

Ricerca IBM: 3 miliardi di investimenti per i chip del futuro

Ricercatori e ingegneri esploreranno i limiti della tecnologia del silicio a 7 nanometri e si mettono al lavoro per il futuro post-silicio

Milano - 10 lug 2014: IBM ha annunciato di investire 3 miliardi di dollari nei prossimi 5 anni in due vasti programmi di ricerca e sviluppo, che si propongono di identificare la tecnologia dei chip necessaria per soddisfare i requisiti posti dal cloud computing e le applicazioni Big data.

Il primo programma di ricerca riguarda la cosiddetta tecnologia del silicio a “7 nanometri e oltre”, che affronterà i problemi dei materiali che attualmente limitano le tecniche utilizzate per ridurre le dimensioni fisiche dei semiconduttori e ostacolano la possibilità di realizzare i chip. La seconda si focalizza sullo sviluppo di tecnologie alternative per i chip dell’era post-silicio, con l’utilizzo di approcci totalmente diversi che, nell’opinione degli ricercatori IBM e di altri esperti, si rendono necessari per via delle limitazioni legate all’impiego del silicio per la fabbricazione dei semiconduttori.

Le applicazioni del cloud computing e dei Big Data pongono nuove sfide ai sistemi, così come la tecnologia dei chip sottostante si trova ad affrontare numerosi limiti fisici significativi: la larghezza di banda, la memoria, la comunicazione ad alta velocità e il consumo di energia dei dispositivi diventano sempre più critici e impegnativi.

I team comprenderanno ricercatori e ingegneri dei centri di Ricerca IBM di Albany e Yorktown (New York), Almaden (California) e Zurigo (Svizzera). In particolare, IBM coinvolgerà i suoi esperti nelle aree emergenti della ricerca già in corso in IBM, come nanoelettronica al carbonio, fotonica del silicio, nuove tecnologie di memoria e architetture che supportano cognitive computing e quantum computing.

L’impegno di questi team sarà rivolto a migliorare di un ordine di grandezza le prestazioni a livello di sistema e di calcolo e a ottenere più efficienza dal punto di vista energetico. Inoltre, IBM continuerà a investire nelle nanoscienze e nel quantum computing, due aree di ricerca fondamentali in cui IBM si conferma pioniera da oltre trent’anni.

La tecnologia a 7 nanometri e oltre

I ricercatori di IBM e altri esperti di semiconduttori prevedono che, anche se la sfida si prospetta impegnativa, i semiconduttori fanno sperare in una possibile riduzione delle dimensioni dei dispositivi dagli attuali 22 nanometri a 14 e poi 10 nanometri nei prossimi anni. Tuttavia, la miniaturizzazione a 7 nanometri e forse oltre, entro la fine del decennio, richiederà un investimento significativo e l’innovazione nelle architetture dei semiconduttori, così come l’invenzione di nuovi strumenti e tecniche per la produzione.

“La domanda non è se introdurremo la tecnologia a 7 nanometri nella produzione, ma come, quando e a quali costi?”, afferma John Kelly, senior vice President della Ricerca IBM. “Gli ingegneri e i ricercatori IBM, insieme ai nostri partner, sono pronti per questa sfida e stanno già lavorando sulla scienza dei materiali e sulla progettazione dei dispositivi richiesti per rispondere ai requisiti dei sistemi emergenti per cloud computing, Big data e sistemi cognitivi. Questo nuovo investimento assicurerà la possibilità di produrre le innovazioni necessarie per affrontare queste sfide”.

“La miniaturizzazione a 7 nm è oltre sta diventando una sfida difficile, che richiede una profonda competenza nella fisica e nei nanomateriali. IBM è una delle poche aziende al mondo in grado di realizzare questo livello di ricerche e di ingegneria”, commenta Richard Doherty, director of technology, Envisioneering Group.

