

STORIA DELLA TECNOLOGIA

LEZIONE 23

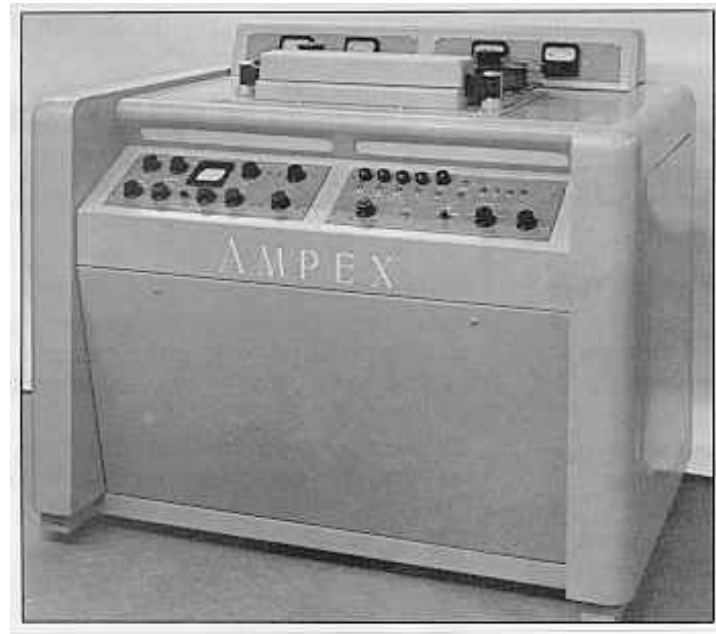
**Massimo Guarnieri
Università di Padova
a.a. 2020-21**

1956 - Stati Uniti

Videoregistratore magnetico a nastro *VRX-1000*

G. L. Ginsburg (1920-1992), Ampex Corporation

- Apparecchio molto complesso e costoso (50.000 \$)
- Impiego professionale: trasmissioni televisive in differita
- versioni domestiche 21 anni dopo



1959 - Stati Uniti

Fotocopiatrice a secco commerciale *Xeros 914*

Xerox

1938: archetipo di Carlson

- L'innovazione tecnologica si rivolge sempre più anche al terziario, ove si sta spostando la forza lavoro

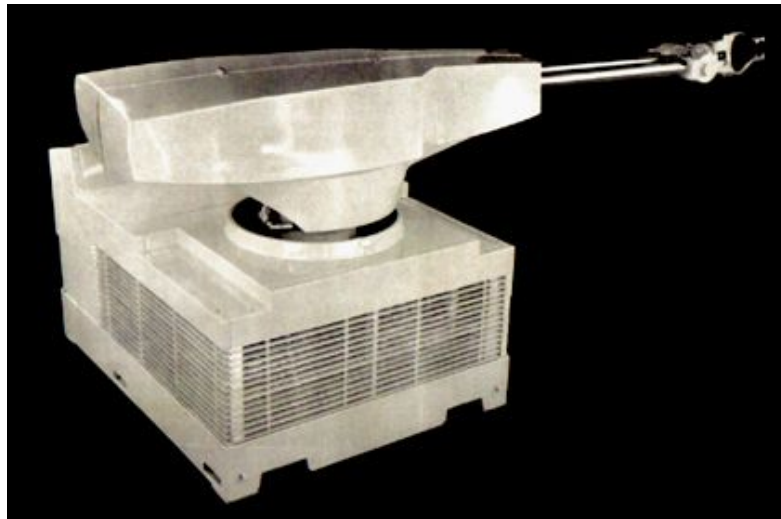


1961 - Stati Uniti

Robot industriale

George Charles Devol (1912-2011) e Joseph Engelberger (1925)

- Primi utilizzi alla General Motors, che nel 1951 aveva introdotto la prima linea di produzione automatizzata (per motori)



1952-5 - Stati Uniti, Giappone

Uso industriale del transistor

1952: apparecchi acustici di piccole dimensioni, orologi elettronici (prototipi)

1954: Stati Uniti - radiolina portatile a transistor e pile - *Regency TR-1*

- I.D.E.A.

da un prototipo non commerciale di Texas Instruments

1955: Giappone - radiolina portatile a transistor e pile *TR-55*

Akio Morita (1921-1999)

della Tokio Tsushin Kogyo → poi Sony

- I transistor richiedono materiali semiconduttori molto puri
→ promuovono lo sviluppo di tale industria



1954 - Giappone

Nuovo protagonista dei mercati industriali internazionali

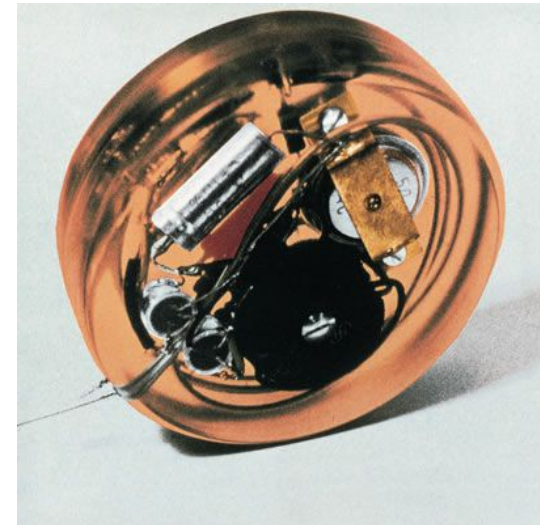
- Automazione dei processi produttivi
- Elettronica e meccanica di largo consumo
- Siderurgia
- Strategia industriale pianificata a livello governativo:
 - Sfruttamento di innovazioni tecnologiche sviluppate in altri paesi, producendole a basso costo e introducendovi (col tempo) sostanziali miglioramenti di processo e di prodotto

1958 - Svezia

Pacemaker cardiaco artificiale interno

Ideato da **Rune Elmqvist** (1906-1996, S)
di Siemens-Elema (Siemens & Halske)

- Primo modello a **transistor**, miniaturizzato
- Impiantato da **Ake Senning** (1915-2000, S)



Precedente:

1950: apparecchio esterno a valvole termoelettroniche, molto poco pratico
John Hopps (CAN)

1955 - India, Gran Bretagna

1955: Fibra ottica

Narinder S. Kapany (1926–2020)

Harold H. Hopkins (1918–1994)

...

Charles Kuen Kao (1933–2018)

Nobel 2009 per risultati del 1966

- Vari altri lavori pionieristici
- Uso iniziale in campo medico (endoscopi: fibre corte)
- Trovano piena applicazione pochi anni dopo, con lo sviluppo del laser
- Per trasmissioni a distanze via via più grandi, grazie a materiali ottici capaci di attenuazioni sempre più ridotte



1960 - Stati Uniti

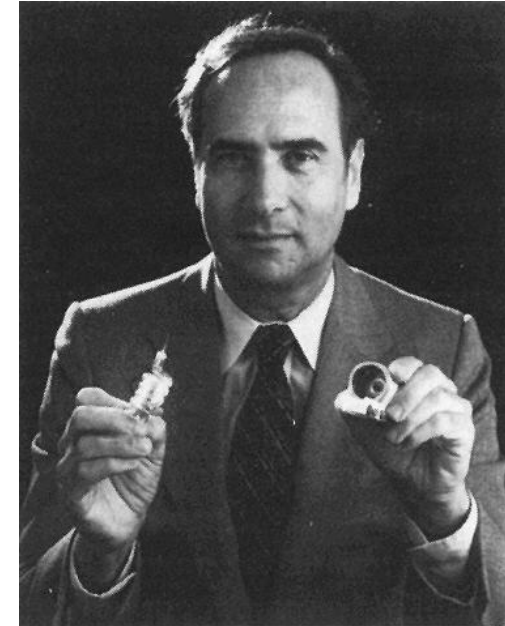
Laser al rubino

Theodore H. Maiman (1927-2007)

Primo laser di successo commerciale
«light amplification by stimulated
emission of radiation»

Precedenti:

1953 maser di Townes, e di Basov e Prochorov
molto più complesso e costoso (Nobel 1964)



Sviluppi:

1962: laser a semiconduttore di **Robert Hall** (1919) molto più economico

Impieghi:

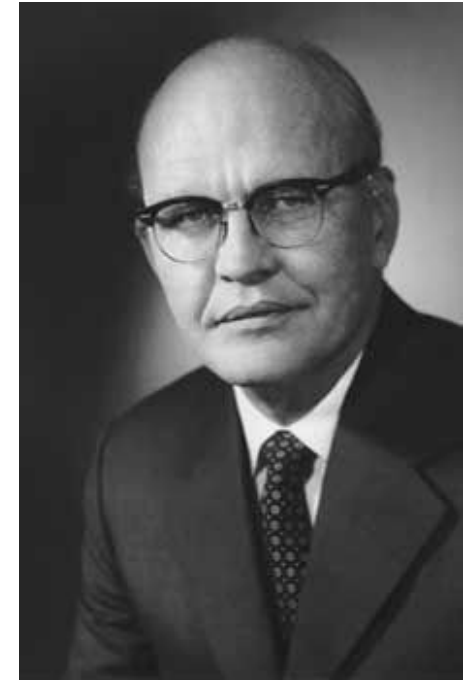
ricerca di base, comunicazioni, fibre ottiche, processi industriali... lettori per dischi ottici, stampanti laser, ...

