

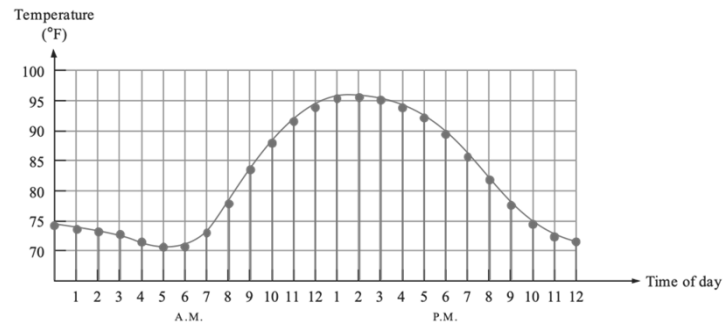
Introduzione ai Circuiti Digitali

Sistemi analogici o digitali?

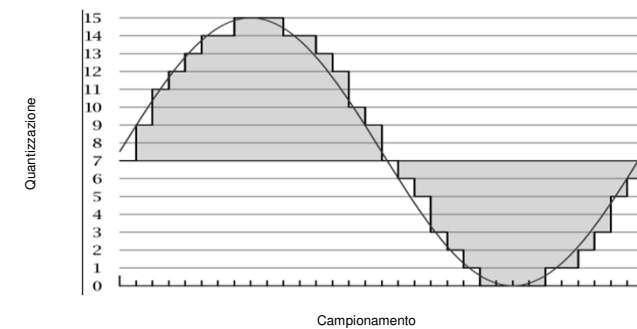
- I sistemi digitali possono immagazzinare, trasmettere e ricevere i dati in maniera più efficiente
- Però possono solo assegnare valori discreti a ciascun punto della mia serie di dati

Quantità analogiche

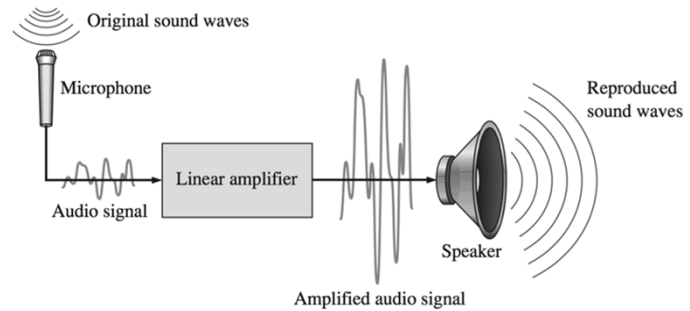
Variano in un dominio continuo
Maggior parte dei casi in natura



Rappresentazione digitale di un segnale analogico...



Sistema Analogico



Sistema Analogico



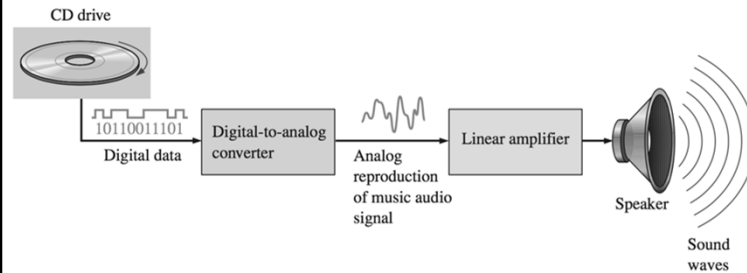
Amplificatore analogico...



Digitale...



Sistemi digitali: CD Player



TV Digitale



Migliore qualità (in presenza di basso rumore)

Servizi aggiuntivi....

TV analogica



Qualità generalmente inferiore

Se il segnale è disturbato, comunque vediamo qualcosa

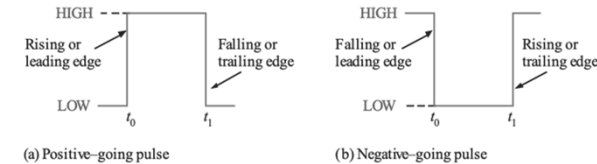
TV Digitale...



In caso di segnale disturbato non vediamo nulla...

Com'è rappresentata
l'informazione in un
circuito digitale?

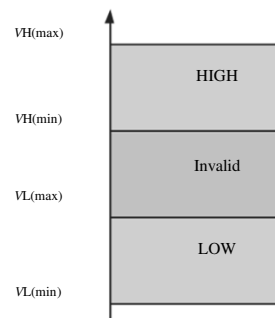
Forme d'onda digitali



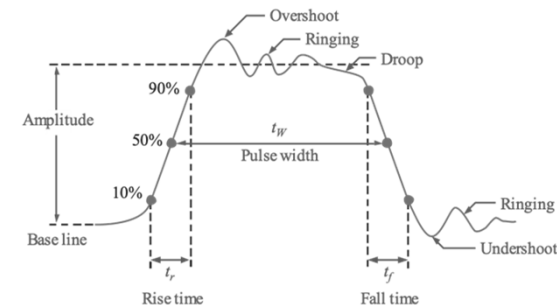
- Passaggio tra i livelli LOW e HIGH
- Impulso positivo: passa da LOW a HIGH, e successivamente di nuovo a LOW
- Impulso negativo: passa da HIGH a LOW, e successivamente di nuovo a HIGH

Cifre binarie e livelli logici

- L'elettronica digitale è basata su circuiti con **due stati** rappresentati da livelli di tensione ALTO (HIGH) e BASSO (LOW)
- Corrispondono alle cifre binarie 0 e 1



In realtà...



