

# INFORMATICA

Dall'enciclopedia Treccani:

**informatica** Scienza che studia l'elaborazione delle informazioni e le sue applicazioni; più precisamente l'i. si occupa della rappresentazione, dell'organizzazione e del trattamento automatico della informazione. Il termine i. deriva dal fr. *informatique* (composto di INFORMATION e automatIQUE, «informazione automatica») e fu coniato da P. Dreyfus nel 1962.

“L'informatica non riguarda i computer più di quanto l'astronomia non riguardi i telescopi”. Questa frase, attribuita<sup>1</sup> allo scienziato e pioniere dell'informatica Edsger W. Dijkstra, suggerisce che l'informatica non sia “la scienza dei computer” (come farebbe invece supporre il suo nome in inglese, *computer science*), ma piuttosto una scienza che ha il computer come strumento principe per portare avanti la propria ricerca.

Potremmo dire, in prima approssimazione, che l'informatica studia la codifica di procedure per risolvere problemi in modo automatico. Inizialmente questi problemi erano essenzialmente di natura matematica, ma la diffusione dei computer – anche e soprattutto per uso personale da parte di non addetti ai lavori – ha ampliato le categorie di problemi di interesse per gli informatici.

Alcuni esempi di problemi:

- a. Come trovare il massimo comun divisore di due numeri
- b. Come decifrare i messaggi in codice dei servizi segreti di un paese “nemico”
- c. Come trovare velocemente un nome in un elenco lunghissimo
- d. Come rendere un'immagine fotografica più nitida
- e. Come realizzare l'animazione di un'astronave che si muove sullo schermo
- f. Come riconoscere nel DNA di una persona sequenze “critiche”
- g. Come stabilire qual è la pagina Web più interessante su un certo argomento
- h. Come scegliere quali post mostrare sulla bacheca di Facebook di una persona
- i. Come impedire a malintenzionati di rubare informazioni sensibili spedite in rete

...come si vede alcuni di questi problemi esistevano già da prima dell'esistenza dei computer, mentre alcuni sono stati, potremmo dire, “creati” dalla diffusione dei computer e soprattutto di Internet. Può forse sembrare strano (o poco *politically correct*) che in questo elenco sia incluso un problema “di guerra” (quello al secondo punto), ma è un dato storico che molti avanzamenti nel campo dell'informatica durante il XX secolo sono stati dovuti proprio alle necessità militari.

Torniamo alla definizione di informatica:

---

<sup>1</sup> L'attribuzione è incerta, ma è plausibile – Dijkstra ha fatto molte affermazioni sulla stessa linea, come “Non devo necessariamente perder tempo con un computer solo perché sono un informatico”.

“...l’i. si occupa della rappresentazione, dell’organizzazione e del trattamento automatico della informazione.”

Le “informazioni” che vengono “trattate” in modo automatico sono quelle che caratterizzano i problemi da risolvere. La risoluzione di un problema può essere vista infatti come la trasformazione di una informazione (dato in ingresso) in un’altra (risultato).

Un problema è infatti solitamente caratterizzato da dei dati di partenza (in informatica parliamo di *input*, in inglese ingresso, inserimento) e dalla descrizione delle caratteristiche che un risultato (*output*, in inglese produzione, uscita, risultato) deve avere per essere corretto o desiderabile. Ad esempio, riprendendo alcuni degli elenchi sopra:

- a. Dati: due numeri A e B. Risultato: il numero più grande X tale per cui sia A che B sono divisibili (senza resto) per X
- b. Dato: un messaggio in codice. Risultato: il messaggio originale scritto dai servizi segreti
- c. Dati: un elenco lunghissimo di nomi, un nome da cercare. Risultato: la posizione nell’elenco a cui si trova il nome cercato, oppure l’indicazione che il nome non è in elenco

...e così via.

Abbiamo detto: “l’informatica si occupa di studiare la codifica di procedure per risolvere problemi in modo automatico”. Cosa significa? Significa che

1. La procedura si compone di passi, o istruzioni, non ambigue, sulla cui modalità di esecuzione non deve esserci alcun dubbio.
2. Le condizioni alle quali chi esegue la procedura sceglie il prossimo passo da compiere devono essere non ambigue, ossia deve essere possibile rispondere in modo inequivocabile alla domanda “questa condizione vale?”
3. Il materiale (informazioni, strumenti...) che serve per eseguire le istruzioni, o per decidere quale è il prossimo passo, deve essere reperibile/comprendibile all’esecutore della procedura, e identificato in maniera inequivocabile

Una procedura con queste caratteristiche viene definita **algoritmo**, dal nome del matematico arabo al-Khwarizmi, del IX secolo, il primo a scrivere un trattato su come codificare procedure di questo tipo per risolvere problemi matematici (...il che dimostra che l’oggetto di studio dell’informatica è nato molto prima dei computer!).

Naturalmente cosa sia un’istruzione, e cosa significhi che non è ambigua, dipende moltissimo da chi deve eseguire l’algoritmo! Una ricetta che due chef condividono, ad esempio, potrebbe essere non ambigua per loro ma esserlo per un principiante. L’istruzione “fai un soffritto di cipolla” è non ambigua per me, ma estremamente ambigua per mio marito! E le istruzioni per montare i mobili dell’IKEA? Chi le ha scritte sicuramente pensava che non fossero ambigue, ma molti di noi potrebbero dissentire...

