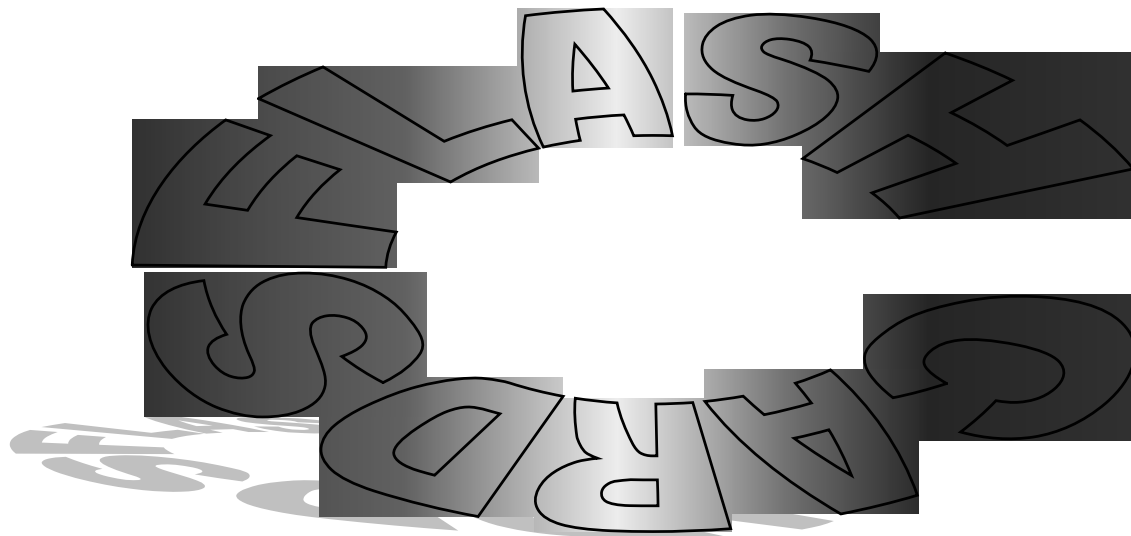


STORIA DELLE MEMORIE NON VOLATILI



Francesca Acier no

VIII Ciclo SICSI – Storia dell'informatica e del calcolo automatico



Sommario

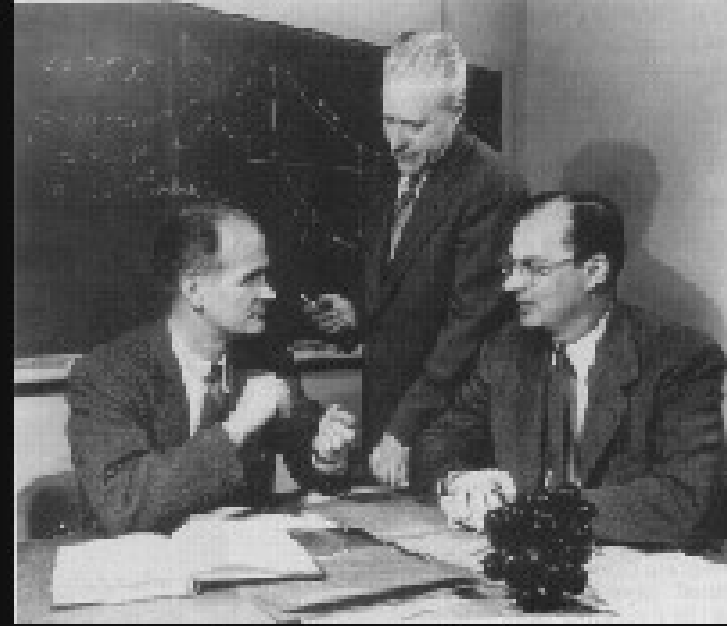
- L'invenzione del Transistor
- Le memorie Flash:
 - Classificazione delle Memorie
- Le Flash Card:
 - Architettura delle Flash Card
 - Schema funzionale di una flash card
- Il mercato delle Flash Card



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR



John Bardeen
1908 - 1991



Nobel Prize 1956 - Transistor
Nobel Prize 1972 - Theory of Superconductivity

Shockley, Brattain, Bardeen
at Bell Labs, 1947



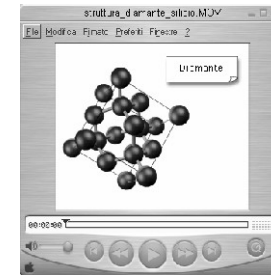
L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 1

1811: Joseph Louis **Gay-Lussac** e **Louis Thénard** ottengono chimicamente piccole quantità di silicio. Negli anni seguenti si discusse se il Si fosse un metallo (Berzelius) o un isolante (Davy); la questione fu risolta solo dopo la seconda Guerra mondiale

1833: **M. Faraday** osserva che la conducibilità elettrica del solfuro d'argento e di altri materiali non metallici cresce all'aumentare della temperatura.