Il ponte verso l'era “post-silicio”

I transistor in silicio, minuscoli switch che trasportano le informazioni su un chip, sono stati rimpiccioliti anno dopo anno, ma si stanno avvicinando al limite fisico. Le dimensioni sempre più piccole, che ora raggiungono la nanoscala, impediranno aumento delle prestazioni, data la natura del silicio e le leggi della fisica. Entro qualche altra generazione, le classiche riduzioni dimensionali non produrranno più i sostanziali vantaggi in termini di minore consumo, minore costo e processori a più elevata velocità a cui il settore è ormai abituato.

Poiché oggi praticamente tutte le apparecchiature elettroniche sono costruite sulla tecnologia CMOS (metallo-ossido semiconduttore complementare), esiste un urgente bisogno di nuovi materiali e configurazioni di architettura dei circuiti compatibili con questi nuovi processi, nel momento la tecnologia attuale si avvicina ai limiti fisici di scalabilità del transistor al silicio.

Oltre i 7 nanometri, le sfide aumentano notevolmente, richiedendo un nuovo tipo di materiale per costruire i sistemi del futuro e nuove piattaforme di calcolo per risolvere problemi oggi di difficile o impossibile soluzione. Le potenziali alternative comprendono nuovi materiali, quali nanotubi di carbonio, e approcci computazionali quali neuromorphic computing e quantum computing.

IBM, leader negli schemi avanzati che puntano oltre i tradizionali computer basati su silicio, detiene oltre 2.500 brevetti e domande di brevetto per tecnologie destinate a generare progressi nel silicio a 7 nm e oltre, più di due volte rispetto al concorrente più prossimo.

Diversi risultati rivoluzionari delle attività di ricerca potrebbero condurre a importanti progressi nella realizzazione di chip per computer notevolmente più piccoli, veloci e potenti, tra cui quantum computing, calcolo neurosinaptico, fotonica del silicio, nanotubi di carbonio, arseniuro di gallio, transistor a bassa potenza e grafene.

Quantum Computing

L'informazione più elementare che un computer normale comprende è un bit. Così come una luce che può essere accesa o spenta, un bit può avere solo uno dei due valori seguenti: "1" o "0". Per un bit quantistico, o "qubit" in breve, ci può essere un valore di "1", uno "0" così come entrambi i valori allo stesso tempo. Denominata sovrapposizione, è ciò che consente ai computer quantistici di eseguire milioni di calcoli contemporaneamente.

Le proprietà speciali dei qubit consentono ai computer quantistici di vagliare milioni di soluzioni contemporaneamente, mentre i PC desktop dovrebbero considerarle una alla volta.

IBM è leader mondiale nella scienza del quantum computing basato su qubit superconduttori ed è pioniera nel

campo dell'informatica quantistica sperimentale e teorica, campi che rientrano sempre nella categoria della scienza fondamentale, ma che, nel lungo periodo, potrebbero consentire di risolvere problemi oggi impossibili o difficili da risolvere con le macchine convenzionali. Il team ha dimostrato di recente la prima realizzazione sperimentale di controllo di parità con tre qubit superconduttori, un elemento essenziale per un tipo di computer quantistico.

Neurosynaptic Computing

Unendo nanoscienza, neuroscienza e supercomputing IBM e i partner universitari hanno sviluppato un ecosistema end-to-end che comprende una nuova architettura non di von Neumann, un nuovo linguaggio di programmazione oltre ad applicazioni. Questa nuova tecnologia permette di realizzare sistemi informatici che emulano l'efficienza di calcolo, le dimensioni e l'utilizzo di energia del cervello. L'obiettivo a lungo termine di IBM è costruire un sistema neurosinaptico, con dieci miliardi di neuroni e centinaia di trilioni di sinapsi, consumando appena un chilowatt di potenza e occupando meno di due litri di volume.

