



Università degli studi di Parma
Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione

Reti Logiche A a.a. 2007/2008

Introduzione alle porte logiche

prof. Stefano CASELLI

stefano.caselli@unipr.it

<http://www.ce.unipr.it/people/caselli>

<https://corsi.unipr.it>

Segnali e informazioni



- Per elaborare informazioni, occorre rappresentarle (o codificarle)
- Per rappresentare (o codificare) le informazioni si usano segnali
- I segnali devono essere elaborati, nei modi opportuni, tramite dispositivi di elaborazione

Il segnale binario



- Segnale binario: una grandezza che può assumere due valori distinti, convenzionalmente indicati con 0 e 1
 - ▶ $s \in \{0, 1\}$
- Qualsiasi informazione è rappresentabile (o codificabile) tramite uno o più segnali binari (per esempio i caratteri del codice ASCII)

Il segnale binario



- Rappresentazione fisica del segnale binario: si possono usare diverse grandezze fisiche:
 - ▶ tensione elettrica (la più usata!)
 - ▶ corrente elettrica
 - ▶ potenza ottica
 - ▶ e altre grandezze fisiche ancora ...

Il segnale binario



- Elaborazione del segnale binario: si usano svariate classi di dispositivi di elaborazione
 - ▶ porte logiche
 - ▶ reti combinatorie
 - ▶ reti sequenziali
- Sono tutti circuiti digitali (o numerici)

Circuiti digitali



- L'elaborazione di segnali (o informazioni) binarie è oggi svolta principalmente tramite tecnologie microelettroniche (e in parte anche ottiche)
- I circuiti microelettronici che elaborano segnali (o informazioni) binari si chiamano circuiti digitali (o circuiti numerici, o circuiti logici)

Porte logiche



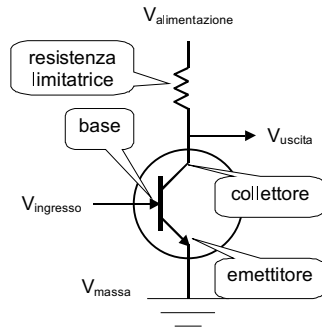
- I circuiti digitali sono formati da componenti digitali elementari, chiamati porte logiche
- Le porte logiche sono i circuiti minimi per l'elaborazione di segnali binari
- L'elemento funzionale fondamentale per la costruzione di porte logiche è il transistor

Transistor



- Il transistor è un dispositivo elettronico
- Il transistor opera su grandezze elettriche: tensione e corrente
- Il transistor funziona come un interruttore
- Ha due stati di funzionamento: interruttore aperto o interruttore chiuso

