

TRACCIA PER LE LEZIONI 8-9

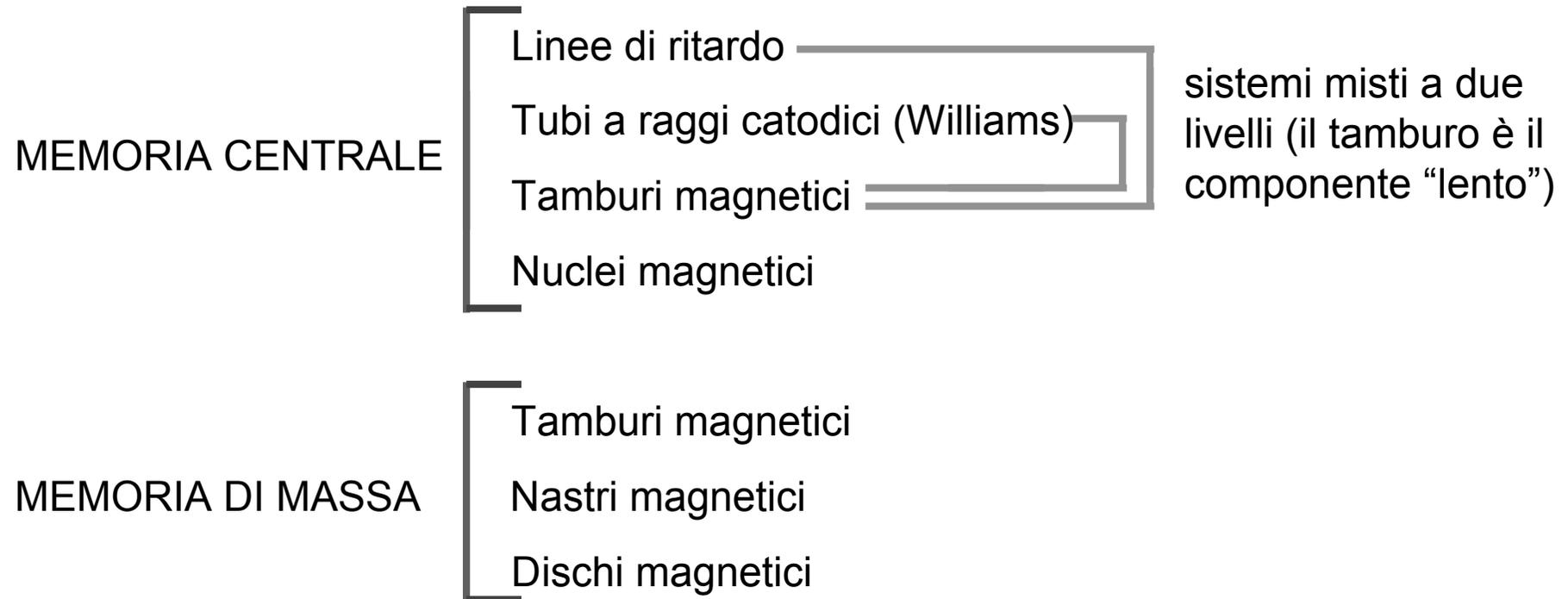
lunedì 26 maggio, ore 14³⁰-16¹⁵, aula I

ARGOMENTI

EVOLUZIONE DELLE TECNOLOGIE: SISTEMI DI MEMORIA

SISTEMI DI MEMORIA -

Introduzione



SISTEMI DI MEMORIA -

Introduzione

Agli esordi del computer, i sistemi di memoria costituivano il principale problema tecnologico, molto più arduo rispetto a quello dei circuiti logici e aritmetici (i cosiddetti circuiti “combinatori”) per i quali i concetti e i componenti di base erano già disponibili.

Si tentarono perciò le vie più disparate: ricordiamo p.e. la memoria a condensatori dell’ABC di Atanasoff, oppure il sistema Selectron, sviluppato dalla RCA, che sembrava un buon candidato per il computer di von Neumann allo IAS, oppure ancora il Decatron, dispositivo che, potendo commutare entro un insieme di dieci stati stabili, avrebbe potuto registrare una cifra decimale senza comportare la codifica binaria.

Le linee di ritardo e le memorie elettrostatiche a tubi a raggi catodici furono i primi sistemi a fornire prestazioni soddisfacenti per l’impiego come memorie centrali “veloci” ^[1]; due sistemi che tennero banco fino all’avvento della memoria a nuclei magnetici.

Ben presto si affermarono le tecnologie della registrazione magnetica. Il loro principio di funzionamento consiste nell’imprimere (“scrittura”) e nel rilevare (“lettura”) il verso di magnetizzazione di elementi singoli (barrette o anellini detti “nuclei” o “cores”) o di piccolissime zone (“spot”) individuate su un sottile strato continuo di materiale sensibile.^[2] In tutti i casi, l’elemento sensibile è suscettibile di due soli versi di magnetizzazione stabile che si fanno corrispondere ai valori 0 e 1 del bit.

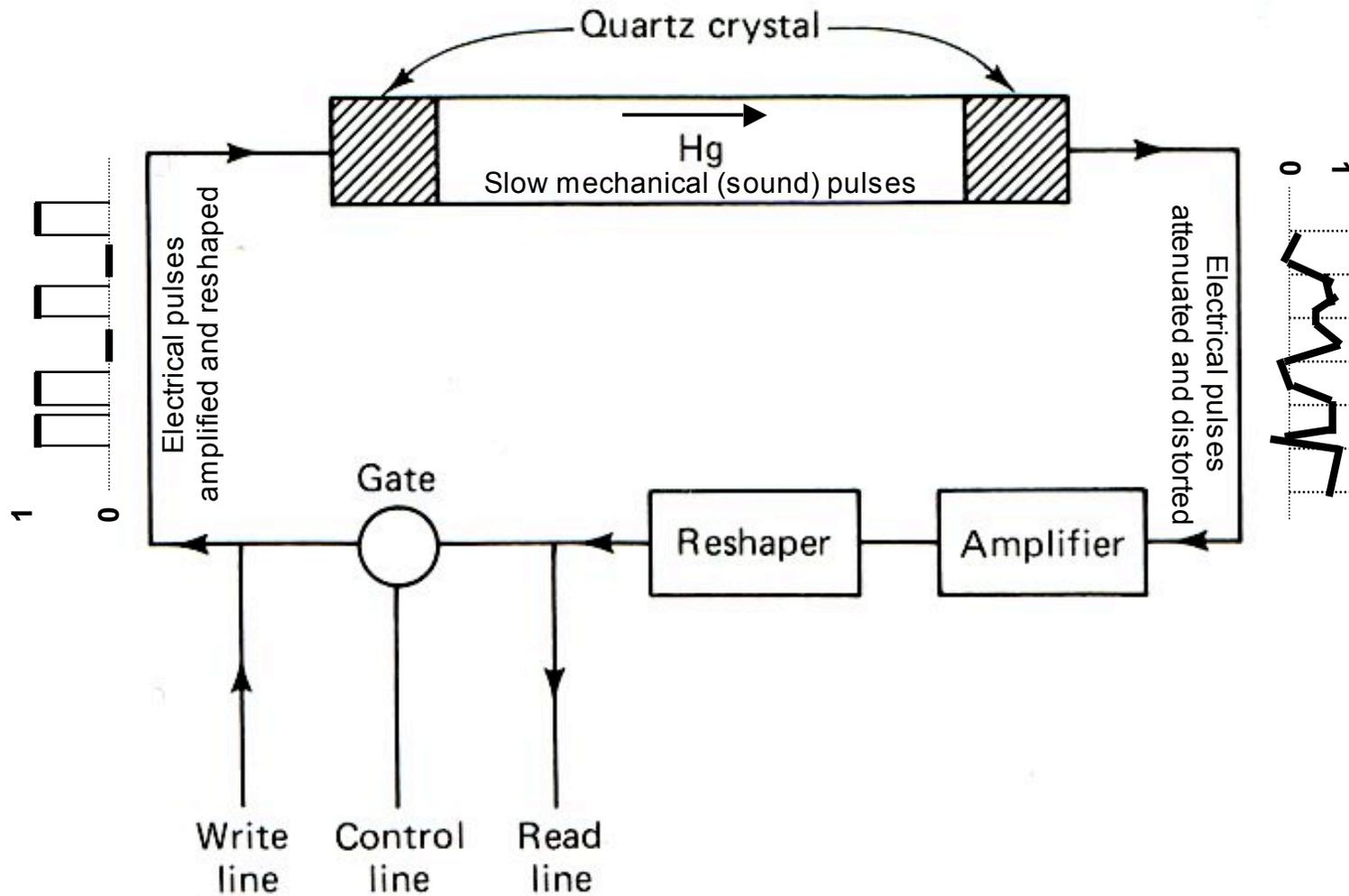
Dal punto di vista storico, la registrazione magnetica su supporto continuo (nastro, tamburo o disco che fosse), trae origine dalle ricerche e dai brevetti del fisico danese Valdemar Poulsen che risalgono all’anno 1900. Ne derivarono diverse applicazioni pratiche, quali i dittafoni da ufficio, inizialmente basate sulla registrazione su filo metallico; per tappe successive, i progressi della registrazione magnetica di segnali analogici (voce, musica, TV) hanno condotto alle moderne “cassette” audio e video. L’impiego di questa tecnologia per la registrazione digitale necessaria ai computer, fin dalla loro prima generazione, ha però comportato soluzioni specifiche, molto più sofisticate di quelle adatte alla registrazione analogica.^[3]

^[1] Le linee di ritardo e le memorie a raggi catodici traevano spunto dalla tecnologia del radar e da quella, parzialmente affine, della televisione.

^[2] Lo strato magnetosensibile è la soluzione che caratterizza i tamburi, i nastri e i dischi magnetici; tali dispositivi furono impiegati come memorie “di massa” e non come memoria centrale, con la parziale eccezione dei tamburi.

^[3] A titolo di esempio, si consideri che una piccola imperfezione nello strato magnetico può essere irrilevante ai fini della registrazione analogica mentre ha effetti disastrosi in una registrazione digitale da utilizzare su computer, anche quando sia circoscritta a un singolo bit.

MEMORIA A LINEA DI RITARDO



MEMORIA A LINEA DI RITARDO

Un cristallo piezoelettrico (quarzo) al quale siano applicati impulsi elettrici li trasforma in vibrazioni meccaniche a frequenze ultrasoniche (cristallo trasmettitore); il cristallo ricevitore, reciprocamente, assorbe le vibrazioni meccaniche e le trasforma in impulsi elettrici.

Gli impulsi (o i non-impulsi; ovvero i bit) si susseguono a cadenza regolare^[1] e viaggiano “lentamente” (onde “ritardo”) entro la colonna di mercurio rimanendovi memorizzati per la durata del tragitto.

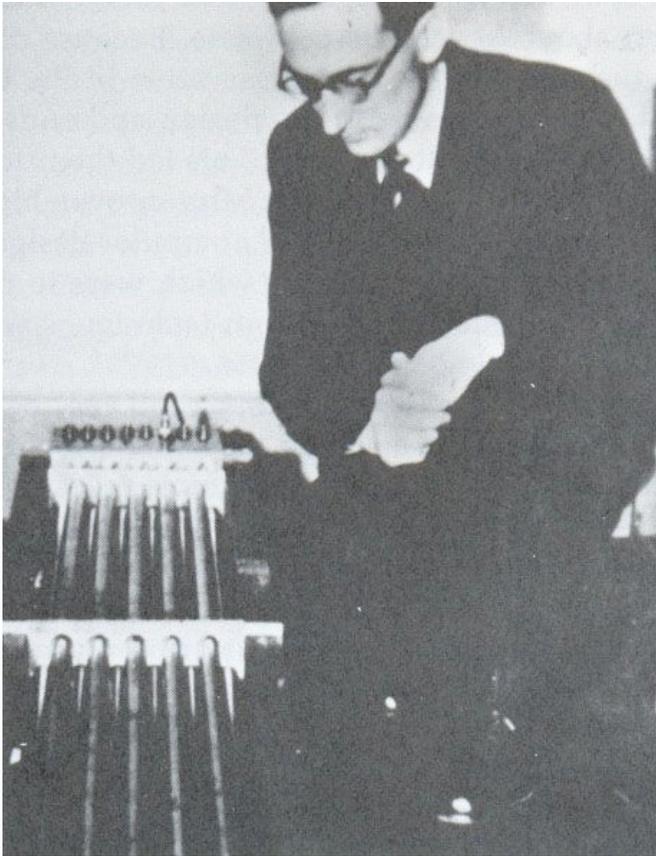
Gli apparati elettronici “veloci” correggono l’attenuazione (*amplifier*) e la distorsione (*reshaper*) subita dagli impulsi durante il tragitto e li inviano di nuovo in ciclo.

Le funzioni critiche sono quelle di lettura e di scrittura; la posizione del bit da leggere o da scrivere è rilevata come distanza temporale da un segnale speciale che marca l’inizio del treno d’impulsi circolante.^[2] Capacità tipiche sono dell’ordine di 1 kbit per una colonna di mercurio lunga 1 m.

