

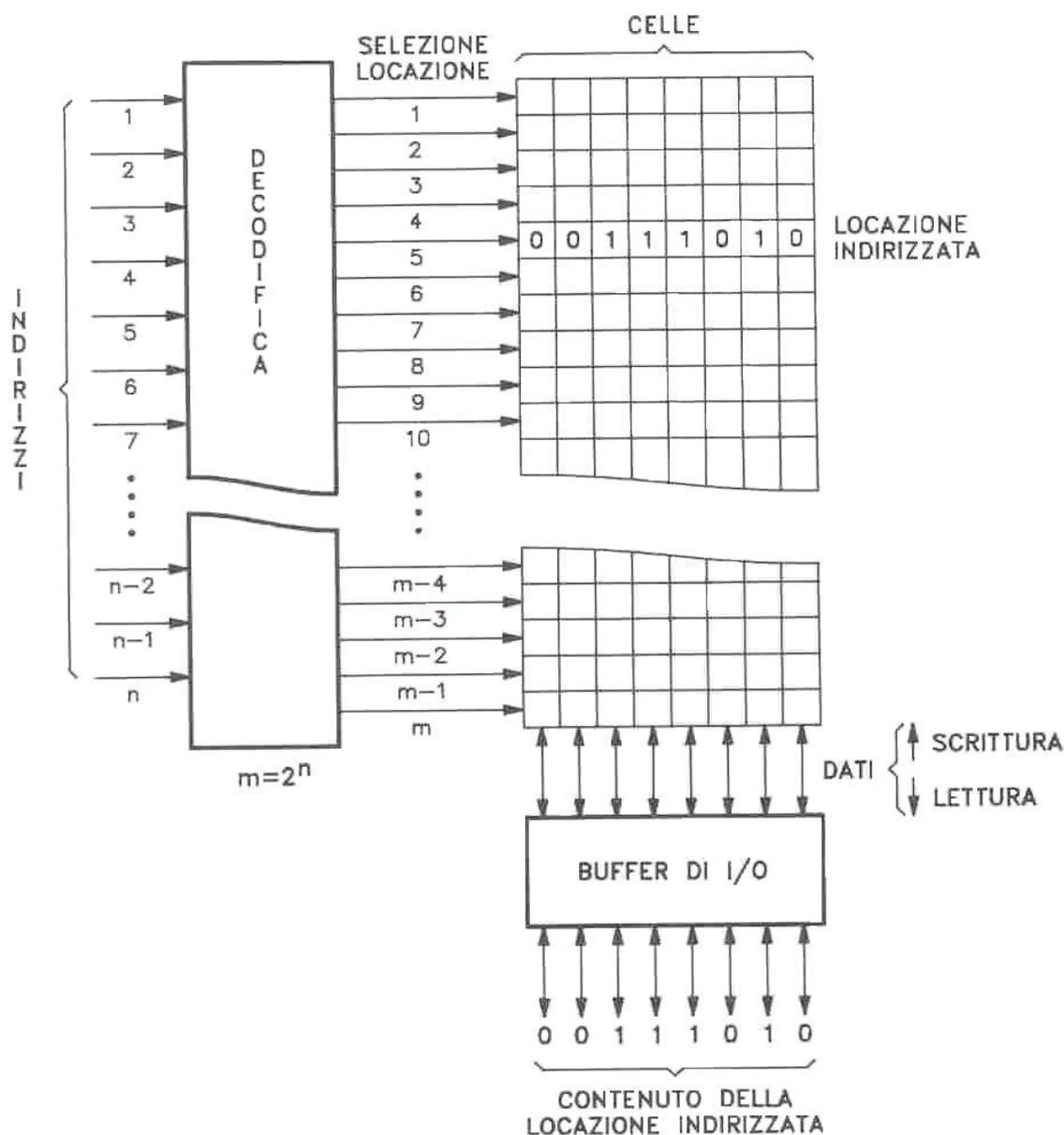
MEMORIE

1. Introduzione

Con il termine memoria si indica un dispositivo in grado di immagazzinare informazioni: queste possono venire acquisite, conservate (per un determinato periodo di tempo oppure permanentemente) e restituite.

Sebbene vi possano essere, a seconda del tipo di memoria, alcune differenze nella gestione delle informazioni, vi sono principi di base comuni a tutti i sistemi di memoria; sono quelli che consentono di accedere ad una determinata porzione della memoria (indirizzamento) per poter prelevare (*lettura*) o depositare (*scrittura*) una determinata informazione.

