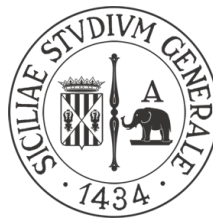


# Corso di Architettura degli Elaboratori e Laboratorio (F-N)

## Circuiti integrati

*Massimo Orazio Spata*

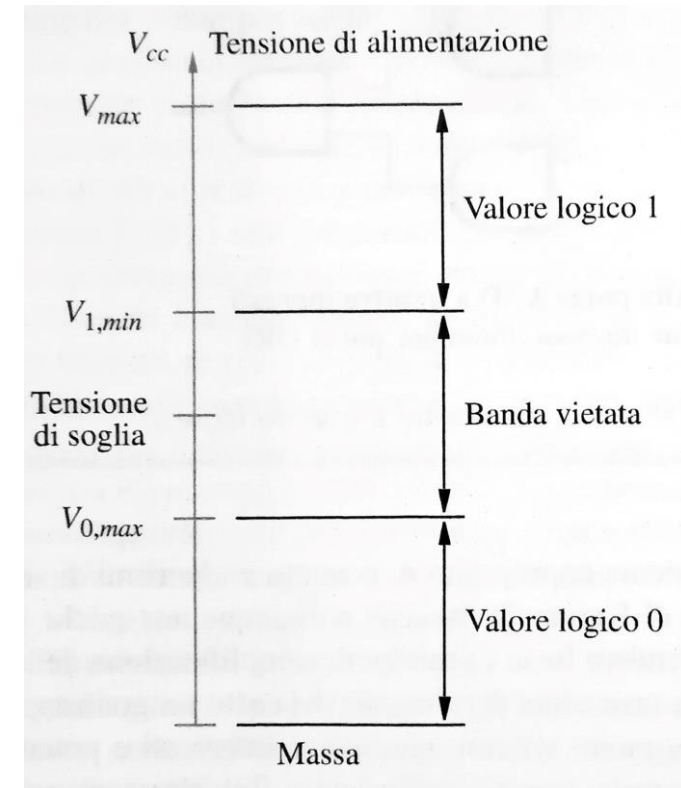
Dipartimento di Matematica e Informatica



UNIVERSITÀ  
degli STUDI  
di CATANIA

# 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
- Per evitare l'incertezza data dal rumore del circuito, tutti i **valori prossimi alla tensione di soglia** non vengono presi in considerazione (**banda vietata**)

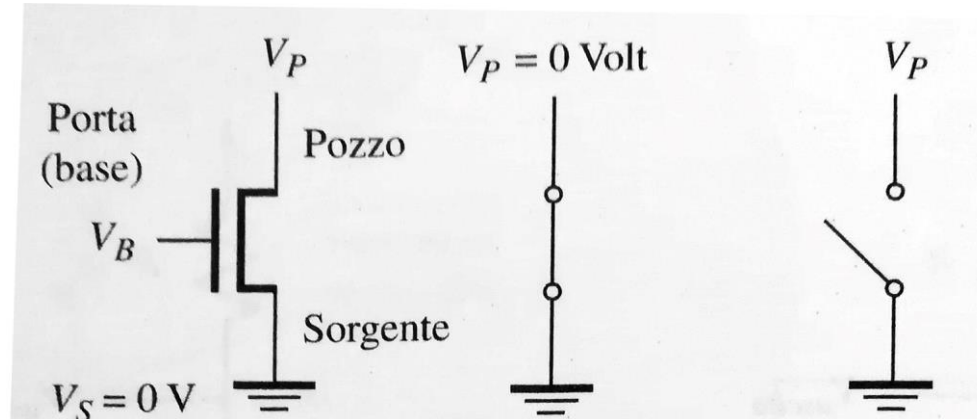


- I **transistori** sono delle componenti elettroniche che possono svolgere la funzione di **interruttori**
- A seconda della tensione ricevuta in ingresso possono trovarsi in stato di **conduzione o interdizione**
- La tecnologia più comunemente usata è il **transistore a metallo-ossido-semiconduttore (MOS)**
- Valori tipici di tensione per tecnologia **MOS**:
  - $V_{cc} = 5 \text{ Volt}$ ,  $V_{soglia} = 2.5 \text{ Volt}$
  - $V_{cc} = 3.3 \text{ Volt}$ ,  $V_{soglia} = 1.5 \text{ Volt}$

• I transistori MOS hanno 3 collegamenti: **Base (Porta), Pozzo e Sorgente**

• A seconda della tensione in ingresso nella Base il transistor collegherà o meno la Sorgente al Pozzo

• Se il transistor è in **stato di conduzione** la tensione nel Pozzo diventerà uguale alla tensione nella Sorgente



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

•Nei transistori NMOS:

•**Tensione di base alta = conduzione**

•**Tensione di base bassa = interdizione**

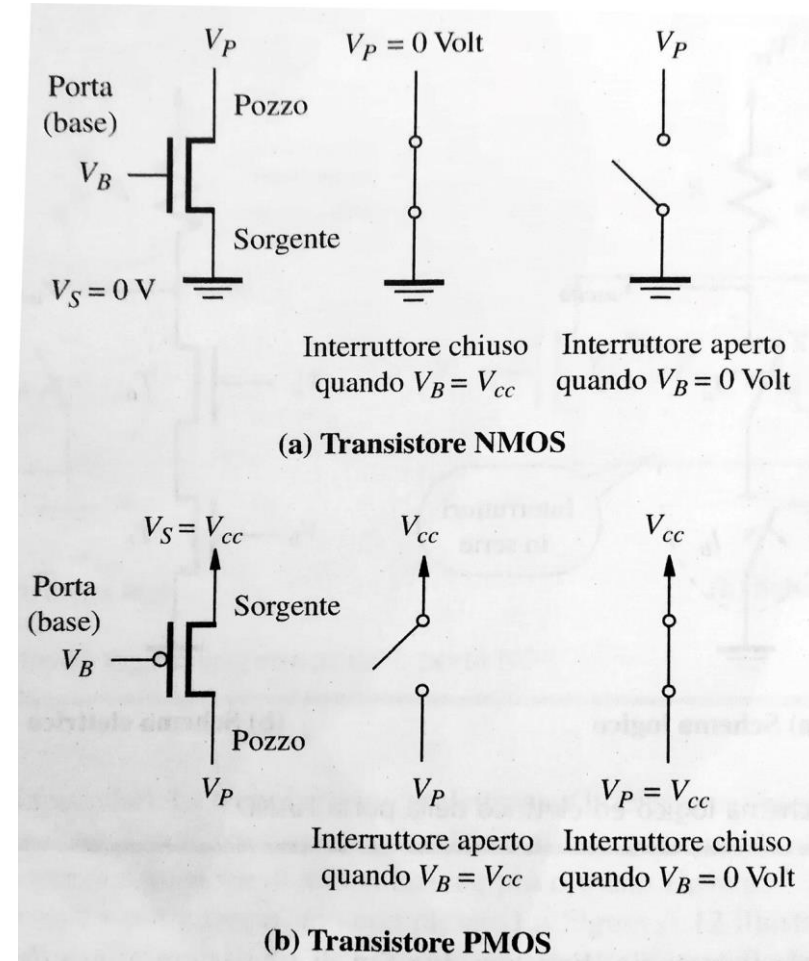
•**Sorgente collegata alla massa**

•Nei transistori PMOS:

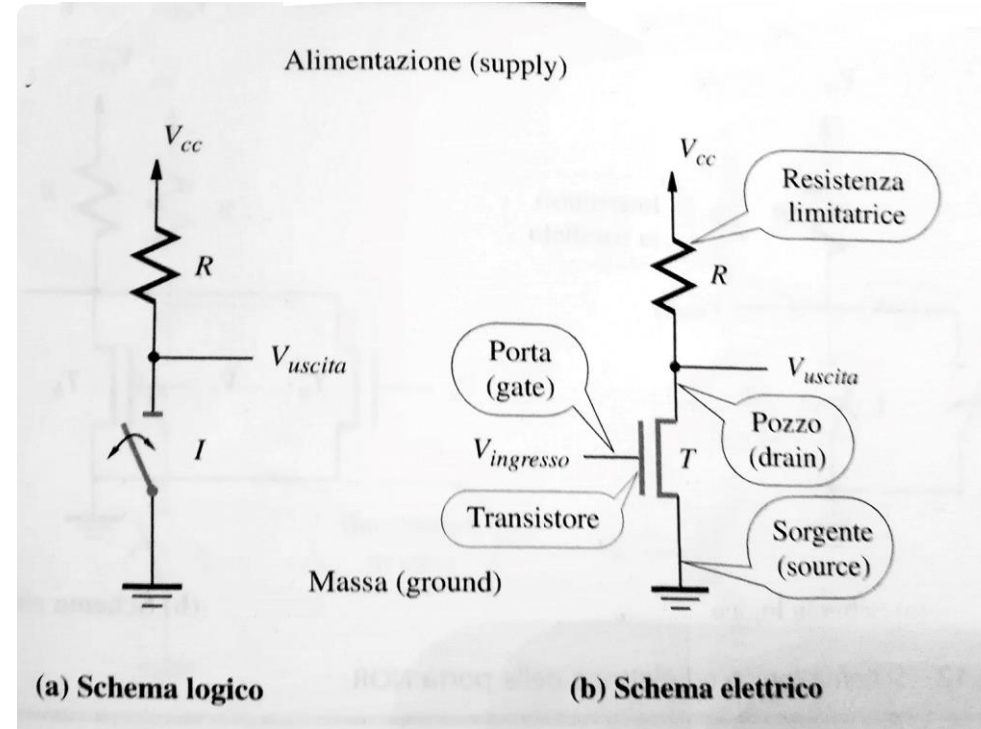
•**Tensione di base alta = interdizione**

