



Il computer biologico

Uno dei più grandi sogni dell'uomo è, dai tempi più remoti, quello di creare un essere a sua immagine. Con l'avvento dell'intelligenza artificiale si comincia a simulare il ragionamento umano, ma l'hardware per la realizzazione pratica di un cervello è ancora ben lungi dalle nostre possibilità tecnologiche. Alcuni fisici e chimici lavorano ad un'idea di processore biologico che potrebbe riprodurre efficacemente le capacità cerebrali utilizzando dei materiali organici. L'articolo che segue, tratto da un dossier di Claire Remy, ci fornisce degli interessanti chiarimenti sull'argomento.

Il ventesimo secolo ha portato alla scoperta dei semiconduttori ed allo sviluppo dei computer basati appunto su questo elemento. Il silicio, uno dei materiali più impiegati nella fabbricazione dei circuiti integrati, oggi comincia a cedere il passo ad altri materiali come l'arseniuro di gallio che presenta delle proprietà più interessanti, tuttavia non senza limiti.

Da un po' di tempo i ricercatori si stanno dedicando allo studio di materiali che non sono legati alla chimica minerale: si tratta dei materiali organici e biologici. Da quando la biologia utilizza produttivamente i progressi dell'informatica — citiamo solo, tra tutti, il trattamento delle informazioni genetiche, il riconoscimento delle forme, l'ecotomografia, la risonanza magnetica nucleare, ecc. — a sua volta la biologia ha cominciato ad apportare dei contributi all'informatica fornendole nuovi materiali, modelli circuitali e processi quali la conduzione dei circuiti nervosi. Già da una ventina di anni alcuni fisici americani hanno suggerito che la struttura molecolare dei sistemi biologici potrebbe funzionare come un semiconduttore. Si ha infatti modo di distinguere tre tipi di materiali fondamentali a seconda della loro conduttività e precisamente: i conduttori (metalli), i semiconduttori e gli isolanti. La maggior parte dei materiali organici può essere classificata nella terza categoria e ciò significa che la loro conduttività è inferiore a $10 \text{ (ohm} \times \text{cm)}$; ad esempio le plastiche sono particolarmente rinomate per le loro proprietà isolanti e lo stesso si può dire dei cristalli molecolari (ad esempio la naftalina) e dei polimeri. Dato che la proprietà di essere isolanti è data dalla mancanza di cariche mobili sotto l'azione di un campo elettrico, il drogaggio mediante un certo tipo di impurità rende conduttrici alcune molecole organiche. In questo modo, i metalli e i semiconduttori minerali non hanno più l'esclusività della conduzione elettrica ed anche le plastiche possono venire a concorrere in questo dominio privilegiato.

Quando degli ioni positivi o negativi droganti penetrano nella struttura dei polimeri organici, questi possono vedere la loro conduttività aumentata di un fattore dell'ordine del miliardo. Già dal 1977 un'equipe di chimici americani e giapponesi ha mostrato che il poliacetilene poteva acquisire una conduttività inferiore di solo 500 volte a quella del rame e per di più, secondo G.B. Street del centro IBM di San José (Stati Uniti), la conduttività di certi polimeri può essere regolata, modificando il drogaggio e altri fattori (quali la temperatura o il campo magnetico), dallo stato isolante a quello conduttore, passando attraverso lo stato semiconduttore, spazzando circa dodici ordini di grandezza.

Il drogaggio dei semiconduttori minerali quali il silicio, il germanio e l'arseniuro di gallio viene effettuato ad alta temperatura sostituendo a qualche atomo del cristallo delle impurità elettropositive o elettronegative. Per rendere conduttore un polimero quale il poliacetilene bisogna fornirgli una concentrazione di drogante in una percentuale che va dal 3% al 5% e per ottenere tali valori, senza che le qualità fisico-chimiche e meccaniche della molecola si degradino, bisogna procedere contemporaneamente sia al drogaggio che alla sintesi del polimero. Delle prove, effettuate nei laboratori CNRS di fotochimica solare a Thiais, hanno permesso di conferire ai polimeri una conduttività di tipo metallico.

