

Parte prima: Sistemi di elaborazione

- Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione
- Hardware e software
- Architettura di un elaboratore
- Il processore
- La memoria centrale e quella di massa
- I dispositivi di I/O

Nota bene: Queste sono copie dei lucidi del corso di "Informatica Generale A" per il CdL in Scienze delle Comunicazioni, tenuto dal prof. Paolo Ciancarini. Sono disponibili nel formato PDF all'indirizzo <http://www.cs.unibo.it/~cianca/wwwpages/sdc.html>

Data di versionamento di questo documento: 8 gennaio 2001

Tecnologie dell'Informazione e della Comunicazione

Information and Communication Technologies (ICT) : complesso di industrie e prodotti coinvolti in attività di creazione, raccolta, elaborazione, immagazzinamento e distribuzione (comunicazione) di vari tipi di informazioni (dati, audio, video) in forma digitale, e tutti i processi e gli strumenti che rendono tutto ciò possibile

A partire dagli anni '40, l'ICT è progressivamente cresciuta di importanza militare, industriale, commerciale, sociale e politica

Alcuni esempi in ordine cronologico:

Anni '40 (seconda guerra mondiale): crittografia

Anni '50: prime applicazioni business

Anni '60: software "mission critical" (es.: missione Apollo)

Anni '70: personal computer, office automation

Anni '80: informatica distribuita, progetto "Scudo stellare"

Anni '90: Internet diventa uno strumento di comunicazione

Anni '00: la Rete integra computer+TV+telefono

Anni '10: la Rete diventa ambito principale dei commerci

Ciclo di elaborazione dell'informazione

- *Input*: le informazioni (inizialmente sotto forma di dati) entrano in un elaboratore, attraverso tastiera, scanner, mouse, microfono, video-camera ...
- *Elaborazione*: il computer elabora le informazioni (compara, ordina somma numeri, o formatta testi o permette l'editazione di suoni, immagini fisse o in movimento)
- *Output*: per vedere o sentire il prodotto dell'elaborazione di un computer, questo va essere "scritto" su una stampante, su uno schermo o su un altoparlante... In alternativa, esso può anche essere trasferito ad un altro dispositivo per ulteriori elaborazioni
- *Immagazzinamento*: il computer può immagazzinare permanentemente il risultato delle sue elaborazioni, per un successivo riutilizzo, attraverso vari tipi di dischi e nastri
- *Distribuzione*: i dati possono essere stampati, salvati su disco removibile o distribuiti direttamente attraverso reti di computer tra loro collegati (es. annessi a e-mail o pubblicati su siti Web)

Hardware e software

L'ICT poggia su due “gambe”: hardware e software

Hardware: il termine include qualsiasi dispositivo fisico tangibile, concreto, tipicamente contenente componentistica elettronica, in grado di eseguire una qualche attività di elaborazione dell'informazione all'interno di un sistema informatico

L'hardware include non solo il computer e dispositivi tipo schermo, tastiera, ..., ma anche altri componenti che servono per "assemblare" un sistema informatico (ad es. i cavi che permettono di collegare due computer via rete, o le antenne che ne permettono il collegamento via radio, eccetera)

Software: sequenze di istruzioni che guidano l'hardware e definiscono con precisione l'esecuzione di un dato compito

Nota. Secondo alcuni autori si chiama software anche l'insieme degli archivi che contengono i dati su cui lavorano i programmi: per esempio, sarebbe software anche l'archivio che contiene un film o un brano musicale. Noi nel seguito preferiamo parlare in questo caso di *documenti*, o più genericamente di *contenuti (contents)*

Il computer

L'oggetto "computer" è alla base della moderna ICT. Esistono computer che occupano da soli enormi stanze con aria condizionata, altri trovano posto su una scrivania o in valigia, altri addirittura in un orologio da polso o in un cellulare

Computer: macchina capace di eseguire algoritmi che elaborano dati in forma binaria

Il nome "completo": *electronic digital computer*

- *electronic* significa che utilizza componenti elettronici per rappresentare ed elaborare l'informazione
- *digital* significa che rappresenta le informazioni utilizzando segnali digitali che rappresentano cifre binarie. Com'è noto, due segni distinti (es. 0 e 1) sono sufficienti a codificare qualunque informazione: numeri, caratteri, parole, suoni, immagini, film, relazioni astratte
- *computer* significa che può immagazzinare dati (ha una *memoria*) e elaborare programmi (ha un *processore*) scritti in un insieme di istruzioni prefissato, detto *linguaggio macchina*

Alcune frasi celebri

Frase celebri sul computer:

- *Nel futuro i computer peseranno non meno di 1.5 ton*
(Popular Mechanics 1949)

- *Penso che ci sia mercato nel mondo per non più di cinque computer*
(Thomas Watson, chairman di IBM, 1943)

- *Ho girato avanti e indietro questa nazione (USA) e ho parlato con la gente. Vi assicuro che questa moda dell'elaborazione automatica non vedrà l'anno prossimo*
(Editor dei libri scientifici di Prentice Hall 1947)

- *Non c'è ragione per cui qualcuno possa volere un computer in casa sua*
(Ken Olson, fondatore di Digital, 1977)

... e si potrebbe continuare

Cosa è il software?

Ciò che aziona un computer (che è una macchina "generica", in Inglese: *general purpose*) è un insieme di istruzioni, chiamate *programma* (o software), che vanno caricate in memoria centrale, la cui esecuzione permette l'elaborazione (semi)automatica di dati

Nella maggior parte dei computer esistono due tipi di software: *il sistema operativo* e *i programmi applicativi*.

- *sistema operativo* (es.: DOS e Windows della Microsoft, oppure MacOS di Apple, oppure Linux) è un programma che abilita e facilita gli utenti nell'esecuzione di programmi applicativi sull'hardware del computer

- *programmi applicativi* (es.: MS Word, MS Excel, Netscape Navigator, o Adobe Photoshop) sono programmi distinti che permettono l'esecuzione di compiti specifici, che possono essere molto diversi. Ne esistono moltissimi: si calcola che esistano circa 100.000 programmi abilitati ("compatibili") dal sistema operativo più diffuso, cioè MS Windows

Il sistema operativo

L'industria ICT è di tipo “orizzontale”: il consumatore confeziona il prodotto “computer” scegliendo i componenti preferiti in un mercato organizzato per fasce orizzontali

Vendita e distribuzione: negozi, superstore, dealer on-line

Applicazioni: Office, WordPerfect, SuperMarioBros, ecc.

Sistemi operativi: DOS e Windows, MacOS, Linux, Unix

Computer: Compaq, Della, IBM, HewlettPackard, ecc.

Chip: Intel, Motorola, Amdhal, ecc.

La funzione dei sistemi operativi è duplice:

⇒ offrire agli *utenti* un insieme di servizi di base (“interfaccia”) per gestire documenti e applicazioni

⇒ offrire alle *applicazioni* un insieme di servizi di base per gestire i dispositivi in modo uniforme

Importante: ogni computer funziona sotto il controllo di un sistema operativo; la scelta del sistema operativo determina quali applicazioni potranno girare su un certo computer

I programmi applicativi

I programmi applicativi oggi più comunemente utilizzati appartengono alle seguenti categorie:

- *programmi di video-scrittura* (es. Microsoft Word)
- *browser*, usati per “navigare il Web” e spedire posta elettronica (es. MS Explorer, Netscape Communicator)
- *fogli elettronici*, usati per manipolare e analizzare numeri e dati (es. Microsoft Excel)
- programmi per la gestione di banche di dati (*database*), utilizzati per conservare ed elaborare dati strutturati
- programmi per *creare applicazioni multimediali/grafiche*, manipolare foto, fare presentazioni con audio/video, ecc.
- *videogiochi*
- *emulatori* (di altro hardware, di altro sistema operativo)

Importante: ad ogni programma applicativo corrisponde di solito un *formato* specifico dei documenti che riesce a trattare

Come si acquisisce il software

È molto semplice comprare hardware; acquisire il software "giusto" per risolvere un certo compito è di solito più difficile

Opzioni:

- comprare un programma "di largo consumo"
- costruire un programma da soli
- far costruire un programma a qualcun altro

Il commercio del software:

- software commerciale
- software shareware
- software freeware
- software di dominio pubblico

La distribuzione del software:

- a cura di personale specializzato
- in negozi specializzati
- per posta
- via Internet

Protezione legale del software

Il software è un'opera dell'ingegno: chi lo produce è un autore che ha diritto ad un compenso

Copiare software abusivamente è illegale

La legge italiana 248/2000 punisce col carcere da 6 mesi a 3 anni chi duplica abusivamente software

Equivalenza di Hw e Sw

Importante: Hardware e software sono logicamente equivalenti, perché ogni operazione eseguita da una istruzione software può essere *implementata* (= realizzata) direttamente in hardware, e ogni istruzione eseguita da un componente hardware può essere “simulata” da una istruzione software; inoltre, un sw per un hw specifico A può essere eseguito su altro hw B se si ha disponibile un *emulatore* sw per A su B

Esempio:

un emulatore permette di giocare su PC con i videogiochi del Commodore64 o della PlayStation (www.emuita.it)

La decisione di realizzare una funzione informatica in componenti hw oppure in componenti sw oppure per emulazione è basata di solito su fattori quali i seguenti:

Costo della realizzazione

Velocità di elaborazione richiesta al componente

Affidabilità richiesta al componente

Eventuale portabilità su architetture diverse

Frequenza dei cambiamenti da apportare al componente

I dati

Hardware e software vengono progettati per manipolare dati.

Lo hardware manipola solo dati in forma digitale (binaria)

I diversi programmi applicativi esistenti manipolano una tipologia di dati sorprendentemente varia: si va da dati semplici (lettere e numeri) a dati complessi (audio e video)

- *dati numerici*, per gestire paghe, prezzi, stipendi, budget o esperimenti scientifici;
- *parole*, presenti in lettere, rapporti, articoli, libri e scritti vari. Hanno dato luogo al mercato del *desktop publishing*;
- *tabelle*, organizzate di solito in *database*
- *grafici*, rappresentazioni grafiche/tabellari di dati numerici;
- *foto e immagini fisse*, possono essere conservate, editate, inserite in altri documenti per dare luogo a presentazioni multimediali;
- *caratteri e figure in movimento*, per dare animazione a documenti elettronici;
- *Suoni*, come musica, voce, o effetti sonori, possono essere conservati, editati, trasmessi e ascoltati;
- *Video*, come pellicole cinematografiche o registrazioni TV possono essere conservati, editati, trasmessi e visti;

Cosa facciamo con un computer?

È diffusamente utilizzato

nel Commercio:

- Automatizzazione e/o controllo delle transazioni tra fornitori, produttori e consumatori (*business to business*)
- Analisi finanziarie (mercato, vendite, costi/ricavi, ...)
- Desktop Publishing, cioè scrittura, impaginazione, colorazione dei testi e delle immagini per produzione di pubblicazioni raffinate e professionali, per creare listini prezzi, cataloghi, manuali, giornali, libri, manifesti, ...

nell'Industria:

- Automatizzazione del processo di progettazione e produzione dei manufatti tramite sistemi di CAD (Computer Aided Design) and CAM (Computer Aided Manufacturing)
- Pianificazione e controllo dei processi industriali in fabbrica. I computer controllano anche robot che hanno sostituito l'uomo in qualche fase di una catena produttiva
- addestramento e istruzione (a distanza) di personale sulle procedure e le tecniche richieste durante il lavoro (applicazioni di Computer Based Training vanno da semplici sistemi di help on line a sofisticati strumenti di realtà virtuale, quali quelli utilizzati da compagnie aeree e militari per addestrare piloti)
- Creazione di ambienti virtuali, di ausilio alla progettazione di edifici in architettura

Cosa facciamo con un computer?

a Casa:

- per giocare, studiare e usufruire di servizi educativi, quali la visualizzazione di dizionari, enciclopedie, filmati e manuali (con il collegamento a un lettore di CD)
- mediante l'allaccio alla linea telefonica (attraverso un modem ed un provider), si accede al World Wide Web (WWW), e da qui si può accedere a servizi di commercio elettronico *business-to-consumer* - es. on-line shopping o home-banking o trading-on-line -, ai servizi *administration-to-consumer* offerti dalle reti civiche delle pubbliche amministrazioni quali comune, provincia, regione, ministeri, per ottenere informazioni, certificazioni, prenotazione di altri servizi (CUP), ...
- via Internet si può accedere a servizi di intrattenimento, quali video-on-demand, musica on-line, musei virtuali, servizi di informazione (giornali, televideo, canali radio o TV)...

