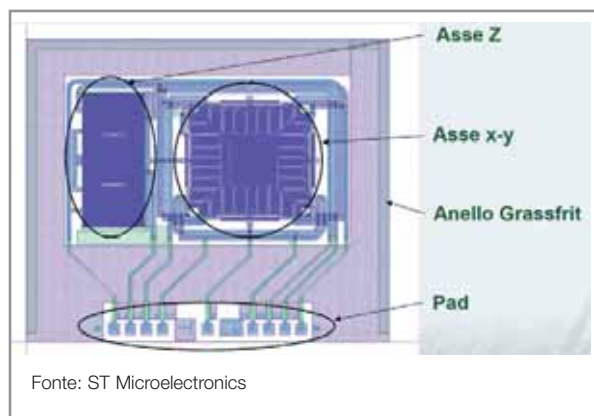


Mems alla ribalta

Micromeccanica ed elettronica lavorano insieme nei sensori Mems, con i quali è possibile, ad esempio, rilevare in tempo reale il moto di persone e cose. Ecco come

STEFANO CAZZANI

La tecnologia Mems (Micro electro-mechanical systems) permette di sfruttare contemporaneamente le proprietà elettriche e meccaniche del silicio per realizzare sensori miniaturizzati a basso costo. La tecnologia dei sensori Mems viene oggi adottata in una vasta gamma di applicazioni informatiche, di elettronica di consumo, industriali e per l'automobile, dove la capacità di misurare o individuare il movimento (vibrazione, inclinazione, accelerazione) ha valore per risparmiare energia, per realizzare apparecchi più facili da usare e dotare i giochi elettronici di nuovi livelli di realismo e interazione. Sfruttando, infatti, le eccellenti proprietà fisiche del silicio (più robusto, con caratteristi-



Particolare visto al microscopio della struttura micromeccanica in silicio che compone uno degli accelerometri Mems di ST Microelectronics

Per realizzare un accelerometro 3D, su uno stesso chip di silicio sono realizzate le due strutture meccaniche necessarie e rilevare l'accelerazione nei due assi piani e in quello verticale, che vengono tramutate in segnale elettrico dai circuiti elettronici integrati sulla stessa piastrina

tali facilmente interpretabili da un sistema elettronico complesso. Il tutto in un dispositivo alloggiato in un contenitore minuscolo, che si trasforma in una micromacchina intelligente e completa.

In sostanza, i sensori Mems vengono realizzati costruendo strutture meccaniche piccolissime (leve, cantilever, accoppiamenti vari, persino ingranaggi) appoggiate su una piastrina di silicio, sfruttando le stesse metodologie di produzione di base dei circuiti integrati elettronici.

L'industria dei Mems è cresciuta notevolmente negli ultimi anni, proprio perché è riuscita a 'riciclare' le tecnologie di produzione della microelettronica applicandole alla realizzazione di componenti elettromeccanici, che hanno potuto beneficiare delle enormi economie di scala rese possibili dai processi di fabbricazione dei semiconduttori. Inoltre, poiché la tecnologia di fabbricazione di base è molto simi-

che termiche migliori e un peso specifico pari a un terzo di quello dell'acciaio) è possibile realizzare microsensori per la rilevazione di grandezze meccaniche: pressione, vibrazioni, accelerazione lineare, angolare e così via. Il silicio, inoltre, permette di realizzare le funzioni che trasformano le grandezze meccaniche misurate in dati analogici e digi-

le, è stato relativamente semplice accoppiare nello stesso contenitore sia le strutture elettromeccaniche, che misurano i parametri fisici d'interesse, sia le tecnologie elettroniche analogiche o digitali, che permettono di fruire convenientemente dei dati misurati dal sensore stesso. Il risultato finale è costituito da componenti esternamente simili ai comuni componenti elettronici, ma che al loro interno comprendono parti meccaniche in movimento che sono il cuore del sensore stesso.

