

I BIOMEMS DIVENTANO NELLE APPLICAZIONI

Le prospettive dei sistemi Mems crescono anche per la relativa semplicità con cui si possono realizzare strumenti, sensori e attuatori biocompatibili e adatti all'utilizzo intracutaneo

Lucio Pellizzari

I sistemi micro-elettro-meccanici hanno già un ruolo predominante nell'industria elettronica perché sono essenziali in un gran numero di prodotti e sistemi elettronici automotive, telecom e consumer ma non tutti si ricordano che sono anche fra i responsabili della più importante svolta nella scienza e nell'ingegneria dell'ultimo decennio, quando hanno fortemente influenzato i ricercatori a spingersi alle dimensioni nanometriche e creare la moderna nanotecnologia. Come è noto, fra i vantaggi fondamentali dei Mems non ci sono solo le dimensioni micrometriche, che ovviamente diventano nanometriche quando si parla di Nems, ma c'è soprattutto il costo che è molto competitivo per la possibilità di usare le stesse linee produttive già installate negli stabilimenti che producono i circuiti integrati.

Inoltre, dopo i primi anni durante i quali si realizzavano prevalentemente Mems di silicio, si è capito che si poteva facilmente integrare nei dispositivi anche parti di vetro, ceramica, leghe composite e persino

polimeri. Dopo di ciò, è stato facile cominciare a sperimentare i dispositivi e i sistemi Mems per le applicazioni medicali dato che fra i polimeri esistono molti materiali con ottime caratteristiche e prestazioni da tutti i punti di vista ossia nelle proprietà meccaniche, nella risposta elettronica e nell'interazione con le sostanze organiche: quanto di meglio si potesse desiderare per realizzare i BioMEMS. Fu così che in pochi anni sono stati sviluppati processi di fabbricazione specifici per gli elementi micromeccanici biocompatibili come l'incisione al plasma, l'abrasione galvanica, la lavorazione laser, la microfresatura, la stere-

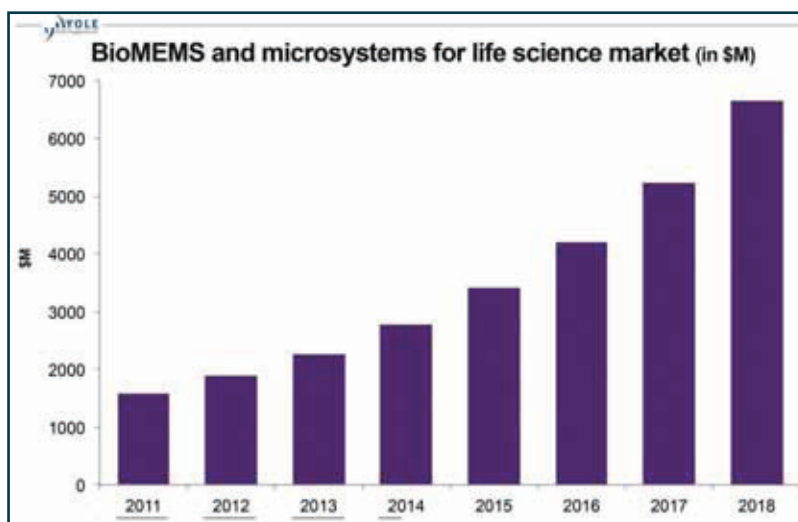


Fig. 1 – Yole Développement pronostica per i BioMems una crescita continua almeno fino al 2018

SEMPRE PIÙ STRATEGICI MEDICALI

olitografia e il disegno a getto d'inchiostro. Grazie a quest'importante quanto rapida evoluzione tecnologica i nuovi BioMEMS possono essere oggi usati come sensori, come attuatori, in entrambi i modi e anche integrati insieme ad altri dispositivi più grandi per esprimere le loro funzionalità su scala macroscopica.

L'ente di ricerche di mercato francese Yole Développement pronostica un futuro più che roseo per i BioMems ossia per i componenti Mems dedicati al settore medicale e biologico e nel BioMEMS Report del 2013 ne stima una crescita continua con una media di circa il 78% almeno fino al 2018.

