

Sono 450 le società in qualche misura coinvolte nella tecnologia MEMS (Micro ElectroMechanical Systems), tra fabless, ODM, IDM e centri di R&D, ma le prime venti, da sole, coprono poco meno dell'ottanta per cento del mercato totale e solo due superano una quota del dieci per cento: Texas Instruments, con i suoi digital micro mirror, ed Hewlett Packard, con le testine per le stampanti a getto di inchiostro.

BUONO IL 2005!

Il mercato del 2005, perché ancora a questo i dati più recenti fanno riferimento, sti-

che le testine ink-jet la fanno da padrone: con 1,7 miliardi di dollari si aggiudicano il 33% del mercato crescendo ad un ritmo dell'26% decisamente migliore del mercato. Seguono al 25% i MOEMS (Micro Optical Electro-Mechanical System) che comprendono, e ne costituiscono sicuramente la maggior parte (contando per quasi 800 milioni degli 1,3 miliardi), anche i Digital Micromirror Device (DMD).

Il settore ha guadagnato quasi il 13% nonostante, come si vedrà più avanti, i DMD di TI abbiano perso l'8,5%. I sensori di pressione perdono invece il terzo posto con un calo inatteso del 29%, legato probabil-

ti. Ultimo settore degno di nota è quello legato alla microfluidica (tipicamente MEMS dedicati alle applicazioni biomedicali come il 'lab-on-chip' di STMicroelectronics) che secondo Yole Développement crescono più del 250% per arrivare nell'intorno dei 400 milioni di dollari e rappresentare così un 8% del mercato.

OTTIMO IL 2006?

Ma guardando al 2006 gli analisti vedono ancora più rosa: il mercato totale dovrebbe mettere a segno una crescita del 18,6% per portarsi a 6,2 miliardi di dollari. In testa per coefficiente di crescita i MEMS per radio frequenza e i microfoni:

meno del 50% che li porterà a superare i 400 milioni di dollari alla fine del decennio (dai 60 milioni circa del 2005). Seguono i MEMS per RF con un +32%, i MOEMS con un quasi +19% e accelerometri, giroscopi e microfluidica tra il 15 ed il 17%. Molto più contenute, e al di sotto della media di mercato, ink-jet e sensori di pressione con +4,8 e 6,8% rispettivamente.

HIT PARADE

Sempre da Yole Développement arriva la classifica delle prime 20 società misurate per fatturato nel 2005 – vedi grafico di figura 2. Texas Instruments, Hewlett Packard, Robert Bosch, Lexmark ed STMicroelectronics presidiano in questo ordine le prime cinque posizioni, ma il sesto – Seiko Epson, è ad un soffio dai nostri vicini di Agrate. I più infelici: il primo e l'ultimo, per le prestazioni poco brillanti: -8,5% TI e pareggio, anno-su-anno, per STM.

I primi venti nomi, degli oltre 450 che compongono lo scenario MEMS mondiale, raggiungono quasi l'80%, a dimostrazione della grossa frammentazione di un settore giovane ed in grossa crescita, e solo TI ed HP superano una quota di mercato di poco superiore al 14%. Nell'intervallo tra i 100 ed i 200 milioni di dollari, ovvero tra il 2 ed il 4%, si addensano dieci fornitori con nomi noti come Freescale, Analog Device, Omron ed Honeywell. Un altro nome di casa nostra – Olivetti I-Jet con base ad Arnad in Valle d'Aosta – si colloca in quindicesima posizione con un fatturato stimato per il 2005 in circa 100 milioni di dollari.

Chi è cresciuto di più? La palma va a Knowles Acoustic, impegnata sul fronte dei microfoni MEMS, che guadagna quasi il 31% rispetto al

MEMS: di tutto, di più

mano che l'anno abbia chiuso con un fatturato globale di pochissimo superiore ai 5,2 miliardi di dollari con una crescita rispetto al 2004 del +11%. Va ricordato che, prendendo come riferimento i dati passati di Yole Développement, il 2004 aveva visto una crescita del 23% rispetto all'anno precedente.

