



# Memorie volatili, memorie non volatili, e FPGA

Aniello Minutolo



## Memorie volatili

---

## Sommario

1

Memorie volatili

2

Memorie non volatili

3

FPGA

## Definizione di RAM

Le **RAM** (Random Access Memory) sono memorie ad accesso casuale che possono essere sia lette che scritte

- il termine è fuorviante in quanto tutti i chip di memoria sono accessibili in modo casuale.

Le RAM sono suddivise in due tipologie principali, **statiche** e **dinamiche**, ognuna con caratteristiche e applicazioni specifiche.

## RAM statiche

Le **RAM statiche** (SRAM) sono costruite utilizzando circuiti simili ai flip-flop D e hanno la proprietà di mantenere il proprio contenuto fintanto che vi è alimentazione.

Le SRAM sono estremamente veloci, con tempi di accesso nell'ordine dei nanosecondi o anche più piccoli

- grazie alla loro velocità, le SRAM sono spesso utilizzate come memorie cache di secondo livello nei sistemi moderni.

## RAM dinamiche

Le **RAM dinamiche** (DRAM) non usano flip-flop, ma sono composte da un array di celle che richiedono **refresh** periodici per evitare la perdita di dati

- ogni cella contiene un transistor e un piccolo condensatore, che può essere caricato o scaricato per memorizzare i valori 0 oppure 1.

Le **DRAM** hanno un'**elevata densità di bit** per chip grazie alla semplicità della struttura delle celle

- richiedono soltanto un transistor e un condensatore per bit, rispetto ai sei transistor per bit della migliore RAM statica;
- per questa ragione, le memorie centrali sono quasi sempre costruite utilizzando RAM dinamiche.

## Interfaccia e capacità delle DRAM

Rispetto alle SRAM, le DRAM necessitano di un'interfaccia più complessa per gestire il refresh

- in molte applicazioni questo svantaggio è compensato dalla maggior capacità che le RAM dinamiche possono offrire.

Le **DRAM** sono generalmente più **lente** delle SRAM, con tempi di accesso nell'ordine delle decine di nanosecondi

- spesso si ricorre a un uso combinato, realizzando una cache con RAM statica e la memoria centrale con RAM dinamica.

## Tipologie di DRAM

La più datata è la **DRAM FPM** (Fast Page Mode), ancora utilizzata nei calcolatori più vecchi

- organizzata a matrice di bit, richiede segnali RAS (Row Address Strobe) e CAS (Column Address Strobe ) per l'accesso ai dati.

In seguito, sono arrivate le **DRAM EDO** (Extended Data Output)

- permettono l'inizio di un nuovo accesso prima del completamento del precedente, aumentando la larghezza di banda.

I chip FPM e EDO lavoravano in modo accettabile quando i chip di memoria avevano dei cicli di 12 ns, o erano addirittura più lenti.

## Le DRAM sincrone

Quando i processori sono diventati così veloci da richiedere memorie più rapide, i chip FPM e EDO sono stati sostituiti dalle **SDRAM** (Synchronous DRAM)

- la SDRAM è una RAM ibrida, in parte statica e in parte dinamica, ed è guidata dal clock principale del sistema.

Il maggior vantaggio delle **SDRAM** è che il clock elimina la necessità dei segnali di controllo per specificare al chip quando deve rispondere

- l'eliminazione dei segnali di controllo aumenta il tasso di trasferimento dati tra CPU e memoria.

## Le memorie DDR

In seguito, sono state introdotte le **SDRAM DDR** (Double Data Rate)

- il chip produce un output sul fronte di salita del segnale di clock e uno sul fronte di discesa, raddoppiando così il tasso di trasferimento dati.

Le memorie **DDR2** e **DDR3** offrono prestazioni migliori delle DDR grazie all'incremento delle velocità del bus a 533 MHz e 1067 MHz rispettivamente.