Gli impulsi dei circuiti reali non sono come quelli ideali, ma sono caratterizzati da tempo di salita (rise time), tempo di discesa (fall time), ampiezza (amplitude), etc.

Forme d'onda periodiche

Le forme d'onda periodiche sono composte da impulsi che si ripetono ad intervalli prefissati (periodi).
La frequenza è il numero di periodi per secondo (si misura in Hertz).

$$f = \frac{1}{T} \quad T = \frac{1}{f}$$

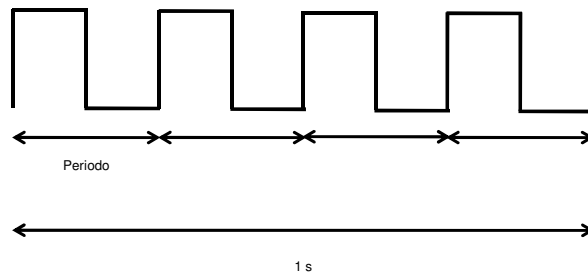
Esempio: il clock di un qualsiasi circuito digitale (es processori)

Esempio

Qual è il periodo di un'onda con frequenza $f=3.2 \text{ GHz}$?

$$T = \frac{1}{f} = \frac{1}{3.2 \text{ GHz}} = 313 \text{ ps} = 313 \cdot 10^{-12} \text{ s}$$

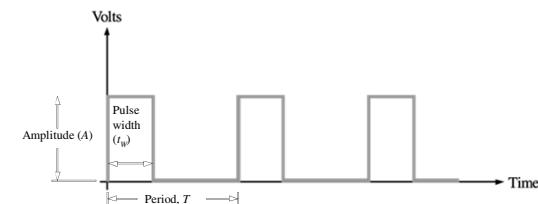
Esempio



4 Periodi in un secondo: frequenza di 4 Hz

Definizioni

- Oltre alla frequenza e al periodo (T), le forme d'onda periodiche impulsive sono caratterizzate da ampiezza (A), dimensione dell'impulso (t_w) e duty cycle, ovvero il rapporto tra t_w e T
- rappresenta la percentuale del periodo in cui l'impulso è alto

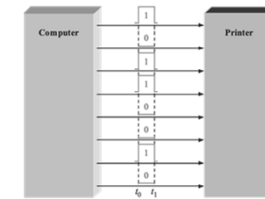
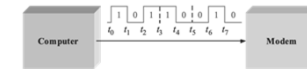


Duty cycle

Se il periodo è 2s e il t_w è 0.2s, qual è il duty cycle?

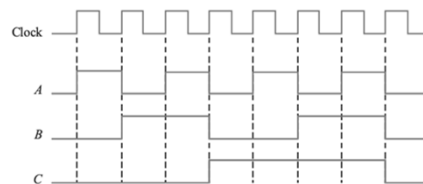
$$\text{Duty cycle} = 0.2 / 2 = 0.1 \quad (10\%)$$

Trasmissione seriale e parallela



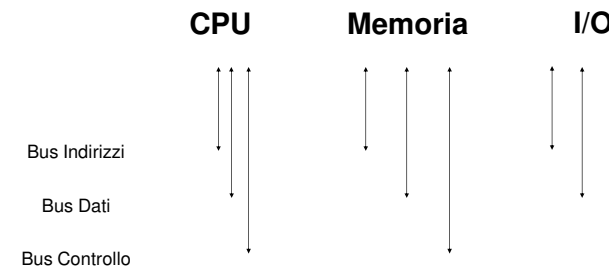
Timing diagrams

Mostrano le relazioni esistenti tra due o più forme d'onda

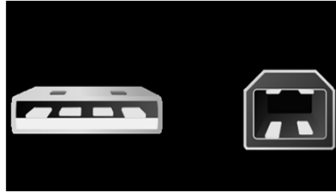


Per i circuiti reali può essere analizzato mediante un data analyzer

Trasmissione parallela: bus indirizzi, dati, controllo



Trasmissione seriale: USB



USB: Universal Serial Bus

4 Pin fino al 2.0, 2 di alimentazione e 2 di trasmissione (480 Mbit/s)

11 Pin dal 3.0 (5 Gbit/s 3.0, 10Gbit/s 3.1)

(comprende i pin del 2.0 + canali separati per ricezione e trasmissione)

24 Pin nell'USB C (2 coppie di trasmissione, 2 di ricezione, maggiore potenza sui pin di alimentazione, velocità fino a 20Gbit/s)



USB-C

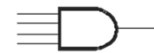
Nota

- In questo contesto vedremo soltanto alcuni esempi di circuiti combinatori realizzati combinando porte logiche
- Successivamente, studieremo come tali circuiti possano essere effettivamente realizzati e ottimizzati

Esempi di circuiti combinatori e sequenziali

Circuiti logici di base

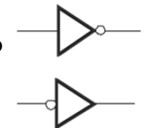
AND Vero se tutte le condizioni d'ingresso sono vere



