



ALTERA[®]

MEMORIE

Una panoramica sulle tipologie e sulle caratteristiche dei dispositivi di memoria

Tipologie

■ RAM

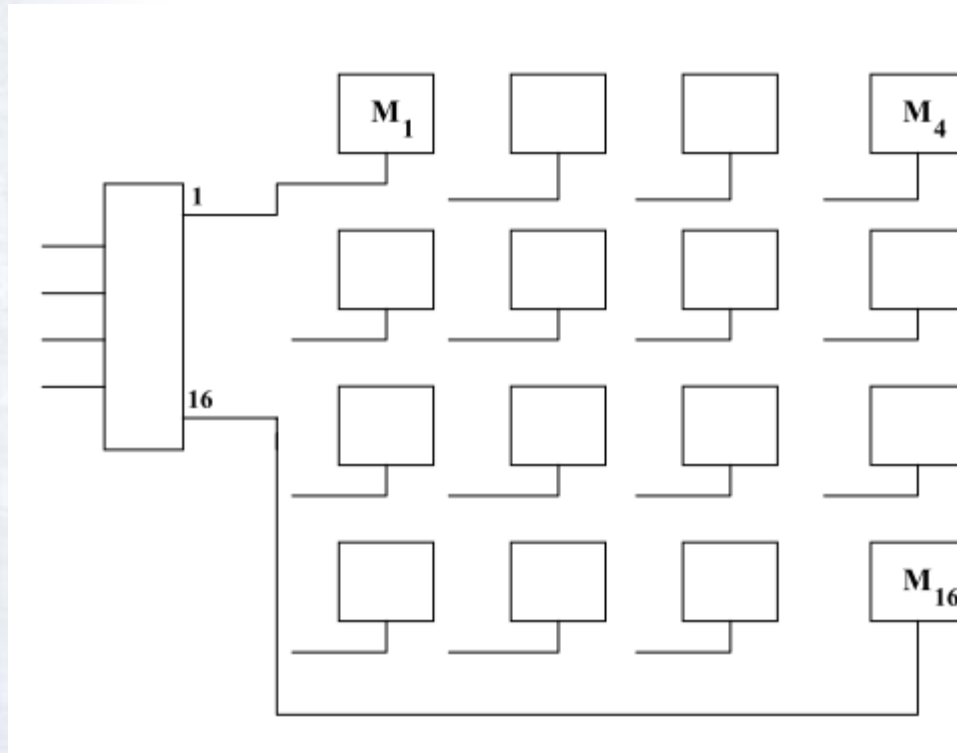
- Statiche
- Dinamiche

■ ROM

- A maschera
- PROM
- EPROM
- EEPROM o EAROM

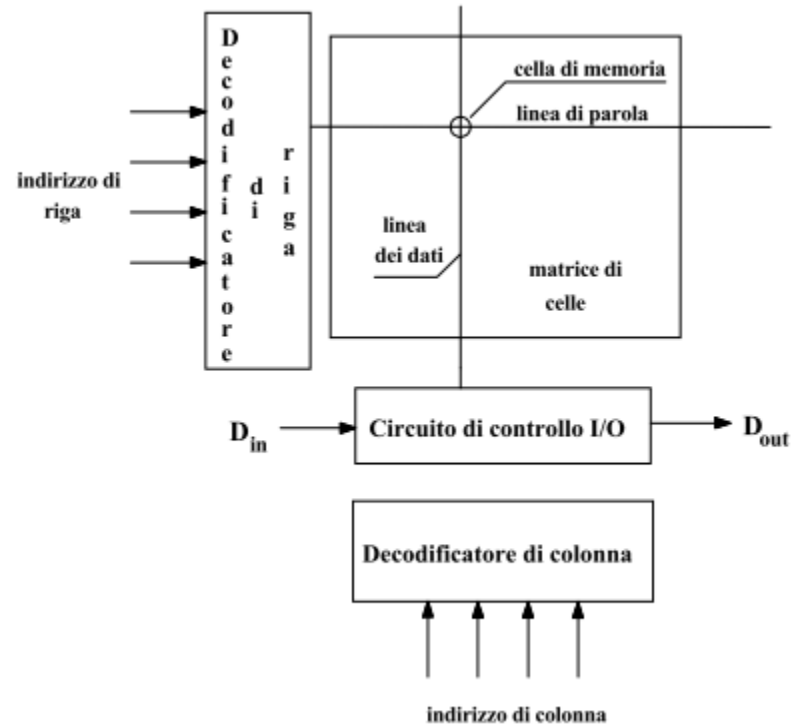
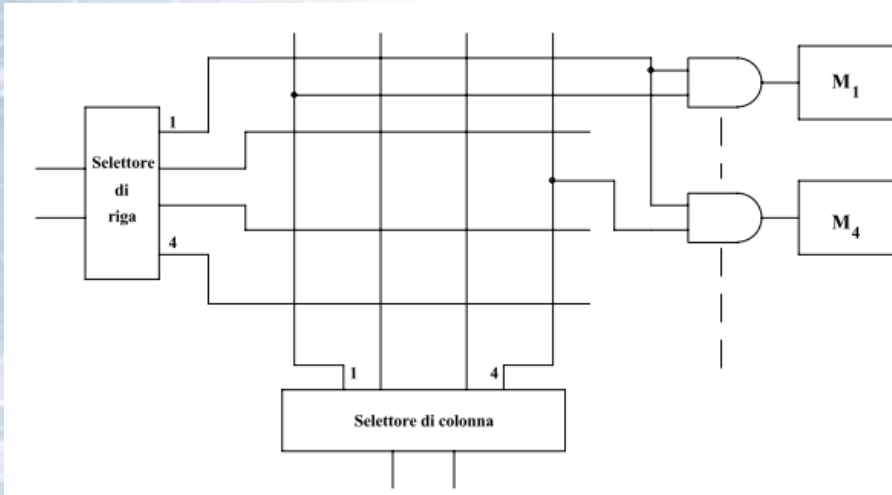
Struttura Base

- Serie di CELLE di memoria
- Decoder degli indirizzi
- Circuito di controllo di I/O



Indirizzamento a matrice

Per limitare il numero di linee di collegamento e semplificare il circuito è molto impiegato l'indirizzamento a matrice



Segnali tipici

- Address: [A0..An]
- Data: I/O [D0..Dm]
- Lettura/Scrittura: R/ \overline{W} (oppure R/nW)
- Chip Select : CS
- Alimentazione e massa: Vcc e Gnd

Cella di SRAM

■ Funzionamento:

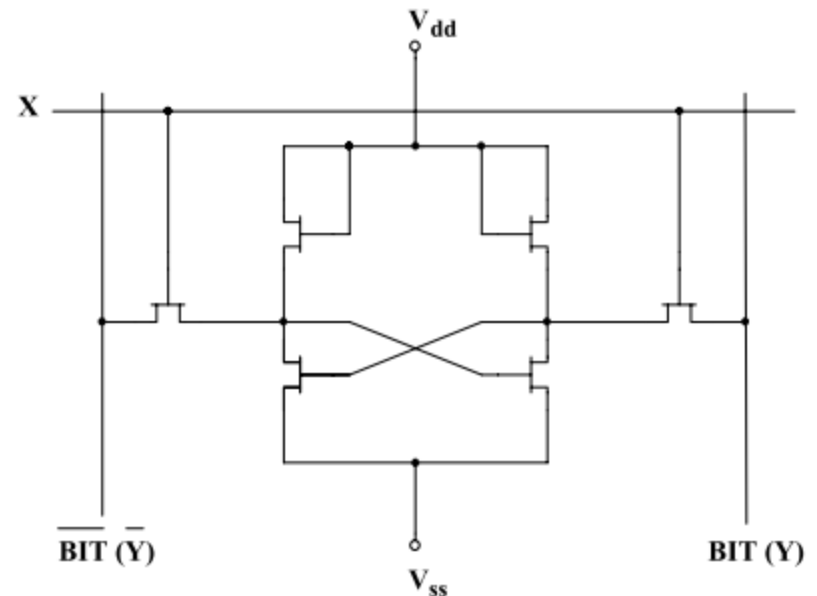
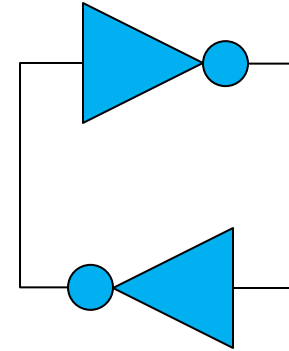
- Si compone di un circuito bistabile che può essere forzato in uno qualsiasi dei suoi due stati