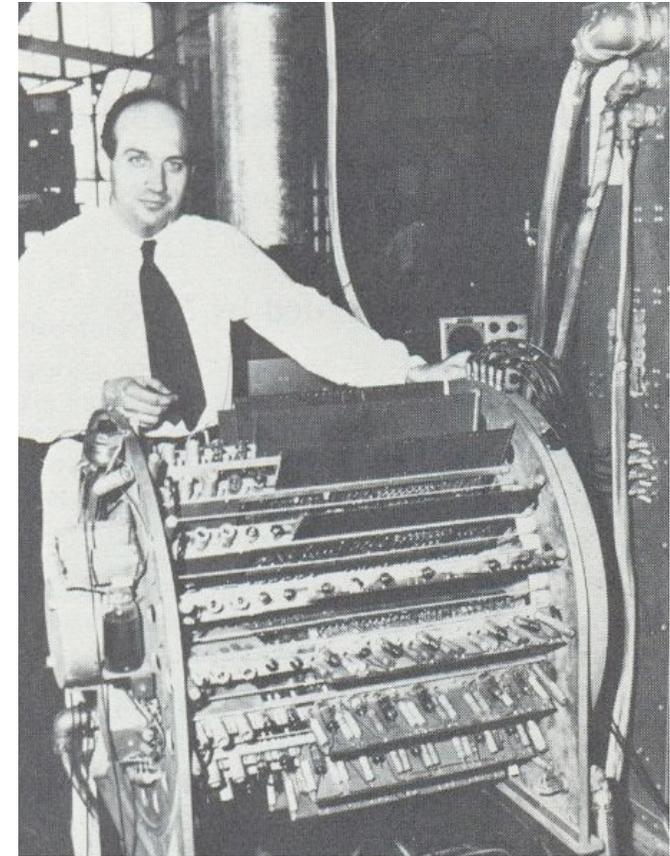
^[1] Questo è il motivo per cui si parla di memoria “sequenziale”; i sistemi descritti nel seguito sono invece ad accesso diretto (RAM) e quindi più veloci.

^[2] La lettura di un bit consiste nella rilevazione della presenza o assenza di impulso in una determinata posizione della sequenza. La scrittura consiste invece nell’inserimento o nella soppressione di un impulso.

SISTEMI DI MEMORIA - Linee di ritardo



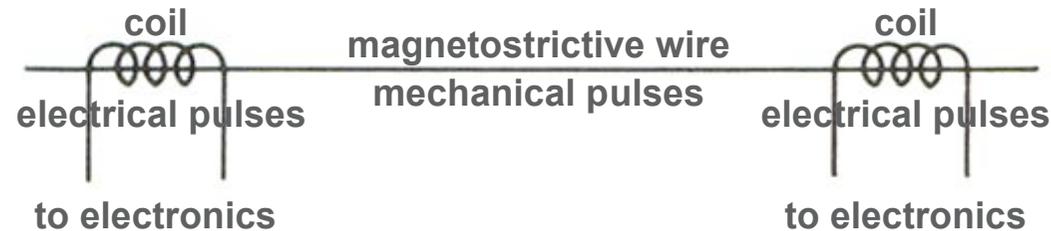
M. Wilkes (a sinistra) e J.P. Eckert con le linee di ritardo a mercurio dell'EDSAC e del BINAC rispettivamente.



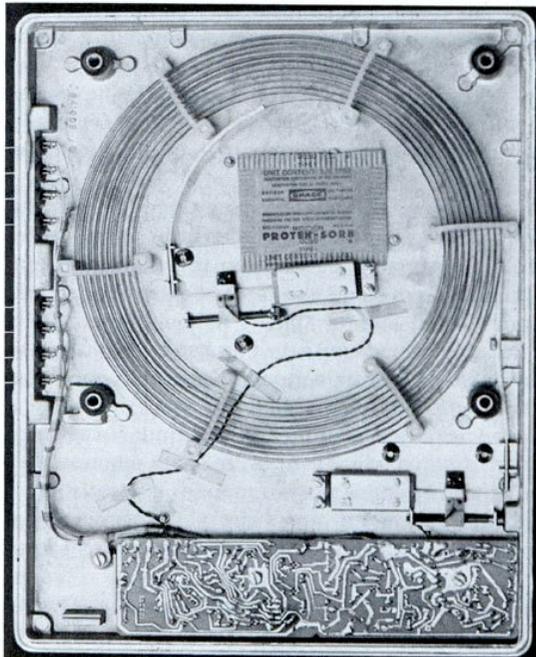
Le prime linee di ritardo furono messe a punto nei Bell Labs da W.B. Shockley (co-inventore del transistor) e poi perfezionate dallo stesso Eckert mentre lavorava ai sistemi Radar militari.

A.M. Turing, esaminate le caratteristiche di vari materiali, indicò una miscela di acqua e alcool come possibile sostituto del mercurio; secondo vari testimoni, ne concluse che il *London Gin* sarebbe stata una valida scelta.

SISTEMI DI MEMORIA - Linee di ritardo



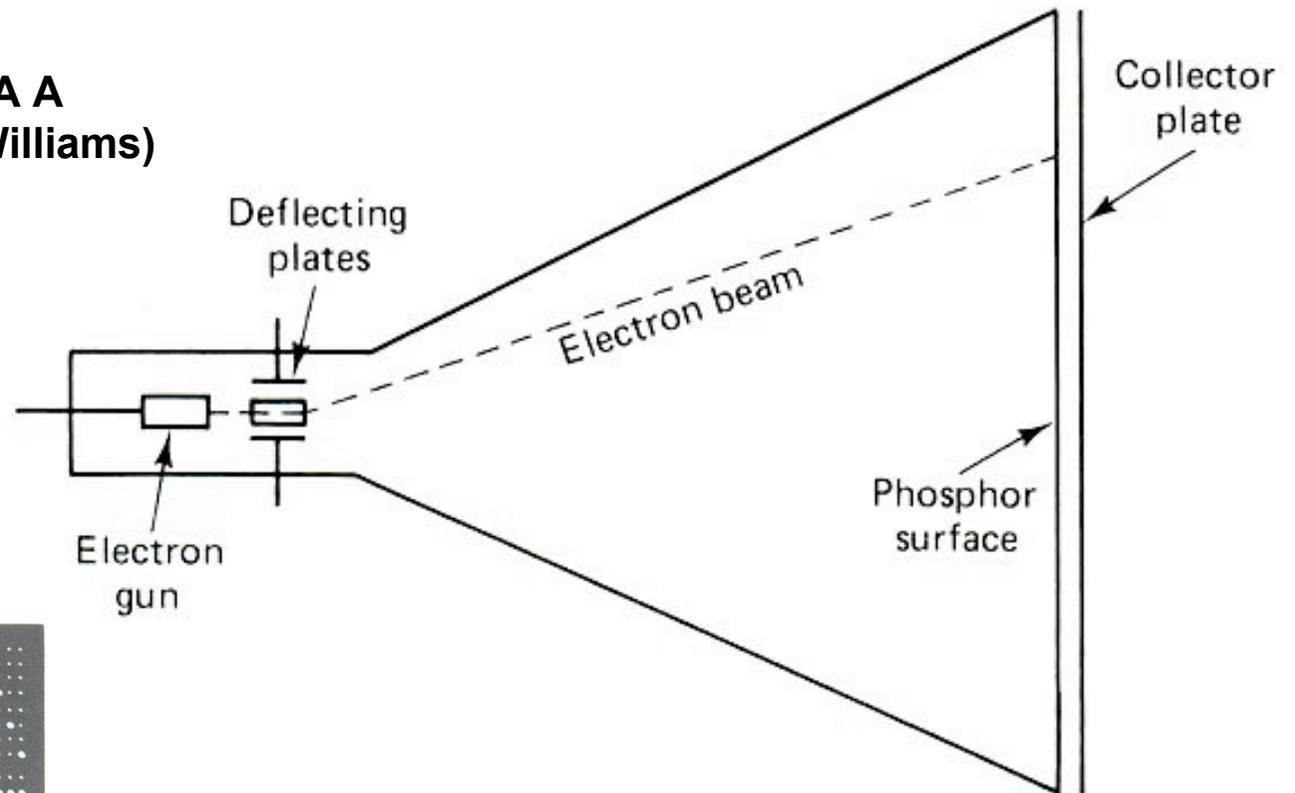
Una variante è basata sull'effetto di magnetostrizione per il quale le vibrazioni meccaniche longitudinali di un filo molto rigido (nikel o acciaio armonico) sono indotte (e rivelate) dalle variazioni del campo magnetico applicate alle estremità.



Il computer inglese NICHOLAS è stato probabilmente l'unica grande macchina a utilizzare come memoria principale questa variante delle linee di ritardo.

Memorie di piccole dimensioni a filo magnetostrittivo avvolto a spirale, furono utilizzate p.e. nel computer da tavolo Olivetti P101, nei primi PC IBM (con funzioni ausiliarie) e in molte apparecchiature terminali.

MEMORIA ELETTROSTATICA A RAGGI CATODICI (Tubo di Williams)



32 parole di 40 bit visualizzate sullo schermo di un tubo di Williams.

MEMORIA ELETTROSTATICA A RAGGI CATODICI (Tubo di Williams)

Il pennello elettronico scandisce riga per riga un reticolo di “macchioline” sullo strato fosforico nelle quali provoca (se è attivo, o non-provoca se è inibito; ovvero il bit) un accumulo di carica elettrica che, per effetto elettrostatico, viene rilevato dalla piastra metallica collettrice esterna al tubo.

Questo semplice principio, probabilmente già intuito da J.P.Eckert,^[1] richiedeva peraltro un’elettronica assai elaborata; F.C.Williams e il suo collaboratore T.Kilburn, all’Università di Manchester, costruirono nel 1947 un prototipo funzionante, con una capacità di 1 kbit, e ne fecero uno dei brevetti inglesi più fruttuosi di quel periodo.

^[1] In effetti nella famosa “*First draft, etc.*” di von Neumann (1945), oltre che di memoria a linea di ritardo, si parla anche di memoria a “iconoscopio”. In quel periodo Eckert e von Neumann lavoravano entrambi all’ENIAC.

Da notare che la linea di ritardo derivava dalla tecnologia del Radar e l’iconoscopio da quella della TV.

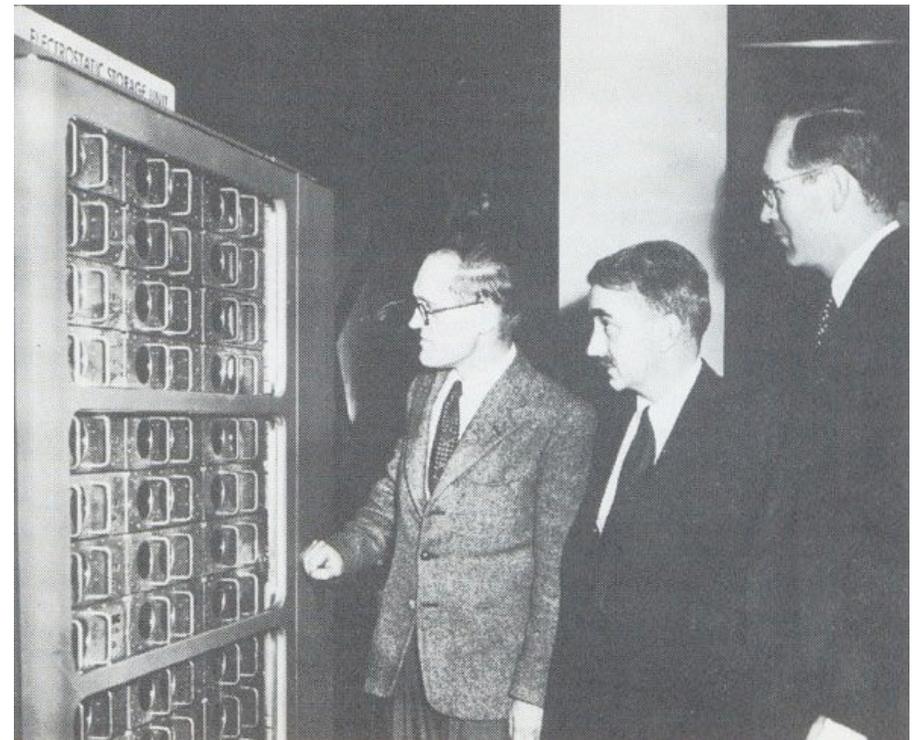
SISTEMI DI MEMORIA - Memorie elettrostatiche a raggi catodici



Frederik Williams, sulla destra, e Tom Kilburn davanti alla memoria elettrostatica del Mark I, prototipo degli omonimi computer costruiti su scala industriale dalla Ferranti Ltd.