Cosa facciamo con un computer?

nell'Industria TV, Cinematografica e Musicale:

- per creare effetti speciali nel cinema (o in TV) con grande risparmio di tempo e denaro, evitando rischi alle persone;
- per ascoltare o creare musica (tramite la connessione ad uno stereo o ad un sintetizzatore)
- per ascoltare canali TV e radio digitali

nella Scienza e nell'Ingegneria:

- applicazioni a chimica e fisica (simulazioni, data mining)
- applicazioni alla medicina (misurazioni e diagnosi)
- applicazioni alla topografia (creazione di mappe)
- applicazioni alla sismografia (rilevazione e monitoraggio)
- applicazioni alla astronomia (il telescopio Hubble, lanciato in orbita affinché sia libero dalle distorsioni introdotte dall'atmosfera, è telecomandato da un computer)
- applicazioni alla matematica (elaborazione simbolica - computer algebra)

Nota: su www.ict-job.it trovate un elenco delle figure professionali nell'ambito della ICT più ricercate in Italia

Dove sono i computer?

Dove sono i computer? Quasi dappertutto:

esistono grandi sistemi di elaborazione di cui ci serviamo continuamente in remoto, via reti

Esempi: Bancomat e carte di credito, prenotazione di biglietti aerei o ferroviari, previsioni del tempo, sistemi di difesa integrata

esistono piccoli sistemi di elaborazione, di solito altamente *mobili*, o addirittura indossabili (wearable computers), di cui ci serviamo senza che li vediamo

Esempi: palmtop, controllo del sistema dei freni di una automobile, rilevazione del posizionamento satellitare GPS, decodificatore (SetTop Box) per TV via satellite o digitale, macchine per giocare (es. PlayStation), orologi e cellulari di nuova generazione, riproduttori musicali MP3, ecc...

Tipi di elaboratore

Gli elaboratori elettronici sono alla base di tutti i moderni sistemi di elaborazione dell'informazione

Esiste oggi un ampio spettro di tipi di calcolatore

Tutti i tipi di computer hanno in comune una struttura astratta composta da quattro componenti fondamentali:

unità di calcolo (detta processore, o CPU)

unità di memoria (RAM, ROM, disco, nastro, card)

dispositivi di ingresso (es. mouse, joystick, tastiera)

dispositivi di uscita (es. schermo, stampante, altoparlante)

In tutti i casi il componente più importante di un singolo sistema è l'unità che conserva in modo permanente i dati ed i programmi: di solito uno o più "dischi fissi" costituiscono il "centro" del computer, ovvero il componente più importante

I più potenti calcolatori, utilizzati da grandi organizzazioni o dipartimenti all'interno di grandi organizzazioni sono dei seguenti tipi:

- *Supercomputer*
- *Mainframe*
- *Minicomputer*

Supercomputer

I supercomputer offrono la più grande potenza di calcolo al prezzo di un alto costo hw e sw; sono utilizzati per applicazioni di tipo tecnico/scientifico, come previsioni del tempo, automobile design, o creazione di effetti speciali nei film

Un recente supercomputer prodotto da Intel è in grado di eseguire mille miliardi di operazioni al secondo: mentre la maggior parte dei calcolatori ha un singolo *processore*, tale supercomputer ne possiede 7000, capaci di eseguire 7000 operazioni in parallelo

È stato stimato che tale supercomputer può calcolare in un secondo quanto tutti gli abitanti degli USA riuscirebbero a calcolare a mano in 125 anni!

Altro esempio storico: CRAY 1

Mainframe (o server)

I mainframe offrono una notevole potenza di calcolo; sono le macchine tipicamente utilizzate dalle grandi organizzazioni per sopportare grossi carichi di lavoro di carattere continuativo

utilizzati per *business functions* centralizzate (gestione di grandi magazzini, gestione di paghe e pensioni)

(soprattutto tempo fa) occupano larghi spazi (una intera stanza, decine di metri quadri) ed erano gestiti, mantenuti, programmati da uno staff di specialisti

Esempio storico: IBM/360/370/3080/3090

Minicomputer

Un minicomputer offre una potenza di calcolo ridotta rispetto ai mainframe, tipicamente utilizzato da piccole organizzazioni o da piccoli dipartimenti all'interno di una organizzazione

- ⇒ di dimensioni ridotte rispetto ai mainframe, ma di costo sostenuto
- ⇒ necessita di uno staff ridotto per la gestione rispetto ai mainframe

esempio storico:

Digital PDP 1/PDP 8/PDP 11 negli anni '60-70;

nel 1961 il PDP 1 costava \$120.000,

nel '66 il PDP 8 \$ 16.000

Reti

Supercomputer, mainframe, minicomputer possono offrire servizi di elaborazione a centinaia o migliaia di utenti distribuiti all'interno di un unico edificio o sparsi nel mondo

La connessione di diversi computer tra loro che diventano capaci di comunicare è detta *rete di calcolatori* (network)

Mano a mano che le reti sono cresciute in importanza, complessità, potenza di calcolo, e diffusione il ruolo degli elaboratori di grossa potenza (super/mini/mainframe) è gradatamente scemato. Tuttavia spesso essi occupano ancora oggi (a causa della loro grande potenza di calcolo e relativo costo) posizioni speciali all'interno delle reti

ad esempio, sono spesso loro, all'interno di una rete, che conservano e processano i dati cui accedono altri computer di minore potenza e costo,

oppure sono spesso loro che eseguono il software di comunicazione che permette agli altri calcolatori di *colloquiare*

Per tali motivi, essi sono, ad un certo punto, divenuti noti con il nome di **server**

Server

Oggi anche un *desktop computer* o una *workstation* possono offrire una notevole potenza di calcolo, ed in forza di ciò essere utilizzati come server (*confusione terminologica*)

È ragionevole chiamare **server** tutti quegli elaboratori (di potenza adeguata) che offrono, all'interno di una rete di calcolatori, qualche servizio di tipo elaborativo o di comunicazione

"It's fashionable to call almost every powerful computer a server in the hope that it will sell better" (CEO di IBM, 1994)

Oggi un *server* può stare su una scrivania o in valigia, o addirittura occupare un'intera stanza

Personal computer

Un *Personal Computer* (PC) è un computer di piccole dimensioni e costo contenuto (circa 1000-5000 US \$), quindi adatto per uso personale sia a casa che in ufficio

La genesi dei PC si può fare risalire al 1972: Intel produce la prima CPU su singolo chip (4004, progenitore dei più noti 8080/8086/88/286/386/486/Pentium). Nascono i primi calcolatori e i primi sistemi di controllo per piccoli dispositivi (frigo, ascensori, lavatrici) basati su microprocessore

Nel 1980 IBM entra nel mercato dei PC scegliendo un processore Intel e definendo un'architettura hardware "aperta", oggi detta "IBM-compatibile"; Bill Gates riesce a convincere IBM ad usare il sistema operativo DOS per il suo nuovo PC

Non dimentichiamo Apple (Steve Jobs) e il processore Motorola 68000, alla base dei Macintosh

A partire dalla metà degli anni '80 crollano i prezzi dei PC: ogni famiglia ne può agevolmente comprare uno o più

A partire dalla metà degli anni '90 i PC possono facilmente essere connessi tra loro, in reti casalinghe, cittadine o geografiche

Terminali e network computer

Un *terminale* ha funzionalità limitate rispetto ai PC

Possiede solo uno schermo, la tastiera e le componenti elettroniche che permettono di collegarsi ai computer cui è connesso

Manda informazioni al computer, che le elabora e restituisce i dati da visualizzare.

I *network computer* sono l'evoluzione dei terminali per supportare Internet: in sostanza sono PC senza disco rigido

Un network computer dipende da altri computer per dati e programmi, ma ha tuttavia la capacità di elaborare in locale (basati su sistemi operativi ridotti quali Windows CE e Jini, ...)

Nota: alla fine degli anni 70, i sistemi mainframe/terminali offrivano la quasi totalità della potenza di calcolo del mondo; oggi questi calcolatori costituiscono solo l'1% della potenza di calcolo mondiale, il restante 99% è sono PC connessi in rete ...

Altri tipi di computer

- *Desktop computer*: PC progettati per risiedere in permanenza su una scrivania, alternativi ai Portable PC
- *Workstation*: piccole come PC ma tipicamente più potenti (almeno fino a prima dell'avvento di Pentium) usate per applicazioni tecnico/scientifiche di piccola scala (elaborazione delle immagini,...). Esempi: SUN e Silicon Graphics
- *Laptop, Notebook*: più piccoli dei PC e leggeri (da borsa o valigia). Funzionano con batterie ricaricabili, e possono essere usati in viaggio. Tornati a casa, possono essere alloggiati in docking station ed assumere così le sembianze di normali desktop PC
- *handheld o palm top*: dimensioni ridottissime; hanno tastiere piccole ma atte a supportare word processing o applicazioni che richiedono l'input di molti dati
- *Personal digital assistant (PDA)*: i più piccoli (senza tastiera, utilizzano lo schermo ed una penna elettronica). Possono fungere da: organizer per gestire appuntamenti o agende di indirizzi, o dispositivi per mandare messaggi di posta elettronica e navigare sul Web
- *Game computer*: supportano videogame (es. PlayStation della Sony) (prezzo \$ 100-500)
- *embedded computer* cablati in oggetti quali orologi, automobili, telefoni, televisioni, forni a microonde, CD players (electronic appliances) (prezzo \$ 10)
- *disposable computer/smart card*, cablati in oggetti in dello spessore di un foglio (greeting cards, ...) (prezzo \$ 1)

Utenti tipici

Le case produttrici di sistemi di elaborazione hanno vasti cataloghi di modelli, utili per diverse tipologie di utenza

Per es., secondo il Gartner group (Oct 1998):

Tipologia	Esempio
High performance user	CAD, financial trader
Knowledge worker	Analyst/Executive
Mobile worker	Sales/Executive
Process worker	Claims processing
Data entry	Order entry, shop floor, airline reservation

Configurazioni tipiche di sistema:

Kiosk	Single application, started automatically anonymous users, no data saved
Task Station	Single application, no adding or removing applications, very high security
Application station	Simple desktop, small number of applications
Public computing environment	Very high security, core applications on every machine, no personal settings
Desktop	High security; multiple applications, multiple documents, personal settings
Laptop	As desktop, plus offline documents

Il progresso tecnologico

Il passaggio dai primi ingombranti calcolatori (ENIAC) ai moderni computer “integrati” o addirittura “indossabili” è legato alla capacità di costruire e installare su un unico chip (della dimensione di pochi cm²) sempre più processing unit

G. Moore (cofondatore di Intel) nel 1965 notò che:

- ogni 3 anni veniva introdotta una nuova generazione di chip;
- su ognuno di tali chip erano contenuti 4 volte processing units (PU) rispetto al chip della generazione precedente
- il numero di PU su un chip cresceva negli anni in maniera costante

Attualmente la **legge di Moore** suona così:

il numero di PU in un chip raddoppia ogni 18 mesi, ovvero aumenta del 60% ogni anno

finora è stato sempre così: in 25 anni si è passati da 2300 PU nel 4004 del 1971 a 7.5 milioni del Pentium II

a questo rate i chip del prossimo decennio conterranno 50-100 milioni PU in grado di eseguire 2 miliardi di istruzioni per secondo

(nel futuro: quantum computing, PU grandi come atomi)

Costi e benefici

La legge di Moore è alla base di un circolo virtuoso per produttori e consumatori: progressi nella tecnologia (transistor/chip) inducono prodotti migliori e prezzi più bassi

Si possono produrre computer sempre più potenti mantenendo più o meno sempre lo stesso prezzo (pensate agli ultimi PC con Pentium)

NOTA BENE: si potrebbe produrre lo stesso computer a prezzo sempre più basso, ma questo non lo fa quasi mai nessuno!

Inoltre, prezzi bassi portano a costruire sempre nuove applicazioni (chi produrrebbe giochi elettronici se un PC costasse un milione di euro?)