Memorie non volatili

## Definizione di ROM

Le **ROM** (Read-Only Memory) sono memorie di sola lettura che mantengono i dati anche senza alimentazione, e che non possono essere modificate o cancellate, né intenzionalmente né accidentalmente.

Le **ROM** sono programmate durante la fabbricazione tramite un processo fotolitografico che incide il pattern di bit desiderato

- la modifica dei dati richiede la sostituzione dell'intero chip, rendendole inadatte per applicazioni che necessitano di aggiornamenti.

## Vantaggi e svantaggi delle ROM

Le ROM sono economiche in grandi volumi grazie all'ammortizzazione del costo della maschera di produzione.

La mancanza di flessibilità e i lunghi tempi di consegna rendono le ROM poco adatte per prototipazione e sviluppo.

Le ROM sono ideali per prodotti di massa con programmi e dati fissi, come, ad esempio, giocattoli ed elettrodomestici

- il programma e alcuni dati devono rimanere memorizzati anche quando viene tolta l'alimentazione;
- si richiede mai la modifica del programma né dei dati installati.

## PROM (Programmable ROM)

- Le **PROM** sono memorie programmabili una volta soltanto dall'utente, evitando così i tempi di attesa per la produzione della maschera.
- Le **PROM** contengono fusibili che possono essere bruciati per programmare i bit, rendendole non modificabili dopo la programmazione.
- Le **PROM** sono utili per lo sviluppo di prototipi e prodotti su piccola scala, dove la flessibilità è essenziale.

## EPROM (Erasable PROM)

- Le **EPROM** sono memorie cancellabili esponendole a luce ultravioletta, permettendo quindi riprogrammazioni multiple.
- Le **EPROM** sono più economiche delle **PROM** in scenari di test iterativi grazie alla possibilità di riutilizzo.
- Le **EPROM** mantengono la stessa organizzazione delle **SRAM**, rendendole compatibili con molti sistemi esistenti.

## EEPROM (Electrically Erasable PROM)

- Le **EEPROM** sono memorie cancellabili elettricamente senza rimozione dal circuito, offrendo quindi maggiore praticità rispetto alle EPROM.
- Le **EEPROM** sono più **lente** e **costose** delle RAM, con capacità inferiore, ma essenziali per applicazioni che richiedono non volatilità.
- Le **EEPROM** sono utilizzate solo quando la proprietà di non volatilità è critica, nonostante gli svantaggi in velocità e costo.

# Memoria Flash

- Le Memoria Flash sono memorie cancellabili a blocchi e riscrivibili, in modo da combinare i vantaggi delle EPROM e delle EEPROM.
- Le Memoria Flash non richiedono la rimozione dal circuito per la cancellazione, trovando applicazione in dispositivi come fotocamere digitali.
- Le Memoria Flash stanno sostituendo i dischi magnetici grazie a tempi di accesso ridotti e minori consumi, nonostante il costo per bit più elevato.



FPGA

## Definizione di FPGA

- Gli **FPGA** (Field-Programmable Gate Array) sono circuiti integrati che contengono una logica programmabile e permettono di formare un circuito logico **arbitrario** semplicemente caricando l'FPGA con i dati di configurazione appropriati.
- Gli FPGA offrono **tempi di sviluppo** ridotti rispetto ai circuiti integrati tradizionali, ideali per prototipazione e piccole produzioni.
- Nonostante i vantaggi, gli FPGA sono **meno efficienti** in termini di costo, velocità e consumo energetico rispetto ai circuiti integrati custom.