1958-59 - Stati Uniti

1958: Circuito integrato

Jack S. Kilby (1923-2005) alla Texas Instruments

- 1 transistor, 3 resistori, 1 condensatore
- a base germanio
- Nobel nel 2000



1959: modello planare, industrializzabile

Robert Noyce (1927-1990)



1953-7 – Europa-USA

Elaboratori transistorizzati

1953: Tom Kilburn (anche valvole), dimostrativo (UK)

1954: TRADIC, Bell Labs (anche valvole) uso militare (USA); Mailüfterl, Politecnico di Vienna (A), solo transistor (iniziato, finito nel 1958)

1955: CADET, Università di Manchester (UK); TX-0, MIT (US)

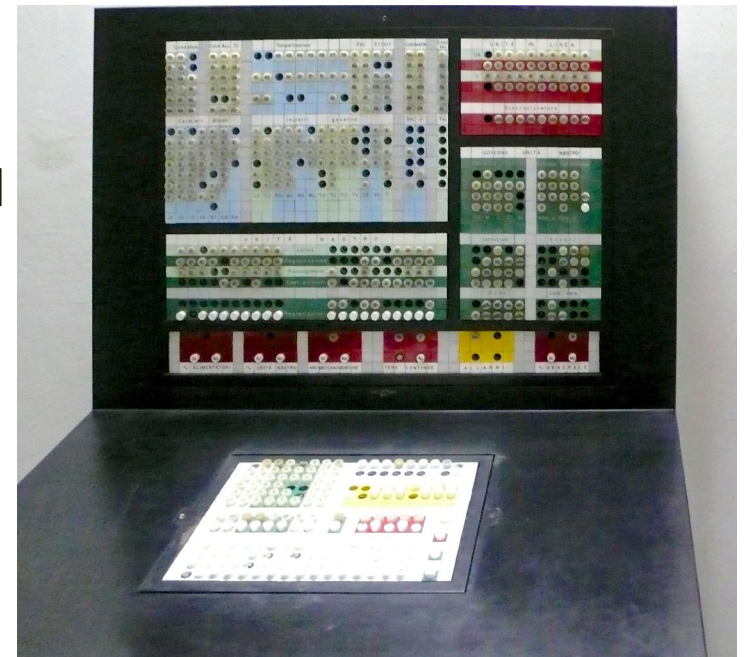
1956: Metrovick 950, Metropolitan-Vickers (UK), ETL Mark III (J)

1957: DRTE Computer (CAN)

1958: Philco TRANSAC S-20, NCR 304, IBM 7070, Siemens 2002 (anche valvole), PDP1 Digital

1959: Olivetti ELEA 9003

- capacità multitasking
- design di Sottsass (premiato)
- primi clienti:
Marzotto, Monte dei Paschi di Siena



1958 - Stati Uniti, Germania

Generazioni di elaboratori

1946: prima generazione

- Tubi elettronici, memorie a nuclei di ferrite, tamburi magnetici, ...

1958: seconda generazione

- Transistor, memoria a nuclei di ferrite, linguaggi di alto livello
- *IBM 7070 (27KIPS, 813 k\$), Siemens & Halske 2002, Sperry Rand, ...*
- *1959: IBM 7090 (2,9 M\$), Digital Equipment PDP-1 (200 kHz, 120 k\$)*

1964: terza generazione

- Circuiti integrati, memoria a semiconduttori (ci), sistemi operativi, time sharing
- *IBM 360 (0,5 MIPS, 256 kB, 111 k\$), Digital PDP-8 (0,3 MIPS, 6 kB, 16 k\$),*
- IBM 370 memoria a semiconduttore

1971: Microprocessori ...

1958 - Stati Uniti, Germania

Generazioni di elaboratori

1946: prima generazione

- Prestazioni di riferimento (=1)

1958: seconda generazione

- memoria x10, velocità x10, affidabilità x10, dimensioni x1/100, costo x1/10

1964: terza generazione

- memoria x1000, velocità x100, affidabilità x1000, dimensioni x1/1000, consumo x1/1000, costo x1/100

1971: Microprocessori ...

1965 - Italia

Olivetti Programma 101

Pier Giorgio Perotto (1930-2002)

- Calcolatrice elettronica programmabile da tavolo
- Precorre il personal computer che sarà sviluppato circa 10 anni dopo
- Riscuote un clamoroso successo, specialmente negli Stati Uniti, essendo molto più economica dei calcolatori concorrenti (3.200 \$, contro i circa 18.500 \$ di un elaboratore Digital)



EPSON: stampante a matrice di punti

~1946-50

Collegamenti passeggeri transatlantici
sopravvento dell'aeroplano sulla nave (e rapida sostituzione)

Andrea Doria (1951-1956)



Lockheed L-049 Constellation – TWA



1952 - Gran Bretagna

Aereo a reazione *De Havilland Comet*

primo aereo civile a reazione

- 856 km/h – 5290 km – 119 passeggeri

1958: primo collegamento transatlantico di linea con aereo a reazione



1950-1970 - Stati Uniti

Aviazione civile a reazione

- Lungo dominio americano del mercato mondiale dell'aeronautica
- Dal 1945 l'industria dell'aviazione americana gode di fondamentali investimenti in R&S, finanziati in gran parte dal governo federale
- Adozione del know-how britannico (dal turboreattore di Frank Whittle sono copiati I-A e J31 di GE - in seguito agli accordi di collaborazione bellica) e tedesco
 - varie innovazioni fondamentali: turboreattore a doppio flusso, turboreattore a doppio flusso con elevato rapporto di bypass, ... →
 - Aumento della spinta del 50%
 - Riduzione del consumo del 33%
 - Riduzione dei costi (del 90% rispetto a quelli degli anni 20)

N.b.: I trattati di pace proibiscono alla Germania di sviluppare i suoi motori a reazione, ideati durante la Seconda Guerra Mondiale e lasciano libero il mercato per l'industria statunitense (e britannica)

1964 - Stati Uniti

Lockheed SR-71

Ricognitore strategico
sviluppato con la NASA (istit. 1958)

1989: messo fuori servizio alla fine
della guerra fredda, per i costi di
esercizio eccessivi



- Velocità di crociera: mach 3,2 (3.300 km/h);
quota di tangenza: 26.000 metri, autonomia: 4.800 km
... a 61 anni dal volo del Flyer dei Wright

1976 - Francia, Gran Bretagna

Concorde

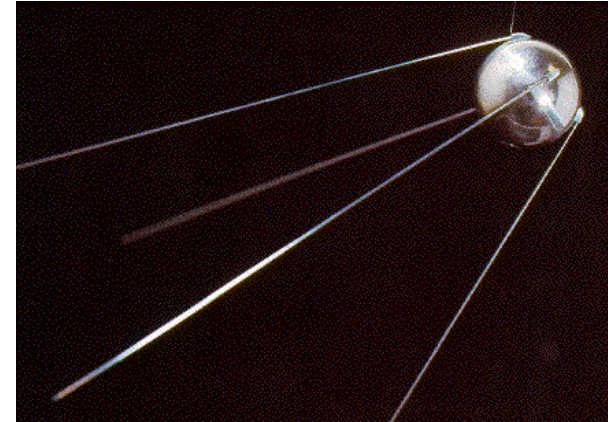
- aereo supersonico per passeggeri (mach 2,02 = 2140 km/h)
- sofisticatissimo, ma carissimo
- non competitivo rispetto ad aerei più lenti, capienti e economici (come il Boeing 747 Jumbo)
- ritirato dal servizio nel 2003



