

Memoria di un Calcolatore

□ Memoria dovrebbe essere

» Grande

» Veloce

» Economica

... però

» Minore tempo di accesso maggiore il costo per bit

» Maggiore è la dimensione minore il costo per bit

» Maggiore è la dimensione maggiore è il tempo di accesso

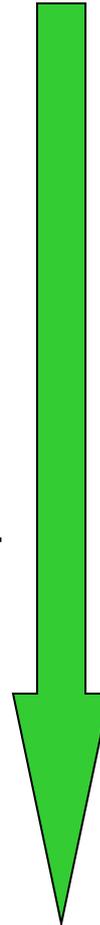
Gerarchia di Memorie

- Registri
- Cache L1
 - » Interna al processore
- Cache L2
 - » Esterna al processore
- Memoria Principale
- Disco
- Unità ottiche
- Nastro

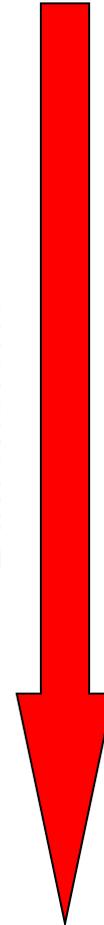
Costo per bit



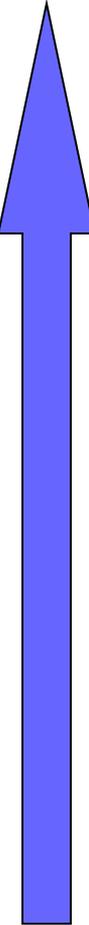
Tempo di Accesso



Dimensione



Frequenza degli accessi



Memoria: Caratteristiche

- Locazione
- Capacità
- Unità di Trasferimento
- Metodi di Accesso
- Prestazioni
- Supporto Fisico
- Caratteristiche Fisiche
- Organizzazione

Locazione

□ CPU

- » Registri

□ Interna: Accessibile direttamente dalla CPU

- » RAM

- » Cache

□ Esterna: Accessibile tramite modulo di I/O

- » Dischi

- » CD-ROM

Capacità

- Dimensione della "Parola"

 - » Parola: unità "naturale" di organizzazione della memoria, eg., byte

- Numero di Parole (o byte)

Unità di Trasferimento

□ Memoria Interna

- » Dipende dalla larghezza del bus dati

□ Memoria Esterna

- » Tipicamente a "blocchi"
 - Blocco: insieme di parole

□ Unità indirizzabile

- » Più piccola locazione di memoria direttamente indirizzabile

Metodi di Accesso (1)

❑ Sequenziale, e.g., Nastri

- » La memoria è organizzata per record
- » Accessi eseguiti in modo sequenziale
 - Un record dopo l'altro
- » Tempo di accesso variabile
 - dipende dalla "distanza" dal dato letto/scritto precedentemente

❑ Diretto, e.g., Dischi

- » Memoria organizzata per blocchi
- » Ogni blocco ha un indirizzo che dipende dalla sua posizione
- » Si accede direttamente al blocco da leggere/scrivere
- » Tempo di accesso variabile
 - dipende dalla "distanza" dal dato letto/scritto precedentemente

Metodi di Accesso (2)

□ Random - Casuale, e.g. RAM

- » Memoria organizzata per parole
- » L'indirizzo identifica la posizione del dato
- » Tempo di accesso costante

□ Associativa, e.g. Cache

- » Memoria ad accesso casuale
- » Dati organizzati come una sequenza di chiave - informazione
- » Accesso tramite chiave

Prestazioni

□ Tempo di Accesso

- » Tempo che intercorre dal momento in cui l'indirizzo è "presentato" all'ingresso della memoria al momento in cui il dato da leggere è disponibile in uscita

□ Tempo del Ciclo di Memoria

- » Tempo minimo tra due accessi consecutivi
- » Tempo di ciclo = Tempo di Accesso + Tempo di Ripristino

□ Banda di Trasferimento

- » Massima velocità alla quale i dati possono venir letti/scritti in memoria

Supporto Fisico

- Memoria a Semiconduttore
 - » RAM, ROM, EPROM, Cache
- Memorie Magnetiche
 - » Dischi e nastri
- Ottiche
 - » CD & DVD

Caratteristiche Fisiche

□ Memoria volatile

- » I dati vengono persi quando si stacca la corrente
 - e.g., RAM

□ Memoria non volatile

- » Non è richiesta la corrente elettrica per la loro conservazione
- » I dati non cambiano finché non vengono riscritti
 - e.g., Dischi