OR Vero se una o più condizioni d'ingresso sono vere

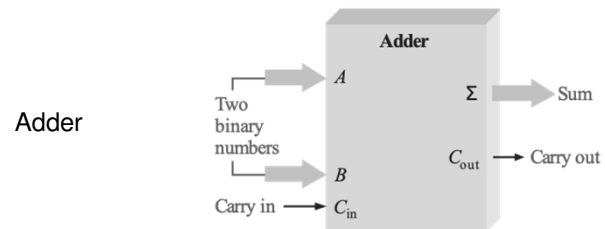


NOT L'output assume valore opposto rispetto all'input



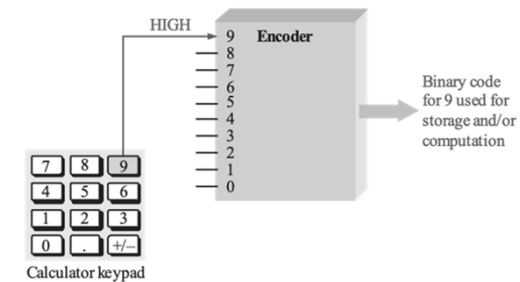
Semplici circuiti aritmetici

È possibile combinare circuiti di base per realizzare semplici circuiti aritmetici, ad esempio:



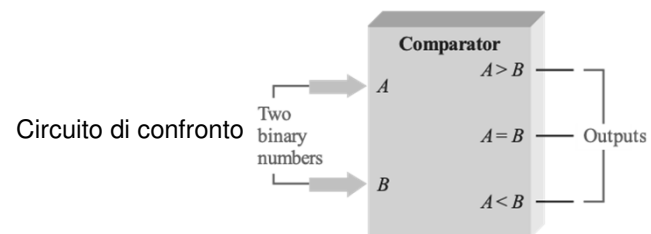
Encoder

Codifica in un numero binario l'attivazione di uno o più numeri di ingresso



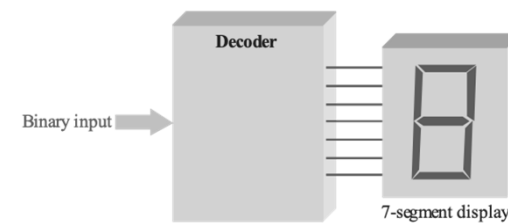
Semplici circuiti aritmetici

È possibile combinare circuiti di base per realizzare semplici circuiti aritmetici, ad esempio:

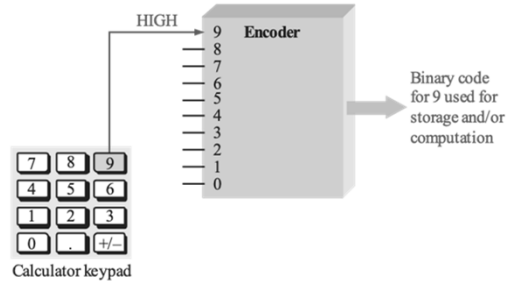


Decoder

Dato un numero binario in ingresso, il decoder attiva una delle uscite, o alcune delle uscite

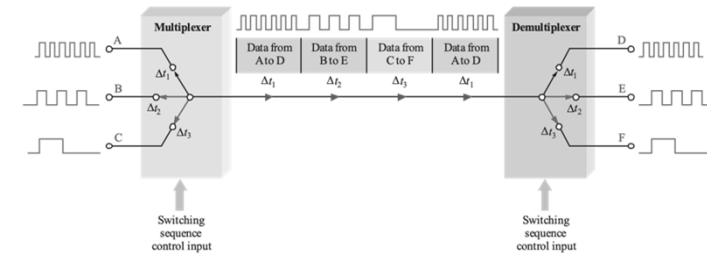


Domanda



Se un encoder ha 10 ingressi, quanti bit sono necessari per codificare l'uscita?

Selettore di dati

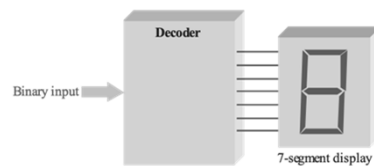


Domanda

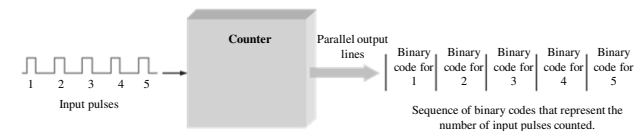
Supponiamo che il decoder debba pilotare 7 uscite (ovvero accendere le 7 barre di un display a 7 segmenti) per rappresentare le cifre da 0 a 9

Per ogni cifra, verranno accesi dei segmenti diversi

Da quanti bit dev'essere composto l'ingresso?



Contatore



Domanda

Cosa notate di diverso tra il contatore e gli altri circuiti analizzati finora?

Circuiti sequenziali

L'output dipende:

- Dal fatto che il circuito ha ricevuto un impulso in ingresso
- Dal conteggio parziale precedente, es. se il contatore era arrivato a 4, al prossimo impulso produrrà il valore 5

Circuiti combinatori...