Il primo computer elettronico

Seconda guerra mondiale (1943): i tedeschi mettevano a crisi le flotte anglo-americane con l'utilizzo dei sottomarini

Gli ammiragli tedeschi da Berlino comunicavano con i propri sottomarini con messaggi cifrati codificati da una macchina chiamata ENIGMA (la cui progenitrice era stata inventata e progettata anni prima da Thomas Jefferson, presidente USA)

I servizi segreti britannici riescono a ottenere (pagandolo) dai servizi segreti polacchi (che l'avevano rubata ai tedeschi) un altro esemplare di Enigma

Dopo un po', gli inglesi sono in grado di decodificare i messaggi tedeschi, ma la decodifica di ogni messaggio richiede molti calcoli: i tecnici inglesi finivano la decodifica quando oramai il messaggio intercettato era "obsoleto"

Gli inglesi affidano al matematico britannico Alan Turing il compito di costruire una macchina in grado di decodificare i messaggi di Enigma in tempo utile

Turing progetta e realizza COLOSSUS (operativo dal 1943): è il primo calcolatore elettronico

(Turing muore poi - nel 1954 - in circostanze tragiche...)

Analogico vs digitale

Gli elaboratori sono capaci di conservare archivi (musica, documenti, numeri, ecc) in forma digitale sin dagli anni '40

Tuttavia, è solo dagli anni '80, con l'introduzione del Compact Disk, che la IT rivoluziona le tecnologie audio/video (es. musica, radio broadcast, TV broadcast)

I **segnali analogici** rappresentano (di solito in forma d'onda) una varietà di tipi di dato. Noi viviamo in un mondo analogico: l'uomo è stato "progettato" per sentire ed interpretare segnali analogici; lo facciamo quando ascoltiamo qualcuno che parla o canta, o quando osserviamo una scena

NOTA: ogni parte di un segnale/onda trasporta informazioni (ed è quindi soggetta a vari tipi di distorsione: provate a seguire una conversazione in una stanza rumorosa)

A differenza dei segnali analogici, i **segnali digitali** hanno solo due stati (on e off): è semplice per un dispositivo distinguere tra questi due stati (ed eliminare il rumore)

Il digitale ha durante la trasmissione due grossi vantaggi:

- minor rumore
- maggior risoluzione

Codificare caratteri

Attribuiamo un valore convenzionale a sequenze di bit. Una sequenza di n bit può assumere 2^n valori diversi, quindi può rappresentare 2^n segni

Il codice EBCDIC utilizza 8 bit ($2^8=256$ valori diversi). Viene utilizzato su mainframe per uso perlopiù gestionale.

Il codice ASCII utilizza 7 bit ($2^7=128$ valori diversi) su 8 che occupa (un gruppo di 8 bit viene chiamato byte). L'ottavo bit viene ignorato o utilizzato come codice di controllo.

Esempio: il codice 1000101 rappresenta il carattere E

NOTA BENE: Esistono tuttavia codici ASCII a 8 bit. Ogni venditore di sistemi operativi ha creato una sua estensione dell'ASCII specifica (e diversa dalle altre) per i rimanenti 128 valori. Questo è il motivo per cui esistono problemi di conversione tra file di sistemi diversi (es. Windows e Mac)

Il codice ISO Latin 1 è un estensione a 8 bit del codice ASCII. Mentre è molto diffuso negli usi di rete (è indipendente dal venditore), i sistemi operativi non l'hanno ancora adottato diffusamente.

Caratteri in Internet: Unicode

Il codice UNICODE utilizza 16 bit. I possibili valori non sono ancora stati tutti assegnati (34168 su 65536). Il codice ISO Latin 1 corrisponde ai caratteri Unicode i cui primi 8 bit sono tutti zero.

Unicode raddoppia lo spazio occupato da testi scritti in caratteri latini, ma permette la rappresentazione dei caratteri di molti alfabeti non latini: arabo, ebraico, cinese, giapponese, coreano, thailandese, ecc, nonché caratteri speciali (matematici, tecnici, frecce, elementi grafici (dingbats), ecc).

Dunque un carattere del tipo $0000\ 0000\ a\ n\ n\ n\ n$ è un carattere ISO Latin 1. Se a è 0, è anche un carattere ASCII.

NOTA: nomi di gruppi di bit e byte

valore	nome	abbrev.	pot. di 2
1	byte o bit	B o b	0
1024	kilo	KB o Kb	10
1048576	Mega	MB o Mb	20
1073741824	Giga	GB o Gb	30
109951162776	Tera	TB o Tb	40

Organizzazione di un elaboratore

Alla base di un moderno computer c'è l'idea di *rappresentare i programmi in forma digitale* (invece che con connessioni elettriche o meccaniche cablate nella macchina). L'elaboratore diviene una macchina “universale” in grado di eseguire qualsiasi compito “calcolabile”, semplicemente inserendo un nuovo programma, senza dovere ri-progettare la macchina

Elaboratore digitale: macchina in grado di eseguire programmi rappresentati in forma digitale

Programma: sequenza di istruzioni di macchina che definisce l'esecuzione di un compito (algoritmo)

La circuiteria elettronica (hardware) di un elaboratore digitale in grado di eseguire direttamente un numero limitato di istruzioni elementari (funzioni di segnali a due valori).

Esempio: sommare due valori binari, controllare se un valore è pari a zero, trasferire un valore da un circuito ad un altro, mantenere nel tempo un valore all'interno di un circuito

Linguaggio Macchina: insieme di istruzioni elementari che formano un linguaggio con cui è possibile programmare l'elaboratore

Architettura di un'elaboratore:
organizzazione e realizzazione del suo linguaggio macchina

Macchine astratte

Il progettista hw definisce il *set di istruzioni* dell'elaboratore, ovvero un linguaggio minimo (L1) mediante il quale l'elaboratore può essere programmato

A sua volta, anche L1 può essere limitato e difficile da usare, ma si può usare per realizzare un nuovo linguaggio, L2, che consente di eseguire operazioni più sofisticate di L1, e quindi semplifica la programmazione dell'elaboratore

L2 è eseguito dalla *macchina virtuale* (astratta) scritta in L1

Definizione: una *macchina virtuale* $M(i)$ è un elaboratore astratto (cioè un programma) scritto in $L(i-1)$ e che esegue $L(i)$ come suo “linguaggio macchina”

Set di istruzioni: definisce le operazioni di base eseguibili da un elaboratore, e la sua adeguatezza all'uso da parte di classi di applicazioni

complessità d'uso del set di istruzioni è inferiore a quella della circuiteria hardware da cui è realizzato

Architettura di un elaboratore elettronico

L'architettura di un elaboratore elettronico è concepibile come una gerarchia macchine astratte

Livello di astrazione i: realizzazione della macchina astratta $M(i)$ e del linguaggio $L(i)$ necessario a programmarla



Principio di base: ciascun livello

- (i) realizza una particolare astrazione di macchina;
- (ii) offre una particolare interfaccia di programmazione;
- (iii) usa ed estende le primitive fornite dal livello sottostante.

interfaccia: linguaggio caratterizzato da operazioni primitive ed dati su cui quelle primitive operano

Motivazioni

- ⇒ riduzione e controllo della complessità progettuale e d'uso
- ⇒ realizzazione di una macchina riprogrammabile senza modificarne l'interfaccia e le applicazioni clienti

Esempio di interpretazione

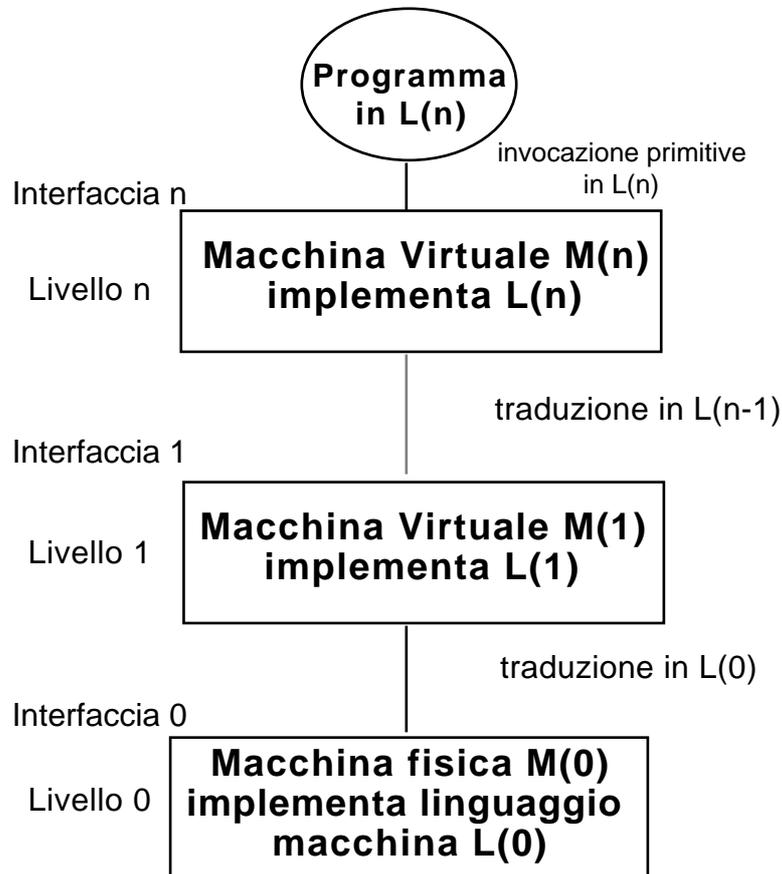
Al livello di astrazione del sistema World Wide Web, i creatori di documenti utilizzano un linguaggio chiamato HTML per descrivere la forma dei contenuti

In HTML si usano comandi come `parola` per dire che una parola va visualizzata in neretto

Il browser contiene un componente software (macchina astratta di livello alto) chiamato "interprete HTML", che quando legge un file HTML traduce il comando `` in istruzioni di sistema operativo (macchina astratta di livello basso) che a loro volta sono capaci di accendere/spegnere pixel sullo schermo

Architettura di un'elaboratore

(come gerarchia di livelli di astrazione)



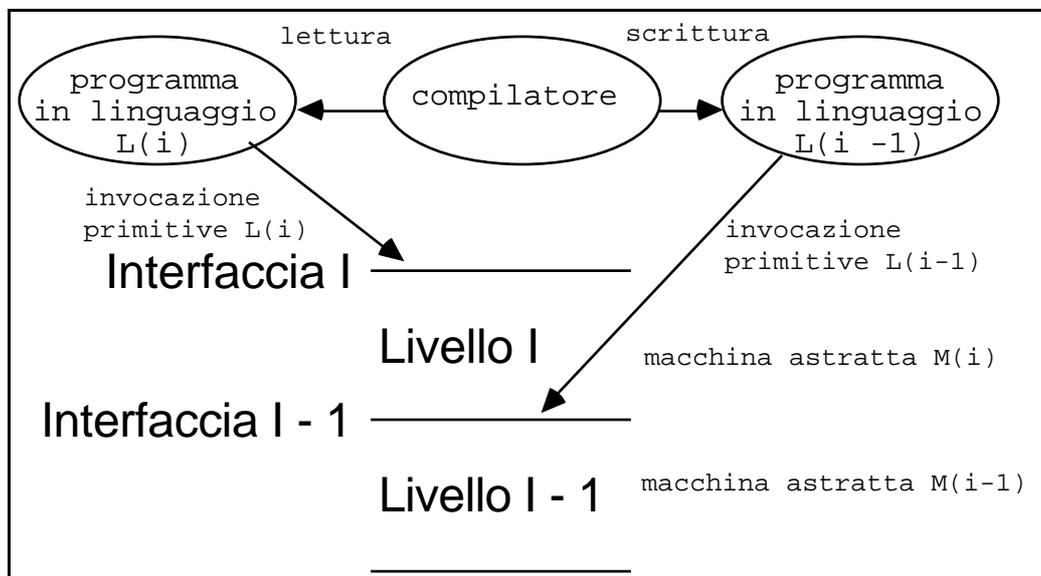
Definizione: Implementazione di interfaccia.