•**Tensione di base bassa = conduzione**

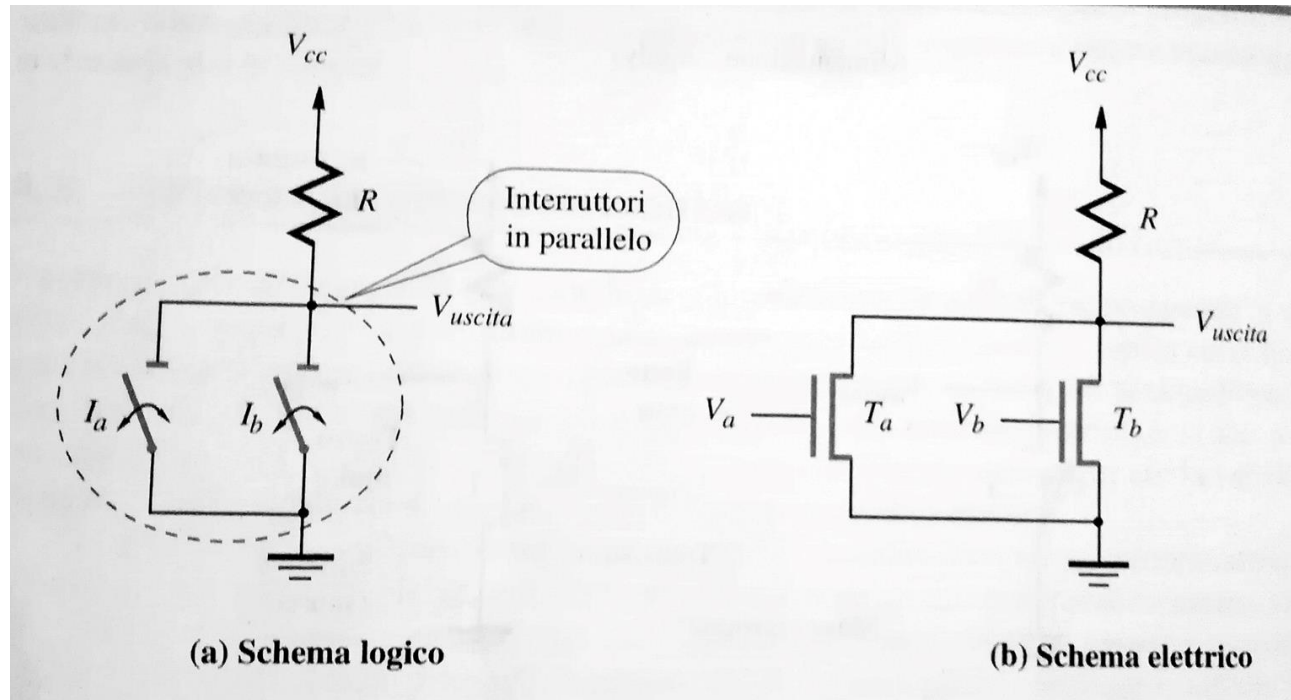
•**Sorgente collegata all'alimentazione**



- Si ottiene una **porta NOT** con un transistor NMOS collegando:
- Sorgente alla massa
- Pozzo all'alimentazione tramite una resistenza
- Per una tensione di ingresso alla base a "1" si ottiene una tensione di uscita nel pozzo a "0" e viceversa