Fin'ora le molecole organiche non offrono dei reali vantaggi rispetto ai conduttori e semiconduttori minerali in elettronica ma, se si considera la

conduttività per unità di massa, la bilancia può pendere dalla parte dei polimeri conduttori. Nel 1911 fu messo in evidenza da Kamerlingh Onnes che alcuni conduttori portati a temperature prossime allo zero assoluto ($-273,15^\circ \text{C}$) annullano la loro resistenza elettrica e divengono superconduttori. Questa proprietà si applica ad un gran numero di metalli, ma la temperatura critica per la soglia della superconduttività varia a seconda dei materiali. Essa è generalmente dell'ordine di qualche grado Kelvin (7 per il piombo, 4 per il mercurio) e per raggiungere delle temperature così basse bisogna raffreddare i materiali con dell'elio liquido e allora l'energia che bisogna spendere per raggiungere tali temperature è talmente elevata da limitare le applicazioni per usi industriali ed informatici in particolare.

Un'equipe del laboratorio di fisica dello stato solido del CNRS in collaborazione con dei chimici danesi ha scoperto che alcuni materiali organici presentano delle caratteristiche di superconduttività ottenute sperimentalmente intorno alla temperatura di 1 grado Kelvin, temperatura certo più bassa della soglia di superconduzione dei metalli, ma di contro, teoricamente, i materiali organici potrebbero avere una temperatura critica nettamente più elevata di quella dei metalli più favorevoli: tale fenomeno è intrinsecamente legato alla natura del fenomeno della superconduttività. Ricordiamo che — secondo la teoria di Bardeen, Cooper e Schrieffer (1957) — in seno ad un conduttore portato ad una temperatura inferiore a quella critica si formano delle coppie di elettroni dette "coppie di Cooper" che si spostano in modo coerente sotto l'azione di un campo elettrico: la stabilità di queste coppie è assicurata solo alle basse temperature perché, al di là da esse, le coppie verrebbero separate dall'agitazione termica. In base a questi fatti si è scoperto che la superconduttività nei materiali organici sarebbe di altra natura. Secondo W.A. Little dell'Università americana di Stanford, un superconduttore potrebbe essere fabbricato a partire da una catena di molecole. Una schiera di atomi di carbonio agirebbe come una sorta di corridoio di conduzione per le coppie di Cooper; le molecole di idrocarburi che si trovano da entrambe le parti potrebbero essere polarizzate in modo da far acquistare ad alcune di esse una carica positiva ed ad altre una carica negativa. Ora, un elettrone passante nel corridoio di atomi di carbonio respingerebbe gli elettroni esterni delle molecole degli idrocarburi creando una regione a carica positiva nelle vicinanze del corridoio. Un secondo elettrone che si trovasse a passare nel corridoio verrebbe allora attratto dalla carica positiva e subirebbe un'attrazione indiretta verso il primo elettrone. Little dimostra che in un tale modello il fenomeno della superconduttività potrebbe esistere a temperatura ambiente ed anticipa valori di temperature critiche elevati oltre alla tendenza a formare delle coppie di Cooper accresciuta circa di un fattore 300.

Benché non si abbiano ancora delle prove concrete di questo fatto, l'interesse ai conduttori organici non è affatto diminuito. I ricercatori cercano di sintetizzare dei cristalli molecolari possedenti delle proprietà conduttrici particolarmente favorevoli considerando che la temperatura critica dipende dalla anisotropia dei materiali. Dato che i conduttori organici usuali sono quasi unidimensionali (la temperatura critica è nulla in caso di unidimensionalità assoluta) una struttura formata da molecole piane a base di carbonio, zolfo o selenio può presentare delle proprietà interessanti. In particolare, in alcuni conduttori organici sintetizzati a Copenaghen, la conduzione è più elevata lungo l'asse longitudinale che su quello trasversale e lo stesso materiale diviene superconduttore a 0,9 Kelvin ed a una pressione di 10Kbar. Tuttavia l'equipe di Orsay ha messo in evidenza dei fenomeni di superconduzione a temperature di 40 Kelvin: è il fenomeno della paraconduzione. Questo fenomeno si produce nei metalli a temperatura prossima a quella critica mentre nei superconduttori unidimensionali la paraconduzione è amplificata. Questo fenomeno si spiega per mezzo della presenza di coppie di elettroni che esisterebbero solamente per un tempo molto corto tuttavia sufficiente a partecipare alla conduzione. Si possono allora sperare delle temperature di superconduttività a 20, 30 Kelvin in futuri superconduttori organici.

