

45 anni di Cpu: un viaggio
alla scoperta dell'evoluzione
tecnologica che ha trasformato
i processori in punti di riferimento
dell'informatica moderna.

► Di Davide Piumetti

TRANSIS



TOR

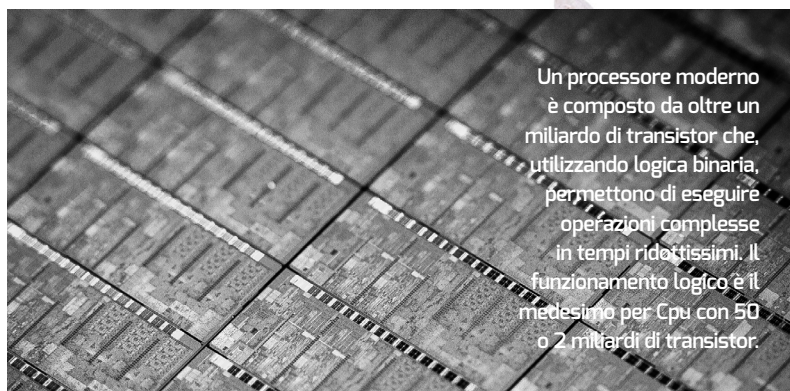
L'EVOLUZIONE
DELLE CPU

Il transistor, piccolo componente elettronico onnipresente in ambito informatico, è l'elemento costitutivo di tutti i dispositivi che ci circondano. Tutti i (micro)processori li utilizzano in termini di logica binaria per funzionare, secondo gli schemi e le evoluzioni che vi abbiamo mostrato sul numero 287 di *PC Professionale*. Questi elementi operano in effetti in maniera logicamente semplice, come banali interruttori. Se il "pulsante" (*gate*) è attivo scorre la corrente tra i due "contatti" (*source* e *drain*). Se il "pulsante" non è attivo, non scorre alcuna corrente.



Combinando in maniera lineare questo tipo di funzionamento e collegando in cascata i transistor è possibile costruire circuiti complessi e interi processori, Gpu o veri e propri System on Chip. Certo, ne sono necessari migliaia, milioni o addirittura miliardi per raggiungere una logica complessa in grado di fornire le prestazioni e le funzionalità dei processori moderni, ma il tutto si basa su questo semplice elemento replicato più e più volte.

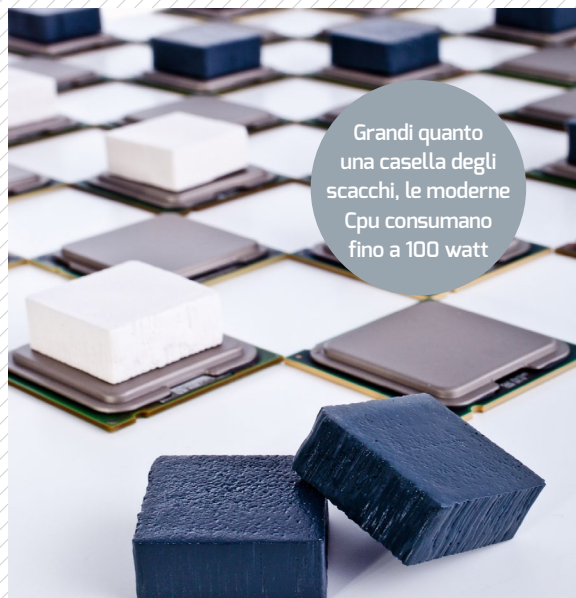
Sul funzionamento del transistor ci siamo concentrati nella prima parte di questo viaggio in tre tappe alla scoperta di come funzionano e come sono costruiti i processori, mentre in questo numero vedremo come l'unione di questi transistor crei i processori moderni, ripercorrendo l'evoluzione dai primi semplici modelli contenenti poche centinaia di essi ai nostri da 2 miliardi di singoli transistor che albergano nei nostri personal computer.



Un processore moderno è composto da oltre un miliardo di transistor che, utilizzando logica binaria, permettono di eseguire operazioni complesse in tempi ridottissimi. Il funzionamento logico è il medesimo per Cpu con 50 o 2 miliardi di transistor.

Inizialmente le dimensioni fisiche di un processore non erano un fattore limitante nel progetto e nella ricerca. I primi modelli, parliamo ad esempio del 4004 di Intel, erano infatti costituiti da poche centinaia di transistor, circuiti tanto semplici (paragonati a quelli di oggi) che potevano anche essere disegnati a mano (cosa effettivamente fatta da Intel per i propri primi modelli). Il

primo processore Intel di tipo monolitico, di cui parliamo diffusamente a fianco fu il 4004, dal quale derivarono logicamente tutti i modelli dell'azienda, fino ad arrivare ai Core i7 di ultima generazione. Quel particolare chip, progettato nel 1971, aveva 2.300 transistor e, completo, occupava un'area di circa 12 mm² consumando a pieno carico 0,6 watt. I transistor, costruiti con una



Grandi quanto una casella degli scacchi, le moderne Cpu consumano fino a 100 watt

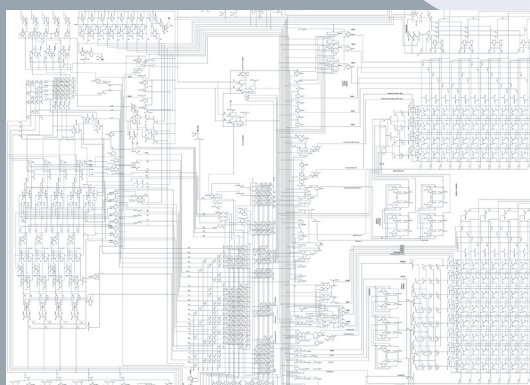
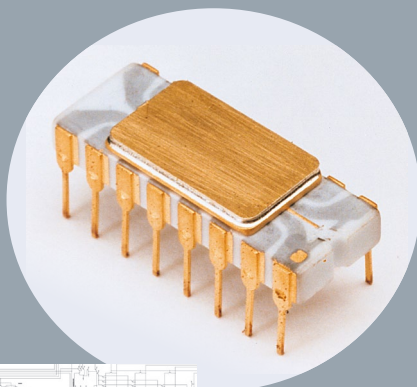


Dopo decenni di competizione oggi sono rimasti sul mercato consumer solo due contendenti: Amd e Intel.

INTEL 4004

IL PRIMO DI UNA LUNGA STIRPE

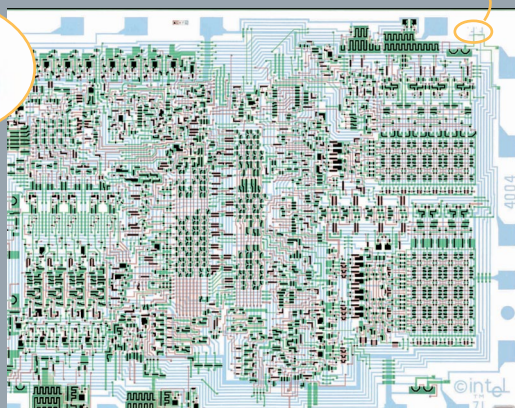
Il primo chip 4004 di Intel. Aveva 16 piedini di connessione e faceva parte del gruppo MCS-4 insieme ai chip 4001, 4002, e 4003.



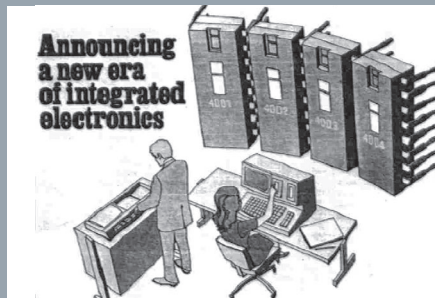
Lo schema completo dei transistor che costituiscono il 4004 di Intel. 2.300 singoli elementi che, insieme, compongono la prima Cpu monolitica della storia.



La maschera di stampa del 4004. Nell'angolo in alto a destra si scorgono (capovolte) le iniziali di Federico Faggin.



La calcolatrice Busicom 141P che montò per prima il gruppo di chip MCS-4 di Intel, la cui Cpu era proprio il 4004.



Il primo microprocessore Intel commercialmente "degno di nota" è il 4004, prodotto nel 1971 e vero precursore di tutti i modelli che oggi ci circondano. Costituito da 2.300 transistor fu disegnato e progettato da un team guidato da un italiano (emigrato negli States), a cui rendiamo tutti gli onori del caso: Federico Faggin. Il 4004 non è il primo processore realizzato in assoluto, ma è il primo ad essere di tipo monolitico, ovvero contenuto all'interno di un unico grande circuito integrato su un singolo supporto.

A onor del vero il 4004 era parte di un progetto più ampio, essendo la Cpu della famiglia Intel MCS-4 composta da quattro chip ognuno con compiti ben precisi. Il 4001 ad esempio era un chip Rom dotato di 4 linee di output, mentre il 4002 era la Ram del gruppetto (sempre con 4 linee in questo caso di input/output); ultimo era il 4003, un registro a scorrimento utilizzato per espandere le linee di input e output.

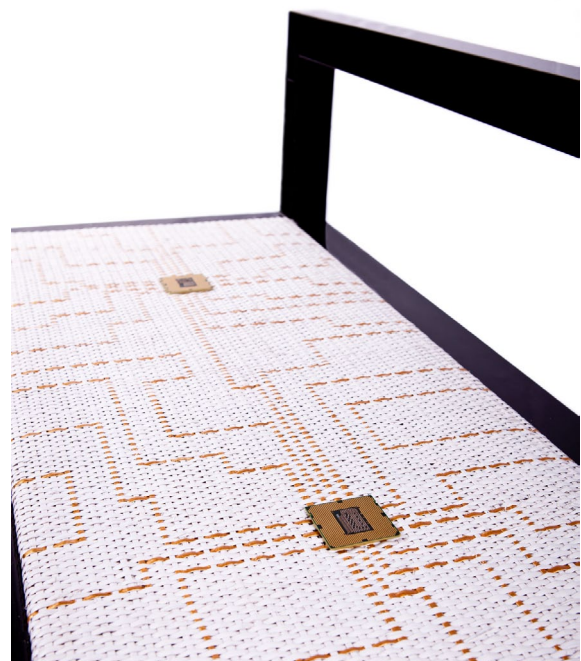
Il gruppo MCS-4 fu commissionato a Intel da Busicom, produttore nipponico di calcolatrici e solo in seguito, intuendone le grandi potenzialità, Intel raggiunse un accordo con tale azienda per poter produrre, impiegare e vendere il 4004 anche in altri sistemi, in cambio di uno sconto sui componenti.