- Negli altri circuiti analizzati, l'output dipendeva solo degli input
 - Tali circuiti sono denominati **circuiti combinatori**
- Nel caso del contatore, l'input riceve degli impulsi, ma l'output prodotto (conteggio) non dipende solo dal fatto che esso ha ricevuto un impulso
- Altrimenti per ogni impulso avremmo sempre lo stesso output
- Da cosa dipende quindi l'output?

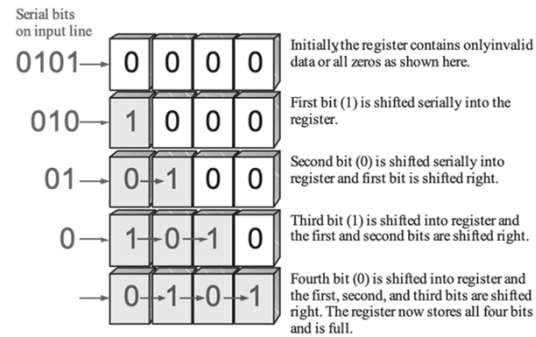
Circuiti sequenziali

In altri termini, per questo tipo di circuiti:

- L'output dipende dall'ingresso e dallo stato corrente
- Un input oltre a produrre un output, può portare il contatore in uno stato diverso (stato successivo)

Registri di shift

- Guidati da impulsi del clock
- Ad ogni impulso, un bit dell'ingresso viene "shiftato" (spostato) nel registro



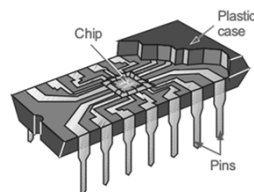
Esempio



Circuito montato su breadboard

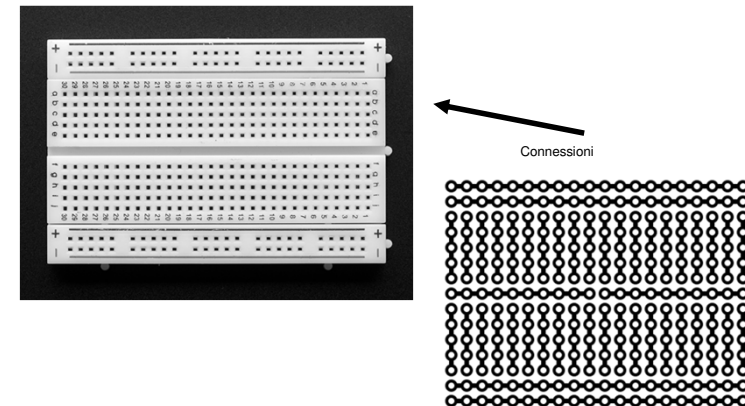
Packaging dei circuiti

Veduta di taglio di un DIP (Dual-In-line Pins) chip

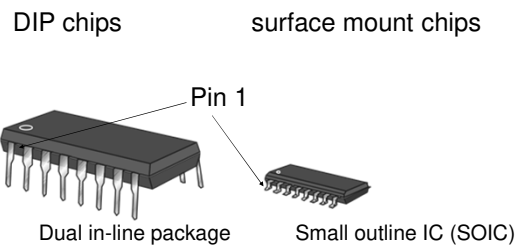


Semplici da montare, utili per realizzare semplici circuiti o per esperimenti in laboratorio

Breadboard

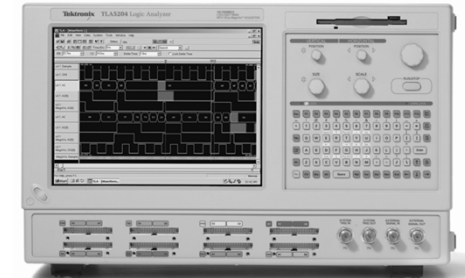


DIP vs. SOIC



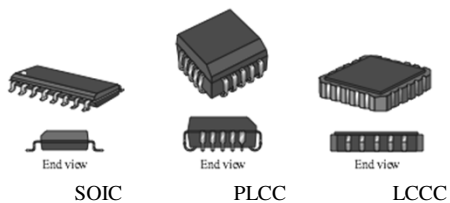
Small outline integrated circuit: occupa 30-50% in meno di area

Analizzatore logico



- Lo userete in corsi di elettronica e misura
- Si possono anche usare simulatori software

Diversi Packaging



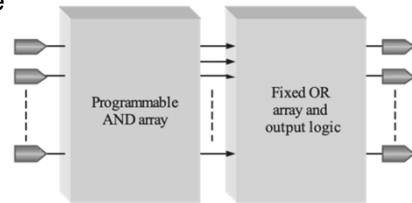
Plastic Leaded Chip Carrier
Leaded Ceramic Chip Carrier

Circuiti a logica programmabile

Nei circuiti visti finora la logica era predefinita mediante l'uso di determinate porte logiche e relative interconnessioni...

