

## Sensori di movimento MEMS

**Lucio Pellizzari**

*Gli accelerometri sono fra quei prodotti ai quali molti analisti attribuiscono la possibilità di superare indenni la crisi e favorire la ripresa dell'elettronica*

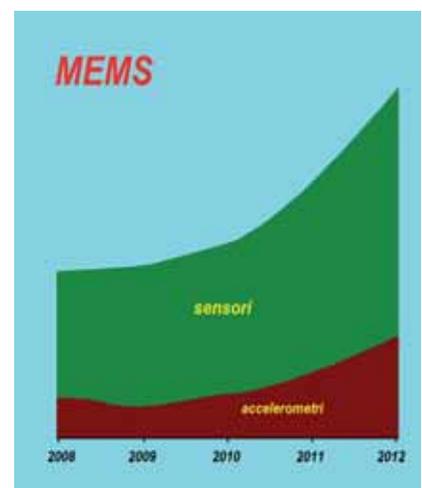
La rivelazione dei movimenti avviene oggi per lo più tramite gli accelerometri microeletromeccanici MEMS, che sono ormai usciti dalle poche costose applicazioni di nicchia per le quali erano progettati pochi anni fa (come la stabilizzazione dei velivoli militari) e vengono più massicciamente impiegati nell'elettronica automotive e consumer per il comando dei sistemi di guida automatizzati, a bordo delle foto e video camere, nelle consolle di comando per videogiochi e, ultimamente, persino nei giocattoli.

Secondo Douglas McEuen, analista di ABI Research, i sensori MEMS stanno per uscire dal predominio dei pochi grandi costruttori che li hanno inventati e sviluppati per diffondersi fra tante industrie meno globali e più focalizzate sui mercati specifici. Ciò significa che le tecnologie alla base degli accelerometri hanno ormai raggiunto un livello evolutivo alla portata di molti più laboratori ed è perciò da attendersi un'ulteriore evoluzione nell'utilizzo di questi componenti verso una fascia ancor più popolare di applicazioni, fra cui gli elettrodomestici. Gli analisti francesi di Yole Développement, tuttavia, mettono in guardia sul probabile allungamento dei tempi di ripresa per l'economia mondiale e fanno notare che se l'intero comparto dei MEMS nel 2008 valeva 7,6 miliardi di dollari, quest'anno non riuscirà a oltrepassare quota 8 miliardi di dollari e, sempre a livello mondiale, solo nel 2012 ci si potrà

attendere una consistente crescita, probabilmente fino a 16,7 miliardi di dollari. Inoltre, i soli accelerometri MEMS nel 2008 valevano 876 milioni di dollari, nel 2009 sono scesi a 846 e nel 2012 saliranno a 1,6 miliardi di dollari. D'altra parte, nel fare quest'indagine Mathieu Potin ha scoperto che ci sono molte piccole e medie industrie che stanno approfittando del periodo di crisi per decidersi a intraprendere nuove strategie di mercato e preparano le proprie strutture alla fabbricazione di prodotti che auspicano vincenti alla ripresa dell'economia: molti di questi prodotti sfruttano proprio gli accelerometri MEMS.

### Sempre più consumer

L'applicazione principe degli accelerometri MEMS è stata ed è ancora il comando dell'apertura degli airbag nelle automobili, giacché non esiste alcun altro componente che possa garantire la stessa rapidità d'intervento a parità di costo e robustezza. Tuttavia, nei laboratori si sono accorti subito che la robustezza del silicio è paragonabile a quella dell'acciaio e, pertanto, le membrane micromeccaniche possono garantire elevatissimi livelli di affidabilità e versatilità. Grazie a ciò, mentre miglioravano le prestazioni gradualmente diminuivano i costi di fabbricazione e aumentava la gamma delle applicazioni appetibili. Oggi gli accelerometri si usano nelle fotocamere per compensare i piccoli