Il progetto iniziò nel 1969 sotto l'egida Intel del capo dipartimento Ted Hoff, che rivede l'architettura proposta da Busicom (ripartita addirittura su 7 chip) e riprogettò il sistema attorno ai 4 chip elencati poco sopra. Con l'aiuto di Stanley Mazor venne definito il set di istruzioni e l'architettura di massima del sistema, con un progetto che, ai tempi, superava le capacità e i talenti del personale interno Intel. In quel periodo fu però assunto il vero padre del 4004, Federico Faggin, forte di una grande esperienza in Fairchild Semiconductor, Faggin guidò il progetto verso il successo, ottenendo un 4004 funzionante agli inizi del 1971. Il processore ha caratteristiche che, al giorno d'oggi, fanno rabbrivire: una frequenza di clock di 740 kHz (ovvero 0,74 MHz o 0,00074 GHz), capacità di indirizzamento di 640 byte di Ram (0,00000064 Gbyte) e alimentazione a 12 volt. Il 4001 era una Rom da 256 byte, mentre il 4002 una Ram da 40 byte.

Una delle chicche riguardanti il 4004 è che Federico Faggin volle legare indissolubilmente al proprio nome il chip, tanto da includere nella stampa del circuito originale le proprie iniziali F.F.

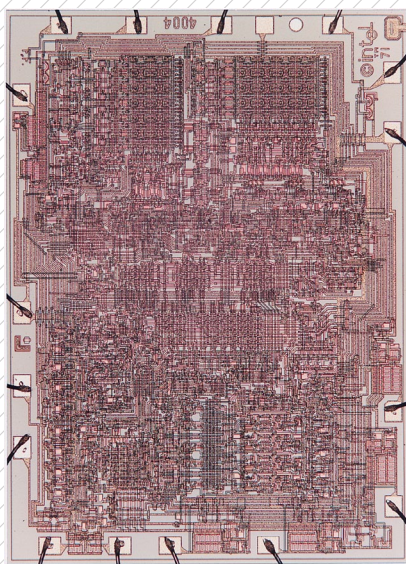
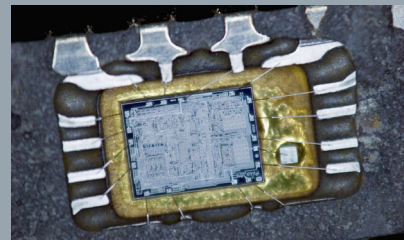
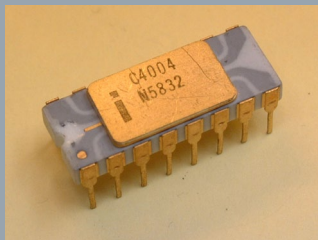
tecnica basilare su substrato di silicio, erano prodotti con la prima tecnologia in grado di offrire capacità di ingegnerizzazione tali da rendere possibile la costruzione di chip monolitici funzionanti: parliamo della *Self-Aligned Gate* su logica Cmos. Come abbiamo visto nella prima parte un singolo transistor è composto da source, drain e gate, realizzati drogando opportunamente il silicio per renderlo più o meno conduttivo a seconda delle necessità. Per realizzare un circuito complesso è necessario connettere direttamente il drain di un transistor con il source o il gate del successivo, in modo da realizzare porte *And*, *Not* o *Or*

in base alle necessità. Il *Self-Aligned Gate* ha rappresentato all'inizio degli anni '70 il metodo rivoluzionario con il quale effettuare tali connessioni, superando il concetto di base con il quale source, drain e gate erano oggetti distinti e non modificabili e creando la capacità di rendere il drain di un transistor il gate del successivo, facendo da testa di ponte per le tecnologie successive che hanno portato i transistor a evolversi in maniera graduale fino alla fine degli anni 2000, quando i limiti fisici di tali tecniche divennero evidenti e resero necessarie altre tecnologie per poter evolvere oltre.

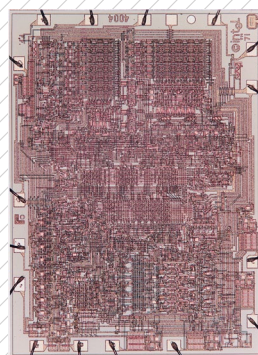


CMOS E DIMENSIONI

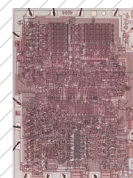
Il primo chip monolitico di Intel, in 4004, con un suo ingrandimento. Nella seconda immagine, ripresa dopo aver rimosso la placca dorata superiore si trova il chip vero e proprio. Si possono notare tutte le piste che collegano i transistor e le connessioni di tale chip con i 16 piedini esterni.



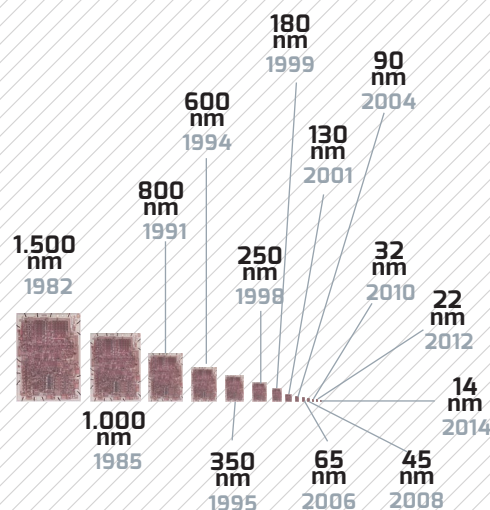
10.000 nm
1971



6.000 nm
1974



3.000 nm
1976



Le dimensioni dei chip Intel passando attraverso i vari processi produttivi adottati

Nella grafica il rapporto dimensionale prendendo come riferimento il die da 2.300 transistor del 4004 di Intel, prodotto a 10.000 nm (10 micron) e le sue dimensioni in scala se fosse riprodotto con i processi attuali. Considerando che l'originale era grande all'incirca 4 x 3 mm, ovvero 12 mm² si può rapportare alle capacità produttive moderne, in grado di inserire nella stessa area ben 72 milioni di transistor, ovvero oltre 313.000 processori Intel 4004 completi.

UNA STORIA A TAPPE CON INTEL E AMD PROTAGONISTI



I primi processori della serie MCS-4 resero Intel all'avanguardia nel settore. La capacità di ingegnerizzare e produrre chip in grado di eseguire calcoli complessi in uno spazio e con un consumo così ridotto mandarono in pensione in un battito di ciglia tutte le tecnologie precedenti, a valvole o basate su logiche diverse dalla Cmos e dal silicio. In quegli anni, di vero e proprio boom tecnologico nacque la Silicon Valley e molte delle aziende che ancora oggi dominano il settore.

Gli inizi furono però scanditi da modelli commerciali estremamente differenti da quanto presente oggi. I veri colossi erano altri (Ibm in primis) e Intel o Amd erano in fondo solo dei produttori di componenti utilizzate dai computer di terze parti.

Per un ventennio, fino alla fine degli anni '80, la maggior parte dei processori adottò un'architettura aperta, con diversi produttori in grado di produrre processori identici (per 15 anni dei veri e propri cloni legali del progetto base) seguiti poi da un periodo di instabilità nel quale Intel, emergendo come produttore principe, volle emanciparsi e scrollarsi di

dosso produttori minori che vendevano in pratica Cpu progettate a Santa Clara.

LE ORIGINI

L'inizio di tutto questo, dopo il piccolo successo del 4004, è da collocarsi nella capacità di Intel di sviluppare e produrre rapidamente ciò che i colossi dell'epoca chiedevano. Dopo il 4004 venne infatti il tempo del modello 8008 che, come suggerisce il nome, risulta essere molto simile al 4004 ma con un'architettura base raddoppiata, a 8 bit anziché a soli 4 come per il predecessore.

Realizzato nel 1972 era costruito con la stessa tecnologia produttiva a 10 micron, aveva 3.500 transistor e una velocità di clock nettamente superiore, con modelli da 200 a 800 kHz (da 0,2 a 0,8 MHz) che consumavano circa 1 watt. Il processore fu commissionato a Intel (ai tempi non era ancora il colosso in grado di produrre e definire i propri standard) da CTC (*Computer Terminal Corporation*) per un proprio terminale, ma visti alcuni ritardi di progettazione non fu utilizzato in esso ma rivenduto da Intel ad altri clienti. A questo punto della storia ogni processore

faceva storia a sé, venendo progettato in maniera completamente autonoma da tutti gli altri. Da ciò deriva un set di istruzioni proprietario (quindi i programmi scritti per queste Cpu sono in grado di funzionare solo ed esclusivamente su di esse, cosa oggi paradossale. Immaginatevi se Chrome funzionasse solo su Core i3 e non su Core i5, su Cpu Amd o su Pentium).

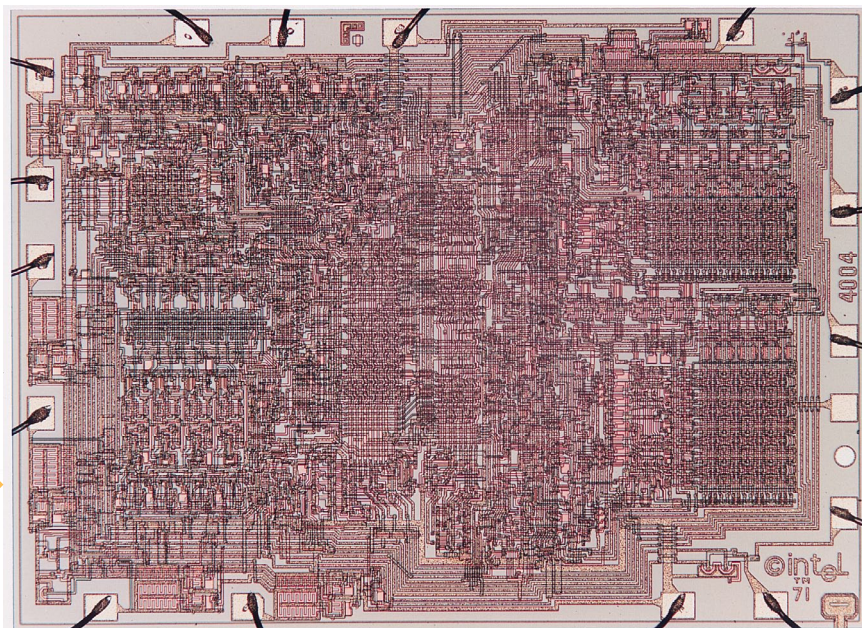
Il progetto, arenato da qualche tempo fu ripreso in corsa dallo stesso Federico Faggin autore del 4004, liberatosi da quel progetto una volta raggiunta la piena produzione.