Sempre i dati della società di analisi francese, pubblicati nel Giugno del 2006, ci dicono

mente ad una grossa pressione sui prezzi, e coprono il 17% del mercato con poco meno di 900 milioni di fatturato. Accelerometri e Giroscopi solo se messi insieme raggiungono il 15% del mercato pur crescendo, nel combinato, di un 12% che batte il mercato di quasi cinque pun-

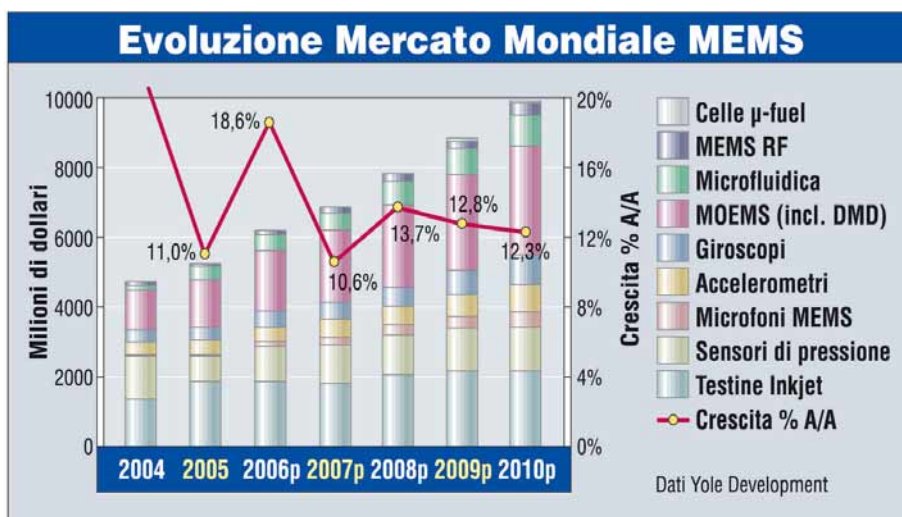
Un settore effervescente e sempre più affollato, in ampliamento i settori applicativi ma anche le aree coperte dalla tecnologia

entrambi si aggiudicano, secondo le previsioni, un +100% seguiti dai dispositivi per applicazioni ottiche con oltre il 32%. I giroscopi

lasciano gli accelerometri al palo e si prendono tutta la crescita con un balzo che si avvicina al 31%. Recuperano un poco i sensori di pressione, +16%, e, nonostante la maturità del prodotto, anche le testine per stampanti ink-jet fanno un altro passettino in avanti ma perdono quota di mercato cedendo tre dei trentatré punti dell'anno prima.

Anche le previsioni nel medio termine – sul quinquennio 2005/2010 – danno previsioni medie di crescita quasi tutte a doppio digit che portano al settore nel suo complesso un +13,6%. I microfoni MEMS sono la famiglia leader per crescita media annua con poco

Fig.1- Evoluzione del mercato mondiale MEMS



2004, Robert Bosch, impegnata sul fronte dell'auto, si avvicina al 25% e la appena menzionata Olivetti I-jet, che sta probabilmente lottando per conquistare spazio nei sensori di pressione, con una crescita che supera il 20%

GLI INERZIALI ENTRANO NEL CONSUMER

Se nel 2005 accelerometri e giroscopi hanno quasi sfiorato gli 800 milioni di dollari, le previsioni di Yole Development per il 2010 li vedono raddoppiare con una crescita media annua superiore al 16%. Correntemente l'applicazione principale – vedi grafico di figura 3 – è rappresentata dal settore automotive che nel 2004 si è aggiudicato più dell'80% del mercato lasciando meno del 10% al consumer e briciole alle applicazioni aerospaziali e al resto. Ma il settore dell'auto ha ormai raggiunto un livello di copertura elevato è la crescita non potrà superare, a detta degli esperti, un 8% annuo. Il settore consumer avrebbe invece, secondo WTC, una marcia in più e dovrebbe mettere a segno una crescita media del 30% e più. Questo porterebbe ad un cambiamento delle quote per settore applicativo in favore del mercato consumer che si prenderebbe, nel 2009, quasi un quarto del piatto per farscendere il settore dell'auto poco sopra la soglia del 60%.

Il settore delle applicazioni portatili – vedi tabella – è sicuramente uno tra quelli maggiormente promettenti con la telefonia cellulare in testa. Rotazione dell'immagine a seconda della posizione del cellulare, scorrimento del menù con la sola inclinazione, giochi più realistici, sensore di caduta per la protezione HD (nei sistemi di fascia alta) e la funzionalità di un navigatore

richiedono l'integrazione di uno o due sensori inerziali a due o tre assi. Ma a questi si aggiungono macchine fotografiche e cineprese digitali che richiedono almeno un giroscopio a 2 assi per la stabilizzazione dell'immagine ed altro ancora.

