSC) per motori della linea dsPIC, compresi i modelli della famiglia di recente introduzione di componenti a basso costo dsPIC33FJ12MC.

I DSC dsPIC33FJ12MC offrono alte prestazioni, pari a 40 MIPS, e costituiscono una piattaforma ideale per le applicazioni



DSP al 100% o infine come una combinazione dei due. Possono essere programmati in assembly, in C o in un linguaggio grafico. Con i DSC di Freescale come i dispositivi a 16 bit 56F8000, il controllo può essere eseguito per mezzo di un software che gira sul processore usando una piattaforma hardware comune per tutti i tipi di motori. Il processore esegue il software di controllo e, attraverso l'uscita PWM, controlla le forme d'onda di tensione e di corrente per il con-

avanzate di controllo dei motori con vincoli di spazio. Lo scorso Giugno, Texas Instruments ha lanciato una nuova serie di dispositivi DSC, siglata TMS-320F2833x, che offre prestazioni da 300 Megaflops a 150 MHz, mantenendo al contempo i bassi costi associati ai processori a virgola fissa. Questi dispositivi sono ideali per eseguire funzioni avanzate di controllo del movimento, per la conversione efficiente dell'energia di pannelli fotovoltaici, o in campo automotive. ■