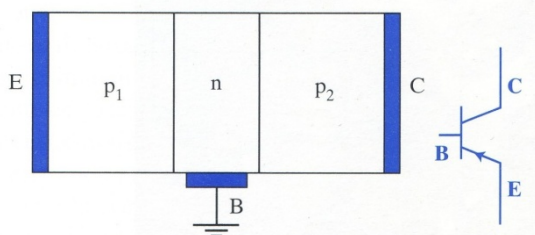


COMPONENTI E FUNZIONAMENTO DI UN TRANSISTOR



Ponendo due giunzioni a breve distanza si può realizzare un dispositivo (transistor) che emula in qualche modo il comportamento del triodo a vuoto, e che costituisce la base di circuiti amplificatori, oscillanti e di altro tipo. Il transistor può essere realizzato sia utilizzando giunzioni p-n che giunzioni metallo-semiconduttore; ne esistono attualmente diverse varietà. Il più comune è il transistor (detto bipolare) che utilizza due giunzioni p-n.

Consideriamo una struttura in cui una sottile regione n è inserita fra due regioni p (figura). Chiamiamo base del transistor la regione intermedia n e emettitore e collettore le due regioni esterne p. La concentrazione di lacune nell'emettitore è maggiore della concentrazione di elettroni nella base. Se applichiamo una piccola differenza di potenziale (polarizzazione diretta) fra emettitore e base e una differenza di potenziale di maggiore ampiezza (polarizzazione inversa) fra base e collettore, abbiamo un flusso di elettroni dalla base all'emettitore e un maggiore flusso di lacune dall'emettitore alla base, mentre non c'è passaggio di elettroni dalla base al collettore, né viceversa di lacune dal collettore alla base. Tuttavia, se la base è sufficientemente sottile (qualche micrometro), le lacune che vi penetrano dall'emettitore possono giungere alla seconda giunzione prima di ricombinarsi: qui evidentemente passano facilmente al collettore. Quindi una piccola differenza di potenziale fra emettitore e base può controllare una consistente corrente fra emettitore e collettore, proprio come nel triodo a vuoto una piccola differenza di potenziale fra griglia e catodo controlla una corrente fra catodo e anodo. Il transistor appena descritto si chiama, per evidenti ragioni, p-n-p. Esiste anche il transistor n-p-n in cui la base è di tipo p ed emettitore e collettore sono di tipo n, e che funziona esattamente allo stesso modo scambiando i versi delle tensioni e delle correnti.

I TRANSISTOR: DAI CIRCUITI INTEGRATI ALL'UTILIZZO NEI MICROPROCESSORI

Il transistor rispetto al triodo a vuoto è molto più piccolo, meno costoso, assorbe meno energia dato che non c'è alcun filamento da scaldare, è più sicuro perché funziona con tensioni più basse. Per queste ragioni il transistor, inventato nel 1947, ha rapidamente soppiantato i tubi a vuoto in quasi tutte le applicazioni. Il transistor, quindi, è il più importante componente elettronico attivo, cioè è in grado di amplificare un segnale traendo l'energia da una sorgente esterna (il generatore di tensione che lo alimenta). Esso è alla base di circuiti amplificatori, oscillanti e discriminatori. Combinando opportunamente questi circuiti fra loro è possibile realizzare un'infinità di apparecchi in grado di elaborare il segnale in ingresso nei modi più svariati. I progressi qualitativi dell'elettronica degli ultimi decenni sono da ricondurre principalmente ad un aumento della complessità dei circuiti, in cui vi sono molti singoli elementi che risolvono problemi specifici. La realizzazione di un circuito in cui siano montati in bell'ordine centinaia di transistor e i relativi componenti passivi di collegamento comportano un certo volume, un certo costo, dei problemi di integrazione elettromagnetica fra circuiti vicini. A questi problemi si è cercato di dare una risposta realizzando lastre di silicio sulle quali siano "scritti" molti transistor e diodi già collegati fra loro per realizzare un circuito elementare. Perciò il costo, in termini di materiale semiconduttore, di contenitori, di collegamenti e di manodopera viene ad essere fortemente ridotto. All'inizio degli

anni Sessanta è iniziata la realizzazione di circuiti integrati, cioè completamente depositati su un unico piccolissimo chip di silicio. Di particolare interesse sono i circuiti integrati che svolgono le operazioni matematiche nei computer ovvero i microprocessori.