■ Pregi

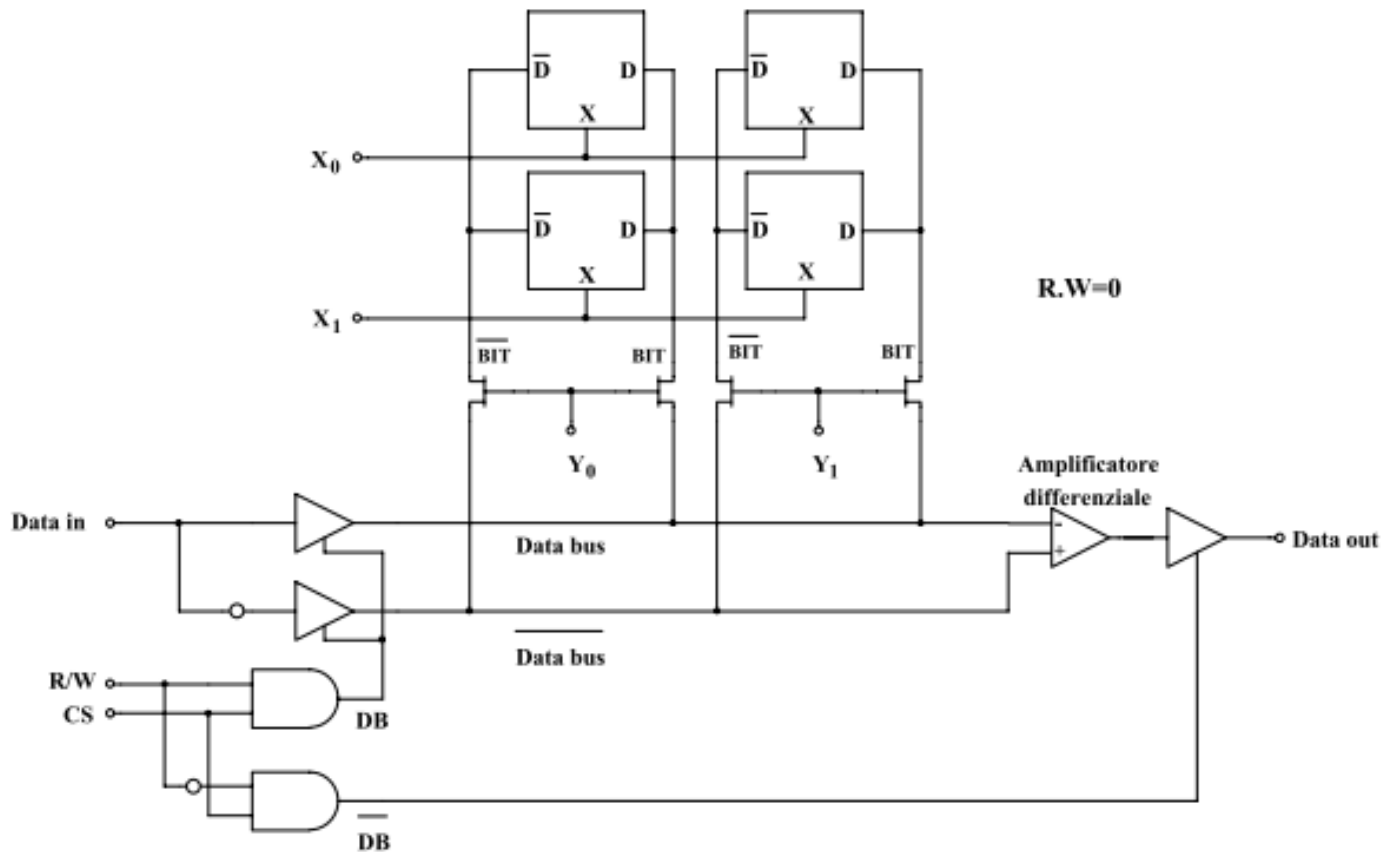
- L'informazione rimane stabile (lettura non distruttiva)
- Accesso abbastanza rapido

■ Difetti

- Occupa e costa più di altre soluz.
- Richiede 6 MOS



Memoria SRAM



Cella DRAM

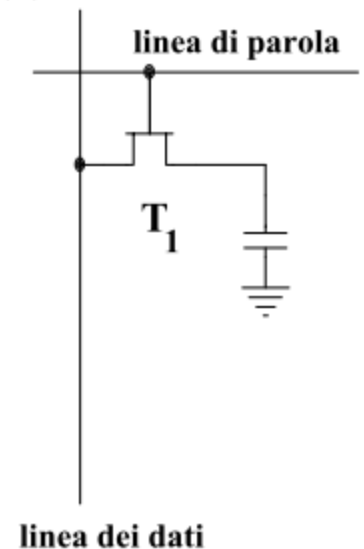
■ Funzionamento:

– Lettura

- Si pone la linea dati a livello alto (precharge)
- Si attiva la linea di parola
- Si analizza la tensione sulla linea dati attraverso un amplificatore a soglia o “sense amplifier”
 - Se la tensione cala sotto la soglia : 0
 - Se la tensione si mantiene alta : 1
- Si riscrive il dato nella cella

– Scrittura

- Si attiva la linea di parola
- Sulla linea dati si scrive il valore desiderato



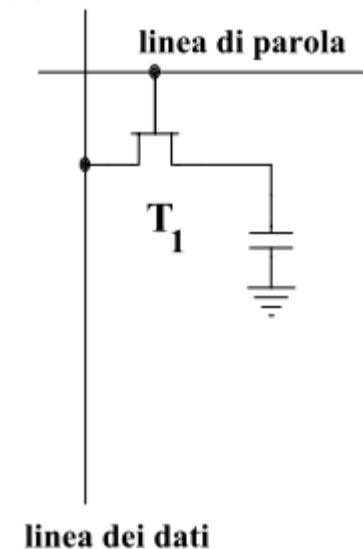
Cella DRAM

■ Pregi:

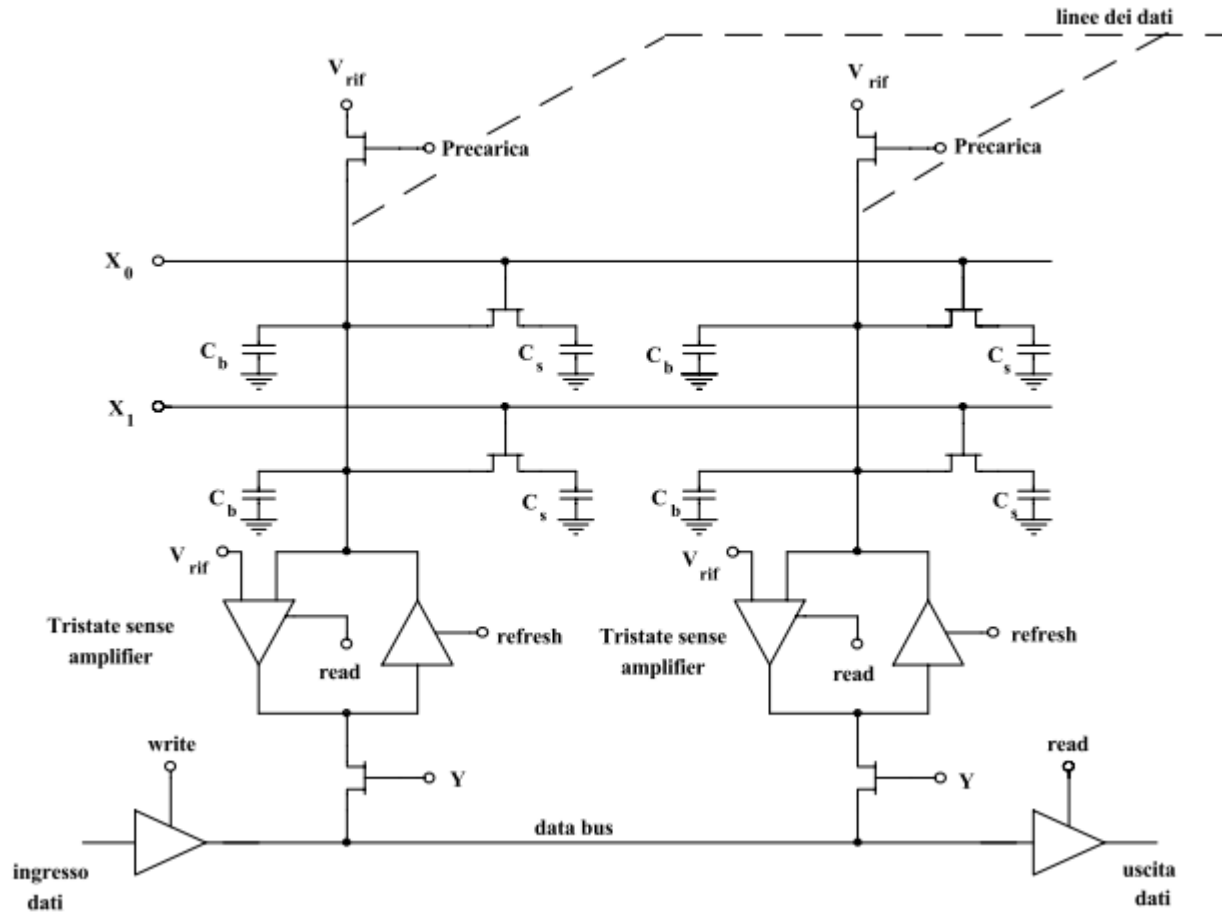
- Piccola e compatta
- Economica

■ Difetti

- La lettura è distruttiva
 - Ad ogni lettura
 - Dopo un certo tempo
- Tempi di accesso più lunghi
 - Tempi legati alla carica/scarica
 - Tempi di refresh
 - Pre-carica del livello di tensione nelle linee