1957-58 – URSS - USA

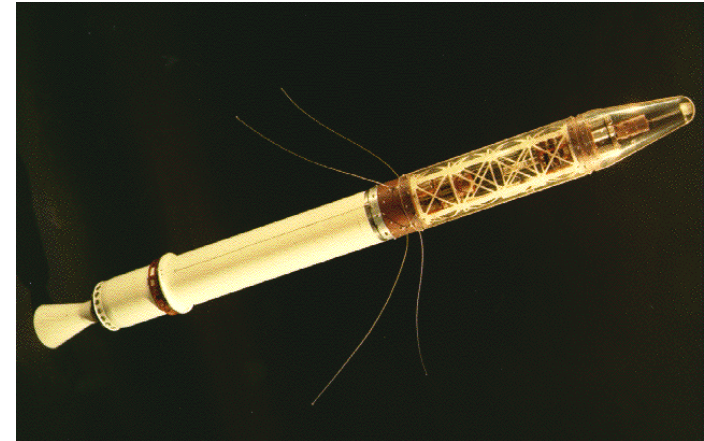
4/10/1957: primo satellite artificiale - *Sputnik I*

- Primo satellite URSS
- 1952: inizio del programma



1/2/1958: satellite artificiale - *Explorer 1*

- Primo satellite USA
- dopo precedenti tentativi falliti e altri insuccessi
- Primato assoluto sovietico mantenuto nei primi anni dell'esplorazione dello spazio (ma falliscono anche molti lanci sovietici)



- In piena guerra fredda, è iniziata la gara per la conquista dello spazio tra le due superpotenze

1959 - URSS

2/01/1959: Prima sonda spaziale - *Luna 1*

- Primo oggetto artificiale a raggiungere la velocità di fuga e ad abbandonare la Terra
- Transita a 5995 km dalla superficie lunare
- Dopo gli insuccessi americani di Pioneer 0 e Pioneer 1 (1958)



1961 - URSS

12/04/1961: primo cosmonauta nella
navicella *Vostok 1*

Yuri Gagarin (1934-1968)

- Volo orbitale
- motivazioni propagandistiche e strategiche
- grande impatto mediatico

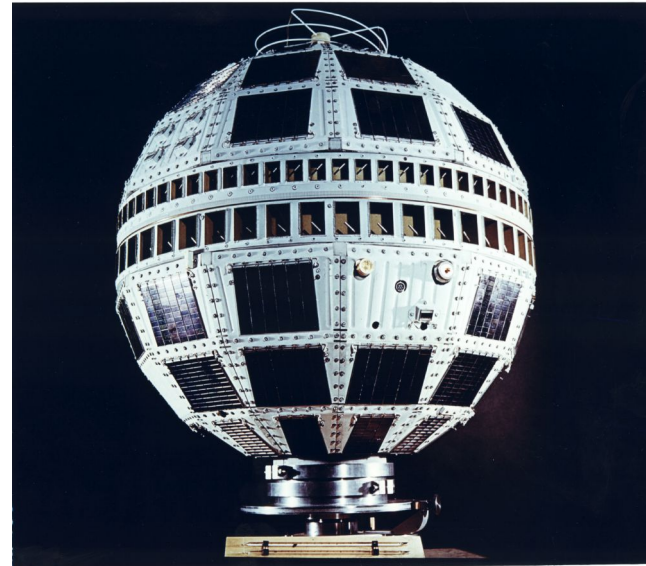


1962 - Stati Uniti

Satellite per telecomunicazioni - *Telstar*

Bell Labs

- $\varnothing = 86$ cm, 77 kg
- ~1000 transistor
- primi pannelli fotovoltaici
- 600 comunicazioni telefoniche intercontinentali o 1 televisiva



1963-64: satelliti geostazionari Syncom

1965: Early Bird (Intelsat-1), satellite commerciale per telecomunicazioni

1972: Landsat-1, satellite per rilevamento

1991: Ers-1, satellite europeo per rilevamento

1963-4 - Stati Uniti

Satellite per telecomunicazioni
geosincroni / geostazionari

Nasa (istituita nel 1958)

- 36.000 km di quota (orbita alta)

1963: geosincrono – *Syncom-1*

- posizionamento fallito

1963: geosincrono – *Syncom-2*

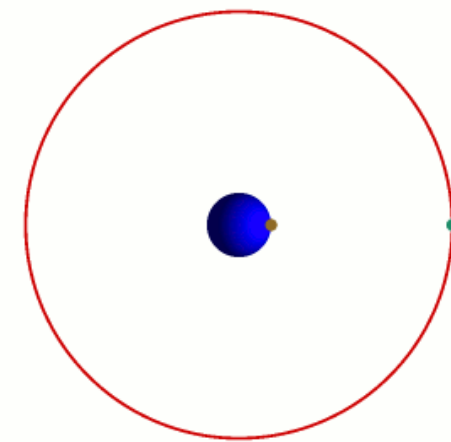
- posizionamento corretto

1964: geostazionario – *Syncom-3*

- posizionamento corretto -
usato per le Olimpiadi di Tokyo

1945: divulgazione dell'idea, inizialmente
accolta con diffidenza

Arthur C. Clark (1917) - astronomo, futurologo e
scrittore di fantascienza (2001 Odissea nello Spazio)

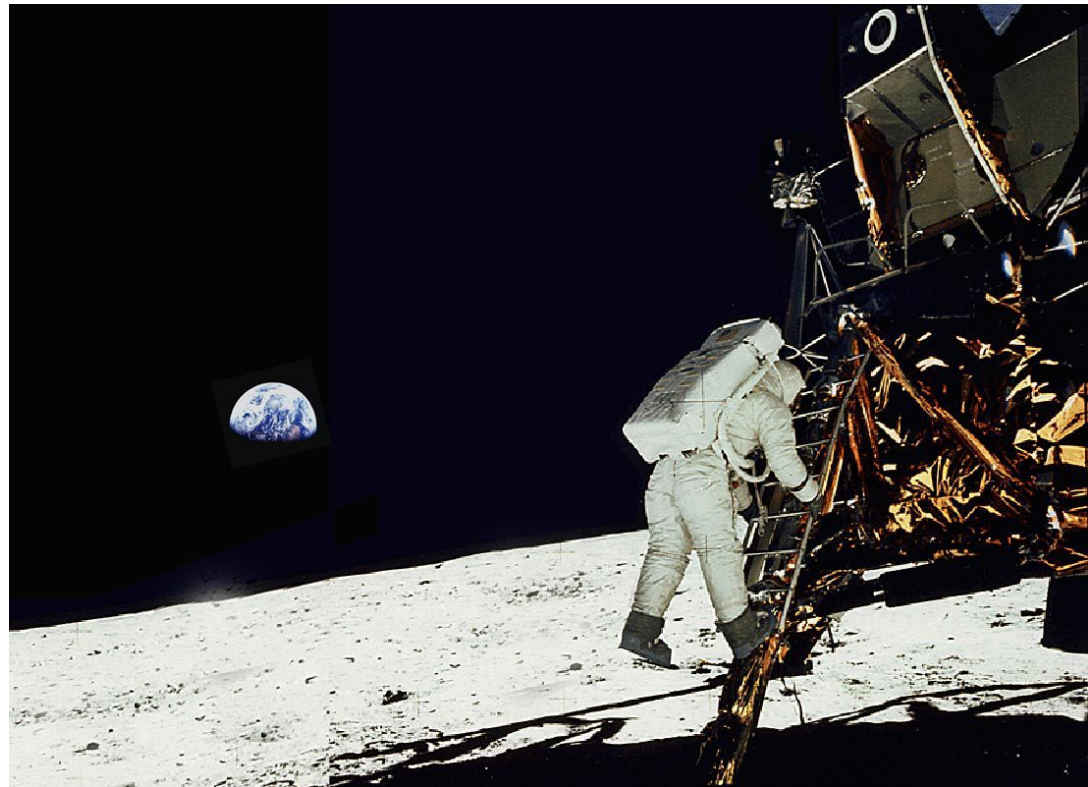


20-7-1969 - Stati Uniti

Sbarco sulla luna - Apollo 11

Nasa

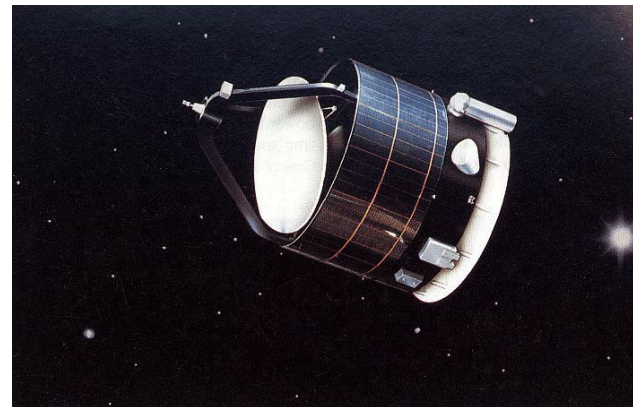
- Programma Apollo rilanciato da J. F. Kennedy nel 1961
 - vettore Saturn V, realizzato dal gruppo di von Braun
-
- Nuova prova delle capacità scientifico-tecnico-gestionali americane nei grandi progetti tecnologici (linee transcontinentali, progetto Manhattan, ENIAC, radar,.....)