In informatica chiamiamo “colui/colei” che esegue un algoritmo “agente di calcolo”. Il computer è un agente di calcolo. Un robot industriale è un agente di calcolo. Uno smartphone è un agente di calcolo. La centralina elettronica di un’auto è un agente di calcolo. Sebbene siano tutti abbastanza diversi, e “capiscano” spesso istruzioni diverse, sappiamo che tutti questi agenti sono riconducibili ad uno stesso “modello di calcolo”. Cosa significa? Significa che, anche se magari le istruzioni che ciascuno di questi agenti capisce sono diverse, la “logica” che sta dietro agli algoritmi che essi possono eseguire si basa sulle stesse regole. Per questo è possibile per un informatico studiare dei problemi e dei modi di risolverli anche senza disporre di un computer o di un agente di calcolo concreto. Naturalmente disporre di un agente di calcolo facilita il lavoro perché rende molto più semplice verificare se la propria soluzione sia corretta o meno.

Approfondiremo questo tema nella Parte II, dedicata al Pensiero Computazionale.

# CENNI DI STORIA DELL'INFORMATICA

## Charles Babbage, Luigi Federico Menabrea e Ada Lovelace

**Charles Babbage** (1792 – 1871), inglese, fu una figura eminente del suo tempo.

Gli fu assegnata la cattedra di Matematica a Cambridge nel 1828, La stessa che fu di Isaac Newton e più recentemente di Stephen Hawking.

Lasciò tuttavia la cattedra nel 1839 per dedicarsi a tempo pieno alle sue idee di inventore.

Fu membro delle più importanti società scientifiche inglesi ed europee, e amico di Charles Darwin e Pierre Simon de Laplace.

Tra gli anni 1820 e 1830 Babbage concepisce e in parte realizza un dispositivo noto come Difference Engine, un dispositivo meccanico in grado di eseguire alcuni tipi di operazioni aritmetiche, anche su numeri molto grandi.

Babbage ottiene anche cospicui finanziamenti pubblici per la realizzazione della sua invenzione, che tuttavia non vede mai completamente la luce.

A parte i problemi tecnici, la ragione è che, a partire dai primi anni 30, Babbage si dedica ad una nuova invenzione: una macchina in grado di calcolare funzioni arbitrariamente complesse su un numero qualsiasi (ma comunque limitato) di variabili: l'Analytical Engine

Da subito, Babbage concepisce l'idea di controllare il funzionamento dello Analytical Engine attraverso schede perforate: l'intuizione gli deriva dal telaio di Jacquard (ricordiamo che il telaio meccanico è uno dei protagonisti della prima rivoluzione industriale, nella seconda metà del '700, e che Jacquard introdurre il suo telaio proprio all'inizio dell'800).

Babbage incomincia a chiedere finanziamenti per realizzare questa sua nuova invenzione, ma senza molto successo, visti i soldi già spesi e gli scarsi risultati ottenuti con il progetto precedente.

Incomincia allora a cercare fuori dall'Inghilterra quell'interesse per le sue idee che non era stato in grado di sollevare in patria, e nell'agosto del 1840 viene invitato a Torino, a tenere una serie di conferenze al "Secondo congresso degli Scienziati Italiani" patrocinato da re Carlo Alberto di Savoia.

Babbage lascerà poi alcuni suoi disegni alla città, che sono conservati all'Accademia delle Scienze di Torino

Nel partecipare al congresso, l'intenzione di Babbage è di sollevare l'interesse di Giovanni Plana, astronomo torinese, professore dell'Università di Torino, tra gli scienziati più noti e influenti a livello europeo in quel periodo (Plana fu tra l'altro il fondatore dell'Osservatorio Astronomico di Torino). Babbage spera che Plana voglia scrivere e pubblicare un resoconto delle sue conferenze, incarico che però Plana affida ad un suo allora sconosciuto allievo, **Luigi Federico** (conte di) **Menabrea** (1809-1906), ingegnere del genio militare.

(Menabrea diverrà poi generale di Garibaldi, ministro del regno e primo ministro dal 1867 al

1869. Il suo interesse per la scienza rimase comunque sempre vivo, e fu tra l'altro professore di Scienza delle Costruzioni all'Università di Torino dal 1846 al 1860)

Menabrea scrive un articolo che riassume le idee dell'Analytical Engine, e l'articolo viene pubblicato, in francese, nell'ottobre del 1842 sul n. 82 della rivista della Bibliothèque Universelle de Genève.

All'inizio del 1843, **Ada Augusta Byron King** (1815-1852), contessa di **Lovelace** (e figlia del poeta George Byron), su consiglio di Charles Wheatstone – amico di famiglia e co-inventore del telegrafo – traduce il lavoro di Menabrea per il Taylor's Scientific Memoirs, una rivista inglese specializzata nella pubblicazione di articoli scientifici e resoconti di congressi esteri.

Ada Lovelace invia la traduzione a Babbage, il quale la esorta ad aggiungere note di chiarimento (che alla fine risulteranno più lunghe dell'articolo originale) al lavoro di Menabrea.