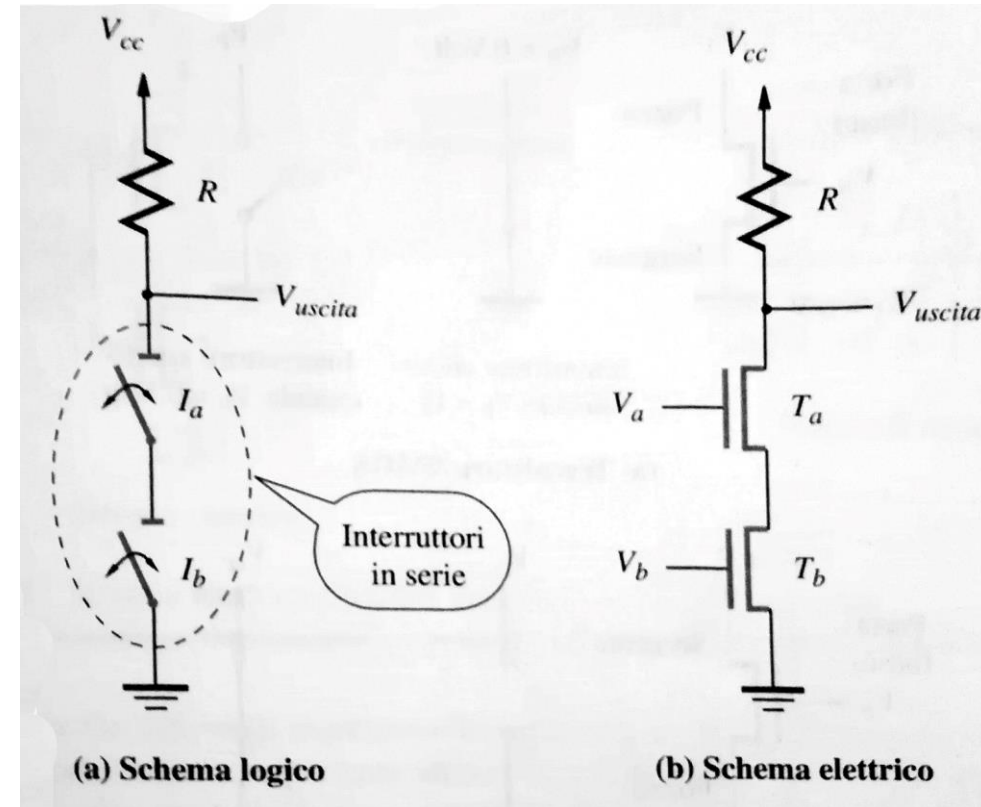


- Collegando due transistor **NMOS in parallelo** si ottiene una **porta NOR**
- Solo se entrambi i transistor sono in interdizione la tensione in uscita sarà “1”



•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"



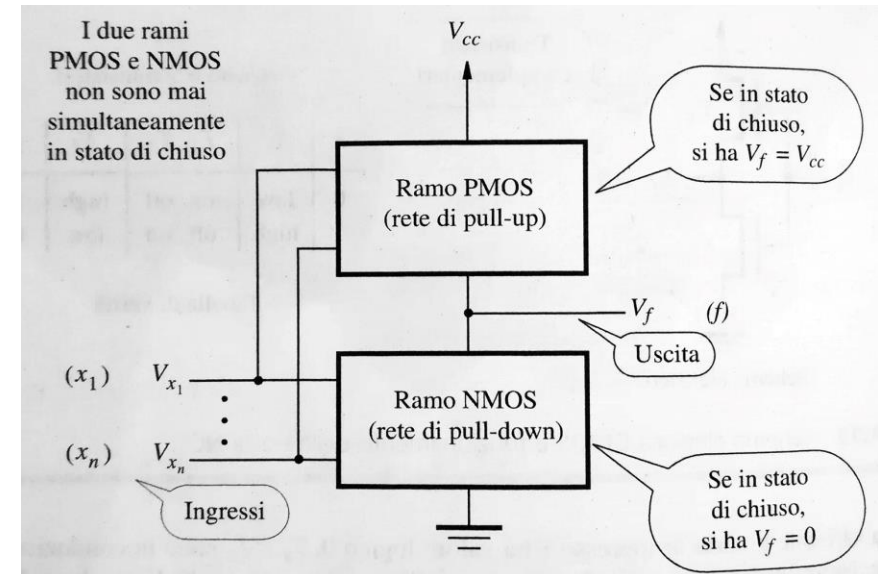


• Transistori NMOS hanno il problema di **consumare molta energia in stato di conduzione** dovuto alla resistenza

• 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**

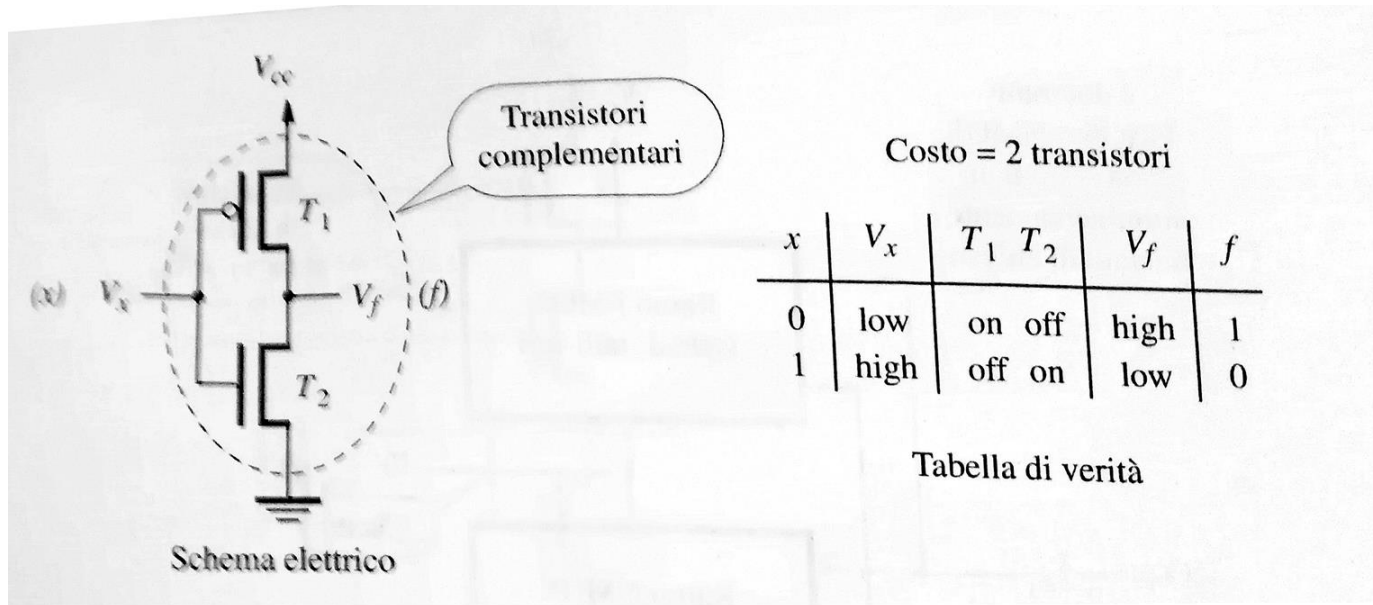
• Il comportamento dei due rami è **complementare** e in stato stabile non c'è mai continuità tra massa e alimentazione



