

## RICHIAMI SUI CIRCUITI INTEGRATI DIGITALI

I circuiti logici sono stati i primi a subire il processo di integrazione su un unico chip (integrati monolitici) e sono attualmente i circuiti su cui la miniaturizzazione ha raggiunto i limiti più avanzati.

Un circuito integrato monolitico è formato dunque da una sottile piastrina di silicio monocristallino o substrato detto comunemente chip, nel quale, con opportuni processi produttivi, vengono ricavati e interconnessi tra loro migliaia di componenti elettronici, quali resistenze, transistor, capacità, diodi etc...con la possibilità di utilizzarli per qualsiasi tipo di funzioni digitali o binarie, sia in forma di circuiti combinatori o sequenziali.

Rispetto ad un circuito a componenti discreti si hanno i seguenti vantaggi:

- **riduzione di costi;**
- **maggior affidabilità** dovuta al minor numero di connessioni che si devono realizzare a parità di prestazioni;
- **riduzione delle dimensioni** e, pertanto, degli ingombri circuitali;
- possibilità di soluzioni circuitali non esistenti nella circuitistica discreta
- **minore consumo di potenza** e minori problemi legati allo smaltimento del calore (la potenza assorbita va da pochi  $\mu\text{W}$  a qualche centinaio di mW)

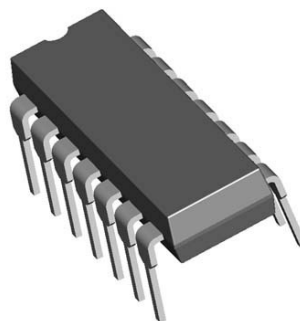
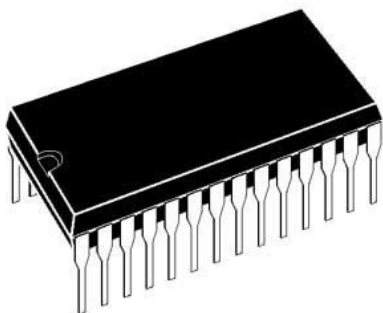
La più grossa limitazione al disporre di un elevato numero di componenti elementari entro un singolo integrato sta nella necessità di portare all'esterno i collegamenti elettrici.

I circuiti integrati sono realizzati per elaborare segnali sia analogici che digitali .

I **microcircuiti digitali** possono contenere un elevato numero di componenti , in quanto ogni transistor può assumere solo due stadi funzionali: conduzione (0) o interdizione (1).

Nei **microcircuiti analogici** il segnale può assumere valori variabili nel tempo, per cui viene amplificato con transistori non tutti identici (negli stadi finali occorrono transistori di potenza).

Questi integrati possono quindi contenere un numero di componenti elettronici più basso rispetto a quelli digitali.



La figura mostra alcuni integrati nel loro classico contenitore **DIP** (Dual In Line Package) o **DIL**, plastico contraddistinto dalla lettera N o P, e ceramico contraddistinto con la lettera J

Su un'unica piastrina di silicio (chip) trovano sistemazione tutti i componenti del circuito. La piastrina viene saldata su di un supporto collocato all'interno del contenitore provvisto di terminali (pin o piedini).effettuati i collegamenti fra chip e terminali , la piastrina viene annegata in resina epossidica e incapsulata ermeticamente nel contenitore.

Altri tipi di contenitore sono:

**SIL** = Single In Line (con i piedini su di un solo lato)

**PLLC** =Plastic Leaded Chip Carrier) (con i piedini su tutti e quattro i lati)

**FLAT** = piatto

**SOP** = Small Outline Package (per montaggio superficiale)

I primi circuiti integrati sono stati prodotti intorno al 1960 e da allora si sono sviluppate diverse famiglie logiche alcune delle quali sono state ormai abbandonate.

### LE SCALE DI INTEGRAZIONE

Il livello di integrazione dei circuiti cresce con la complessità della funzione logica e caratterizza la cosiddetta scala di integrazione.

In base al livello di integrazione si ricorda la seguente suddivisione:

**SSI** – (Small Scale Integration = integrazione su piccola scala) comprende gli integrati che contengono fino a una decina di porte digitali e sono normalmente gli operatori fondamentali: OR, AND, NOT, AND,FLIP,FLOP, BUFFER ecc realizzati con poche decine di transistor

**MSI** – (Medium Scale Integration = integrazione su scala media ) comprende gli integrati che contengono alcune decine di da 12 a 100 porte logiche e sono normalmente contatori, decodificatori, registri, multiplexer ecc. realizzati con alcune centinaia di transistor

**LSI** - (Large Scale Integration = integrazione su grande scala ) Dal centinaio a qualche migliaio di porte elementari e realizza in genere una singola funzione logica di notevole complessità realizzati con migliaia di transistor

**VLSI** - (Very Large Scale Integration = integrazione su grandissima scala) Con un numero di molte migliaia di porte elementari ; in questa scala si realizzano i microprocessori e le unità di I/O ed altri apparati accessori ai  $\mu$ p.

**VHSI** - (Very High Scale Integration= scala di integrazione estremamente elevata)  $\mu$ p a 32 bit e circuiti di grande complessità.

La LSI e la VLSI sono generalmente in tecnologia CMOS perché è l'unica che li rende attuabili.

### LE FAMIGLIE LOGICHE

Con l'espressione famiglia logica si intende un insieme di circuiti integrati realizzati con la stessa tecnologia, ciascuno dei quali implementa in forma semplice o multipla una ben determinata funzione logica.