L'articolo di Menabrea, tradotto e corredato delle ampie note di Ada viene pubblicato nel settembre del 1843, ed è tradizione considerarlo il primo articolo scientifico nella storia dell'informatica. Copia dell'originale è stata battuta all'asta da Christie's nel 2013 per 170.000 \$.

L'articolo descrive molti aspetti simili all'architettura dei moderni computer e alla loro programmazione quasi cento anni prima che queste idee fossero "riscoperte", nel XX secolo. Con un po' di esagerazione, è ormai tradizione considerare Charles Babbage l'inventore del primo computer moderno, e Ada Lovelace la prima programmatrice della storia dell'informatica. Sfortunatamente, le idee di Babbage e di Ada Lovelace passarono sostanzialmente sotto silenzio, e furono poi dimenticate per lungo tempo...

## George Boole e l'algebra booleana

Nel 1854 l'inglese **George Boole** (1815-1864) pubblica un lavoro scientifico dal titolo:

*An Investigation of the Laws of Thought, on Which Are Founded the Mathematical Theories of Logic and Probabilities*

Qui vengono illustrati i principi dell'algebra di Boole, il fondamento matematico su cui si basano tutti i calcolatori digitali moderni.

Se l'algebra che si studia a scuola si occupa dei numeri decimali, descrivendo le operazioni che esistono fra di essi e le loro proprietà, l'algebra booleana si occupa dei "valori di verità" (che sono solo due: vero e falso, solitamente rappresentati dai numeri 1 e 0) e descrive le operazioni fra di essi.

Ad esempio: se una frase "bla bla" è VERA e ci metto davanti un NON, come diventa?

Se una frase "bla bla" è VERA, e un'altra frase "bli bli" è FALSA, l'affermazione "bla bla E bli bli" è vera o è falsa? E l'affermazione "bla bla OPPURE bli bli"?

Boole introduce delle operazioni matematiche (NOT, OR, AND) che agiscono sui valori di verità, e ne descrive il comportamento e le proprietà.

Si trattava di un lavoro puramente matematico, sino a che negli anni '30 del XX secolo si mostrò che era possibile costruire circuiti digitali basati proprio sui valori 0 e 1, e sulle operazioni dell'algebra di Boole.

## L'architettura di Von Neumann

La storia del computer come lo conosciamo oggi inizia con l'invenzione dei **circuiti digitali**, in grado di compiere operazioni matematiche. I circuiti digitali si costruiscono combinando insieme componenti che eseguono operazioni di base: semplificando, possiamo immaginare di avere a disposizione dei mattoni che effettuano le operazioni aritmetiche, e, componendoli, ottenere sequenze di calcoli in grado di risolvere anche problemi molto complessi. In realtà i componenti di base dei circuiti digitali effettuano operazioni su cifre binarie, ossia su valori 0 e 1. Grazie però all'algebra di Boole e all'aritmetica binaria, si conosce il modo di effettuare calcoli su numeri arbitrari componendo insieme più componenti che lavorano su 0 e 1.

Con un circuito si ha dunque a disposizione un agente di calcolo che "capisce" istruzioni che eseguono operazioni aritmetiche. Se siamo in grado di costruire un algoritmo che, a partire da queste istruzioni di base, risolve un dato problema, possiamo costruire il circuito corrispondente componendo i mattoni che contengono le diverse operazioni.

Le prime macchine assimilabili a dei computer in effetti erano in grado di eseguire un unico algoritmo (certo, a partire da dati di volta in volta diversi), quindi di risolvere un solo problema. Per realizzare una procedura diversa era necessario costruire un nuovo circuito. Una versione leggermente più sofisticata permetteva di cambiare l'algoritmo attivando o disattivando, tramite opportuni interruttori, le operazioni di cui il circuito si componeva. Si trattava in ogni caso di un'operazione meccanica che interveniva sulla struttura fisica del circuito. Questi computer venivano chiamati "**computer a programma cablato**".

**Programma** in informatica indica la realizzazione concreta (**implementazione**) di un algoritmo come sequenza di istruzioni comprensibili ad un dato agente di calcolo. Lo stesso algoritmo potrebbe essere implementato (realizzato) diversamente per due agenti di calcolo che capiscano istruzioni un poco diverse.

**Cablato** in questo contesto significa "stabilito tramite i circuiti elettrici".

Il primo computer di questo tipo (ossia a programma cablato, ma modificabile tramite interruttori) fu l'ENIAC (1946) costruito dai progettisti John Mauchly e J. Presper Eckert. Mauchly ed Eckert brevettarono il loro progetto, ma nel 1976 il brevetto fu annullato perché nel 1976 un giudice della corte suprema stabilì che l'ENIAC, sebbene più potente (in grado di calcolare algoritmi più complessi), derivava da un precedente progetto, l'Atanasoff-Berry Computer (detto anche ABC), costruito nel 1939.

Successivamente Mauchly ed Eckert svilupparono, insieme al matematico e fisico John Von Neumann, il progetto di un **computer a programma memorizzato**, chiamato EDVAC. I computer a programma cablati disponevano, per i risultati intermedi dei calcoli, di una memoria (ossia di una componente in cui un dato poteva essere “scritto”, senza paura che si cancellasse, e successivamente “riletto” quando serviva per un’altra operazione).