BioMems per tutti gli usi

Fra i primi e tutt'oggi più diffusi BioMems ci sono i sensori per la misura della pressione sanguigna reperibili sul mercato da oltre una trentina d'anni sia come prodotti usa e getta sia in diverse varianti utili, per esempio, per la misura della pressione intraoculare, intracranica, interuterina e anche specifici per gli interventi di angioplastica. Invero, i glaucomi sono la seconda causa di cecità dopo la cataratta e per di più quando compaiono hanno un effetto irreversibile, ma fortunatamente possono essere prevenuti e curati semplicemente misurando la pressione intraoculare per evitare che salga oltre i valori di rischio. Un BioMems di 2x2 mm e pochi dollari con trasmettitore all'infrarosso in grado di emettere un segnale di allarme può facilmente risolvere il problema e il sistema sanitario statunitense sta pensando di impiantarli almeno nei soggetti a rischio.

Un'altra categoria di BioMems molto diffusa è quella dei sensori inerziali le cui applicazioni principali rimangono comunque ancora quelle nelle automobili e nei videogiochi, anche se fra esse si possono comunque comprendere i mini veicoli di vario tipo per l'ausilio motorio

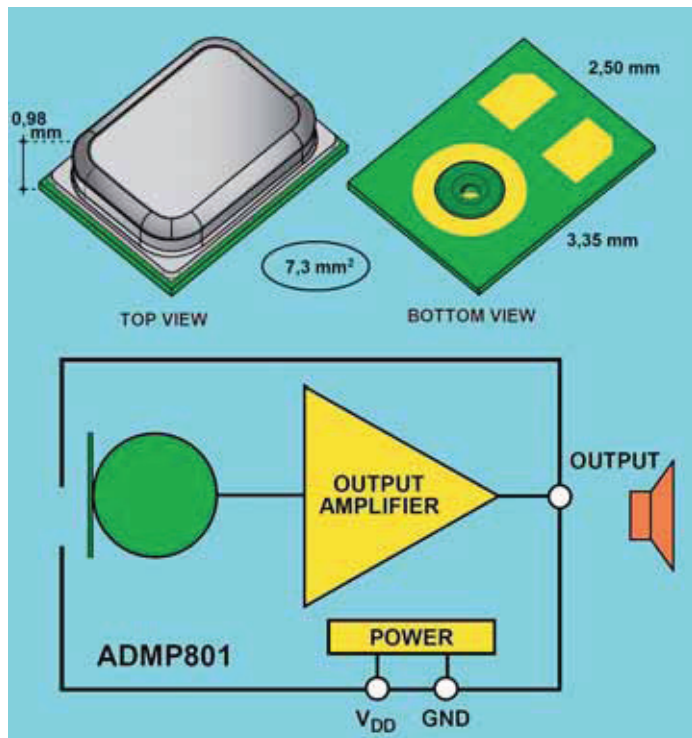


Fig. 2 – Misura appena 7,3 mm² ossia 3,35x2,5x0,98 mm il BioMems per l'Hearing Aid Analog Devices ADMP801

ai disabili. In forma micro-elettro-meccanica oggi gli accelerometri sono diventati componenti fondamentali nei defibrillatori e nei pacemaker perché misurano facilmente le alterazioni nei battiti del cuore che regolano il flusso del sangue e permettono di attivare opportune retroazioni di controllo che ristabiliscono il giusto ritmo di pulsazioni. Inoltre, si usano anche per monitorare in tempo reale i cambiamenti nel battito cardiaco durante gli interventi chirurgici e le analisi di risonanza magnetica. Fra le applicazioni dei BioMems per l'assistenza ai disabili si trovano anche i trasduttori che aiutano ad ascoltare meglio chi ha problemi di udito. Oggi esistono dispositivi di pochi millimetri quadrati contenenti microfono, amplificatore e altoparlante audio che possono essere appoggiati dentro l'orecchio usando supporti di plastica quasi invisibili e