Circuiti a logica programmabile

- I circuiti a logica programmabile - **Programmable Logic Devices (PLDs)** consentono di essere programmati
- Ovvero, possiamo realizzare una funzione d'uscita attivando o disattivando connessioni esistenti tra porte logiche



Porta NOT (inverter)



Input	Output
A	X
LOW (0)	HIGH (1)
HIGH (1)	LOW (0)

Quando l'input è LOW, l'output è HIGH

Quando l'input è HIGH, l'output è LOW

Notazione usata nelle espressioni: **Overbar**

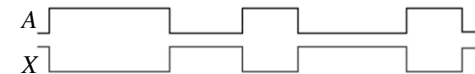
$$X = \overline{A}$$

Logica Booleana

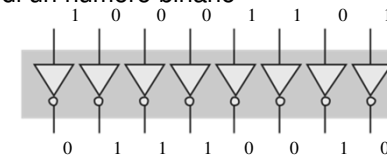
Porta NOT (inverter)



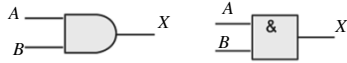
Esempio di forme d'onda



Uso di inverter paralleli per calcolare il complemento a 1 di un numero binario



Porta AND



Produce un output HIGH quando tutti gli input sono HIGH, altrimenti l'output è LOW

Inputs		Output
A	B	X
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Notazione: punto (.) tra le variabili poste in AND (può essere omesso)

$X = A \cdot B$ equivale a scrivere $X = AB$.

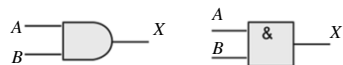
AND: applicazioni

Utile per realizzare maschere selettive su stringhe di bit

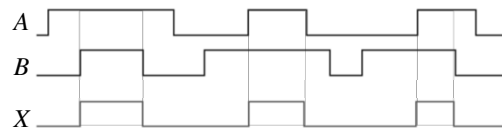
Dato un numero binario, supponiamo di volerne utilizzare solo una parte dei relativi bit

Come potremmo procedere?

Porta AND



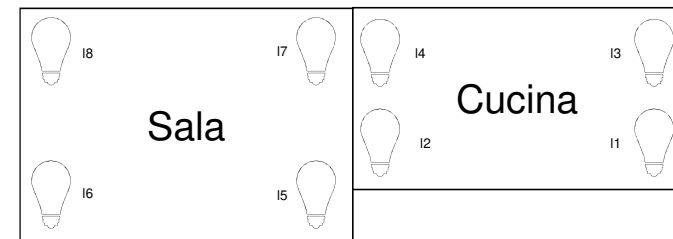
Forma d'onda



Applicazione

- La maschera di bit controlla l'accensione di 8 lampade, 4 in cucina e 4 in sala
- Voglio momentaneamente disabilitare le lampade della sala

10100011



Bit Masking: esempio

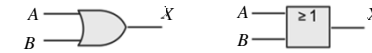
Supponiamo di voler selezionare solo i 4 bit meno significativi:

Numero 10100011

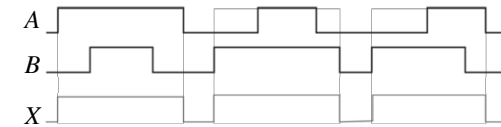
Maschera 00001111

Risultato 00000011

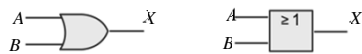
Porta OR



Esempio di forma d'onda:



Porta OR



Produce un output HIGH se almeno un input è HIGH.
Produce LOW se tutti gli input sono LOW

Inputs		Output
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

Notazione: segno (+) tra le variabili.

$X = A + B$.

OR: Applicazioni

- È possibile usare l'OR per settare a 1 alcuni bit di un numero binario
- I caratteri sugli elaboratori sono codificati utilizzando attualmente una codifica chiamata Unicode
- Un pre-esistente subset di unicode (ASCII) con codici da 0 a 127 include lettere, numeri, caratteri speciali e di controllo
- I codici ASCII delle lettere maiuscole partono da 65, quelli delle minuscole da 97

