

MASSIMO GIUSSANI

'Riscoperto' il memristore

Era il lontano 1971 quando Leon O. Chua, dell'Università di Berkeley, pubblicava un articolo su Ieee Trans. Circuit Theory dal titolo 'Memristor: the missing circuit element'. Basandosi su considerazioni di simmetria formale, Chua ipotizzava l'esistenza di un quarto tipo di componente passivo elementare, il memristore. L'elemento 'mancante' andava a completare la terna di elementi passivi canonici che legano tra loro le quattro grandezze fondamentali della teoria dei circuiti elettrici: tensione, corrente, flusso magnetico e carica elettrica. Resistenza, capacità e induttanza legano infatti tra loro, nell'ordine: tensione e corrente, carica e tensione, flusso magnetico e corrente. Corrente e carica sono vincolate dalla definizione stessa di corrente elettrica, mentre tensione e flusso magnetico sono gli ingredienti della legge di Faraday. A mancare all'appello era il componente passivo elementare che legasse flusso magnetico e carica elettrica (figura 1).

UN RESISTORE DOTATO DI MEMORIA

Un memristore è dunque un dispositivo passivo la cui caratteristica, detta memristenza M , dipende da come il flusso magnetico varia con la carica:

$$M(q) = d\phi(q)/dq$$

Considerando le relazioni che legano le variazioni temporali di carica e flusso a corrente e tensione, questa relazione si può tradurre in una variante non lineare della legge di Ohm: $v(t) = M(q(t)) i(t)$. Da qui si evince che il comportamento memristivo proprio è associato

In una lettera a Nature, i ricercatori HP descrivono un semplice modello fisico e la tecnologia per realizzare il dispositivo teorizzato da Leon Chua nel 1971

a una nonlinearietà intrinseca dovuta alla dipendenza di M dalla carica (per contro, una memristenza costante è sostanzialmente una resistenza tradizionale). L'effetto memoria è dovuto al fatto che quando la corrente smette di scorrere, il valore di q (che dipende da quanta corrente è passata e per quanto tempo) cessa di cambiare rendendo costante $M(q)$. In pratica un memristore si comporta come un resistore il cui valore dipende dalla storia della tensione applicata ai suoi capi e può manifestare interessanti caratteristiche di isteresi. Volendo usare un'analogia idraulica è come se la sezione di una condotta si allargasse per effetto dell'acqua che scorre in un senso, si restringesse quando l'acqua scorre in senso opposto e rimanesse costante qualora si arrestasse il flusso.

QUALE NOVITÀ

Circuiti con le proprietà di un memristore sono stati realizzati negli anni combinando gli elementi passivi 'canonici' con amplificatori, ma per la loro complessità non hanno trovato applicazione al di fuori della didattica della teoria delle reti. In una lettera pubblicata sul numero di maggio 2008 di Nature, i ricercatori degli HP Labs di Palo Alto ritengono di aver trovato il

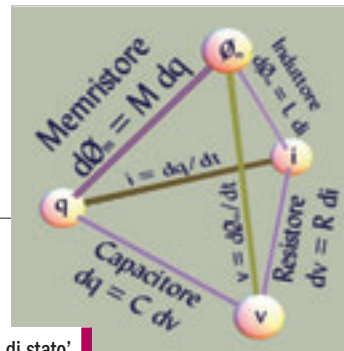


Fig. 1 - Il 'tetraedro di stato'

modo di realizzare un memristore elementare utilizzando un sottilissimo strato di biossido di titanio opportunamente drogato. Sono le dimensioni nanometriche del dispositivo, spesso solo poche decine di strati atomici, a rendere apprezzabile l'effetto memristivo e a lasciar ben sperare per la scalabilità delle future applicazioni. Nel documento viene inoltre illustrato un semplice modello fisico che spiega come l'effetto memristivo si presenti spontaneamente nei nanodispositivi caratterizzati da fenomeni di trasporto di carica a livello atomico ed elettronico dipendenti dalla tensione applicata. Il meccanismo alla base di tutto è la diffusione dei dopanti in uno strato sottile di ossido: il campo elettrico associato alla tensione applicata fa spostare in modo reversibile il confine tra una regione fortemente drogata e una regione intrinseca, alterando in maniera dinamica la resistenza del dispositivo. Dal modello emerge che la componente propriamente memristiva dipende dall'inverso del quadrato dello spessore del film di ossido. Il passaggio dalla scala

micrometrica a quella nanometrica permette pertanto di ottenere contributi memristivi un milione di volte più accentuati.

IL DISPOSITIVO FISICO E LE POTENZIALI APPLICAZIONI

Il gruppo di lavoro di HP ha identificato i fenomeni di tipo memristivo durante lo studio di sensori di ossigeno, e il dispositivo realizzato riflette la struttura di questo particolare tipo di sensori. È costituito da uno strato sottile (5 nm) di ossido di titanio posto tra due elettrodi di platino. L'ossido è suddiviso in due parti: una isolante in biossido di titanio (TiO_2), e una in ossido impoverito di ossigeno (TiO_{2-x}) che, sostanzialmente drogata con lacune, agisce da strato a bassa resistenza. Il confine tra lo strato isolante e lo strato conduttivo si sposta per via della migrazione delle lacune a effetto del campo elettrico applicato e il dispositivo mostra caratteristiche di isteresi riconducibili a quelle del modello teorico proposto. La ricerca in HP continua per perfezionare il dispositivo e la sua integrazione direttamente sui circuiti integrati in silicio. Le possibili future applicazioni comprendono memorie non volatili ad altissima densità (altre aziende, tra cui IBM e Samsung, stanno lavorando da anni a questo tipo di applicazioni dei film di ossido), calcolatori analogici integrati (la memoria di un memristore è intrinsecamente di tipo analogico) e reti neurali avanzate.

readerservice.it
Hewlett Packard n. 06

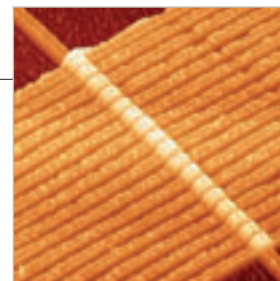


Fig. 2 - Schiera di 17 memristori in biossido di titanio ed elettrodi di platino realizzati nei laboratori HP. Lo strato di ossido è spesso solo 150 strati atomici

readerservice.it n.19060

www.contradata.com

Contradata Milano S.r.l.
support@contradata.com

**dalla più piccola scheda CPU alla Workstation...
le soluzioni più affidabili e competitive**

Tutti i formati
per applicazioni
embedded

A/D...D/A...I/O

Sistemi embedded
pronti all'uso

PC industriali
Panel PC
Workstation

Alla sicurezza non si può rinunciare