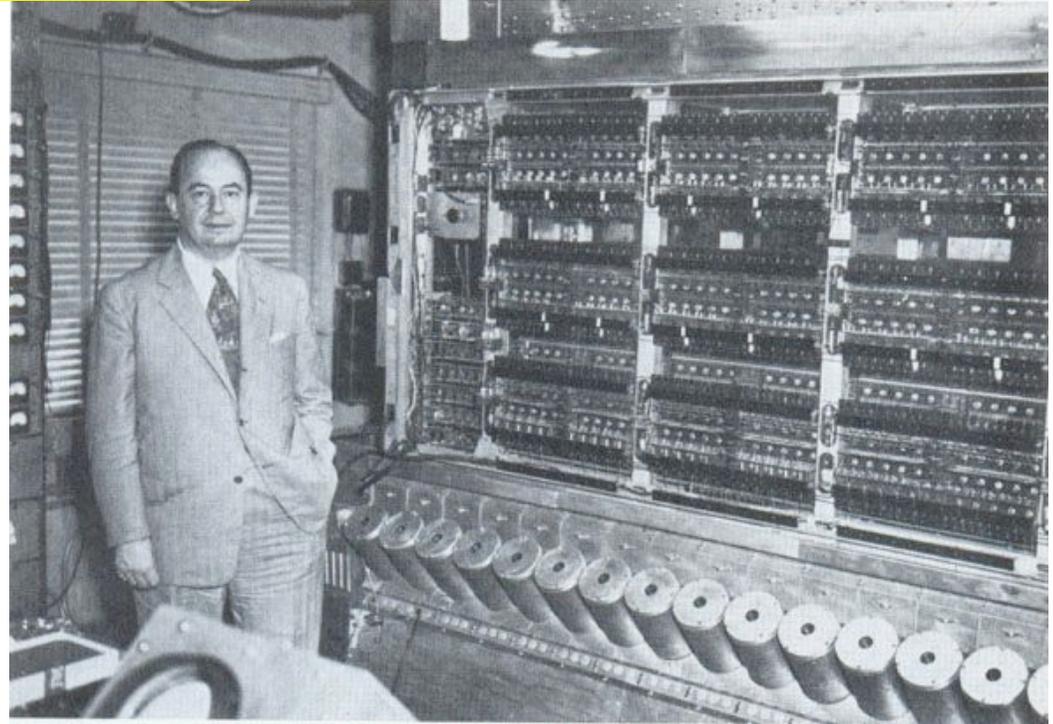
Williams, Crawley (NRDC)^[1] e McPherson (IBM) al cospetto della batteria di tubi a raggi catodici che costituivano la memoria dell'IBM 701 (1952).

[1] NRDC, National Research Development Corporation: ente governativo che finanziò largamente la ricerca e la produzione inglese nel settore dei computer.



SISTEMI DI MEMORIA - Memorie elettrostatiche a raggi catodici

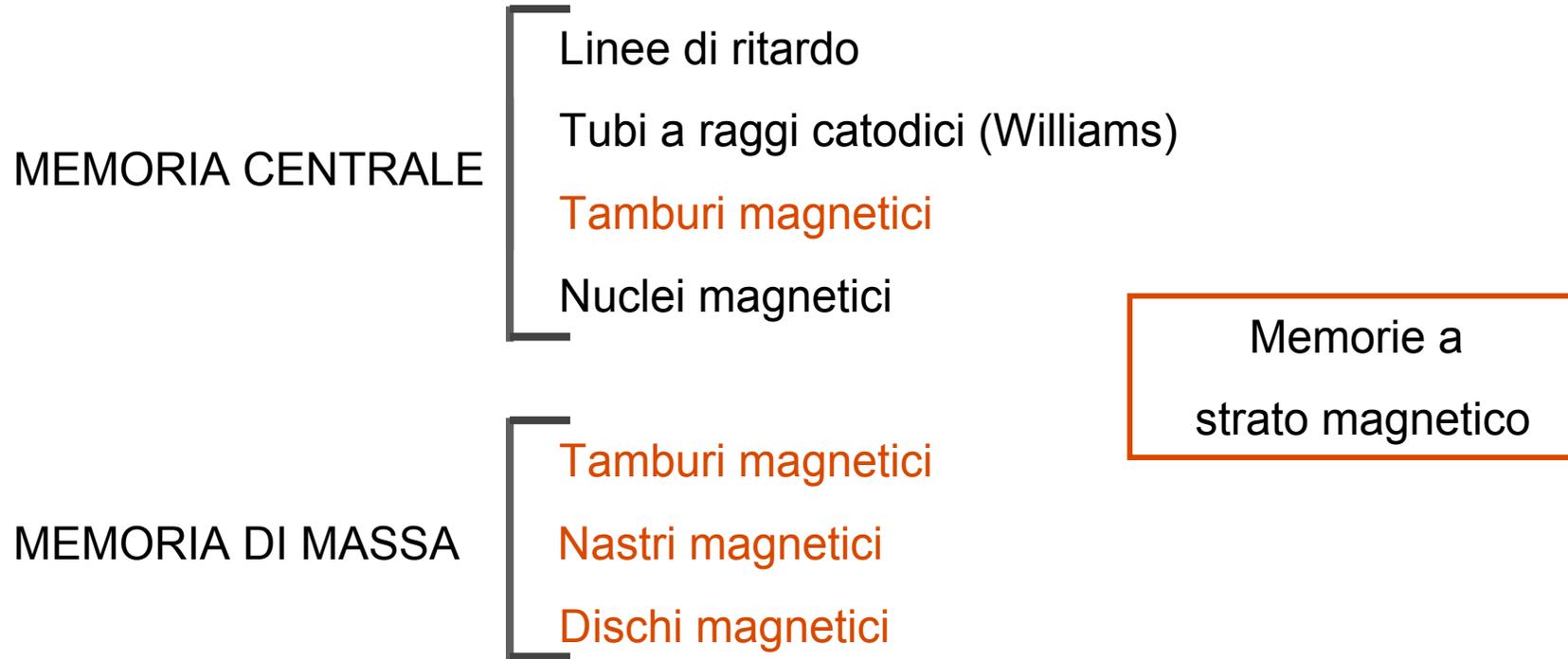
Von Neumann accanto al computer dello IAS - Institute of Advanced Study - di Princeton (1952). Alcuni dei tubi di Williams appaiono nella parte bassa e sono protetti da cilindri metallici di schermatura.



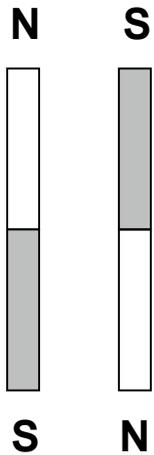
Su proposta di von Neumann, la memoria del computer IAS aveva una struttura “parallela”^[1] costituita da 40 tubi di Williams in ciascuno dei quali, nella stessa posizione, era allocato uno dei 40 bit della parola. Tutti i bit di una parola erano quindi accessibili contemporaneamente e contemporaneamente viaggiavano da un organo all’altro del computer - in particolare alla/dalla memoria centrale - ciascuno su una propria linea. Nelle macchine “seriali”, più lente ma più economiche, i bit viaggiavano invece uno dopo l’altro su un’unica linea.

[1] Da non confondere con il parallelismo dei processi di calcolo che è tipico degli attuali supercomputer. La similitudine è piuttosto con i moderni microprocessori “a 4, 8, 16 ... bit”.

SISTEMI DI MEMORIA - Memorie a strato magnetico

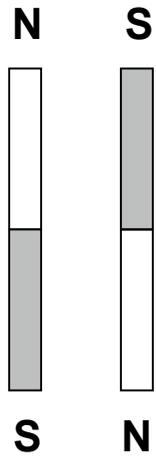


SISTEMI DI MEMORIA - Memorie a strato magnetico: principio di funzionamento

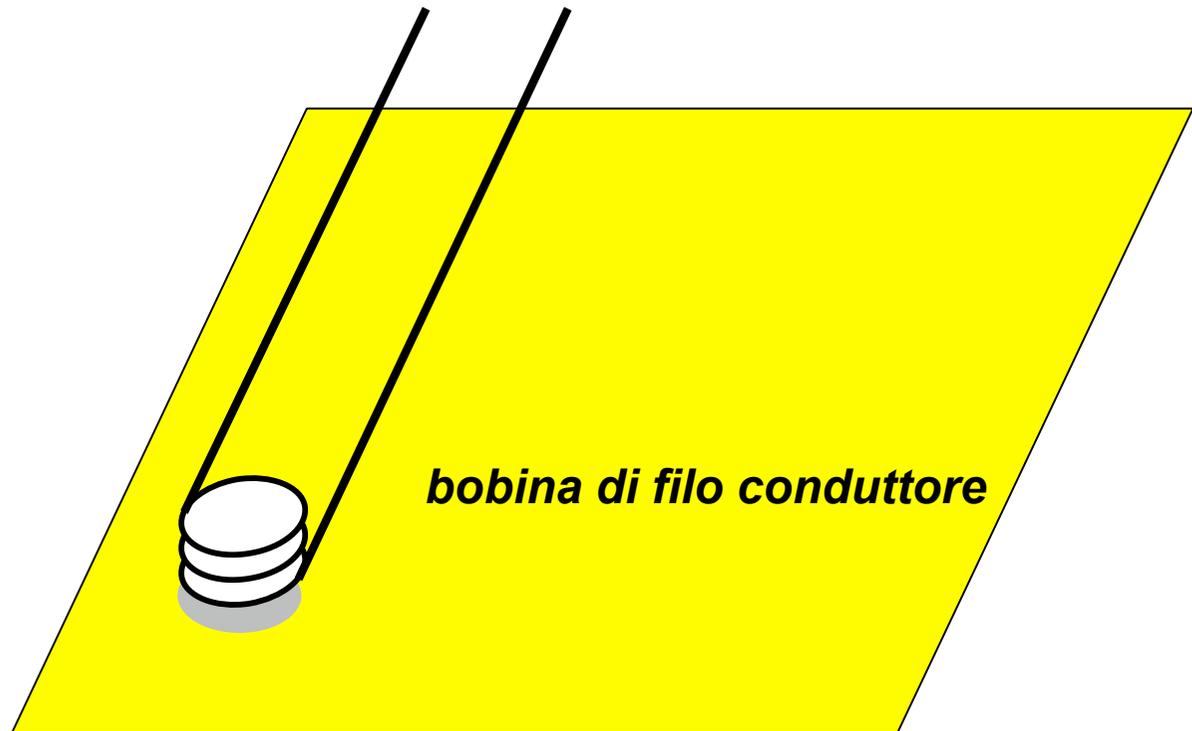
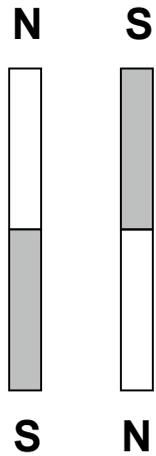


Principio del
bit magnetico

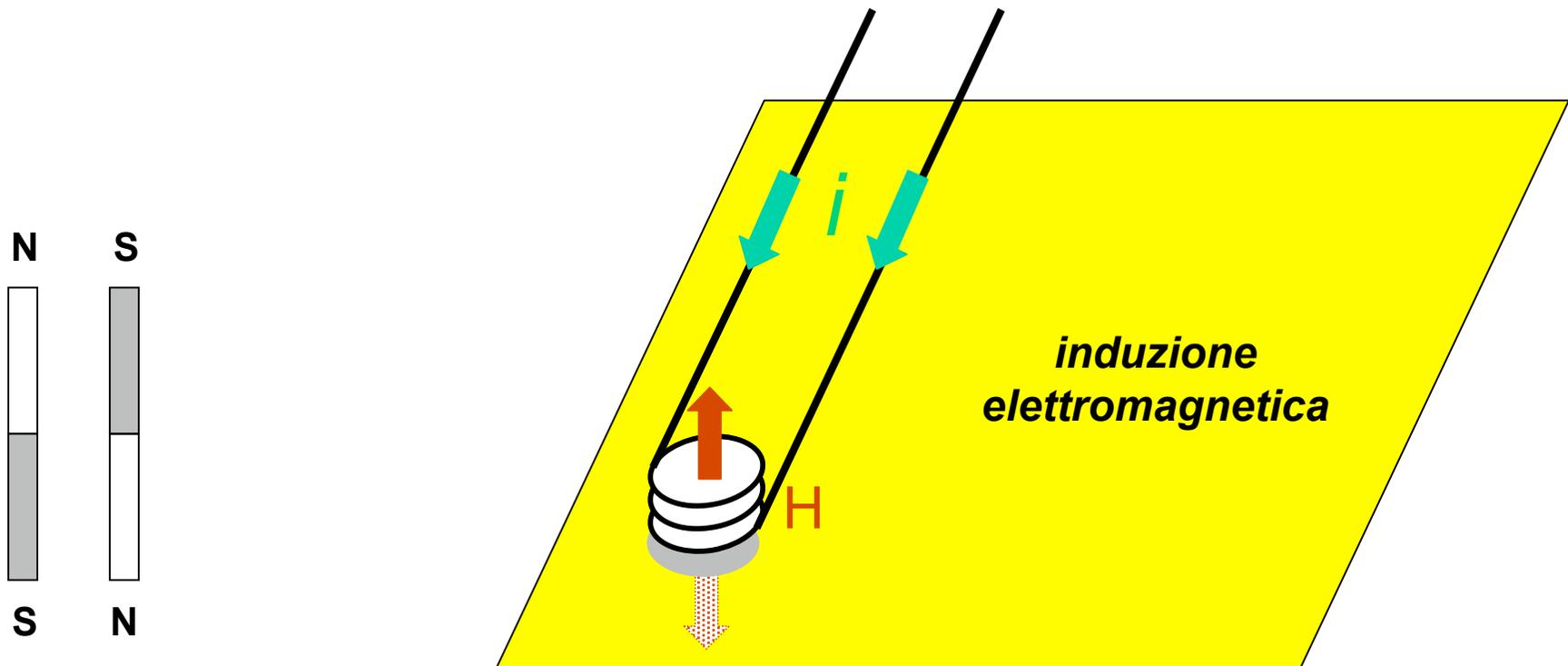
SISTEMI DI MEMORIA - Memorie a strato magnetico: principio di funzionamento