L’idea “nuova” era di controllare il funzionamento del circuito non tramite interruttori, bensì inserendo degli opportuni codici nella memoria del computer, quella stessa memoria che già veniva usata per conservare i risultati intermedi dei calcoli. In questo modo lo stesso computer poteva essere istruito a eseguire algoritmi completamente diversi semplicemente inserendo nella sua memoria dei codici diversi. Vale la pena notare che questa stessa idea era stata contemporaneamente espressa dallo scienziato inglese Alan Turing di cui parleremo dopo. Per “programmare” il computer (ossia istruirlo su quale algoritmo realizzare, inserendo gli opportuni codici nella sua memoria) si utilizzavano le schede perforate: in base alla posizione dei fori sulla scheda, nella memoria del computer veniva inserito uno 0 o un 1.

Von Neumann descrisse il progetto del EDVAC in un documento intitolato *“First draft of a report on the EDVAC”* (1945) che rese il progetto famoso in tutto il mondo (...e lo fece passare alla storia col nome “Architettura di Von Neumann”!)

Il primo computer basato su questo progetto, un prototipo, lo Small Scale Experimental Machine (detto *Manchester Baby*), fu messo in funzione nel 1948 alla Victoria University of Manchester.

L’EDVAC vero e proprio (che quindi non fu il **primo** computer a programma memorizzato della storia, ma il secondo...) fu costruito effettivamente nel 1949.

Qual è l’idea alla base della cosiddetta architettura di Von Neumann?

Il computer è costituito da una **memoria centrale** (divisa in due sezioni, una per i dati e una per i programmi, e costituita da una sequenza numerata di caselle dette **celle**) e da una **central processing unit**, unità centrale di calcolo, dove si trovano i circuiti. Anche la CPU è divisa in due parti: l’**unità aritmetico-logica**, composta dai circuiti che effettuano i calcoli, e la **unità di controllo** dove ci sono i circuiti che regolano la lettura dei programmi dalla memoria. In particolare nell’unità di controllo c’è un **registro** (ossia una piccola unità di memoria collegata direttamente al circuito) chiamato **contatore di programma** che indica la posizione in memoria centrale della prossima istruzione da eseguire.

La memoria centrale e la CPU comunicano tramite un collegamento elettrico chiamato **BUS**. Per poter eseguire un calcolo l’unità aritmetico logica deve prelevare dalla memoria centrale i dati su cui deve avvenire l’operazione, e successivamente dovrà riscrivere nella memoria centrale il risultato.

Le **istruzioni** che questo agente di calcolo è in grado di capire sono di due tipi:

- Istruzioni aritmetico/logiche, che fanno calcoli. Per fargli eseguire una di queste istruzioni bisogna dirgli dove prendere in memoria i dati e dove scrivere il risultato. Vengono eseguite dall'unità aritmetico-logica.
- Istruzioni di controllo, che istruiscono il computer su quale sia la prossima istruzione da eseguire, modificando il valore nel **contatore di programma**. Se non diversamente istruito, il computer passerà alla prossima istruzione nella sequenza. Queste istruzioni possono essere **condizionali**, ossia far dipendere la propria esecuzione dal valore di una cella di memoria.

Il funzionamento del computer è regolato da un "clock" o orologio, che manda un impulso elettrico a intervalli regolari.

Ad ogni impulso del clock:

- Viene letta una istruzione dalla parte di memoria riservata ai programmi, quella indicata dal contatore di programma (all'inizio sarà la prima). Il contatore di programma viene poi aumentato di 1, cosicché al prossimo giro si esegua la prossima istruzione.
- Se si tratta di un'istruzione aritmetico-logica:
  - Vengono prelevati dalla memoria centrale i dati indicati dall'istruzione.
  - Viene effettuato il calcolo indicato dall'istruzione.
  - Il risultato del calcolo viene messo nella cella di memoria centrale indicata dall'istruzione
- Se si tratta di un'istruzione di controllo non condizionale:
  - Il contatore di programma viene impostato al valore indicato dall'istruzione
- Se si tratta di un'istruzione di controllo condizionale:
  - Viene prelevato il contenuto della cella di memoria indicata dall'istruzione
  - Viene verificato se il valore è maggiore di 0
  - Se è così il contatore di programma viene impostato al valore indicato dall'istruzione

La cosa particolare, che rende i computer molto più potenti di una semplice calcolatrice programmabile che esegue calcoli in sequenza, è che esiste un tipo speciale di istruzione che cambia il contenuto del contatore di programma, permettendo di saltare, in base a condizioni verificate sul momento (il risultato di un calcolo, il contenuto di una cella di memoria, l'input di un sensore) ad un punto qualsiasi del programma: più avanti, saltando alcune istruzioni, o anche più indietro, ripetendo parti del programma stesso.

I computer di oggi sono ancora basati su questa architettura.

## Alan Turing e la II guerra mondiale

Come già detto, la II guerra mondiale – e in particolare la necessità di decifrare i messaggi nazisti – diedero un grosso impulso allo sviluppo dei primi calcolatori.

A partire dal 1926 l'esercito tedesco utilizzò, per cifrare i messaggi, le macchine della serie **Enigma**. Le Enigma erano macchine da scrivere che alla pressione di un tasto producevano, invece del carattere originale, un altro carattere, stabilito con una logica impossibile da ricostruire se non si era in possesso della macchina stessa. Infatti, chi voleva decifrare il messaggio doveva possedere un'altra macchina Enigma della stessa serie e con le stesse impostazioni di partenza. Cercare di decifrare il messaggio a partire dalla conoscenza teorica del funzionamento di Enigma (ma senza possedere la macchina specifica che l'aveva cifrato), e "provando" diverse combinazioni, era in buona sostanza impossibile, per la quantità innumerevole di combinazioni diverse possibili.