La superconduttività interessa soprattutto nei circuiti elettrici perché permette di evitare completamente il riscaldamento e quindi di realizzare circuiti più densi. I superconduttori organici leveranno il principale ostacolo all'industrializzazione dei circuiti ad effetto Josephson che è rappresentato dal costo proibitivo del raffreddamento ottenuto per mezzo dell'elio liquido.

Qualcosa bisogna dire anche sulla optoelettronica organica. Premettia-

mo che un'altra importante proprietà dei cristalli molecolari organici è la non linearità. La storia dell'ottica non lineare è cominciata circa venticinque anni fa quando un'equipe dell'Università del Michigan ha scoperto che illuminando un cristallo di quarzo con un laser a rubino si poteva rilevare in uscita dal cristallo, oltre al fascio trasmesso, una radiazione ultravioletta di cui la lunghezza d'onda era esattamente la metà di quella del laser: la frequenza di una piccola parte del raggio era stata duplicata durante l'attraversamento del quarzo a causa di una proprietà legata alla non linearità dell'elemento, la suscettività non lineare. Teorie quantistiche mostrano che, per essere fortemente lineari, i materiali devono possedere delle caratteristiche fisico-chimiche e strutturali che si possono ritrovare appunto in alcune molecole organiche. In pratica, i cristalli molecolari presentano delle forze interne molto intense, responsabili delle proprietà ottiche, ed altre che assicurano la coesione dell'edificio cristallino; per ottenere delle buone proprietà di non linearità si potranno avere a disposizione moltissimi materiali ottenuti solamente variando la composizione chimica.

Le ricerche sono comunque soprattutto orientate verso l'integrazione su larghissima scala. Con i semiconduttori usuali, usando tecniche sofisticatissime, siamo arrivati quasi al limite della possibile integrazione. Ora, questi limiti potrebbero essere superati di gran lunga dai materiali organici che permettono, teoricamente, dei circuiti circa mille volte più densi di quelli realizzati fin'ora. Inoltre alcune molecole sono sensibili alle variazioni esterne: un cambiamento della pressione o del campo magnetico induce una variazione della conducibilità. Si può perfino passare dallo stato isolante a quello metallico e tale passaggio è reversibile! Ciò porta alla possibilità di realizzare degli elementi bistabili (flip flop) che, in quanto tali, possono avere un posto di rilievo nei circuiti elettronici. Con gli stessi materiali è possibile realizzare anche porte logiche. Per il cablag-

gio e le connessioni dei vari elementi sarebbero utilizzati dei polimeri unidimensionali come dei fili molecolari. Per la realizzazione pratica dei circuiti possono essere impiegate o le tecniche usuali oppure altre che consistono nell'irradiare le molecole organiche con un fascio laser il quale produrrebbe delle modificazioni irreversibili della struttura interna dovute alla rottura di alcuni legami. In tal modo è abbastanza semplice creare delle zone isolanti ed altre conduttrici.

In queste condizioni, l'unità centrale e la memoria centrale di un computer del futuro potrebbero avere il volume di un centimetro cubo, montati su un circuito di refrigerazione ad elio liquido e provvisti di interfacce ottiche che metterebbero a profitto quanto già visto.