Memoria DRAM



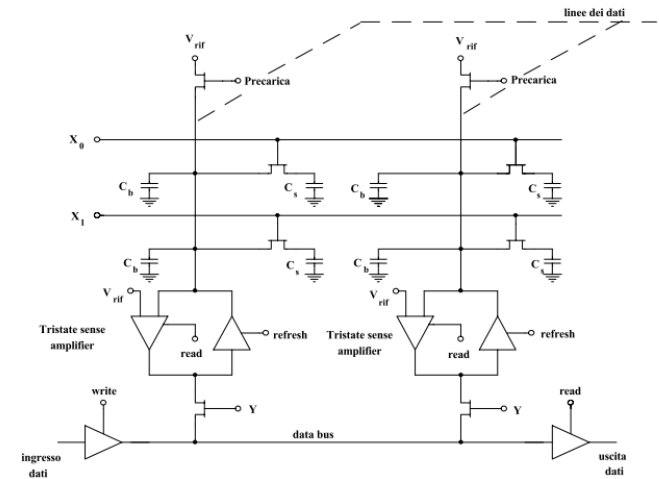
Memoria DRAM

■ Note:

- Precharge
- La lettura del dato di una riga implica il refresh per tutta la riga
- Se una riga non viene letta non c'è refresh
- Un sistema di controllo (solitamente integrato nel chip) basato su un contatore compie ad istanti regolari un accesso a tutte le righe
- Refresh alla freq. di qualche kHz

■ Migliorie:

- *address multiplexing* (si sfruttano i medesimi piedini per l'indirizzo di riga prima e di colonna dopo)
 - piedini **CAS** e **RAS** (Column/Row Access Strobe)
- Lettura in sequenza dei dati di una stessa riga
- Più bit corrispondono a più sistemi in parallelo

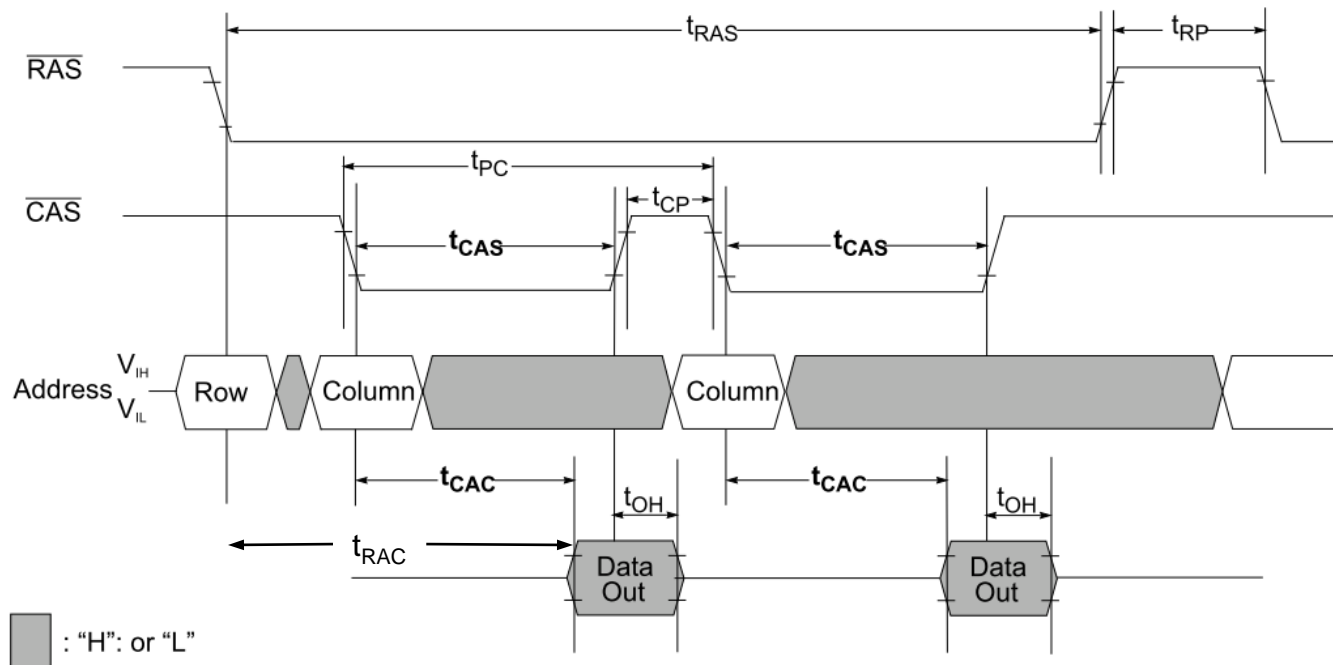


Tipologie principali di DRAM

- Fast Page Mode (FPM) DRAM
 - Dopo aver attivato una riga si accede sequenzialmente a più dati sulla stessa riga
- Extended data Out (EDO) DRAM
 - Simile a FP ma il driver d'uscita è stato modificato per mantenere stabile il valore anche se la linea nCAS torna alta. Lavora secondo una simil-circuito sistolico
- Burst EDO (BEDO) DRAM
 - Burst mode per accedere a più dati in sequenza
 - Usa un contatore interno che sveltisce l'accesso sequenziale ai dati
 - Si può anticipare l'indirizzo successivo
- Synchronous DRAM (SDRAM)
 - Dram pilotata da un clock + Burst Mode
 - Usa una FSM
 - Multi Bank
- Double Data Rate (DDR SDRAM)
 - Funzionano tanto sul fronte di salita che di discesa del clock

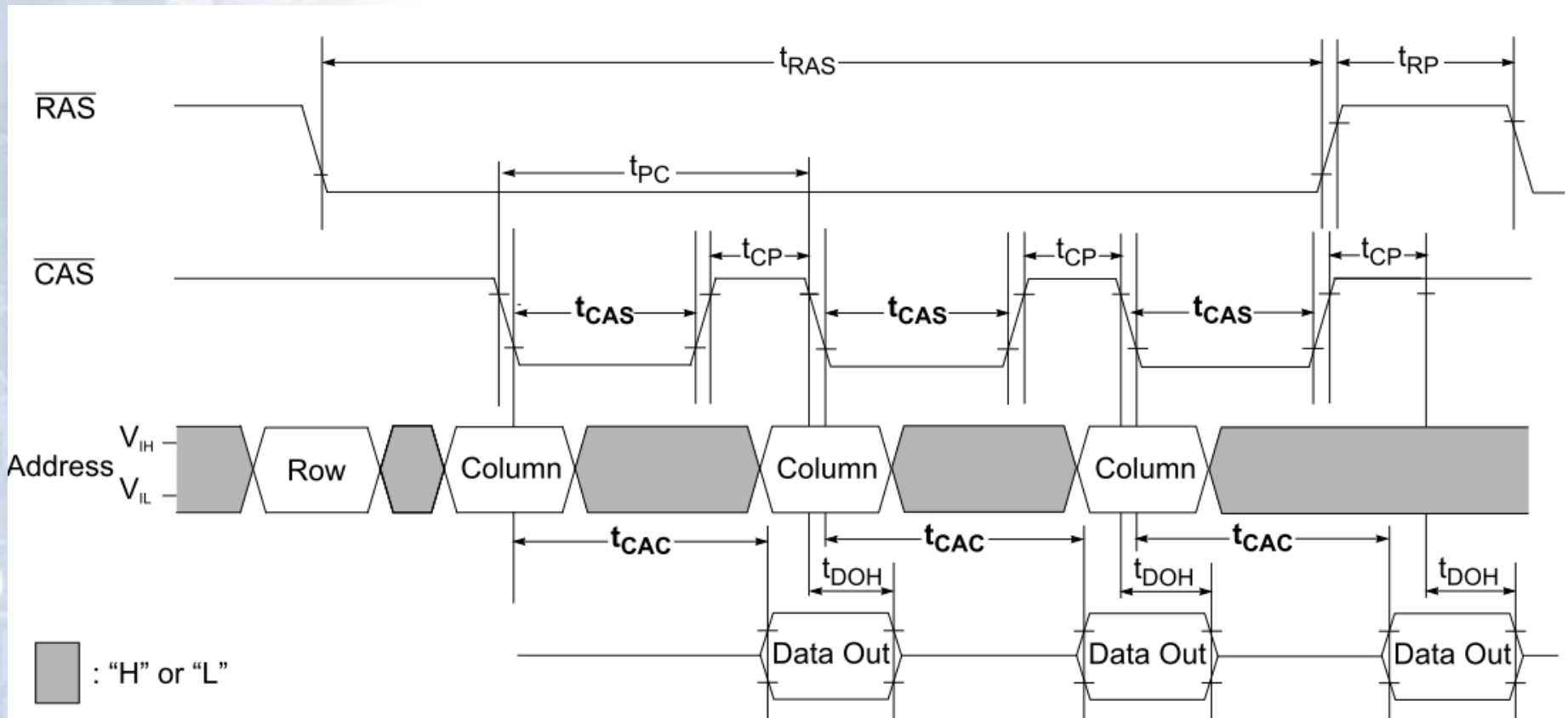
Tempi di Accesso FPM

- t_{RAC} (Random Access): Accesso completo ad un singolo dato da quando si attiva la linea RAS
- t_{CAC} (Column Access): Accesso ad un dato da quando si attiva la linea di colonna CAS
- t_{PC} (Fast Page Cycle Time): ciclo tra due operazioni consecutive ($t_{CAS} + t_{CP}$) (CAS minimo + column precharge) ove : $t_{CAS} > t_{CAC}$
- t_{RP} : Row precharge o recovering time (tempo prima di passare ad un'altra riga)