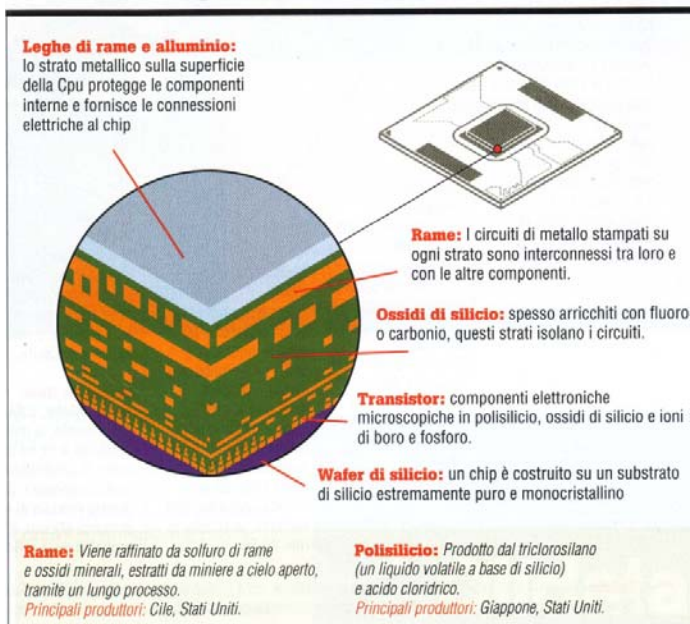
SVILUPPI RECENTI

Sul finire degli anni Sessanta lo studio e la progettazione di giunzioni a semiconduttore ricevettero un forte impulso dalla nuova tecnologia dei circuiti integrati, che ha reso possibile la realizzazione di componenti elettronici complessi, costituiti da aree drogate e giunzioni p-n di proporzioni piccolissime, impiantati su un'unica lastrina di silicio. Fu quindi possibile la produzione di dispositivi di dimensioni equivalenti a quelle di un unico transistor, funzionanti quanto un sistema complesso di 15 o 20 di tali elementi. Oggi un microprocessore può raggruppare funzioni che un tempo avrebbero richiesto parecchie schede a circuito stampato; le prestazioni, che fino a pochi anni fa sarebbero state esclusive dell'unità centrale di elaborazione di un grande computer, sono oggi possibili a piccoli portatili a batteria.

MICROPROCESSORI

LA NASCITA DI UN MICROCHIP

Dentro un microprocessore



Tutti i microprocessori vedono la luce a partire da un mucchietto di schegge di quarzo e da una sorgente di carbonio, di solito carbonella o carbone. Il quarzo, composto in gran parte da silicio, è uno dei minerali più abbondanti e diffusi in tutto il mondo. La carbonella è altrettanto diffusa: per produrla bastano della legna e un forno adeguato. Questo fa sì che il silicio possa essere prodotto ovunque. Quindi poniamo il caso che la nostra CPU cominci la propria vita in una fabbrica brasiliana, nella forma di parti di quarzo e carbone. Dopo esser stati riscaldati in una fornace elettrica fino a 2000 gradi centigradi, silice e carbone cominciano la fusione fino a formare silicio fuso e diossido di carbonio. Le impurità vengono scremate dall'orlo del silicio fuso, che viene ulteriormente purificato pompandovi attraverso ossigeno e altri gas, dopodiché il silicio viene solidificato in stampi e messo

sul mercato. A questo punto, il silicio di fabbricazione industriale è puro al 95-99 %. Ma ha bisogno di un'ulteriore purificazione per poter essere usato nelle industrie di elettronica. Dunque il metallo viene spedito in una raffineria dove lo si combina con acido cloridrico per formare il triclorosilano, un liquido volatile che deve essere ripetutamente distillato e purificato. Successivamente il triclorosilano viene convertito in polisilicio (una forma di silicio pura al 99,9999%) e acido cloridrico. Il blocco di polisilicio viaggia successivamente verso un impianto di fabbricazione di wafer di silicio. I wafer sono le fondamenta della costruzione di qualsiasi microchip. Si tratta di un sottile disco circolare di silicio purissimo, di diametro variabile tra i 150, i 200 e i 300 mm e uno spessore tra 0,5 e 0,75 mm. Nella fabbrica di wafer il polisilicio fuso viene colato in un crogiuolo e accuratamente cristallizzato in forma di lingotti cilindrici. I lingotti sono tagliati in wafer sottili, questi ultimi vengono levigati fino a essere perfettamente piatti. I wafer così ottenuti vengono spediti in fabbrica, dove finalmente si trasformeranno in microprocessori. Una volta completo, un wafer contiene centinaia di piccoli chip rettangolari. I chip devono essere esenti da difetti e vengono testati già da quando sono posti sul wafer. Successivamente vengono testati ancora una volta e assemblati in involucri di ceramica con connessioni in rame: ora è facile riconoscerli come "chip" o più precisamente come microprocessori.