Traduzione di istruzioni da $L(i)$ in $L(i-1)$ mediante *compilazione* oppure *interpretazione*

Compilazione

Un **compilatore** è un programma che:

- “legge” un programma in $L(i)$
- sostituisce (traduce) ogni istruzione del programma in $L(i)$ con una corrispondente sequenza di istruzioni in $L(i-1)$
- genera un programma in $L(i-1)$, equivalente al programma originale in $L(i)$, tuttavia eseguibile direttamente (cioè senza ulteriore traduzione) dalla macchina che realizza $L(i-1)$

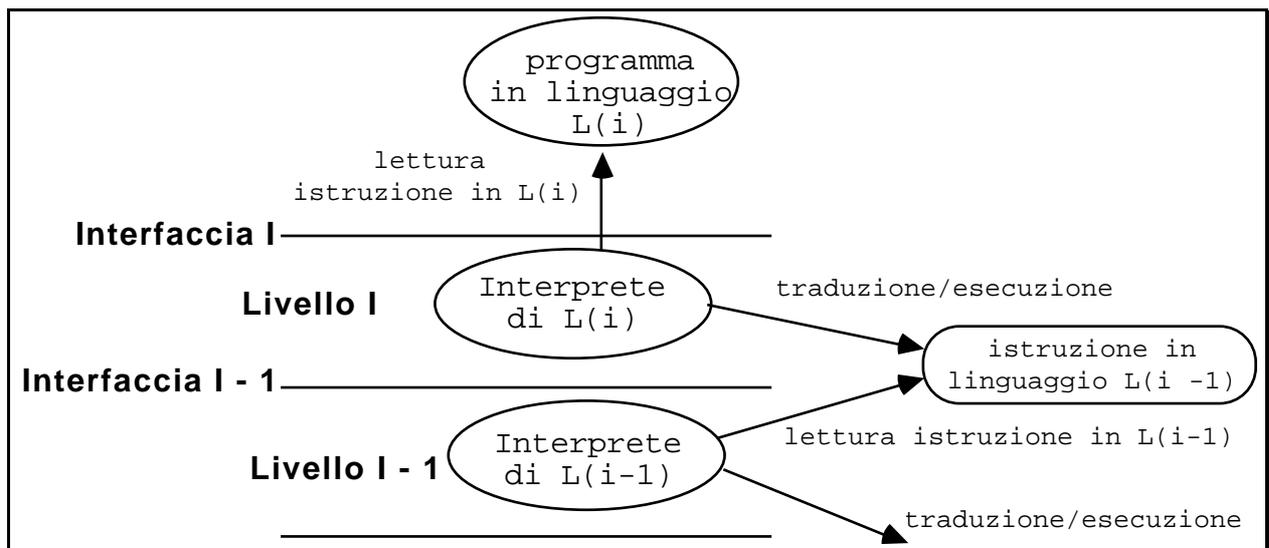


Interpretazione

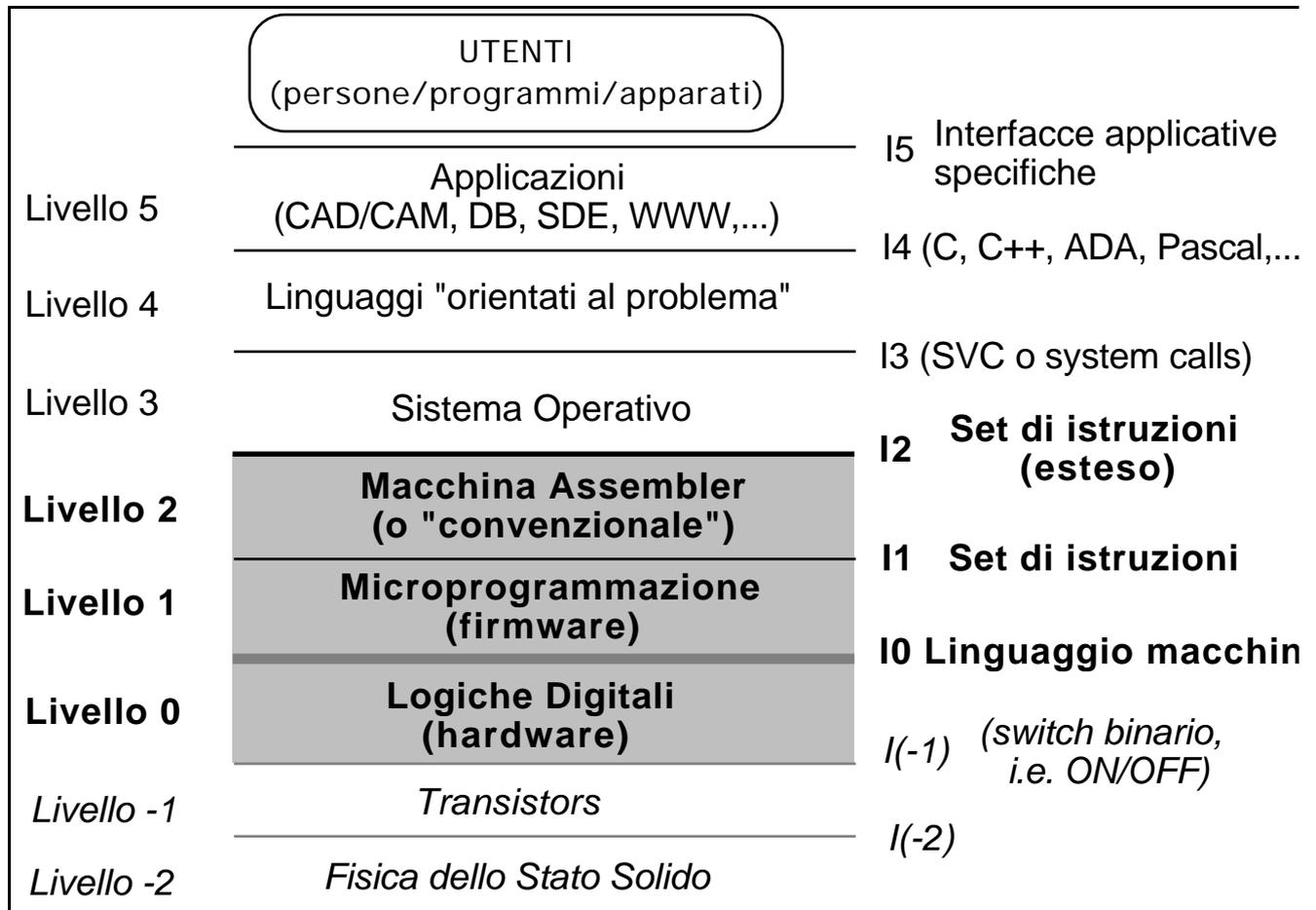
Un **interprete** è un programma che:

- “legge” un programma scritto in $L(i)$
- traduce ogni istruzione del programma scritto in $L(i)$ con una corrispondente sequenza di istruzioni in $L(i-1)$
- esegue direttamente la sequenza (prima di procedere con la traduzione dell’istruzione successiva)

N.B. l’interprete **non** genera un nuovo programma in $L(i-1)$.



Esempio di architettura strutturata gerarchicamente



Implementazione hardware, software, firmware (sw incorporato in hw al momento della costruzione dell'hw stesso; realizza in generale funzionalità statiche)

NOTA BENE

Il confine fra hw e sw è arbitrario (vedi relazione tra L0 e L1)

Livello 0: logiche digitali

Il livello 0 implementa operazioni di macchina elementari: è il livello del “linguaggio macchina” di minor livello, quello “fisico”

In questo caso, l’astrazione di macchina consiste di circuiti logici digitali che ricevono uno o più segnali digitali, cioè segnali rappresentati da valori 0, 1, e calcolano una qualche funzione, infine producono un risultato

Esempi di diverse architetture di livello 0: Intel, Motorola

Nota bene: a Livello 0 non esiste concetto di sequenza di istruzioni

Livello 1: firmware

Il livello 1 estende l'astrazione di Livello 0 e quindi realizza:

- un'astrazione di m-architettura (consistente di Control Section, Datapath, ...)

- l'interfaccia I1 caratterizzata da operazioni quali Add, Shift, Fetch, ...

- il set di istruzioni della macchina mediante sequenze (m-programmi) di istruzioni di I0

Nota bene:

Il concetto di programma in “firmware” è particolarmente importante; si ricorda inoltre che il firmware di Livello 1 viene interpretato in I0 (oppure: esecuzione diretta in hw)

Livello 2: Macchina Assembler

Il Livello 2 estende e aumenta l'astrazione di Livello 1 implementando un'astrazione di macchina convenzionale (in cui si identificano componenti CPU, RAM, I/O,...)

- realizza primitive per il controllo di risorse di macchina, per esempio registri, bus, CPU, unità di i/o, ... (set di istruzioni esteso)
- offre interfaccia I2 caratterizzata da istruzioni assembler (p.e. MOV, ADD, BE, BNE, ...) e comandi verso le porte dei dispositivi

Nota bene:

Il software in Livello 2 è interpretato in I1 (esempio: BIOS, insieme di programmi "di basso livello" che definisce il primo livello software di un PC "IBM compatibile")

Livello 3: Sistema Operativo

Il livello 3, del *sistema operativo*, aggiunge *servizi* a I2

- il servizio di interfaccia di solito si chiama *shell* ed è il servizio principale dal punto di vista utente: realizza la *metafora di interfaccia utente*, per es. la scrivania virtuale (desktop), che di solito si basa su concetti quali finestre, icone, menù;

- l'astrazione di macchina: collezione di risorse fisiche (p.e. stampanti, dischi, memorie) e logiche (p.e. file, processi) comunicanti e utilizzabili da utente mediante *chiamate di sistema*

- il s.o. realizza le astrazioni di documento e di processo

- il s.o. realizza le politiche di gestione delle risorse fisiche e logiche della macchina (memoria, i/o, file system)

Nota bene:

Il software in Livello 3 viene interpretato in I2 (Sistema Operativo; esempi: DOS, Windows, Linux, MacOS)

Livello 4: Linguaggi "orientati al problema"

Il livello 4 è quello dei linguaggi di programmazione ad alto livello (HLL-High Level Languages: Java, Pascal, HTML, ...)

- astrazione di macchina: risorse manipolabili mediante primitive di HLL e chiamate di sistema operativo

- è realizzato da *traduttori*, ovvero compilatori o interpreti di linguaggi progettati per risolvere specifici problemi

- include compilatori e interpreti di HLL, meccanismi di "composizione" di programmi e chiamate di sistema operativo

- include Assembly Language (esteso): forma simbolica del set di istruzioni, consente la manipolazione di strutture di basso livello; tradotto da programma Assemblatore

Nota bene:

Il software in Livello 4 viene di solito compilato in I3

Livello 5: Applicazioni

Il livello 5 supporta *macchine virtuali* sviluppate mediante I4

I programmi di questo livello realizzano specifiche astrazioni applicative (per. Es. programmi di elaborazione di testi, fogli elettronici, grafica, CAD/CAM, database, browser,...)