Fig. 3 – Il sensore Mems Omron PB013103 misura le differenze di pressione fino a 6 Pa con risoluzione di 0,06 Pa ed è ideale per le applicazioni biomedicali indossabili

facilmente rimovibili. Una delle applicazioni più promettenti dei BioMems anche se piuttosto complessa e tutt'oggi non ancora perfezionata in tutti i suoi aspetti è la diagnostica basata sulla micro fluidodinamica ossia l'analisi dei piccoli volumi di fluidi sia nelle caratteristiche cinematiche e dinamiche del loro movimento sia con la cattura selettiva di alcune particelle che possono consentire di comprenderne la composizione chimica. Questi sistemi possono essere realizzati in forma micro elettro meccanica montando insieme valvole, aghi, miscelatori, serbatoi, canali, pompe, filtri, sensori e dosatori con dimensioni micrometriche ma ciò richiede un livello evidentemente molto sofisticato di abilità ingegneristica. Il loro utilizzo è peraltro fondamentale nella diagnostica perché consente di rilevare sostanze organiche e parametri clinici in modo non invasivo con un'accuratezza, un'affidabilità e una rapidità di misura non eguagliabili da alcun sistema tradizionale di diagnosi. Basti pensare che molti indicatori della presenza di virus, batteri o patologie di ogni tipo sono spesso presenti nella nostra saliva, nel sudore o nelle urine oltre che nel sangue e, pertanto, un piccolissimo strumento di questo tipo può permettere di ottenere diagnosi perfette immediatamente sul luogo dove si trova il paziente senza bisogno di ricorrere a prolungati e costosi esami di laboratorio né a ricoveri ambulatoriali. BioMems di questo tipo possono trovare impiego anche nel riconoscimento della presenza di sostanze droganti o inquinanti sia ingurgitate

dalle persone sia dentro gli alimenti in vendita oppure in fase di formazione durante il trasporto.

Fra i BioMems più diffusi ci sono i rilevatori del glucosio e i dosatori di insulina per le persone diabetiche che le statistiche danno in continuo aumento al punto che il diabete è stato ripetutamente definito come la principale malattia del 21° secolo. I bisturi micromeccanici stanno gradualmente ma prepotentemente affermandosi come strumenti chirurgici di eccezionale efficacia e minima invasività sui pazienti. Si tratta di attrezzi con dimensioni di qualche centinaio di μm che possono servire per l'asportazione di piccole quantità di tessuto, per il prelievo di piccole quantità di sostanze liquide o gassose, per la cattura dei segnali biologici elettrici o acustici all'interno del corpo, per la cattura delle particelle che scorrono nei fluidi organici e per rilevare molte altre attività che avvengono nel nostro organismo.

Grazie alle tecnologie Mems ne sono stati realizzati con le forme più disparate e con svariati materiali fra cui l'acciaio, il vetro, la ceramica e i polimeri plastici. I MIS (Minimally Invasive Surgical) sono già in fase di industrializzazione e in procinto di essere integrati nella strumentazione tipica degli ambulatori ospedalieri e delle sale chirurgiche e alcuni di essi sono già stati scelti e adottati per interventi di angioplastica, cateterizzazione, endoscopia, laparoscopia e neurochirurgia. Indubbiamente

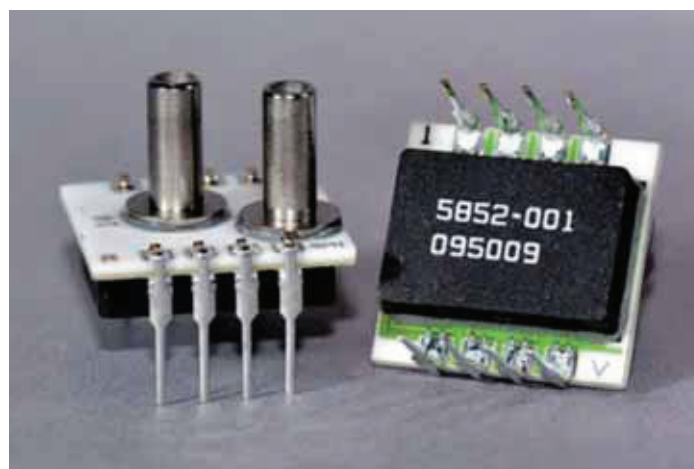


Fig. 4 – Il sensore di precisione Silicon Microstructures SM5852 dedicato alle pressioni ultra basse da 4 a 100 mbar è fornito nelle opzioni con operatività single-ended o differenziale

i BioMems stanno conquistando un ruolo sempre più predominante nel mercato delle applicazioni medicali e non solo nello sviluppo di nuove protesi con un contenuto di intelligenza e di funzionalità sempre più elevato che ne può permettere l'integrazione nell'organismo umano senza rischi, ma anche nella ricerca ad altissimo livello negli ambiti della proteomica e della genomica.