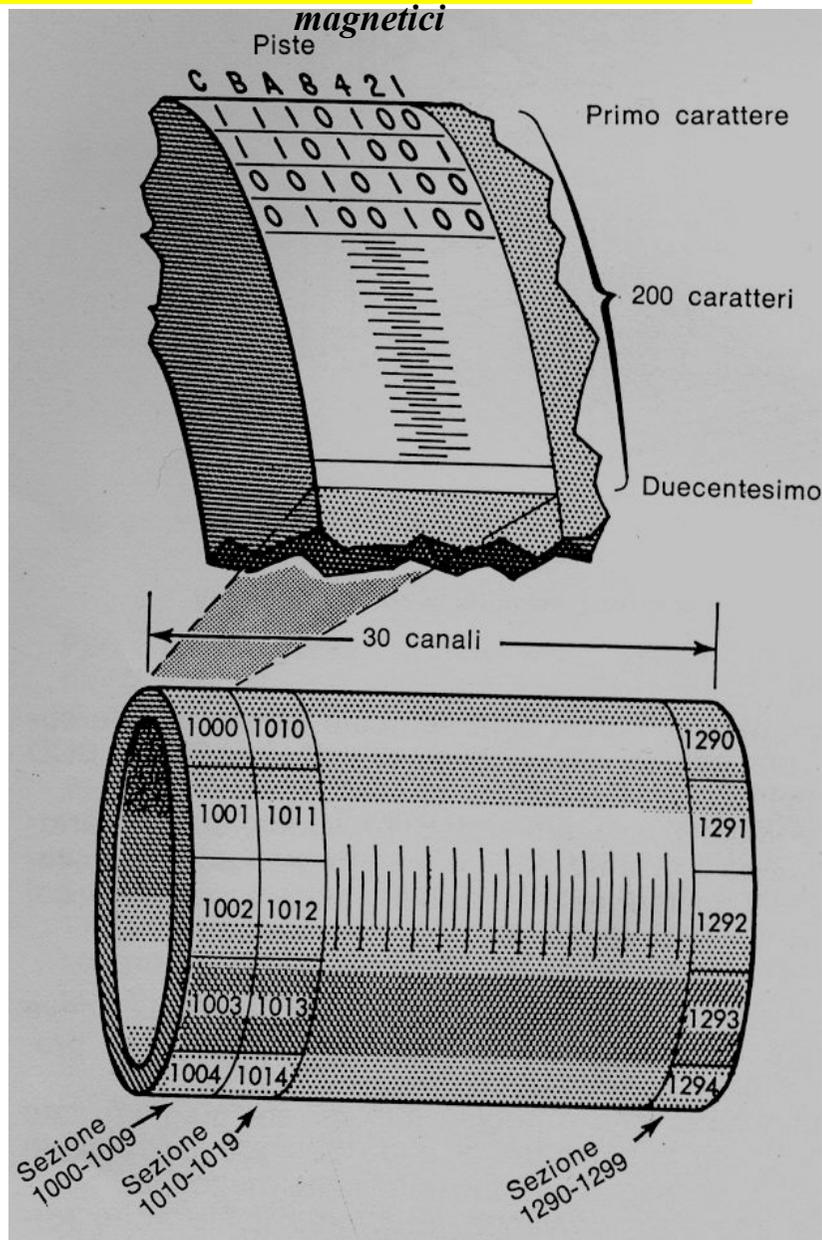
SISTEMI DI MEMORIA - Memorie a strato magnetico: principio di funzionamento



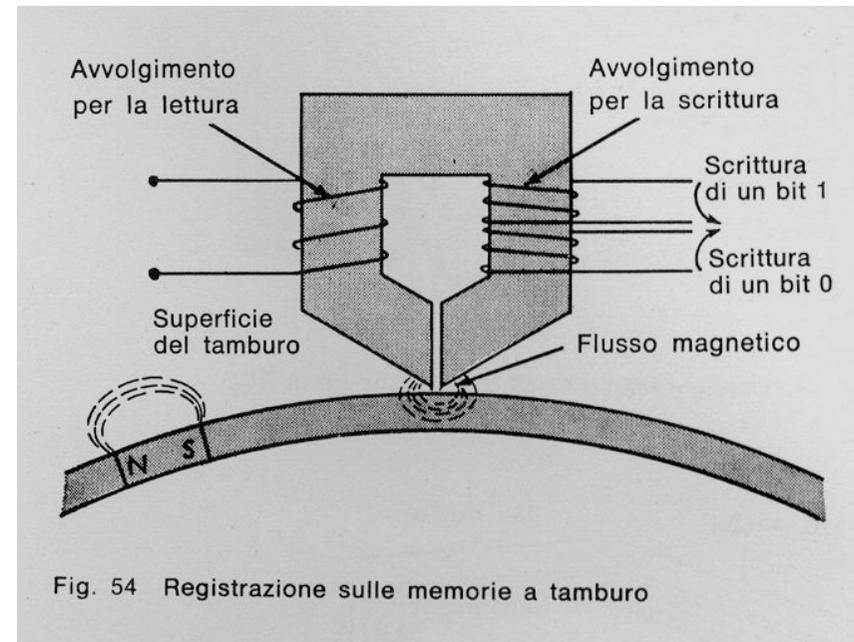
SISTEMI DI MEMORIA - Memorie a strato magnetico: principio di funzionamento



SISTEMI DI MEMORIA - Tamburi magnetici

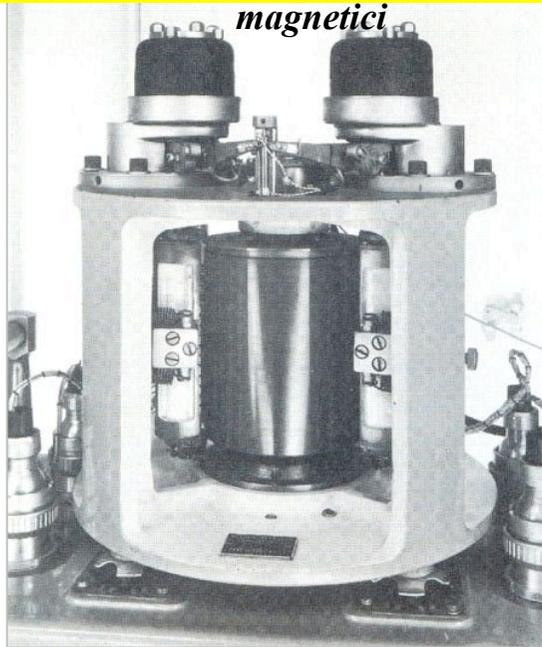


MEMORIA A TAMBURO MAGNETICO



Schema di principio della memoria a tamburo magnetico i cui elementi fondamentali sono lo strato magnetosensibile applicato alla superficie del cilindro rotante e la testina di lettura/scrittura.

SISTEMI DI MEMORIA - Tamburi magnetici



Tamburo magnetico del DEUCE (UK, 1955) capace di 8.192 parole di 32 bit.

Nell'apparecchiatura qui raffigurata, al consueto tempo di latenza dovuto alla rotazione, si aggiungeva il tempo di posizionamento della coppia di testine di lettura/scrittura che si spostavano lungo la verticale.

Tamburo della CEP (Italia, 1957-61) capace di 16.384 parole di 36 bit; impiegato come memoria secondaria. In questo potente tamburo^[1] ognuna delle 36 piste è servita da una serie di testine fisse di

lettura/scrittura.
[1] I due tamburi della CEP sono stati prodotti a New Canaan (USA) dalla Olivetti Corporation of America. La casa madre di Ivrea, al contrario, non li ha mai adottati per equipaggiare i suoi elaboratori.



SISTEMI DI MEMORIA - Tamburi magnetici

L'impiego tipico del tamburo magnetico è stato come estensione (*backing store*) della memoria centrale, o principale, nei sistemi a due livelli di memoria.

Nei sistemi di medie prestazioni, tuttavia, il tamburo magnetico (economico ma relativamente lento a causa dei tempi di latenza necessari al momentaneo coincidere della testina di lettura/scrittura con la zona interessata) è stato talvolta impiegato come unico sistema di memoria centrale.

Unità periferiche a tamburo - utilizzate come supporto "di massa" ad accesso diretto, distinto dalla memoria centrale - furono proposte da diversi costruttori, ma furono presto surclassate dalla tecnologia dei dischi magnetici.

SISTEMI DI MEMORIA - Alcuni computer pionieristici ("prima generazione")

Table 3 *Six early British research computers*

| | <i>Manchester Mark I</i> | <i>Cambridge EDSAC</i> | <i>NPL Pilot Ace</i> | <i>Elliott's NICHOLAS</i> | <i>TRE's TREAC</i> | <i>MOS's MOSAIC</i> |
|---------------------------------|------------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------|------------------------------|
| | 1948 | 1949 | 1950 | 1952 | 1953 | 1953 |
| Word length, bits | 40 | 36 | 32 | 32 | 24 | 40 |
| Instruction length | 20 | 18 | 32 | 16 | 24 | 40 |
| Instruction format | 1-address | 1-address | (2 + 1)- address | 1-address | 1-address | (3 + 1)- address |
| Instruction set | 26 ops | 18 ops | (15) ^a | 47 ops | 14 ops | ? |
| Store size, fast | 128 | 512 | 352 | 1024 | 512 | 1024 |
| Store type, fast | CRT | delay | delay | nickel | CRT | delay |
| Store size, backing | 1024 | 0 | 0 | 0 | 2048 ^a | 0 |
| Store type, backing | Drum | — | — | — | Drum | — |
| Add time (average) | 1.8 ms | 1.4 ms | 0.54 ms ^a | 12.5 ms | 40 μ s | 0.67 ms ^a |
| Multiply time (average) | 10 ms | 5.4 ms | 2 ms | ^a | — | 6 ms |
| Input medium | PTR | PTR | Cards | PTR | PTR | Cards or PTR ^a |
| Output medium | Tprin | Tprin | Cards | Tprin | Tprin | Cards or Tprin |
| Digit period | 8.5 μ s ^a | 2 μ s | 1 μ s | 3 μ s | NA ^a | 2 μ s |
| Main valve type | EF 50 | EF 54 | ECC 81 | VX8030/ 8046 | ? | CV 138 |
| Approximate number of valves | 1300 | 3000 | 800 | 250 | 2000 | 6000 |
| Approximate number of Ge diodes | None | None | None | 1500 | 1000 | 2000 |

Notation and conventions

^a see text for further explanation.

Instruction set: the total number of useful operations in the repertoire is given.

Storage sizes: these are given in terms of full words.

Storage types: 'CRT' signifies Williams tube storage; 'delay' signifies mercury delay lines; 'nickel' signifies nickel magnetostrictive delay lines.

Speeds: 1 ms is 1 millisecond; 1 μ s is 1 microsecond.

Input medium: 'PTR' signifies 5-track paper tape reader-(3-inch-wide tape for MOSAIC); 'Cards' signifies Hollerith punched cards.

Output medium: 'Tprin' signifies a teleprinter, which provided hard copy as well as 5-track paper tape.

Fonte: S. Lavington *Early British Computers*; Digital Press, 1980

storia dell'informatica - UNIUD

2007-8 - c. bonfanti - traccia lez. 8-9

SISTEMI DI MEMORIA - Alcuni computer pionieristici (“prima generazione”)

Table 4 *Nine commercial computers available in 1958*

| | <i>Ferranti Mark I Star</i> | <i>English Electric DEUCE</i> | <i>Elliott 402</i> | <i>BTM 1201</i> | <i>Lyons LEO II</i> | <i>IBM 704</i> | <i>Ferranti Pegasus</i> | <i>Metropolitan -Vickers MV 950</i> | <i>Ferranti Mercury</i> |
|-----------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|------------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| Technology | Valve | Valve | Valve | Valve | Valve | Valve | Valve | Transistor | Valve |
| Word length | 40 | 32 | 32 | 40 | 39 | 36 | 39 | 32 | 40 |
| Store size, fast | 416 | 400 | 17 | 0 | 1038 | up to 32 763 | 56 | (8) | 1024 |
| Store type, fast | CRT | Delay | Nickel | – | Delay | Core | Nickel | (Drum) | Core |
| Store size, backing | 16 384 | 8192 | 5000 | 1024 or 4080 | up to 65 536 | 8192 per drum | 5120 | 4096 | Up to 32 768 |
| Store type, backing | Drum | Drum | Drum | Drum | 4 drums | Drum | Drum | Drum | 4 drums |
| FXPT add time | 1.2 ms | 32 μ s minimum | 204 μ s minimum | 1.25 ms | 340 μ s | 24 μ s | 300 μ s minimum | 3 ms | 60 μ s |
| FLPT add time | – | – | – | – | – | 72 μ s | – | – | 180 μ s |
| FXPT multiplication time | 2.16 ms | 2.08 ms | 3.366 ms | 2–50 ms | 0.6–3.5 ms | 228 μ s | 2 ms | 8 ms | 210 μ s |
| FLPT multiplication time | – | – | – | – | – | 192 μ s | – | – | 300 μ s |
| Date first delivered | 1953 | 1955 | 1955 | 1956 | 1956 | 1956 in UK | 1956 | 1956 | 1957 |
| Approximate basic cost | 90 | 50 | 27 | 37 | 90 | 500 | 50 | ? | 100 |

Notation and conventions

These are mostly the same as in Table 3. In addition, ‘core’ signifies magnetic core stores; FXPT and FLPT signify fixed-point and floating-point arithmetic respectively. The ‘minimum’ addition times refer to computers with (1+1)-address instruction formats. On Mercury, index-register (B-line) arithmetic was faster than main accumulator arithmetic. The cost figures are in units of £1000, at 1958 prices.