Nota bene:

- Il software in Livello 5 viene di solito compilato in I4

Osservazione finale 1:

Ogni programma che abbia bisogno di input da elaborare per produrre un risultato può essere considerato una macchina astratta che “traduce” il linguaggio definito dai possibili dati di input, interpretandolo per ottenere un risultato

Osservazione finale 2:

Ogni macchina astratta MA, comprese quelle di livello 0 (hw) o di livello 3 (sistema operativo) può essere "emulata" a software, cioè si può costruire un programma P che su hw e/o sistema operativo differenti si comporta a tutti gli effetti (eccetto la velocità di calcolo) come MA

Eeguire programmi

Processo: programma (codice) in esecuzione in Macchina (Virtuale) + informazione di stato di esecuzione

Stato di un processo: prossima istruzione da eseguire + valore corrente delle variabili

Lo stato varia nel tempo con il progredire dell'esecuzione del processo (diverse istruzioni divengono “prossima”, le variabili cambiano valore)

Il codice eseguito dal processo non cambia (in generale)

Quindi, il processo è descrivibile mediante:

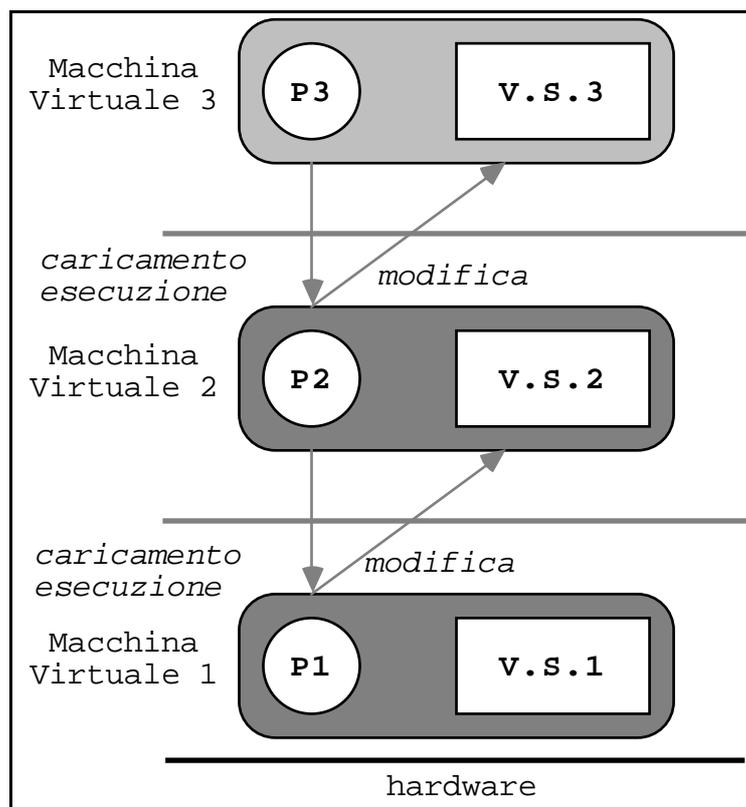
- programma (codice), cioè la parte statica
- vettore di stato, cioè la parte variabile

Osservazione:

La parte statica (programma, codice) consiste di istruzioni che modificano la parte variabile

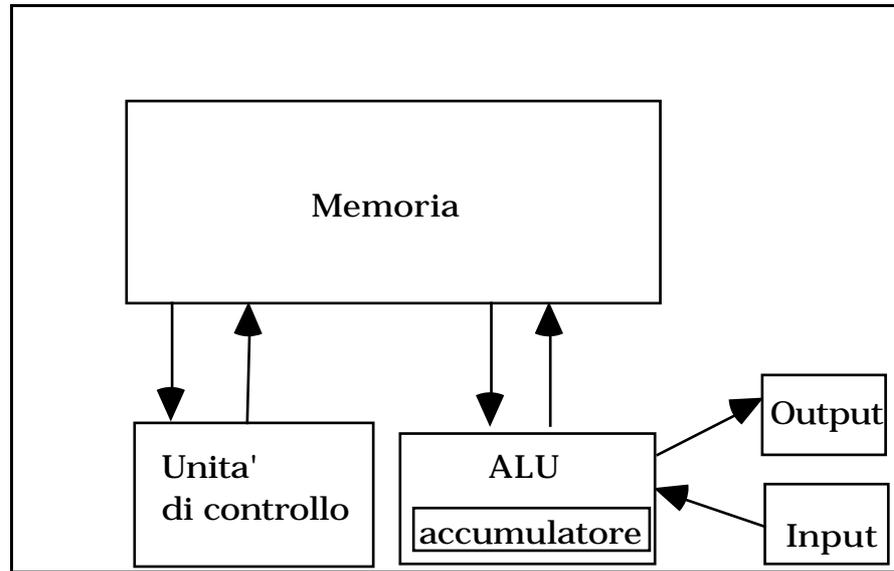
Processo = programma in esecuzione

Ogni programma P, per essere eseguito, necessita di un esecutore che non necessariamente è il processore hw; l'esecutore può essere un altro programma E che interpreta ed esegue il programma P



- P2 carica ed esegue istruzioni in P3, e modifica il vettore degli stati V.S. 3
- P1 carica ed esegue istruzioni in P2, e modifica il vettore degli stati V.S. 2
- hardware carica ed esegue istruzioni in P1, e modifica il vettore degli stati V.S. 1

Visione logica di un elaboratore

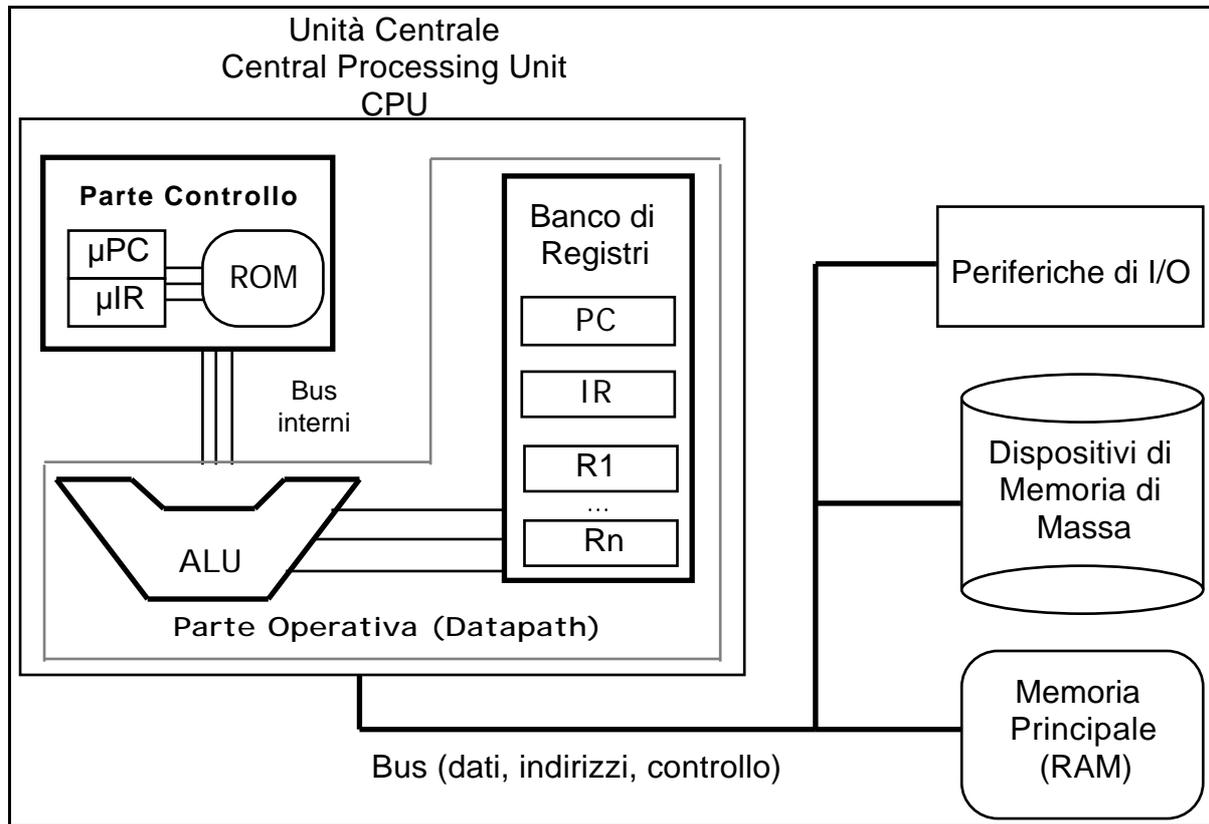


La **ALU (Arithmetic Logic Unit)** riceve nell'accumulatore un dato nella memoria. Il dato è composto dal tipo di operazioni e dagli operandi (un'operazione matematica, uno spostamento di dati da una parte all'altra della memoria, ..).

La **ALU** esegue l'operazione e determina quale istruzione deve essere eseguita di seguito. L'Unità di controllo recupera e pone nell'accumulatore l'istruzione successiva

Visione logica di un elaboratore con periferiche

La figura che segue rappresenta alcuni dettagli di una tipica architettura di un sistema di elaborazione



Visione logica di un elaboratore con dispositivi

Processore (o *CPU* central processing unit) i cui componenti principali sono Parte Controllo (Control Section), ALU, registro PC, registro IR, registri di lavoro, bus interni

La CPU contiene piccole zone di memoria chiamate **registri**, dove vengono tenuti i dati su cui operare ed i loro risultati. Un registro importante è il **program counter** dove viene registrato il numero della prossima istruzione da eseguire. Il program counter preleva, decodifica, ed esegue istruzioni residenti in memoria RAM;

memoria RAM:

Contiene il programma da eseguire, ed i dati su cui esso agisce. La CPU legge e scrive sulla memoria RAM. La codifica dei dati in memoria è binaria. La memoria è divisa in **celle** (o **locazioni**), ciascuna con **indirizzo** univoco. L'**indirizzo** viene usato dalla CPU per sapere dove prendere e mettere i dati, e dove leggere le istruzioni da eseguire

bus:

È un “cavo” di trasferimento di dati, indirizzi, e informazioni di controllo; è usato dalla CPU per leggere e scrivere i dati dalla memoria e dalle periferiche.

A loro volta anche le periferiche e la memoria hanno un accesso diretto le une alle altre via il bus

Dispositivi di I/O (input/output)

Definizione: chiamiamo dispositivo (o **periferica**) ogni componente hardware che non è CPU né memoria.

L'elaboratore riceve dati da periferiche di input, e trasferisce dati su periferiche di output (alcune svolgono un doppio ruolo)

Tutte le periferiche sono gestite da un **controller** (dispositivo elettronico fornito di microprocessore).

Tra esse, si ricordano:

Memorie di Massa: memorie di massa quali dischi, nastri, floppy, CD-ROM, DVD

terminali: tastiera, mouse, schermo, stampanti, interfacce di rete, modem, microfoni, telecamere, altoparlanti

Esempio: input di fotografie

Supponiamo di voler mettere su WWW la nostra foto.

Come possiamo procedere?

- ⇒ Possiamo usare uno scanner a colori
- ⇒ Possiamo usare una fotocamera digitale
- ⇒ Possiamo usare una telecamera ed una scheda di acquisizione video
- ⇒ Possiamo fare una foto normale e chiedere dopo lo sviluppo la conversione digitale su PhotoCD

Nota curiosa:

Nel 2000 sono state prodotte nel mondo 80 miliardi di immagini digitali, di cui 2 miliardi di immagini ai raggiX per uso medico

L'esecuzione di un'istruzione

Un elaboratore è in grado di eseguire le seguenti tipologie di istruzioni:

- eseguire un'operazione aritmetica su due numeri
- confrontare due numeri
- spostare dati da una parte all'altra della memoria

Ogni problema risolto da un computer è risolvibile con un programma composto da sequenze più o meno lunghe di queste istruzioni. Per ciascuna istruzione, la CPU deve:

- 1) caricare una nuova istruzione in un registro apposito detto **instruction register**
- 2) determinare il tipo di istruzione da eseguire
- 3) trasferire i dati, ove necessario, dalla memoria ai registri
- 4) eseguire l'istruzione
- 5) determinare l'indirizzo della prossima istruzione e memorizzarlo nel registro **program counter**
- 6) memorizzare il risultato e tornare a 1)

Ciclo di CPU (fetch-decode-execute)

Passi principali eseguiti dalla CPU (fetch, decode, execute):

FETCH

- (i) estrae istruzione dall'indirizzo di Main Memory attualmente nel PC, e lo copia in IR;
- (ii) incrementa PC;

DECODE

- (iii) decodifica istruzione in IR;
- (iv) if istruzione di HALT then STOP;
 else determina se dati necessari da Main Memory;
- (v) if dati necessari then estrai dati da Main Memory e caricali in registri di CPU;

EXECUTE

- (vi) esegui istruzione, e deposita risultato ad indirizzo appropriato;
- (vi) torna ad (i).

Caratteristiche della CPU

data capacity: quantità di bit elaborabili simultaneamente; tipicamente 8, 16, 32 (64-128 bit: game console)

velocità di elaborazione: misurata in quantità di istruzioni per secondo (o milioni di istruzioni per secondo **MIPS**)

Legge di Joy: nel 1984 Bill Joy predisse che gli elaboratori avrebbero avuto una velocità stimabile in: $MIPS = 2^{(\text{anno}-1984)}$
Ad es. nel 2000 la velocità dovrebbe essere 2^{16} MIPS; per ora PENTIUM ha 100 MIPS, contro 0.006 MIPS di 4004

ciclo di clock: esiste un orologio interno che regola la cadenza delle esecuzione delle istruzioni, misurata in MegaHertz (MHz, o milioni di cicli per secondo).