Un mercato in crescita

Nel dominio funzionale dei BioMems vi sono oggi applicazioni come le misure meccaniche e cinematiche (sensori di pressione, accelerometri, giroscopi), la microfluidodinamica (attuatori a getto di fluidi), l'acustica (microfoni), la radiofrequenza (commutatori e sintonizzatori) e l'ottica (microspecchi). I dispositivi BioMems stanno conquistandosi un ruolo fondamentale in un'ampia varietà di applicazioni nei settori dell'elettronica medicale, della nanotecnologia, dell'industria automobilistica, della domotica e nei prodotti per il fitness e il benessere.

Fra i costruttori impegnati nei BioMems si trovano Analog Devices, Freescale Semiconductors, GE Sensing, Medtronic, Omron, Sensimed e Silicon Microstructures.

Per l'amplificazione audio sull'orecchio degli ipo-udenti **Analog Devices** propone ADMP801 con dimensioni di appena 7,3 mm² (ossia 3,35x2,5x0,98 mm) e risposta in frequenza da 100 Hz a 8 kHz, realizzato in modo da poter essere facilmente montato in qualsiasi supporto per l'Hearing Aid reperibile in commercio. La tensione di lavoro ammessa va da 0,9 a 1,4 V mentre il consumo è contenuto in 17 µA con una sensibilità audio di -35 dBV.

Omron ha da poco aggiunto nuovi sensori di pressione Mems adatti alle applicazioni medicali. Il PB013103 misura appena 3,8x3,8x0,92 mm e può misurare le differenze relative di pressione fino a 6 Pa ogni 50 cm di altezza s.l.m. con una risoluzione di 0,06 Pa su 5 mm in un ampio range esteso da 30 a 110 KPa. Alimentabile a 2,5V e configurabile tramite I2C il dispositivo consuma al massimo 9 µA. Il sensore di pressione differenziale D6F-PH pesa 5,2 grammi e sfrutta una tecnica di rilevazione micro-elettro-meccanica dei flussi ter-

mici molto più precisa delle convenzionali tecniche capacitivo o piezoelettriche per misurare le pressioni da 0 a 250 Pa, da -50 a +50 Pa oppure da -500 a +500 Pa con incertezza di ±0,2 Pa e consumo di 20 mA con alimentazione da 2,3 a 3,6 Vdc.

Silicon Microstructures è specializzata nei sensori di pressione per applicazioni medicali e ha da poco realizzato il sensore SM5852 dedicato alle pressioni ultra basse e caratterizzato da un'eccezionale accuratezza e versatilità di configurazione. Il range di misura va da appena 0,05 PSID (ossia 4 mbar) fino a 1,5 PSI (o 100 mbar) in tutto il range di tolleranza termica da -40 fino a +125 °C. L'alimentazione è ammessa fino a 5V ma l'intervallo di calibrazione per le misure può arrivare fino a 4 Vdc con un consumo tipico di 7 mA. Il componente è fornito con operatività single-ended o differenziale.

STMicroelectronics ha realizzato insieme a Debiotech la JewelPump per la rilevazione del glucosio e la somministrazione automatica dell'insulina alle persone diabetiche. Il dispositivo è composto in pratica da un sensore che misura la percentuale di zuccheri nel sangue e da una micropompa a getto di inchiostro che somministra l'insulina nella quantità e nei tempi prescritti in fase di programmazione. La gestione software del sistema permette comunque di modificare facilmente tutti i parametri anche durante l'utilizzo da parte del paziente. La JewelPump pesa solo 25 grammi e contiene fino a 500 dosi di insulina che può dosare per un'intera settimana lasciando alla persona un dignitoso comfort di vita. ■



Fig. 5 – La JewelPump di STMicroelectronics e Debiotech pesa solo 25 grammi e può occuparsi di somministrare automaticamente fino a 500 dosi di insulina alla settimana