1874: Proprietà rettificanti dei contatti metallo-semiconduttore (K.F. Braun – 1909: premio Nobel per la fisica con Guglielmo Marconi)

1897: Scoperta dell'elettrone



La struttura reticolare del diamante e del silicio



*Michael Faraday
1791 -1867*

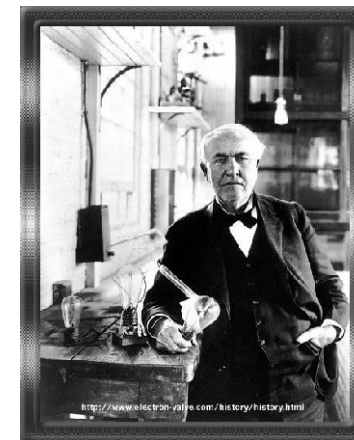
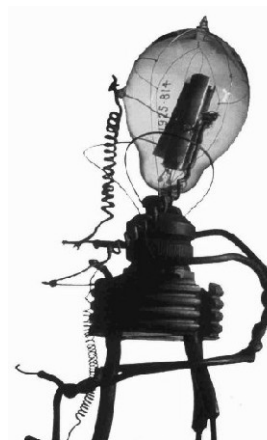


L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 2

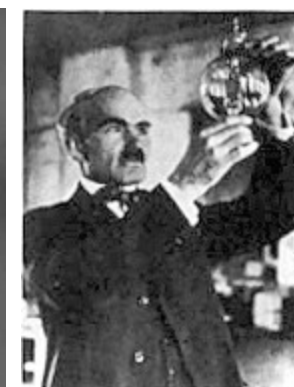
1901-1904: Raddrizzatore basato sul contatto metal cat's whisker-galena (PbS), impiegato per la rivelazione di onde radio (**J.C. Bose**)
Abbandonato dopo l'avvento delle valvole termoioniche e ripresi come rivelatori nei radar.

1906: G.W. Pickard dimostra che il silicio è un materiale adatto per realizzare raddrizzatori a cat's whisker per la rivelazione di radioonde.

1907: Lee de Forest - Invenzione del triodo termoionico, usato inizialmente come rivelatore di onde radio e in seguito come amplificatore.



1904: Diodo termoionico (A. Fleming).



1907: Triodo termoionico (Lee de Forest).



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 3

1931: A.H.Wilson chiarisce la differenza fra metalli, isolanti e semiconduttori ed individua il ruolo delle impurezze nei semiconduttori.

1928-1931: Utilizzando e approfondendo il concetto di lacuna, introdotto da **W. Heisenberg**, **R. Peierls** interpreta l'effetto Hall anomalo.

Nei primi anni Trenta la situazione era ancora così confusa che uno dei maggiori fisici del '900, W.Pauli, scriveva: "I semiconduttori sono un pasticcio (filthy mess). Chi può affermare che esistono veramente?".

Durante la seconda Guerra mondiale Fermi esprime un certo scetticismo sulla chimica e la fisica dello stato solido.



Wolfgang Pauli (1900-1958)



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 4

Anni '30: Teoria delle proprietà rettificanti del contatto metallo-semiconduttore
(**B. Davydov, N.Mott e W.Schottky**).

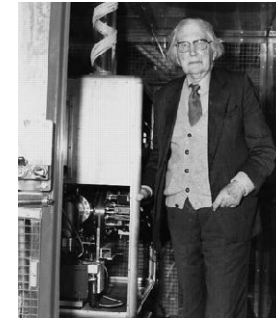
W. Schottky progetta un amplificatore ad effetto di campo ma, come altri tentativi di questo periodo, non funziona.

Tra il 1925 e il 1932 J.E.Lilienfeld aveva già ottenuto brevetti per un triodo a semiconduttore, ma senza riuscire a realizzarlo.

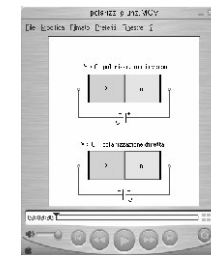
Nei laboratori Bell della AT&T, diretti dal **1936** da Mervin J. Kelley, Russel S. **Ohl** realizza **la giunzione p-n al silicio** e ne dimostra l'effetto fotovoltaico.

La seconda Guerra mondiale

Le ricerche sul radar portarono alla scelta del **diodo raddrizzatore silicio-cat's whisker** di tungsteno come rivelatore di onde centimetriche, per la sua bassa capacità: i semiconduttori si avviavano a sostituire le valvole termoioniche.



Nevill F. Mott (1905-1996)



*Polarizzazione
giunzione*



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 5

Il dopoguerra

I Laboratori Bell si impegnarono nelle ricerche per realizzare un amplificatore a semiconduttori.

I principali ricercatori M.J. **Kelley** e **W. Shockley**; J. Bardeen and W. Brattain collaborarono.

Il primo progetto di Shockley, basato sul field effect, non funzionò.

1946 - **J. Bardeen** spiegò che il fallimento dell'amplificatore field effect era dovuto alla cattura delle cariche da stati di superficie.

In seguito la presenza di un'alta densità di stati di superficie, con livelli di energia localizzati nel gap, fu misurata da Shockley e G.L. Pearson nel Ge.

1947- Il primo transistor è realizzato da **Brattain** and **Bardeen**: Viene dimostrata la possibilità di amplificare la voce.



W.Shockley (1910-1989)



John Bardeen(1908-1991)



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 6

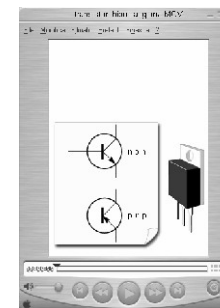
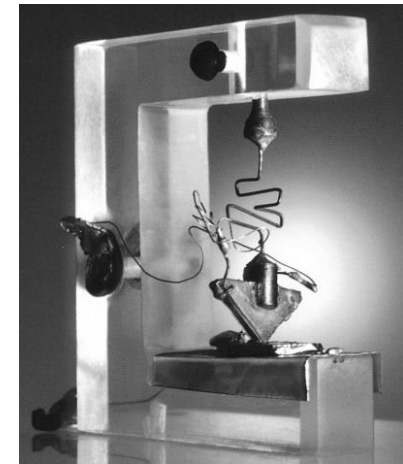
1948, 30 giugno – La scoperta viene annunciata in una conferenza stampa.

I **point-contact transistors**, prodotti commercialmente dalla Western Electric (**1951**), restano in produzione per alcuni anni.