**Fig. 1 – Secondo gli analisti francesi di Yole Développement il mercato dei sensori MEMS migliorerà gradatamente**

movimenti delle mani e stabilizzare le immagini catturate, nei navigatori GPS per correggere la posizione istantanea, negli hard disk dei computer portatili per proteggere le testine dai movimenti o dalle cadute comandando il rapido parcheggio delle testine di lettura in posizione di sicurezza, nei lettori audio/video per stabilizzare la focalizzazione del laser immunizzandola rispetto al movimento dell'apparecchio, nelle lavatrici per rilevare le vibrazioni anomale e variare la velocità di rotazione in modo da ridurre il rumore, i consumi e l'usura dei compo-

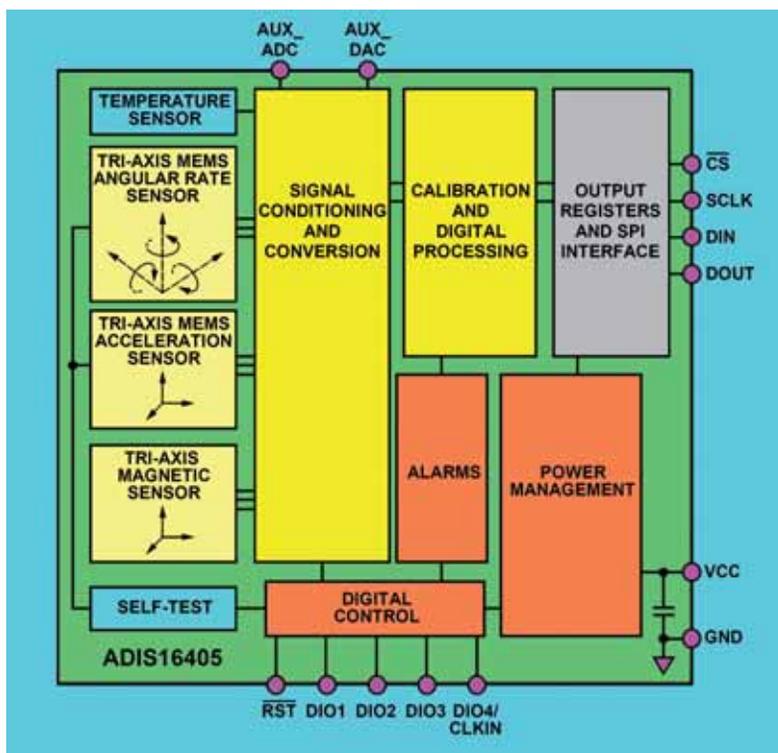
nenti. Più recentemente alcuni costruttori stanno proponendo sensori MEMS automotive capaci di rilevare in tempo reale le condizioni di pressione delle gomme e sono sempre più numerose le applicazioni in ambito sportivo dove questi sensori possono servire a rilevare in tempo reale l'assetto degli atleti, delle attrezzature o dei mezzi o veicoli che utilizzano. Invero, il segmento automotive è uno dei più promettenti per gli accelerometri MEMS e Potin ne prevede per i prossimi tre anni il consolidamento dell'attuale share attorno al 45-50%, mentre l'elettronica consumer guadagnerà qualcosa e probabilmente passerà dall'attuale 30% almeno al 45%, lasciando il rimanente 10% circa agli altri tre maggiori segmenti che sono il militare, l'aerospaziale e i robot industriali. Certamente, come tutti gli altri componenti elettronici anche gli accelerometri MEMS adattano le proprie caratteristiche e prestazioni in funzione dell'ambiente di destinazione e se per le applicazioni automotive il requisito primario è la robustezza alle sollecitazioni termiche e meccaniche, nell'elettronica consumer i requisiti indispensabili sono il basso costo, le piccole dimensioni e l'affidabilità. Benedetto Vigna, vice presidente di STMicroelectronics, è altrettanto convinto che i sensori MEMS subiranno quella che lui stesso chiama una "consumerizzazione" e ben presto saranno popolari in tutte le categorie di apparecchi portatili dai cellulari ai radio comandi, dai terminali remoti agli strumenti di misura, fino a ogni tipo d'interfaccia intelligente uomo/macchina. In proposito, McEuen aggiunge che gli accelerometri MEMS per la rilevazione del movimento nei comandi videogiochi, come quelli recentemente apparsi nei prodotti Nintendo Wii, saranno un'applicazione trascinante per questi componenti nei prossimi tre anni, giacché vi stanno lavorando assiduamente tutti i principali costruttori del settore. Christoph Wagner di Analog Devices, che al pari di STMicroelectro-