Struttura e funzionamento del transistor



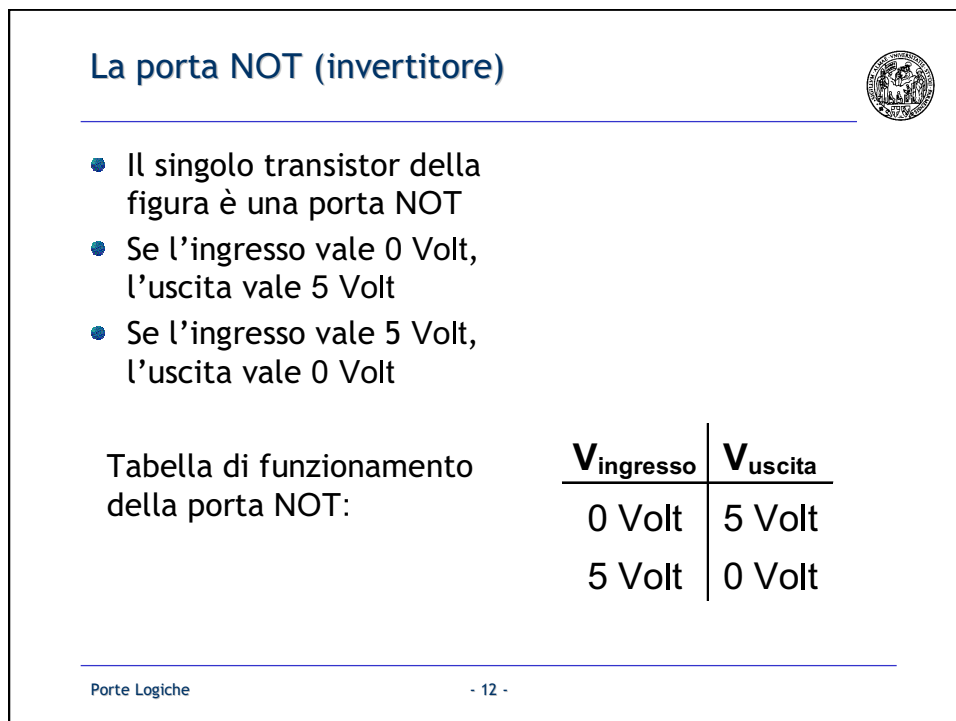
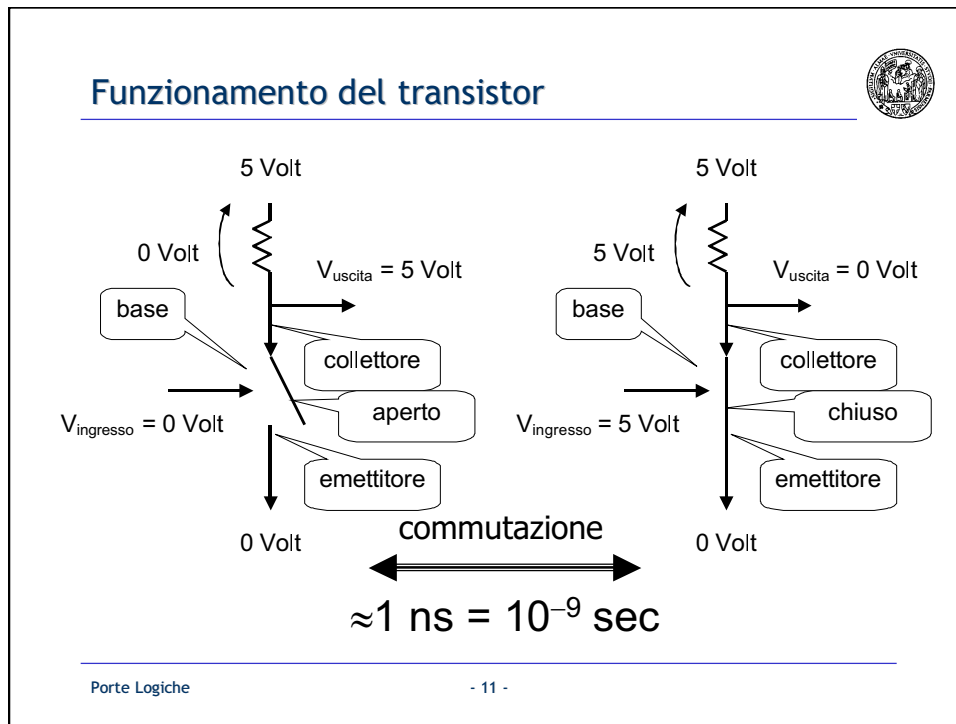
transistor bipolare (BJT)

- Se la tensione di base V_{ingresso} è inferiore a una data soglia critica, il transistor si comporta come un interruttore aperto, cioè tra emettitore e collettore non passa corrente, e quindi la tensione di uscita diventa uguale a quella di alimentazione: $V_{\text{uscita}} = V_{\text{alimentazione}} = 5 \text{ Volt}$ (in tecnologia TTL)

Funzionamento del transistor



- Se la tensione di base V_{ingresso} è superiore a una data soglia critica, il transistor si comporta come un interruttore chiuso, cioè tra emettitore e collettore passa corrente, e quindi la tensione di uscita diventa uguale a quella di massa: $V_{\text{uscita}} = V_{\text{massa}} = 0 \text{ Volt}$ (in tecnologia TTL)



Riassumendo



- Se ai valori di tensione 0 e 5 Volt si associano convenzionalmente i valori binari 0 e 1, rispettivamente, si ottiene la cosiddetta "tabella delle verità" della porta logica, che corrisponde alla tabella di commutazione
- Si può anche stabilire la corrispondenza opposta: 0 Volt = 1, 5 Volt = 0 (logica negativa)

Tipi di porte logiche

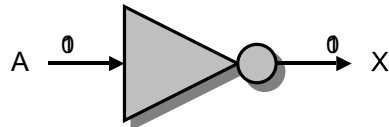


- Classificazione per modo di funzionamento: porta NOT, porta AND, porta OR (le porte logiche fondamentali)
- Classificazione per numero di ingressi (FAN-IN): porte a 1 ingresso, porte a 2 ingressi, porte a 3 ingressi, e così via ...

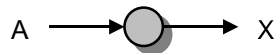
Porta NOT (invertitore, negatore)



Simbolo funzionale



(a 1 ingresso)



simbolo semplificato

Tabella delle verità

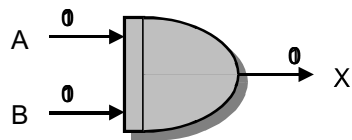
A	X
0	1
1	0

L'uscita vale 1 se e solo se l'ingresso vale 0

Porta AND



Simbolo funzionale



(a 2 ingressi)