Tempi di Accesso EDO DRAM

- Molto simile FP ma con: $t_{CAS} < t_{CAC}$
- t_{PC} risulta migliorato



Paragone DRAM

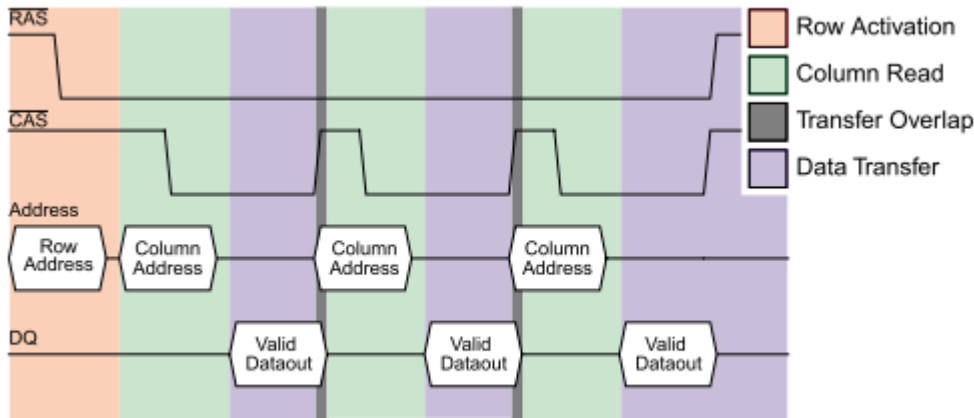


Figure 9: FPM Read Timing

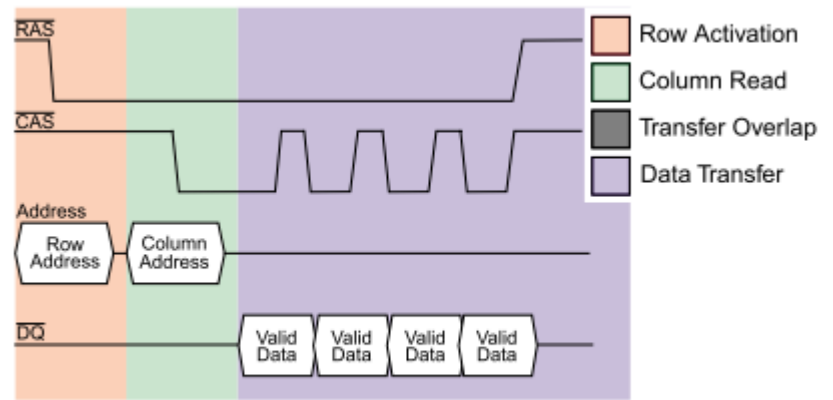


Figure 11: Burst EDO Read Timing

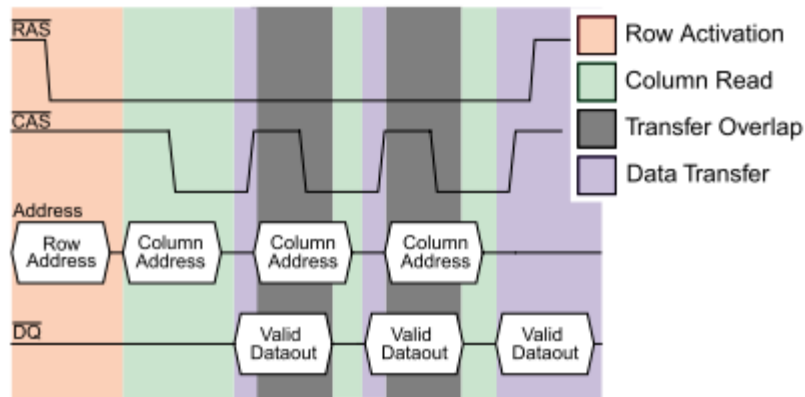


Figure 10: EDO Read Timing

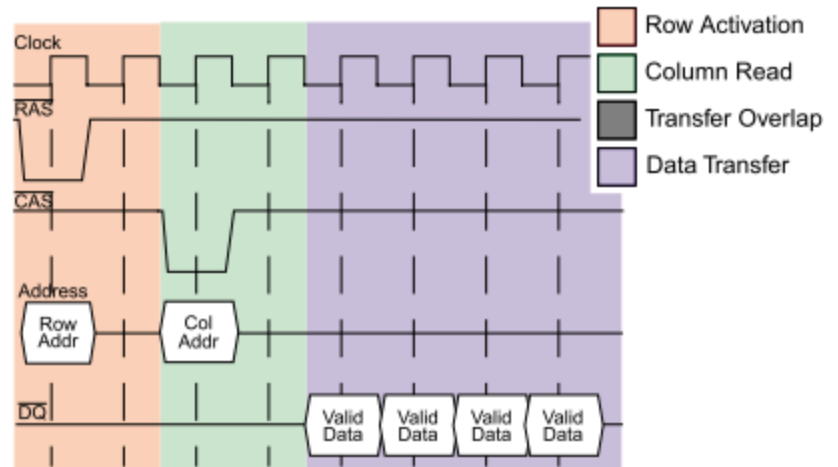
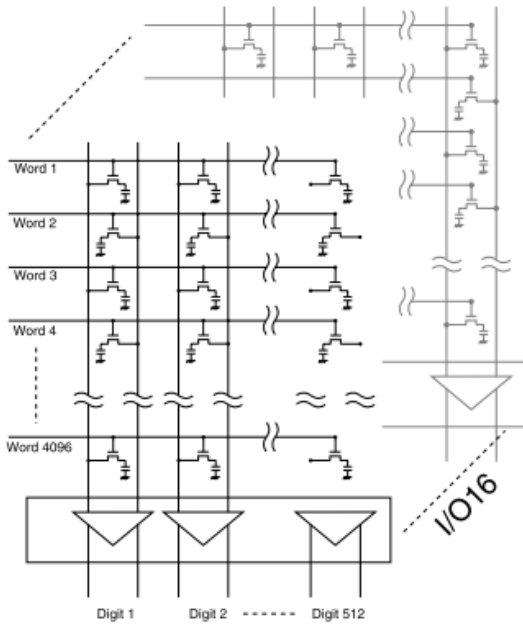
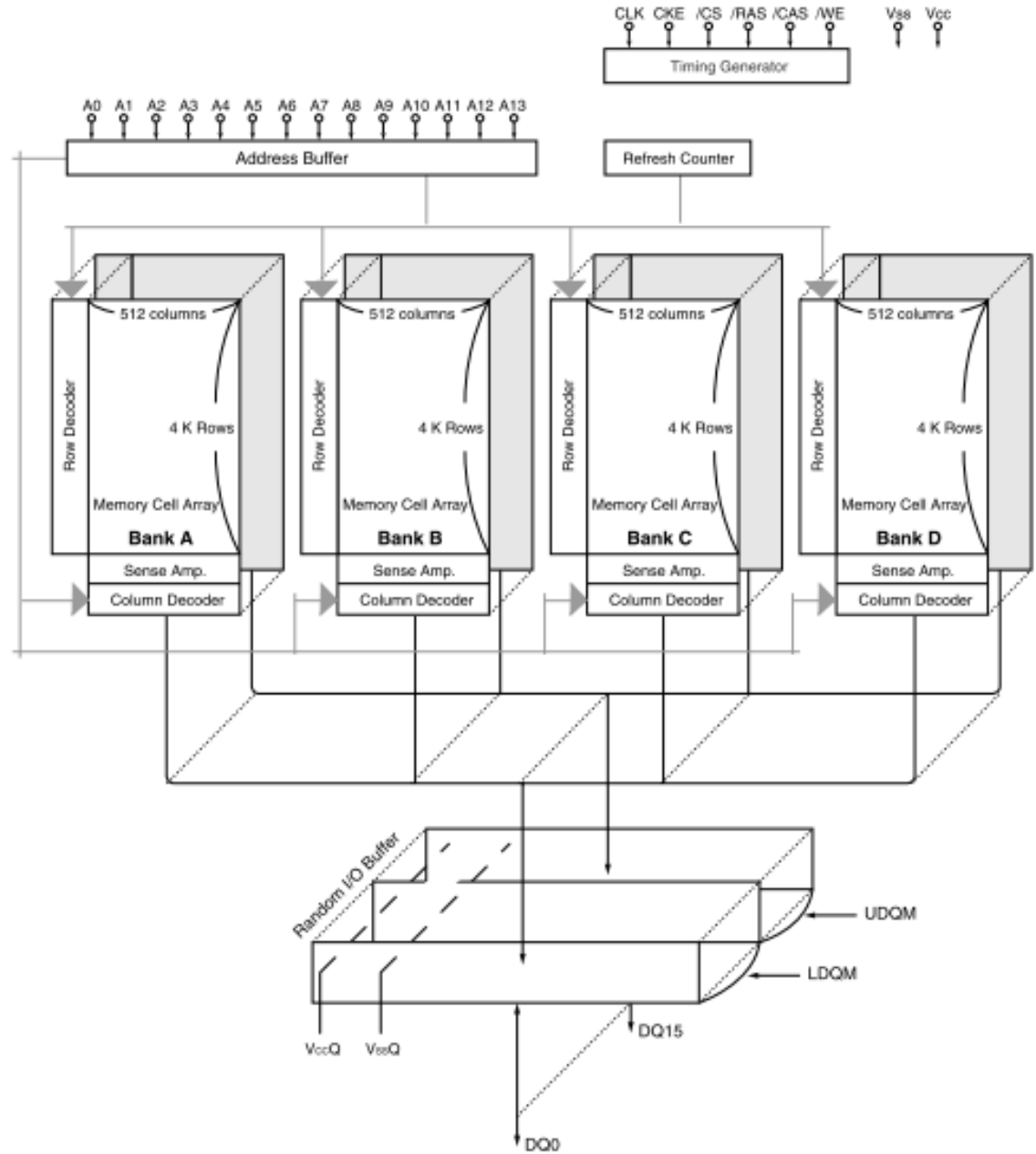