- **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)

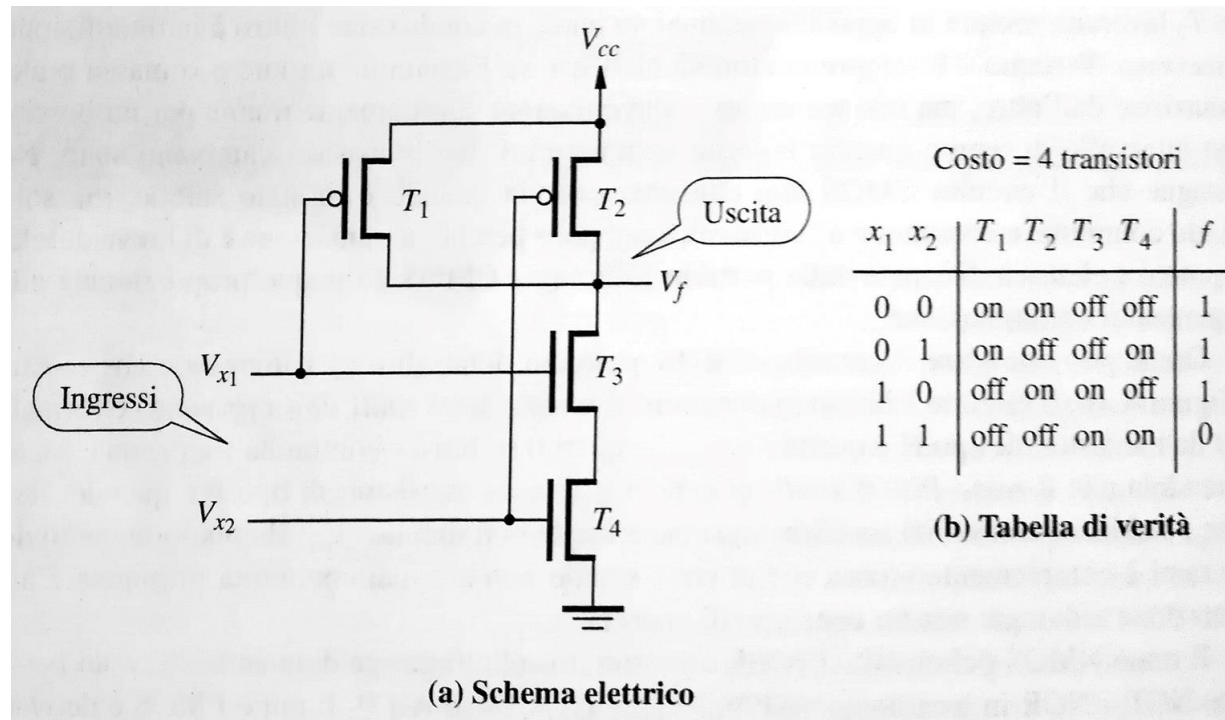
# Circuito CMOS porta NOT

- Una porta NOT è realizzata da un transistor NMOS collegato in serie ad uno PMOS che condividono la stessa tensione di ingresso alla base
- Quando un transistor è in stato di interdizione l'altro è in stato di conduzione