Fonte: S. Lavington *Early British Computers*; Digital Press, 1980

SISTEMI DI MEMORIA - Alcuni computer pionieristici (“prima generazione”)

Table 5 *Nine early American computers*

| | SEAC | BINAC | ERA 1101 | Whirlwind | UNIVAC | ORDVAC | EDVAC | IAS | RAYDAC |
|---------------------------------|-----------------|-------------|--------------------------|------------|-------------|-------------|-----------------|-------------|-----------------|
| Serial/parallel | Serial | Serial | Parallel | Parallel | Serial | Parallel | Serial | Parallel | Parallel |
| Word length (bits) | 45 | 31 | 24 | 16 | 84 | 40 | 44 | 40 | 36 ^b |
| Instruction length | 45 | 14 | 24 | 16 | 42 | 20 | 44 | 20 | 72 |
| Instruction format | (3 + 1)-address | 1-address | 1-address | 1-address | 1-address | 1-address | (3 + 1)-address | 1-address | (3 + 1)-address |
| Main store size | 512 | 512 | 16384 | 256 | 1000 | 1024 | 1024 | 4096 | 1024 |
| Main store type | Delay | Delay | Drum | CRT | Delay | CRT | Delay | CRT | Delay |
| Backing store type | – | Mag. tape | – | – | Mag. tape | – | Mag. wire | (Drum) | Mag. tape |
| Add time (average) | 864 μ s | 800 μ s | 96 μ s ^a | 49 μ s | 525 μ s | 72 μ s | 846 μ s | 62 μ s | 707 μ s |
| Multiply time (average) | 2.98 ms | 1.2 ms | 352 μ s ^a | 61 μ s | 2.15 ms | 732 μ s | 2.9 ms | 713 μ s | 868 μ s |
| Basic clock frequency | 1 MHz | 1 MHz | 400 KHz | 1 MHz | 2.25 MHz | Asynch. | 997 kHz | Asynch. | 4 MHz |
| Approximate number of valves | 747 | 700 | 2700 | 5000 | 5400 | 2178 | 3600 | 2300 | 5200 |
| Approximate number of Ge diodes | 10500 | ? | 2385 | 11000 | 18000 | None | 1000 | None | 17000 |

Notation and conventions

Serial/parallel: refers to the design of the arithmetic unit.

Main store type: ‘delay’ signifies mercury delay lines; ‘CRT’ signifies Williams tubes, except in the case of WHIRLWIND. (*)

Clock frequency: ORDVAC and IAS were asynchronous computers, having no basic clock.

Ge diodes: these are germanium semiconductor diodes (‘crystal diodes’).

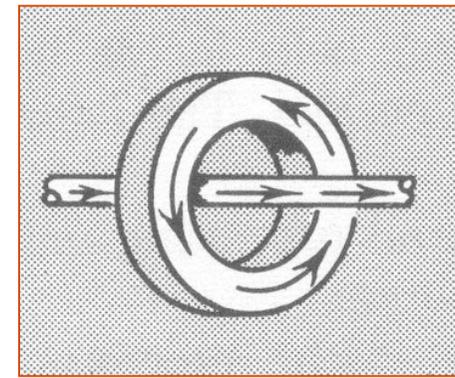
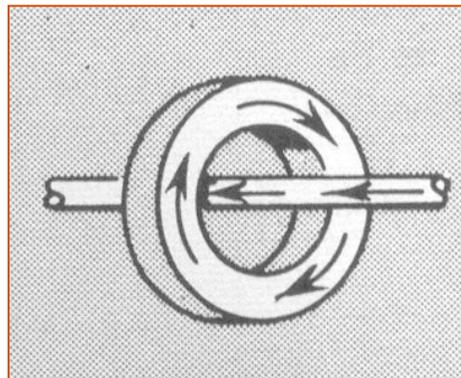
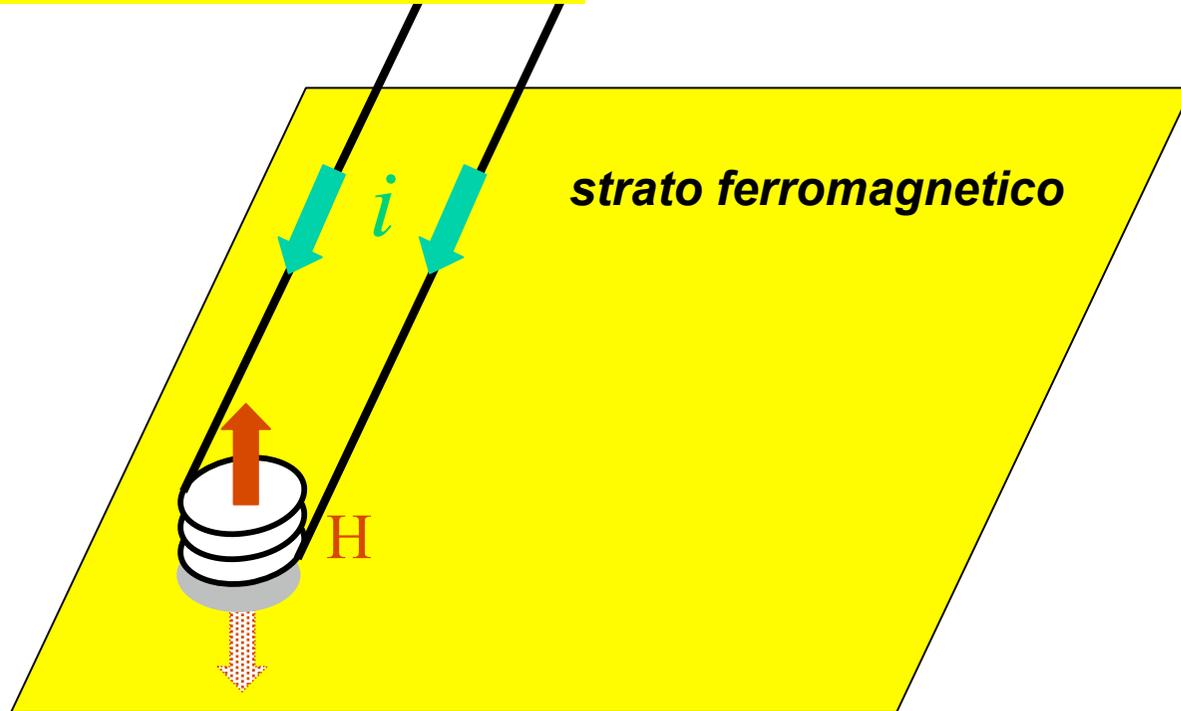
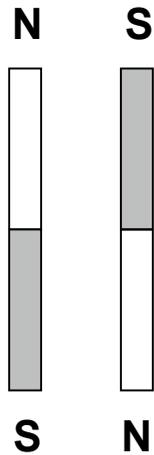
^a The arithmetic times quoted for the ERA 1101 are *minimum* times; since the drum period was 10 milliseconds, maximum times were very long.

^b The RAYDAC 36-bit word included four ‘transfer-count’ check digits.

Fonte: S. Lavington *Early British Computers*; Digital Press, 1980

(*) La memoria CRT, realizzata con tubi catodici speciali, si riferisce a una fase intermedia del progetto Whirlwind; nella sua versione finale, fu infatti il primo computer ad adottare la tecnologia di memoria a nuclei (*core*) magnetici.

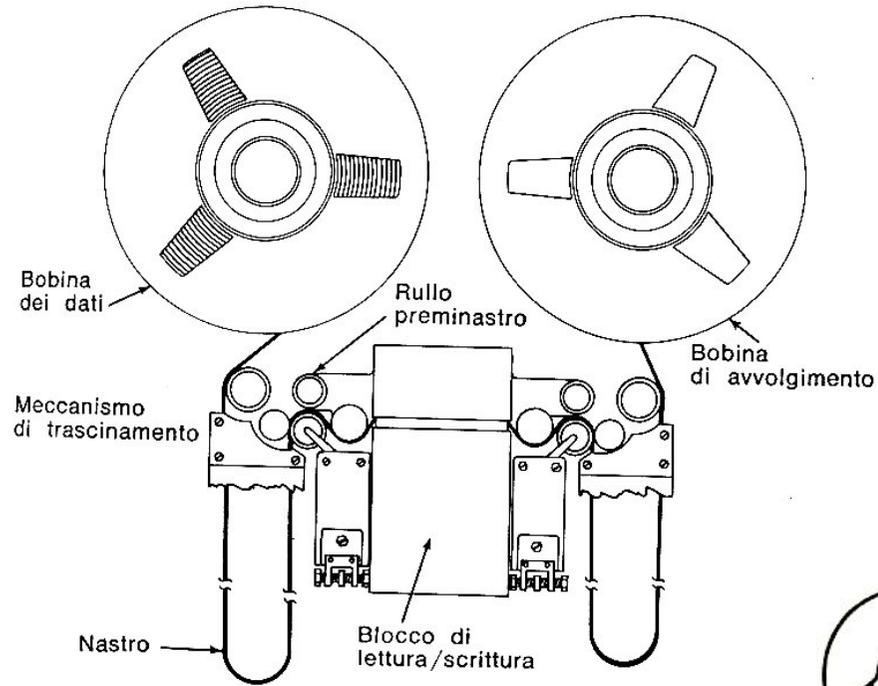
SISTEMI DI MEMORIA - Principio della memorizzazione magnetica



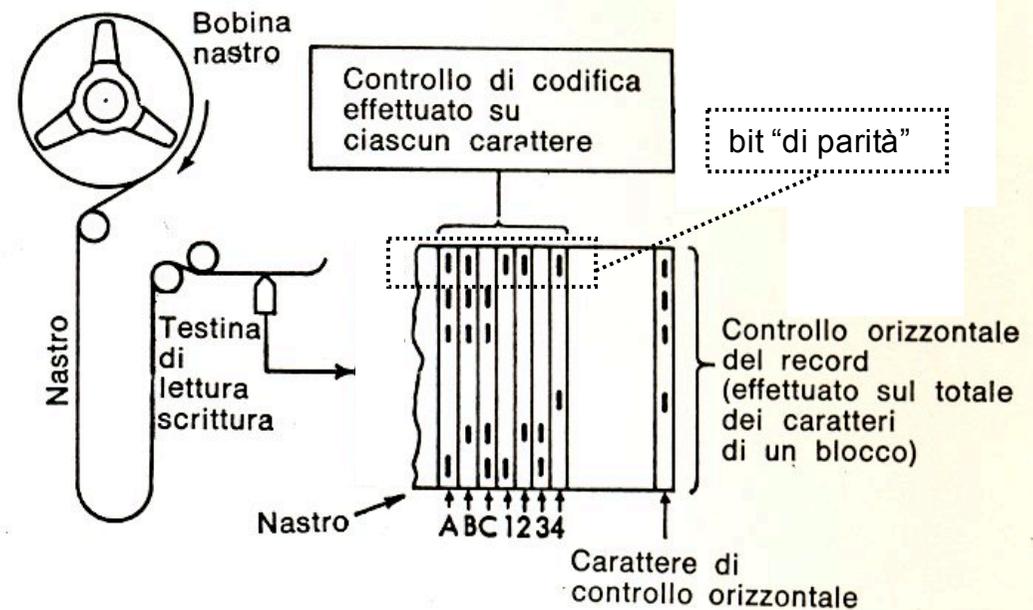
una diversa tecnologia: i Nuclei magnetici

**SI VEDA L'APPENDICE
MEMORIA RAM A NUCLEI MAGNETICI
&
PROGETTO WHIRLWIND**

SISTEMI DI MEMORIA - Nastri magnetici



UNITA' PERIFERICHE A NASTRO MAGNETICO



SISTEMI DI MEMORIA - Nastri magnetici

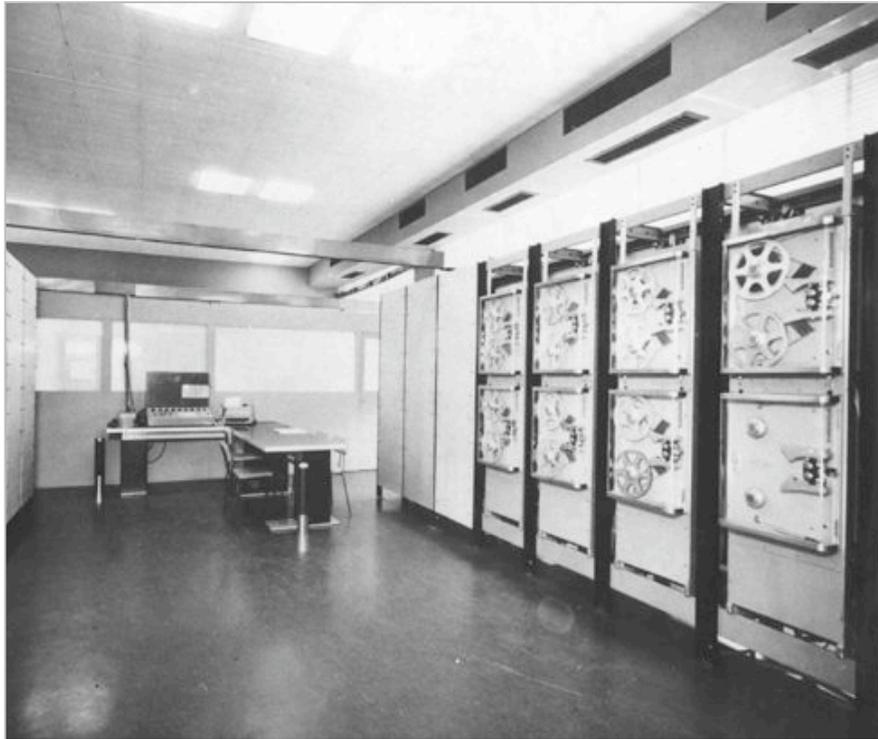
Considerata la loro vocazione scientifica, il problema dei primi computer riguardava la potenza di calcolo e non già il trattamento di grandi volumi di dati in ingresso e in uscita dall'elaboratore. Quest'ultimo aspetto divenne invece importante quando l'elaborazione elettronica dei dati (EDP - *Electronic Data Processing*) cominciò a interessare le applicazioni gestionali.