Le punte metalliche dell'emettitore e del collettore sono separate da circa 50 micron.

Shockley è irritato perchè l'invenzione è attribuita ai soli Brattain and Bardeen.

1948 - **Shockley** spiega l'iniezione di portatori nelle giunzioni **p-n** e propone il **transistor bipolare** a giunzioni p-n.



Transistor bipolare a giunzione



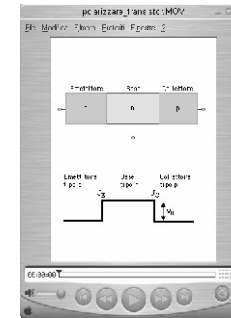
L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 7

1949 - Shockley: transistor a giunzione p-n-p e n-p-n, che evita i fastidi degli stati di superficie in prossimità dei contatti. Il transistor a giunzioni, più affidabile, ben presto sostituisce quello point contact.

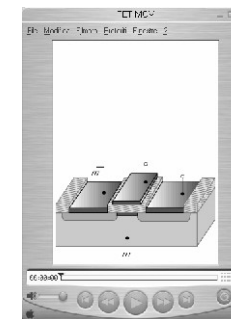
La **Texas Instruments** passa dal germanio al silicio, che si impone negli anni '60 e commercializza le radio a transistor (**1954**). Il Si offre, rispetto al Ge, due vantaggi:
Può funzionare a temperature più elevate;
Il suo ossido è stabile, è un buon isolante ed è una buona barriera chimica.

Il transistor a effetto di campo (FET)

1948 – Bardeen brevetta l'idea di un transistor nel quale un campo esterno è usato per alterare il flusso di corrente nel dispositivo. Una prima versione è realizzata nel 1953.



Polarizzazione del transistor



Transistor a effetto campo



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 8

1955-1957 - Si dimostra che SiO_2 cresciuto termicamente su Si agisce come maschera verso la diffusione di impurezze, aprendo così la strada ai processi planari (Western Electric).

1960 la RCA inventa il transistor **MOS** (Metal Oxide Silicon) e nel **1967** il **CMOS** (Complementary ...) e commercializza le calcolatrici tascabili.

Nei circuiti integrati sarà alla base dei dispositivi elettronici digitali, perché più veloce, non dissipa (e non scalda) tranne che nel rapido switch.

1959 - 1960 - **Jack Kilby** (Texas Instruments) e **Robert Noyce** (Fairchild): primi circuiti integrati (IC). Su un sottile substrato semiconduttore (wafer) vengono incisi tutti i componenti del circuito, transistor, resistori, condensatori, interconnessioni.

L'Aviazione degli Stati Uniti fornirà finanziamenti per tutto il decennio. La produzione di massa inizierà due anni dopo.

Nel 2004 un IC di 1 cm^2 conterrà centinaia di milioni di dispositivi interconnessi. La fabbricazione si basa sulla integrazione a larghissima scala (VLSI), iniziata negli anni Ottanta.



*Jack Kilby
(1923-2005)*



L'INVENZIONE DEL TRANSISTOR 9

1971 - Intel, fondata tre anni prima da **Gordon Moore** e **Robert Noyce**, lancia sul mercato il primo microprocessore denominato **INTEL 4004** su un singolo chip di Si (Ted Hoff e Federico Faggin).

Negli anni **1970-71** il primo microprocessore era stato realizzato da Gary Boone della Texas Instruments.

Prime memorie a chip semiconduttore (CMOS): 1 kilobit (1972), 4 kilobit (1974);

La prima memoria RAM con più di un milione di transistor è del **1986**.

Sarà **Wayne D.Pickette** che spingerà l'idea originale di porre un intero computer su un solo chip, aprendo così l'era dei microcomputer.



Federico Faggin (nato nel 1941)



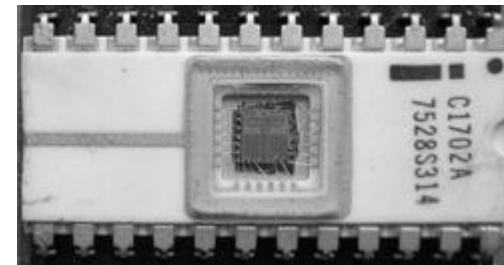
Wayne D.Pickette



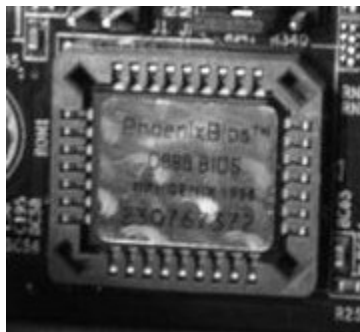
LE MEMORI E FLASH



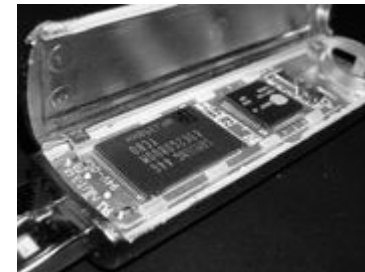
PROM utilizzata dal computer ZX Spectrum