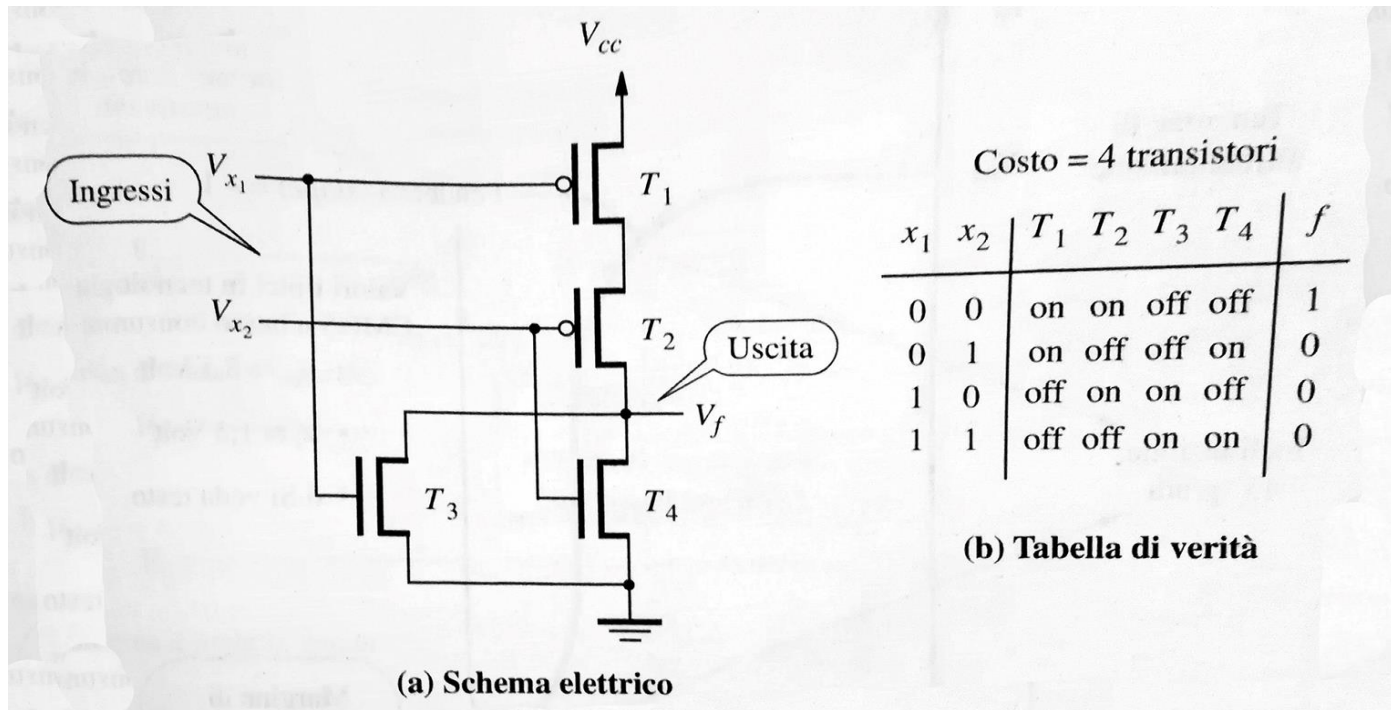


# Circuito CMOS porta NAND

Una porta **NAND** è realizzata da un circuito CMOS dove il ramo **NMOS** presenta **2 transistori in serie** (come visto prima) e quello **PMOS** **due in parallelo**