Sicuramente tuttavia affidare questi tentativi ad una macchina pareva più promettente che farli a mano, e così gli inglesi investirono nella costruzione di una serie di macchine calcolatrici, denominate "**Bomba**", che effettuavano precisamente questi calcoli. La progettazione di queste macchine fu affidata allo scienziato Alan Turing, nella sede di **Bletchley Park**, ora museo dedicato alla storia di Enigma e della Bomba.

Alan Turing (1912-1954), scienziato (in campi anche assai diversi fra loro) e filosofo, è uno dei padri fondatori dell'informatica. Le sue ricerche nei campi della matematica, dell'informatica (anche se ai suoi tempi questo termine ancora non esisteva, e i computer erano in fasce!) e dell'analisi crittografica sono ancora oggi tra i fondamenti della scienza dell'informatica.

Turing ebbe una storia personale drammatica (morì suicida, a causa, molti storici concordano nell'affermare, delle persecuzioni a cui fu sottoposto dall'autorità britannica in quanto omosessuale) e partecipò a vicende di enorme importanza storica durante la seconda guerra mondiale. Per tutte queste ragioni la sua figura è stata protagonista di svariati saggi, romanzi, opere teatrali e, più recentemente (2014) del noto film *The Imitation Game*.

Le Bombe non erano computer, ma calcolatrici estremamente potenti. Turing non pensava davvero di provare tutte le combinazioni possibili di cifrature, ma basò il suo progetto su analisi statistiche (la **crittoanalisi**, una combinazione di matematica, statistica, e linguistica, è una scienza in sé, e Turing ne era esperto). Ciononostante la Bomba riuscì effettivamente a decifrare i messaggi di Enigma solo quando gli inglesi entrarono in possesso di una parte dei progetti di Enigma, cosa che permise di indirizzare in modo più preciso i tentativi di decifrazione.

Successivamente, l'esercito tedesco passò a macchine di cifratura più sofisticate, chiamate cifratori **Lorenz**. Per decifrare i messaggi scritti con queste macchine, gli inglesi investirono su un'evoluzione della Bomba, la serie di macchine **Colossus**.

I Colossus furono progettati a Bletchley Park dal matematico Max Newman e dall'ingegnere elettrico Tommy Flowers, raccomandatogli da Turing. A differenza delle Bombe, i Colossus erano a tutti gli effetti dei computer (a programma cablato)

Cronologicamente, i Colossus, messi in opera nel 1943 (Colossus Mark I) e 1944 (Colossus Mark II) vengono dopo l'ABC (1939) e prima dell'ENIAC (1946). Fra questi si situa lo Z3, costruito nel 1941 dallo scienziato tedesco Konrad Zuse, che lavorò indipendentemente e il cui progetto non fu influenzato, né influenzò, gli altri lavori in corso su questa tematica.

Torniamo ad Alan Turing. Parallelamente al suo lavoro a Bletchley Park, Turing lavorò ad un modello astratto di macchina, riprendendo anche in parte il lavoro di Babbage. Turing era interessato, come matematico, a caratterizzare quali funzioni matematiche fossero effettivamente calcolabili in modo automatico. Era naturalmente anche interessato a progettare un calcolatore effettivamente in grado di calcolarle, ma il suo progetto, la “**macchina di Turing**” si rivelò più adatto come modello teorico che come approccio concreto alla progettazione di calcolatori.

La tesi di Church-Turing afferma che se esiste una procedura (algoritmo) che permette ad un umano di calcolare una funzione, allora è possibile programmarlo su una macchina di Turing. Per questa ragione ancor oggi si dice che un agente (o un modello) di calcolo è “**Turing-completo**” per indicare che, essendo in grado di fare gli stessi calcoli di una macchina di Turing, può essere programmato per eseguire qualsivoglia algoritmo che un essere umano sia in grado di descrivere.

L’architettura di Von Neumann è un modello di calcolo “Turing-completo”, dunque ogni computer oggi in uso è in grado di calcolare qualsiasi funzione per la quale sia possibile esprimere un algoritmo. Le macchine della serie Colossus non erano Turing-complete. In effetti, il primo computer Turing-completo della storia fu proprio lo Z3 di Zuse, che quindi può a tutti gli effetti essere considerato l’inventore del computer (anche se non della tipologia di computer da noi utilizzata, che va attribuita a Mauchly, Eckert, Von Neumann e Turing).

## Il personal computer

I primi computer erano delle macchine gigantesche, che occupavano intere stanze, e venivano “programmati” a schede perforate. Solo chi aveva costruito il computer sapeva come programmarlo (ossia a quali codici corrispondevano quali istruzioni!) e nessun altro avrebbe potuto utilizzarlo (né avrebbe voluto, perché non avrebbe saputo cosa farsene, non essendo in grado di programmarlo).

Inoltre questi computer funzionavano in modo “batch”: si davano tutte le informazioni necessarie per il calcolo una volta per tutte all’inizio, e finché il calcolo non era terminato non c’era modo di interromperlo o di intervenire per modificare qualcosa.