Successivo a questo modello, in grado di correggerne alcuni difetti e ampliarne le funzionalità è stato il modello 8080 (il primo 8008 era un chip con 16 piedini che usava indirizzi a 8 bit, metà piedini erano quindi già usati, escludendo quelli di alimentazione non poteva avere due comunicazioni parallele). Dotato di un package a 40 pin è stato prodotto nel 1974, aveva una velocità massima di 2 MHz e utilizzava per la prima volta lo stesso set di istruzioni di un modello passato, introducendo il concetto di retrocompatibilità.

Il chip **8008**, versione a 8 bit del processore 4004 di Intel.



Il chip **4004** di Intel al microscopio. Si scorgono perfettamente le piste e i singoli transistor.



I produttori di terminali poterono quindi avere da Intel un chip più veloce, più economico (è stato il primo costruito con nuova tecnologia a 6 micron) e più capace grazie ai 4.500 transistor di cui era dotato. Il chip di discreto successo, fu però solo l'anticamera di lancio a quello che, per importanza, può essere considerato secondo solo all'originale 4004: la Cpu 8086. Intel impiegò diversi anni per studiare e produrre la Cpu che la rese famosa e gettò le basi per l'impero attuale. Resosi conto dell'insufficienza del set di istruzioni Ctc adottato in precedenza, venne studiato un nuovo set di istruzioni in grado di offrire maggiori prestazioni e funzionalità, anche se per ragioni di retrocompatibilità venne mantenuta l'architettura di tipo Cisc (*Complex Instruction Set Computer*) anziché passare a una più veloce ed efficiente Risc (*Reduced Instruction Set Computer*).

L'AVVENTO DEL X86 INTEL, AMD E IBM

Nel 1978 venne lanciata su grande scala la Cpu 8086, la prima ad adottare il set di istruzioni chiamato x86 e tutt'ora (con qualche piccolo aggiustamento) adottato dai processori di Intel e Amd. Il processore integra per la prima volta concetti avanzati come il fetch delle istruzioni e l'architettura a 16 bit, oltre che i

concetti di interrupt e segmentazione della memoria.

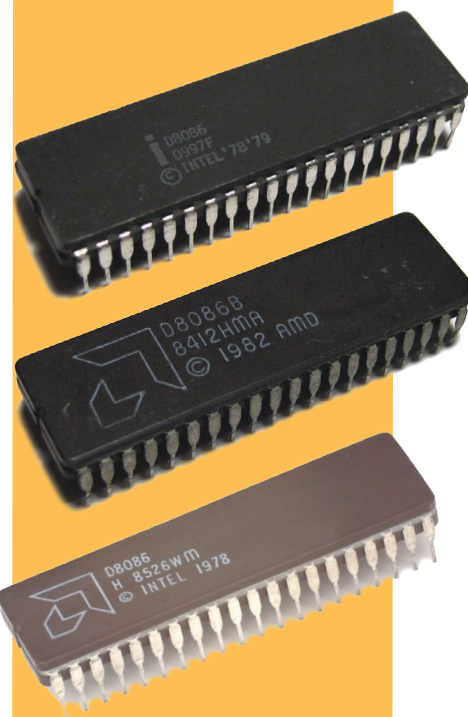
Anche dal punto di vista tecnologico il processore mostrò un netto passo in avanti, passando da un progetto "manuale" con pochi transistor del 8080 a una tecnologia a 3 micron, 29.000 transistor e tra 5 e 10 MHz di velocità. In quel momento iniziò la vera era del computer domestico, grazie anche ad accordi di licenza (oggi impensabili) con cui Intel cedeva i progetti e la capacità di produrre Cpu 8086 ad altre aziende. Di quel periodo sono infatti processori 8086 prodotti da Amd, Nec, OKI, Siemens o Texas Instruments.

Il processore a 16 bit non aveva capacità di calcolo in virgola mobile, tanto che Intel gli affiancò anche un coprocessore dotato di tali funzionalità, battezzato 8087, che accompagnò le famiglie di Cpu Intel per più di un decennio.

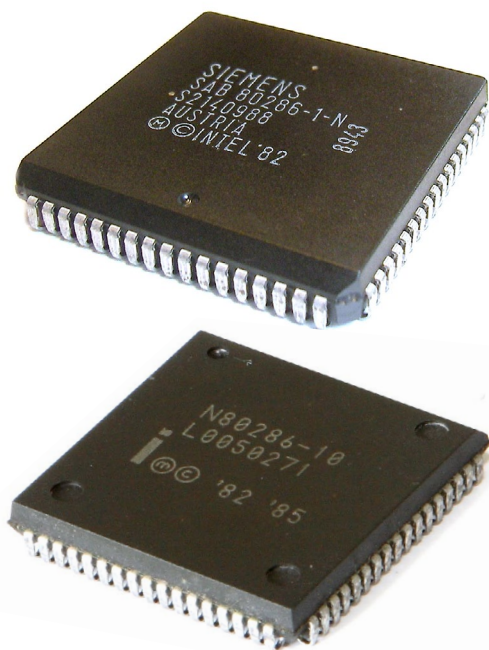
Dell'anno successivo il 8088, processore identico al precedente con l'unica differenza nell'adottare un bus dati dimezzato a soli 8 bit, per sistemi meno esigenti.

Lo step evolutivo successivo si ebbe però con l'arrivo del 80186, modello del 1982 e dotato del medesimo set di istruzioni x86 a 16 bit del predecessore (esiste anche il 80188 con bus dimezzato a 8 bit). Il processore non ebbe un successo enorme e fu utilizzato in pochi prodotti commerciali in un periodo in cui Intel aveva a che fare con la prima grande concorrenza da parte di prodotti Motorola e Zilog, che equipaggiavano gran parte dei personal computer dell'epoca.

Agli inizi degli anni '80 infatti emersero alcune realtà in grado di offuscare quasi completamente Intel. Uno dei fattori scatenanti fu il passaggio di un esponente di spicco come Federico Faggin (che è legato a filo doppio alla trama evolutiva delle Cpu del secolo scorso) a Zilog, andando a progettare una Cpu dal successo enorme, lo Z80. Processore in grado di surclassare le Cpu Intel dell'epoca aveva un set di istruzioni più ampio, una velocità iniziale di 2,5 MHz (che raggiunse i 50 MHz a fine vita) e processo produttivo a 3 micron. Insieme a Zilog, che equipaggiava lo ZX Spectrum, a fare da padrone era Mos Technology (poi acquisita da Commodore) che creò una linea di processori che equipaggiò tutti i sistemi più venduti dell'epoca, dal Vic-20 al Commodore 16, passando per Apple II, Atari, Commodore 64 e 128. La Cpu più famosa fu probabilmente la Motorola 6800 e derivati, che imperversarono per tutti gli anni '80 con Intel in grande affanno.



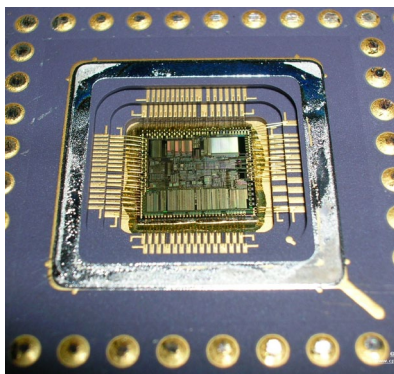
Il processore **8086** prodotto da Intel da Amd e una versione Amd con copyright Intel. Ai tempi il progettista Intel concedeva in licenza la produzione dei propri chip ad altri produttori.



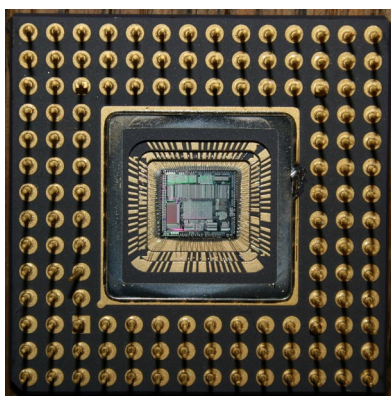
Un **80286** prodotto da Siemens e uno fabbricato direttamente da Intel.

Il tutto fu attraversato con il lancio del modello 80286, modello costruito a 1,5 micron e operante a un clock da 6 a 25 MHz. I transistor salirono a 134.000, circa 60 volte il modello di 10 anni prima. Il successo di Intel è dovuto alla scelta di Ibm di utilizzare tale Cpu come cuore per i propri personal computer, permettendo l'avvento contestuale dei Pc con sistema operativo Dos prima e Windows poi, con il successore 80386. Questo modello, prodotto a partire dal 1985 (così come Windows 1.0) fu il primo prodotto nativo con set di istruzioni x86-32 ovvero a 32 bit. Prodotto a 1,5 micron alzava il numero di transistor contenuti a quota 275.000 e frequenza operativa da 16 a 40 MHz. Intel, forte dell'alleanza con Ibm e l'avvento del connubio Dos/Windows come sistema operativo avviò le pratiche che l'hanno resa al giorno d'oggi quasi monopolista di mercato. A partire da questo processore l'azienda mantenne al proprio interno i diritti di produzione e i progetti, lanciando una Cpu che segnò l'adozione su larga scala dei microprocessori dell'azienda.

Amd, unica rivale a destreggiarsi nel cambio generazionale (Motorola, Zilog e gli altri persero subito terreno, solo le



Un **80386** mostrato senza la copertura integrata. Si può notare il chip, le piste che ne collegano le connessioni esterne e i vari elementi del die.



Cpu PowerPC rimasero vive e vegete sui Macintosh), presentò istanza in tribunale per rimuovere gli ostacoli che Intel e Ibm avevano posto (la questione era relativa alla produzione da parte di Amd di processori progettati da Intel, ritenuta valida fino al 80286 da Intel e Ibm e comprendente il 80386 secondo Amd). Nel corso degli anni infatti, su volontà propria di Ibm in grado in quel periodo di dettare legge ai produttori di Cpu, i modelli sviluppati da Intel furono

prodotti da diverse aziende contemporaneamente, in modo da poter disporre di un doppio o triplo fornitore di chip anziché un singolo monopolista. Amd, il maggiore dei produttori secondari (erano comunque presenti con buone quantità anche Cyrix e Texas Instruments), costruì su disegno Intel moltissime Cpu dell'epoca, dalle Am286 (il 286 di Amd) in avanti. I modelli Am386 rivaleggiarono e superarono spesso gli stessi processori Intel per via di un processo produttivo raffinato, tanto da rendere particolarmente aspri i rapporti tra i contendenti che si spartivano ormai quasi interamente il mercato. Intel iniziò con il 80386 a produrre versioni differenziate di una singola Cpu, con un susseguirsi di sigle ben conosciute negli anni: 386SX, 386DX e così via. Anche per questi processori, gli ultimi a dire il vero, Intel produsse un coprocessore matematico chiamato 80387, in grado di migliorarne le prestazioni nei calcoli più complessi.