Le famiglie logiche in base al tipo di transistor usato ,si distinguono in :

- **bipolari** (se hanno come elemento base il transistor BJT) con le serie DTL,TTL ed ECL (fine anni 60 - primi anni 70)

- **unipolari** (se hanno come elemento base il transistor MOS) con le serie N-MOS, PMOS, CMOS (seconda metà anni 70) che ha consentito un aumento nel livello di integrazione ed un minor consumo di potenza;

La bipolare è impiegata per la fabbricazione di circuiti analogici e di circuiti logici che richiedono elevate velocità di commutazione ma le unipolari, anche se molto meno veloci (escluse le famiglie HC e AC) dissipano meno potenza.

Le famiglie più importanti sono la TTL e la CMOS

- La serie **TTL** (Transistor-Transistor-Logic) impiega come elementi fondamentali della commutazione i transistori con livelli di integrazione MSI ed in alcuni casi anche LSI. Tale serie, nata dopo la DTL, ha permesso di realizzare l'integrazione di funzioni binarie complesse, non ottenibili con la precedente. Una delle ragioni per cui è ancora usata è l'elevata velocità di commutazione anche se il consumo di potenza, come accennato, è stato migliorato dalle nuove tecnologie. Dalla famiglia standard STD sono derivate la :
  - LS (Low Power-Schottky), che attualmente rappresenta la famiglia di riferimento. (basso consumo e buona velocità)
  - TTL S (Schottky) velocità molto elevata e pertanto usata per le alte frequenze
  - TTL AS (Advanced Schottky) che rappresenta la famiglia TTL più veloce
  - TTL ALS (Advanced Low Power-Schottky) che migliora le prestazioni della LS
  - TTL L (Low Power) sempre meno usata
  - FAST della Fairchild.
- La serie CMOS, grazie alla famiglia HC (High-speed CMOS), di elevata velocità e un basso consumo e per velocità di commutazione e capacità di pilotaggio compatibile con la TTL, sta portando una serie concorrenza alla serie TTL LS. Altre famiglie della CMOS sono:
  - HCT, alimentata a 5V presenta livelli di ingresso di tipo TTL (la HC no perché viene alimentata da 2 a 6 V)
  - AC e ACT presentano ulteriori miglioramenti
  - CMOS 4000
  - 74C della National compatibile con la TTL.
- La serie **ECL** (Emitter-Coupled-Logic) si è riusciti ad estendere il campo di utilizzazione dei CI digitali anche alle alte frequenze superiori a 20 30 Mhz, ottenendo velocità di commutazione estremamente elevate. Sono famiglie logiche di tipo bipolare non saturato in cui cioè i BJT non vengono commutati in saturazione, come invece avviene per le TTL.

altra tecnologia di fabbricazione era la serie **DTL** (Diode- Transistor- Logic) dove si realizza l'integrazione impiegando come elementi basilari per la commutazione diodi e transistori, con densità a livello di integrazione SSI. È stata una delle prime serie apparse negli anni 70 e praticamente non si utilizza più nelle nuove progettazioni anche perché questi componenti hanno una bassa velocità di risposta.

NOTA: I C.I. digitali lavorano in base ai due stati (livelli) 0 e 1 e pertanto è evidente che vengano richieste esigenze di notevole velocità nel passaggio dallo stato 0 a 1 (dall'interdizione alla conduzione).

Vi sono componenti che effettuano anche una amplificazione di tensione o corrente tra il segnale di uscita e quello di ingresso ed essi sono :

il transistor bipolare (BJT) ed il transistor unipolare (MOS) che assieme al diodo costituiscono esempi di componenti non lineari, in quanto la loro caratteristica elettrica è funzione della tensione o della corrente del circuito in cui il componente viene inserito (la caratteristica non è indipendente come nel caso di un resistore la cui resistenza non varia al variare di V o di I).

## **LE DIFFERENZE TRA LA TTL E LA CMOS**

Tra le due principali tecnologie di fabbricazione dei Circuiti integrati (TTL e CMOS) esistono pertanto le seguenti differenze fondamentali:

- I TTL assorbono corrente agli ingressi mentre i CMOS non ne assorbono in virtù della modalità di pilotaggio dei componenti che richiedono due livelli di tensione con intensità di correnti molto deboli.
- I TTL richiedono un solo valore della tensione di alimentazione,  $V_{cc}=5V$ , mentre i CMOS possono essere alimentati in un campo di tensioni  $V_{dd}= 3 \text{ \% } 15 V$
- I TTL assorbono dall'alimentazione una potenza molto più elevata di quella dei CMOS, e pertanto dissipano maggiore potenza
- I CMOS sono più lenti dei TTL nella commutazione da 0 a 1 e quindi anche le porte logiche CMOS, escluse le famiglie HC e AC.
- L'ingombro dei CMOS (nei circuiti integrati monolitici) è assai minore di quello dei bipolari pertanto i CMOS comprendono appunto nello stesso CHIP un numero di porte logiche più elevato dei TTL.
- I CMOS sono più delicati e sensibili alle cariche elettrostatiche, ma presentano un numero di vantaggi superiore e si tende ad utilizzarli in sostituzione dei TTL.

Se si sceglie la TTL, si troverà la maggior parte dei modelli precedenti compresi in una famiglia o serie denominata 74 (  $0^{\circ} - 70^{\circ} C$  ) seguita da due o più cifre che completano l'identificazione di ogni singolo tipo. La serie militare viene invece contraddistinta dalle prime due cifre 54 con temperature di lavoro che variano da  $-55^{\circ}$  a  $+125^{\circ}C$ .

Se si tratta della tecnologia CMOS esiste la cosiddetta serie 4000 i cui elementi sono identificabili in quanto nella prima o seconda parte della loro denominazione presentano sempre il numero 4.