L'UNIVAC di Eckert e Mauchly fu tra i primi elaboratori ad essere equipaggiato con unità a nastro magnetico di prestazioni soddisfacenti. Inoltre, poiché la lettura di schede e la stampa su carta erano operazioni troppo lente in confronto alla velocità dell'elaborazione elettronica, l'UNIVAC prevedeva che l'unità centrale scambiasse dati solo con le unità a nastro che erano assai più veloci. Il concetto innovativo era quello delle operazioni "fuori linea" realizzate mediante convertitori autonomi rispetto all'unità centrale: scheda-nastro (per l'input) e nastro-scheda e nastro-stampante (per l'output).

In tempi successivi, quando la multiprogrammazione divenne una tecnica efficiente, la sovrapposizione tra elaborazione veloce e operazioni di I/O su dispositivi lenti fu realizzata con la tecnica dello "spool" (acronimo di *Simultaneous Peripheral Operations Online*, da cui anche i neologismi *to spool*, *spooling* e simili).

All'avvento della multiprogrammazione contribuirono i progressi sia dell'hardware (segnali di interrupt; canali di I/O dotati di memorie *buffer* e quindi autonomi rispetto all'unità centrale) e sia del software (sistemi operativi).

SISTEMI DI MEMORIA - Nastri magnetici



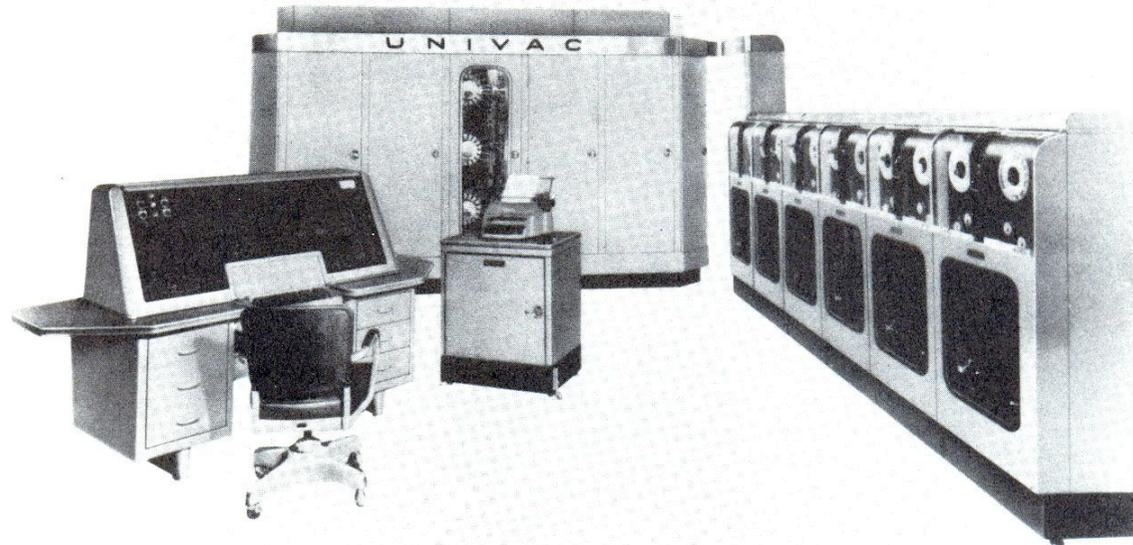
ELEA 9001 (1957)

**Unità a nastro
magnetico degli
elaboratori Olivetti:**

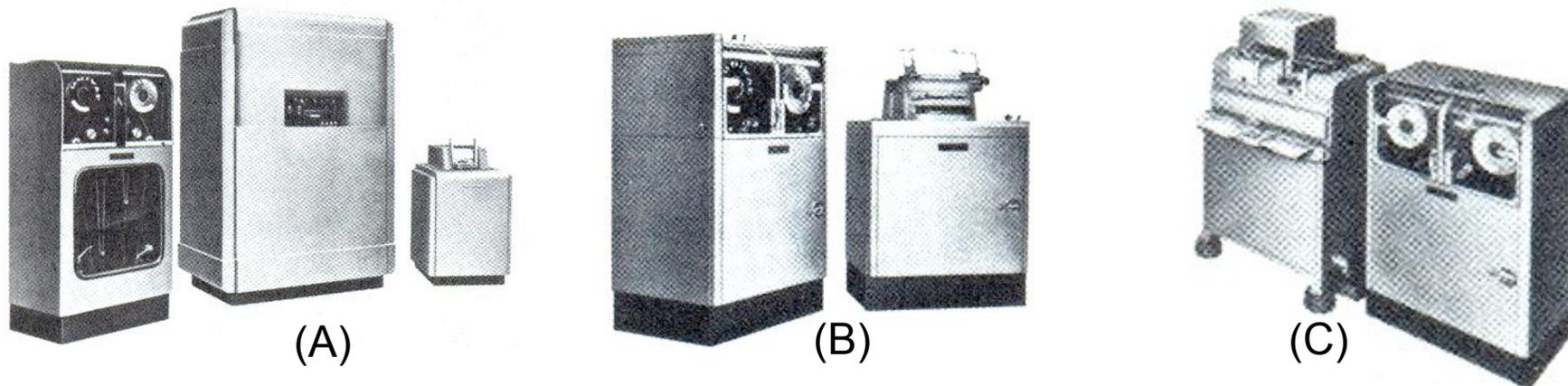
ELEA 6001 (1961)



SISTEMI DI MEMORIA - Nastri magnetici



Elaboratore UNIVAC (1951) configurato con 6 unità a nastro UNISERVO.



Convertitori “fuori linea”: schede-nastro magnetico (A), nastro m.-stampante (B), nastro m.-schede (C).

SISTEMI DI MEMORIA - Nastri magnetici

I dati registrati su nastro magnetico, di norma aggregati in *record* secondo un preciso “tracciato”, si susseguono in maniera tale che non è possibile saltare a piacere dall’uno all’altro come nei dispositivi ad accesso diretto. In questo senso il nastro costituisce un supporto “sequenziale” analogo a un pacco di schede che vengono lette ed elaborate una di seguito all’altra. Inoltre, i programmi di ordinamento (*sort*) assolvono la stessa funzione delle macchine ordinatrici (*sorter*) nei sistemi meccanografici. S’intuisce allora come fosse agevole e spontaneo riprodurre su un elaboratore elettronico dotato di unità a nastro il paradigma delle elaborazioni sequenziali che erano state il punto di forza dei sistemi meccanografici; con l’evidente vantaggio della enorme superiorità del nastro magnetico rispetto alle schede perforate in termini di capienza e di velocità di lettura/scrittura.

Tutto ciò rende anche ragione del fatto che gli algoritmi di ordinamento (tradotti in programmi) e la loro ottimizzazione abbiano avuto un ruolo non secondario nella storia del software; basta ricordare che di tale problema si occupò lo stesso von Neumann e che il prodotto-programma “CA Sort”, grazie alla sua efficienza, è stato un grande successo commerciale della Computer Associates, una delle prime e più note aziende produttrici di software.

Quanto alle caratteristiche fisiche del nastro magnetico, è da ricordare come uno dei tanti problemi iniziali fosse quello del supporto, robusto e flessibile, su cui applicare lo strato magnetosensibile. L’UNIVAC, ad esempio, usava nastri a supporto metallico mentre il contemporaneo BINAC, anch’esso prodotto da Eckert e Mauchly, usava materiale plastico (mylar); e fu quest’ultima la soluzione definitiva.

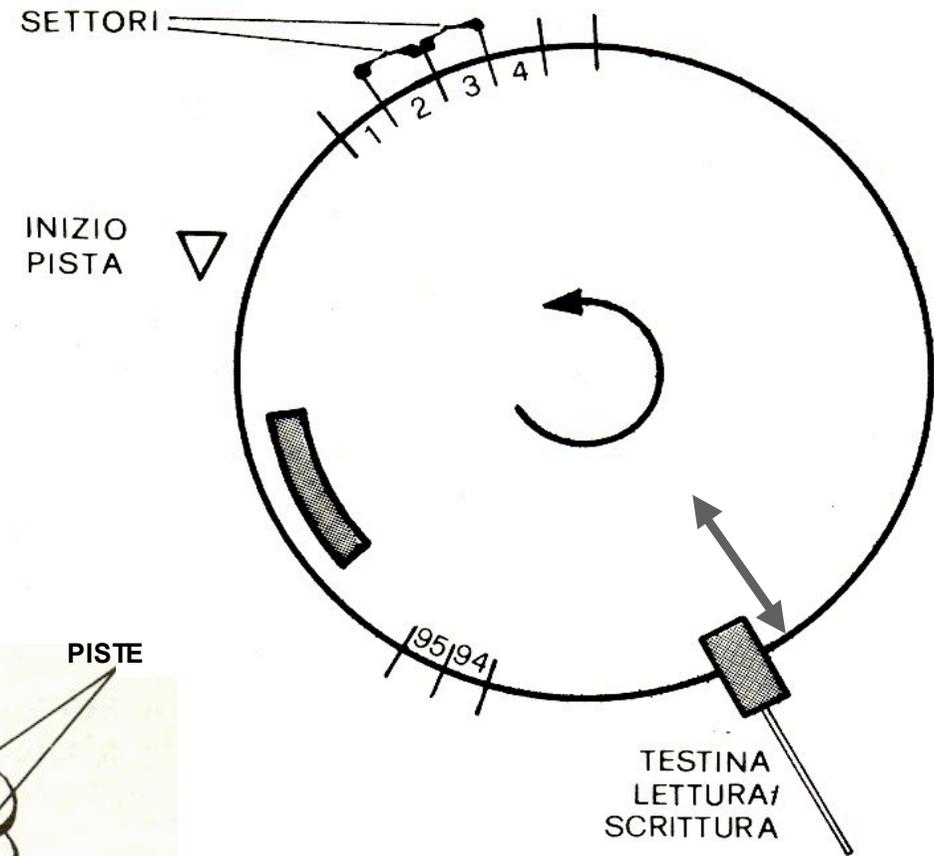
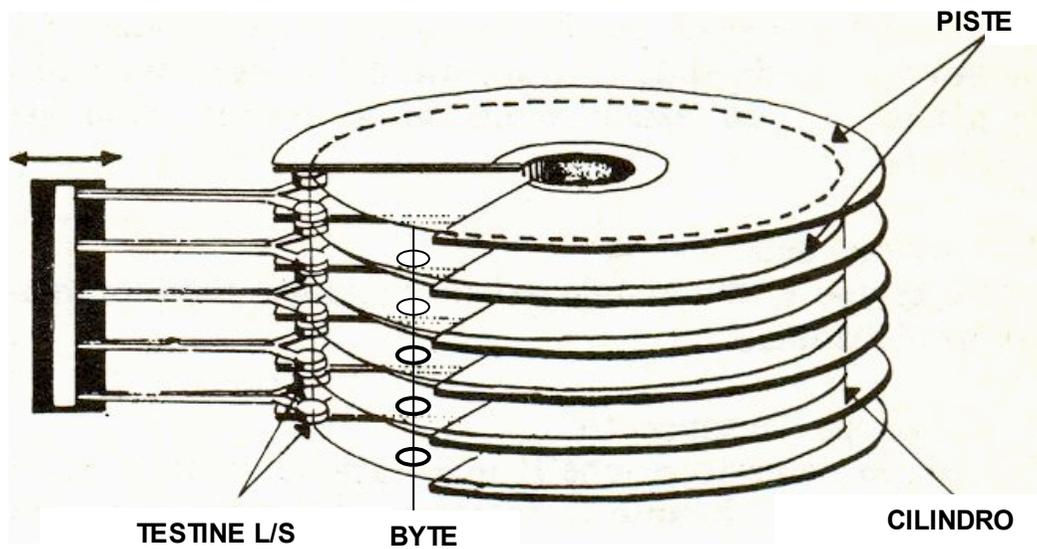
SISTEMI DI MEMORIA - Nastri magnetici

| | Mod. 1 | Mod. 2 | Mod. 3 | Mod. 4 | Mod. 5 | Mod. 6 |
|--|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Densità di registrazione (bytes per pollice) | 800 | 800 | 800 | 1.600 | 1.600 | 1.600 |
| Velocità di trasmissione (bytes al secondo) | 30.000 | 60.000 | 90.000 | 60.000 | 120.000 | 180.000 |
| Tempo di riavvolgimento (minuti) | 3 | 1,4 | 1 | 3 | 1,4 | 1 |
| Numero di piste | 7 o 9 | 7 o 9 | 7 o 9 | 9 | 9 | 9 |

Caratteristiche e prestazioni di alcune unità a nastro magnetico. (sistemi IBM, circa 1970)

SISTEMI DI MEMORIA - Dischi magnetici

**UNITA' PERIFERICHE
A DISCO MAGNETICO**



UNITA' PERIFERICHE A DISCO MAGNETICO

I costituenti principali sono: il pacco di dischi rigidi (*disk pack*) girevole intorno all'asse; lo strato magnetosensibile applicato sulle facce dei dischi; le testine di lettura/scrittura, una per ciascuna faccia sensibile, portate da bracci capaci di spostarsi in senso radiale (*seek*).

