

Roberto Maggiani

I computer quantistici

Quante volte abbiamo pensato nascostamente, se non esplicitamente: “Io e quella scatola non andiamo d’accordo!?”; riferendosi ad un Personal Computer, in arte PC, sulla scrivania di casa o dell’ufficio? In questi anni, infatti, abbiamo assistito al suo lento ma progressivo e inesorabile affermarsi, nella vita quotidiana di ogni casa o ufficio. Alcuni si accontentano di vedere i propri figli o nipoti svolazzare dentro quel video con una dimestichezza sconvolgente, mentre altri si accingono ad affrontare il problema di petto iscrivendosi a corsi di formazione informatica per mettersi al passo con i tempi. Il Personal Computer, se gestito con criterio, permette di snellire i carichi di lavoro o anche di sviluppare al meglio alcuni hobby, sto pensando agli amanti della fotografia e agli amanti della grafica come esempio per tutti.

Certo è che di strada ne è stata fatta dal 1822 quando Charles Babbage (1792-1871) realizzò una macchina, la "Difference Engine", in grado di meccanizzare il calcolo senza richiedere altro intervento umano oltre all'introduzione dei dati iniziali. Era la prima volta che veniva tradotto in pratica il concetto di elaborazione dei dati, a una velocità che non dipendeva dall'operatore, ma dalla stessa macchina, formata da leve ed ingranaggi; all'epoca una vera rivoluzione.

I moderni calcolatori come i nostri Personal Computer hanno potenzialità di calcolo e capacità di elaborazione dei dati elevatissime, quasi inconfondibili con quella prima macchina di Babbage e le successive che nei primi decenni del 1900 si svilupparono.

Negli anni Trenta vennero creati i primi calcolatori elettromeccanici che utilizzavano chilometri di fili elettrici e migliaia di relè (dispositivi elettromeccanici come quelli che nelle scale dei condomini spengono la luce dopo un certo tempo dall'accensione). Il più famoso calcolatore dell'epoca era denominato Mark 1, pesava 5 tonnellate e costava 400.000 dollari.

Nel 1946 invece entrava in funzione il primo calcolatore digitale completamente a valvole, l'ENIAC. Esso dava inizio all'era elettronica, pesava 13 tonnellate ed occupava 180 metri quadrati ed era molto più veloce rispetto ad un calcolatore elettromeccanico della precedente generazione; restò in funzione fino al 1955.

Via via negli anni successivi i progressi del pensiero logico-matematico da una parte e della tecnologia elettronica dall'altra, permisero di creare calcolatori sempre più veloci, meno ingombranti, più versatili e meno costosi.

I calcolatori attuali sono il risultato di uno sviluppo tecnologico veramente formidabile avvenuto negli ultimi 20 anni.

Ma cosa ci riserva il futuro?

I nostri computer attuali sono, probabilmente, come i primi calcolatori a valvole, in quanto a potenza di calcolo, se confrontati con ciò che ha da venire, come risultato dello sviluppo tecnologico e teorico in atto. Infatti sono allo studio i cosiddetti *computer quantistici*. Essi sono una nuova generazione di calcolatori che gli scienziati stanno cercando di mettere a punto. Il nome deriva dal fatto che il loro funzionamento sarà basato sui moderni principi della fisica quantistica.

Certo è che non sarà il tipo di computer che verrà utilizzato semplicemente per navigare in internet o per inviare la posta elettronica o eseguire altre semplici operazioni che possono essere svolte tranquillamente da un computer classico, come è il nostro Personal Computer di casa, almeno nelle sue prime versioni. Sarà invece un tipo di computer che avrà prestazioni, velocità di calcolo e capacità tali da risolvere complessi problemi logici e scientifici che i normali calcolatori non sono in grado di gestire.

Tutti abbiamo più o meno idea come sia fatto un computer, se non altro esternamente, ma potendone osservare uno quantistico che cosa si vedrebbe? Certamente qualcosa di molto diverso da un tradizionale calcolatore. Anche se probabilmente si riconoscerebbero una tastiera e un video, internamente troveremmo una tecnologia completamente diversa; non ci sarebbero più i famosi microchip, frutto di una tecnologia elettronica per la maggior parte fondata sulla fisica classica e in cui circolano micro correnti elettriche, ma troveremo generatori di onde elettromagnetiche o di impulsi laser e complessi dispositivi di raffreddamento che gestiscono i suoi circuiti, se di circuiti si può parlare, infatti essi sarebbero composti da aggregati di atomi o molecole sospese nel vuoto o immerse in sostanze liquide, sottoposte a campi magnetici o a radiofrequenze. In realtà ancora non si sa bene quale sia la struttura più adatta per

realizzare tale tipo di computer, esso è ancora in fase di sperimentazione e non pochi sono i problemi tecnologici da superare.

Il computer quantistico non è quindi una semplice evoluzione di quello classico, ma una macchina del tutto diversa. Infatti per capirne qualcosa dobbiamo scomodare, come si è detto, la *fisica quantistica*, cioè quell'insieme di leggi un po' anomalo, almeno per il nostro pensare quotidiano, alle quali obbedisce il mondo delle particelle atomiche e subatomiche¹.