Figure 12: SDR SDRAM Read Operation Clock Diagram (CAS)

SDRAM

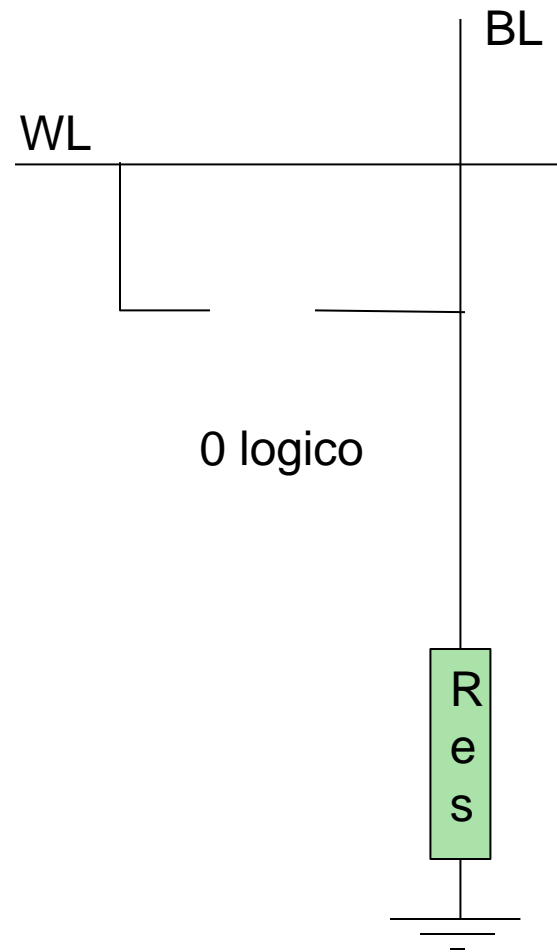
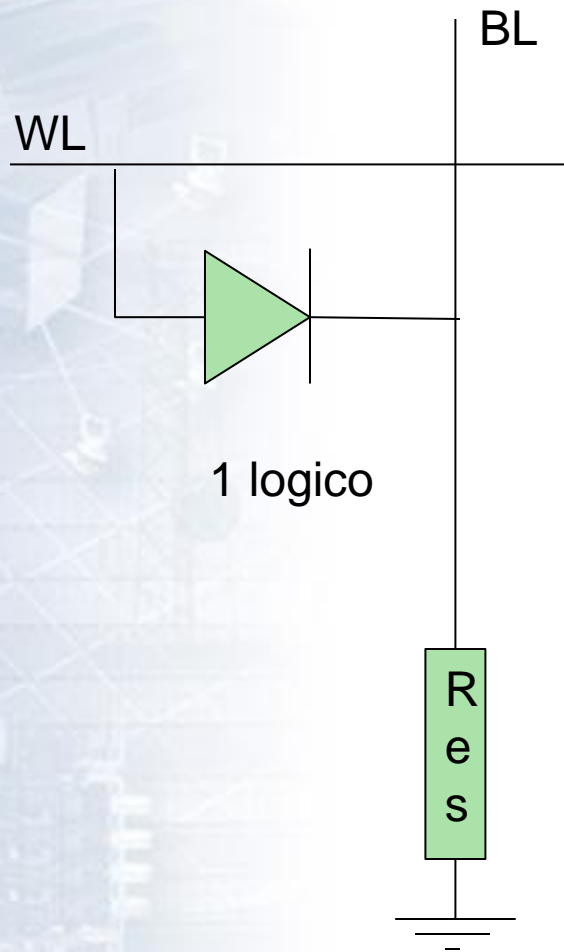


512 digit lines

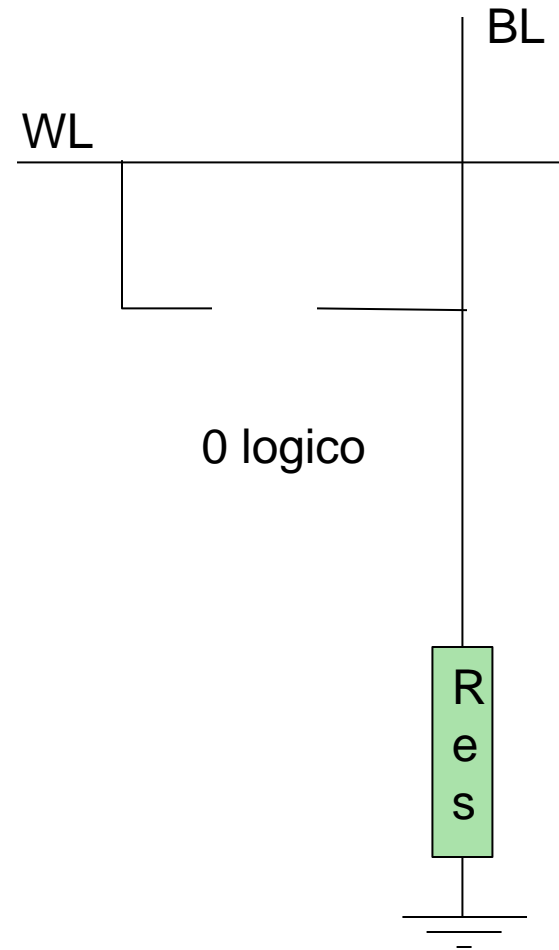
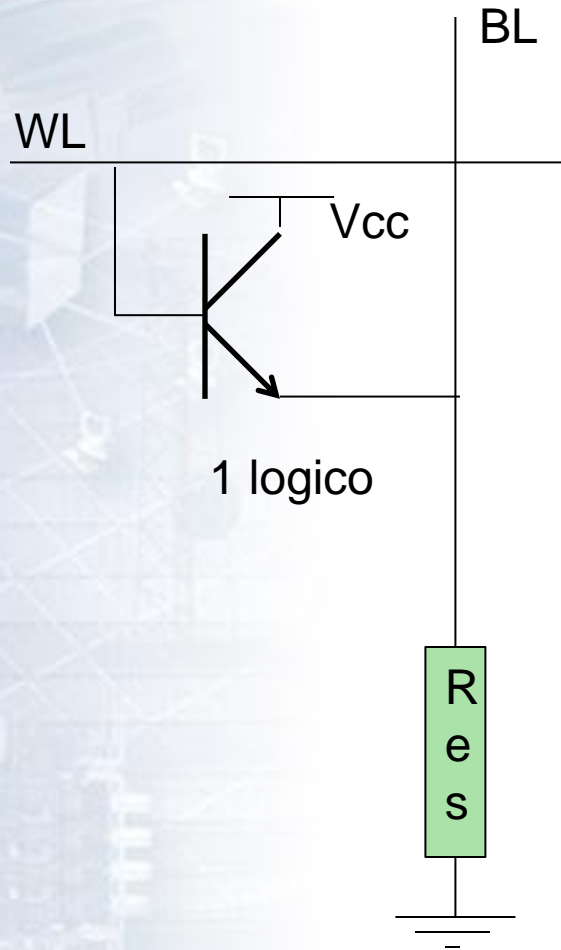
Memorie NON Volatili