I bit (*spot* localizzati sulle facce) sono organizzati in piste concentriche, a loro volta suddivise in settori e marcate da un segnale di inizio pista. L'insieme delle piste di uguale raggio costituisce un cosiddetto cilindro (da non intendersi in senso fisico) e i bit omologhi, cioè situati sulla stessa generatrice, codificano un carattere o Byte. I bracci recanti le testine di lettura/scrittura, solidali tra loro, si posizionano tutti insieme sul medesimo cilindro.

Ciascun cilindro è numerato cosicché il numero del cilindro e il numero del settore individuano univocamente il gruppo di dati e ne consentono l'indirizzamento. Da questo discende il nome DASD (*Direct Access Storage Device*) attribuito complessivamente alle unità di questo tipo.

E' fin troppo evidente come tutte le successive varianti, fino ai floppy disk^[1] e ai dischi rigidi degli odierni PC, discendano direttamente dal tipo di dispositivo ora descritto.

Sono altrettanto evidenti gli spettacolari progressi che, nei suoi circa cinquant'anni di vita, la tecnologia delle memorie a disco ha conseguito riguardo alle prestazioni (velocità di rotazione e di *seek*, e quindi tempo medio di accesso ai dati; densità di registrazione, e quindi capacità unitaria e dimensioni fisiche; robustezza e affidabilità).

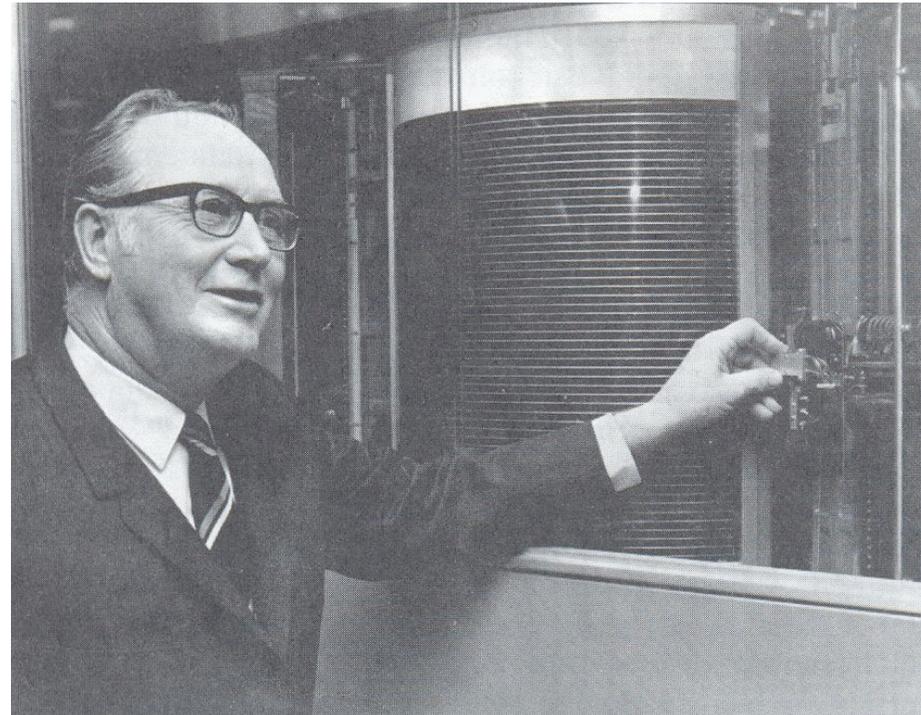
Come per il tamburo magnetico, le memorie a disco fisso furono utilizzate al loro apparire come supporto di memoria principale. Il loro progenitore è stato il RAMAC (*Random Access Memory Accounting machine*), sviluppato dalla IBM nel 1956. Subito dopo però, anche a causa dell'avvento delle velocissime memorie a nuclei magnetici, il RAMAC fu adottato proposto come unità periferica (IBM 305) compatibile con l'IBM 650 contribuendo in tal modo al cospicuo successo commerciale di questo elaboratore che fu il primo a superare la soglia dei mille esemplari venduti; prodotto fino al 1961).

^[1] Il floppy disk (diametro 8 pollici, pari a 20 cm) fu introdotto quasi contemporaneamente da IBM e da Memorex nel 1970. Una delle sue prime applicazioni fu come supporto per il "data entry", in sostituzione delle schede perforate e relative macchine perforatrici.

SISTEMI DI MEMORIA - Dischi magnetici

Il “pacco” del RAMAC^[1], non amovibile, era formato da 50 dischi per una capacità totale di 5 milioni di caratteri. Le testine di lettura/scrittura erano solo 2 e quindi il braccio di sostegno doveva posizionarsi lungo la verticale prima di procedere al *seek* in senso radiale.

Malgrado successivi miglioramenti, specialmente nell’aumento della velocità e della densità di registrazione - e quindi della capacità unitaria -, questo tipo di memoria di massa fu rapidamente soppiantato dalle unità a dischi amovibili (*disk pack*) a testine multiple (una testina per ciascuna faccia di tutti i dischi del pacco).



Reynold B. Johnson accanto al RAMAC (unità IBM 305) da lui progettato nel 1956.

[1] RAMAC: Random Access Memory Accounting Machine

SISTEMI DI MEMORIA - Dischi magnetici

Il successo dei DASD di grande capacità corrispondeva all'effettiva necessità degli utenti di superare il modello delle elaborazioni sequenziali associato all'uso delle unità a nastro magnetico che, fino ad allora, erano state le uniche memorie di massa disponibili sul mercato.

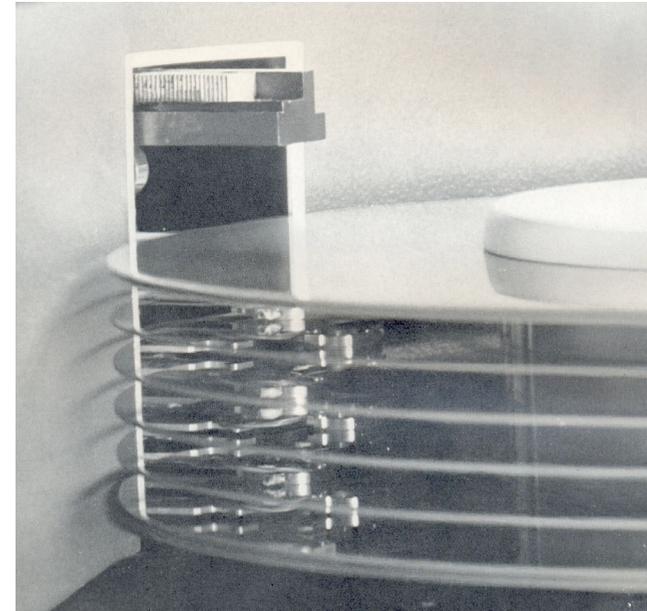
Da sottolineare inoltre che, come effetto secondario, i DASD dettero luogo a complicati sistemi software per la gestione dell'indirizzamento al *record*; gestione che era indispensabile tanto in fase di consultazione quanto in fase di aggiornamento di un grande archivio.

I più noti sono stati il metodo di accesso "diretto" o "casuale" (*random*), e quello "sequenziale a indici" (*Indexed Sequential*). Il primo si basava su speciali algoritmi di randomizzazione; l'altro metodo, che richiedeva peraltro il preventivo ordinamento dei *record*, impiegava una gerarchia di indici strettamente analoga al metodo di consultazione di una grossa enciclopedia in cui si procede prima alla scelta del volume, poi della pagina nell'ambito del volume e infine alla ricerca sequenziale nell'ambito della pagina individuata.

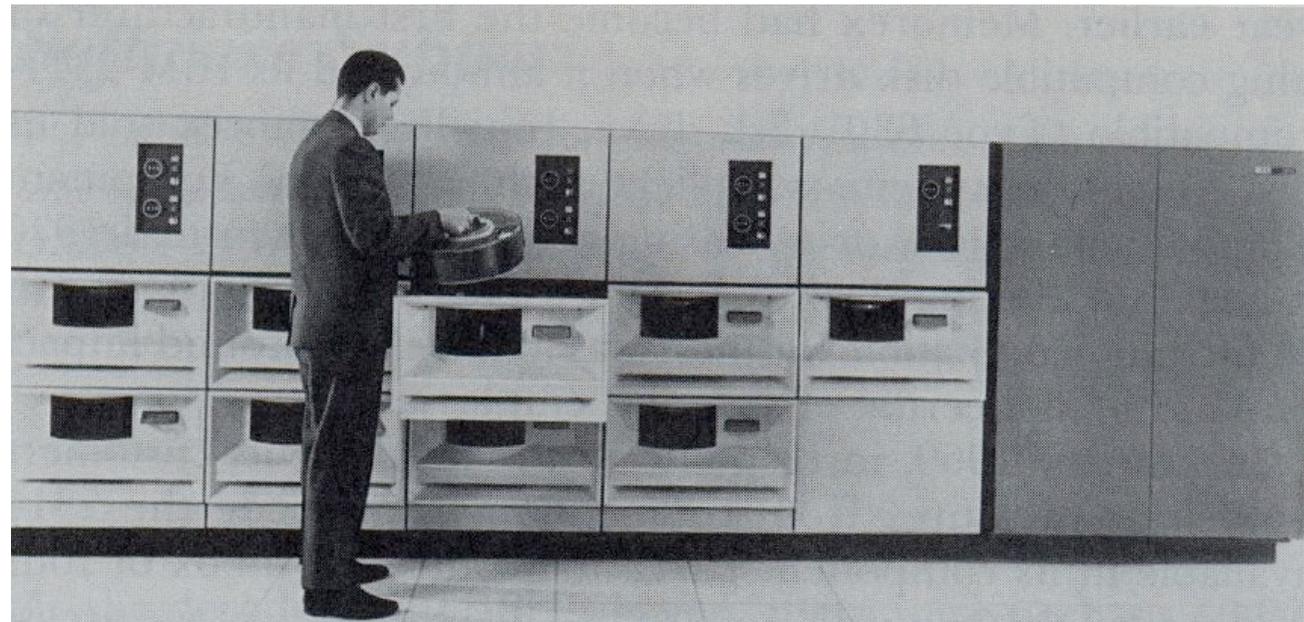
SISTEMI DI MEMORIA - Dischi magnetici



Unità a dischi amovibili
(IBM 2311; 1964)



Unità a dischi
amovibili multipli
(IBM 2314; 1972)



SISTEMI DI MEMORIA - Dischi magnetici

| UNITA' | | 2311 | 2314/A1 | 2319 | 3330/ M1 | 2305/ 2 |
|-------------------------------------|-------|---------|---------|---------|----------|------------|
| Piste/cilindro | | 10 | 20 | 20 | 19 | 1 |
| Cilindri/modulo | | 200 | 200 | 200 | 404 | 1 |
| Moduli/unità | | 1 | 8 | 3 | 2 | 1 |
| Bytes/pista | | 3.625 | 7.294 | 7.294 | 13.030 | 11.250.000 |
| Bytes/modulo (milioni) | | 7,25 | 29,18 | 29,18 | 100 | 11,25 |
| Bytes/unità (milioni) | | 7,25 | 233,41 | 87 | 200 | 11,25 |
| Tempo di Seek (msec) | Min. | 25 | 25 | 25 | 10 | 0 |
| | Max. | 135 | 130 | 130 | 55 | 0 |
| | Medio | 75 | 60 | 60 | 30 | 0 |
| Tempo di rotazione (msec) | | 25 | 25 | 25 | 16,7 | 10 |
| Tempo di trasferimento (bytes/sec.) | | 156.000 | 312.000 | 312.000 | 806.000 | 1.500.000 |

Caratteristiche e prestazioni di alcune unità a disco magnetico.
(sistemi IBM, circa 1970)

storia dell'informatica - UNIUD
2007-8 - c. bonfanti - traccia lez. 8-9

SISTEMI DI MEMORIA - Produzione industriale

Le memorie di massa, e in particolare le unità a nastro e a disco magnetico, richiedevano know-how e tecnologie molto specialistiche e non tutti i costruttori di computer erano disposti a dedicarvi ingenti investimenti. Per converso, alcune aziende ritennero conveniente focalizzarsi su tali settori, rendendo le proprie unità “compatibili” (*plug compatible*) con i computer maggiormente diffusi.

Tra i fornitori di “sistemi completi” si diffuse anche una pratica di compromesso: incorporare nei propri sistemi, commercializzandole quindi con il proprio marchio, le unità periferiche (memorie di massa, ma anche stampanti, terminali e altre) acquistate presso fabbricanti specializzati, i cosiddetti OEM (*Original Equipment Manufacturers*). Come produttori OEM, ebbero particolare successo la DEC (Digital Equipment Corporation) per le unità a disco e la Memorex per quelle a nastro.

Alcuni utenti, sempre più capaci di iniziativa autonoma, presero poi a configurare i propri sistemi acquistandone le varie componenti, tra loro compatibili, direttamente presso diversi fornitori (*Mixed Hardware*).

