

# Tecnologia microelettronica

Corso di Architettura degli elaboratori e laboratorio – Modulo  
Laboratorio

**Gabriella Verga**

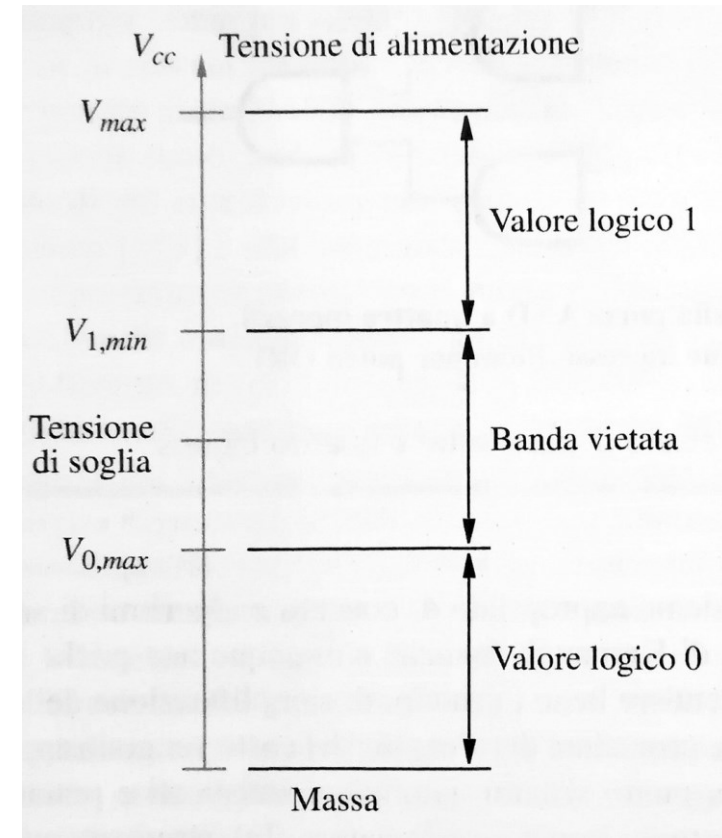
# Rappresentazione variabili binarie

Nei **circuiti elettronici**, per rappresentare i valori 0 e 1 delle variabili binarie, normalmente si usano valori di **tensione elettrica (voltaggio)**

Per discretizzare il valore della tensione (grandezza continua), si usa la **soglia di separazione**

Tutti i valori di tensione superiori alla tensione di soglia rappresentano il valore 1 mentre quelli inferiori il valore 0

I valori vicini alla soglia sono imprevedibili e dunque ambigui. Per evitare l'incertezza data dal rumore del circuito, tutti i **valori prossimi alla tensione di soglia** non vengo presi in considerazione (**banda vietata**).

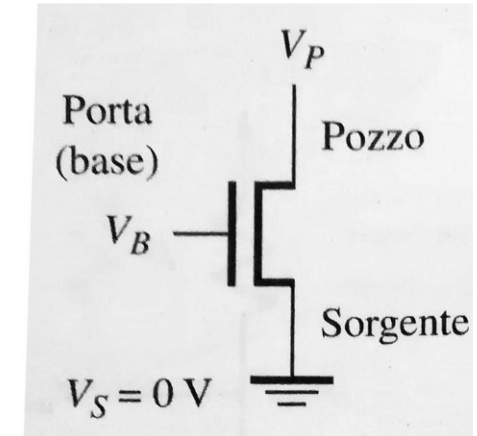


# Transistori

- I **transistori** sono delle componenti elettroniche che possono svolgere la funzione di interruttori.
- A seconda della tensione ricevuta in ingresso possono trovarsi in stato di **conduzione o interdizione**.
- La tecnologia più comunemente usata è il **transistore a metallo-ossidosemiconduttore (MOS)**.
- Valori tipici di tensione per tecnologia **MOS**:
  - $V_{cc} = 5$  Volt
  - $V_{1,min} = 3.8$  Volt
  - **Soglia** = 2.5 Volt
  - $V_{0,max} = 1.3$  Volt
  - $V_{massa} = 0$  Volt