- A Maschera ROM
- PROM a fusibile (Fuse/AntiFuse)
- EPROM con MOS a gate Flottante
 - Cancellabili tramite UV
- EEPROM Cancellabili elettricamente
- FLASH: variazioni di EEPROM

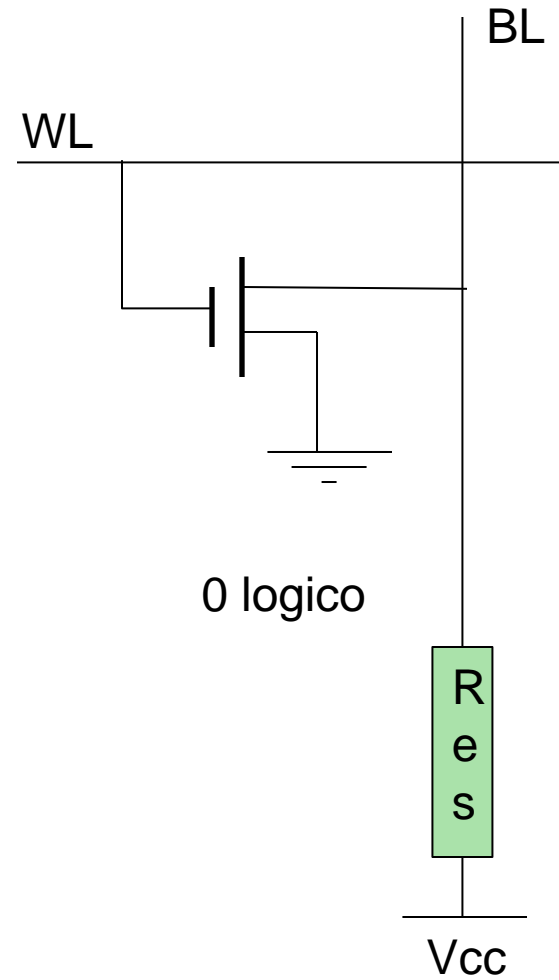
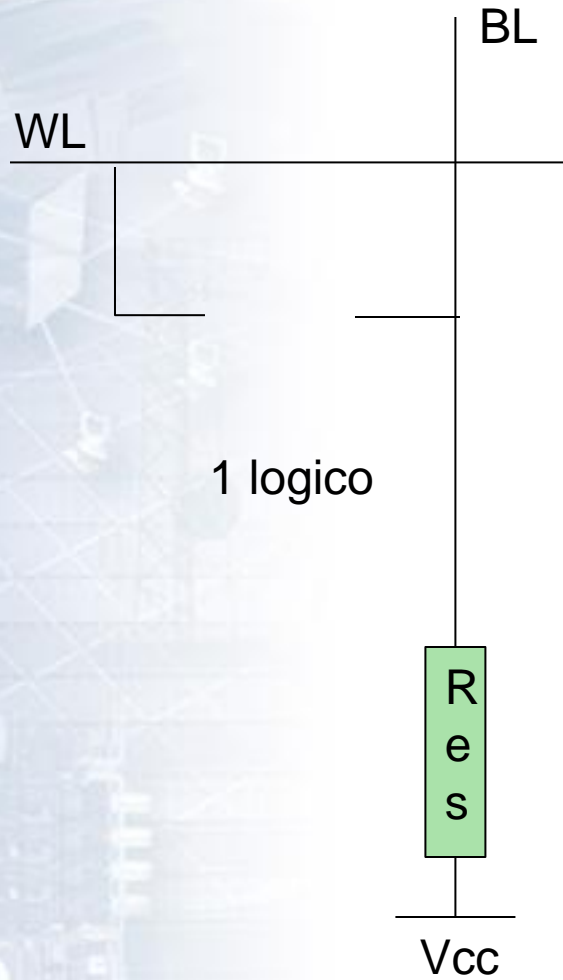
Cella a Diodo



Cella a BJT



Cella a MOS

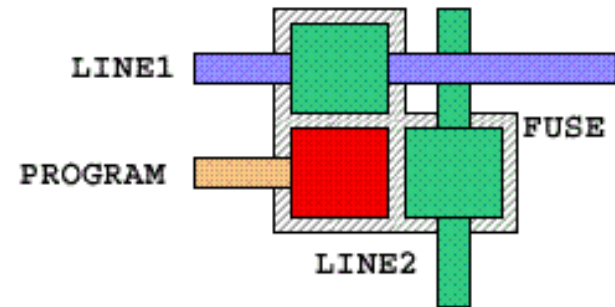
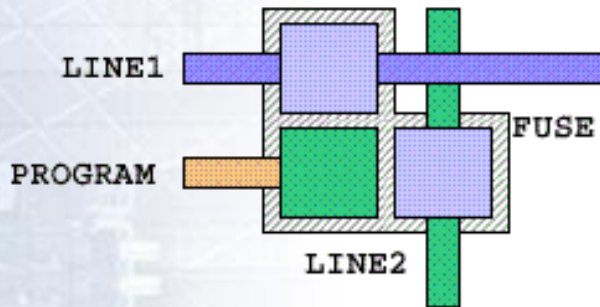


Cella PROM

- Programmabile una sola volta
- Si pone in serie all' elemento attivo un fusibile (o un anti-fusibile)
- Gli errori non si correggono

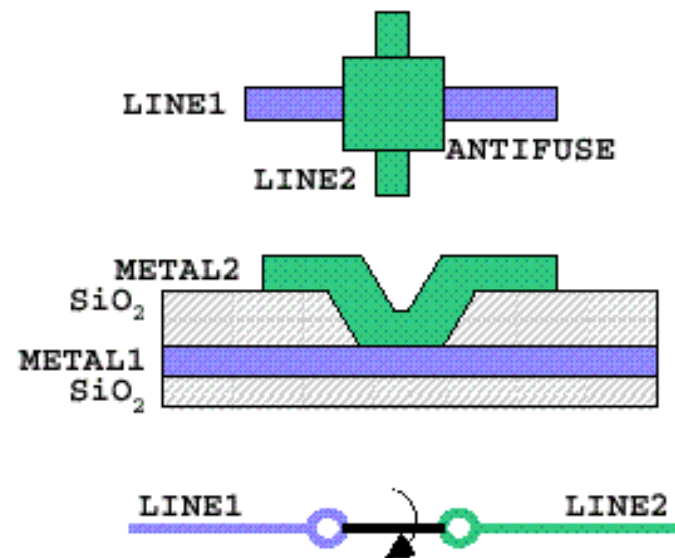
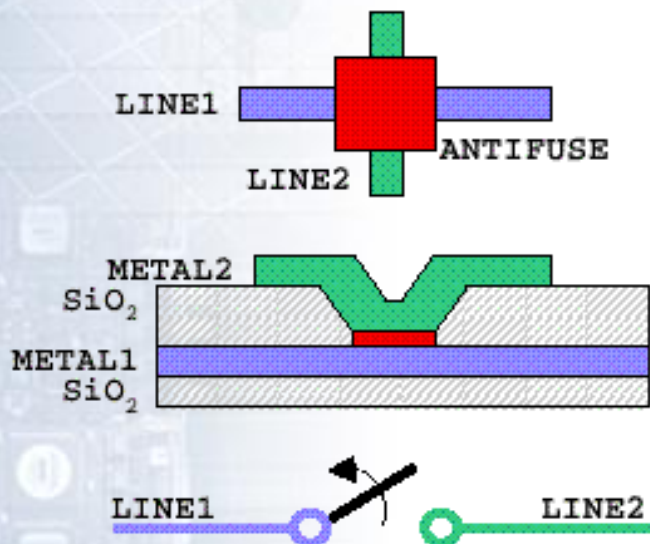
Fuse

- Le linee del dispositivo sono in origine tutte connesse
 - La programmazione consiste nel “BRUCIARE” (fuse) alcune connessioni in modo tale da mantenere solo quelle necessarie
 - La programmazione avviene mediante una tensione più elevata di quella di normale funzionamento