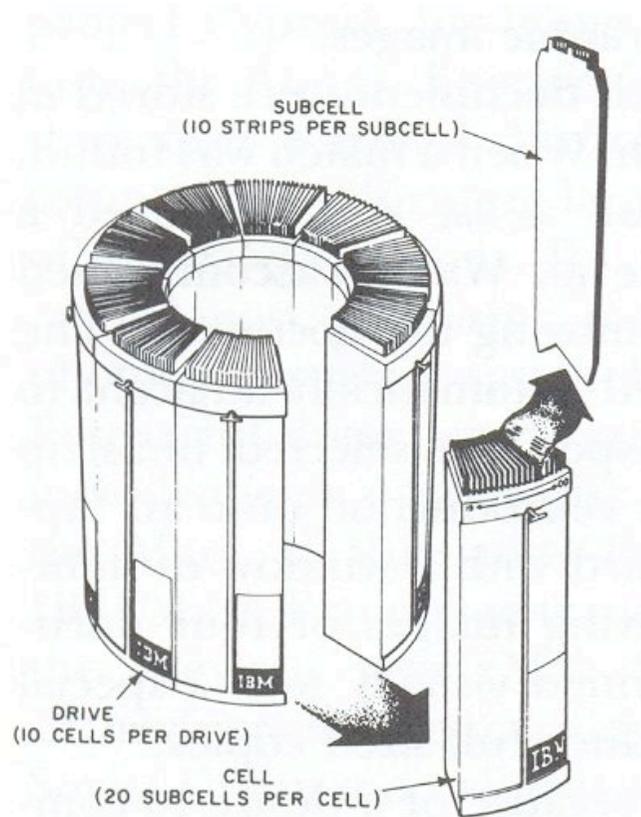
SISTEMI DI MEMORIA - Altre memorie di massa

Accenniamo infine a due tentativi dell'IBM, commercializzati con scarso successo ^[1], per portare le unità di memoria di massa oltre la mitica soglia del Gigabyte.

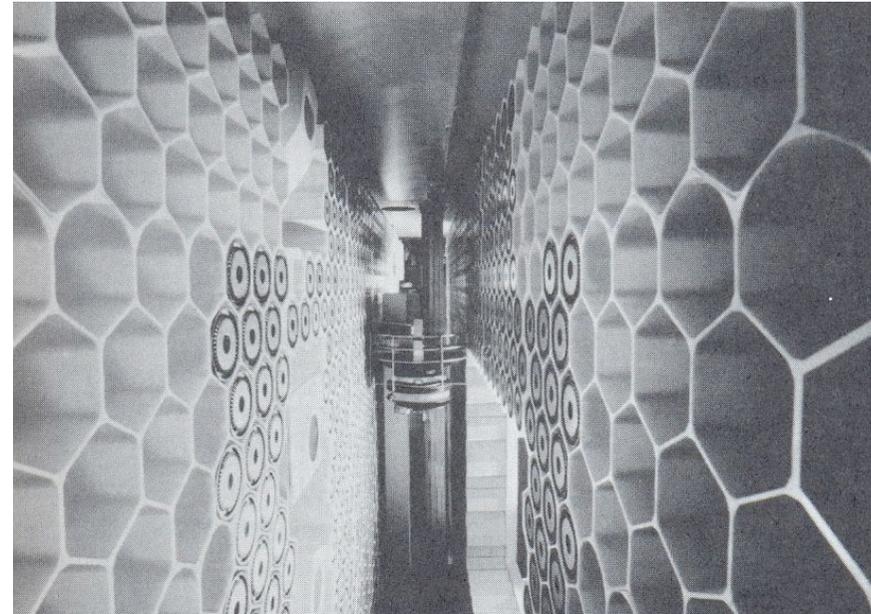
Entrambi erano basati su un deposito che ospitava numerose strisce magnetiche (*strip*) che erano piane nel primo caso (Data Cell Drive, 1967) e avvolte in rulli sigillati nel secondo (Mass Storage System, 1975).

L'elemento critico era l'apparato elettromeccanico - di altissima precisione ma inevitabilmente lento e fin troppo delicato - responsabile del prelievo/restituzione delle strisce dal/al deposito e del loro posizionamento nel dispositivo di lettura/scrittura.

^[1] Occorre tuttavia notare che tali unità erano destinate a gestire grandi biblioteche di dati storici a bassa movimentazione e avevano quindi un mercato oggettivamente ristretto.

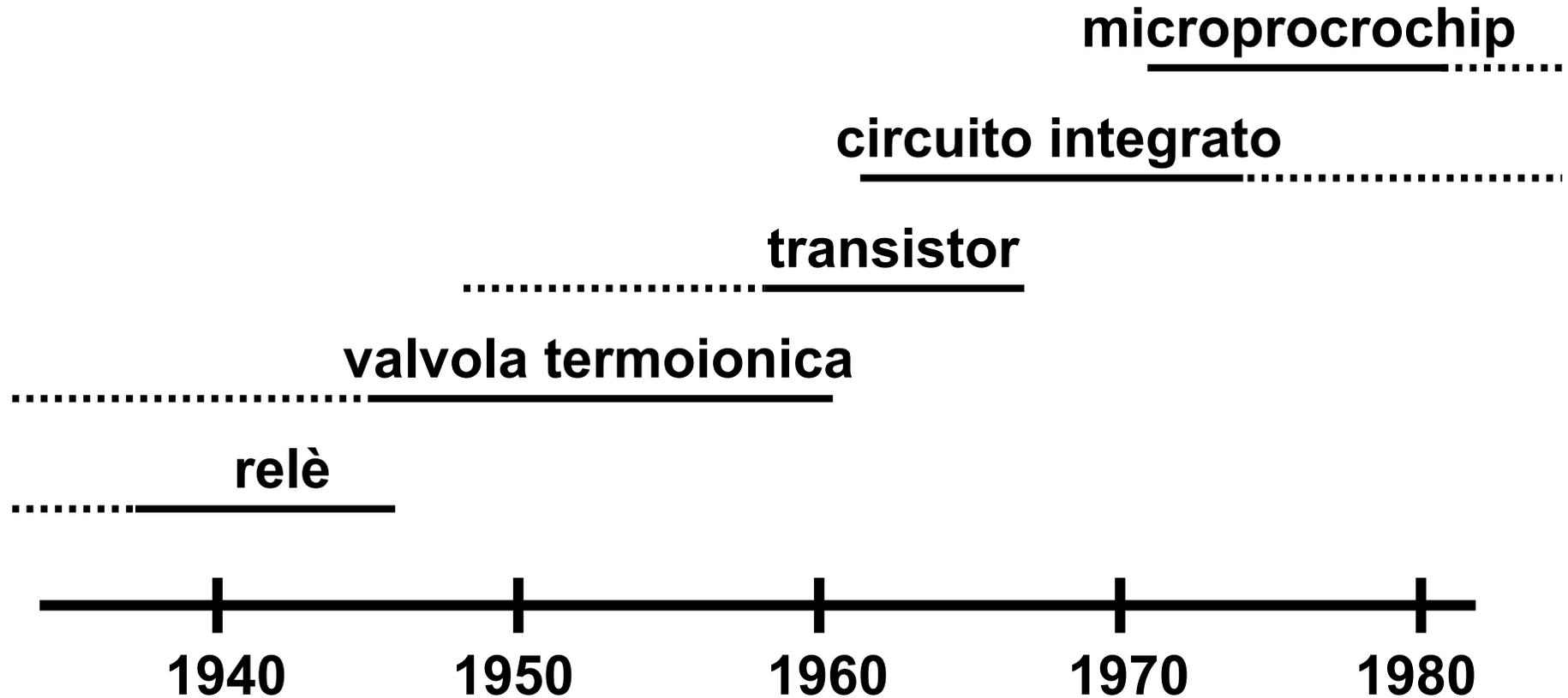


Schema del deposito a settori del Data Cell Drive

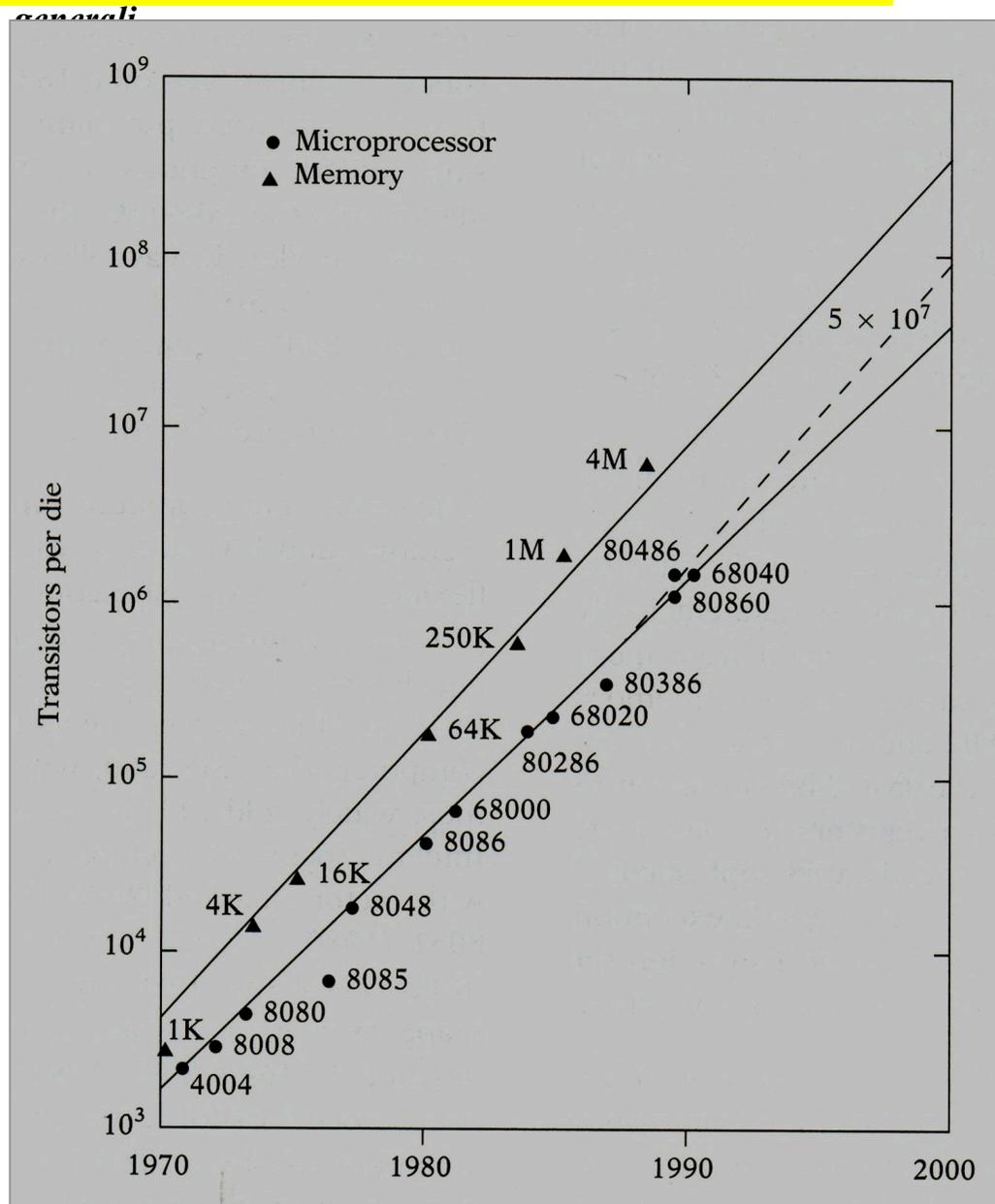


Caratteristica struttura ad alveare del deposito dei rulli nel Mass Storage System. Il meccanismo di prelievo e trasporto è visibile al centro.

TIME-LINE DELLE TECNOLOGIE DI BASE



EVOLUZIONE DELLE TECNOLOGIE - Linee



LA "LEGGE" DI MOORE

ALCUNI COMMENTI

Da ricordare il fisico **Federico Faggin**, coinventore, con Marcian (Ted) Hoff, del primo microprocessore su singolo chip (Intel 4004; 1972). Prima di trasferirsi in America (Fairchild; Intel; proprie iniziative industriali nella Silicon Valley) aveva iniziato la carriera nella Divisione Elettronica Olivetti e nella consociata SGS (Società Generale Semiconduttori, oggi diventata ST Microelectronics).

Una notevole inversione di tendenza. Mentre le tecnologie di base più datate sono state mutate da settori ingegneristici estranei all'informatica (i relé dalla telegrafia elettrica e dalla commutazione telefonica; le valvole termoioniche dalla radiofonia; il transistor dalle radioaudizioni - p.e. dalle radioline portatili e tascabili - prima di diventare competitivi in termini di affidabilità e di costo), gli sviluppi successivi (circuiti integrati, processori e memorie a microchip) sono stati conseguiti all'interno delle ricerche in informatica e poi estesi ad altri settori applicativi.

Integrazione a larghissima scala: un progresso spettacoloso ma i principi fisici di base dell'elettronica allo stato solido risalgono addirittura all'invenzione del transistor (1948). La legge di Moore ^[1] non potrà prolungarsi indefinitamente: occorrono nuovi paradigmi tecnologici.

Principi fisici radicalmente innovativi - comparabili con il passaggio dal relé alla valvola termoionica e da questa al transistor - sembrano poter scaturire dalle ricerche in corso sulla computazione quantistica (*quantum computing*) e sulle nanotecnologie a scala molecolare (*DNA computing*).

^[1] Si tratta di una regola empirica secondo la quale la densità dei componenti impaccati in un microchip - memoria o processore - raddoppia all'incirca ogni 2 anni. Formulata attorno al 1970 da Gordon Moore (fondatore della Intel, con Robert Noyce; 1968), si è dimostrata valida fino ad oggi (vedi slide precedente).