MEMS è fornitore degli accelerometri MEMS per Nintendo, osserva che oggi le tecnologie analogiche si sono evolute di un altro passo in avanti e, dopo aver permesso la rilevazione prima dei segnali audio e poi di quelli video, permettono oggi di rilevare e gestire segnali le cui principali informazioni sono i movimenti. Gli accelerometri di ultima generazione, oltre a essere sensibili sui tre assi e, quindi, capaci di rilevare i movimenti nelle tre direzioni spaziali, integrano un'efficace e veloce memoria FIFO che immagazzina continuamente le informazioni sull'ultimo movimento per permetterne il confronto in tempo reale col movimento successivo e capire se e come cambia l'accelerazione istantanea. Questa operazione è fondamentale per realizzare sistemi di gioco comandabili con i movimenti, ma è importante che sia fatta direttamente sul chip del sensore, innanzitutto per avere la massima velocità di elaborazione e poi per non gravare sull'attività degli altri processori. In commercio ci sono anche soluzioni a chipset con l'elemento sensibile

MEMS e il circuito di elaborazione su due diversi chip ottimizzati per lavorare insieme. L'accelerometro MEMS sta diventando paragonabile a un qualsiasi altro tradizionale componente elettronico e probabilmente questa tendenza proseguirà fino a consolidare in commercio un'ampia disponibilità di algoritmi embedded specifici per le applicazioni basate su magnetometri, giroscopi o accelerometri. Vigna pronostica un prossimo futuro dove sarà possibile dirigere un'orchestra sinfonica virtuale con una bacchetta wireless, oppure navigare in qualsiasi apparecchio portatile semplicemente inclinandolo invece che premendone i tasti.

### Sensori robusti e versatili

È, in pratica, la grande precisione il valore che permette oggi agli accelerometri di offrire un così elevato livello di prestazioni. Il principio di funzionamento è ben noto e sfrutta una superficie conduttiva sospesa fra due morsetti capace di flettersi quando si muove il supporto del chip:



**Fig. 2 – Il nuovo sensore MEMS Analog Devices ADIS16405 può misurare su tre assi le rotazioni, le accelerazioni e le variazioni di campo magnetico**

di conseguenza cambia la sua carica e questa può essere rivelata con accuratezza di pochi elettroni. Disponendo tre di questi "condensatori micromeccanici" ortogonalmente sui tre assi si ottiene sensibilità in accelerazione nelle tre direzioni. Analog Devices ha appena introdotto il sensore MEMS inerziale ADIS16405 iSensor implementandovi a bordo le funzioni triassiali di giroscopio, accelerometro e magnetometro. L'elevata densità di integrazione è accompagnata da notevoli doti di precisione e robustezza. Come giroscopio digitale il range di lavoro può essere scalato fra  $\pm 75$ ,  $\pm 150$  o  $\pm 300^\circ/\text{sec}$ , mentre le sensibilità dell'accelerometro e del magnetometro si estendono rispettivamente fra  $\pm 18$  g e  $\pm 2,5$  gauss.

La calibrazione della polarizzazione e del punto di lavoro è controllata automaticamente da un apposito algoritmo che la garantisce rigorosamente nell'intervallo di temperatura fra  $-40$  e  $+85^\circ\text{C}$ , mentre la velocità di campionamento interna è di 819,2 S/s, ma con clock esterno può essere aumentata a 1200 S/s. Ci sono, inoltre, alcuni filtri digitali che consentono di programmare le condizioni di misura e decidere quali parametri estrarre in uscita. L'alimentazione è prevista da 4,75 a 5,25 V con operatività garantita fra  $-40$  e  $+125^\circ\text{C}$  e immunità agli urti fino a 2000g. Questo dispositivo può essere molto utile nei sistemi di guida per aeromobili e nelle piattaforme di controllo robotizzate.