□ Memoria scrivibile/non scrivibile

Organizzazione

- Disposizione dei dati sul supporto fisico
 - » Non sempre ovvio
 - » e.g. memorie interallacciate

Memorie a Semiconduttore

□ RAM

- » Memoria Temporanea
- » Read/Write
- » Volatile
- » Statica o dinamica

□ ROM

- » Memoria Permanente
- » Read
- » Non Volatile

RAM Dinamica

- ❑ Bit memorizzati come carica in condensatori
 - » La carica tende a disperdersi nel tempo
- ❑ Necessità di "refresh" delle informazioni
 - » Presenza di circuiti per il refresh
 - Periodicamente, la memoria legge e riscrive tutti i suoi dati
- ❑ Semplice
- ❑ Economica
- ❑ Più piccola di quelle statiche
- ❑ Più lenta di quella statica
- ❑ Usata come memoria principale

RAM Statica

- ❑ Bit memorizzati come stato di un circuito elettrico
- ❑ Costruzione più complessa
 - » Complessità dei circuiti elettrici
- ❑ Richiede più spazio per bit
- ❑ Più costosa
- ❑ Più veloce di quella dinamica
- ❑ Usata per realizzare cache

Read Only Memory (ROM)

- ❑ Memorizzazione Permanente (non volatile)
 - » Microprogrammazione
 - » Programmi di Sistema (BIOS)
- ❑ Tavole di funzioni

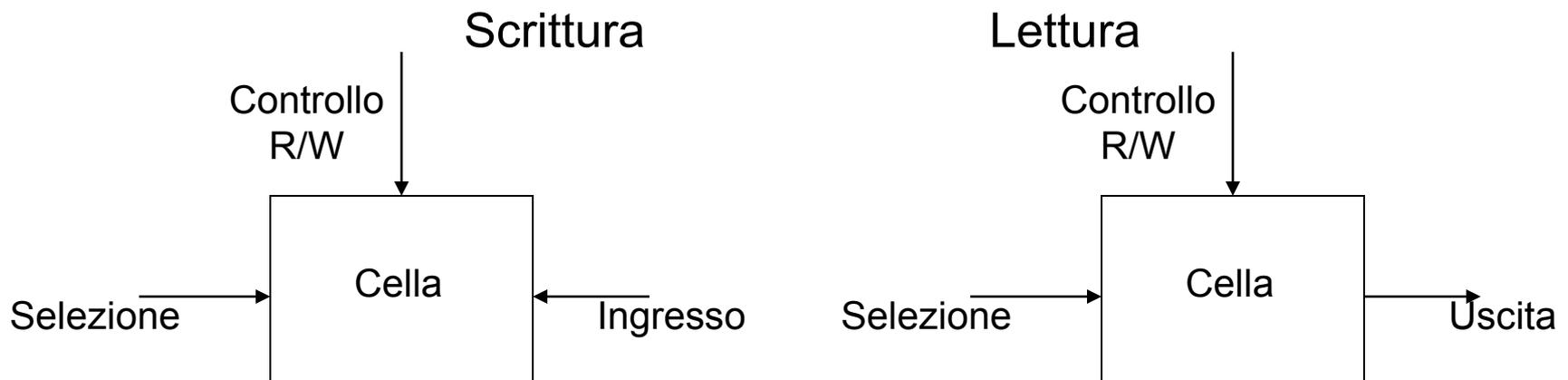
Tipi di ROM

- ❑ Memorie scritte una volta per tutte dal costruttore
- ❑ Memorie programmabili al più una volta
 - » PROM
- ❑ Memorie che vengono "prevalentemente" lette
 - » Erasable Programmable (EPROM)
 - Dati cancellati tramite irraggiamento di raggi UV
 - » Electrically Erasable (EEPROM)
 - Cancellabili elettronicamente per byte
 - » Memorie Flash
 - Cancellabili elettronicamente per blocco