Il passo successivo, nel 1989, fu il 80486, chiamato spesso solo 486 o i486. Prodotto a 1 micron segnò il superamento della soglia psicologica di 1,2 milioni di transistor. In 18 anni di produzione Intel riuscì a incrementare tale numero nelle proprie Cpu di oltre 520 volte. Con una velocità di clock da 16 a 100 MHz questo processore fu prodotto da Intel, Amd, Texas Instruments, Cyrix e Ibm in diverse varianti, da SX, SX2, DX, DX2, DX4 e molti altri.

Durante l'approdo sul mercato di questo processore la battaglia legale tra Intel e gli altri produttori si inasprì, per via anche delle prime evidenti differenze prestazionali (e di prezzo) tra i vari modelli. Il Am486 di Amd ebbe infatti una cura progettuale molto avanzata e rappresentò per la prima volta una reale soluzione in grado di offrire prestazioni superiori agli altri modelli basati sulla stessa architettura. Il chip, complice la consapevolezza da parte di Amd che il futuro avrebbe riservato loro una sconfitta legale sulla possibilità di produrre in licenza altre Cpu su architettura Intel, fu introdotto sul mercato a un prezzo inferiore a quello Intel. Modelli a pari frequenza facevano inoltre segnare prestazioni superiori per Amd, che visse il proprio primo picco di fama proprio a cavallo di questi anni.

Amd produsse diverse versioni di questa Cpu, arrivando a frequenze superiori a quelle di Intel (120 MHz) e con una variazione chiamata Enhanced Am486 che, per la prima volta, modificava l'architettura Intel introducendovi dei

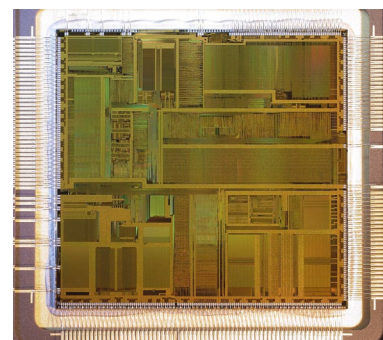
miglioramenti. In quel momento Amd iniziò a camminare sulle proprie gambe, dando vita alla dicotomia che ancora oggi contraddistingue il mercato.

PENTIUM UN NUOVO GRANDE MARCHIO

Fu un periodo di grandi cambiamenti anche per Intel, che abbandonò in questi anni il proprio sistema di nomenclatura classico, sopravvissuto per 22 anni dal 1971 al 1993. Il successore del 80486 non ebbe infatti, come invece preannunciato poco prima, il nome 80586 ma bensì Pentium. Il motivo deriva principalmente dalla volontà di Intel di scrollarsi di dosso i produttori paralleli, e brevettare il nome della propria Cpu per evitare cloni indesiderati. Consapevole che non è possibile brevettare una serie di numeri Intel affidò a Lexicon Branding (società specializzata nella realizzazione di nomi commerciali e padre putativo di "PowerBook" di Apple e di "BlackBerry" di RIM) di trovare un nuovo nome alla quinta generazione delle proprie Cpu. Con il senno di poi possiamo di certo affermare che fecero un ottimo lavoro. Pentium è, ancora oggi, sinonimo di Cpu tanto quanto Nutella o



Il primo Pentium. Un nuovo marchio che farà la storia di Intel.



Il 6800 di Motorola

una delle Cpu più utilizzate durante gli anni '80 del secolo scorso, età d'oro dei personal computer come Commodore o Amiga.

PIPELINE, ECCO COME FUNZIONA LA CATENA DI MONTAGGIO DELLE ISTRUZIONI

Con Cpu di tipo CISC le istruzioni complesse devono essere eseguite da unità interne generiche, in grado di fare tutto pur senza essere specializzate in nulla. Suddividendo le unità interne in molte più specializzate e spezzando un'istruzione complessa in termini semplici è invece possibile migliorare i tempi di realizzazione. Possiamo immaginare una pipeline come una catena di montaggio di automobili: una pipeline corta, ovvero con poche stazioni poco specializzate, permetterà di avere pochi lavoratori che impiegheranno più tempo per completare la loro parte. Una pipeline lunga avrà molti lavoratori in grado di eseguire un solo compito, ma in maniera più rapida. Se l'istruzione da eseguire è una sola il tempo finale non cambia di molto, ma se le istruzioni sono molte il vantaggio è innegabile. Se ad esempio in una catena di montaggio ci sono due stazioni e l'istruzione è "costruire una macchina" la prima stazione ad

esempio costruisce completamente il mezzo e la seconda lo vernicia. Con 30 secondi ciascuna il tempo di costruzione della macchina è di 1 minuto. Di due macchine? 1 minuto e 30 secondi (quando la prima stazione termina di costruire il mezzo può iniziare la seconda vettura). Tre macchine? 2 minuti.

Se invece la "catena di montaggio" è molto più specializzata, ovvero ha 10 stazioni, ognuna delle quali effettua una piccola parte del lavoro totale (telaio, motore, freni, ruote, carrozzeria...) impiegando solo 6 secondi ciascuno le cose cambiano di molto. Il tempo per costruire una macchina? 60 secondi. Come prima. Per due vetture? 1 minuto e 6 secondi. Per tre? 1 minuto e 12 secondi.

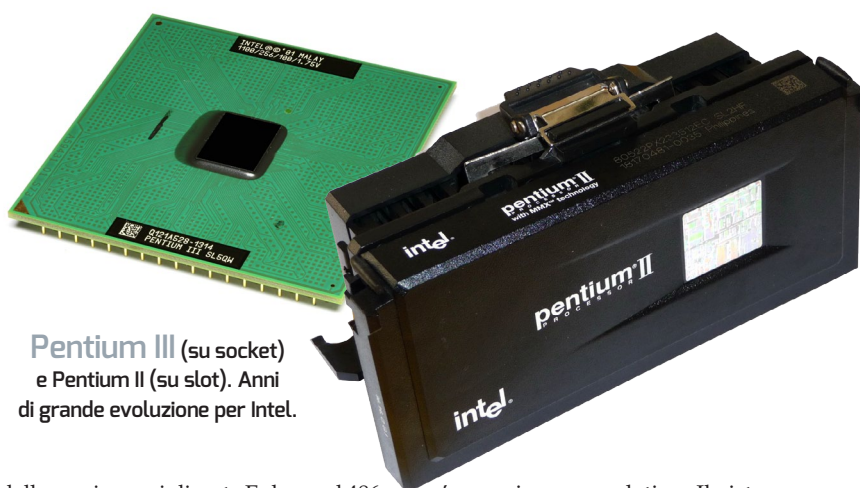
Pipeline più lunga significa quindi poter eseguire ogni azione più velocemente (sono più semplici) e quindi avere una performance finale molto superiore.

iPod (pur essendo marchi commerciali) sono sinonimi di crema spalmabile alle nocchie e lettore Mp3 portatile.

Il primo Pentium aveva una tecnologia produttiva a 0,8 micron o 800 nm, ben 3,1 milioni di transistor e una frequenza di clock da 60 a 300 MHz. Il consumo di questi processori andava da 5 watt (equivalente a quello di tutti i modelli x86 precedenti) fino a circa 15 watt. L'architettura Pentium fu rivoluzionaria per l'epoca. Per la prima volta una Cpu utilizzava il concetto di architettura superscalare, ovvero in grado di processare più di una operazione per ciclo di clock. Fino ad allora infatti tutti i processori lavoravano per logica sequenziale, ovvero completavano un'istruzione macchina per volta e passavano alla successiva. Il Pentium era dotato di due pipeline distinte in grado di processare quasi contemporaneamente due istruzioni, velocizzando di molto le operazioni.

Dopo qualche anno fu presentato un piccolo aggiornamento chiamato Pentium MMX, il primo processore dopo un decennio a essere dotato di nuove istruzioni dedicate (set MMX), specifiche per l'ambito multimediale.

Amd rispose inizialmente con una versione potenziata dell'ottimo Am486, chiamata forzatamente Am586. Questo processore riprendeva le caratteristiche



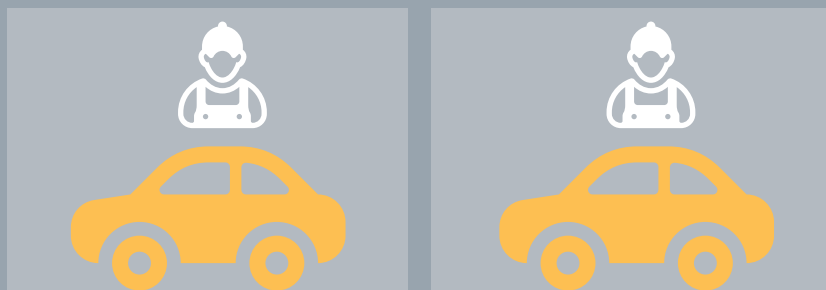
Pentium III (su socket) e Pentium II (su slot). Anni di grande evoluzione per Intel.

della versione migliorata Enhanced 486 e le portava a un livello superiore. Il processore aveva una frequenza tra 133 e 150 MHz, una cache L1 di 16 Kbyte ed era compatibile con i socket per 80486 e per Cpu Pentium.

Intel, dopo il grande successo del processore Pentium ne raffinò il funzionamento fino alla presentazione sul mercato di una nuova architettura (la sesta generazione di Cpu x86 battezzata internamente P6) con un processore chiamato Pentium Pro. Questo modello, prodotto nel 1995 a 350 nm e con 5,5 milioni di transistor, aveva due caratteristiche tecnologiche che lo rendevano all'avanguardia: era dotato di un'architettura out-of-order e permetteva

un'esecuzione speculativa. Il sistema out-of-order permette al processore di elaborare le istruzioni anche fuori ordine (quando possibile) incastrandole al meglio all'interno delle pipeline di cui era dotato in modo da ridurre al minimo i tempi morti e offriva una speculazione sui risultati delle istruzioni condizionali in modo da iniziare l'elaborazione successiva a un comando "se" scommettendo sul risultato più probabile. Queste caratteristiche, proprie di tutti i processori moderni, resero il Pentium Pro all'avanguardia anche se, per via del costo, fu relegato spesso sui server dell'epoca.