SONDE SPAZIALI

Vari programmi (URSS, NASA, ESA, CAN, J)
di esplorazione spaziale con sonde interplanetarie come

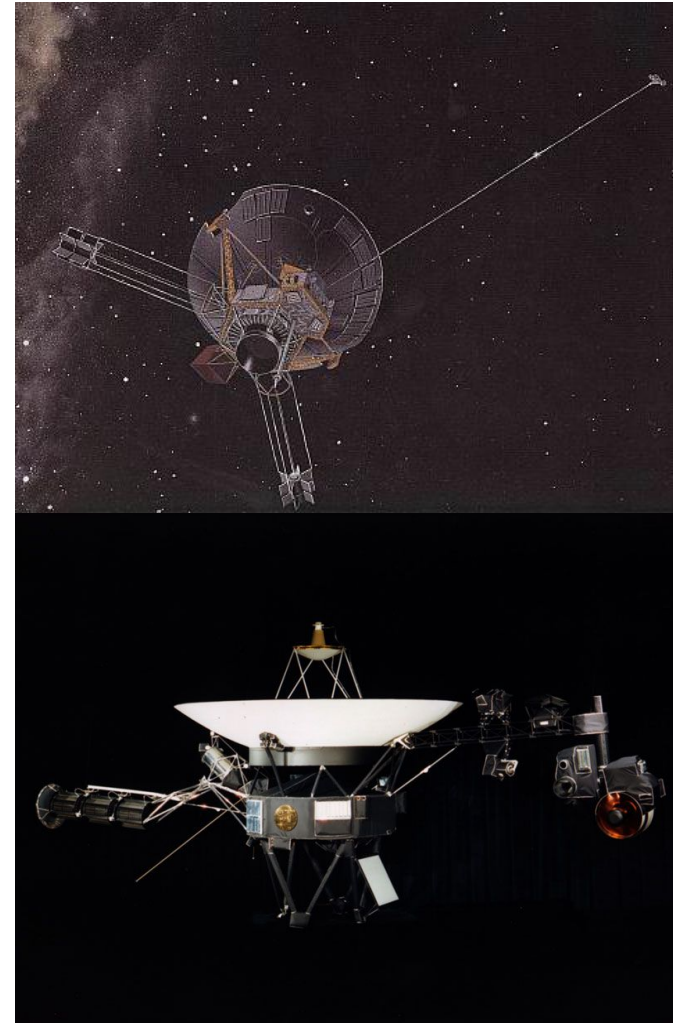
- Mariner 10 (NASA 1973-4)
con tre passaggi su Mercurio,
grazie a Bepi Colombo (PD)
- Giotto (ESA 1986)
che si avvicina alla cometa di Halley



SONDE SPAZIALI

Esplorazione spaziale dei pianeti esterni, con sonde interstellari, come

- Pioneer 10 (1972)
 - con a bordo Intel 4004, il primo microprocessore
 - nel 2001, dopo 29 anni di viaggio, sono stati captati segnali della sonda, oramai lontana dal sistema solare
- Pioneer 11 (1973)
- Voyager 1 (1977)



1973 - Paesi occidentali

Crisi energetica

- in seguito alla guerra arabo-israeliana e al conseguente embargo petrolifero contro i paesi occidentali filo-israeliani da parte dei paesi produttori dell'OPEC
- Triplicazione dei prezzi del greggio
 - Una seconda crisi energetica si verifica nel 1979, con la rivoluzione iraniana
- Provvedimenti normativi immediati (“austerità”)
- Ricerca di risorse alternative:
 - Nuovi giacimenti off-shore in Norvegia, Nigeria, ...
 - Gas naturale
 - Energia nucleare da fissione (Francia, ...)
- Ma anche prime sensibilità ai **limiti delle riserve di fonti energetiche fossili**
 - impulso a fonti alternative (eolico in Danimarca, ... → Vestas)

Sviluppo del pianeta

Indagini sui limiti dello sviluppo

1956: teoria del picco di Hubbert

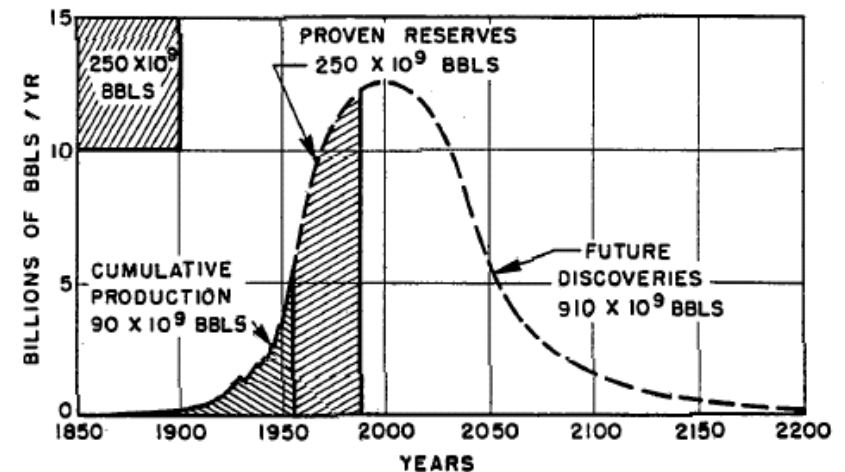
- **Marion Hubbert** (1903-1989)
- prevede il picco di estrazione di petrolio in USA negli anni 70

1958: Dinamica dei sistemi del MIT

- **Jay Forrester** (1918-2016)
- Studi di dinamica mondiale e sviluppo sostenibile

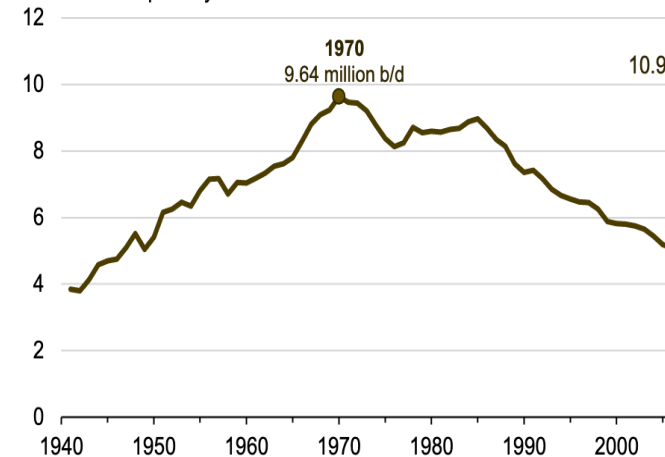
1972: Club di Roma

- Studi sui limiti dello sviluppo
- Analisi e previsione dei cambiamenti della società contemporanea:
- la crescita economica non può continuare indefinitamente a causa della limitata disponibilità di risorse e materie prime



U.S. crude oil production (1940-2018)

million barrels per day



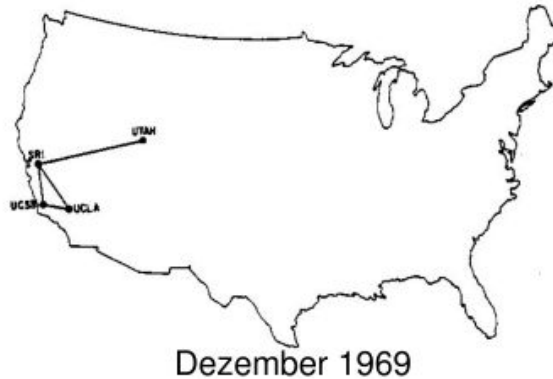
1969 - Stati Uniti

ARPANET - prima rete di calcolatori

prima rete informatica sperimentale, finanziata dall'agenzia federale ARPA

- Primi 4 nodi:

- UCLA
- UC Santa Barbara
- Stanford Research Inst.
- University of Utah



- Poi estesa gradualmente

1970 - Stati Uniti

Microprocessore - chip - *Intel 4004*

Ted Hoff (1937), Federico Faggin (1941), INTEL

- Circuito integrato miniaturizzato: 2300 transistor in 13 mm²
- Unità logica di elaboratore: più potente di ENIAC, ed enormemente più piccolo, affidabile ed economico