Quando i primi computer iniziarono a diffondersi nei laboratori di ricerca, gli scienziati dovevano prenotare il tempo di utilizzo; magari avevano passato ore a codificare le schede perforate per ottenere il calcolo che desideravano, per poi scoprire che avevano fatto un errore... e magari dover aspettare giorni prima di poter di nuovo riutilizzare il computer.

Senza entrare troppo nei dettagli, possiamo dire che la storia successiva, che ha portato ai **personal computer** (ossia i computer per uso personale, diffusi nelle case delle persone), è stata caratterizzata da alcuni ingredienti fondamentali:

- La **miniaturizzazione dei circuiti**, e il miglioramento della loro efficienza nei calcoli, che ha reso possibili macchine sempre più piccole e sempre più veloci.
- L'invenzione (e l'evoluzione) dei **linguaggi di programmazione**: nessuno più programma inserendo i codici binari specifici di un computer direttamente nella sua memoria. I programmatori descrivono gli algoritmi usando istruzioni ed espressioni più vicine ad una logica "umana", anche se a base fortemente matematica. I computer sono dotati di programmi speciali, chiamati "compilatori" o "interpreti"<sup>2</sup> a seconda del modo di funzionamento, che traducono le istruzioni dei linguaggi di programmazione nei codici della macchina su cui il programma dovrà girare.
- L'introduzione dei sistemi operativi che ha reso possibile una maggiore interazione con chi utilizzava il computer. Il **sistema operativo** (OS, *operating system*) è un programma che risiede permanentemente nella memoria del computer e interagisce costantemente con l'utente, il quale ha dunque modo di dare comandi senza necessariamente programmare il computer. Questo ha portato alla possibilità di pre-caricare nel computer diversi programmi e permettere ad un utente inesperto di eseguirli, inserendo dati e ricevendo i risultati, senza essere in grado lui stesso di programmare il computer.

Il primissimo personal computer fu costruito dall'Olivetti nel 1965, ed era più simile ad una calcolatrice, con un display molto piccolo in grado di visualizzare un'istruzione alla volta, e un rotolo di carta (come la cassa di un supermercato...) per stampare i risultati.

I personal computer maggiormente diffusi a partire dagli anni '70 erano tipicamente caratterizzati da un monitor testuale, dove i risultati delle elaborazioni venivano mostrati agli utenti sotto forma di testo. Gli utenti inserivano i dati tramite una tastiera. Il PC era basato sull'architettura di Von Neumann, quindi aveva una "scheda madre" contenente l'unità centrale di elaborazione e la memoria principale, collegate dal bus. In aggiunta tuttavia doveva avere una memoria "permanente" per far sì che non fosse necessario riprogrammare il computer ogni volta che veniva acceso (la memoria principale si cancella in assenza di corrente elettrica). Questa memoria permanente era ottenuta inizialmente tramite dischi magnetici flessibili (floppy disk) che dovevano essere inseriti negli appositi alloggiamenti perché all'accensione il loro contenuto fosse caricato in memoria centrale. In fondo era l'epoca del vinile, dei 45 giri e degli LP... i dischi parevano il modo più comune di registrare un'informazione! Ovviamente (sempre ispirati dal mondo musicale) esistevano anche i nastri, ma per i computer erano più scomodi: infatti per trovare un'informazione in un nastro bisogna scorrerlo tutto, mentre la testina di un disco ha più libertà di movimento.

---

<sup>2</sup> Un compilatore traduce per intero tutto il programma perché possa essere caricato direttamente nella memoria del computer; una volta che il programma è stato compilato il compilatore non serve più. Un interprete invece risiede nella memoria del computer e traduce ad una ad una le istruzioni del programma mentre si presentano.

I dischi contenevano innanzitutto il Sistema Operativo, e poi altri software che potevano essere di interesse per l'utente. Successivamente ai dischi flessibili venne aggiunto un disco fisso, inserito all'interno del computer, di maggiore capacità, che conteneva il software più frequentemente utilizzato. Per poter inserire nuovi dati o programmi nel disco fisso si doveva comunque passare per i floppy disk, ma una volta copiato il contenuto il floppy poteva venire cancellato e riutilizzato per altro. Il procedimento di trasferire un nuovo software dal floppy disk al disco fisso, e di far "sapere" al sistema operativo che il nuovo software era disponibile prendeva il nome di "installazione". Oggi i floppy non esistono più, e la memoria fissa non è più un disco! Però il procedimento è rimasto concettualmente lo stesso...

Un ruolo fondamentale in questa evoluzione è stato giocato da IBM, Microsoft e Apple. IBM si specializzò nella produzione di microprocessori (ossia circuiti digitali miniaturizzati) grazie ai quali era possibile costruire computer "da scrivania". Microsoft fu fondata nel 1975 da Bill Gates e Paul Allen; IBM incaricò Microsoft di trovare un sistema operativo adatto ai loro computer. Gates e Allen comprarono la licenza d'uso del sistema operativo 86-DOS e ingaggiarono il suo sviluppatore per adattarlo ai processori IBM. Lo ribattezzarono MS-DOS e lo vendettero all'IBM, che lo commercializzò sui suoi computer con il nome PC-DOS. Tuttavia, Microsoft conservò la licenza con la possibilità di distribuire MS-DOS anche su altri computer con processori compatibili con l'IBM.