Codici ASCII

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr	
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	#32;	Space	64	40	100	#64;	@	96	60	140	#96;	h	
1	001	SOH (start of heading)		33	21	041	#33;	!	65	41	101	#65;	A	97	61	141	#97;	a	
2	002	STX (start of text)		34	22	042	#34;	"	66	42	102	#66;	B	98	62	142	#98;	b	
3	003	ETX (end of text)		35	23	043	#35;	#	67	43	103	#67;	C	99	63	143	#99;	c	
4	004	EOT (end of transmission)		36	24	044	#36;	\$	68	44	104	#68;	D	100	64	144	#100;	d	
5	005	ENQ (enquiry)		37	25	045	#37;	%	69	45	105	#69;	E	101	65	145	#101;	e	
6	006	ACK (acknowledge)		38	26	046	#38;	&	70	46	106	#70;	F	102	66	146	#102;	f	
7	007	BEL (bell)		39	27	047	#39;	'	71	47	107	#71;	G	103	67	147	#103;	g	
8	010	BS (backspace)		40	28	050	#40;	(	72	48	110	#72;	H	104	68	148	#104;	h	
9	011	TAB (horizontal tab)		41	29	051	#41;	)	73	49	111	#73;	I	105	69	149	#105;	i	
10	A012	LF (NL line feed, new line)		42	2A	052	#42;	*	74	4A	112	#74;	J	106	6A	152	#106;	j	
11	B	013	VT (vertical tab)		43	2B	053	#43;	+	75	4B	113	#75;	K	107	6B	153	#107;	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)		44	2C	054	#44;	,	76	4C	114	#76;	L	108	6C	154	#108;	l
13	D	015	CR (carriage return)		45	2D	055	#45;	-	77	4D	115	#77;	M	109	6D	155	#109;	m
14	E	016	SO (shift out)		46	2E	056	#46;	.	78	4E	116	#78;	N	110	6E	156	#110;	n
15	F	017	SI (shift in)		47	2F	057	#47;	/	79	4F	117	#79;	O	111	6F	157	#111;	o
16	10	020	DLE (data link escape)		48	30	060	#48;	0	80	50	120	#80;	P	112	70	160	#112;	p
17	11	021	DC1 (device control 1)		49	31	061	#49;	1	81	51	121	#81;	Q	113	71	161	#113;	q
18	12	022	DC2 (device control 2)		50	32	062	#50;	2	82	52	122	#82;	R	114	72	162	#114;	r
19	13	023	DC3 (device control 3)		51	33	063	#51;	3	83	53	123	#83;	S	115	73	163	#115;	s
20	14	024	DC4 (device control 4)		52	34	064	#52;	4	84	54	124	#84;	T	116	74	164	#116;	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)		53	35	065	#53;	5	85	55	125	#85;	U	117	75	165	#117;	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)		54	36	066	#54;	6	86	56	126	#86;	V	118	76	166	#118;	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)		55	37	067	#55;	7	87	57	127	#87;	W	119	77	167	#119;	w
24	18	030	CAN (cancel)		56	38	070	#56;	8	88	58	130	#88;	X	120	78	170	#120;	x
25	19	031	EM (end of medium)		57	39	071	#57;	9	89	59	131	#89;	Y	121	79	171	#121;	y
26	1A	032	SUB (substitute)		58	3A	072	#58;	:	90	5A	132	#90;	Z	122	7A	172	#122;	z
27	1B	033	ESC (escape)		59	3B	073	#59;	;	91	5B	133	#91;	[	123	7B	173	#123;	[
28	1C	034	FS (file separator)		60	3C	074	#60;	<	92	5C	134	#92;	\	124	7C	174	#124;	\
29	1D	035	GS (group separator)		61	3D	075	#61;	=	93	5D	135	#93;	]	125	7D	175	#125;]
30	1E	036	RS (record separator)		62	3E	076	#62;	>	94	5E	136	#94;	^	126	7E	176	#126;	^
31	1F	037	US (unit separator)		63	3F	077	#63;	?	95	5F	137	#95;	_	127	7F	177	#127;	_

Codici ASCII

Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char
0	0000 0000	00	[NUL]	32	0010 0000	20	space	64	0100 0000	40	@	96	0110 0000	60	`
1	0000 0001	01	[SOH]	33	0010 0001	21	!	65	0100 0001	41	A	97	0110 0001	61	a
2	0000 0010	02	[STX]	34	0010 0010	22	"	66	0100 0010	42	B	98	0110 0010	62	b
3	0000 0011	03	[ETX]	35	0010 0011	23	#	67	0100 0011	43	C	99	0110 0011	63	c
4	0000 0100	04	[EOT]	36	0010 0100	24	\$	68	0100 0100	44	D	100	0110 0100	64	d
5	0000 0101	05	[ENQ]	37	0010 0101	25	%	69	0100 0101	45	E	101	0110 0101	65	e
6	0000 0110	06	[ACK]	38	0010 0110	26	&	70	0100 0110	46	F	102	0110 0110	66	f
7	0000 0111	07	[BEL]	39	0010 0111	27	'	71	0100 0111	47	G	103	0110 0111	67	g
8	0000 1000	08	[BS]	40	0010 1000	28	(	72	0100 1000	48	H	104	0110 1000	68	h
9	0000 1001	09	[TAB]	41	0010 1001	29	*	73	0100 1001	49	I	105	0110 1001	69	i
10	0000 1010	0A	[LF]	42	0010 1010	2A	*	74	0100 1010	4A	J	106	0110 1010	6A	j
11	0000 1011	0B	[VT]	43	0010 1011	2B	+	75	0100 1011	4B	K	107	0110 1011	6B	k
12	0000 1100	0C	[FF]	44	0010 1100	2C	,	76	0100 1100	4C	L	108	0110 1100	6C	l
13	0000 1101	0D	[CR]	45	0010 1101	2D	-	77	0100 1101	4D	M	109	0110 1101	6D	m
14	0000 1110	0E	[SO]	46	0010 1110	2E	.	78	0100 1110	4E	N	110	0110 1110	6E	n
15	0000 1111	0F	[SI]	47	0010 1111	2F	/	79	0100 1111	4F	O	111	0110 1111	6F	o
16	0001 0000	10	[DLE]	48	0011 0000	30	0	80	0101 0000	50	P	112	0110 0000	70	p
17	0001 0001	11	[DC1]	49	0011 0001	31	1	81	0101 0001	51	Q	113	0110 0001	71	q
18	0001 0010	12	[DC2]	50	0011 0010	32	2	82	0101 0010	52	R	114	0110 0010	72	r
19	0001 0011	13	[DC3]	51	0011 0011	33	3	83	0101 0011	53	S	115	0110 0011	73	s
20	0001 0100	14	[DC4]	52	0011 0100	34	4	84	0101 0100	54	T	116	0110 0100	74	t
21	0001 0101	15	[NAK]	53	0011 0101	35	5	85	0101 0101	55	U	117	0110 0101	75	u
22	0001 0110	16	[SYN]	54	0011 0110	36	6	86	0101 0110	56	V	118	0110 0110	76	v
23	0001 0111	17	[ETB]	55	0011 0111	37	7	87	0101 0111	57	W	119	0110 0111	77	w
24	0001 1000	18	[CAN]	56	0011 1000	38	8	88	0101 1000	58	X	120	0110 1000	78	x
25	0001 1001	19	[EM]	57	0011 1001	39	9	89	0101 1001	59	Y	121	0110 1001	79	y
26	0001 1010	1A	[SUB]	58	0011 1010	3A	:	90	0101 1010	5A	Z	122	0110 1010	7A	z
27	0001 1011	1B	[ESC]	59	0011 1011	3B	;	91	0101 1011	5B	[	123	0110 1011	7B	{
28	0001 1100	1C	[FS]	60	0011 1100	3C	<	92	0101 1100	5C	\	124	0110 1100	7C	|
29	0001 1101	1D	[GS]	61	0011 1101	3D	=	93	0101 1101	5D	]	125	0110 1101	7D	}
30	0001 1110	1E	[RS]	62	0011 1110	3E	>	94	0101 1110	5E	^	126	0110 1110	7E	~
31	0001 1111	1F	[US]	63	0011 1111	3F	?	95	0101 1111	5F	_	127	0110 1111	7F	[DEL]