Tuttavia, i microprocessori non processano tutti lo stesso numero di istruzioni nello stesso numero di cicli: Intel 386 utilizzava sei cicli di clock per sommare due numeri, il 486 ne utilizzava due, Pentium di prima generazione 1, Pentium PRO in un unico ciclo di clock esegue tre somme

Nota: processori di famiglie diverse non vanno confrontati sulla base del *ciclo di clock*. Invece, processori della stessa famiglia sì: un Pentium II / 300 MHz è più veloce di Pentium II/200 MHz

Altre caratteristiche della CPU

Architettura del set di istruzioni: più vasto è l'insieme delle istruzioni di un processore, più è agevole costruire programmi per task differenti. Microprocessori con set di istruzioni vaste sono detti **complex instruction set chips (CISC)**.

Può accadere che set di istruzioni troppo grandi rallentino il microprocessore. Poiché, in media, l'80% dei compiti eseguiti da un microprocessore sono eseguiti sfruttando solo il 20% del set delle istruzioni, si può pensare di ridurlo in dimensione. Nascono così i **reduced instruction set chips (RISC)**. RISC operano più velocemente di CISC in molte circostanze; valori tipici: CISC - 300 istruzioni, RISC - 200

Nel 1993, 25 milioni di computer nel mondo erano basati su tecnologia CISC, solo 400.000 su tecnologia RISC

Tuttavia ultimamente i processori CISC (Intel Pentium II) stanno recuperando, ad es. nel 1995 il più veloce processore CISC andava al 50% della velocità del più veloce RISC, nel 1996, il gap si è ridotto al 90%

Memoria RAM (o Principale)

La **memoria** RAM è il componente da cui la CPU legge, e in cui scrive, informazioni; cconsiste di locazioni (celle) costituite dallo stesso numero di bit

locazione di k bit può contenere 2^k configurazioni diverse

- locazione : unità minima indirizzabile

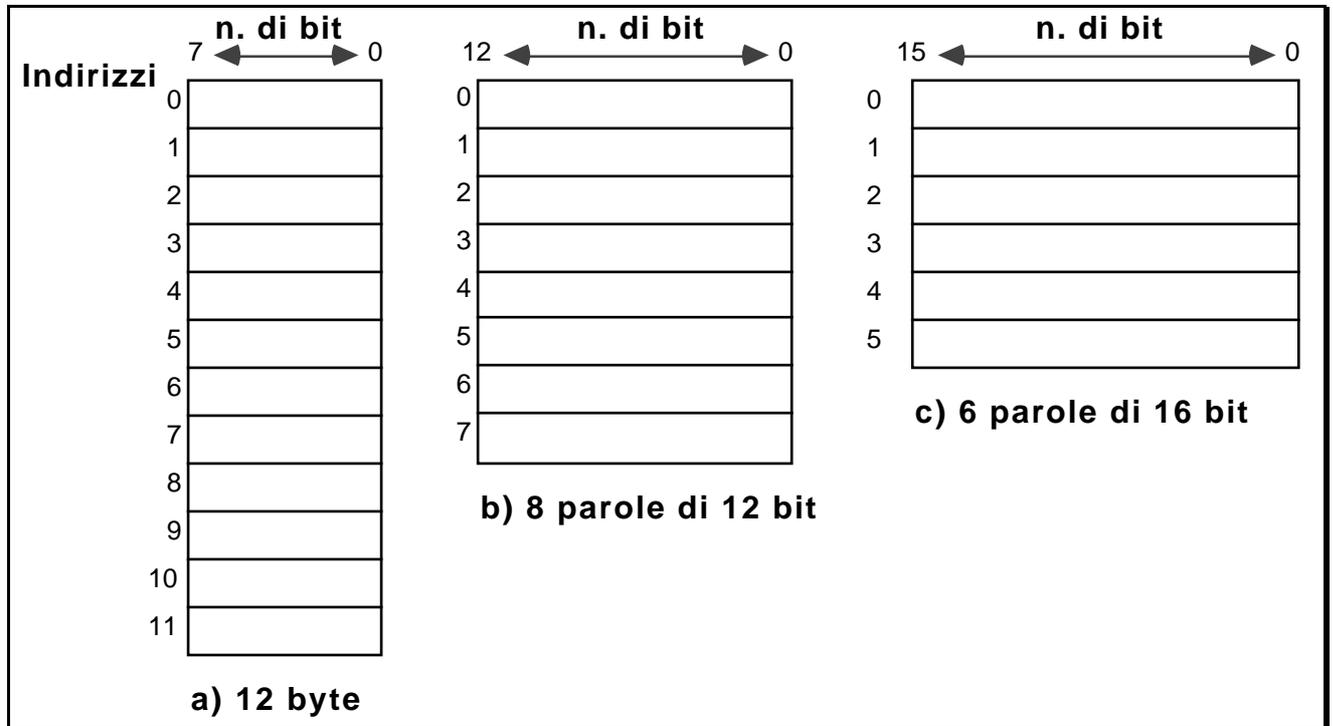
- byte = 8 bit: dimensione standard di locazione
- word (parola): gruppo di bytes consecutivi; di solito le parole sono da 16 o 32 bit (ovvero 2 o 4 byte)

Indirizzabilità: ogni locazione è identificabile mediante un indirizzo (numero) unico: se una memoria ha x locazioni, numeriamo gli indirizzi da 0 a $x-1$ (in binario)

- $x = 2^m$ locazioni indirizzabili \Rightarrow n . di bit necessari ad indirizzarle $\log_2 x$ (es. $x = 1024$; $\text{ind_size} = \log 1024 = 10$)

Esempio

Memoria di 96 bit complessivi



a) 96 bit, locazioni di 8 bit ciascuna $\Rightarrow 96/8 = 12$ locazioni; ciascuna può contenere 2^8 diverse configurazioni di bit; indirizzi da 0 a 11; dimensione indirizzi = 4 bit

b) 96 bit, locazioni di 12 bit ciascuna $\Rightarrow 96/12 = 8$ locazioni; ciascuna può contenere 2^{12} diverse configurazioni di bit; indirizzi da 0 a 7; dimensione indirizzi = 3 bit

c) 96 bit, locazioni di 16 bit ciascuna $\Rightarrow 96/16 = 6$ locazioni; ciascuna può contenere 2^{16} diverse configurazioni di bit; indirizzi da 0 a 5; dimensione indirizzi = 3 bit

Memoria centrale

La memoria centrale conserva dati e programmi; ne esistono basicamente due tipi: **RAM** e **ROM**

ROM (Read Only Memory): è statica e non modificabile, può essere letta ma non scritta (è scritta solo all'atto della fabbricazione del chip, prima che questo sia venduto).

Esempio: in tutti i PC IBM-compatibili c'è una ROM che contiene il programma BIOS

La memoria ROM è detta anche *non volatile*, e non perde il suo contenuto quando il computer viene spento, è generalmente usata per conservare programmi (**firmware**) che il computer frequentemente utilizza (per esempio le istruzioni eseguite quando il computer viene acceso,)

RAM (Random Access Memory): usata per conservare (dopo che è stato caricato) qualsiasi tipo di dato e programma

La memoria RAM è detta anche *volatile*, poiché perde il suo contenuto quando il computer viene spento, è detta *random* poiché l'accesso a ciascuna locazione di memoria è diretto e non *sequenziale* (come, ad esempio, nei nastri audio)

RAM

Tipi di RAM: **DRAM** (*Dynamic*, deve essere continuamente *rinfrescata*, 100 volte al secondo, pena la perdita del dato), **SRAM** (*Static*, necessita di meno rinfreschi, è più veloce e costosa, usata per implementare memorie cache), **VRAM** (Video RAM, usata per accelerare il display sullo schermo)

Processore, memoria e schede interne allo *chassis* sono applicate su un particolare componente detto **scheda madre** (**motherboard**) che li collega attraverso il bus

Sulla scheda madre si trovano degli alloggiamenti (**slot**), in cui se liberi possono essere inserite altre componenti o schede (ad esempio schede di memoria)

La memoria si può espandere alloggiando negli slot moduli di memoria: **SIMM** (single in-line memory module, disponibili in coppia), **DIMM** (dual in-line memory module, disponibili singolarmente)

BUS

Dispositivo (cavo) a linee parallele che interconnette i componenti di un elaboratore usato per trasmettere: **dati, indirizzi, comandi di controllo**

Esempio: utilizzo linee bus di 26 linee:

- a) dati: 16 linee
- b) indirizzi: 8 linee
- c) controllo: 2 linee per Start, Stop, Read, Write

Più linee ci sono, più bit possono essere trasmessi contemporaneamente (valori tipici sono evoluti attraverso 8, 16, 32, 64)

Esistono due tipi di bus: *bus di sistema* e *bus locali*; i bus locali sono stati aggiunti al bus di sistema per fornire servizio diretto alla comunicazione tra CPU, memoria e periferiche di I/O particolarmente *data intensive*

Tecnologie esistenti:

- **PCI** (*Peripheral Component Interconnect*), di Intel, in evoluzione e capace di supportare molteplici stream video ad alta velocità
- Vecchie tecnologie sono **ISA** (*Industry Standard Architecture*) ed **EISA** (*Extended Industry Standard Architecture*)

Prestazioni di riferimento: PCI - 256 MBps, ISA - 5 MBps

Sinossi sulle CPU

La tabella che segue definisce alcune caratteristiche dei processori più comuni

CPU.	Anno	Velocità	n. trans.	bus	Memoria indirizzabile
4004	1971	108 KHz	2300	4 bit	640 bytes
8086	1978	10 MHz	29000	16 bit	4 GB
486	1989	25 MHz	1.2 Mil	32 bit	4 GB
Pentium	1993	60 MHz	3.1 Mil.	64 bit	4 GB
Pentium2	1997	300 MHz	7.5 Mil.	64 bit	64 GB
Pentium3	1999	750 MHz	~10 Mil.	64 bit	64 GB
Pentium4	2001	1.5 GHz	42 Mil.	64 bit	64 GB

In alcuni casi i processori hanno capacità di calcolo specifiche per qualche dominio applicativo, come per esempio nel caso di funzionalità grafiche per videogiochi:

Modello	CPU	Clock	Prestazioni grafiche	Media
PlayStation 1	32 bit RISC	33 MHz	1.5 Milioni poligoni/sec	CDROM
PlayStation 2	128 bit RISC	300 MHz	75 Milioni poligoni/sec	DVD

Dispositivi e driver

Le periferiche fanno cose diverse (elettroniche, meccaniche, magnetiche); affinché il processore non si occupi del controllo di differenti tecnologie, ogni periferica (device) è gestita da un **controller** (dispositivo elettronico basato a sua volta su microprocessore).