Una memoria può essere, quindi, rappresentata schematicamente come in figura:



2. Classificazione delle memorie elettroniche

Una memoria elettronica è un dispositivo in cui le informazioni sono memorizzate in forma elettrica.

Vediamo alcuni criteri di classificazione delle memorie.

1. In base al supporto

- **Elettroniche**: flip flop, condensatori
- **Magnetiche**: dischi magnetici, nastri
- **Ottiche**: compact disc, dischi ottici

2. In base alla volatilità (rispetto alla tensione di alimentazione)

Un'altra grossa distinzione che si può operare tra le memorie, riguarda la loro capacità di conservare l'informazione qualora venga meno l'alimentazione; distingueremo quindi tra:

- **Volatili**: perdono il contenuto quando manca l'alimentazione
- **Non volatili**: mantengono il contenuto in assenza di alimentazione

3. In base all'organizzazione dei dati

Un terzo tipo di classificazione infine, si può fare in base al tipo di **organizzazione** della memoria e, quindi, sulle **modalità di accesso** alle informazioni; distingueremo in questo caso tra:

- **Accesso seriale** (o sequenziale): tempo di accesso al dato dipendente dalla sua posizione. A questa famiglia appartengono, ad esempio, i registri a scorrimento (*shift register*)
- **Accesso casuale** (o random): tempo di accesso al dato indipendente dalla sua posizione
- **Accesso diretto** (o misto – es. dischi) : il tempo di accesso non è costante, dal momento che la testina di lettura deve spostarsi sulla superficie del supporto esso è influenzato dalla posizione di partenza della testina stessa; inoltre, una volta raggiunto il settore desiderato, avviene il caricamento in memoria principale non di un singolo dato, ma di tutto il blocco in modo seriale.

Noi ci occuperemo di memorie elettroniche, ad accesso casuale, volatili e non volatili.

3. Parametri caratteristici

La scelta del dispositivo più idoneo ad una determinata applicazione si basa generalmente su un criterio di analisi comparativa fra alcuni parametri caratteristici (si tratta di ricercare una soluzione di compromesso, cioè privilegiare alcune caratteristiche a scapito di altre).

I parametri caratteristici che solitamente vengono presi in considerazione sono:

- **Tempo di accesso**: tempo necessario per reperire un'informazione; esprime la velocità operativa del dispositivo. Nel caso di accesso casuale tutte le informazioni vengono reperite nello stesso tempo indipendentemente dalla posizione fisica in cui esse sono allocate, mentre nel caso di accesso seriale il tempo di accesso dipende da dove l'informazione è allocata;

- **Densità di integrazione:** rapporto tra quantità di memoria ed occupazione di spazio (bit/chip, massimo numero di bit che può essere immagazzinato con un unico circuito integrato);
- **Potenza assorbita:** potenza elettrica che bisogna spendere per la memorizzazione delle informazioni (Watt/bit);
- **Immunità al rumore:** esprime la prerogativa del dispositivo di poter lavorare in ambienti elettricamente disturbati;
- **Costo:** indica l'onere economico relativo alla memorizzazione delle informazioni.

4. Memorie elettroniche ad accesso casuale

1. Volatili:

- RAM (*Random Access Memory*) Statiche (**SRAM**); sono basate su flip-flop
- RAM Dinamiche (**DRAM**); sono basate sulla carica accumulata da un condensatore

3. Non volatili:

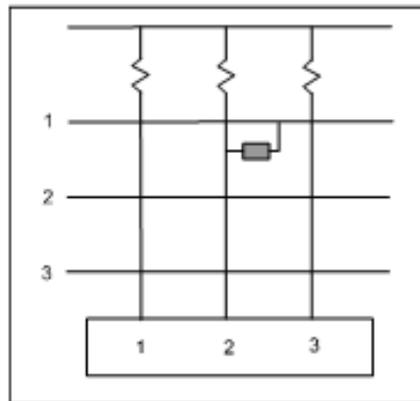
- **ROM** (*Read Only Memories*), anche dette ROM a maschera; sono realizzate con dati predefiniti dal costruttore (non modificabili) e non sono più riscrivibili
- **PROM** (*Programmable ROM*); sono a fusibili: il contenuto può essere scritto una sola volta (una volta programmate diventano delle ROM a tutti gli effetti e non possono essere riscritte)
- **EPROM** (*Erasable Programmable ROM*): sono memorie ROM programmabili e cancellabili tramite luce ultravioletta
- **EEPROM** o **E²PROM** (*Electrically Erasable Programmable ROM*): sono programmabili e cancellabili mediante opportuni impulsi elettrici. Una variante delle E²PROM, è rappresentata dalle memorie **FLASH**: al fine di ridurre i costi, sono basate su transistor più semplici e non permettono la riprogrammazione di una singola cella di memoria. Il numero di cicli di cancellazione e riprogrammazione è notevolmente ridotto rispetto a EPROM ed E²PROM (~100 cicli).