EPROM degli anni 70 da 256 byte



BIOS di un computer



USB flash drive

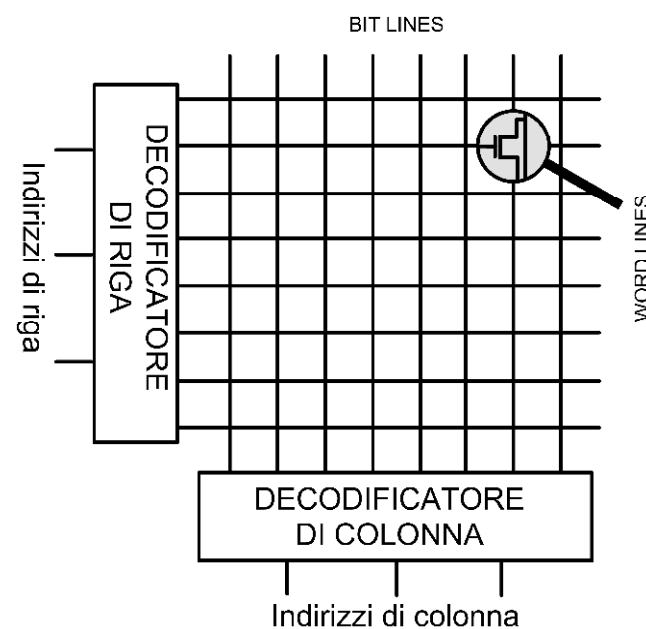


LE MEMORIE FLASH 1

Il cuore di un chip di memoria è costituito da celle elementari disposte secondo un'organizzazione di tipo matriciale, in cui vengono immagazzinati le informazioni sotto forma di bit.

Una cella di memoria è la più piccola unità che può memorizzare un'informazione binaria e può in generale contenere due livelli logici ("1" e "0") ai quali corrispondono due stati della cella facilmente distinguibili.

Il contenuto di tali celle può essere letto, come vedremo, semplicemente verificando un livello di corrente (o di tensione).





LE MEMORIE FLASH 2: Classificazione

Memorie Volatili: RAM-SPAM-DRAM

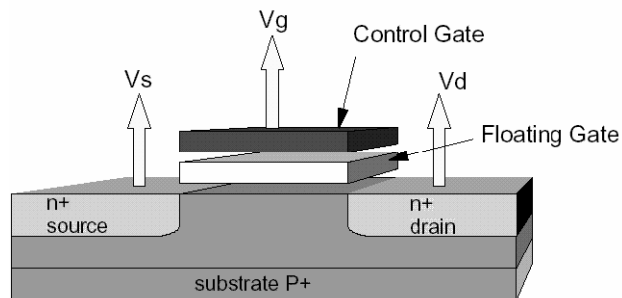
Memorie Non Volatili:

Le memorie FLASH sono un'evoluzione delle memorie ROM programmabili

ROM: memorie programmabili una sola volta (realizzazione nel IC o con i fusibili)

EPROM: memorie programmabili elettricamente, ma non cancellabili elettricamente.

Nel 1971 Frohman e Bentchkowsky svilupparono un transistor che oltre alla gate tradizionale aveva un gate flottante (floating gate) in polisilicio.



Le celle possono essere programmate elettricamente, sfruttando il meccanismo di **iniezione di elettroni caldi** attraverso l'ossido di silicio, e cancellate mediante l'esposizione ai raggi ultravioletti (UV).

L'esposizione alla radiazione ultravioletta rende l'ossido debolmente conduttore per cui la carica immagazzinata svanisce dopo qualche minuto.

Il risultato è la cancellazione di tutte le celle.



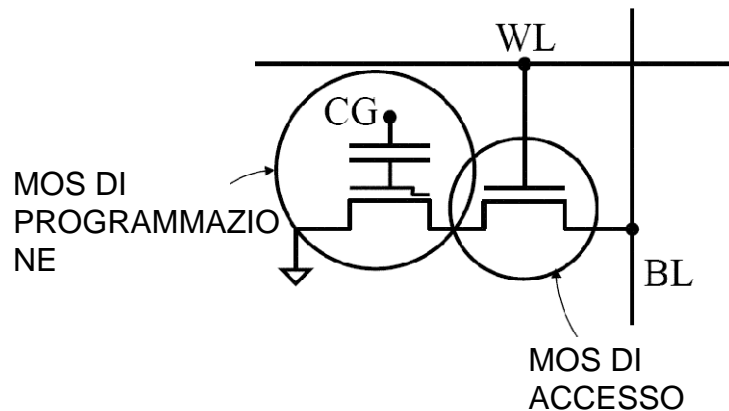
LE MEMORIE FLASH 3: Classificazione

Memorie Non Volatili:

EEPROM: programmazione e cancellazione elettrica.

Esse vengono scritte e cancellate mediante il **tunneling di Fowler-Nordheim**.

Tuttavia una cella EEPROM è formata da due transistor



La cella EEPROM ha dimensioni maggiori rispetto alla EPROM

FLASH EPROM: formata da un unico transistor a floating gate, il cui funzionamento è ottenuto dalla combinazione della programmazione mediante l'effetto dei portatori caldi, e dalla cancellazione mediante tunneling degli elettroni attraverso la barriera di potenziale, costituita dall'ossido di silicio.

Dimensioni ridotte e tempo di accesso più breve.



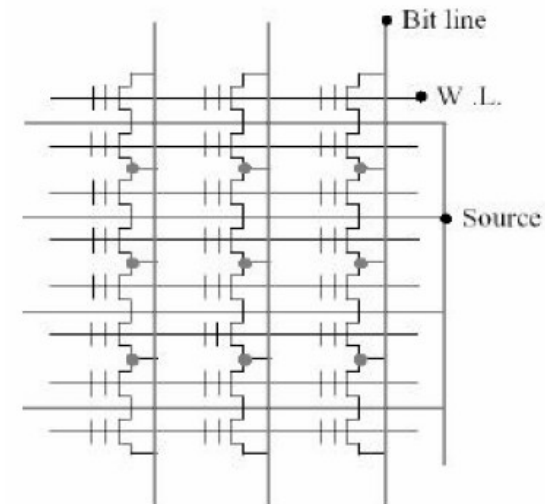
LE MEMORIE FLASH 4: Classificazione

FLASH NOR : inventata da **Intel nel 1988** aveva velocità di scrittura e lettura che sarebbero considerate lentissime se paragonate agli standard attuali, e poteva gestire solo un piccolo quantitativo di cicli di scrittura (circa 100.000).