MA CON ESIGENZE DIVERSE

Ma il settore dell'auto ha necessità che non si riscontrano nel segmento consumer. Il tasso di guasto di una ECU (Electronic Control Unit), che contiene un accelerometro per l'attivazione di un airbag,

auto sono disposti a pagarli nell'ordine di alcuni dollari (5\$ per un accelerometro per una unità ESP). I produttori di cellulari possono tranquillamente accettare tassi di guasto di tre ordini di grandezza superiori (p.e. 5.000 ppm). Un guasto in un airbag è critico per la salvezza di un passeggero di un'auto, un guasto in un cellulare si traduce solo in un noioso inconveniente.

A questa considerazione si aggiunga che per l'applicazione sono indispensabili:

- un package estremamente compatto (p.e. 3,5 x 3,5 mm² e 1 mm di spessore),

- disponibilità in volumi nell'ordine di 1-1,5\$.

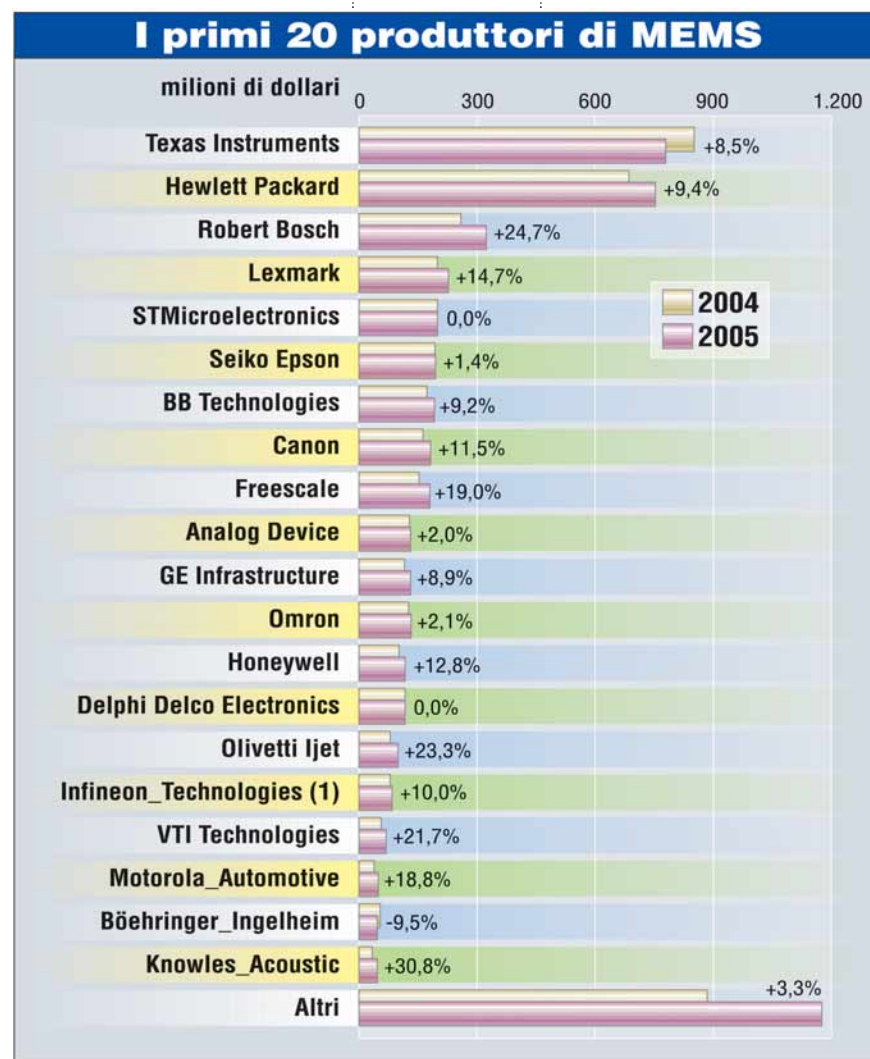
Si dovranno sacrificare affidabilità e precisione in favore di costi di produzione molto più contenuti di quelli attuali.

CHI GIOCA NEGLI INERZIALI

Ad oggi almeno 10 società operano nel settore con tecnologie leggermente diverse tra loro. Bosch, Freescale, Ki-nix, Oki Electric, STMicroelectronics e Analog Devices sfruttano la variazione capacitiva di masse oscillanti, Hitachi Metals, Matsushita, Fujitsu, e Hokuriku sfruttano l'effetto piezoresistivo mentre MEMSIC sfrutta un meno comune effetto termico.