Amd d'altro canto non era rimasta a guardare e, con poco ritardo, presentò la



Due lavoratori "generici" comportano meno stazioni, nettamente più lente rispetto ai lavoratori specializzati. A regime il tempo di processo è uguale a quello di esecuzione di una stazione.



Con molte stazioni specializzate i tempi globali migliorano. Se il tempo per la produzione della prima macchina è identico per i due modelli, lo stesso non si può dire per la successiva.

propria prima architettura interamente disegnata in casa e battezzata K5. Presentata sul mercato nel 1996, compete in termini di prezzo con il primo Pentium, pur essendo prestazionalmente molto vicina al Pentium Pro. Queste Cpu, costruite a 350 nm con 4,3 milioni di transistor e 24 Kbyte di cache L1, avevano frequenza ridotta per via della loro architettura, compresa tra 90 e 133 MHz. Amd era conscia di non poter vendere Cpu etichettate a 90 MHz concorrendo dal punto di vista del marketing con modelli Intel da 150 MHz e si inventò il "famigerato" PR. Definito dall'azienda "Performance Rating" e dai più maliziosi "Pentium Rating", era un sistema di nomenclatura che indicava la velocità equivalente di una Cpu Pentium. I modelli a 90 MHz si chiamavano ad esempio K5-PR120, mentre quelli a 133 MHz avevano nome K5-PR200. Questo provocò non poche polemiche da parte di Intel, in quanto i valori espressi da Amd erano derivati da test condotti in proprio e, forzatamente, condizionati.

In questi anni anche Cyrix, ultimo produttore rimasto oltre Intel e Amd, creò diversi eccellenti processori chiamati Cx5x86 (generazione Pentium o Amd Am586) e, più tardi, 6x86 (Pentium Pro o Amd K5). Quest'ultimo fu caldeggiato da Ibm (e in seguito acquisito) in un periodo in cui stava perdendo il



Un Amd K5 da 66 MHz (con Performance Rating 200) e un K6 da 300 MHz effettivi.



controllo diretto dei propri fornitori, con Intel e Amd che potevano infatti ora camminare con le proprie gambe avendo ormai il pieno controllo del mercato Pc, grazie anche al predominio di Windows su tutti i sistemi concorrenti. Il marchio però non riuscì a superare questa delicata fase e terminò le proprie attività in questo periodo. La risposta di Intel non tardò ad arrivare, con la presentazione nel 1997 del Pentium II. Basato sulla stessa architettura P6 del Pentium Pro ne migliorava caratteristiche e potenzialità, introducendo la connessione a slot anziché usare il socket dei modelli precedenti (troncando di fatto la compatibilità con Amd delle schede madri dell'epoca). Il processore, costruito a 250 nm aveva una frequenza iniziale da 300 a 450 MHz ed era costruito con 7,5 milioni di transistor. Anche la cache L1 crebbe a 32 Kbyte, mentre la L2 posizionata esternamente alla Cpu (novità) era di 256 o 512 Kbyte. I consumi salirono da 15 a 45 watt a seconda dei modelli. Nello stesso periodo Amd lanciò la Cpu K6 che, a dispetto del nome, si basa su di un'architettura completamente nuova che ha segnato perlomeno un decennio di processori prodotti da Amd.

La base architetturale deriva infatti dall'azienda NextGen, che stava progettando una Cpu chiamata Nx686 quando fu acquisita dalla casa di Sunnyvale. Costruite a 250 nm le Cpu K6 avevano frequenza da 166 a 300 MHz, 8,8 milioni di transistor ed erano compatibili con le schede madri per Pentium o Pentium Pro. Una versione rivista fu lanciata l'anno successivo, chiamata K6-2 (250 nm, 9,3 milioni di transistor, da 266 a 550 MHz e 64 Kbyte cache L1) e introduceva per la prima volta un nuovo set di 21 nuove istruzioni che vanno ad aggiungersi allo standard x86, chiamate "3DNow!". Nel 1999 Amd introdusse sul mercato l'ultima evoluzione dell'architettura K6: il processore K6-III prodotto a 180 nm e con frequenze da 350 a 550 MHz. Questa Cpu guadagnava a dispetto del modello precedente una cache di secondo livello da 256 Kbyte direttamente a bordo, incrementando nettamente il numero di transistor a 21,3 milioni. Le prestazioni erano nel complesso ottime per la frequenza operativa raggiunta, ma inferiori a quanto ottenibile da Intel con il Pentium III, in grado di funzionare quasi al doppio dei MHz. •

LA CORSA AI MHZ

Intel, con il Pentium III del 1999 intraprese un percorso che segnò profondamente l'evoluzione delle Cpu nei primi anni 2000. Consapevoli della penalizzazione prestazionale delle architetture Cisc rispetto a quelle Risc, Intel decise di modificare l'interno dei propri processori per decodificare le istruzioni complesse in altre più semplici in modo da poter aumentare la velocità di clock e di esecuzione di ciascuna di esse senza però abbandonare il supporto al set di istruzioni x86. Nella pratica ciascuna istruzione veniva pre-elaborata e suddivisa in compiti semplici e data in pasto al sistema in questo modo. La pipeline dei processori di nuova generazione diviene sempre più lunga e con passaggi sempre più semplici, in modo da velocizzarne ognuno il più possibile.

Il Pentium III aveva una pipeline a 11 stadi, che gli permettevano di salire in frequenza in maniera molto più marcata dei corrispettivi Amd. La Cpu era costruita a 250 nm, conteneva 9,5 milioni di transistor e aveva una velocità iniziale di 600 MHz; nei quattro anni della sua produzione, complice anche il passaggio

a 130 nm, il Pentium III superò comunque la barriera del GHz, raggiungendo sui modelli più avanzati 1,4 GHz, con modelli costituiti da oltre 25 milioni di transistor. Il Pentium III segnò inoltre, a metà della propria carriera, il ritorno di parte di Intel al socket, abbandonando i slot per la connessione della Cpu con la scheda madre. La cache L1 di 32 Kbyte affiancata da una L2 da 256 o 512 Kbyte. I consumi si attestarono ai livelli simili ai Pentium II, da 15 a 45 watt. Trent'anni dopo il 4004 la velocità è aumentata circa 2.000 volte e il numero di transistor oltre 5.000 volte.

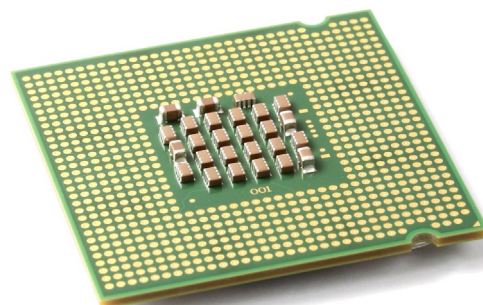
Proseguendo ciecamente per questa strada Intel presentò nel 2000 (2001 e frettivamente sul mercato) l'architettura NetBurst (nome in codice P68), la prima nuova microarchitettura dopo la P6 usata per Pentium II e III, che venne utilizzata sui Pentium 4. Questi processori ebbero una vita molto lunga rispetto agli altri modelli, per via di affinamenti successivi che ne modificarono le caratteristiche ma non il nome commerciale e per alcuni problemi tecnologici che Intel dovette affrontare prima di cambiare nomenclatura ed entrare in una nuova era.

Tale progetto rappresentò infatti due momenti chiave per Intel in termini di consapevolezza del prodotto. Il primo fu relativo ai processori che debuttarono con tecnologia produttiva a 180 nm (nome in codice Willamette), che avevano una pipeline molto lunga (20 stadi) e frequenze piuttosto elevate, da 1,5 GHz fino a sfiorare i 2 GHz a fine vita. Costruiti con 42 milioni di transistor queste Cpu adottavano inoltre una cache L1 da soli 8 Kbyte e una L2 da 256 Kbyte. La novità maggiore fu però l'adozione del nuovo set di istruzioni SSE2, 144 nuove istruzioni dedicate principalmente alle elaborazioni multimediali. I consumi crebbero a dismisura, con valori compresi tra 50 e 75 watt.

Il problema subito offerto da tali processori fu che, a parità di codice e frequenza, risultarono più lenti dei corrispettivi Pentium III. Il motivo, che incontrò molte resistenze da parte dei programmatori, fu che i compilatori dell'epoca, utilizzati per convertire programmi scritti ad alto livello (con linguaggi C, C++, Java o .Net)

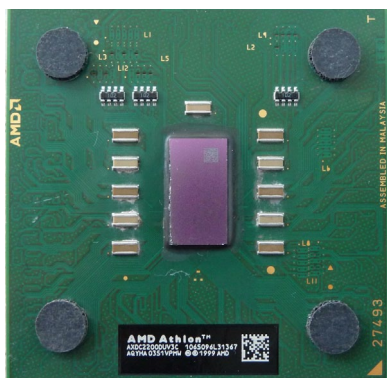


Il primo **Pentium 4** e l'immagine dei contatti di un modello Prescott, il primo a rimuovere i pin dal socket della Cpu e a posizionarli sulla scheda madre.

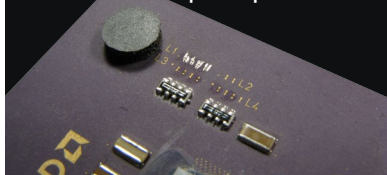


non lavoravano nel modo migliore con una pipeline così lunga, obbligandoli a scrivere del codice in maniera ottimizzata per le nuove Cpu per ottenere le performance desiderate.

La revisione successiva, battezzata Northwood e lanciata nel 2002, era in grado di adottare un processo produttivo a 130 nm, e permise a Intel di scrollarsi finalmente dalle spalle la pesante eredità del Pentium III. Questi processori, lanciati sul mercato nel 2002 con una frequenza base di 2,2 GHz, ebbero un ottimo successo commerciale, con un aumento dei transistor a quota 52 milioni e una cache L1 da 8 Kbyte e una L2 da 512 Kbyte. Grazie al processo produttivo aggiornato questi processori occupavano una frazione dello spazio rispetto a Willamette, con 146 mm² contro i 217 mm² del modello precedente. Il consumo massimo crebbe con i modelli offerti da 50 a 90 watt. In questi anni Intel introdusse un nuovo concetto destinato a fare scuola: l'Hyper Threading. Questo meccanismo interno alla Cpu permetteva di offrire dal punto di vista logico (uno scheduler interno si occupava della suddivisione), due core virtuali per ogni core fisico esistente. All'epoca, con Cpu solo ed esclusivamente single core, questo meccanismo permise di ridurre il carico di lavoro sulla Cpu e ottenere grandi risultati ed aprire la strada a quella che, più avanti, sarebbe diventata la norma: Cpu multicore. Questa caratteristica fu introdotta da Intel per sopprimere alla mancata crescita di



Una Cpu **Amd Athlon XP**, che ha reso famosa l'azienda e uno dei trucchi utilizzati dagli appassionati su questi modelli, nei quali congiungendo con una matita due punti sul chip si sbloccavano frequenze più elevate.



frequenza ipotizzata per tali modelli. I più veloci si fermarono infatti a "soli" 3,06 GHz quando Intel pensava di poter avvicinarsi a quota 4 GHz.