E' impiegata principalmente in quei campi che richiedono il salvataggio permanente di dati raramente soggetti a modifiche; per esempio, i sistemi operativi delle fotocamere digitali o dei telefoni cellulari.

Architettura della Flash NOR:

le singole celle collegate in parallelo fra loro, rispetto alle bit lines e il source comune a tutte le celle.





LE MEMORIE FLASH 5: Classificazione

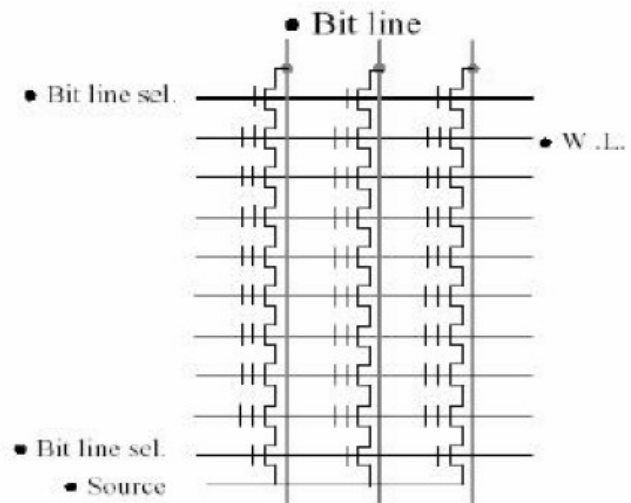
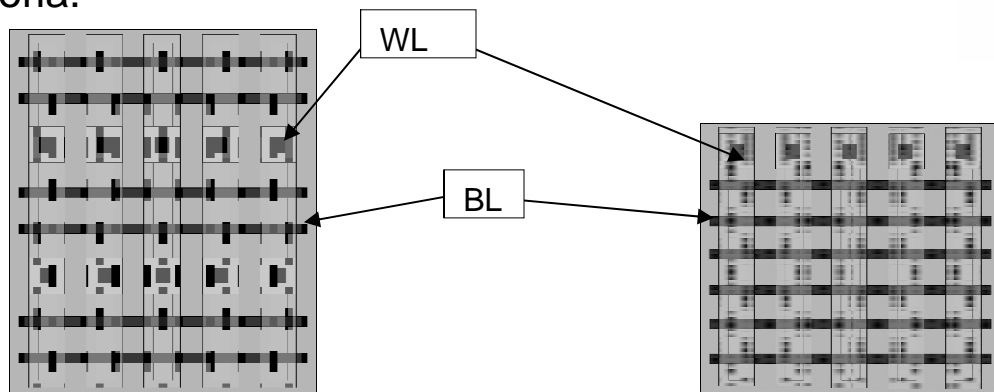
FLASH NAND : il progetto nasce dalla collaborazione tra **Samsung e Toshiba nel 1989**.

Le memorie NAND sono ottimizzate per l'aggiornamento rapido dei dati.

Architettura della Flash NAND:

è ottenuta collegando le diverse celle in serie tra una bit line ed una source line.

Il risparmio di area dovuto alla riduzione del numero dei contatti rispetto alla NOR, consente di ottenere un notevole vantaggio in termini di riduzione dello spazio necessario all'integrazione dell'intera matrice di memoria.





LE MEMORIE FLASH 6: Classificazione

Programmazione e cancellazione nelle FLASH NAND e NOR :

Flash NOR: Programmazione avviene per iniezione dei portatori caldi e la cancellazione per effetto tunnel.

Flash NAND: Programmazione e cancellazione per effetto tunnel.

Nella programmazione di una NAND non è possibile applicare l'iniezione di portatori caldi poiché non è possibile applicare la giusta tensione ai capi dei terminali tra drain e source delle singole celle, non essendo quest'ultimi direttamente accessibili dall'esterno.

Caratteristiche NAND e NOR:

Settore di cancellazione per la **NAND** è di **32KB** contro i **256KB** delle **NOR**.

Secondo il produttore di Flash M-System, NAND cancella i dati in meno di quattro millisecondi, mentre NOR necessita di almeno cinque secondi per la stessa operazione.

In confronto a NOR, la tecnologia NAND aumenta di 10 volte il numero di cicli di scrittura aumentando di conseguenza la velocità dei processi.

Limite delle Flash : la cancellazione di una memoria flash avviene per blocchi completi e non per singolo Byte.



LE MEMORIE FLASH 7: Classificazione

Parametri caratteristici delle prestazioni di una memoria:

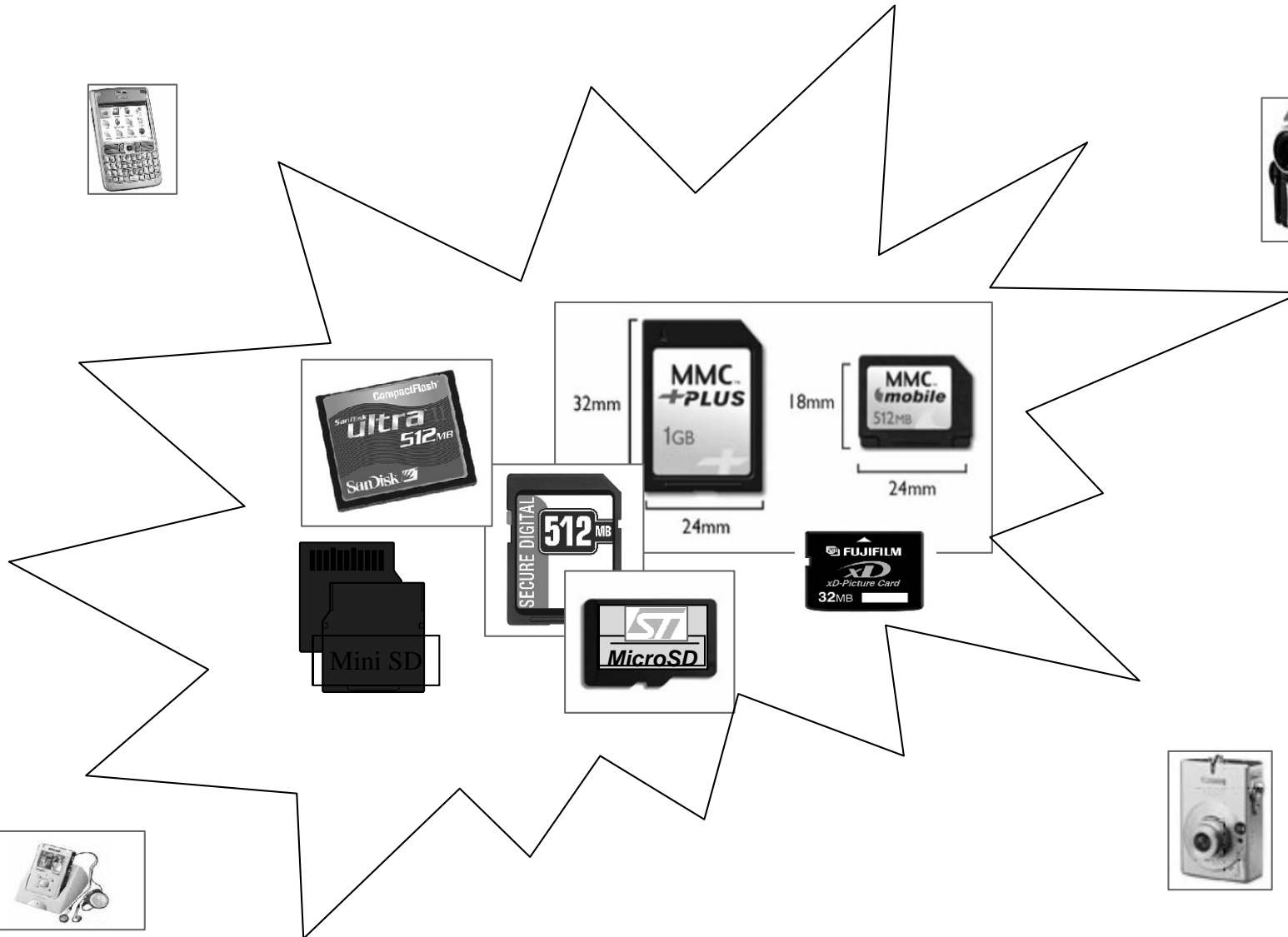
- **La capacità:** quantità di informazioni (in bit) che la memoria può immagazzinare.
- **Il tempo di accesso:** tempo necessario per ottenere il dato dal momento in cui la memoria è stata interrogata.
- **La ritenzione:** capacità di mantenere l'informazione nel tempo da parte della memoria.
- **L'endurance (ciclatura):** numero di volte (cicli) che la memoria può essere scritta e cancellata prima che non sia più garantito il corretto funzionamento della memoria stessa.

Da questi ultimi due parametri dipende l'**affidabilità** di una memoria, intesa come la probabilità che l'informazione ottenuta dal dispositivo di memoria in un ciclo di lettura risulti essere corretta.

La ritenzione della informazione per una cella flash è direttamente proporzionale allo spessore dell'ossido di tunnel; un ossido troppo spesso, d'altra parte, determinerebbe però operazioni di modifica lente: lo spessore di questo ossido è scelto, quindi, con un compromesso tra velocità e ritenzione.



LE FLASH CARD





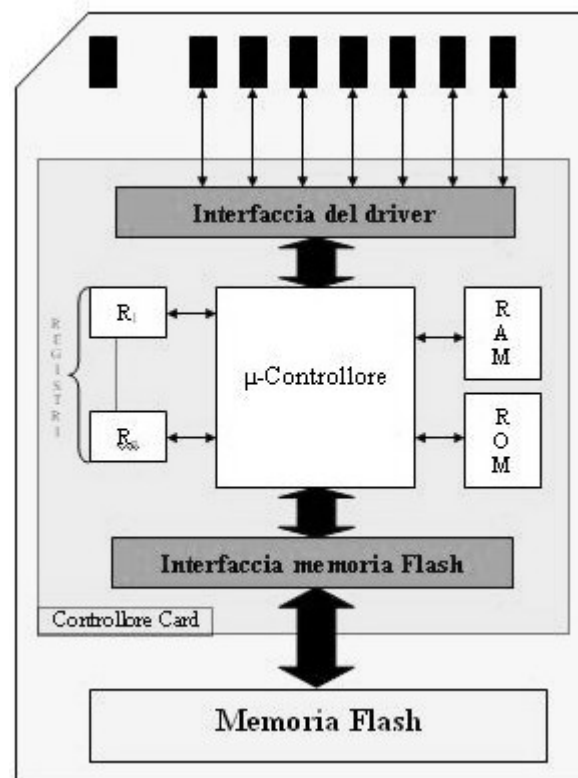
LE FLASH CARD: Architettura

Una Memory Card è costituita da un banco di memoria flash, e da un controllore.

Il controllore è composto di un micro-controllore e da due interfacce, possiede un certo numero di registri (che variano al variare del tipo di Memory Card), utilizzati per memorizzare informazioni d'identificazione della card (attraverso serial number, costruttore, ed altro) e informazioni che caratterizzano la card stessa come ad esempio la capacità.