COS'È UN MICROPROCESSORE?

Un processore è un singolo circuito integrato in grado di effettuare operazioni di calcolo o di elaborazione dell'informazione; il microprocessore principale di un computer viene chiamato processore o CPU; il microprocessore che si occupa delle operazioni legate alla visualizzazione delle informazioni in un computer viene chiamato GPU o VPU. I processori sono circuiti contenenti da migliaia a centinaia di milioni di transistor ed altri componenti elettronici, ottenuti sfruttando le caratteristiche di semiconduttività del silicio e la sua relativa facilità di essere convertito in semiconduttore tramite drogaggio. Questi transistor conservano informazioni sotto forma di carica elettrica, variandone il livello a seconda della logica usata nel funzionamento del circuito.

STRUTTURA E FUNZIONI

Un microprocessore è realizzato su una singola lastrina di silicio, detto wafer o chip, opportunamente protetta da un contenitore di pochi centimetri per lato. Nonostante le piccole dimensioni, riunisce centinaia di migliaia di componenti e può essere programmato per svolgere un gran numero di funzioni. Un microprocessore integrato contiene tipicamente i registri (celle di memoria ad alta velocità), il coprocessore matematico (FPU) e la ALU (Unità Logico-Aritmetica).

L'*Arithmetic Logic Unit* (ALU) è un'unità dedita allo svolgimento di operazioni matematiche ed è formata da un insieme di porte logiche opportunamente collegate. Queste porte logiche nel loro complesso provvedono ad eseguire tutte le operazioni aritmetiche e logiche gestite dal microprocessore.



Le prime ALU erano in grado di eseguire nativamente solo le operazioni più semplici (addizione, sottrazione e shifting di bit ecc.) e le operazioni logiche booleane (AND, OR, XOR e NOT). Le

operazioni più complesse come le operazioni di moltiplicazioni o divisione venivano emulate utilizzando ripetutamente somme o sottrazioni. Con l'evolvere dell'elettronica si è riuscito a integrare nelle ALU anche le operazioni di divisione e moltiplicazione. Le ALU non sono in grado di svolgere tutte le operazioni supportate dai microprocessori moderni, infatti le operazioni in virgola mobile o le operazioni multimediali sono svolte da unità specializzate che non risiedono nell'ALU.

La *Floating Point Unit* (FPU), unità di calcolo in virgola mobile è una parte della CPU specializzata nello svolgere i calcoli in virgola mobile. La maggior parte delle operazioni svolte sono di semplice aritmetica (come addizioni o moltiplicazioni), ma alcuni sistemi sono in grado di svolgere calcoli esponenziali o trigonometrici (come estrazioni di radice o il calcolo del seno).

La *Memory Management Unit* (MMU) in un processore ha vari compiti, tra cui la traslazione (o traduzione) degli indirizzi virtuali in indirizzi fisici (necessaria per la gestione della memoria virtuale), la protezione della memoria, il controllo della cache della CPU, l'arbitraggio del bus, e, in architetture più semplici (specialmente nei sistemi a 8-bit), la commutazione di banchi di memoria.

Un microprocessore dispone inoltre di interfacce per collegarsi a memorie esterne e ad altri sistemi. Esso attinge i dati e le istruzioni da eseguire alla memoria centrale, quindi procede con le elaborazioni e restituisce i dati ottenuti alla memoria centrale. La velocità di esecuzione di questo complesso di operazioni dipende dalla frequenza di clock e dall'architettura del sistema; la prima si misura in MHz (megahertz), la seconda, in bit.

TIPDI MICROPROCESSORI

Il principale criterio di classificazione dei microprocessori è il numero di bit di informazione che possono essere trasferiti "in parallelo" (contemporaneamente) e conservati nei registri interni. Questo numero è in continuo aumento, grazie allo sviluppo della tecnologia dei circuiti; attualmente sono comuni microprocessori a 8, 16 e 32 bit, e sono già stati sviluppati integrati a 64 bit.

TIPDI ARCHITETTURE

Premessa: in informatica con il termine architettura si intende la combinazione degli elementi hardware che costituiscono la struttura di un computer.

Nel campo dei microprocessori si distinguono diversi tipi di architetture: l'architettura CISC (Complex Instruction Set Computing) permette di elaborare istruzioni complesse, ma in tempi relativamente lunghi, che vengono essenzialmente impiegate a risolvere, per un numero enorme di volte, un ristretto gruppo di istruzioni (il 20% di tutte le eseguibili). Proprio per permettere al computer di eseguire rapidamente un limitato numero di istruzioni, occorrenti frequentemente, è stata ideata l'architettura RISC (Reduced Instruction Set Computing): è un tipo di architettura a pipeline, capace di disporre nuove istruzioni per il processore già durante l'esecuzione dell'istruzione corrente. Se un sottosistema a disco usa una memoria per pre-caricare e mantenere le informazioni, si dice dotato di architettura cache.