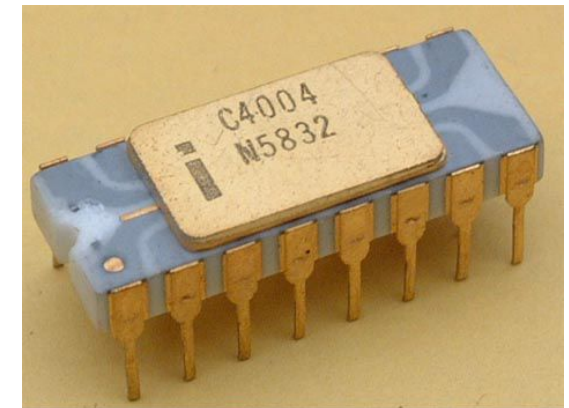
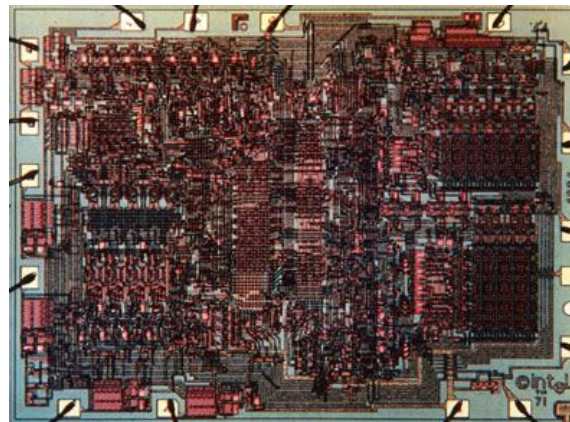
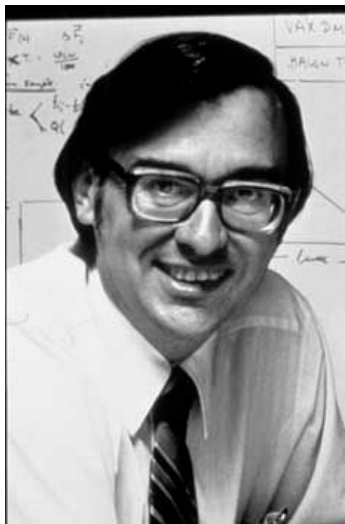


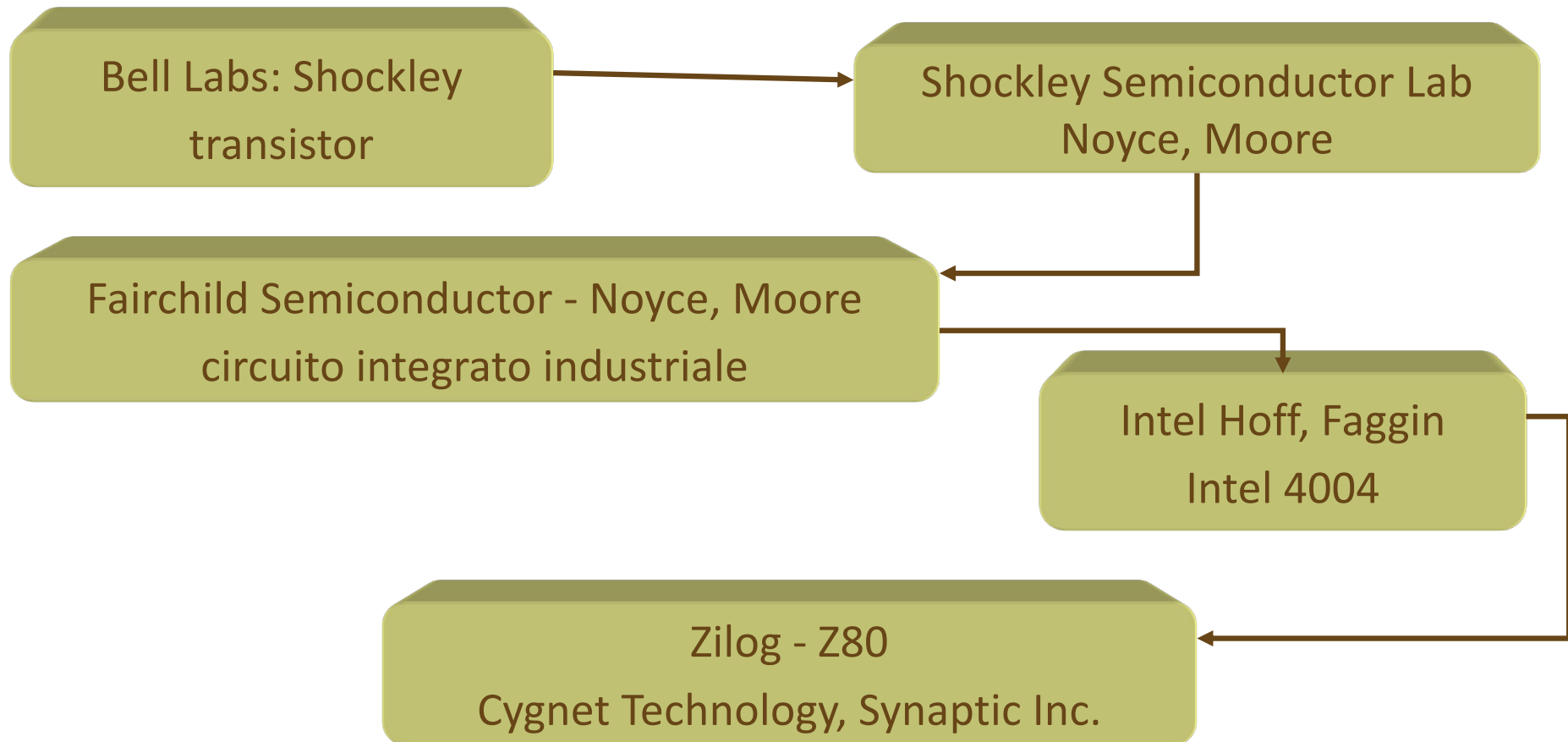
Image courtesy of CPU-Zone.com. Used with permission.

INIZIA LA MICROELETTRONICA

Federico Faggin: *Silicio*, Mondadori, 2019

Sviluppo della microelettronica

Buona parte è frutto delle interazioni di pochi uomini - una scuola di eccellenza non strutturata, in gran parte sviluppatasi nella Silicon Valley



1965 – Stati Uniti

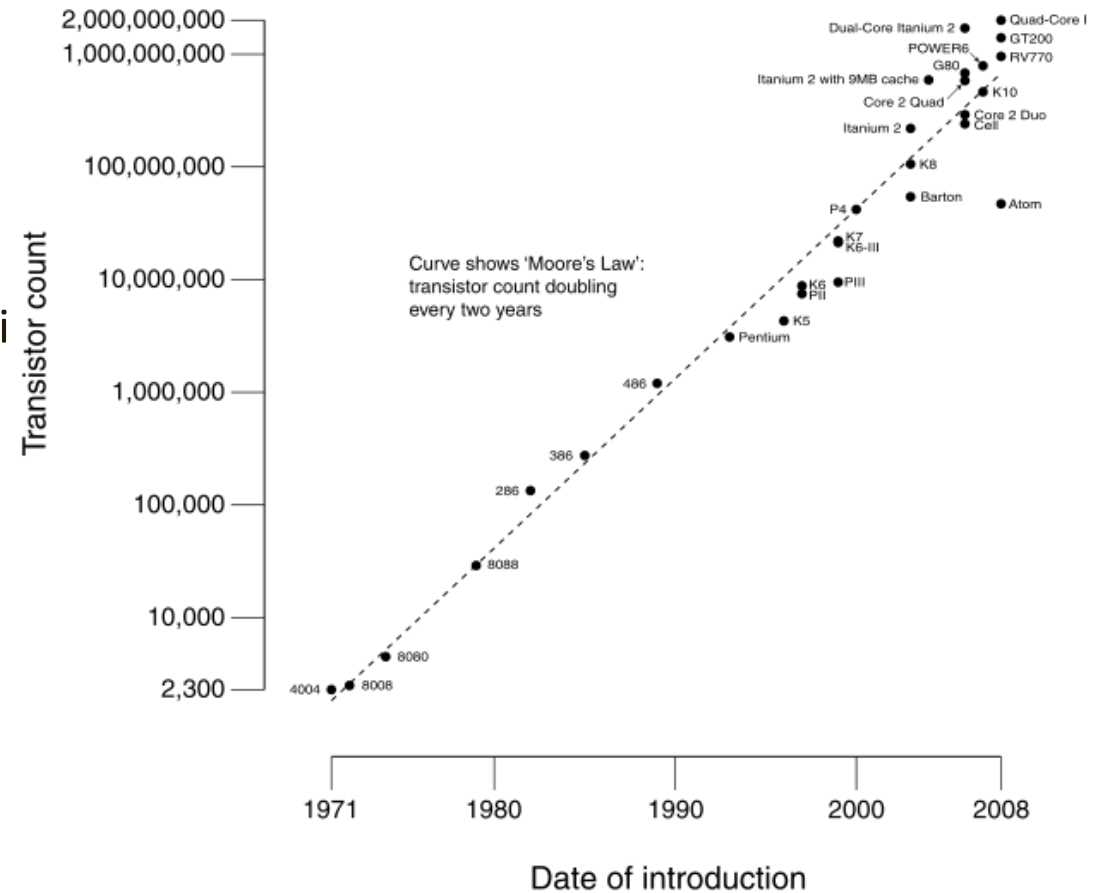
Legge di Moore

Gordon Moore (1929)