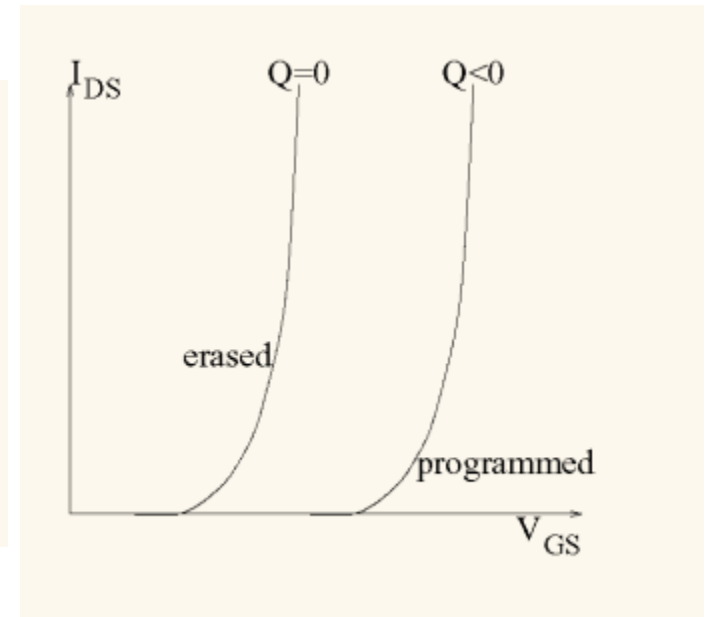
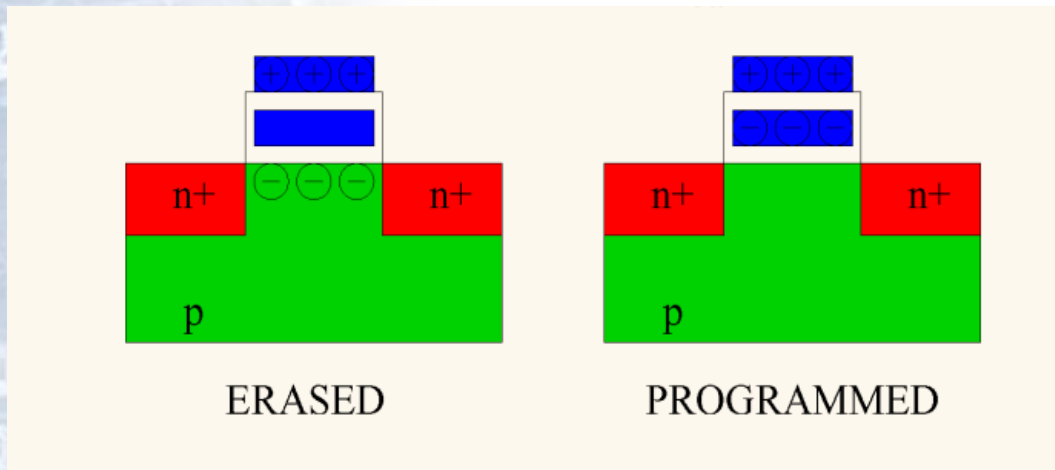
Antifuse

- Le linee del dispositivo sono in origine tutte disconnesse
 - La programmazione consiste nel “**CREARE**” (antifuse) le connessioni necessarie
 - La programmazione avviene mediante una tensione più elevata di quella di normale funzionamento



Cella EPROM

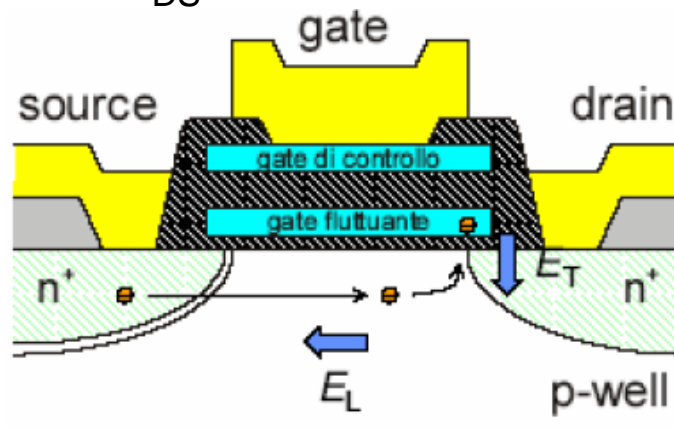
- La tensione di soglia dipende dalla carica depositata nel FG



Iniezione di Carica

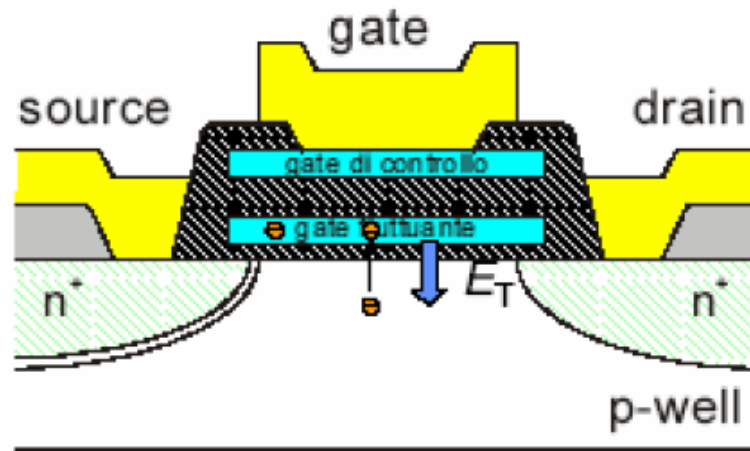
■ Elettroni Caldi (HEI)

- Elevata intensità di campo elettrico tra S e D (100kV/cm)
- La ionizzazione da impatto crea coppie elettrone lacuna ad alta energia
- Le cariche negative (elettroni) indirizzate dalla carica positiva presente su G possono attraversare la barriera di potenziale ed entrare nel FG
- Es. $V_G=10V$; $V_S=0$; $V_D=5V$; $V_B=0$;
- Pro: veloce, affidabile, poco dipendente dal processo
- Contro: alta corrente I_{DS}



Iniezione di Carica

- Effetto Tunnel (Fowler Nordheim)
 - Elevata intensità di campo elettrico tra G e D
 - Si aumenta la probabilità che qualche elettrone attraversi la barriera di potenziale
 - Es. $V_G=20-30V$; $V_B=0$; D e S flottanti
 - Pro: correnti basse (può essere impiegato per più celle contemporaneamente)
 - Contro: richiede tensioni elevate, minore affidabilità della memoria, più dipendente dai parametri di processo

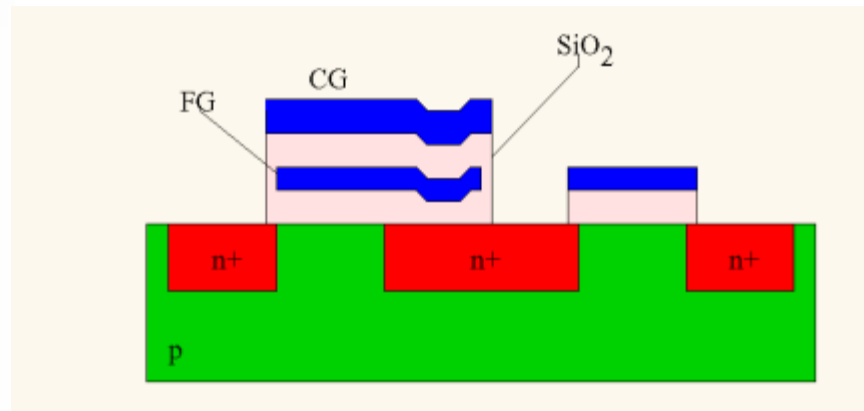


Cancellazione

- Il meccanismo HEI non è invertibile
- Cancellazione
 - O mediante raggi UV
 - La cancellazione può richiedere diversi minuti
 - I cicli di programmazione/cancellazione risultano limitati (qualche migliaio)
 - O mediante effetto tunnel
 - Es: $V_G = -8V$; $V_S = 5$; $V_B = 5$ D: flottante

Celle EEPROM

- Sfrutta l'effetto tunnel
- Lo strato di ossido è più sottile in corrispondenza del Drain per agevolare l'effetto tunnel
- Richiede l'uso di un ulteriore Transistor di selezione
 - Problemi legati alla cancellazione
 - La cella occupa maggior spazio
 - Usato anche in fase di lettura