COME RAGIONA UN MICROPROCESSORE?

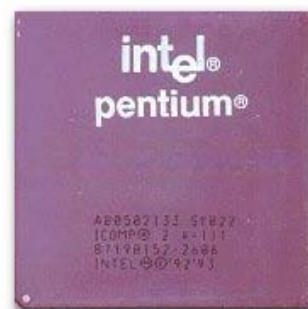
Facciamo un esempio di un semplice calcolo: il processore per prima cosa carica uno dei numeri in uno dei suoi registri, poi ne carica un altro in un secondo registro. Quindi legge l'istruzione di programma che dice al chip quale particolare operazione deve essere svolta (ad esempio una somma). L'istruzione attiva un altro minuscolo programma che si trova all'interno di una speciale unità di decodifica che impone ai circuiti del chip di calcolare il risultato dell'operazione e di porlo in un altro registro. Calcolato il risultato una successiva istruzione permette l'uscita della risposta verso la memoria Ram e di qui verso un'unità di Output (il monitor od una stampante). In pratica

quindi un processore “ragiona” in termini seriali, ossia esegue un determinato numero di istruzioni una di seguito all’altra richiamando dati dalla memoria Ram di sistema ed emettendo dati ad operazione effettuata.

BREVE STORIA DEI MICROPROCESSORI

Il primo microprocessore mai realizzato fu l'Intel 4004, che lavorava con parole di soli 4 bit: fu progettato dal vicentino Faggin, Ted Hoff e Masatoshi Shima e i primi prototipi videro la luce nel gennaio del 1971.

Fu un successo limitato, ma i successivi Intel 8008 e 8080, che invece usavano parole di 8 bit (un byte, finalmente) riscossero molto più interesse. Nel 1974 Faggin, che nel frattempo alla Intel era divenuto il responsabile di tutti i progetti di circuiti integrati, lascia la Intel per fondare la Zilog, che nel 1976 lancia il processore Z80, che sarà il cuore di molti home computer del decennio successivo.



Il successo dello Z80 è immediato, ed eclissa in pratica la serie 8080 della Intel. Successivamente la Motorola e altri concorrenti entrarono nel mercato, sviluppando altri tipi di microprocessori tutti con registri a 8 bit. IBM scelse l'Intel 8088 per il suo primo PC. La Apple invece si basò sui chip della famiglia Motorola 68000 per i suoi prodotti della serie Macintosh. L'italiana Olivetti scelse lo Z8000 anticipando di un anno l'uscita del primo PC IBM ... se avesse scelto l'Intel anziché lo Zilog, l'Italia avrebbe immesso per prima il noto PC sul mercato mondiale. Il primo Pentium comparve nel 1993: integrava 3,1 milioni di transistor e vantava il doppio della velocità del precedente 486; oggi il Pentium 4 vanta prestazioni straordinarie: un'architettura a 32 bit, 42 milioni di transistor su un singolo chip (con componenti di dimensioni dell'ordine del decimo di micron) e non una, ma due unità di elaborazione (Dual core), ciascuna delle quali è in grado di lavorare a una frequenza di 1,5 GHz (1500 MHz). Attualmente le architetture più diffuse sono l'architettura X86 sviluppata da Intel e nel corso degli anni espansa da AMD e altri contendenti che è alla base di quasi tutti i personal computer attualmente prodotti. In seconda posizione abbiamo l'architettura Power prodotta da IBM che con varie incarnazioni viene utilizzata dalle console, da macchine per applicazioni specializzate e dai più potenti computer del pianeta. Un'altra architettura molto importante è l'architettura ARM che viene utilizzata in telefoni, palmari, e macchine dedicate. Altre architetture minoritarie sono le architetture MIPS e SPARC.