Applicazioni pratiche dei sensori Mems

Le applicazioni dei componenti Mems sono svariate e altre ancora aspettano solo di essere sviluppate da parte di progettisti pieni di fantasia, in grado di trasformare anche oggetti di uso quotidiano. La più diffusa applicazione dei sensori di accelerazione realizzati con Mems passa ormai quasi inosservata, in quanto è 'nascosta' all'interno dei sistemi di controllo dell'airbag, parte del corredo di ogni moderna automobile. Il sensore Mems utilizzato negli airbag è relativamente semplice, in quanto ha un solo compito, sebbene estremamente critico e pertanto con requisiti di affidabilità eccezionali: rilevare l'accelerazione eccessiva lungo un asse lineare dovuta al brusco rallentamento causato dagli urti.

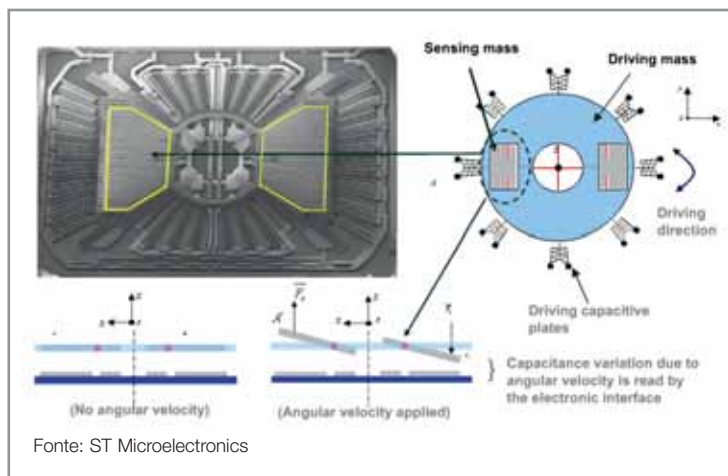
Ben altra visibilità ha un'applicazione dei sensori Mems più 'sostanziosa', dove essi sono capaci di misurare l'accelerazione su tre assi; è utilizzata nella celeberrima console per videogiochi Wii di Nintendo. Tra l'altro, nonostante l'enorme popolarità raggiunta dalla console Wii, pochi sanno che il sensore Mems che ne costituisce l'anima è stato progettato proprio a Milano, da un gruppo di sviluppatori guidato dall'italiano Benedetto Vigna di ST Microelectronics. Ancora un volta, dunque, la creatività italiana è capace di esportare e realizzare prodotti apprezzati in tutto il mondo.

Nel settore dell'elettronica di consumo questi sensori miniaturizzati possono aggiungere un'interfaccia uomo-macchina intuitiva ai telecomandi dei giochi e agli apparati portatili, come i telefoni cellulari, i lettori MP3 e i palmari, consentendo ai movimenti del polso, del braccio e della mano dell'utilizzatore di interagire con le applicazioni, navigare all'interno e fra le pagine, o far muovere i personaggi in un gioco elettronico sul PC. Gli accelerometri

Mems sono anche essenziali per i giochi di realtà virtuale, per sentire i movimenti dei giocatori.

I sensori Mems sono usati frequentemente anche nelle macchine fotografiche digitali, per compensare e stabilizzare i movimenti non voluti mentre si scattano le foto. Nel mercato emergente dei robot-giocattolo, poi, accelerometri e giroscopi misurano i movimenti del robot in modo che questi abbia consapevolezza della sua posizione nello spazio. Nel segmento informatico, i sensori Mems aiutano a proteggere l'integrità dei dati nei laptop e negli altri apparati portatili. In caso di caduta libera o altro movimento anormale, un sensore Mems dà prontamente al sistema l'ordine di fermare le operazioni di lettura e scrittura e di spostare la testa magnetica che legge l'hard disk in posizione di sicurezza.