- Crescita esponenziale della potenza di calcolo delle cpu
- Previsione visionaria
- Divenuta lo standard di sviluppo delle industrie dei semiconduttori



CPU Transistor Counts 1971-2008 & Moore's Law



1970 - Stati Uniti

Sviluppo della Microelettronica – segue la legge di Moore

- 1970: Intel 4004 (4 bit, 2300 transistor, 740 kHz, 13 mm²)
- 1972: Intel 8008 (8 bit, 3300 transistor, 14 mm²)
- 1974: Intel 8080 (16 bit, 4800 transistor, 4,47 MHz, 14 mm²)
- 1978: Digital VAX 11/78 (32 bit, LSI)
- 1982: Intel 80286 (134000 transistor, 12 MHz)
- 1993: Pentium I (64 bit, 3,3 M di transistor, 75 MHz, VLSI)
- 1994: Pentium III (28 M di transistor, 133 MHz)
- 2000: Pentium IV (42 M di transistor, 400 MHz, ULSI)
- 2003: Pentium M (140 M di transistor, 1,7 GHz,)
- 2005: Pentium D (230 M di transistor, 2,66 GHz,)
- 2007: Intel Core 2 (290 M di transistor, 3 GHz, ...)
- 2007: Intel Core 2 (290 M di transistor, 3 GHz, ...)
- 2010: Intel 8 Core Xeon Nehalem (2.300 M di tr, 2,6 GHz, 684 mm²)
- 2013: IBM 12 Core Power8 (4.200 M di transistor, 5 Ghz, 650 mm²)
- 2015: Oracle 32-core SPARC (10.000 M di transistor, ...)
- 2017: Qualcomm Centriq 2400 (18.000 M di transistor, 2,6 GHz, 398 mm²)
-

1970 - Stati Uniti

Sviluppo pervasivo della Microelettronica

- Uso sempre più vasto e generalizzato
- non solo verso l' "alto"
 - Computer, aerei, missioni spaziali, apparecchi professionali
- ma anche verso il "basso"
 - Elettrodomestici, automobili, telefoni, giochi,
 - ... anche in oggetti semplici ed economici

1972 - Stati Uniti

Calcolatrice elettronica scientifica tascabile - *HP35*

HP - Hewlett Packard

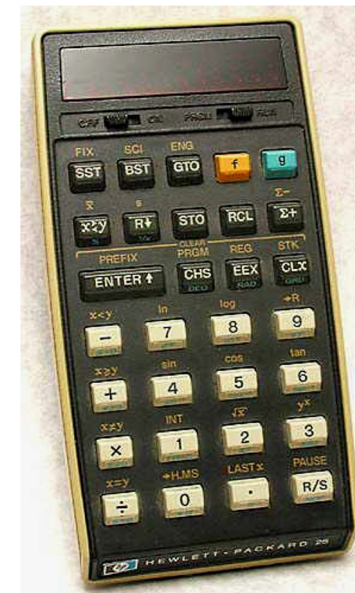
- Rende rapidamente obsolete le calcolatrici meccaniche (operazioni contabili) ed i regoli calcolatori (calcoli tecnico-scientifici)
- 395 US\$ (=2460 US\$ del 2020)



1970: prime calcolatrici aritmetiche tascabili (giapponesi, con Intel 4004)

1976: HP25: programmabile

- 195 US\$ (=892 US\$ del 2020)



1965-79 - Giappone

Espansione dell'elettronica di grande consumo

Videoregistratori domestici

- Miniaturizzazione + largo consumo grazie all'elettronica dello stato solido (analogica)

1965: CV-2000 a bobina - Sony

1975: Betamax a cassette (uso pratico) - Sony

- Standard esclusivo senza cessione della licenza

1976: VHS a cassette – JVC e Panasonic

- standard aperto (cessione della licenza)

1979: V2000 a cassette – Philips e Grundig



Vittoria finale di VHS, standard aperto ad altri produttori, con grande successo internazionale

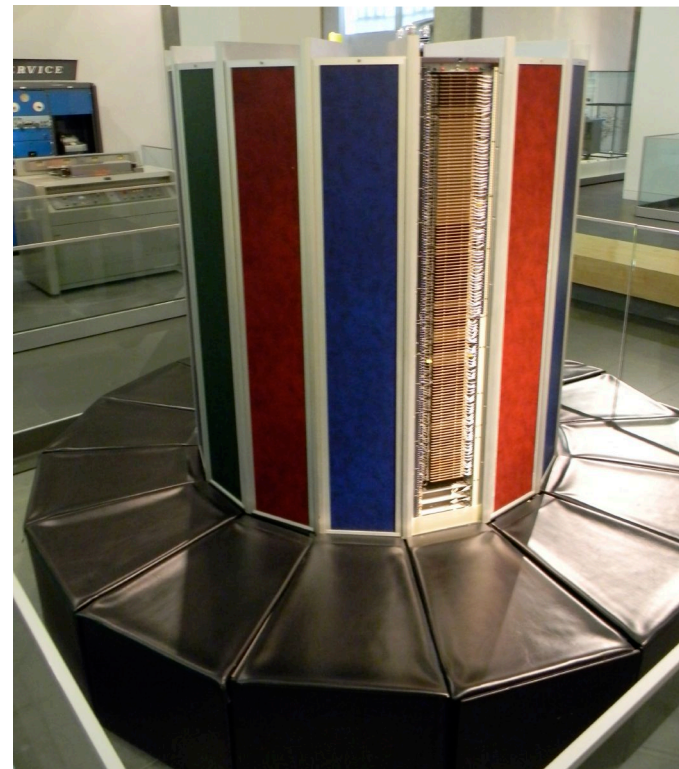
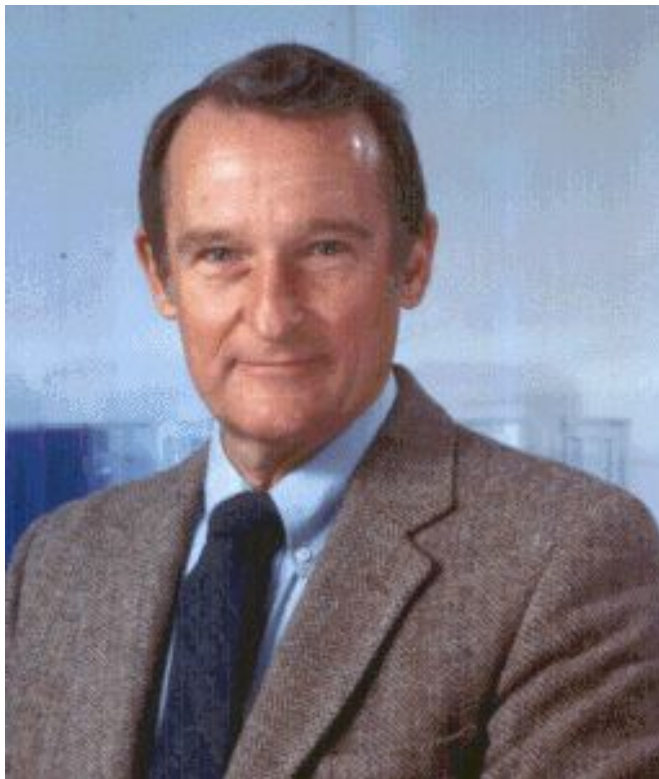
1976 - Stati Uniti

Supercalcolatore commerciale - *Cray I*

Seymour Cray (1925-1996)

- 200.000 circuiti integrati
- 80 MHz, 8 Mbyte RAM, 303 Mbyte, 8,8 M\$ (milioni \$)

confronto 2020: 2.66 GHz, 4 Gb RAM, 512 Gbyte,



1975 - Stati Uniti

Microsoft

Bill Gates (1955) e Paul Allen (1953)

- Programmi per console
- poi anche per personal computer facili da usare (in particolare PC IBM)
- Prime commesse: MITS Altair 8800
- 1980: MS-DOS per IBM
- 1985: MS-Windows (copiando Apple)