# Transistori MOS

- I transistori MOS hanno 3 collegamenti: **Base (Porta), Pozzo e Sorgente**
- A seconda della tensione in ingresso nella Base ( $V_B$ ) il transistorore **collegherà o meno** la Sorgente al Pozzo
- Se il transistorore è in **stato di conduzione** la tensione nel Pozzo diventerà uguale alla tensione nella Sorgente

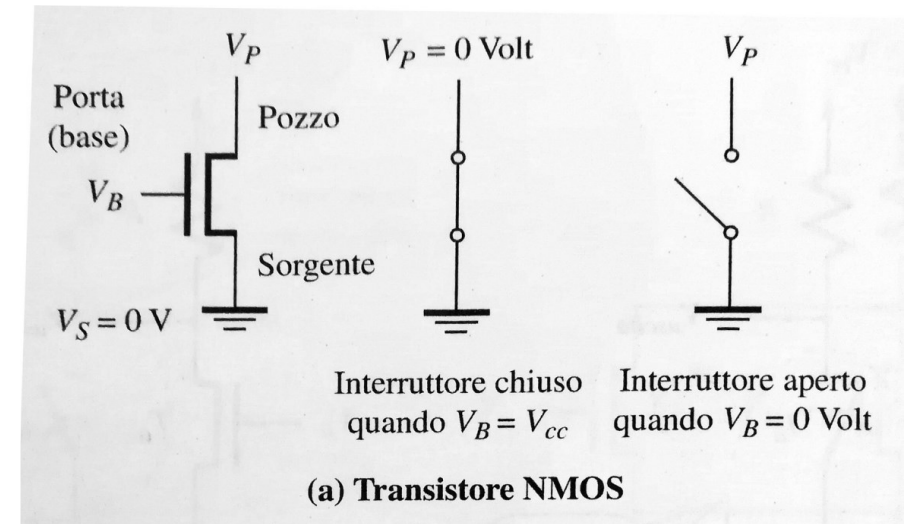


Esistono 2 tipi di transistori MOS: **NMOS – PMOS**

- Entrambi funzionano come interruttori, ma sono controllati in ingresso da valori di tensione in opposizione e dunque da valori logici complementari.

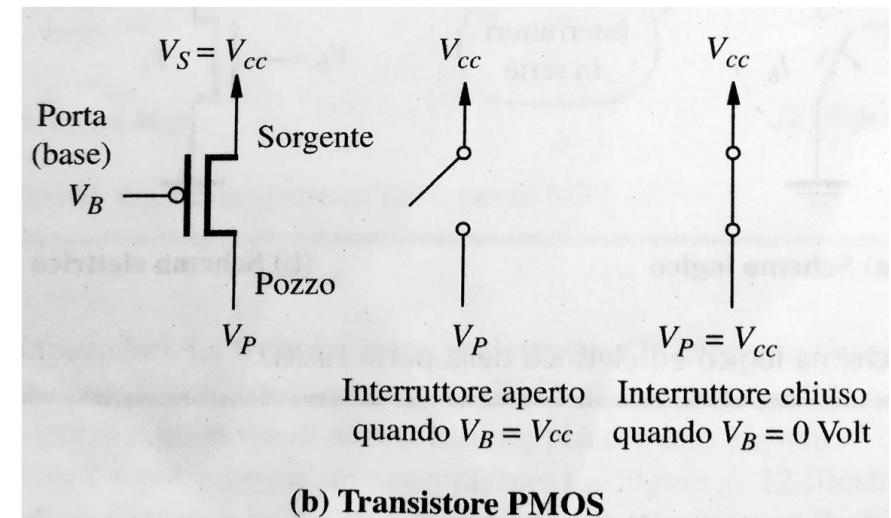
# Transistori NMOS

- Se  $V_b = V_{cc} \rightarrow$  il transistor è in conduzione ON
  - Interruttore chiuso
- Se  $V_b = 0 \rightarrow$  il transistor è in interdizione OFF
  - Interruttore aperto