NOTA: le memorie non volatili EPROM ed E²PROM sono a loro volta delle RAM, dal momento che sono caratterizzate da un accesso casuale ai dati, ma, come già detto, si è optato per una nomenclatura (sebbene non rigorosa) che indica le memorie volatili R/W ad accesso casuale con in termine RAM e le memorie non volatili con l'acronimo ROM.

Le RAM nel linguaggio corrente sono le *Read and Write Memories*, ossia memorie per le quali il tempo di accesso in lettura e in scrittura è uguale.

Per le ROM, invece, non esiste una definizione assoluta ma il tempo di lettura è molto diverso da quello di scrittura, tipicamente $t_{\text{read}} \ll t_{\text{write}}$.

5. Struttura generale di una memoria



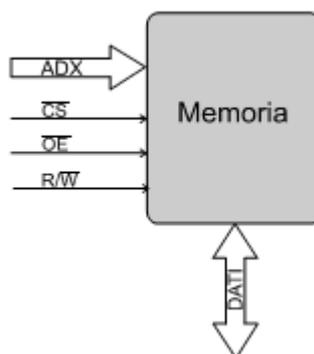
La memoria si può pensare come una matrice (una matrice di fili che si intrecciano ma non si toccano).

Tra una riga e una colonna c'è un componente, la cui natura dipende dal tipo di memoria: in ogni caso, tale componente può comportarsi come un corto circuito o come un circuito aperto.

Se immaginiamo di portare le colonne alla V_{cc} tramite una resistenza, si può pensare che il contenuto di informazione dipenda dalla presenza o meno di un collegamento tra riga e colonna. Nelle ROM a maschera (che vengono scritte una volta sola dal produttore in fase di realizzazione) si ha semplicemente o un collegamento diretto, oppure un circuito aperto.

Per quanto riguarda le RAM, il discorso è più complesso: un dispositivo di collegamento tra righe e colonne è sempre presente, ma si può comportare, a seconda delle esigenze, o come un corto circuito o come un circuito aperto.

Per verificare il comportamento del dispositivo in figura è sufficiente mettere a zero la riga 1: se il dispositivo non conduce (o non c'è) le colonne rimarranno a 1; se invece conduce, anche la colonna a cui è collegato andrà a 0, poiché è presente un collegamento diretto. Le colonne sono sempre a V_{cc} , indirizzando le righe viene variato il loro stato a seconda che ci sia o meno il dispositivo.



La figura precedente mostra la struttura generale di una memoria a lettura e scrittura, da cui si possono individuare le seguenti linee:

1. *Bus DATI*, un insieme di linee per i dati. Essendo la memoria a lettura e scrittura, il bus è bidirezionale;
2. *Bus ADX (INDIRIZZI)*, un insieme di linee per indirizzare le celle di memoria;
3. \overline{CS} (Chip Select, oppure \overline{CE} , Chip Enable), è un segnale di controllo per attivare il chip. Quando è attivo (livello alto), le linee dati si trovano in condizione di alta impedenza, cioè non si possono eseguire operazioni di lettura /scrittura;