Organizzazione Memorie a Semiconduttore

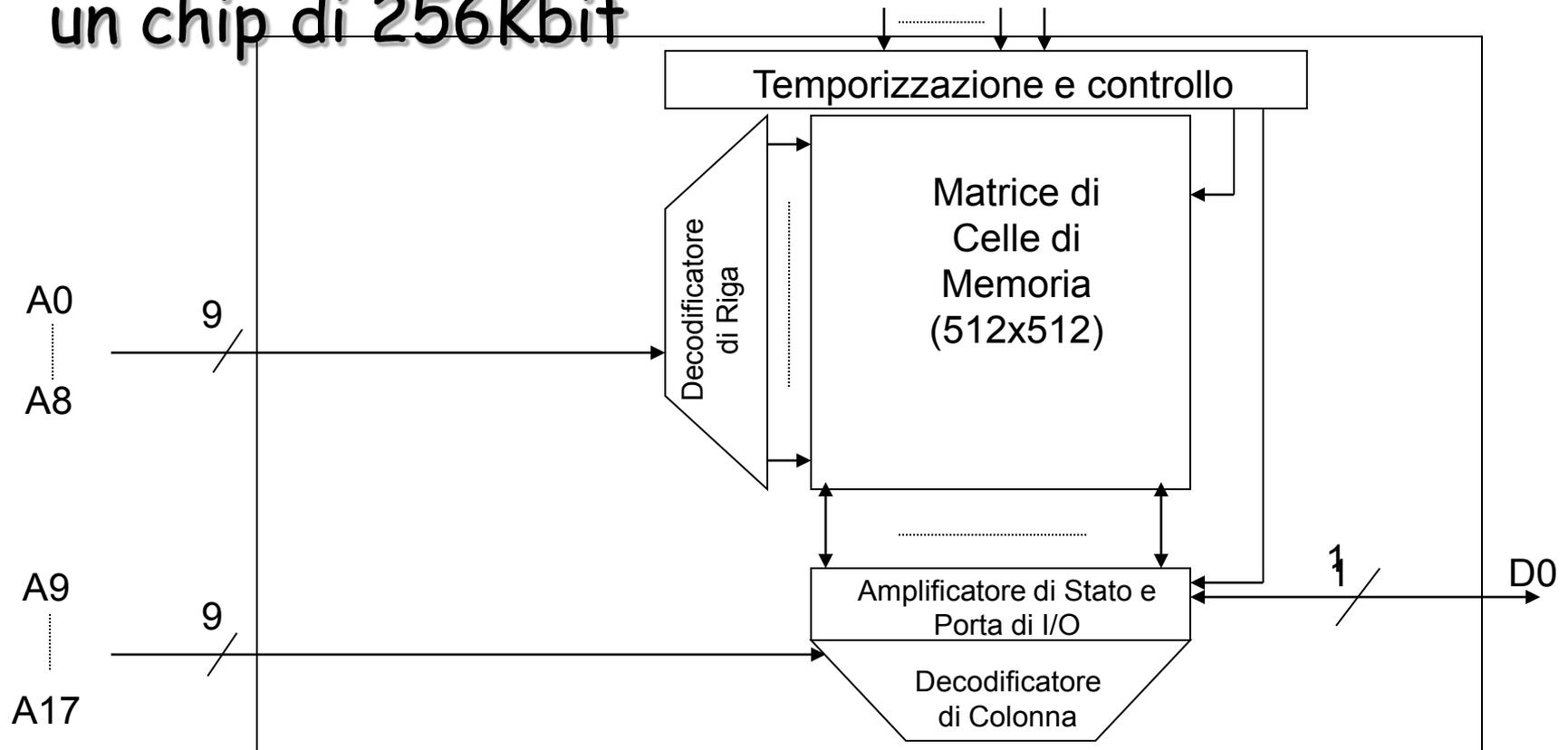
□ Elemento base: Cella di Memoria

- » Mostra due stati stabili che vengono impiegati per rappresentare 0 o 1
- » E' scrivibile (almeno una volta)
- » E' leggibile