Apple, fondata da Steve Jobs e Steve Wozniak nel 1976, era il principale rivale dell'accoppiata IBM/Microsoft, avendo un proprio tipo di microprocessore (il PowerPC), un proprio personal computer e un proprio DOS (Apple-DOS). Si distinse però per l'investimento sulle interfacce grafiche. I computer Apple erano dotati di un'interfaccia a finestre, come quelle che conosciamo oggi, già dal 1978. La Microsoft adottò questo tipo di evoluzione solo nel 1985, con il sistema operativo Windows (che in realtà all'inizio era sempre DOS con l'aggiunta della parte grafica). Se per tutti gli anni '80 e '90 i computer IBM compatibili, con installati prodotti Microsoft, la fecero da padroni, la Apple ha visto la propria riscossa a partire dall'inizio del XXI secolo, prima con l'introduzione del nuovo sistema operativo Mac OS X, completamente riprogettato, e successivamente con il passaggio a processori IBM compatibili, che permisero a molti di acquistare un computer Apple (in media tecnologicamente più avanzati e potenti degli IBM compatibili) e installarvi sopra il più "abituale" Windows.

La diffusione capillare di dispositivi come iPod in primis e iPhone e iPad in seguito ha portato successivamente molti utenti a diventare familiari con i sistemi operativi Apple e ad adottare in toto i loro prodotti.

## **Internet e il World Wide Web**

Il nome **Internet** indica un sistema mondiale di reti di computer che comunicano utilizzando il **protocollo** TCP/IP. Un protocollo è una serie di regole che due computer devono seguire per

poter comunicare (pensiamo ai “protocolli di corte” delle monarchie...). TCP/IP è un protocollo standard a cui si deve aderire per poter far parte di Internet.

**Internet** è una “rete di reti”: aziendali, pubbliche, private, governative, accademiche... al suo interno ciascuna sottorete può usare anche protocolli diversi (anche se ormai la maggior parte delle tecnologie si basa su TCP/IP quindi la maggior parte adotta quello) ma per comunicare con le altre sottoreti deve seguire le “regole” di TCP/IP.

La tecnologia su cui si basa il protocollo TCP/IP risale grosso modo agli anni ‘60 (naturalmente si appoggia su tecnologie precedenti) del XX secolo. Nel 1969 il DARPA (Defense Advanced Research Projects Agency), il centro di ricerca del ministero della difesa statunitense, inaugurò la rete ARPANET, che collegava alcuni centri di ricerca militari e universitari negli USA. Sia negli USA che in Europa, tuttavia, venivano portati avanti progetti paralleli per collegare computer in rete su lunghe distanze.

Nel corso degli anni ‘70 gli scienziati del DARPA lavorarono al problema di collegare fra loro più reti diverse, basate su tecnologie e modalità di comunicazione diverse. Il protocollo TCP/IP, che nella sua forma attuale è stato pubblicato nel 1981, è il frutto di queste ricerche.

Nel 1983 la parte militare di ARPANET venne spostata su una rete separata, e ARPANET collegata ad altre reti esistenti negli USA tramite TCP/IP. Questa “rete di reti” prese il nome di Internet, termine nato come abbreviazione di “Internetworking” ossia “collegamento FRA reti”. Nel corso degli anni ‘80 anche le reti europee, asiatiche e australiane si collegarono a poco a poco ad Internet tramite TCP/IP. In Europa il progetto ruotò principalmente intorno al CERN di Ginevra.

Ai suoi albori, la rete internet veniva utilizzata per scambiare dati, cosa che avveniva principalmente in due modi:

- Tramite l’invio di messaggi (quella che oggi conosciamo come e-mail): un mittente specifico inviava informazioni ad un destinatario specifico
- Permettendo di accedere attraverso la rete ad depositi “pubblici”, aree di memoria da cui un utente (dotato di password) poteva prelevare file<sup>3</sup> di diverso tipo (documenti, dati sperimentali, programmi, ecc). Esistevano dei programmi appositi in cui i ricercatori potevano consultare una sorta di catalogo del deposito e trovare al suo interno il materiale a cui erano interessati, per poi trasferirlo sul proprio computer.

Entrambe queste attività avvenivano con un **modello client-server** (cliente/servitore): il “client” (un software sul computer dell’utente finale) richiede un servizio e il “server” (un

---

<sup>3</sup> Un “file” (in inglese significa “archivio”) è un insieme di dati omogeneo identificato da un nome e da una collocazione (nella memoria di un computer, o nel Web), che permette di reperirlo. Possiamo distinguere due categorie macroscopiche di file: i file contenenti dati, e quelli contenenti programmi che il computer può eseguire. Quando un file contiene dati elaborati da un utente tramite un apposito software viene anche chiamato “documento”.

software sul computer che riceve la richiesta) glielo fornisce. I computer che ospitano i server sono di solito computer più potenti, dotati di memorie di maggiore dimensione.

Nel caso della mail, gli utenti potevano richiedere due servizi: l'invio del messaggio (il server a cui il mittente fa riferimento riceve il messaggio dal software client e lo invia al server a cui il destinatario fa riferimento) o la ricezione (il server a cui l'utente fa riferimento mette a disposizione del client tutti i messaggi che gli sono pervenuti da quell'utente). Il server fa dunque allo stesso tempo da postino e da ufficio postale.