Ad esempio, nel caso della MMC card il controllore possiede da cinque registri: l'OCR, il CID, l'RCA, il DSR e il CSD.

Una tipica famiglia di microcontrollori adottati per le Memory Card è l'8051 dell'INTEL basata sul famoso microprocessore 8086.



Architettura di una Flash CARD

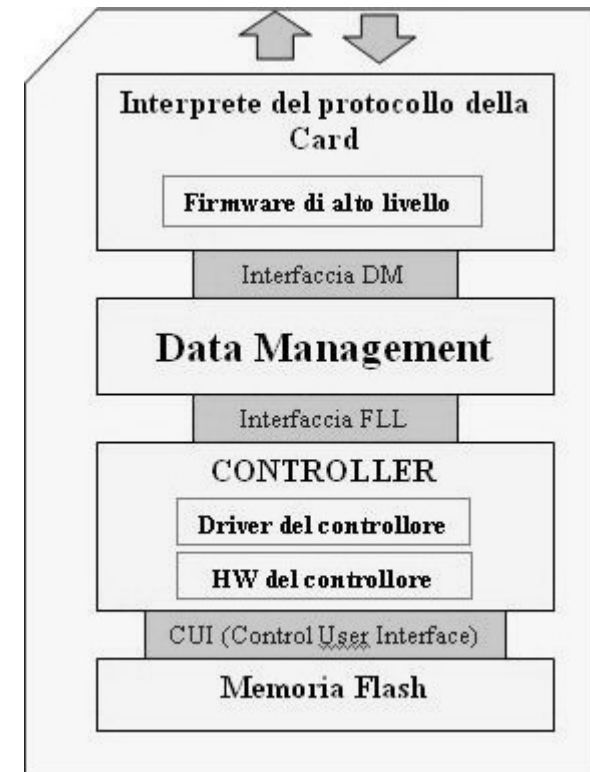


LE FLASH CARD: Schema Funzionale 1

La Flash Card puo` essere schematizzata come un sistema a strati in cui le informazioni, che giungono dal mondo esterno, attraversano vari livelli prima di raggiungere il banco di memoria flash e viceversa.

La card e` utilizzata dall'Host come un' array lineare di blocchi riscrivibili aventi ciascuno il proprio indirizzo virtuale.

In base al tipo di card utilizzato esiste un protocollo di comunicazione che definisce l'insieme di regole da seguire per poter interpretare i comandi ricevute dall'host e il modo con cui devono essere fornite le risposte affinché l'host possa utilizzarle.



Schema funzionale della Flash Card



LE FLASH CARD: Schema Funzionale 2

- **L'interprete del protocollo** della card si occupa della decodifica dei comandi del protocollo, generando appositi segnali (interrupts) che richiamano le corrispondenti routine di gestione presenti nel firmware di alto livello.

Tale strato software trasforma i comandi inviati dall'host, in una opportuna sequenza di chiamate delle funzioni esportata dal Data Management (Interfaccia DM).

- **Il data management** ha il compito di trasformare gli indirizzi virtuali forniti dall'host (attraverso i comandi del protocollo), nei relativi indirizzi fisici dei blocchi di dati in flash. Per fare ciò, il data management richiama le routine del **driver del controllore**.

Tale strato si occupa di predisporre e di avviare i comandi hardware verso la flash utilizzando appositi registri del controllore.

- Infine le funzioni hardware implementate nel controllore hanno l'effetto di pilotare i segnali della **Control User Interface (CUI)** della Flash Memory, per eseguire le operazioni di scrittura lettura e cancellazione.

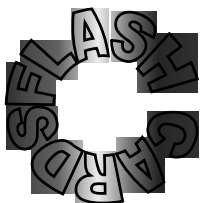


LE FLASH CARD: Schema Funzionale 3

Le operazioni piu` rilevanti che si effettuano su un dispositivo di memorizzazione sono la lettura, la scrittura e la cancellazione delle informazioni.

Le diverse scelte architetturali del Data Management dipendono da due fattori distinti:

- La tipologia del supporto di memorizzazione (Il tipo di memoria Flash NAND- NOR):
 - La necessita` di gestire una comunicazione con l' host con blocchi da 512 byte sia in lettura che in scrittura, limitando il numero di erase;
 - La necessita` di distribuire gli erase su tutti i blocchi della flash, in modo da uniformarne l'usura (wear leveling).
- Le risorse hardware del controllore. (dim RAM, freq).