1976 - Stati Uniti

Personal computer - *Apple I*

Steven Jobs (1955-2011) e **Stephan Wozniak** (1950)

Apple Computers -Primo PC di largo successo

- Precedenti:
- 1964: Olivetti Programma 101 - **Pier Giorgio Perotto**
- 1975: Altair 8800 di MITS, con Intel 8080



1981 - Stati Uniti

Personal Computer IBM PC

- Con chip Intel 8088 e sistema operativo MS-DOS di Microsoft
- Lanciato dalla IBM, leader del mercato dell'informatica → pc diventa credibile
- Successo commerciale clamoroso
- Decreta l'affermazione definitiva del pc
- adozione immediata per il lavoro di ufficio
- poi anche (al crescere delle prestazioni dei modelli successivi) in campo scientifico e tecnico, per progettazione, analisi, simulazione, acquisizione, ...
- nel lavoro d'ufficio sostituisce rapidamente la macchina da scrivere (e le elaboratrici elettromeccaniche), rendendola obsoleta, ma adottandone anche un po' di tecnologia: il sistema di immissione dati a tastiera dei pc è mutuato dalla tastiera delle macchine da scrivere
- il lavoro scientifico «minore» si svincola dalla dipendenza (spesso pesante) dai mainframe
- ...



1982 - Italia

M20 Olivetti

- Con chip Zilog Z8001 e S.O. PCOS
- 4 MHz – 128-512 kB
- Schermo digitale
- Disco 11.5 MB
- Trasferimento dati: floppy 5"1/4 640 kB
- Primo PC europeo
- Incompatibile con IBM PC

1983: Sostituito da M24

- Chip Intel 8086
- 8 MHz – 128-640 kB
- Schermo grafico 4 colori
- Trasferimento dati: floppy 5"1/4 360 kB
- Compatibile con IBM PC



1977 - Stati Uniti

Modem (*modulator-demodulator*)

Hayes Microcomputers

- Veloce, efficiente, compatto

1978: commercializzazione, presto a basso costo

- Permette l'interconnessione tra elaboratori remoti su linee telefoniche, con la diffusione dei pc permetterà a milioni di utenti di interconnettersi



Precedente:

1958: modem per uso militare

- Sviluppato dai Bell Labs per l'esercito, in piena guerra fredda



1978 - Stati Uniti

GPS - Global Positioning System Navstar

Rockwell

1973: avvio del progetto avviato

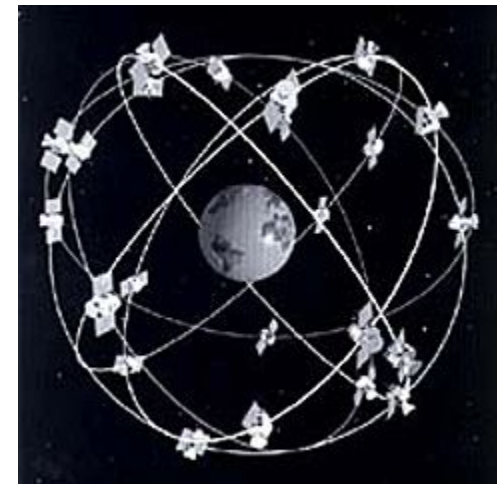
1978: lancio dei primi satelliti

- satelliti, sincronizzati da orologi atomici
- in orbita a 20.000 km di quota (orbita alta)
- Inizialmente a fini militari

1983: reso di uso pubblico

1993: completa funzionalità operativa con 24 satelliti

- Utilizzo successivo civile: navigazione terrestre, marittima e aerea, ... navigatori individuali di largo consumo



1979-81 - Giappone, Svezia, Finlandia

Telefonia cellulare

NTT, Ericsson, Nokia

- Primi apparecchi portatili, ma non molto: molto grandi e cari, rispetto agli standard attuali

1973: telefono portatile di **Martin Cooper** (1928) di Motorola - chiama il rivale **Joel Engel** di AT&T

- Ecco gli antenati dei cellulari attuali

→ espansione dell'ICT
(Information and
Communication
Technology)



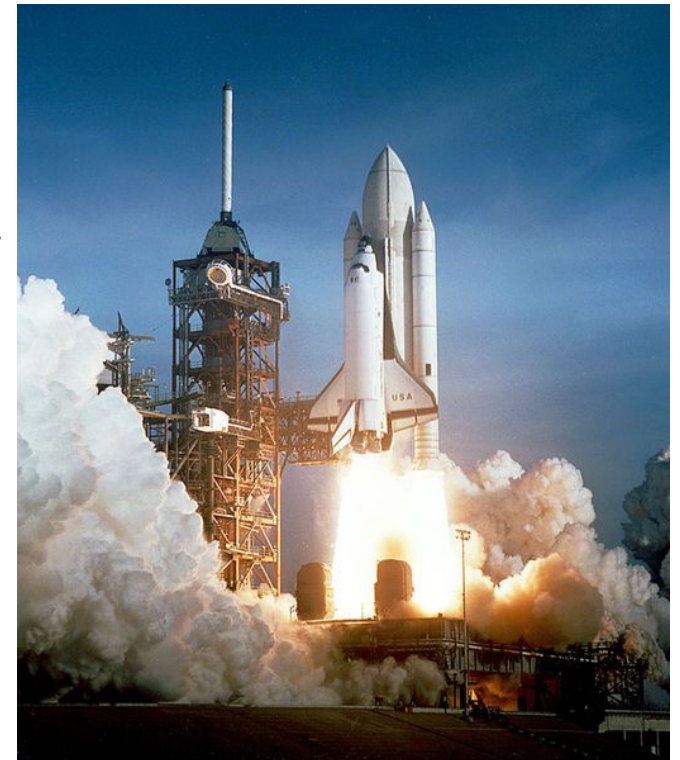
1981 - Stati Uniti

Space Shuttle *Columbia*

- Primo volo orbitale di un veicolo spaziale recuperabile
 - Più economico dei vettori Saturn di von Braun
 - 6 navette – oltre 210 miliardi di dollari
 - Carico: 3.800-27.500 kg

1981-2011: mette in orbita molti satelliti commerciali

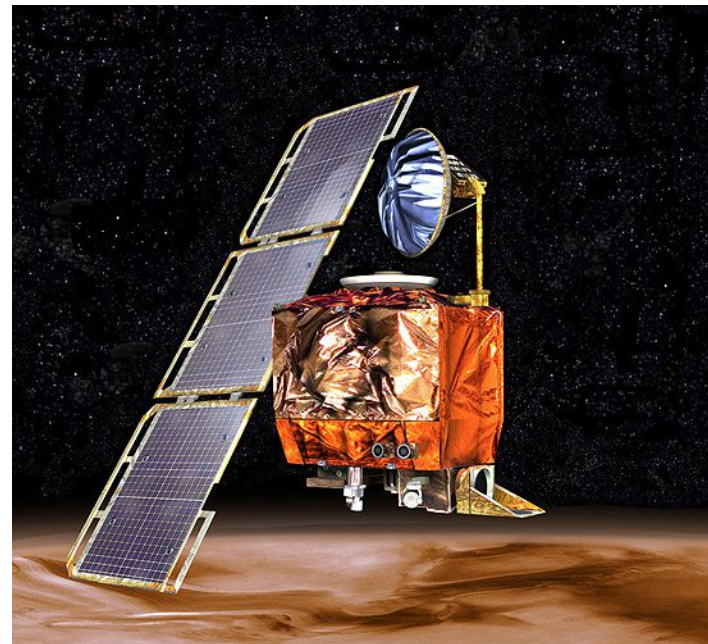
- anche in collaborazione con enti e gruppi europei
 - Bepi Colombo (1920-84) – Padova: "satellite al guinzaglio"
-
- Storia gloriosa, ma funestata da due gravi incidenti (Challenger 1986 e Columbia 2003)
- 2011: fine programma



TECNOLOGIA SPAZIALE

Anche in questo settore ad elevatissimo livello tecnologico gli insuccessi (talvolta tragici o clamorosi) non sono rari

- Nel 1998 *Mars Climate Orbiter (NASA)*: si schianta su Marte
- a causa dell'uso di unità di misura diverse non unificate usate nei sistemi calcolo tra:
 - NASA (che usa il SI)
 - Lockheed-Martin (che usa le miglia)
- 328 milioni di dollari in fumo a causa della mancanza di standardizzazione!