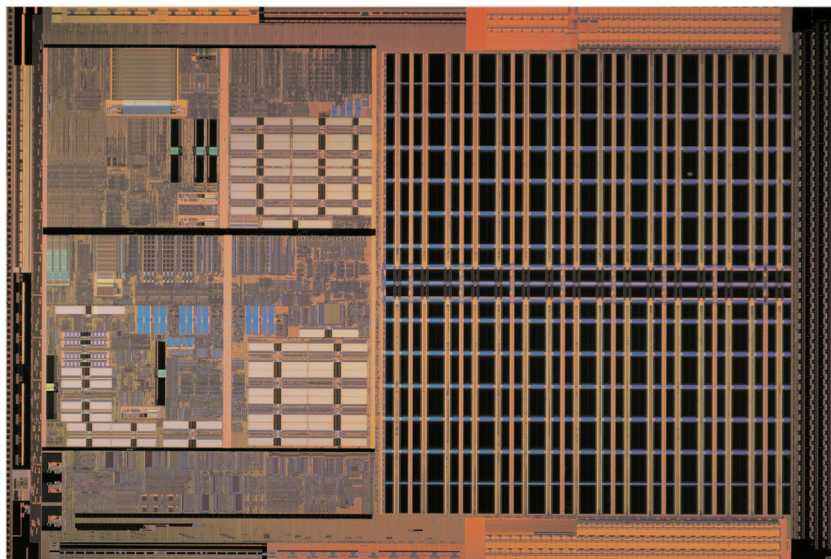
In quegli anni però Intel credeva ancora ciecamente nella propria architettura NetBurst che, secondo le stime, avrebbe portato dopo qualche anno, le frequenze operative a quota 10 GHz con le Cpu Tejas.

La dura realtà della fisica, allora arrivata a livelli produttivi mai esplorati prima, si scontrò con forza con la generazione Pentium 4 successiva, nome in codice Prescott, del 2004. Queste Cpu, costruite a 90 nm, furono le prime a mostrare ad Intel e al mondo come certi limiti fisici non potevano essere superati tanto facilmente (ne parleremo in dettaglio sui prossimi numeri). Basti sapere che tali Cpu integravano 16 Kbyte di cache L1, 1 o 2 Mbyte di cache L2 ed erano costruite con 125 o 168 milioni di transistor. Venne anche aggiunto un nuovo set di istruzioni chiamato SSE3, con 13 nuove istruzioni di tipo vettoriale. I modelli inizialmente annunciati andavano da una frequenza di 3,2 GHz fino a modelli da oltre 5 GHz, mostrando il grande ottimismo di Intel per tale architettura.

I primi prototipi e poi i modelli commerciali fecero emergere una realtà durissima, tanto che Intel non riuscì mai a offrire in commercio modelli in grado di operare oltre i 3,8 GHz. Il motivo principale fu il consumo di corrente, con modelli base accreditati di 84 watt e i top di gamma a quota 115 watt.

Nello stesso arco temporale Amd attraversò uno dei propri momenti d'oro, con l'architettura K7 nel 1999-2003 diede vita a processori che superavano facilmente le prestazioni dei Pentium III e dei primi Pentium 4. Processori costruiti a 180/130 nm con il nome commerciale più famoso utilizzato dall'azienda: Athlon XP (eXtreme Performance). Questi processori sfidarono anche in Pentium 4 con architettura NetBurst con sistemi con pipeline più corte ma più efficienti, in grado di superare a parità di clock i modelli Intel. Per questo motivo fu rispolverato il sistema di PR (Performance Rating), con i modelli Athlon XP 2800+ (questo un modello da 2.250 MHz che, secondo Amd, aveva prestazioni equivalenti a un Pentium 4 da 2.800 MHz). Molti benchmark davano ragione al produttore di Sunnyvale, rendendo questi processori molto diffusi sul mercato, soprattutto tra gli appassionati.

I primi processori a 64 bit:
Amd Athlon 64.
Cpu che hanno segnato un'epoca anche nel formato dual core.



L'ERA A 64 BIT E DEI MULTICORE

Negli anni successivi Amd introdusse però un nuovo concetto che, abbinato all'architettura K8, permise di raggiungere la propria massima espressione tecnologica e diffusione sul mercato (tanto da raggiungere per un paio di anni quote vicine al 50% del totale). I processori a 64 bit.

I primi modelli, battezzati Athlon 64, ebbero un enorme successo commerciale soprattutto però per le ottime prestazioni offerte. I 64 bit e il nuovo set di istruzione x86-64 associato, vennero sfruttati solo molto più tardi rispetto al 2003, anno di lancio di queste Cpu, con i primi sistemi operativi compatibili (il primo fu Windows XP 64, poco diffuso, mentre Vista e successivamente Windows 7 offrono il primo vero supporto stabile alle Cpu a 64 bit).

Questi processori, dotati di frequenze da 2 a 3,2 GHz, misero in ombra Intel per qualche anno che, complice il grande insuccesso delle Cpu Prescott e il tempo necessario per rivedere i propri progetti (cancellazione di Tejas, revisione dei modelli attuali e rapido cambio piano a medio termine) attraversò il peggior momento degli ultimi 40 anni.

Per questi motivi si arrivò nel 2005 alla presentazione dei Pentium D, i primi processori a due core prodotti da Intel, derivati dai Pentium 4 dell'epoca. L'approccio di Intel fu molto conservativo e dettato dalle concomitanze. I processori erano costruiti con due core Pentium 4 fisicamente installati sullo stesso socket, con consumi molto elevati e problemi di calore corrispondenti. Si partiva da

Amd da primato

Le sue Cpu sono state le prime oltre 1 GHz, le prime a 64 bit e le prime dual core sullo stesso die

momento degli ultimi 40 anni.

Per questi motivi si arrivò nel 2005 alla presentazione dei Pentium D, i primi processori a due core prodotti da Intel, derivati dai Pentium 4 dell'epoca. L'approccio di Intel

fu molto conservativo e dettato dalle concomitanze. I processori erano costruiti con due core Pentium 4 fisicamente installati sullo stesso socket, con consumi molto elevati e problemi di calore corrispondenti. Si partiva da

95 watt per le versioni base fino ai 130 watt per i modelli più potenti. Per poter inserire due Cpu sullo stesso socket e mantenere contenuti i consumi Intel dovette produrre processori con clock singolo più basso rispetto ai modelli single core: in commercio arrivarono processori da 2,6 a 3,4 GHz. Solo successivamente si raggiunsero i 3,6 GHz, anche se con consumi molto elevati. Intel dovette forzatamente rispondere alle mosse di Amd che, per prima, produsse Cpu dual core.

Il nome commerciale Athlon 64 X2 portò a processori costruiti con processi produttivi da 90 a 65 nm, prestazioni eccellenti grazie a cache L1 da 128 Kbyte, L2 da 512 o 1.024 Kbyte e frequenze da 2 a 3,2 GHz (con prestazioni molto superiori ad Intel a parità di frequenza). Anche in questo caso Amd utilizzò il "Model Rating", un indicatore delle prestazioni del processore non legato solo alla frequenza. Ad esempio Cpu da 2,2 GHz erano marchiate come 4200+, mentre velocissimi modelli da 3 GHz utilizzavano 5800+ (512 Kbyte di L2) o 6000+ (per 1 Mbyte di cache L2).

“

Intel capì che puntare solo sui MHz e GHz non era la scelta vincente. In quel momento nacque l'architettura "Core".

Nelle ultime versioni di queste Cpu Amd abbandonò per prima qualunque riferimento al clock e, aprendo una nuova era, presentò modelli dotati di una linea seriale piuttosto che di un numero simile alla frequenza.

Intel nel frattempo, dopo qualche anno di insuccesso, presentò sul mercato una nuova linea di Cpu destinata a sbancare il mercato. Negli anni precedenti, complice l'avvento del fenomeno notebook con la necessità di realizzare processori con consumi energetici ridotti e prestazioni sufficienti, consapevoli di non poter adattare allo scopo l'architettura NetBurst,

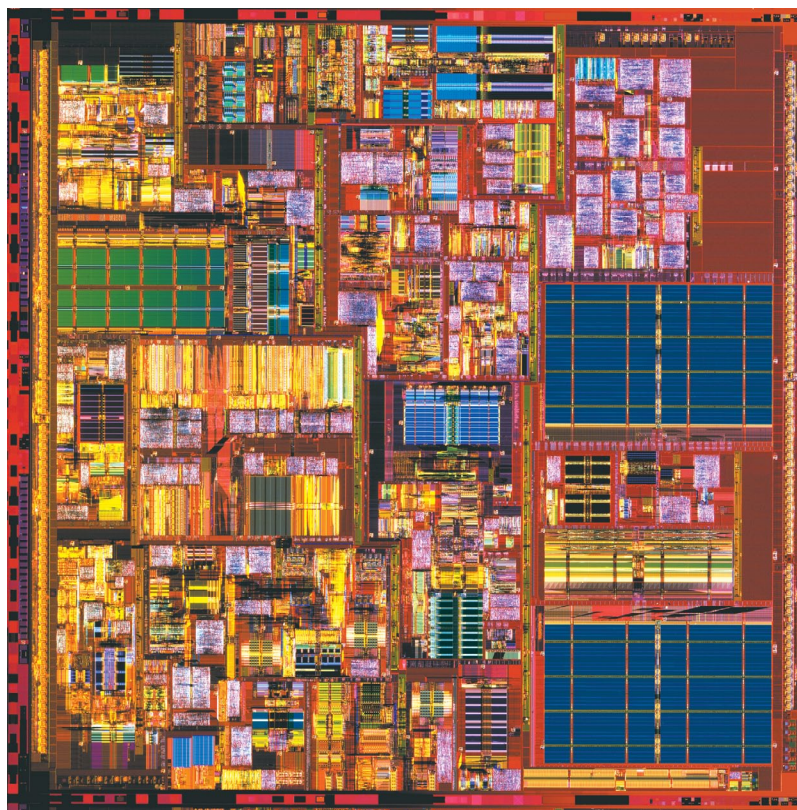
un piccolo gruppo di ricercatori dell'azienda gettò le basi per l'architettura che, in fondo, guida tutt'ora il mercato. Il primo processore di questo tipo, chiamato Pentium M, deriva dal progetto Centrino di Intel, nato ad Haifa in Israele, sede di uno dei centri di ricerca e sviluppo più avanzati di Intel. Il progetto nasce inizialmente con fondi limitati e lo scopo di costruire una Cpu a basso costo e basso consumo da utilizzare nei notebook per sostituire i Pentium III mobile.