Codici ASCII

Dec	Hx	Oct	Html	Chr	Dec	Hx	Oct	Html	Chr
64	40	100	#64;	@	96	60	140	#96;	`
65	41	101	#65;	A	97	61	141	#97;	a
66	42	102	#66;	B	98	62	142	#98;	b
67	43	103	#67;	C	99	63	143	#99;	c
68	44	104	#68;	D	100	64	144	#100;	d
69	45	105	#69;	E	101	65	145	#101;	e
70	46	106	#70;	F	102	66	146	#102;	f

Codici ASCII

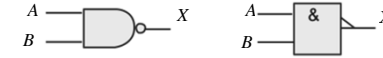
Dec	Bin	Hex	Char	Dec	Bin	Hex	Char
64	0100 0000	40	@	96	0110 0000	60	`
65	0100 0001	41	A	97	0110 0001	61	a
66	0100 0010	42	B	98	0110 0010	62	b
67	0100 0011	43	C	99	0110 0011	63	c
68	0100 0100	44	D	100	0110 0100	64	d
69	0100 0101	45	E	101	0110 0101	65	e
70	0100 0110	46	F	102	0110 0110	66	f
71	0100 0111	47	G	103	0110 0111	67	g
72	0100 1000	48	H	104	0110 1000	68	h
73	0100 1001	49	I	105	0110 1001	69	i

Maschera “lower-case”

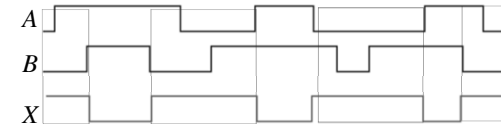
Lettera minuscola = lettera maiuscola **OR** 20Hex =
100000 in binario = 32 in decimale

A	01000001
Maschera	00100000
a	01100001

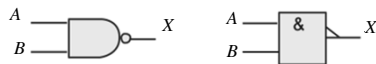
Porta NAND



Forma d'onda d'esempio:



Porta NAND



Produce LOW quando tutti gli input sono HIGH.

Produce HIGH se almeno un input è LOW

Inputs		Output
A	B	X
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

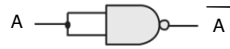
Notazione: combinazione di AND e NOT (punto + overbar)

$$X = \overline{A \cdot B} \quad (\text{Alternativa: } X = \overline{AB})$$

Vantaggi Porta NAND

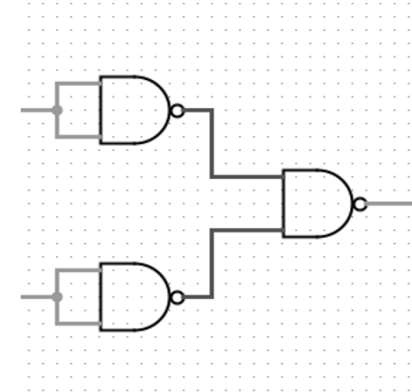
- Efficiente implementazione dal punto di vista fisico, perché realizzo circuiti integrati composti dallo stesso tipo di componente
- Porta universale: posso realizzare altre porte usando la porta NAND ?
COME??

Porta NOT realizzata con NAND

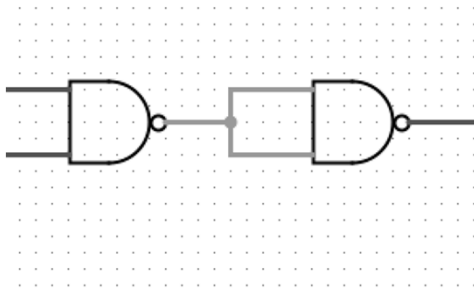


Esercizio: Provate a realizzare le porte AND, OR usando solo porte NAND

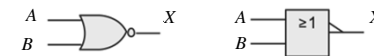
Porta OR usando NAND



Porta AND usando NAND



Porta NOR



Produce un output LOW se almeno un input è HIGH. Produce HIGH se tutti gli input sono LOW.