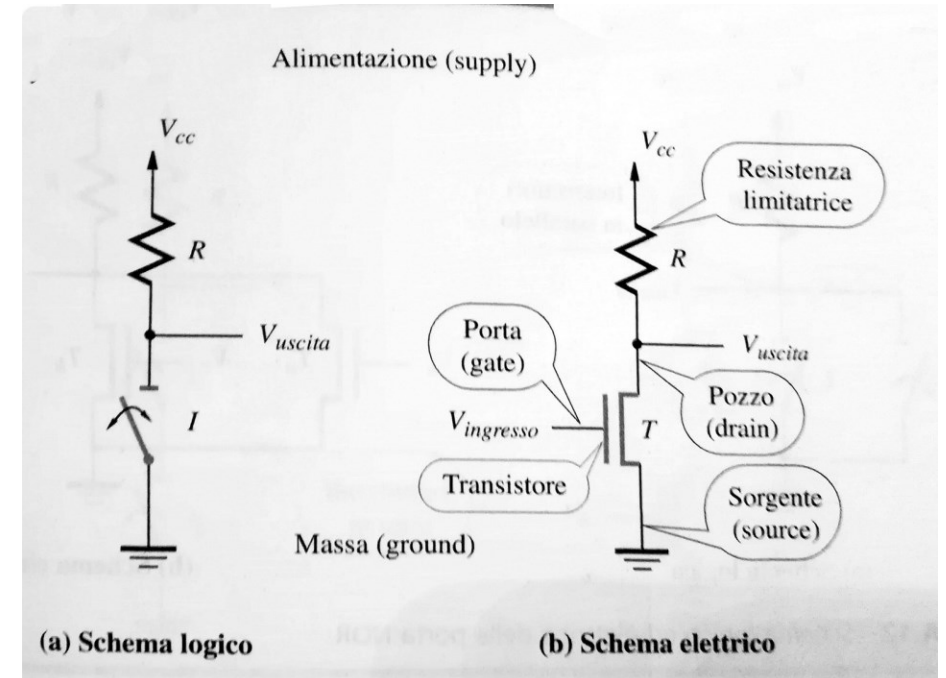
# Transistori PMOS

- Se  $V_b = V_{cc} \rightarrow$  il transistorore è in interdizione OFF
  - Interruttore aperto
- Se  $V_b = 0 \rightarrow$  il transistorore è in conduzione ON
  - Interruttore chiuso