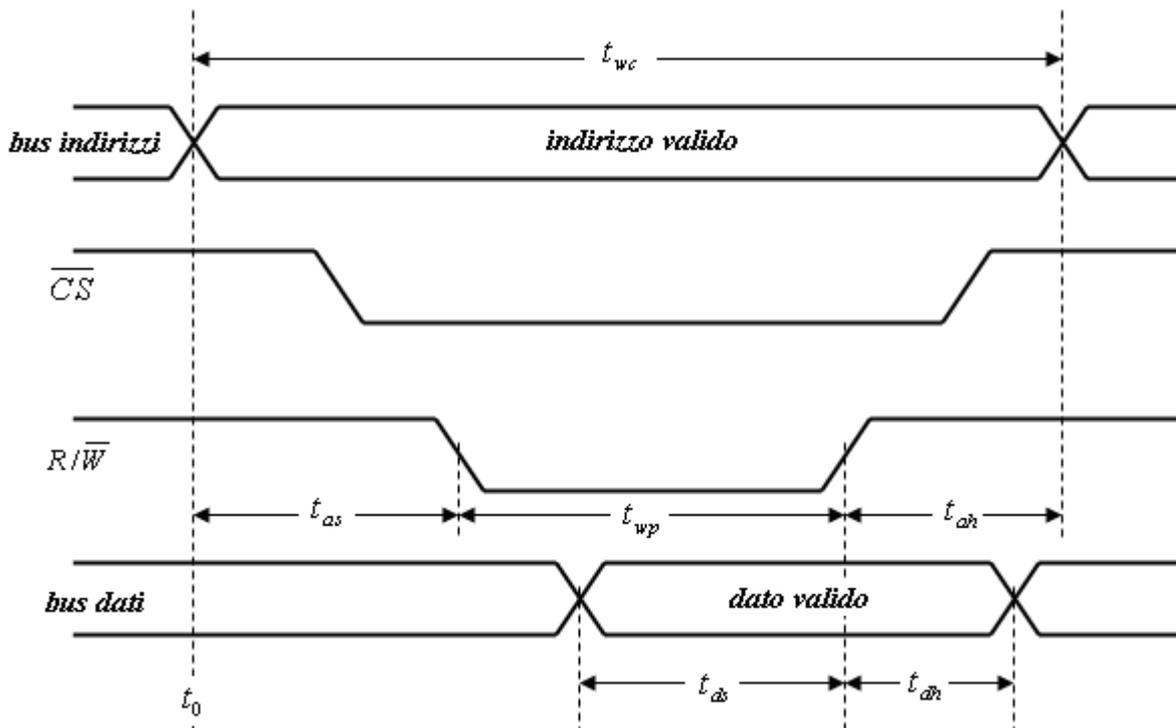
4. \overline{OE} (Output Enable), è un segnale che abilita i buffer di I/O della memoria;
5. R/\overline{W} (Read and Write), controlla la direzione del bus dati determinando l'operazione che deve essere effettuata (lettura o scrittura).

6. Temporizzazioni SRAM

Per utilizzare correttamente i dispositivi di memoria, occorre analizzare il comportamento dinamico degli stessi (*diagrammi di temporizzazioni*) delle SRAM.

6.1 Ciclo di scrittura

Nella seguente figura è illustrato il diagramma temporale relativo ad un'operazione di scrittura in memoria.



Il ciclo ha inizio a partire dall'istante t_0 in corrispondenza del quale è presente un nuovo indirizzo di memoria. Per la decodifica degli indirizzi, occorre attendere un tempo pari almeno a t_{as} (*address setup time* = tempo di assestamento dell'indirizzo) prima che i segnali \overline{CS} e R/\overline{W} siano entrambi attivi; questi rimangono contemporaneamente attivi per un tempo pari almeno a t_{wp} (*writing pulse time* = tempo dell'impulso di scrittura): in questo intervallo di tempo, sull'ingresso della memoria è presente il dato che deve essere scritto.