Il processore principale interagisce con la periferica dialogando con il controller

Periferiche differenti (anche se dello stesso tipo) possono avere controller diversi, che capiscono ed eseguono istruzioni diverse;

I **driver** sono programmi in grado di tradurre generiche istruzioni in istruzioni specifiche per un certo **controller**; usando driver opportuni è possibile usare all'interno dello stesso elaboratore periferiche (dello stesso tipo) ma di marche diverse

Ogni periferica ha un suo driver diverso, ma il servizio fornito dai driver dello stesso tipo è il medesimo

Due tipi di periferica: *Memorie di massa e terminali*

Comunicazione con periferiche

Avvengono attraverso **porte** (accessi montati sul retro del computer); il tipo ed il numero delle porte di ogni computer è variabile. esistono tre tipi di porte:

Porte seriali (es. RS-232, comunicano un bit alla volta, adatti per collegarvi *modem* che accedono alle linee telefoniche, non sopportano cablaggi superiori a 300 metri)

Porte parallele (trasmettono 8 bit alla volta in parallelo, sono più veloci delle seriali ma non sopportano cablaggi superiori a 30 metri, adatte a collegare stampanti, o altri dispositivi di immagazzinamento esterno delle informazioni)

Porte SCSI (*small computer system interface*) permette la connessione di molti dispositivi in cascata - *daisy chain*, usato per scanner CD-ROM, ...)

recentemente sono stati prodotti due nuovi tipi di seriali (ad alta velocità, che permettono daisy chain, di tipo plug-and-play): **USB** (*Universal Serial BUS*, collega 127 device in cascata) e **Firewire** (più veloce e costoso di USB)

Memorie di massa (o secondarie)

Ad oggi esistono tre categorie di memorie di massa:

- **Magnetiche**: *floppy disk, hard disk, nastri* (si basano sul concetto di polarità magnetica, che è sfruttata per registrare/leggere con una testina sulla superficie magnetica 0 o 1)

- **Ottiche**: *CD, CD-ROM, DVD* (usano un laser per bruciare sulla superficie parti nere (*pits*) o luminose riflettenti (*lands*) che codificano 0 e 1. A seconda del riflesso gli 0 o gli 1 sono letti

(*Magneto-ottiche*: Dischi ad alta capacità di tipo rewritable o WORM - Write Once Read Many)

- **Flash Memory**: schede PCMCIA cards (usano *solid state chips* tipo quelli della RAM, ma sono non-volatili, più veloci e rimovibili, si inseriscono in portatili, PDA, organizers, digital cameras, e svolgono le stesse funzioni di un hard disk, ad esempio)

Caratteristiche delle Memorie

tipo d'accesso: *sequenziale o random*

velocità

capacità

costo

tecnologia di fabbricazione

rimovibilità

Alcuni esempi

RAM: 1) random 2) alta 3) bassa 4) alto 5) elettronica 6) assente

floppy disk: 1) random 2) bassa 3) bassa 4) basso 5) magnetica 6) presente

hard disk: 1) random 2) alta 3) alta 4) medio 5) magnetica 6) assente

CD ROM: 1) random 2) basso 3) alta 4) basso 5) ottica 6) presente

DAT nastro: 1) sequenziale 2) basso 3) alto 4) basso 5) magnetica 6) presente

Memorie di massa (Unità Nastro)

Principi fisici:

- Nastro magnetico scorre sotto una testina di registrazione

Organizzazione dell'informazione su nastro (8 bit per byte + 1 bit di parità):

- Informazione incisa su nastro variando la corrente attraverso la testina
- Sequenza di matrici (record fisici) di frame separati da gap
- Ogni frame contiene un byte + 1 bit di parità
- Densità di registrazione tipiche: 1600 bpi = 1600 frames (bytes) per inch (inch = 25.3995 mm), 800 bpi, 6250 bpi - in totale capacità di GB
- Dispositivo ad accesso sequenziale: per leggere un record fisico n bisogna prima leggere gli n-1 record precedenti

Memorie di massa (Unità Disco)

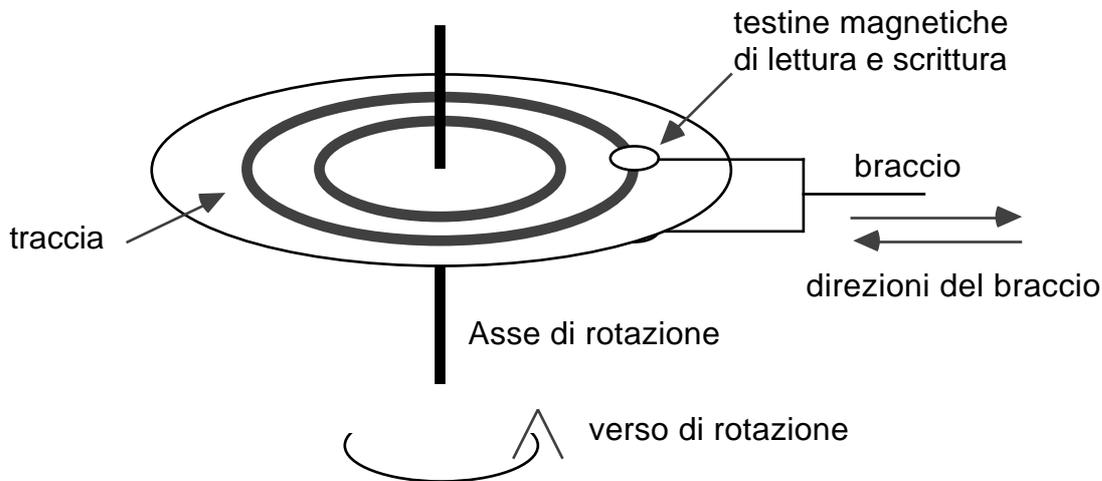
Principi fisici

- superficie di metallo trattata con materiale magnetizzabile (su entrambi i lati)
- le testine di lettura/scrittura operano su superficie
- le testine galleggiano sulla superficie a micron di distanza

Organizzazione dell'informazione su disco

- Info. memorizzata in tracce concentriche (centinaia per disco)
- Tracce divise in settori
- Settore : blocco di 512 o 1024 byte (tipicamente, da 10 a 100 per traccia)
- Settori divisi in byte o parole
- testine magnetiche leggono/scrivono su esattamente una traccia
- unità a dischi multipli: n dischi, $2n$ superfici operate da $2n$ testine

Memorie di massa (Unità Disco)



Esistono diverse tipologie di unità disco:

- **IDE**: vel. 4 MBps, 2 drive, ogni drive 540 MB
- **EIDE**: 16.6 MBps, 4 drive per un tot. di alcuni GB
- **SCSI**: fino a 40 MBps, 7 drive per un tot. di alcuni GB, più costosi di EIDE
- dischi **RAIDs** (*redundant array of independent disks*): sono batterie di dischi tradizionali e poco costosi, adatte per proteggere i dati con tecniche di *disk mirroring* o *striping*

Floppy disk

La testina tocca i dischetti, questo genera consumo eccessivo della superficie, quindi quando non sono letti e scritti, si arresta la rotazione. ritardi 1/2 secondo per farla ripartire

I floppy disk sono rimovibili

Formato tipico: 3 pollici e 1/2

capacità: 720 KB / 1.44MB

data rate: 250 kbps / 500 kbps

tracce: 80 / 80

settori/traccia: 9 / 18

futuro: I floppy scompariranno, sostituiti da dischi rimovibili **ZIP** (100+ MB) e **Jazz** (1000+ MB), basati su tecnologie magneto-ottica

Dischi CD ROM

I dischi CD-ROM hanno una capacità di 650 MB, non altissima velocità di accesso, e utilizzano tecnologia laser (alternanza di pit e land)

Ne esistono diversi tipi:

- CD audio (1982), solo leggibili;
- CD ROM (1985), solo leggibili;
- CD R (1991), scrivibili una sola volta;
- CD video (1994), solo leggibili;
- CD RW (1996), riscrivibili più volte;
- DVD ROM (1997), alta capacità da 4.7 GB a 17 GB; ci può stare un intero film compresso + 3 canali audio alta qualità + 4 canali per sottotitoli

Rappresentazione dell'audio

Velocità: in gergo il CD audio che "spara" circa 650 MB in circa 74 minuti si dice che va a 1x, pari a circa 150KB/sec

Un lettore di CDROM che lavora a 40x ha una banda di comunicazione 40 volte più veloce (circa 6MB/sec)

Nota:

Un secondo di segnale musicale digitale non compresso richiede 176.400 byte: infatti la frequenza di campionamento è 44.100 Hz, mentre l'ampiezza del segnale ha una risoluzione di 16 bit; quindi ogni secondo è rappresentato da

$44100 * 2 = 88200$ byte per segnale mono

$44100 * 2 * 2 = 176.400$ byte per segnale stereo

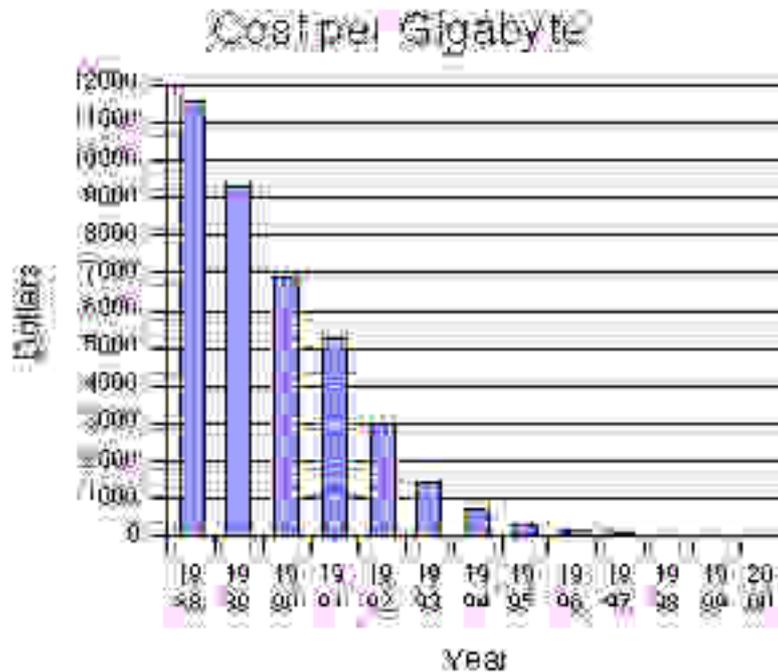
Una canzone di 4 minuti richiede quindi 42,336 MB

Floppy, Hard e Compact Disk

- *Floppy disk*: unità con piccola capacità di memorizzazione
~1.4 Mbytes nel caso di floppy disk ad alta densità
- *Hard disk* (“dischi fissi”): grande capacità
~2-20 Gbytes o più
- *Hard disk “removibili”*: da 100 MB a 2 GB (es. Jaz)
- *Compact disk DA* (digital audio): standard per CD musicali (max 74’ digitali) definito da Philips e Sony nel 1982
 - *Red book*: definisce il CD DA come 650 MB su traccia continua di blocchi da 2.532 byte, da leggersi a 75 blocchi/sec (pari a 170.400 bps ~150Kbps = 1x)
- *CD ROM*: nessuno standard, di fatto definito da Philips-Sony nel 1985.
 - *Yellow book*: CD DA + correzione errori, per supportare dati digitali. Ogni blocco contiene 2048 bytes di dati e 280 byte di correzione errori
 - *Green book*: estensione di Yellow per CD Interactive (standard proprietario Philips)
 - *Orange Book*: CD R (Recordable)
 - *Blue book*: CD Extra, cioè audio+dati (1996)
 - CD Rw (Rewritable) (1997)
- Digital video disk (DVD): è molto più denso del CD DA: contiene 4,7 GB per lato. La superficie può avere due strati, allora contiene 8,5 GB per lato

Costo dell'unità di memorizzazione

- memoria centrale: ~2.000 lire/MB
- floppy disk: ~500 lire/MB
- CD R: ~10 lire/MB
- DVD: ~1 lire/MB
- hard disk removibile (Zip) 100 MB: ~300 lire/MB
- hard disk removibile (magneto-ottico): ~100lire/MB



SMART CARD

Una smart card è un supporto plastico simile ad una carta di credito su cui è installata una CPU e RAM da 16-32 KB; il loro costo di produzione è dell'ordine di 1 US \$

Sono usatissime per implementare: schede telefoniche, schede di attivazione dei cellulari, carte per pagamenti vari

Al contrario delle schede con banda magnetica, dove l'informazione scritta è "passiva", per elaborare le informazioni di una smart card non è necessario collegarsi ad un computer centrale

Le smart card sono più sicure, difficili da copiare e contraffare; da quando sono state adottate nelle cabine telefoniche francesi, le frodi sono scese da 44000 nel 1985 a 0 nel 1994 !