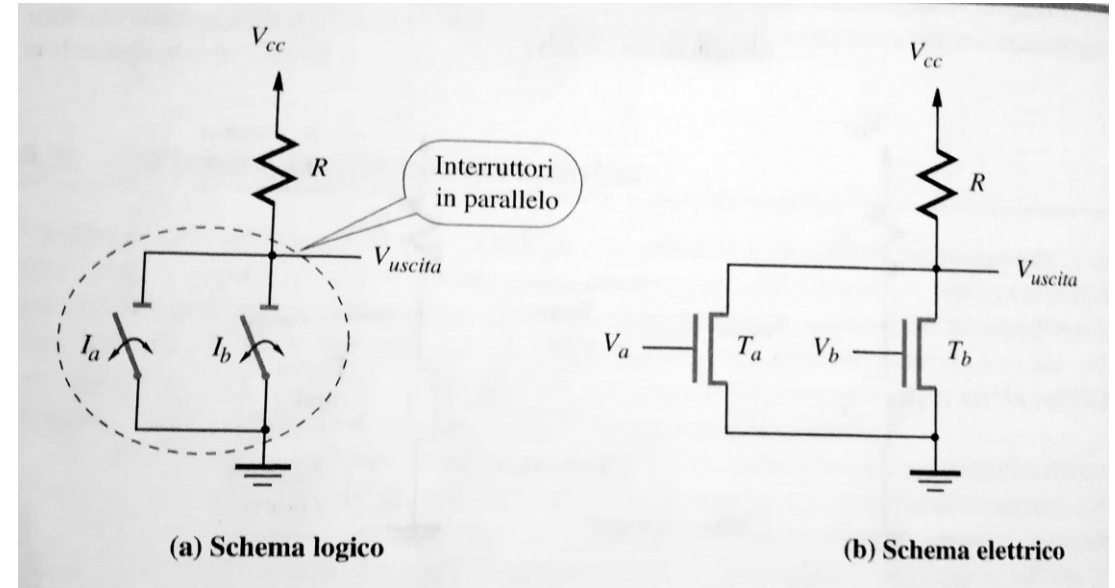
# Circuiti NOT

- Si ottiene una **porta NOT** con un transistor NMOS collegando:
  - Sorgente alla massa
  - Pozzo all'alimentazione tramite una resistenza
- I chiuso  $\rightarrow V_{uscita} = V_m = 0$
- I aperto  $\rightarrow V_{uscita} = V_{cc} = 1$
- Se  $V_{ingresso} = 0 \rightarrow$ 
  - Interdizione (OFF) e  $V_{uscita} = V_{cc}$
- Se  $V_{ingresso} = V_{cc} \rightarrow$ 
  - Conduzione (ON) e  $V_{uscita} = 0$
- Per una tensione di ingresso alla base a "1" si ottiene una tensione di uscita nel pozzo a "0" e viceversa



# Circuiti NOR

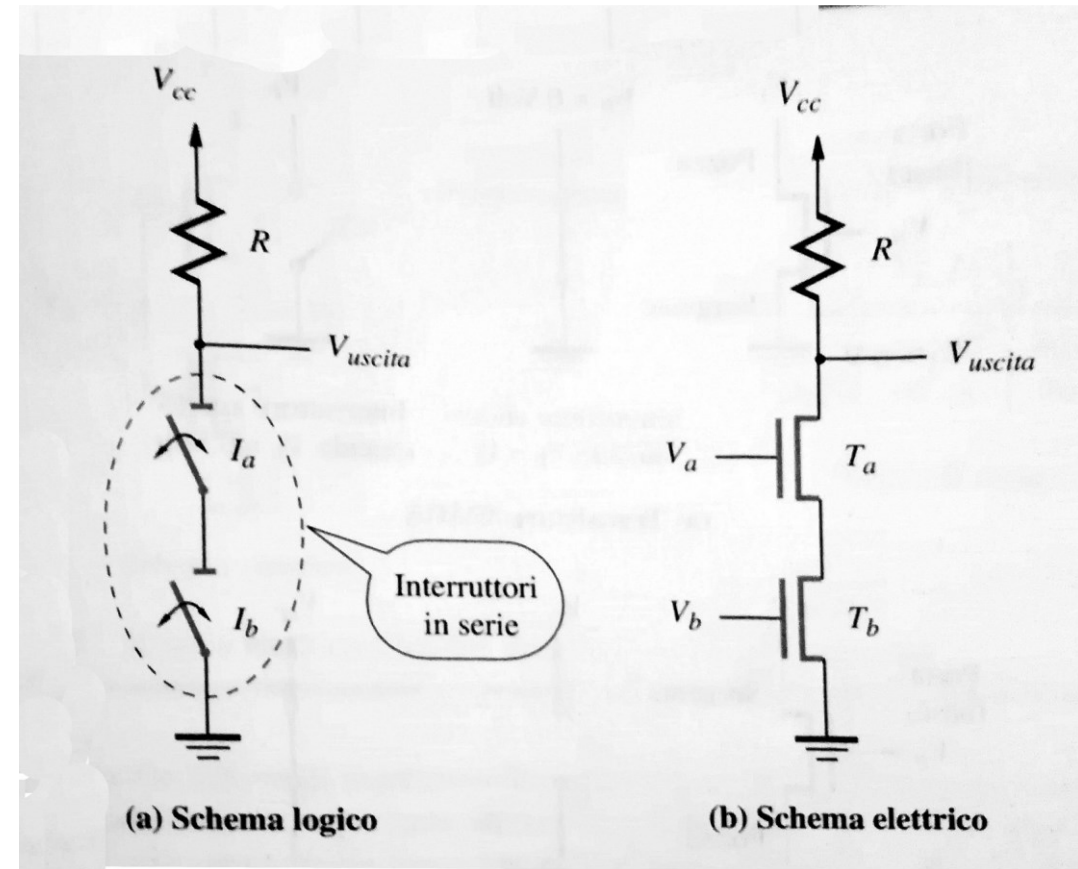
- Collegando due transistori **NMOS in parallelo** si ottiene una **porta NOR**
- **Ambedue aperti:**  $V_{uscita} = V_{cc} = 1$
- Solo se entrambi i transistori sono in interdizione la tensione in uscita sarà "1" altrimenti è pari a "0"





# Circuiti NAND

- Collegando due transistor **NMOS in serie** si ottiene una **porta NAND**
- Solo se entrambi i transistor sono in conduzione ( $V_a = V_b = \text{"1"}$ ) la tensione in uscita sarà **"0"**



# Circuiti AND e OR

- **AND**

- collegando in serie i circuiti di porta NAND e NOT.