## Componenti principali degli FPGA

Il chip **FPGA** contiene due componenti principali che vengono replicati più volte

- le LUT (Look-Up Table, tabelle di ricerca)
- e interconnessioni programmabili

## Componenti principali degli FPGA

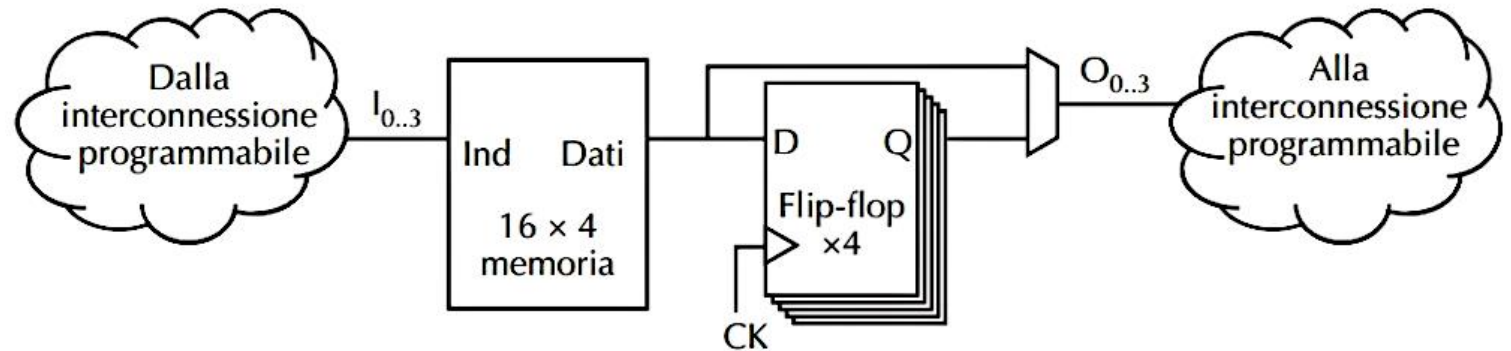
Una **LUT** (Look-Up Table) è una piccola memoria programmabile che può emulare una funzione logica arbitraria, e che produce un segnale in uscita che viene poi trasmesso alla **interconnessione programmabile** ed eventualmente a un registro

- la programmazione della LUT richiede il caricamento nella memoria delle risposte appropriate della logica combinatoria da emulare;
- se la logica combinatoria produce il valore di Y per un dato ingresso X, il valore Y va scritto nella LUT all'indice X.

## Esempio di implementazione con FPGA

Un contatore a 3 bit con reset può essere implementato con una LUT programmata per gestire gli stati e il segnale di reset.

- La LUT memorizza gli stati successivi del contatore, aggiornando il valore in base all'input corrente e al segnale di reset.



Assegnamento dei segnali

FPGA	Contatore
$I_3$	CLR
$O_{2..0}$	$O_{2..0}$
CK	CK

Ind	Dati
0	1
1	2
2	3
3	0

Ind	Dati
4	0
5	0
6	0
7	0

## Vantaggi e limiti degli FPGA

- Gli FPGA permettono la prototipazione rapida di circuiti, riducendo i tempi di sviluppo da mesi a ore.
- I progetti complessi possono richiedere FPGA più grandi o multipli, aumentando i costi e la complessità di implementazione.
- Gli FPGA sono ideali per applicazioni su piccola scala o prototipi, mentre i circuiti integrati custom rimangono superiori per grandi volumi.

## Processo di sintesi su FPGA

- Per utilizzare un FPGA il progetto deve essere descritto con una rappresentazione del circuito o con un linguaggio di descrizione hardware (HDL) e sintetizzato per mapparlo sull'architettura FPGA.
- Il sintetizzatore ottimizza il progetto per adattarlo alle risorse disponibili sull'FPGA, come il numero di LUT e interconnessioni.
- Se il progetto non si adatta all'FPGA, è necessario semplificarlo, ridurre le funzionalità o utilizzare un FPGA più grande e costoso.

# Bibliografia

## **Libro di testo**

- Andrew S. Tanenbaum e Todd Austin. Architettura dei calcolatori. Un approccio strutturale. 6/ED. Anno 2013. Pearson Italia spa. (Disponibile nella sezione “Biblioteca”)

## **Fonte argomenti e immagini**

- Capitolo 3, Paragrafo 3.3.6, pp. 186-191