Dispositivi di I/O

- Consentono di immettere ed estrarre dati (p.e.: terminali, scanner, stampanti, plotters, mouse, unità disco/nastro,...)
- non necessariamente ad uso di operatori umani (p.e. sensori velocità di rotazione ruote in sistemi ABS)
- I dispositivi I/O che generano grandi quantità di dati sono controllati da un (co)**processore** speciale di I/O
 - a) alleggerisce il carico di lavoro della CPU
 - b) opera in parallelo ad essa

Tecniche di gestione

- *character I/O*:
 - a) disponibile una sola istruzione di input ed una di output
 - b) un carattere alla volta trasferito da un registro di CPU prefissato, ad uno del device di I/O prescelto
- *block I/O*: CPU specifica
 - a) device di I/O
 - b) indirizzo di RAM da cui leggere/scrivere
 - c) n. di byte da trasferire
 - d) attiva device per il trasferimento
- *DMA (Direct Memory Access)*: come block I/O ma gestito da **controller** che legge/scrive blocco di dati senza intervento di CPU (il programma che accede il disco invia la richiesta direttamente al controller)

Dispositivi di Input

tastiere: ci sono tipi diversi a seconda, ad esempio, della lingua utilizzata (vedi Figura di tastiera standard)

strumenti di puntamento: device di input sviluppati per permettere puntamento, trascinamento e clickaggio di oggetti su uno schermo, tipo **mice tradizionali** e **mice cordless**, **trackball**, **touch pad**, **tavolette grafiche** (usabili con penna), **joystick**, **schermi sensibili al tocco delle dita**

scanner: immettere a mano può essere lento, se il testo è già scritto su carta, si possono usare scanner che acquisiscono simboli grafici che poi con l'uso di programmi di **OCR** (*optical character recognition*) e **HR** (*handwriting recognition*) sono capaci di riconoscere caratteri stampati o scritti da umani; altro tipo di input automatico è dato da **codici a barre**. Esistono anche **scanner a grafici** e **tridimensionali**, usati per creare ambienti di *realtà virtuale*

riconoscitori di voce sono capaci di riconoscere il significato di parole emesse a voce

Grafica

L'occhio umano distingue 16 milioni di colori. Ad es., prendiamo il grigio; una buona foto di giornale ha 256 diversi livelli di grigio (dal completamente bianco al completamente nero). Supponiamo di dividere la foto in riquadri unitari e poi di volere trasmettere l'informazione contenuta in ogni riquadro (il livello di grigio) usando una lampadina

È impossibile costruire una lampadina in grado di emettere 256 livelli di luminosità diversi distinguibili a occhio umano (analogico); invece, usando 8 lampade con 2^8 combinazioni di acceso/spento, è possibile codificare ogni livello di grigio con una diversa combinazione di lampadine accese e spente e quindi trasmettere l'informazione dovuta con una migliore *risoluzione*

L'informazione digitale è codificata in un codice composto da sole due cifre 0 e 1, che possono essere rappresentate da grandezze fisiche facilmente distinguibili, per esempio:

- acceso e spento (lampadina)
- alto/basso (tensione alta o bassa, 5 o 0 volt)
- luce/buio (con alternanza di punti neri su un foglio bianco si può disegnare qualsiasi figura: in un CD pit scuri riflettono la luce del laser diversamente da pit luminosi)
- nord/sud (polarizzazioni magnetiche o elettriche)

Dispositivi di Output

Tutti i sistemi di output sono oggi basati sui **pixel** (*picture elements*), unità elementare su schermo. L'equivalente su pagina di un pixel è un punto. Ogni pixel può essere indirizzato dal computer e controllato. Specificando per ogni pixel un colore si costruisce qualunque immagine

- l'attività di gestione dei pixel è detta **bitmapping**

Risoluzione: definisce la qualità della riproduzione

su uno schermo di monitor risoluzioni tipiche sono: 640 x 480 (la risoluzione più usata in Internet, adatta per gli attuali monitor a 15 pollici) o 800 x 600.

Su una pagina è determinata dal numero di punti per pollice (dpi) che la stampante è capace di stampare

Nota: a puro titolo indicativo, diciamo che attualmente gli schermi usano circa 50-100 dpi, le stampanti più economiche 300-1200 dpi, e le stampanti professionali 1000-2400 dpi

Fonti tipografiche

I sistemi moderni sono equipaggiati con una varietà di diversi tipologie di caratteri chiamati **font** che definiscono *dimensione e aspetto* dei caratteri da stampare

Esistono diversi tipi di font:

font a bitmap; *l'immagine* di ogni carattere viene conservata separatamente; non più utilizzati perché troppo dispendiosi

font scalabili; è conservato un *insieme di formule* che definiscono l'immagine di ogni carattere. Quando un font scalabile è inviato a una stampante o a uno schermo, un programma di **rasterizzazione** converte la formula nell'immagine del carattere.

Esistono linguaggi appositi per font scalabili: es. **Adobe Type Manager** lavora con il linguaggio **PostScript**

Grafica

I pixel sono usati anche per la grafica: può essere assegnato loro un colore (o un livello di grigio); in realtà ad ogni pixel è assegnato un numero che identifica un indice di **palette** (questi numeri si riferiscono al colore da visualizzare).

Per immagini B&W, la palette contiene solo 2 colori (bianco e nero); i sistemi attuali possono supportare da 256 a 16 milioni di colori, a seconda del loro grado di sofisticazione. Più colori sono usati, più l'immagine è realistica (a volte la presenza di molti colori è più importante della risoluzione)

La **scala dei colori** (o *profondità cromatica*) dipende da quanti bit occorrono per rappresentare il colore di un pixel; con un solo bit si codificano solo due colori (bianco e nero), con 8 bit (formato GIF) fino a 256 colori, con 24 bit (formato JPEG) fino a 16 milioni di colori

Il numero di pixel/colori utilizzabile è limitato dalla quantità di **memoria video (video RAM)** della scheda grafica

Esempio1: un display bianco-nero su uno schermo da 640 x 480 ha circa 300 mila pixel, dal momento che è necessario solo un bit per codificare bianco-nero sono necessari 37,5 KB di memoria video per codificare le informazioni necessarie

Esempio2: un monitor a 24 bit (3 byte) alla risoluzione di 1024 x 768 ha circa 800 mila pixel sullo schermo, quindi sono necessari 2.5 MB di memoria video

Risoluzione

Esistono tre tipiche modalità di risoluzione per i monitor: 640 x 480, 800 x 600, 1024 x 768, più bassa è la risoluzione, più grandi sono i pixel e quindi gli elementi rappresentati, più alta è la risoluzione più i pixel rimpiccioliscono, gli elementi pure, e più di loro riescono a essere rappresentati

- 640 x 480 (chiamata anche *video graphics array* o **VGA**) se lo schermo è piccolo è inevitabile; 800 x 600 (detta anche **super VGA**) la più usata per schermi a 15 o 17 pollici; 1024 x 768 (chiamata anche *extended graphics array* o **XGA**) usata per display grandi 20/21 pollici

- esistono anche **monitor multifrequenza**, si può passare da una risoluzione all'altra senza cambiare scheda grafica e monitor

Monitor

- **CRT** costituiti da schermo fluorescente e tubo a raggi catodici (*cathode ray tube*) che spara un raggio di elettroni da sinistra a destra (raster scan) dall'alto in basso; lo schermo viene rinfrescato ogni 30/60 volte al secondo
- **monitor CRT a colori** hanno ogni pixel diviso in tre punti (o strisce) di fosforo di diverso colore (*rosso, verde, blu*), variando la luminosità di ognuno dei tre punti si ottengono tutti i colori; la dimensione o **pitch** dei punti determina quanto definita sarà l'immagine, monitor ad alta definizione hanno pitch di 0.26 pollici o meno
- **schermi piatti** basati su diverse tecnologie: (il trade off si gioca su diversi parametri: *leggibilità, costo, consumo* - importante perché spesso sono usati per *laptop* a batteria):

a **crystalli liquidi** (LCD) a matrice attiva o passiva, *vantaggi*: non costosissimi, basso consumo, buona leggibilità anche con luce diretta, veloci; *svantaggi*: la leggibilità degrada a seconda dell'angolazione di lettura, difficili produrli esenti da difetti (quindi non sono prodotti in dimensioni grandi), sono basati su una tecnologia che utilizza una sottile pellicola di blocchi rosso-verde-blu per creare i colori

al **plasma** (PDP) costo molto alto (al momento) ma possono essere prodotti in dimensioni molto grandi, sono utilizzati per costruire pannelli e chioschi elettronici di grande dimensione (ad es. negli aeroporti), molto più leggeri dei CRT, sono basati su una tecnologia che usa gas per eccitare i pixel

Stampanti

Le stampanti più diffuse per l'uso personale sono **a getto d'inchiostro**

Le stampanti più diffuse per l'uso professionale sono **laser**

Esistono linguaggi per il controllo delle stampanti:

1. supponiamo che a schermo sia riprodotto un **documento**; si seleziona da sistema operativo una stampante e si manda in stampa il documento;
2. un **driver** per la stampante è un componente sw di sistema operativo che traduce il documento in un *programma* adatto alla stampante selezionata. Tale programma, che descrive alla stampante come deve stampare i caratteri e la grafica, è scritto in un linguaggio di controllo stampanti come **HP PCL-5** o **Adobe Postscript**
3. all'interno della stampante un processore (**RIP**, raster image processor) **interpreta** il file e crea una immagine **bit-mapped** che è poi quella che viene stampata dalla stampante;
4. le laser costruiscono l'intera immagine in memoria prima di stamparla: la pagina è così conservata in memoria mentre è elaborata (circa 1 MB per una pagina intera con una immagine in bianco-nero con risoluzione 300 dpi)

Stampanti

a matrice di punti c'è una testina che contiene pin (o fili), quando la carta passa sotto la testina, l'elaboratore dice quali pin devono essere bruciati (stampati sulla carta), indi dell'inchiostro è depositato sulle bruciature; il numero di pin determina la risoluzione

a getto di inchiostro una cartuccia di inchiostro è utilizzata da un particolare dispositivo per sparare sulla carta sottilissimi getti di inchiostro (del diametro di un capello), dalla quantità di questi sottilissimi flussi per dispositivo dipende la risoluzione

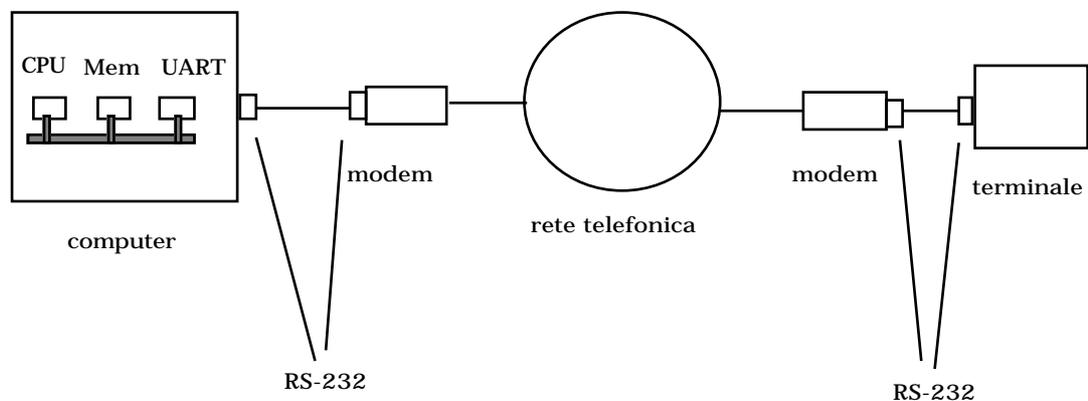
Le **stampanti a colori** (sia a *getto di inchiostro* che *laser*) si basano sul principio di utilizzare solo tre colori (detti *sottrattivi primari*) per formare tutti gli altri.

I tre colori sono ciano (verde-blu), magenta, giallo. Tutti gli altri colori si ottengono per sovrapposizione dei tre

Avolte si aggiunge anche il nero, dato che quel colore è molto utilizzato (per stampare caratteri) ed è considerato conveniente averlo direttamente disponibile piuttosto che ottenerlo per sovrapposizione (CMYK: cyan, magenta, yellow, extra black)

Modem (Modulatore-demodulatore)

- In output da elaboratore verso rete di comunicazione: **riceve** caratteri da un computer un bit alla volta, e trasmette (**modula**) ciascun bit su linea telefonica (in modulazione di ampiezza, o di frequenza, o di fase)
- In input da rete di comunicazione verso l'elaboratore: **riceve** segnale modulato, e demodula in segnale a 2 valori



Trasmissione asincrona: intervallo fra due caratteri consecutivi di durata arbitraria: "start bit" dice inizio carattere

Trasmissione sincrona: :modem src e dst sincronizzano i loro clock: intervallo fra caratteri consecutivi di identica durata

- src trasmette carattere speciale "idle" se "no data"

Trasmissioni *simplex, half duplex, full duplex*

simplex: monodirezionale, poco usato (non consente ack)

half duplex: bidirezionale non simultanea

full duplex: bidirezionale simultanea