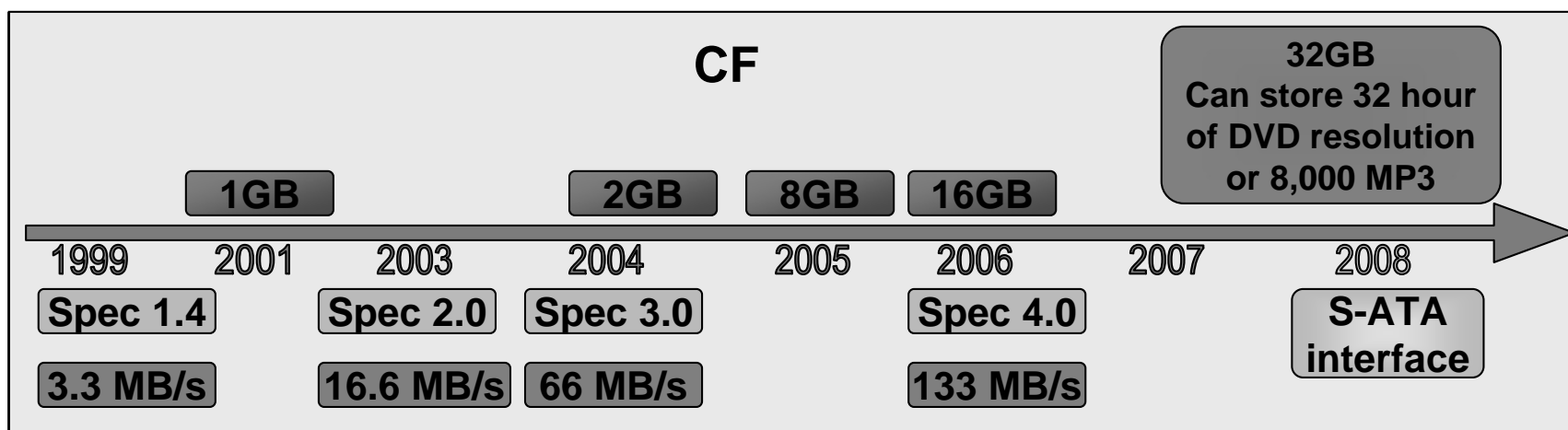
IL MERCATO DELLE FLASH CARD 1

Esistono Memory Card di diverse dimensioni che variano in un insieme di capacità di memorizzazione direttamente proporzionali al loro prezzo.

Compact Flash realizzata dalla **SanDisk** nel **1994**.

Sul piano delle prestazioni, le memorie Compact Flash attualmente spaziano dagli **16 MB** fino a **64 GB** .

La velocità di trasferimento è stata aumentata a **16 MB/s**.





IL MERCATO DELLE FLASH CARD 2



SD 1.x

2001

- Voltage range:
1.6-1.95 / 2.7-3.6 Dual Voltage
- Max Clock rate: 50 MHz
- 2 data bus width:
1 bit (default), 4 bit
- 3 factor form:
Normal 24 x 32 x 2.1 mm
Mini SD 20 x 21.5 x 1.4 mm
MicroSD 15 x 11 x 1 mm
- Capacity up to 2GB

SD 2.x

2006-2008

- Voltage range:
1.6-1.95 / 2.7-3.6 Dual Voltage
- Max Clock rate: 50 MHz
- 2 data bus width:
1 bit (default), 4 bit
- 3 factor form:
Normal 24 x 32 x 2.1 mm
Mini SD 20 x 21.5 x 1.4 mm
MicroSD 15 x 11 x 1 mm
- Standard Capacity up to 2GB
- High Capacity \geq 2GB
- Performance Specs (class 0,2,4,6)

MMC 1.x-2.x

1997

- Voltage range: 2.7-3.6 V
- Max Clock rate: 20 MHz
- 1 serial data bus
- 1 factor form: 24 x 32 x 1.4 mm
- Capacity up to 2GB

MMC 3.x

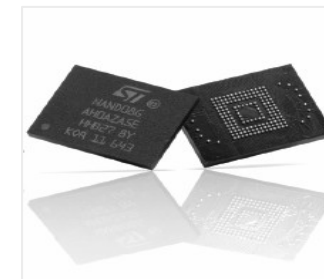
2004

- Voltage range:
1.65-1.95 / 2.7-3.6 Dual Voltage
- Max Clock rate: 20 MHz
- 1 serial data bus
- 2 factor form:
Normal 24 x 32 x 1.4 mm
Reduce size 24 x 18 x 1.4 mm
- Capacity up to 2GB

MMC 4.x

2005

- Voltage range:
1.65-1.95 / 2.7-3.6 Dual Voltage
- Max Clock rate: 52 MHz
- 3 data bus width:
1 bit (default), 4 bit and 8 bit
- 2 factor form:
Normal 24 x 32 x 1.4 mm
Reduce size 24 x 18 x 1.4 mm
- Capacity \geq 2GB



Embedded MMC



IL MERCATO DELLE FLASH CARD 3

Disco a stato solido (dall'inglese **Solid state disk**, comunemente abbreviato **SSD**) è un dispositivo di archiviazione dati basato sulla memoria flash di tipo NAND.

Utilizza *l'effetto tunnel* per modificare lo stato elettronico di celle di transistor; per questo essi non richiedono parti meccaniche e magnetiche (dischi, motori e testine), portando notevoli vantaggi per la sicurezza dei dati.

L'uso della parola *disco* è principalmente dovuta al fatto che gli SSD dovranno, per un certo periodo, affiancare i dischi rigidi tradizionali.



Disco a stato solido confrontato con un comune disco rigido

SSD

2006 Samsung ha introdotto 32GB SSD2.5"
53 MB/s in lett. 28 MB/s in scritt.

2007 Samsung ha introdotto 64GB SSD 1.8"
64 MB/s in lettura 45 MB/s in scrittura

Vantaggi: Boot-Up speed; light weight; anti-shock; low power; no noise no mechanical.

Futuro: transfer rate (previsioni per 2008 120MB/s in lett, 90MB/s in scritt.);
capacity (previsioni per 2008 128 GB);
cost attualmente ancora elevati, ma si stanno abbassando.



Bibliografia

- <http://www.scienze.unimib.it/didattica.php/Scuola%20di%20Dottorato/docs/Transistor.ppt>
- P. Cappelletti – C. Golla – P. Olivo – E. Zanoni, “Flash memories”, Kluwer Academic Publishers.
- S.T. Wang, “On the I-V characteristic of floating gate transistor”, IEEE Press.
- Documentation, “Memory products databook”, STMicroelectronics.
- http://it.wikipedia.org/wiki/Disco_a_stato_solido
- http://it.wikipedia.org/wiki/Scheda_di_memoria

This document was created with Win2PDF available at <http://www.win2pdf.com>.
The unregistered version of Win2PDF is for evaluation or non-commercial use only.
This page will not be added after purchasing Win2PDF.