Il primo prototipo, chiamato Timna e mai giunto sul mercato, fu realizzato nel corso del 2001 basandosi sui piani dell'epoca di Intel, con l'adozione diretta delle memorie Rambus. Il flop di queste sui primi Pentium 4 portò alla revisione del progetto Timna, che cambiò nome e fu ridisegnato per utilizzare le più economiche memorie Ddr con un nuovo nome in codice: Banias. Il primo processore Pentium M nacque dunque in un momento in cui Intel stava iniziando ad affrontare le prime difficoltà con le prestazioni dei Pentium 4 avendo scelto esclusivamente di puntare sull'aumento della frequenza operativa.

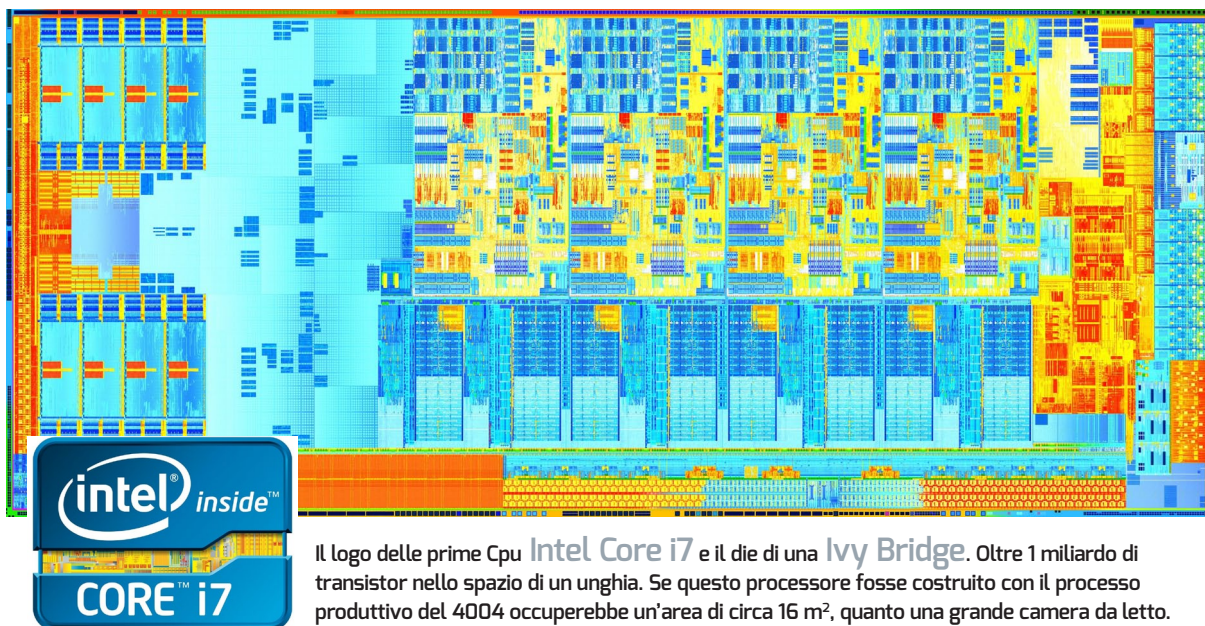
Gli ingegneri israeliani, consci che tale politica non poteva funzionare in ambito mobile per via delle limitazioni energetiche, scelsero l'architettura del Pentium III come base per il nuovo progetto, attingendo alla sezione di comunicazione del Pentium 4 per migliorarne l'efficienza.

Verso la fine del 2002 si ottenne dunque quello che Intel stesso definì come un'architettura basata su "un Pentium III con il bus di un Pentium 4".

Nell'anno successivo venne lanciata tale Cpu: prodotta a 130 nm come Northwood aveva però 77 milioni di transistor (contro i 55 del Pentium 4), frequenze tra 1 e 2 GHz e consumi molto ridotti, tra 7 e 25 watt. Il successo di tale Cpu e della prima piattaforma Centrino di cui faceva parte portò Intel ad investire pesantemente nel progetto presentando a breve distanza le evoluzioni Dothan e Yonah. Dothan, presentato nel 2004, era un Pentium M migliorato con prestazioni superiori, con frequenze da 1,5 a 2,26 GHz, prodotto a 90 nm con 140 milioni di transistor e consumi addirittura ridotti a un massimo di 21 watt. Paragonati ai consumi e alle prestazioni del Pentium 4 Prescott questi numeri



Un Pentium 4 Prescott al microscopio. Per la prima volta la tecnologia dei processori si scontra con limiti fisici di difficile superamento.



Il logo delle prime Cpu Intel Core i7 e il die di una Ivy Bridge. Oltre 1 miliardo di transistor nello spazio di un'unghia. Se questo processore fosse costruito con il processo produttivo del 4004 occuperebbe un'area di circa 16 m², quanto una grande camera da letto.

fecero rabbrivire Intel e decretarono la morte del progetto NetBurst a favore di ingenti investimenti in tale direzione. I modelli Pentium D di cui abbiamo parlato furono solo dei prodotti di passaggio in attesa della vera nuova rivoluzione.

INTEL CORE UNO, DUE O QUATTRO

Nel corso del 2006 Intel annunciò al mondo la propria rivoluzione. Dopo oltre 13 anni di onorato servizio

accantonò il marchio Pentium ormai divenuto sinonimo di consumi elevati e prestazioni non all'altezza (ma sarà rispolverato in futuro) e presentò la propria nuova architettura chiamata Core. I processori desktop presero il nome di Core 2, andandosi ad affiancare ai modelli Mobile chiamati semplicemente Core.

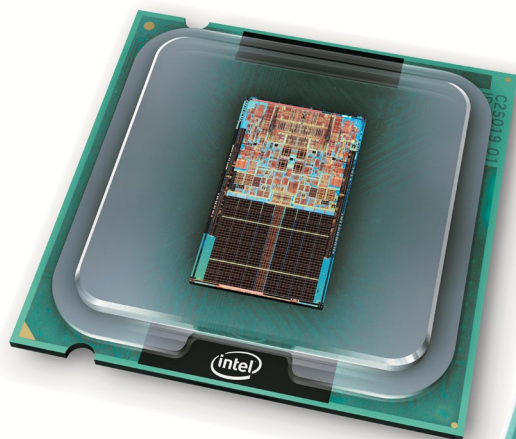
L'architettura derivava da quella dei primi Pentium M, ma con profonde revisioni nell'utilizzo della cache da parte di due core associati, nelle unità di calcolo in virgola mobile e nello sfruttamento delle istruzioni SSE introdotte proprio da Intel.

Il processori, prodotti a 65 nm, integravano 291 milioni di transistor e avevano una frequenza operativa tra 1,6 e 3 GHz doppiando dal punto di vista prestazionale i Pentium D di pari frequenza. Nonostante tutto avevano un consumo massimo limitato a soli 65 watt.

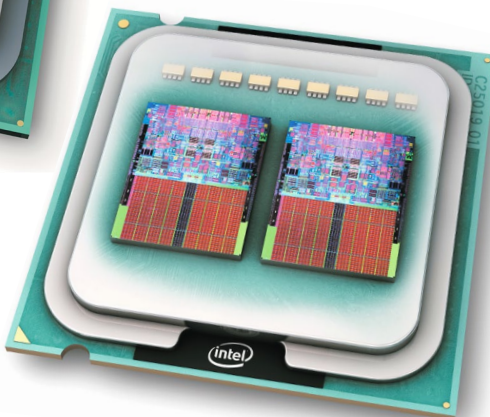
Questo momento di svolta permise a Intel di iniziare una tradizione evolutiva tecnologica che continua tutt'oggi, ovvero quella del tick-tock. Da quel giorno Intel ad anni alterni offre sul mercato una nuova architettura per i propri processori e un aggiornamento per quanto riguarda il processo produttivo. Nel 2007 giunse infatti sul mercato Penryn, processore dotato di architettura di poco aggiornata ma prodotto con il nuovo processo produttivo a 45 nm. Queste Cpu avevano frequenza da 1,2 a 3,06 GHz e integravano 2 o 4 core fisici, 256 Kbyte di cache L1 e 3 o 6 Mbyte di L2 (per 410 milioni di transistor) e con consumi da 10 a 44 watt. Valori impensabili per qualunque altra architettura di fascia alta.

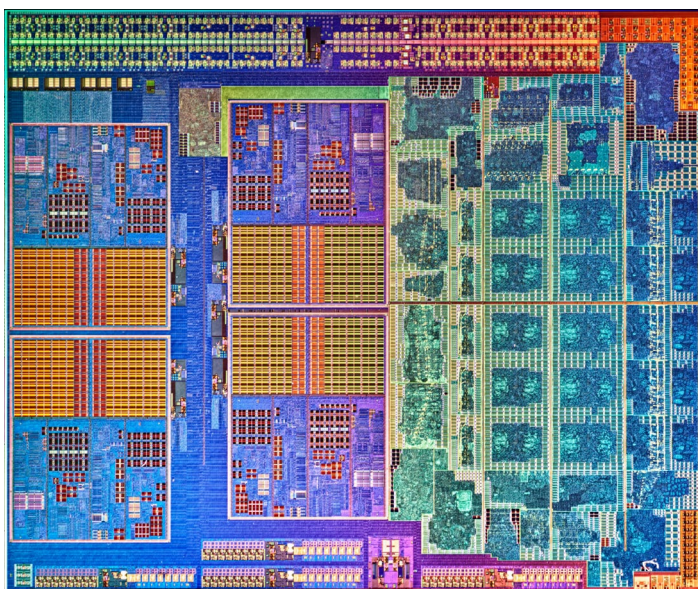
L'anno successivo, nel 2008, Intel annunciò la nuova architettura Nehalem, chiudendo la carriera dell'architettura Core dopo solo 4 anni e preparandosi ai successivi 10 con nuove capacità e piani ben calibrati. Questa architettura, le cui evoluzioni ci accompagnano ancora oggi, è studiata per la scalabilità con il concetto di multicore ed efficienza energetica.