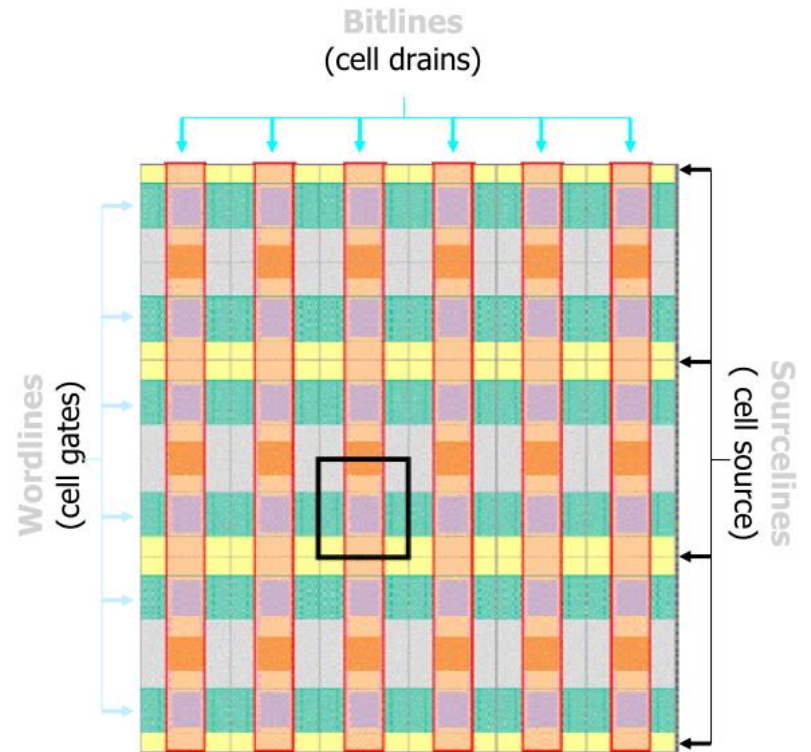
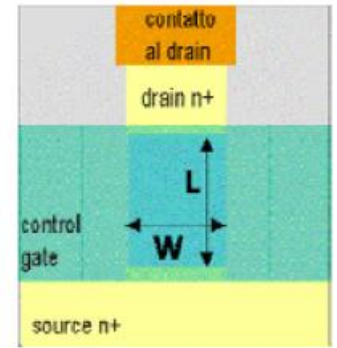
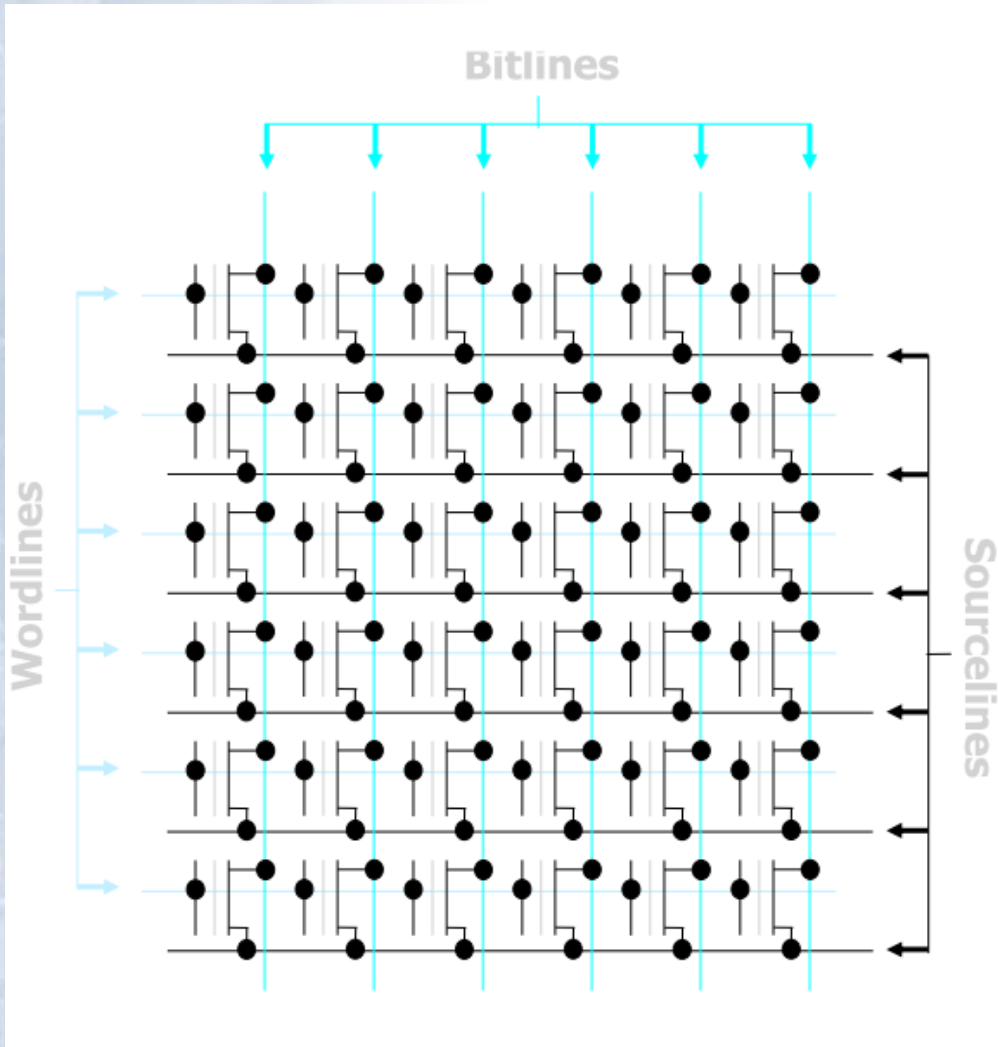


Celle Flash

- Non Usano il Transistor di Controllo (sono più compatte)
- Le celle vengono cancellate a blocchi
- Si dividono in due tipologie
 - NOR (Transistor accessibili singolarmente)
 - Densità medio bassa
 - Veloci
 - Utili per memorizzare Codici (es. BIOS)
 - NAND (Transistors connessi in serie)
 - Densità medio alta
 - Facilitato l'accesso seriale alle info
 - Accesso Random lento, Accesso per pagina più elevato
 - Utili per salvataggio dati

NOR Flash structure

Single NOR
Flash cell



NOR Flash

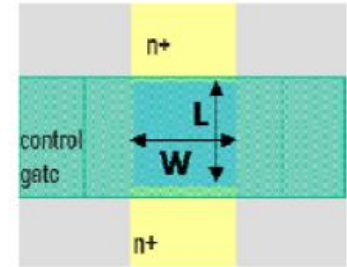
- Celle indirizzabili singolarmente
- Accessibili
 - “word line”: Connessione dei GATE posti in riga
 - “bit line” : Connessione dei Drain posti in colonna
 - “source line” : Connessione dei Source di un certo settore
- Programmazione mediante moltiplicazione a valanga
- Cancellazione a settori mediante effetto tunnel
 - Read: $V_G=5$, $V_D=1$, $V_S=0$
 - si paragona quindi la corrente con una corrente di riferimento
 - Program: $V_G=9$, $V_D=5$, $V_S=0$
 - Erase: esistono varie tecniche
 - $V_S=12$, $V_G=V_B=0$, $V_D=float$ (source erase)
 - $V_S=4$, $V_G=-8$, $V_B=0$, $V_D=float$ (negative gate erase)
 - $V_G=-8$, $V_S=V_D=V_B=8$, (channel erase)

NAND Flash structure

Single NAND Flash cell

Laddove nella NOR c'era un singolo transistor
Ora c'e'

- una serie di transistors
- 1 Bitline select +
- 1 Ground select

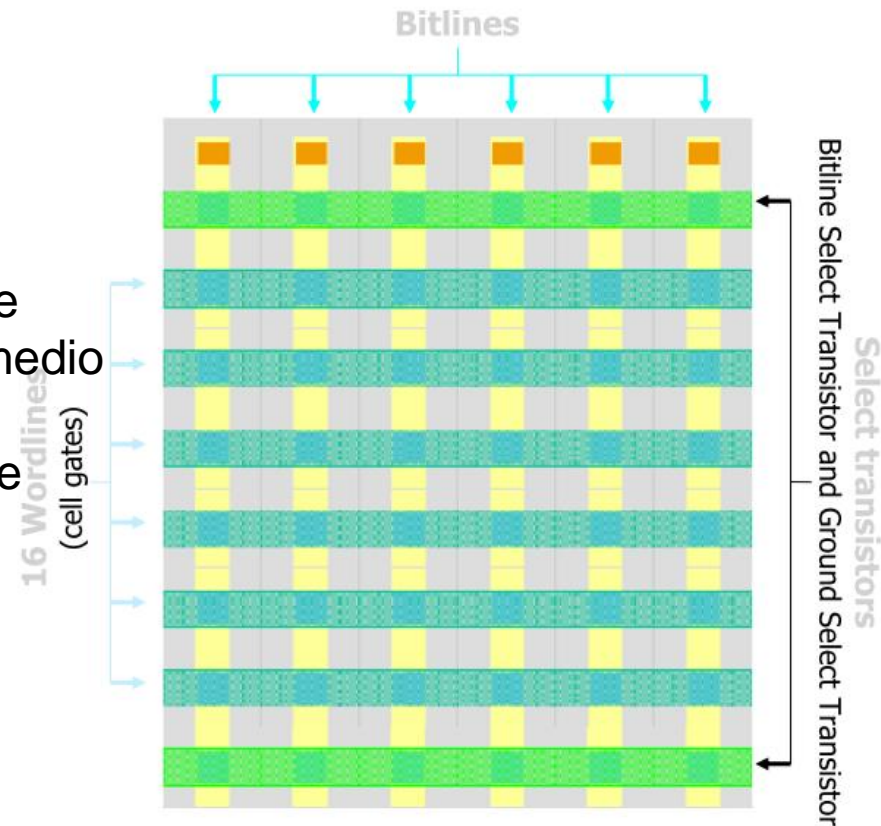


Programmazione tramite effetto tunnel

Per la lettura:

- Si pongono a tutti i Tr di una serie V_G superiore alla tensione di soglia superiore
- Si pone al Transistor in analisi V_G intermedio alle due tensioni di soglia
- Si paragona la corrente con una corrente di riferimento

Facilitato l'accesso a sequenze di dati



Circuiti ausiliari

- Per ottenere elevate tensioni si usano circuiti a pompa di carica