Il Computer quantistico si baserà inoltre su una nuova logica. Ad esempio, l'unità di misura della memoria del computer classico è il *bit* (binary digit) che può assumere due valori (**0** oppure **1**); fisicamente questo può essere realizzato utilizzando elementi che si magnetizzano (valore 1) o smagnetizzano (valore 0), è questo il modo come vengono memorizzati i dati sul disco rigido (hard disk) del computer di casa nostra. La novità del computer quantistico è che non si parlerà più di bit ma di *qubit*, termine coniato nel recente 1995 e che significa *quantum bit*; la differenza con il bit classico è che il qubit può

¹ Esponiamo qui in sintesi tre dei principi della fisica quantistica su cui si fonda tale tipo di computer.

Il principio di sovrapposizione. Se un'entità può assumere due stati possibili allora essa potrà anche trovarsi in tutti gli stati che sono una sovrapposizione dei due.

Interferenza. Data un'entità fisica qualsiasi essa assume un particolare valore, fra tutti quelli possibili, solo quando viene osservata, poiché la nostra osservazione interferisce con il sistema stesso che osserviamo.

Principio dell'entanglement ossia della *correlazione quantistica*. Se in seguito a un certo fenomeno fisico nascono due particelle correlate tra loro che poi vengono separate, andando a misurare una caratteristica di una delle due particelle, immediatamente si determina l'analoga caratteristica dell'altra, dovunque essa si trovi nell'universo. E' un po' come mettere due palline, una bianca e una nera in una scatola chiusa; si prelevi poi una delle due palline senza guardarla e si porti lontano dall'altra, osservando una delle due palline immediatamente si verrà a conoscere anche il colore dell'altra. In realtà la cosa è molto più sottile ed è come se finché non guardo una delle due palline entrambe sono sia bianche che nere ed è guardandone una che la faccio "cadere" in un colore ben determinato (con l'operazione di guardarla – principio di interferenza), o bianco o nero, e di conseguenza l'altra "cadrà" nel colore opposto.

Questi principi, sui quali si basa la fisica quantistica e sui quali si stanno sperimentando i nuovi computer, non sono certo di immediata intuizione e si rimanda a testi più particolareggiati per un loro approfondimento.

assumere un qualsivoglia valore tra 0 e 1, con un conseguente aumento della capacità di memoria e quindi di elaborazione dei dati.

Ma qual è la vera innovazione sconvolgente che introdurrebbe questo nuovo tipo di calcolatore? La comprensione di ciò non è immediata ed è relegata al di fuori del normale utilizzo domestico, a cui siamo abituati, del calcolatore. Per comprendere a fondo la sua novità dobbiamo entrare nel mondo della ricerca scientifica, là dove si ha a che fare, ad esempio, con la simulazione della realtà, della previsione, della sicurezza delle informazioni, ecc.

Infatti nei tempi moderni la simulazione della realtà per mezzo del computer, dopo l'ipotesi teorica e l'esperimento, è diventato il terzo pilastro della conoscenza scientifica². E' noto che un computer classico è in grado di simulare la realtà (se opportunamente programmato dall'uomo) ma con un certo grado di approssimazione. La modellazione aerodinamica, la progettazione di nuovi materiali, le previsioni meteorologiche, il movimento dei corpi sottoposti a forze, sono un esempio di esperimenti virtuali utili per comprendere i meccanismi della natura e permettere una più sicura realizzazione di aerei, di costruzioni edili, della messa in orbita di satelliti o di missioni interplanetarie. E' in questi ambiti che il computer quantistico sarebbe in grado di rendere un servizio inimmaginabile.

² Nel 1981, al Massachusetts Institute of Technology (MIT), si tenne un convegno che sarebbe stato il primo sul rapporto che esiste tra fisica e computazione. Richard Feynman, uno dei più grandi fisici del nostro secolo, non vedeva nulla di particolarmente eclatante nelle simulazioni approssimate della realtà fatte fino ad allora da un computer classico, era invece interessato alla possibilità di ottenere una simulazione esatta attraverso un computer che potesse fare le stesse cose della natura. Come detto le leggi che governano il mondo dell'infinitamente piccolo, che è poi il mondo che ci "sorregge", è governato dalle leggi della fisica quantistica, Feynman si domandava: -"Ma un computer tradizionale fino a che punto può emulare il mondo quantistico?...non sono contento con le analisi fin qui fatte con la teoria classica perché la natura non è classica e se si vuole simulare la natura è meglio farlo quanto-meccanicamente, il che non sarà così facile"- . E in effetti non lo è!

Come detto non è possibile al momento attuale formulare previsioni sull'effettiva capacità tecnica di costruire un tale tipo di computer. Ma anche se arrivare alla sua realizzazione richiedesse un grande sforzo, esso si rivelerebbe un formidabile strumento di calcolo, ma soprattutto esso consentirebbe di entrare in un mondo che è quello quantistico, che oggi appare ancora quasi incomprensibile, permettendoci di effettuare un balzo in avanti nella nostra concezione delle stesse leggi del mondo subatomico e dei misteri che ancora circondano vari ambiti della scienza. Sarebbe per l'umanità una svolta tecnologica epocale.