In campo automobilistico i sensori Mems hanno molte applicazioni, oltre ai già citati sensori degli airbag, per esempio negli allarmi antifurto e nei sistemi di navigazione. In quest'ultimo caso, sono usati nei sistemi di navigazione assistita, in cui il monitoraggio del movimento e della distanza percorsa è utilizzato per mantenere letture corrette di posizionamento nel caso di assenza temporanea del segnale GPS. In ambito industriale gli accelerometri Mems sono impiegati per individuare le vibrazioni negli elettro-

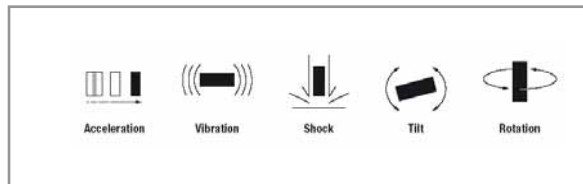


Esempio di giroscopio Mems nel quale la rotazione del sensore influenza la posizione di alcune minuscole masse, tenute costantemente in movimento tramite una sollecitazione elettrica

Idee: manutenzione preventiva

Piccole variazioni alle vibrazioni sono un indicatore dell'usura di molti organi meccanici, come cuscinetti o accoppiamenti vari, oppure sono il primo segnale di allarme di un disallineamento che può successivamente portare a rotture o guasti catastrofici. L'elevata dinamica dei moderni accelerometri Mems si presta bene a identificare lo spettro di vibrazioni emesse da motori, ventilatori e altri organi rotanti. Confrontando periodicamente lo spettro di vibrazioni del componente nuovo oppure in condizioni normali con quelle misurate durante la sua vita operativa, si può utilizzare una strategia di manutenzione preventiva ben più efficace ed economicamente conveniente rispetto a quella classica della sostituzione periodica dei pezzi. La notevole riduzione dei costi degli accelerometri ha reso tale strategia sempre più interessante in molte applicazioni industriali.

domestici, come lavatrici, lavastoviglie e altri apparati, in modo da avvisare gli utenti di carichi sbilanciati e individuare l'usura eccessiva delle parti meccaniche prima che si verifichi un malfunzionamento. I sistemi di sicurezza rappresentano un'altra importante area di applicazione: allarmi antifurto basati su accelerometri Mems possono indivi-



Cinque tipi di movimento identificabili dai sensori Mems: accelerazione, vibrazione, urto, inclinazione e rotazione



Alcune applicazioni tipiche degli accelerometri Mems

duare il movimento in ogni direzione desiderata, proteggendo auto, valigette, laptop e altro hardware mobile da una rimozione non autorizzata e individuando il movimento di porte e finestre. È infine in arrivo tutta una serie di applicazioni per il benessere e la persona, con sensori Mems posti nella suola della scarpa, che possono comunicare con un cellulare o un lettore multimediale, per accompagnare chi corre per sport a tenere traccia dello sforzo e del percorso compiuto.

I cinque movimenti tracciati dai Mems

I vari tipi di sensori Mems sono in grado di misurare tutti e cinque i principali tipi di movimento che possono essere



L'utilizzo di sensori Mems in ambito industriale consente di realizzare controlli di movimento sofisticati

interessanti nelle applicazioni industriali: accelerazione, vibrazione, urto, inclinazione e rotazione. Tali movimenti, con l'esclusione della rotazione, possono essere considerati come manifestazioni differenti di accelerazione su intervalli di tempo diversi. Umanamente non siamo abituati a correlare direttamente queste percezioni del moto, come la vibrazione o l'inclinazione, al concetto di accelerazione, ma non è difficile osservare come questi movimenti si riconducano tutti a tale concetto. Entrando nello specifico, l'accelerazione misura la variazione della velocità nell'unità di tempo. La velocità è espressa in metri al secondo (m/s) ed è in realtà una grandezza vettoriale che implica la conoscenza della velocità di spostamento e della sua direzione. Essendo l'accelerazione la misura della variazione di velocità (ossia la derivata della velocità rispetto al tempo), essa si misura in metri al secondo per secondo (m/s^2) e può