Il premio per il dispositivo più compatto spetta ad Hitachi Metals con un dispositivo a 3 assi in un package di 3,4 x 3,7 x 0,92 = ~12 mm³. Il premio per il più parsimonioso va invece ad Analog Device il cui ADXL330 consuma meno di 1 mW. Mentre si contendono la palma del sensore tri-assiale meno costoso Analog Devices e Freescale (~2\$ in volumi) seguiti da MEMSIC che offre l'accelerometro a due assi più conveniente (~1\$ in volumi). Più propriamente definibili come 'sensori di velocità angolare', i giroscopi sono la soluzione per eccellenza nelle applicazioni automotive di controllo della stabilità e nel supporto all'elettronica per la stabilizzazione delle immagini di macchine fotografiche e camcorder digitali. Ma anche qui le esigenze sono diverse: se nell'auto sono necessarie sensibilità dell'ordine di 0,1 – 1°/s (grado per secondo) nelle applicazioni consumer è sufficiente una sensibilità di 5 – 10°/s. Se nell'auto sono accettabili dimensioni anche consistenti le apparecchiature portatili necessitano di dimensioni più compatte. Se inizial-

Fig.2- Classifica dei primi 20 produttori di MEMS. I dati riguardano gli anni 2004-2005



non deve avere un tasso di guasto superiore a 10/20 ppm (parti per milione) che si deve ridurre a poche unità per il singolo dispositivo. Dispositivi con questo grado di affidabilità sono costosi e i produttori di

- sensore e circuiti di condizionamento sul chip,
- uscita digitale,
- consumo di pochi milliwatt (p.e. 1 mA @ 3V),
- compatibile con processi a norma RoHS, e

mente sono entrati in fotocamere e cineprese di fascia estremamente alta oggi entrano in macchine dai costi più contenuti e alla portata di molte tasche. Di realizzazione più complessa e con la necessità di package più ingombranti hanno costi decisamente più elevati degli accelerometri. Le tecnologie utilizzate sono diverse e la maggior parte si basa sull'effetto Coriolis: quando un elemento vibrante viene ruotato si genera una vibrazione secondaria ortogonale alla prima e proporzionale alla velocità angolare di rotazione. Misurando la vibrazione secondaria si può rilevare la velocità angolare a cui è soggetto l'elemento vibrante. Viene spesso sfruttato l'effetto piezoelettrico sia per la generazione che per la rilevazione delle vibrazioni, da qui il nome 'piezo-gyro', ma esistono giroscopi ceramici e al quarzo. Analog Device, Kionix e Silicon Sensing System Japan utilizzano la tecnologia MEMS sfruttando l'effetto capacitivo. NEC Tokin e Murata sono con tecnologia piezoelettrica mentre Matsushita, Seiko Epson, Microcomponents (parte del gruppo Swatch), Sony e Invensense sfruttano la tecnologia al quarzo. Il dispositivo più piccolo sembra essere un gyro ad asse singolo di Seiko Epson con un volume di 21 mm³ ed una potenza assorbita di 6 mW, la più bassa del mercato. I costi si aggirano dai 7 ai 15/20 dollari a seconda del numero di assi, della sensibilità e della precisione. Costi forse troppo elevati per applicazione nei cellulari dove potrebbero entrare, nella versione a due assi, per applicazioni come navigatori GPS.

E' TEMPO DI SOSTITUIRE I QUARZI

Sicuramente gli oscillatori in tecnologia MEMS non sono nuovi. Già agli inizi degli anni

80 se ne era iniziato a parlare nei consessi tecnologici ma la limitata stabilità termica e la necessità di package ceramici e sotto vuoto ne aveva limitata la competitività.

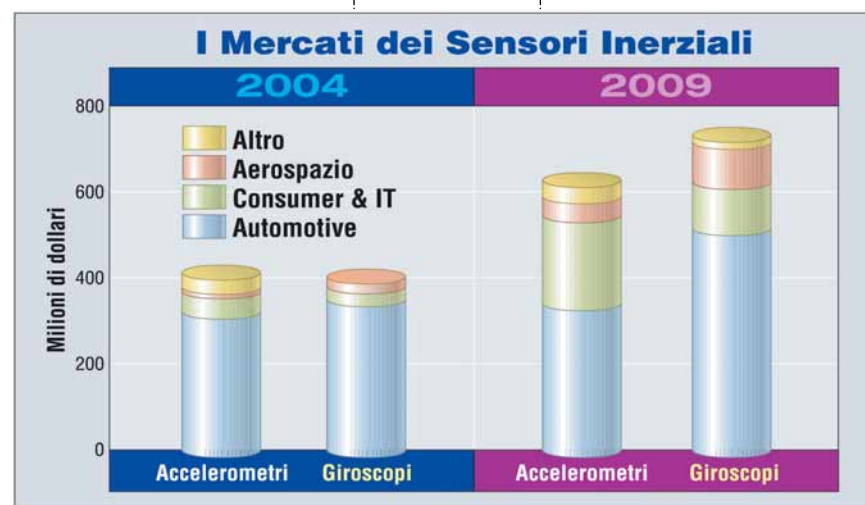
Il lavoro di ricerca di società come Discera, Silicon Clocks e SiTime hanno portato oggi alla campionatura dispositivi MEMS con caratteristiche e costi che li possono rendere competitivi. Ma i reali vantaggi che nel medio-lungo termine potranno rendere questa tecnologia vincente rispetto ai quarzi sono:

- le dimensioni estremamente compatte rispetto ai cristalli di quarzo,
- i costi di produzione ridotti grazie alla produzione per lotti tipica dei componenti al silicio,
- la possibilità di integrare diversi elementi a frequenze diverse sullo stesso chip,
- la possibilità, in un più lontano futuro, di integrarli direttamente sugli SoC (System on Chip).

I MICROFONI MEMS ROMPONO IL SILENZIO

Mentre Panasonic e pochi altri dominano il mercato dei microfoni ad elettretto (ECM – Electret Condenser Microphone) che è stimato a circa due miliardi di dollari, un pugno di società come Knowles Acoustics, Sonion ed

Fig. 3- Il seguente grafico indica la differente distribuzione dei sensori all'interno delle diverse applicazioni



Acustica hanno ottenuto nel 2005 poco più di 50 milioni di dollari. Ma le previsioni di WTC dicono che nel 2006 il fatturato passerà a 130 milioni e che la crescita dovrebbe continuare ad un ritmo medio annuo del +62% per portarsi a 680 milioni di dollari nel 2010.

Gli ECM sono decisamente poco costosi – meno di 0,5 \$ in volumi – ma i microfoni MEMS potranno offrire una serie eccezionale di vantaggi:

- montaggio superficiale e dimensioni contenute,

- funzionalità e prestazioni migliori in temperatura e in presenza di vibrazioni,
- integrabilità con il processo CMOS, p.e. amplificatori e convertitori A/D,
- immunità alla RF e alle emissioni EMI.

Ma l'adozione di questa tecnologia nei cellulari è probabilmente resa più facile per la possibilità di usare la saldatura reflow, cosa non possibile con gli ECM, con il vantaggio di poterli trattare come qualsiasi altro componente elettronico. La possibilità poi di integrare il microfono con altri processi CMOS può portare ulteriori vantaggi funzionali: preamplificatore e convertitore A/D possono essere integrati e fornire all'uscita un segnale digitale immune da rumori e capacità parassite.

IL PROSSIMO TRAGUARDO: LE MEMORIE NON VOLATILI

Nanochip e Cavendish Kinetics hanno raccolto, nell'ultimo giro tra gli investitori, rispettivamente 10 e 15 milioni di dollari e tra questi Nanochip annovera Intel.

Diverse le tecnologie: comparabile a quella dei vecchi microsoli ma su scala nanometrica quella di Nanochip, comparabile ad una matrice di nano-interruttori quella di Cavendish. In sostanza cambia, rispetto alle memorie non volatili (NVM) attuali il meccanismo di memorizzazione: anziché immagazzinare cariche elettriche la memoria viene mantenuta da uno stato meccanico. Sembrano diversi i vantaggi ottenibili:

- la tensione di programmazione è quella nativa del processo CMOS sottostante che, per esempio, può essere di 1 volt per un processo CMOS a 130nm. Tutti i processi correnti NVM richiedono da 8 a 10 volt.
- il meccanismo di programmazione è elettrostatico, vale a dire con dissipazioni trascurabili.
- operatività in range di temperature estese e fino a 200°C,
- totalmente insensibile alle radiazioni.
- può raggiungere velocità di scrittura di 100 ns contro gli 1 – 5 ms delle Flash.
- la realizzazione di queste memorie può essere eseguita al di sopra e in coda al normale processo di produzione degli integrati in tecnologia CMOS.

Ma la produzione, a detta delle due società citate, è ancora lontana uno o due anni. E' un cambiamento di filosofia che deve essere accettato e, soprattutto, deve passare ancora test di validazione e durata e dimostrarsi competitiva. ■