- **OR**

- collegando in serie i circuiti di porta NOR e NOT.

# Tecnologia CMOS

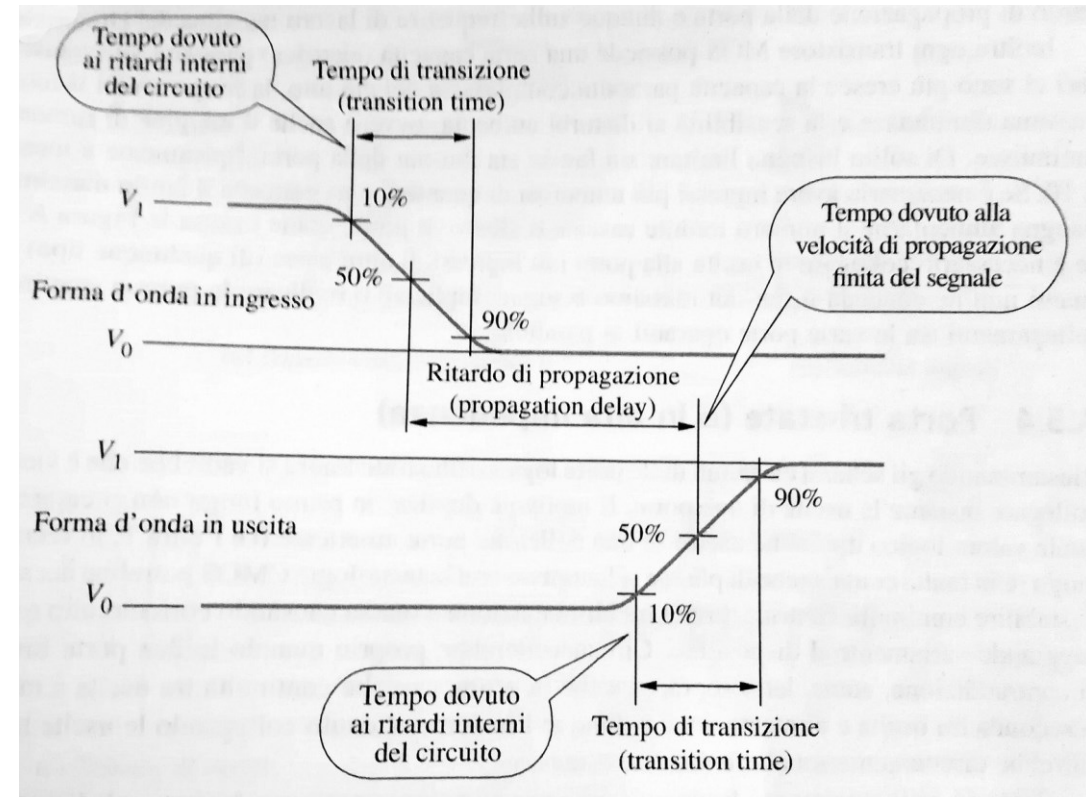
- Il grande svantaggio della tecnologia NMOS e nei circuiti di porta che ne derivano sta nell'elevato consumo di energia che essi esibiscono. Infatti i transistori NMOS consumano molta energia in stato di conduzione dovuto alla resistenza.
- Il problema si risolve con la tecnologia MOS Complementare (**CMOS**).
- La tecnologia CMOS consiste in un circuito composto da un ramo di transistor NMOS collegato in serie ad uno di PMOS.
- Il comportamento dei due rami è complementare e in stato stabile non c'è mai continuità tra massa e alimentazione.

# Vantaggi Tecnologia CMOS

- Consumo di potenza ridotto (consumo solo in fase di commutazione).
- Potenza elettrica dissipata proporzionale alla frequenza di commutazione.
- Transistori MOS hanno dimensioni molto ridotte (componenti con miliardi di transistori integrati).
- Piccole dimensioni = alta frequenza massima di commutazione (nell'ordine dei GigaHertz).