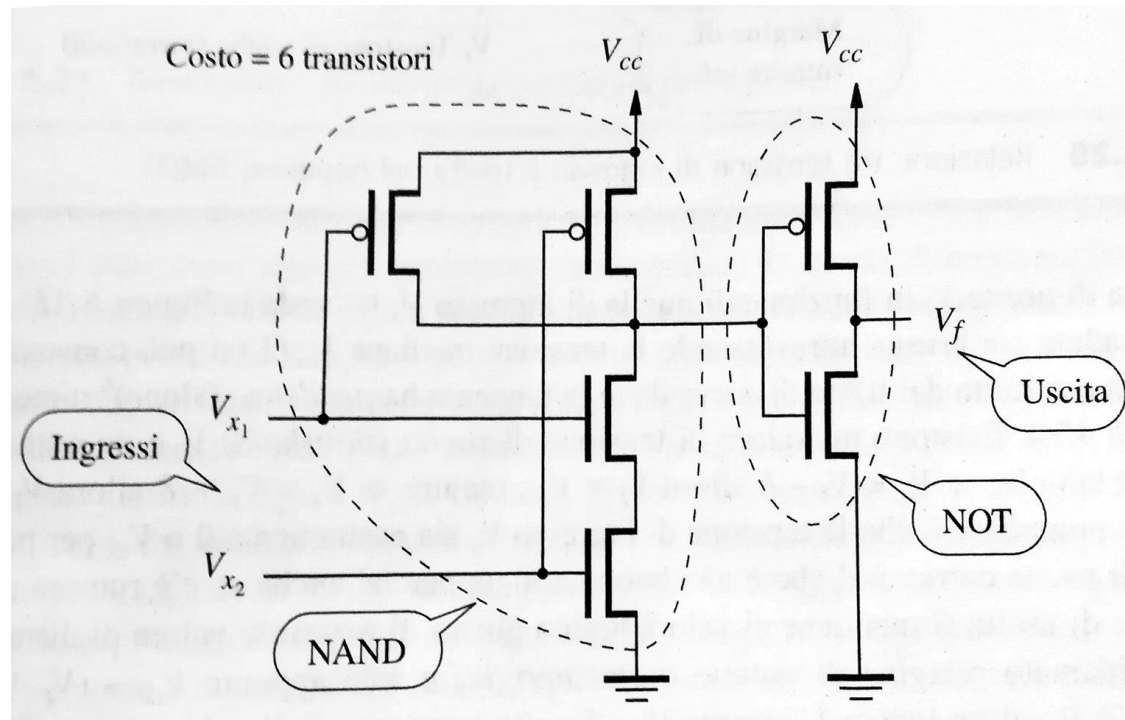


Una porta **NOR** è realizzata da un circuito CMOS dove il ramo **NMOS** presenta **2 transistor in parallelo** (come visto prima) e quello **PMOS** **due in serie**



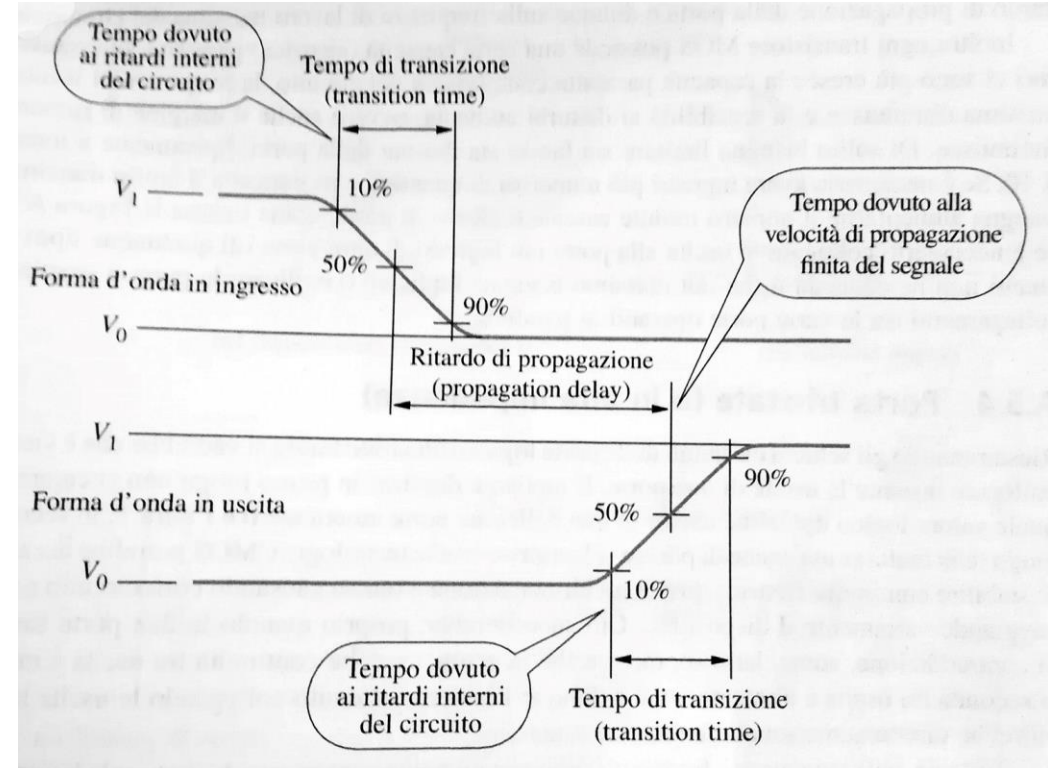
# Circuito CMOS porta AND

- Una porta AND è realizzata collegando una porta NOT all'uscita di una porta NAND
- Il costo di una porta **AND è di 6 transistori** (la porta NAND ha costo 4)





- 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



- 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 10 per porta



• **Non si possono collegare più uscite a uno stesso ingresso** (possibile cortocircuito e impossibilità di distinguere i valori di ingresso)

• Bisogna essere in grado di attivare un segnale di ingresso alla volta

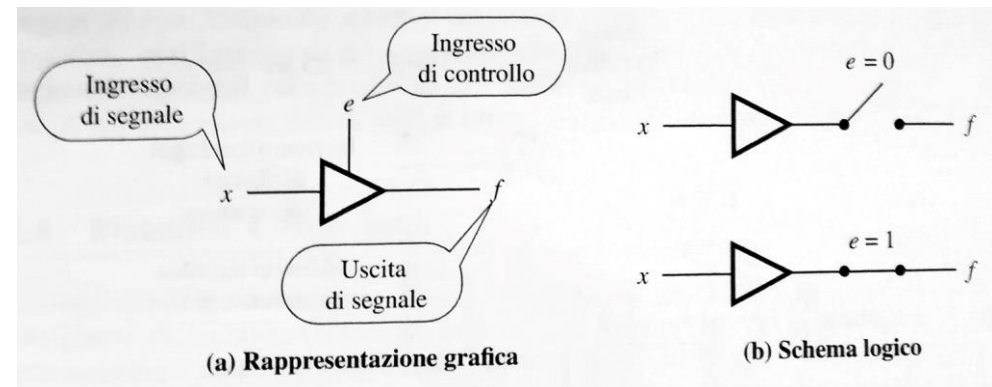
• Le porte **tri-state** hanno due ingressi (**segnale** e **abilitazione**) e un'uscita a tre stati (**0**, **1** e **Z** (alta impedenza))