Fotonica del silicio

Da oltre 12 anni IBM è pioniera nel campo della fotonica integrata su dispositivi CMOS, una tecnologia che integra funzioni per le comunicazioni ottiche su un chip di silicio e il team di IBM ha di recente progettato e fabbricato il primo ricetrasmittitore monolitico basato sulla fotonica del silicio con WDM (Wavelength Division Multiplexing). Tali ricetrasmittitori utilizzeranno la luce per trasmettere i dati tra i diversi componenti di un sistema di calcolo, a velocità elevata, basso costo e in maniera efficiente dal punto di vista energetico.

La nanofotonica del silicio sfrutta gli impulsi luminosi per la comunicazione, al posto dei tradizionali conduttori in rame, e fornisce una super-autostrada su cui grandi volumi di dati possono spostarsi, a velocità elevate, tra i chip dei computer nei server, nei grandi data center e nei supercomputer, attenuando così le limitazioni poste dalla congestione del traffico di dati e dai costi elevati delle interconnessioni tradizionali.

La tecnologia della nanofotonica del silicio fornisce una risposta alle sfide poste dai Big Data, collegando senza soluzione di continuità varie parti dei grandi sistemi, sia che si trovino a pochi centimetri o a chilometri di distanza, e spostando terabyte di dati mediante impulsi luminosi attraverso le fibre ottiche.

Tecnologie III-V

I ricercatori di IBM hanno dimostrato la transconduttanza più elevata del mondo su di un dispositivo MOSFET con canali realizzati con materiali III-V, compatibile con le tecniche di scaling CMOS attuali. Questi materiali e questa innovazione strutturale sono destinati a spianare la strada verso una tecnologia miniaturizzata a 7 nm e oltre. Con una mobilità degli elettroni di oltre un ordine di grandezza più elevata rispetto al silicio, l'integrazione di materiali III-V in CMOS consente prestazioni superiori a una densità di potenza inferiore, permettendo così un'estensione alla scalabilità di potenza/prestazioni per soddisfare le esigenze del cloud computing e dei sistemi di Big data.

Nanotubi di carbonio

I ricercatori IBM stanno lavorando nell'area dell'elettronica dei nanotubi di carbonio (CNT), esplorando la possibilità di questi ultimi di rimpiazzare il silicio oltre il nodo dei 7 nm. Nell'ambito delle attività di sviluppo dei circuiti CMOS VLSI basati su nanotubi di carbonio, IBM ha dimostrato di recente – per la prima volta al mondo – gate NAND CMOS a due vie, che utilizzano transistor in nanotubi di carbonio con lunghezza di gate di 50 nm.

IBM è riuscita inoltre a realizzare nanotubi di carbonio purificati al 99,99%, la purezza massima (verificata) dimostrata fino ad oggi, e transistor a una lunghezza di canale di 10 nm che non mostrano degradazione dovuta alla miniaturizzazione, una proprietà finora ineguagliata da qualsiasi altro sistema di materiale.

I nanotubi di carbonio sono fogli monoatomici di carbonio arrotolati in un tubo. Il nanotubo di carbonio costituisce il nucleo di un dispositivo a transistor che funziona in modo simile all'attuale transistor al silicio, ma con prestazioni migliori. Potrebbero essere utilizzati per sostituire i transistor nei chip che costituiscono i nostri server di elaborazione dei dati, i computer ad alte prestazioni e gli smart phone ultra-veloci.

I transistor in nanotubi di carbonio possono funzionare come eccellenti switch a dimensioni molecolari inferiori a dieci nanometri, ossia 10.000 volte più sottili di un capello umano e meno della metà delle dimensioni delle migliori tecnologie utilizzabili con il silicio. Una modellazione completa dei circuiti elettronici suggerisce la possibilità di un miglioramento prestazionale di circa cinque-dieci volte, rispetto ai circuiti in silicio.