Nel caso del trasferimento file, il software client poteva richiedere di mettere un file nel deposito, di consultare il catalogo del deposito o di prelevare un file. Il software server doveva innanzitutto verificare se quell'utente aveva il permesso di fare quell'operazione.

Successivamente o riceveva il file e lo memorizzava nel deposito, inviava al software client il catalogo, oppure inviava il file desiderato, a seconda del tipo di richiesta ricevuta.

Verso la fine degli anni '80 stavano cominciando a circolare nei questi "depositi" di file dei documenti che venivano chiamati "ipertestuali": contenevano infatti al loro interno collegamenti ad altri documenti, permettendo di reperire più facilmente materiali fra loro collegati. Ad esempio un documento contenente un articolo scientifico poteva contenere un collegamento ad un file con i dati dell'esperimento descritto nell'articolo, un altro ad un articolo precedente sullo stesso argomento, etc. Questi collegamenti erano realizzati assegnando a ciascuna "risorsa" (per risorsa si intendeva un file disponibile nel deposito) un codice identificativo. Il software per il trasferimento dei file era in grado tramite il codice di reperire la risorsa collegata, senza che il ricercatore dovesse cercarla "a mano" nel deposito.

Nel 1989 l'ingegnere informatico Tim Berners-Lee ebbe l'idea di sviluppare un programma apposta per leggere in modo grafico i documenti ipertestuali, per seguire i collegamenti al loro interno, e di proporre uno standard per identificare le risorse che tutti potessero utilizzare, in modo da collegare fra loro anche documenti presenti in depositi diversi. Aveva inventato il World Wide Web.

Il World Wide Web (in breve, WWW, W3 o semplicemente Web, che significa ragnatela) nasce infatti come una rete documentale, ipertestuale e multimediale, grazie alla quale è possibile per chi possiede un "deposito di file" (quello che adesso chiameremmo un Web Server: un computer che contiene al suo interno memorizzate le pagine Web e permette a tutti di consultarle) pubblicare documenti (ipertestuali, ossia che contengono collegamenti ad altri documenti, e multimediali, ossia contenenti non solo testo, ma anche immagini, audio, etc) che altri possono leggere con un apposito programma (quello che adesso conosciamo come Web Browser: un software che trasferisce i documenti dal Web Server e li visualizza con la grafica e l'immaginazione stabilite da chi li ha scritti).

Molti erroneamente (e tutti colloquialmente...) confondono i termini "Internet" e "World Wide Web". Internet indica in realtà la parte tecnologica della rete mentre il World Wide Web è più assimilabile ad un "software" specifico (o meglio, ad un insieme di software) che "gira" su

Internet. L'email ad esempio non fa parte del World Wide Web, è un'applicazione diversa, anche se spesso viene consultata "attraverso" il Web stesso, può essere letta e inviata anche senza un Web Browser, utilizzando al suo posto un programma specifico per l'email.

La maggior parte delle persone tuttavia conosce, di Internet, soltanto il Web. Nel 1994 è stato diffuso il primo Web Browser commerciale: da allora il Web è diventato il principale "motore" della diffusione capillare dei computer, rendendo disponibili le comunicazioni in rete anche ad utenti non esperti.

A partire dal 1999, ma in modo più consistente nei primi anni del XXI secolo, l'uso del Web inizia a cambiare significativamente. Sino ad allora era stato utilizzando in modo asimmetrico: qualcuno pubblicava informazioni (sui Web Server) e la maggior parte delle persone le leggeva (tramite i Browser). Senza che ci fosse alcuna modifica alla tecnologia sottostante, in quegli anni iniziò a prender piede l'idea di una maggiore interattività fra Web Server e Web Browser che "liberalizzasse" la pubblicazione di informazioni (o, come si dice oggi, di "contenuti") sul Web. I Web Server cominciarono ad ospitare vere e proprie applicazioni (programmi) che i Web Browser potevano trasferire (così come facevano originariamente con i documenti) sul computer dell'utente, ed eseguire mantenendo un filo di comunicazione con il Web Server. In questo modo gli utenti possono elaborare i propri documenti, ed inviarli sul Web Server, contribuendo attivamente al materiale che esso rende disponibile e dunque comunicando con altri utenti di quello stesso Web Server. Questa evoluzione viene chiamata Web 2.0 ed è alla base della diffusione dei cosiddetti "social media", vere e proprie comunità virtuali di utenti che scambiano contatti, informazioni e messaggi.

Un'evoluzione parallela, ma strettamente collegata, è quella denominata Cloud: poiché tutti gli utenti hanno la possibilità di "mettere" informazioni su un Web Server, i Web Server possono diventare dei depositi di dati accessibili a tutti. Invece che salvare le mie informazioni e i miei documenti sul mio computer, li salvo su un Web Server, o come si dice oggi, sul Cloud. Questa evoluzione è strettamente collegata alla diffusione di dispositivi come gli smartphone o i tablet: se i miei documenti sono su un Web Server, e l'applicazione che uso per consultarli o modificarli è pure sul Web Server, posso lavorarci su da qualunque dispositivo in mio possesso.