Ma non è finita qui! Un nuovo approccio consiste nell'impiegare l'ingegneria genetica e la biotecnologia per fabbricare dei computer che sfrutterebbero la tendenza naturale dei sistemi biologici ad autoorganizzarsi: il DNA comanda i processi per i quali le cellule si riproducono fino alla determinazione della composizione del tessuto vivente. Sfruttando tale proprietà si potrebbero produrre componenti per computer di una potenza inimmaginabile, in un tempo molto più breve del consueto e con minor rischio di difetti di fabbricazione. Potrebbero così essere messe a profitto le proprietà delle macromolecole biologiche di assemblarsi in ultramicrocircuiti molecolari tridimensionali, utilizzando l'informazione interna dei biopolimeri. Queste "pulci biologiche" così ottenute avrebbero una densità di componenti di circa dieci miliardi per millimetro cubo!

"È probabile — dice un ricercatore di Rockville (Maryland, Stati Uniti) — che presto potremo fare su misura le proteine, che saranno alla base dei composti organici, con le proprietà elettroniche richieste".

Da lì a connettere direttamente le "biopulci" al cervello umano e realizzare un'interfaccia uomo macchina il passo è breve...

T.P.

GRUPPO

COSMIC[®]

RIVENDITORE AUTORIZZATO APPLE COMPUTER

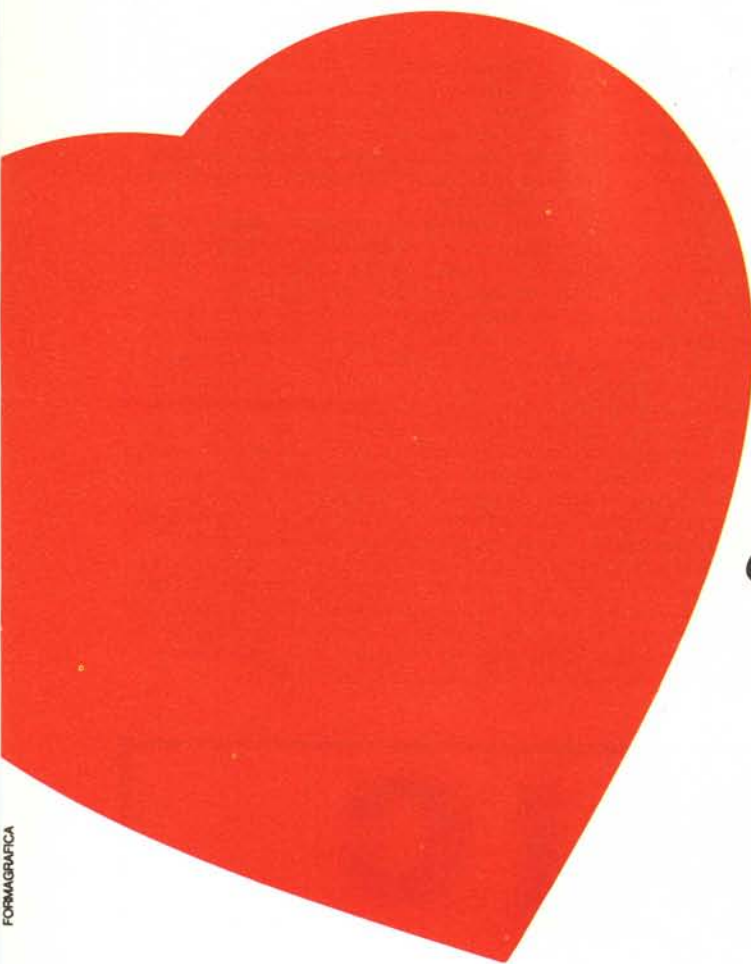
OSTIA - VIA DELLE GONDOLE, 168-170

ROMA - VIA VESPASIANO, 56/B

Tel. 569.08.66

Tel. 358.16.06

Ama il meglio!



32K ROM 80K RAM
Tastiera professionale a 90 tasti
Porte per monitor, TV, joisticks,
floppy disk,
cassette recorder, stampante, giochi.
Interfaccia stampante parallela
Centronics incorporata

SVITM
SPECTRAVIDEO

il computer del grande standard MSX

Distributore per l'Italia
COMTRAD

Divisione Computers

Tel. (0586) 424348 TLX 623481 COMTRD I

FORMAGRAFICA