La prima generazione permetteva la creazione di processori da 2, 4 o 8 core grazie al processo produttivo a 45 nm, includeva istruzioni SSE4.1 e SSE4.2 e offriva prestazioni sensibilmente superiori al passato. I processori di punta avevano 731 milioni di transistor su

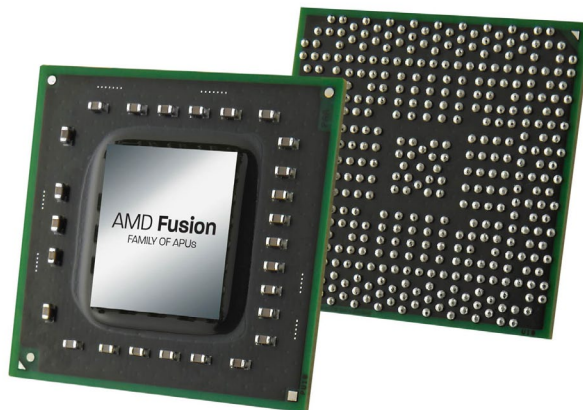


Le Cpu Intel Core 2 Duo e Core 2 Quad. Primi esponenti desktop della nuova architettura Core di Intel che ha caratterizzato gli ultimi 10 anni.





La prima Apu per Pc desktop prodotta da Amd e il frutto concreto del progetto Fusion con un unico chip contenente grafica e Cpu x86.



263 mm², cache L1 di 64 Kbyte per core e L2 di 256 Kbyte per core; per la prima volta compariva una cache L3 da 4 a 24 Mbyte a seconda dei modelli. I consumi andavano da 40 a 130 watt.

In concomitanza con il lancio di questa nuova architettura Intel cambiò definitivamente nomenclatura ai propri processori. Consapevole che in un mercato con chip a 2, 4 o 8 core e con architetture con Hyper Threading o funzionalità accessorie la frequenza operativa non è più fondamentale, suddivise i propri processori in tre fasce distinte, chiamandoli Core i7, Core i5 e Core i3; nomenclatura che resiste tuttora.

Nel 2009 giunse sul mercato il successore produttivo di Nehalem, chiamato Westmere. Queste Cpu adottavano la stessa architettura del precedente modello, con pochi miglioramenti, ma un processo produttivo a 32 nm. Questo permise di inserire addirittura 1,17 miliardi di transistor in uno spazio inferiore a quello richiesto per Nehalem, soli 239 mm². La frequenza da 3,2 a 3,7 GHz comportava consumi di 130 watt mostrando il limite tecnologico dell'architettura.

Intel, ormai consapevole della necessità di una maggiore dinamicità architetturale aveva però già pronto un asso nella manica con Sandy Bridge, seconda generazione dell'architettura "Core i" presentato nel 2011.

Questa nuova architettura integra molte istruzioni aggiuntive e rivede tutti i fondamenti necessari per l'elaborazione incrementando prestazioni e capacità. Viene introdotta in maniera massiva la

funzione Turbo, ovvero la capacità di incrementare la velocità di un singolo core quando gli altri non sono usati. Più di 1,16 miliardi di transistor in uno spazio di 216 mm² permettono consumi ridotti, da 65 a 95 watt, pur con prestazioni superiori al passato. Tali valori, come per i modelli precedenti, sono riferiti alle sole Cpu Core i7 e non alla fascia media Core i5 o Core i3. Il grandissimo proliferare di modelli impedisce di citarli tutti in maniera estesa.

La terza generazione approdò sul mercato nel 2012 con Ivy Bridge, evoluzione a 22 nm di Sandy Bridge, portò anche miglioramenti architetturali degni di questo nome. I 22 nm portarono soprattutto a grandi risparmi energetici,

nonostante 1,4 miliardi di transistor a 3,4 GHz il die è grande solo 160 mm² e i consumi limitati a 77 watt massimi. La quarta generazione fu Haswell, del 2013, che migliorò architetturalmente quanto di buono già visto permettendo a Intel, per la prima volta da oltre un decennio, di superare le barriere di frequenza che avevano bloccato il progresso dei Pentium 4, offrendo versioni in grado di raggiungere i 4,4 GHz. I modelli Core i7 di Haswell di fascia più alta hanno 1,4 miliardi di transistor stipati in 177 mm², e un consumo compreso tra 35 e 88 watt. Intel in questi processori ha introdotto anche il supporto, per le versioni con Gpu integrata più potenti, di una cache di quarto livello dedicata

CISC VS RISC

Cisc (*Complex Instruction Set Computer*) e Risc (*Reduced Instruction Set Computer*) sono due modi complementari con cui sono stati storicamente costruiti i set di istruzioni per le Cpu. Un set di istruzioni è semplicemente un vocabolario con le istruzioni eseguibili dai processori, codificate tramite parametri ben definiti. I processori eseguono infatti le istruzioni in maniera diretta, eseguendo le operazioni richieste sui parametri di input forniti. Un'istruzione ad esempio può essere la somma, solitamente costituita da un codice e da tre dati. Il codice indica al processore che deve eseguire una somma, i tre dati indicano i registri interni da cui rendere gli operandi e dove mettere il risultato. La differenza principale tra le due filosofie è che nella modalità ridotta si hanno poche istruzioni di base, tutte molto semplici, mentre nella modalità complessa il set di istruzioni è



alla Gpu di ben 128 Mbyte. Nel 2014 il processo di tick-tock di Intel prosegue con il nuovo processo produttivo a 14 nm, anche se in sintesi si può parlare di una piccola pausa nel proprio progresso. Consapevole del grande vantaggio accumulato negli anni rispetto al rivale storico Amd, il colosso di Santa Clara ha presentato una revisione a 14 nm delle proprie Cpu (Broadwell), in attesa di essere applicata sulla quinta generazione architetturale Core prevista per la seconda metà del 2015, nome in codice Skylake.

Ad oggi Intel può vantare, nella fascia Core i7 desktop, di Cpu operanti con 4 core a 4,4 GHz (6.000 volte il primo 4004), con 1,7 miliardi di transistor (oltre 700.000 volte il primo modello).

AMD PHENOM E LE APU

Nel corso dello stesso periodo di gloria di Intel dovuto alla nuova architettura Core, Amd passò attraverso una fase di contrazione. Le Cpu prodotte in questo lasso di tempo furono nel complesso valide, pur non riuscendo a raggiungere le prestazioni di Intel.

I modelli Athlon furono relegati alla fascia economica del mercato, mentre in quella alta debuttò la famiglia Phenom. Disponibile in varie versioni, da X2 a X6 (il numero di core), permise all'azienda di passare un periodo di stasi durante il quale si focalizzò su un nuovo obiettivo commerciale: il progetto Fusion.

Iniziato con l'acquisizione di Ati Technologies, uno dei grandi produttori di Gpu insieme a Nvidia, questo progetto portò Amd a integrare per prima una componente Gpu all'interno dei propri processori, prima come chip separato sullo stesso socket poi come parte integrante del processore, che abbandonò così l'acronimo Cpu (*Central Processing Unit*) diventando Apu (*Accelerated Processing Unit*).

Il tutto nacque nel 2005 quando Amd, consapevole dei problemi di Intel, volle passare a un livello successivo cercando di spiazzare il concorrente. Dopo una corte serrata a Nvidia, conclusasi con il secco "no" da parte di Jen-Hsun Huang, AD di Nvidia, Amd acquisì Ati Technologies per una cifra pari al 60% dell'allora valore della stessa Amd.

Gli anni successivi furono molto difficili per l'azienda. Da un lato Intel si risollevò molto bene dall'insuccesso del Pentium 4 e Nvidia presentò schede grafiche molto valide in quegli anni. Amd al proprio interno dibatteva voracemente su come integrare la Gpu all'interno della Cpu, quali calcoli fare eseguire a una e quali all'altra parte, scontrandosi contro un muro di gomma dovuto all'architettura integrata. Le Cpu utilizzavano infatti un processo produttivo con connessioni particolari che le rendeva molto veloci, che non

poteva essere utilizzato per le Gpu e viceversa. I passi evolutivi a 65 e 45 nm furono utilizzati per rendere sempre più vicine le componenti, ma solo con i 32 nm fu davvero possibile completare la "fusione" tra i due mondi e presentare le Apu che conosciamo oggi.

Il 2011 fu l'anno decisivo, quello in cui i primi processori, chiamati A4, A6 e A8 furono presentati sul mercato. Per la prima volta in un singolo chip Cpu e

Gpu coesistevano e collaboravano attivamente, offrendo buone prestazioni in entrambi i campi di applicazione.

Gli anni successivi portarono le Apu di Amd a continui miglioramenti pur risultando contenute da un processo produttivo limitato a 32 nm prima e 28 nm successivamente. Attualmente

lo stato dell'arte di tali Apu permette ad Amd di combattere ad armi pari con Intel nella fascia bassa e media del mercato, mentre non riesce a duplicare le prestazioni del colosso di Santa Clara nei top di gamma.

I modelli migliori hanno frequenze superiori a 4 GHz, quattro core Cpu e 512 unità Gpu integrate con consumi da 65 a 95 watt.

Amd ha annunciato, per il 2015 e il 2016, nuove generazioni che dovrebbero colmare il gap architetturale con Intel anche nella fascia alta, rinforzando una concorrenza che ha segnato gli ultimi 30 anni di evoluzione tecnologica.

Partner e avversari

Amd e Intel hanno contribuito per 45 anni a rendere il mercato quello che è oggi

molto più ampio e permette al processore di eseguire un'operazione complessa tramite una sola istruzione. Esempio pratico è ad esempio la lettura di un dato dalla memoria Ram, la sua modifica e il salvataggio del risultato in un altro punto della memoria. Con un classico set ridotto per l'esecuzione di questi comandi sono necessarie diverse istruzioni: tendenzialmente una per leggere il dato da memoria e metterlo in un registro, una per modificare il dato e salvarlo in un altro registro e una terza per spostare il dato dal registro alla memoria nella nuova posizione. Con un set complesso di solito esiste una singola istruzione che legge, modifica e scrive in un unico passaggio. La differenza è che processori Risc sono tendenzialmente più rapidi ad eseguire le singole

istruzioni, più veloci rispetto ad un processore Cisc che produce il medesimo effetto.

Se i modelli Risc sono nel complesso più efficienti ci si può chiedere il perché la maggior parte dei processori attuali sia Cisc. Il motivo è da ricercarsi nel periodo storico in cui vennero creati, ovvero mentre molti progettisti cercarono di colmare il divario tra i linguaggi di programmazione di alto livello con i set di istruzioni, troppo semplici, nelle Cpu, per evitare che i compilatori creassero del codice mal ottimizzato.

A oggi, per mantenere la retrocompatibilità con i programmi del passato, tutti i nuovi processori integrano istruzioni Cisc, spesso decodificandole al loro interno in microistruzioni più semplici.