Inputs		Output
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

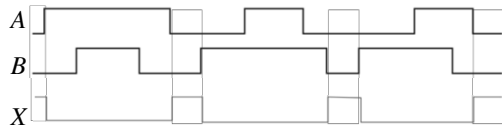
Notazione: combinazione di OR (+) e NOT (overbar)

$$X = \overline{A + B}$$

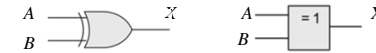
Porta NOR



Forme d'onda d'esempio:



Porta XOR



Produce HIGH soltanto quando gli input assumono valori opposti (uno LOW e l'altro HIGH)

Inputs		Output
A	B	X
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

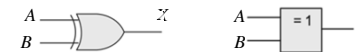
Notazioni: $X = A \oplus B$

Porta NOR come componente universale

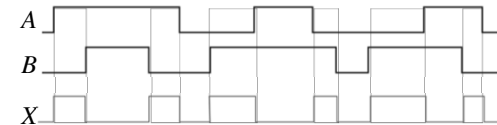
In maniera simile alla NAND, anche la porta NOR può essere usata come componente universale

Esercizio: realizzare porte NOT, AND, OR usando soltanto porte NOR

Porta XOR

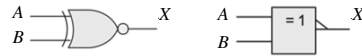


Forme d'onda d'esempio:



Notare che l'output è HIGH solo quando un solo input è HIGH

Porta XNOR



Produce un output HIGH soltanto quando il livello di A e B è lo stesso (entrambi LOW o entrambi HIGH)

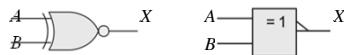
Inputs		Output
A	B	X
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

Notazione: $X = \overline{A}B + A\overline{B}$

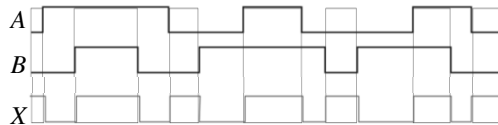
Alternativa: $X = A \odot B$

Circuiti disponibili sul mercato

Porta XNOR



Forma d'onda d'esempio:



Utile per confrontare valori...

Circuiti disponibili sul mercato

74xx08	AND gate
74xx32	OR gate
74xx04	NOT gate
74xx00	NAND gate
74xx02	NOR gate
74xx86	XOR gate

Data sheet

Forniscono informazioni su:

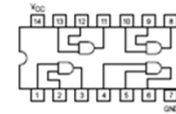
- Funzione logica
- Tabella di verità
- Pin-out
- Caratteristiche elettriche
- Caratteristiche temporali (il tempo di risposta di un circuito non è istantaneo)
- Packaging



QUAD 2-INPUT AND GATE

SN54/74LS08

QUAD 2-INPUT AND GATE
LOW POWER SCHOTTKY



Porte AND



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-08



D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION
SN54LS08J Ceramic
SN74LS08N Plastic
SN74LS08D SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

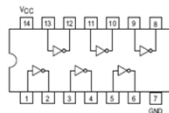
Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.25	5.5	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25	125	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA



HEX INVERTER

SN54/74LS04

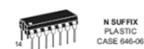
HEX INVERTER
LOW POWER SCHOTTKY



Porte NOT



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-08



D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION
SN54LS04J Ceramic
SN74LS04N Plastic
SN74LS04D SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

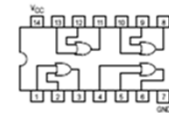
Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.25	5.5	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25	125	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA



QUAD 2-INPUT OR GATE

SN54/74LS32

QUAD 2-INPUT OR GATE
LOW POWER SCHOTTKY



Porte OR



J SUFFIX
CERAMIC
CASE 632-08



N SUFFIX
PLASTIC
CASE 646-08



D SUFFIX
SOIC
CASE 751A-02

ORDERING INFORMATION
SN54LS32J Ceramic
SN74LS32N Plastic
SN74LS32D SOIC

GUARANTEED OPERATING RANGES

Symbol	Parameter		Min	Typ	Max	Unit
V _{CC}	Supply Voltage	54 74	4.5 4.75	5.0 5.25	5.5	V
T _A	Operating Ambient Temperature Range	54 74	-55 0	25	125	°C
I _{OH}	Output Current — High	54, 74			-0.4	mA
I _{OL}	Output Current — Low	54 74			4.0 8.0	mA

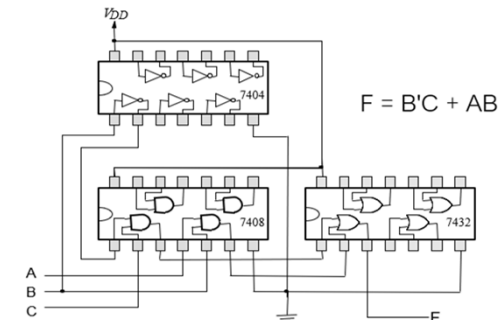
Esempio

Disegnare il circuito relativo all'espressione:

$$F = B'C + AB$$

Quindi realizzarlo utilizzando chip disponibili

Realizzazione circuito



Progettazione Logica