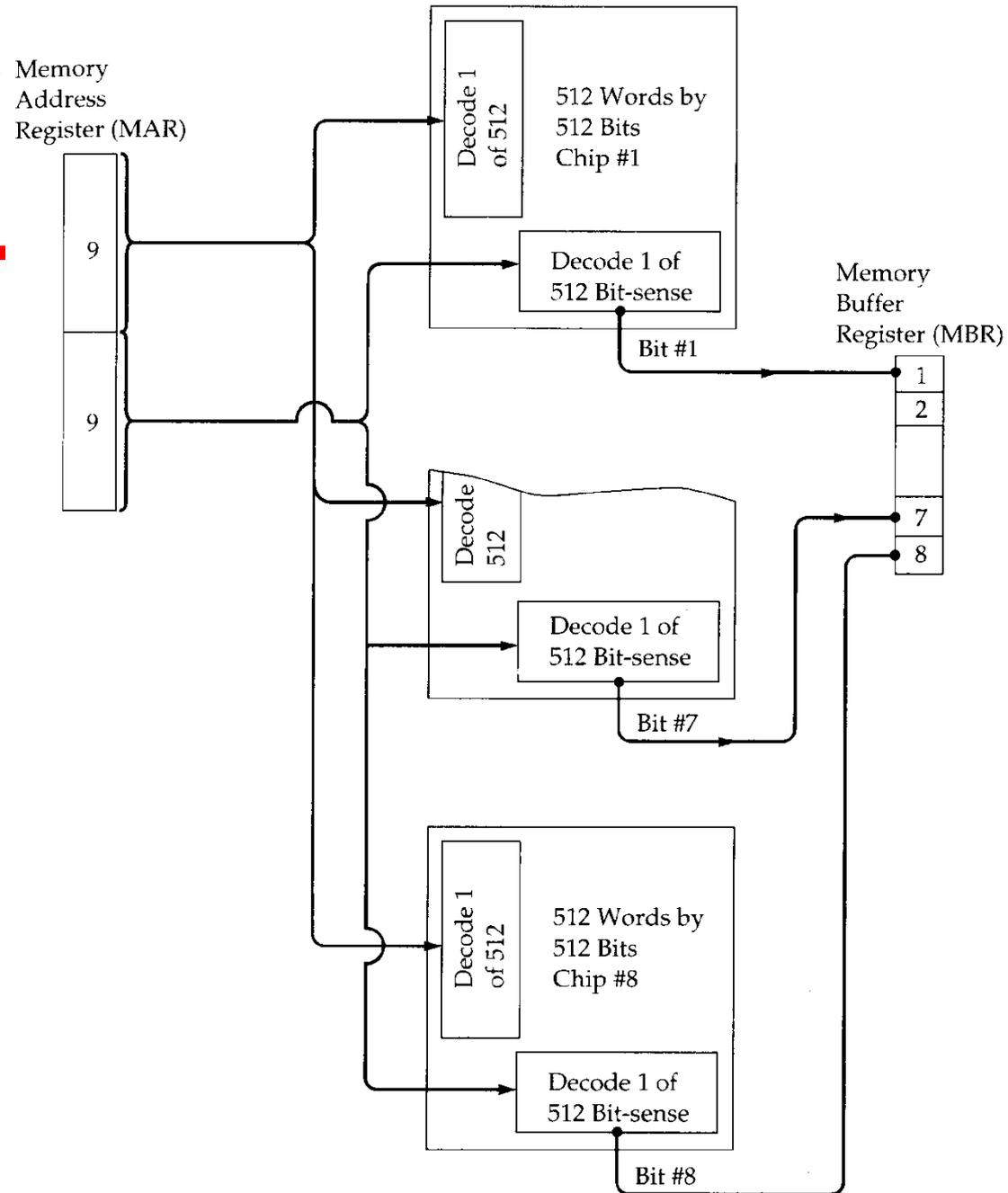


Organizzazione Memoria a Semiconduttore: Modulo di Memoria

Modulo di Memoria: Schema semplificato di un chip di 256Kbit



Organizzazione dei Moduli



Correzioni di Errori

❑ Errori

» Guasto "Hardware"

- Difetto permanente

» Errori "Soft"

- Difetto non permanente

- Di tipo casuale, dovuti a fenomeni fisici occasionali

❑ Uso di codici rilevatori/correttori di errori

» Codice rilevatore: bit di parità

- Permette di rilevare la presenza di un errore, ma non di correggerlo

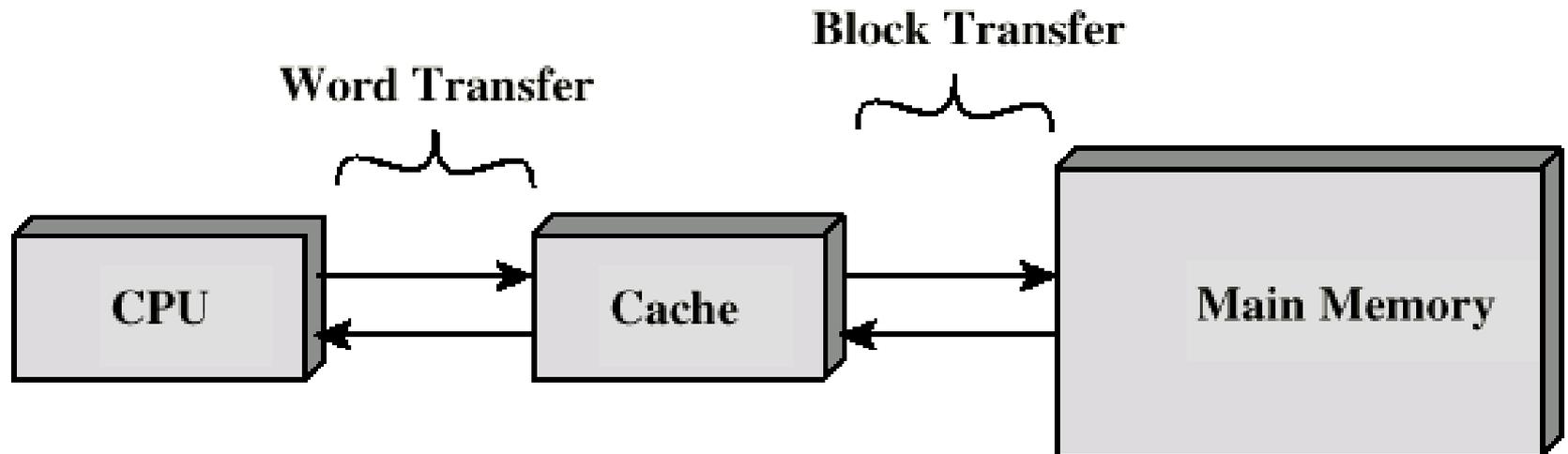
» Codice rilevatore/correttore: Codice di Hamming