assumere anche valori negativi, nel qual caso si parla di decelerazione. Consideriamo l'accelerazione lungo diversi periodi di tempo. Le vibrazioni possono essere descritte come accelerazioni e decelerazioni, che accadono rapidamente e si ripetono periodicamente. Allo stesso modo, un urto può essere pensato come un'accelerazione violenta, che dura un brevissimo intervallo di tempo e che, a differenza di una vibrazione, accade una volta sola e non si ripete periodicamente nel tempo. Se allunghiamo la scala temporale di osservazione potremmo descrivere un oggetto

che si inclina come una variazione della sua posizione rispetto a quella naturale della gravità. Si tratta di movimenti che nelle applicazioni pratiche avvengono molto più lentamente rispetto a quelli delle vibrazioni o degli urti. Poiché tutti e quattro i movimenti descritti (accelerazione, vibrazione, urto, inclinazione) sono correlati in qualche modo al concetto di accelerazione, possono essere misurati in relazione alla 'forza-g', corrispondente a quella dovuta al campo gravitazionale terrestre e che induce sui corpi un'accelerazione pari a circa $9,8 m/s^2$. Per esempio, un accelerometro Mems può misurare l'inclinazione di un oggetto, rilevando l'effetto esercitato dalla forza di gravità sugli assi dell'accelerometro. Nel caso di un accelerometro a tre assi, tre uscite indipendenti del sensore forniscono le informazioni di movimento relative agli assi cartesiani X, Y

Idee: livellamento automatico

Gli accelerometri possono misurare economicamente l'inclinazione di un oggetto rispetto a un piano di riferimento. Tale informazione può essere usata facilmente da un sistema di controllo in un anello di retroazione, per compensare movimenti indesiderati o per mantenere orizzontali degli oggetti intrinsecamente in movimento incontrollato, per esempio perché installati su natanti o aeromobili.

e Z. I sensori di accelerazione Mems oggi più diffusi sul mercato utilizzano una struttura a condensatore variabile, nella quale la distanza tra le armature e, di conseguenza, la capacità del condensatore sono influenzate dal movimento. I circuiti elettronici di controllo trasformano poi le variazioni di capacità in un segnale analogico oppure digitale acquisibile da un microcontrollore. Gli accelerometri Mems sono disponibili in numerose varianti, sia per numero di assi, sia per gamma di accelerazione misurabile e per dinamica di variazione. Solitamente, vengono classificati 'a basso g', quelli che misurano accelerazioni inferiori a 20 g, normalmente associati a movimenti degli esseri umani, e 'ad alto g', che misurano le accelerazioni anche molto più elevate, riscontrabili su macchine operatrici o veicoli. Abbiamo finora trascurato la rilevazione del moto rotatorio, in quanto tale moto può avvenire senza che si verifichi una variazione di accelera-

zione. Ecco allora che vengono in soccorso i giroscopi, anch'essi realizzati sotto forma di sensori Mems, i quali, sfruttando il principio della forza di Coriolis, sono in grado di misurare la rotazione indipendentemente dal moto traslatorio dell'oggetto. Combinando nello stesso sensore accelerometro multiasse e giroscopio si ottiene un completo sensore di movimento, capace di misurare sia moti rotatori, sia accelerazioni lineari nello spazio tridimensionale. Tali sensori sono spesso indicati come sensori inerziali o unità di misura inerziale IMU (Inertial Measurement Unit). Ma non è finita: per capire da che parte del globo siamo orientati serve una bussola? Eccovi serviti; con un sensore di campo magnetico integrato con un accelerometro Mems si possono realizzare sistemi di navigazione e di controllo del movimento capaci di identificare lo spostamento rispetto ai poli cardinali del globo terrestre. ■



Fonte: ST Microelectronics

Sensori Mems e di campo magnetico lavorano assieme per offrire sistemi di navigazione dotati di bussola elettronica

Nel 2010

si ottimizzerà lo sviluppo dei prodotti con tecnologie e sistemi innovativi. Toccate con mano: alla HANNOVER MESSE.

Troverete tutte le informazioni importanti all'indirizzo: hannovermesse.com