Fra le novità Analog Devices c'è anche il giroscopio angolare ADXRS622 capace di rilevare i movimenti rotazionali fino a  $250^\circ/\text{sec}$ . Alimentato a 5 V, questo chip non occupa che 15 cm<sup>2</sup> e pesa meno di mezzo grammo, ma tollera gli urti fino a 2000 g e la temperatura fino a  $+105^\circ\text{C}$ . Nuovo è anche l'aggiornamento dell'accelerometro ADXL001 che ora può rivelare le accelerazioni su singolo asse fino a  $\pm 500$  g, pur mantenendo le attuali versioni a  $\pm 70$  e  $\pm 250$  g nello stesso package LCC a 8 pin. Molto più piccolo e versatile, l'accelerometro ADXL335 può lavorare su tre assi e rilevare fino a  $\pm 3$  g.

**Fig. 3 – Due nuovi accelerometri MEMS per le applicazioni automotive e l'elettronica consumer fabbricati da STMicroelectronics ad Agrate Brianza**



Alimentabile fra 1,8 e 3,6 V, questo chip consuma 350  $\mu\text{A}$  ed è offerto in package Lfcsp da 4x4 mm, con sopravvivenza agli urti fino a 10000 g.

STMicroelectronics produce i sistemi MEMS sui wafer di silicio da 200 mm nell'avanzato stabilimento lombardo di Agrate Brianza. In questi prestigiosi impianti produttivi, oltre agli accelerometri, si fabbricano sensori di pressione e piccoli giroscopi ottimizzati per rilevare l'inclinazione e la velocità angolare, utilizzabili nei dispositivi di puntamento e anche nei sistemi di navigazione a guida satellitare. L'ultimo nato è l'accelerometro AIS326DQ pensato per le applicazioni automotive e capace di rilevare da  $\pm 2$  a  $\pm 6$  g sui tre assi. Certificato Aec-Q100, il chip è fornito in package Qfpn a 28 pin alimentabile da 3 a 3,6 V, ma gli I/O accettano anche 1,8 V. Molto robusto, questo sensore può lavorare fra  $-40$  e  $+105^\circ\text{C}$  e resiste agli urti fino a 10000 g. Per il collegamento a un microcontrollore di supervisione ci sono a bordo le interfacce SPI e I2C, nonché un convertitore ADC con risoluzione di 12 bit, adeguata per riconoscere i cambi di inclinazione di un decimo di grado. Inoltre, c'è anche la possibilità di programmare le soglie degli

interrupt che vengono generati ogniqualvolta il sensore rileva un movimento considerato come un evento. Nuovi sono anche gli accelerometri a tre assi LIS331DLx forniti in package LGA a 16 pin da 3x3 mm con uscita digitale, molto adatta nelle interfacce di controllo remoto di ultima generazione. Le versioni sono tre e si differenziano nella risoluzione da 6, 8 o 12 bit del convertitore ADC a bordo. Alimentabili da 2,16 a 3,6 V, questi sensori consumano appena 10  $\mu\text{A}$ , rilevano i movimenti 6D, cioè su entrambi i versi nelle tre direzioni spaziali, hanno tolleranza termica fra  $-40$  e  $+85^\circ\text{C}$  e calibrazione programmabile a  $\pm 2$ ,  $\pm 4$  o  $\pm 8$  g. Per l'elettronica consumer c'è anche il giroscopio LY530AL capace di rilevare le rotazioni fino a  $\pm 300^\circ/\text{sec}$ . Come il precedente, il chip è offerto in package LGA a 16 pin da 5x5 mm, è alimentabile da 2,7 a 3,6 V e ha tolleranza termica fra  $-40$  e  $+85^\circ\text{C}$ .

[readerservice.it](http://readerservice.it)

**ABI Research** [www.abiresearch.com](http://www.abiresearch.com)  
**Analog Devices** n. 3  
**Nintendo** [www.nintendo.it](http://www.nintendo.it)  
**STMicroelectronics** n. 4  
**Yole Développement** [www.yole.fr](http://www.yole.fr)