- Permette di rilevare e/o correggere uno o più errori
- Viene impiegato il concetto di "Distanza"

Cache

□ Memoria piccola e veloce

- » $T_{\text{accesso cache}} \ll T_{\text{accesso memoria principale}}$
- » Tra la CPU e la memoria principale
- » Può essere all'interno della CPU



Principio di Località (Denning '68)

□ Località spaziale

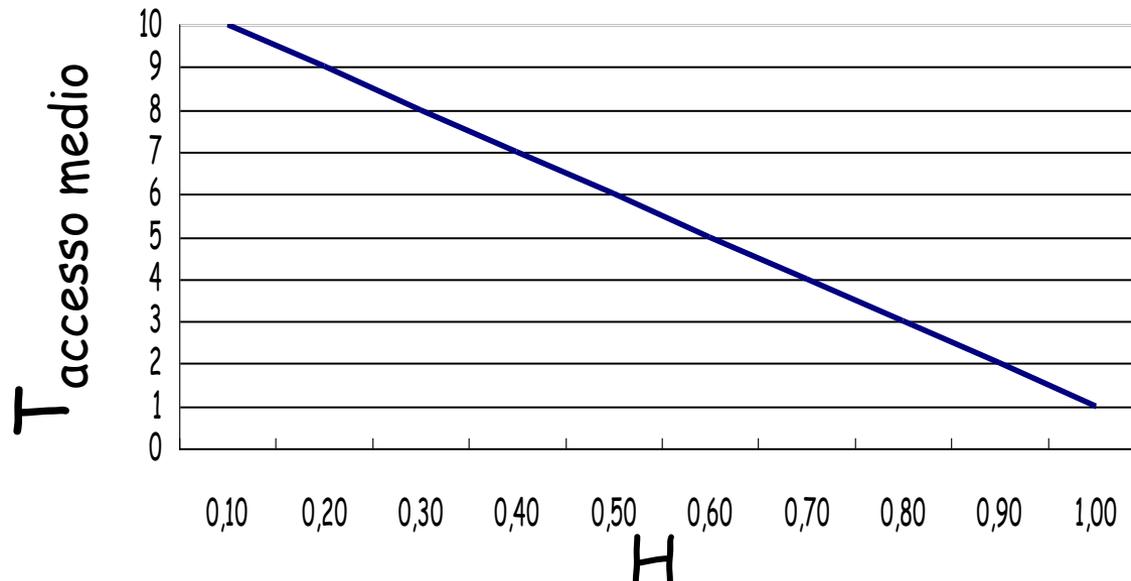
» è probabile che i dati vicini ad un dato a cui si è fatto riferimento vengano richiesti in tempi brevi

□ Località temporale

» È probabile che un dato a cui si è fatto riferimento venga nuovamente richiesto in tempi brevi

Cache: Prestazioni

- ❑ Tempo di accesso cache $t=1$
- ❑ Tempo di accesso memoria $T=10$
- ❑ Probabilità di hit H
- ❑ $T_{\text{accesso medio}} = t * H + (T + t) * (1 - H) = t + (1 - H) * T$



Dimensioni

❑ Cache è costosa

❑ Compromesso tra

» Garantire costi ragionevoli: Cache più piccola

» Incrementare la probabilità di trovare un dato nella cache: Cache più grande

○ Diminuisce sensibilmente il tempo di accesso della CPU

❑ Dimensioni tipiche: 1K-512K parole

» Sufficienti grazie alla località

○ $H > 0.7$