# Ritardi in un circuito

- Il **tempo di transizione** è il tempo impiegato da un segnale per transitare di livello.
- Il **ritardo di propagazione** è il tempo che impiega l'uscita di un circuito ad adattarsi ai nuovi valori di input.
- Il ritardo di propagazione del percorso più lento che collega ingresso e uscita si dice **critico**.
- La **frequenza di lavoro** di un circuito sono le volte che esso commuta in un determinato tempo.



# Vincoli Fan-in e fan-out

- Il numero di ingressi di una porta logica è chiamato **fan-in**
- Il numero di ingressi paralleli a cui può essere collegata l'uscita di una porta logica è chiamato **fan-out**
- Fan-in e fan-out **elevati** incidono negativamente sul **ritardo di propagazione** e sul **marginale di rumore**
- Tipicamente si limitano il fan-in e fan-out a meno di 10 per porta

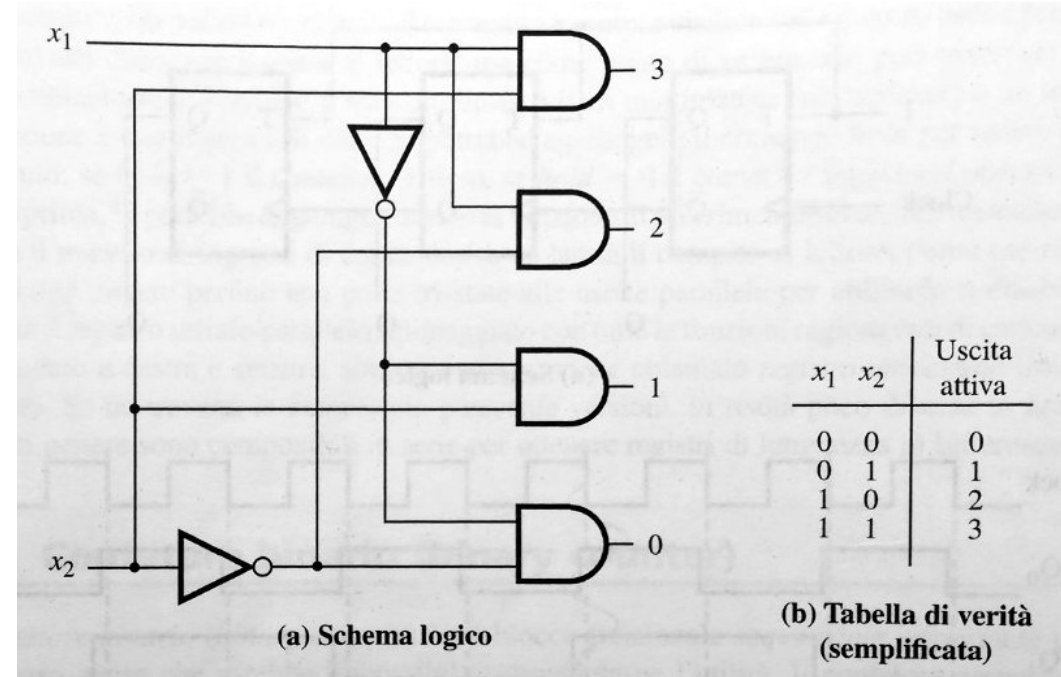
# Circuiti Integrati

Corso di Architettura degli elaboratori e laboratorio – Modulo  
Laboratorio

**Gabriella Verga**

# Decodificatore (decoder)

- Il decodificatore è un blocco funzionale combinatorio in grado di decodificare un codice binario in ingresso
- Il decodificatore possiede  $n$  ingressi e  $2^n$  uscite e attiva la linea di uscita corrispondente al numero binario in ingresso
- In Figura il decodificatore binario a  $n = 2$  bit





# Multiplatore (multiplexer)

- Il multiplatore è un blocco funzionale combinatorio dotato di  $n \geq 1$  ingressi di selezione, di  $2^n$  ingressi di dato e di 1 uscita di dato.
- E' un circuito logico in grado di selezionare uno dei suoi **"ingressi dato"** da convogliare nella sua uscita
- L'ingresso dato è selezionato dalla configurazione degli  $n$  bit di selezione
- In Figura il multiplatore a  $n = 2$  ingressi di selezione e 4 ingressi di dato.