Grafene

Il grafene è carbonio puro sotto forma di foglio dello spessore di un solo atomo. È un eccellente conduttore di calore ed elettricità ed è anche straordinariamente forte e flessibile. Nel grafene, gli elettroni possono muoversi a una velocità di circa dieci volte superiore rispetto ai materiali dei semiconduttori comunemente utilizzati, come silicio e silicio-germanio. Le sue caratteristiche offrono la possibilità di costruire transistor di commutazione più veloci rispetto ai semiconduttori convenzionali, in particolare per applicazioni nel campo delle comunicazioni wireless portatili, dove sarà uno switch più efficiente rispetto a quelli usati attualmente.

Di recente, nel 2013, IBM ha dimostrato il primo “front-end” di ricevitore a circuiti integrati basati sul grafene per le comunicazioni wireless. Il circuito consisteva di un amplificatore a 2 stadi e di un digital down converter, che lavorano a 4,3 GHz.

Transistor a bassa potenza della prossima generazione

Oltre ai nuovi materiali, come i nanotubi di carbonio, si richiedono anche nuove architetture e concezioni innovative dei dispositivi per potenziare le prestazioni dei sistemi del futuro. La dissipazione di potenza è una sfida fondamentale per i circuiti nanoelettronici. Una potenziale alternativa agli attuali transistor a effetto di campo di silicio, ad alto consumo di energia, sono i cosiddetti dispositivi ad alta pendenza (*steep slope*), che potrebbero funzionare a una tensione molto più bassa e dissipare così una quantità di potenza significativamente minore.

Per ridurre il consumo energetico in elettronica, i ricercatori IBM stanno conducendo ricerche sui transistor a

effetto di campo tunnel (*Tunnel Field Effect Transistor*, TFET). In questo particolare tipo di transistor, l'effetto di meccanica quantistica del tunnelling tra bande (*band-to-band tunneling*) è utilizzato per guidare il flusso di corrente attraverso il transistor. I TFET potrebbero realizzare una riduzione di potenza di 100 volte rispetto ai transistor CMOS, perciò l'integrazione dei TFET con la tecnologia MOS potrebbe migliorare i circuiti integrati a bassa potenza.

I nanofili disemiconduttore con materiali III-V, nanostrutture cilindriche che misurano solo alcuni milionesimi di centimetro di diametro, sono materiali ideali per la costruzione di TFET. Di recente IBM ha sviluppato un nuovo metodo per integrare nanofili III-V ed eterostrutture direttamente su substrati di silicio standard e ha costruito i primi diodi a effetto tunnel e TFET in InAs/Si, utilizzando l'InAs come sorgente e il Si come canale con gate *wrap-around* come dispositivo ad alta pendenza per applicazioni a basso consumo di potenza.

I contributi storici apportati da IBM all'innovazione nel silicio e nei semiconduttori comprendono l'invenzione e/o la prima implementazione di: DRAM a cella singola, le "leggi di scala di Dennard" alla base della "legge di Moore", fotoresist chimicamente amplificati, conduttori di interconnessione in rame, Silicon on Insulator, strained engineering, microprocessori multi-core, litografia a immersione, silicio-germanio (Si-Ge) ad alta velocità, dielettrici di gate high-k, DRAM embedded, stacking di chip 3D e air gap insulator.

Ai ricercatori IBM va riconosciuto inoltre il merito di avere avviato l'era dei nano-dispositivi, dopo l'invenzione insignita del premio Nobel del microscopio a effetto tunnel, che ha permesso l'invenzione e l'innovazione su nanoscala e su scala atomica.

IBM continuerà a finanziare e a collaborare con i ricercatori universitari per esplorare e sviluppare le tecnologie future per l'industria dei semiconduttori. In particolare, IBM continuerà a sostenere e a finanziare la ricerca universitaria attraverso partnership pubblico-privato, tra cui NanoElectronics Research Initiative (NRI), Semiconductor Advanced Research Network (STARnet) e Global Research Consortium (GRC) della Semiconductor Research Corporation.