• Quando l'ingresso di abilitazione è

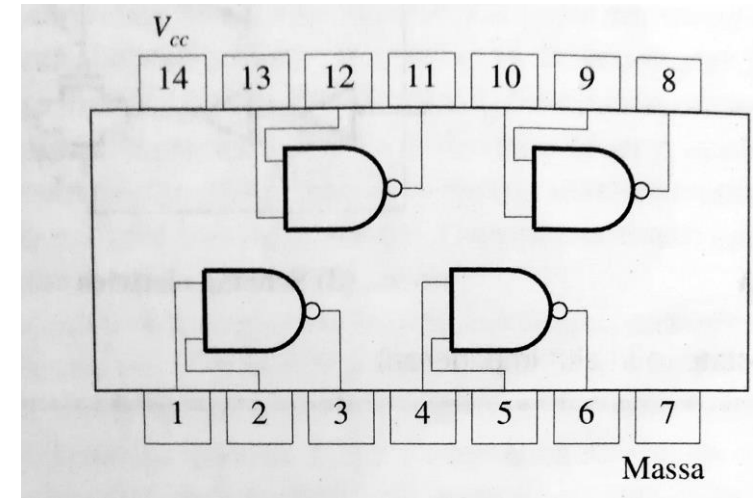
• **1: uscita = segnale di ingresso**

• **0: uscita = Z**

0	0	Z
0	1	Z
1	0	0
1	1	1

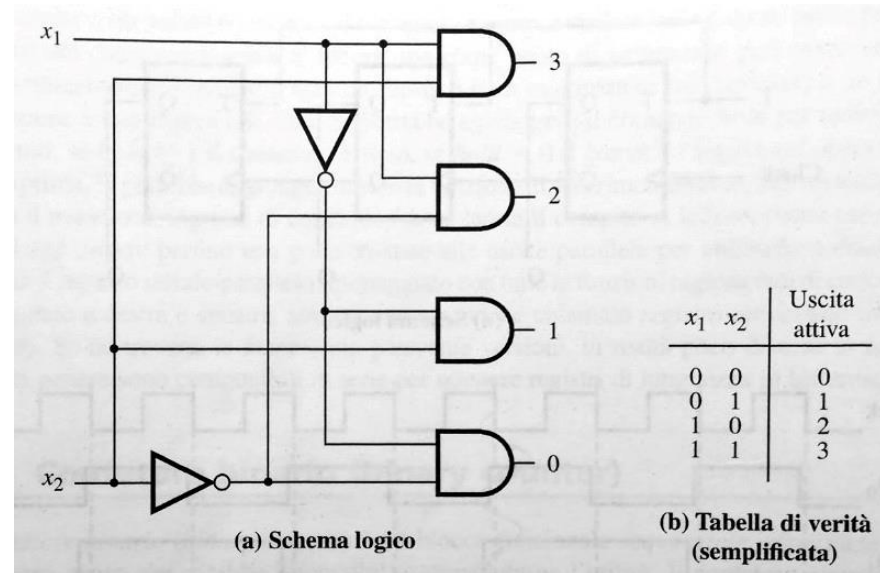


- Le realizzazioni circuitali di porte logiche sono raggruppate in **circuiti integrati**
- I **circuiti integrati** sono piastrine in silicio incapsulate in un **involucro protettivo** dotato di **morsetti (pin)** esterni
- Esistono 4 tipi di circuiti integrati a seconda della **scala di integrazione**:
  - SSI (piccola)**: poche porte logiche
  - MSI (media)**: addizionatore, sottrattore, singoli registri, moltiplicatore, etc.
  - LSI (grande)**: ALU, banco di registri, piccoli processori
  - VLSI (molto grande)**: memorie molto capaci, processori potenti



• 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



# Multipatore (multiplexer)

• Il **multipatore** è un circuito logico in grado di selezionare uno dei suoi “**ingressi dato**” da convogliare nella sua uscita

• Il multipatore ha  $n$  **ingressi di selezione**,  $2^n$  **ingressi dato** e un **uscita**

• L'ingresso dato è selezionato dalla configurazione degli  $n$  bit di selezione

• Realizzabile come somma di prodotti degli ingressi