L'uscita vale 1 se e solo se entrambi gli ingressi valgono 1

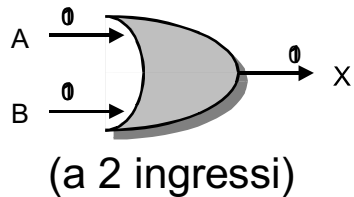
Tabella delle verità

A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Porta OR



Simbolo funzionale



L'uscita vale 1 se e solo se almeno un ingresso vale 1

Tabella delle verità

A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Generalizzazioni



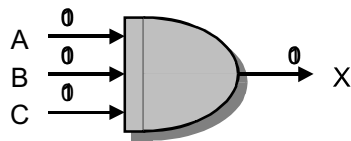
- Alcuni tipi di porte a 2 ingressi si possono generalizzare a 3, 4, o più ingressi
- Per le porte che realizzano funzioni per cui vale la proprietà associativa ciò è banale:

$$a+b+c=(a+b)+c = a+(b+c)$$
- Le porte a più ingressi maggiormente usate sono la porta AND e la porta OR
- Tipicamente si usano AND (o OR) a 2, 4 o 8 ingressi (raramente più di 8)
- La disponibilità di porte a fan-in>2 dipende dalla tecnologia di realizzazione del circuito

Porta AND a 3 ingressi



Simbolo funzionale



L'uscita vale 1 se e solo se tutti e tre gli ingressi valgono 1

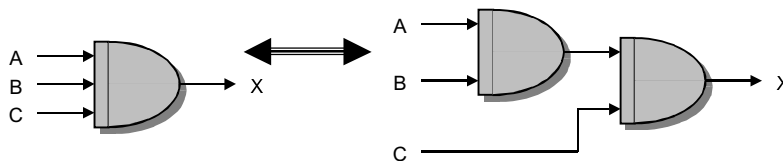
Tabella delle verità

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

Realizzazione ad albero



- La porta AND a 3 ingressi si può realizzare, ove non disponibile, come albero di porte AND a 2 ingressi (proprietà associativa)
- Implica un maggior tempo di elaborazione dei segnali

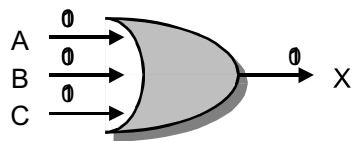


Non tutte le funzioni a più di 2 ingressi si possono realizzare come alberi di porte del medesimo tipo a 2 ingressi (è sempre possibile con AND e OR)

Porta OR a 3 ingressi



Simbolo funzionale



L'uscita vale 0 se e solo se tutti e tre gli ingressi valgono 0

Tabella delle verità

A	B	C	X
0	0	0	0
0	0	1	1
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	1
1	0	1	1
1	1	0	1
1	1	1	1

Porte AND e OR a più ingressi



- L'uscita X della porta AND a 3 ingressi vale 1 se e soltanto se tutti e tre gli ingressi A, B e C valgono 1
- L'uscita X della porta OR a 3 ingressi vale 1 se e soltanto se almeno uno tra gli ingressi A, B e C vale 1
- Si generalizza a più ingressi nel modo ovvio ...

Costo di una porta logica



- Il numero di transistor per realizzare una porta dipende dalla tecnologia, dalla funzione e dal numero di ingressi
- Porta NOT: 1 oppure 2 transistor
- Porte AND e OR: 3 oppure 4 transistor
- Altre porte: ≥ 4 transistor

Velocità di una porta logica



- La velocità di commutazione di una porta dipende dalla tecnologia, dalla funzione e dal numero di ingressi
- Anche il *fan-out* (numero di altre porte collegate al segnale di uscita) può influenzare la velocità del circuito
- Le porte più veloci (oltre che più piccole) sono tipicamente le porte NAND e NOR a 2 ingressi: possono commutare in meno di 1 nanosecondo (10^{-9} sec, un milionesimo di sec)

Tecnologie microelettroniche



- Le due tecnologie microelettroniche oggi più usate per la realizzazione di porte logiche sono:
 - ▶ a transistor bipolari (o a giunzione), o a transistor BJT (Bipolar Junction Transistor)
 - ▶ a transistor a effetto di inversione, o a transistor MOS (Metal Oxide Semiconductor)

Tecnologie bipolari



- Tecnologia TTL (Transistor Transistor Logic): è la tecnologia "storica", molto usata per anni, ma ora in diminuzione; funziona con alimentazione a 5 Volt
- Tecnologia ECL (Emitter Coupled Logic): è una tecnologia costosa, ad alto consumo di potenza, ma estremamente veloce (usata nei supercalcolatori)

Tecnologie complementari



- Tecnologia CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor): è la tecnologia DI GRAN LUNGA OGGI DOMINANTE per la realizzazione di calcolatori elettronici, perché permette
 - ▶ dimensioni ridottissime
 - ▶ basso consumo
 - ▶ basso costo

Avviso



- I soli autori di queste slide sono il prof. W. Fornaciari (per la maggior parte del materiale) ed il prof. S. Caselli (per le integrazioni).
- La apposizione di un *copyright* su questo materiale didattico da parte di stamperie, editori o librerie è arbitraria e potrà essere perseguita legalmente.