PROSPETTIVE FUTURE

Il futuro del microprocessore dipende essenzialmente dallo sviluppo della nanotecnologia. I più recenti risultati della ricerca in questo campo permetteranno presto di realizzare microprocessori straordinariamente veloci: Intel, che ha da poco creato transistor da 20 nm (1 nm = 1 miliardesimo di metro), prevede di poter stipare fino a 1 miliardo di questi dispositivi in un microprocessore, raggiungendo frequenze prossime ai 20 GHz (1 GHz = 1 miliardo di Hz). Inoltre, sempre nell'ambito delle applicazioni della nanotecnologia, è stato recentemente messo a punto un nuovo tipo di transistor detto “ibrido”, costituito da due strati di polimeri separati da uno strato metallico e attraversati da nanocavi del diametro di circa 100 nm. Il dispositivo, completato da due contatti alle estremità, si adatta alla realizzazione di dispositivi su scala nanometrica quali transistor a effetto di campo e diodi a emissione di luce. Accanto alle ricerche volte a miniaturizzare e potenziare le prestazioni del microprocessore, sono in corso studi finalizzati a rendere questo dispositivo sempre più pratico ed economico: è infatti in via di perfezionamento in Europa una tecnologia per la produzione di microprocessori in plastica, realizzati con un procedimento analogo a quello della stampa a getto di inchiostro.

CLAUDE ELWOOD SHANNON

Vita

Shannon, Claude Elwood (Gaylord, Michigan 1916 – Medford, Massachusetts 2001), matematico e ingegnere elettronico statunitense, considerato il fondatore della teoria dell'informazione. Shannon frequentò l'Università del Michigan e nel 1940 ottenne il dottorato in matematica presso il Massachusetts Institute of Technology.

Scritti

Nel 1948 pubblicò un articolo che segnò la storia della teoria dell'informazione: *The Mathematical Theory of Communication* (La teoria matematica della comunicazione); in esso Shannon proponeva una teoria globale della trasmissione e dell'elaborazione delle informazioni, intendendo con quest'ultimo termine qualsiasi tipo di messaggio, inclusi quelli inviati dal sistema nervoso degli organismi viventi.

LA TEORIA DELL'INFORMAZIONE

A Shannon si deve l'ideazione del sistema matematico che permette oggi di analizzare, esprimere, proteggere, immagazzinare e inviare informazioni mediante i moderni sistemi di telecomunicazioni ed elaborazione; basti pensare che fu sua l'idea di adottare il sistema binario come codice logico dei sistemi informatici, e fu ancora lui a dare il nome di "bit" all'unità fondamentale di informazione. Inoltre allo stesso Shannon si deve anche una delle prime definizioni sperimentali della possibile simulazione da parte di una macchina di una complessa attività intelligente, quale può essere ad esempio il gioco degli scacchi. Tale esperienza (pubblicata nel 1950) conduce ad affermare che non è possibile costruire un ottimo giocatore artificiale (per il numero estremamente elevato di mosse da calcolare), ma è possibile pensare a un buon giocatore che selezioni le mosse secondo strategie definite. In definitiva, le ricerche di Shannon pongono in termini operativi il problema del rapporto differenziale fra cervello umano e macchina calcolatrice.

BRANO: "LE DIFFERENZE TRA CERVELLO E CALCOLATORE"

Nel brano si possono individuare cinque differenze rilevanti fra il cervello e i calcolatori. Una differenza di dimensioni: il numero dei componenti dei calcolatori si presenta a sei ordini di grandezza rispetto a quello dei componenti del cervello. Una differenza di organizzazione strutturale: quella dei calcolatori è molto più strutturata di quella del cervello. Una differenza di affidabilità: il cervello è affidabile molto più a lungo dei calcolatori. Una differenza di organizzazione logica: il cervello si organizza da sé e si adatta a situazioni molto diverse. Una differenza di dispositivi di ingresso e uscita: il cervello, grazie all'orecchio e all'occhio, e ai muscoli e alle ghiandole, ha un rapporto molto più complesso in entrata e in uscita con l'ambiente rispetto a qualche robot.

BIBLIOGRAFIA

- 📖 Enciclopedia Multimediale Microsoft Encarta Plus
- 📖 Enciclopedia multimediale "Rizzoli Larousse"
- 📖 Sussidi di carattere generale

↵ Portali web

↵ Wikipedia

↵ "Il cervello e i calcolatori", in V. Somenzi, R. Cordeschi, in "La filosofia degli automi", pp. 95-97

Eventuali approfondimenti si possono reperire ai seguenti indirizzi:

www.intel.com

Il sito della Intel offre informazioni sulla società, sui suoi prodotti e sulle novità presentate (in lingua inglese).

www.research.ibm.com

Il sito offre le ultime notizie dal mondo della ricerca IBM (in lingua inglese).

www.pbs.org/transistor/

L'American Institute of Physics invita a una mostra online dedicata al transistor, con informazioni sulla sua evoluzione, un glossario, la biografia di scienziati e tecnici che contribuirono alla sua nascita e giochi interattivi (in lingua inglese).

Luca Barbaglia