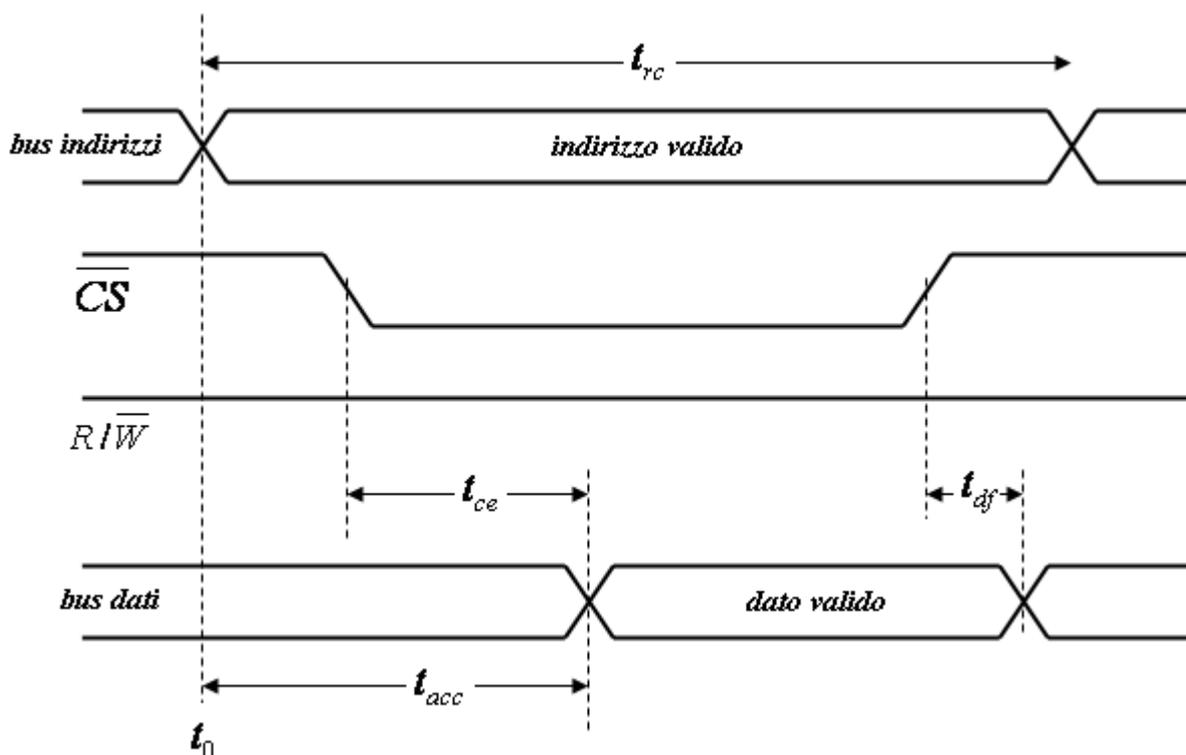
Il dato da scrivere deve permanere per un tempo pari almeno a t_{ds} (*data setup time* = tempo di assestamento dei dati) durante l'attivazione di \overline{CS} e R/\overline{W} e per un tempo pari almeno a t_{dh} (*data hold time* = tempo di mantenimento dei dati) dopo che i segnali \overline{CS} e R/\overline{W} sono stati disattivati; infatti poiché la memorizzazione dell'informazione avviene in corrispondenza del fronte di salita

dell'impulso di scrittura, i dati in ingresso devono essere mantenuti stabili fino a che la transizione non sia sicuramente terminata.

Analogamente anche l'indirizzo deve essere mantenuto stabile, dopo la disattivazione di \overline{CS} e R/\overline{W} per un tempo pari almeno a t_{ah} (*address hold time* = tempo di mantenimento dell'indirizzo); la durata completa del ciclo di scrittura è indicata dal tempo t_{wc} (*writing cycle time* = tempo del ciclo di scrittura).

Infine, è importante osservare che durante il ciclo di scrittura possono verificarsi determinati intervalli di tempo in cui si ha $\overline{CS} = 0$ e $R/\overline{W} = 1$: in queste circostanze la memoria si trova in modo lettura e ciò può provocare conflitti sul bus; la presenza del segnale di controllo \overline{OE} , mantenuto a livello logico alto per tutta la durata del ciclo di scrittura (buffer di uscita disabilitato), permette di evitare tali inconvenienti.

6.2 Ciclo di lettura



La linea di controllo \overline{CS} viene attivata dopo un certo tempo (necessario per consentire la stabilizzazione dei segnali di indirizzo), mentre il segnale R/\overline{W} rimane a livello alto per tutta la durata del ciclo di lettura.

Il tempo di accesso t_{acc} è il tempo massimo impiegato dalla memoria, da quando compare il nuovo indirizzo, per selezionare la corretta locazione di memoria e per fornire in uscita un dato valido; il termine t_{ce} è il tempo richiesto dalla memoria, dopo aver attivato il \overline{CS} per passare dal livello ad alta impedenza ad un livello di dato valido.

Il tempo di recupero t_{df} (*data floating time*) è il tempo che occorre attendere prima di altri inserimenti sul bus (per evitare conflitti).

Il tempo t_{rc} (*reading cycle time* = tempo del ciclo di lettura) indica la durata completa del ciclo di lettura.