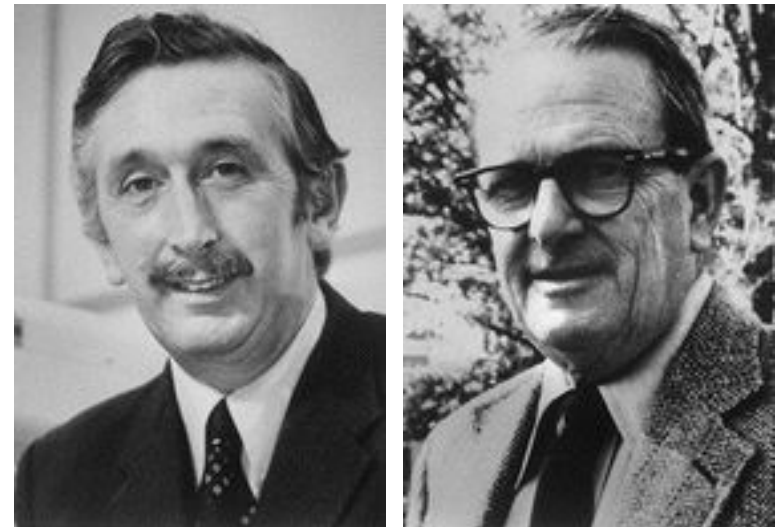


1971 - Gran Bretagna

Diagnostica TAC - Tomografia Assiale Computerizzata (o CAT)

Godfrey N. Hounsfield (1919)

- EMI (EMI-CAT)
- Diagnostica a raggi X combinata con l'elaborazione dell'immagine (molte immagini)
- Produce immagini di interi organi ricostruibili in 3D
- La teoria dell'informazione entra nella diagnostica medica



Precedenti:

studi teorici di

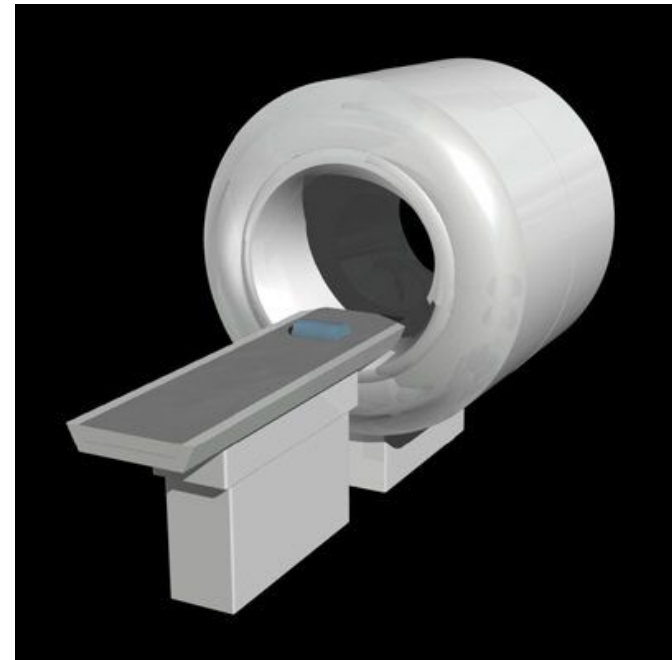
Allan M. Cormack (1924-1998)

- Nobel 1979 ad entrambi



1982 - Germania

Diagnostica RMN -
Risonanza Magnetica Nucleare
(o NMR)
Siemens



Precedenti:

1946: ricerche teoriche di **Felix Bloch** e **Edward Mills Purcell** (Nobel 1952)

1973: indagini di **P. C. Lauterbur** (Nobel 2003)

1972-81 – Germania, Brasile

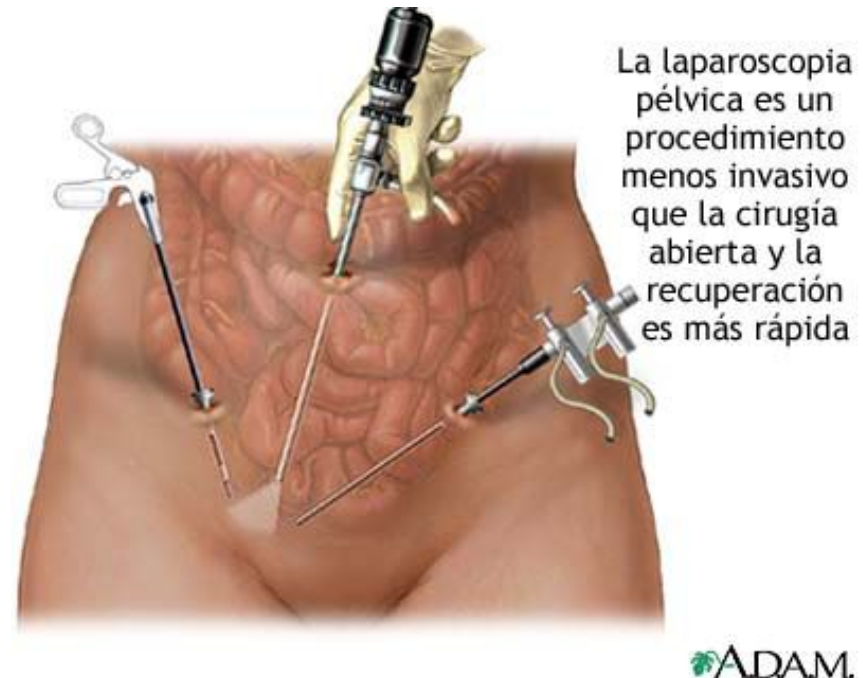
Tecniche laparoscopiche in chirurgia

Philippe Mouret (1938–2008, F)

J. Tarasconi (Br)

Kurt Semm (1927–2003, D)

- Le tecnologie meccaniche e optoelettroniche permettono interventi molto meno invasivi di quelli tradizionali



- Sono esempi pionieristici di applicazioni tecnologiche ed ingegneristiche in campo medico che si prevede che avranno grande sviluppo nel nuovo secolo

1982 - Olanda, Giappone

Compact Disc - *CD*

Philips, Sony

- grande successo commerciale

Precedenti:

1972: videodisco di **J. Russel**, scarso successo

1980: modello Philips - scarso successo

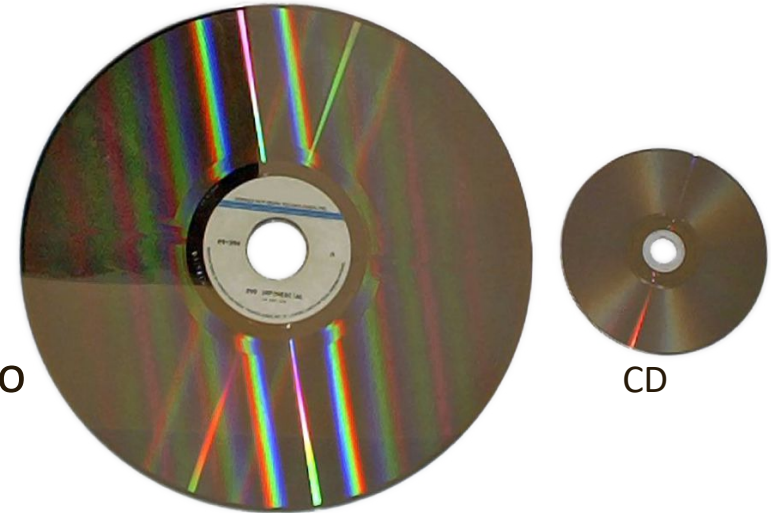
- (*laser disk* – grande disco ottico con contenuti video-audio)

Evoluzione:

- CD-rom Microsoft del 1985 (rispetto ai floppy disc magnetici)
- DVD

Costo contenuto ed enorme capacità di memoria (rispetto ai floppy disc magnetici):

inizia la multimedialità e il graduale sopravvento dell'informazione digitale su quella analogica



Sviluppo della tecnologia dell'informazione

Dall'informazione analogica a quella digitale

- L'evoluzione vincente negli elaboratori del 1940-45 si estende ad altri settori:
 - macchina da scrivere meccanica → personal computer
 - disco musicale in vinile → CD musicale
 - cassetta VHS per film → DVD
 - telefonia cellulare ETACS → GSM, UMTS
 - televisore analogico → televisore digitale ad alta definizione
 - fotografia ad emulsione → fotografia digitale
- Il mondo dell'informazione diventa sempre più discreto (=digitale) ed ubiquo

Informazione e materia

L'impiego via via più raffinato ed esteso di informazione

- sia hardware (microelettronica su scale di integrazione sempre più spinte) che software (capacità di gestione ed elaborazione sempre più potenti e raffinate)
- sia a livello di progetto che di componentistica interna permettono una continua riduzione dell'impiego di materiale dei prodotti, a parità di prestazioni (e spesso a prestazioni più elevate)

