




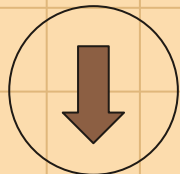
La somma binaria

Come fa i conti una calcolatrice, ma
scendendo proprio nel profondo



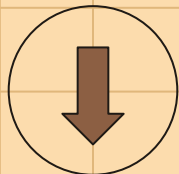
By Francesco Tucci - Linux Day 2022

Io sono Francesco



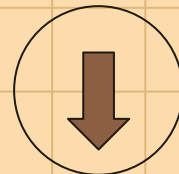
Professione

Lavoro nei datacenter di
una grande
multinazionale



Hobby e vita

Raspberry, Arduino,
Fotografia, due gatti,
giravo il mondo



Sistemi
operativi

Tutti, scelgo quel che mi
serve, per quel che devo
fare



Di cosa parliamo oggi

01

Numeri binari

Come si converte un decimale in binario e come si rappresenta

03

Porte logiche

Gli operatori che fanno le operazioni sui bit trasformati in tensioni

02

Elettronica digitale

Segnali, tensioni, transistor, quel che serve per maneggiare i bit nei chip

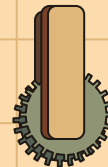
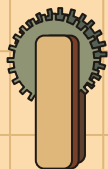
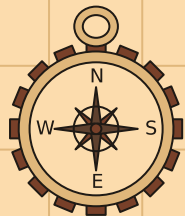
04

Somme in un chip

Come un circuito elettronico somma due numeri



Iniziamo!



Il viaggio parte da due numeri decimali, convertiti in binario, salvati in un circuito elettronico che conosce solo livelli di tensione, che poi è in grado di sommarli e fornire il risultato.

E non è magia





01



I numeri binari

Al mondo ci sono 10 persone che capiscono
il binario, chi sì e chi no.



Le basi

```
00111100011100
0001111100111
1111011110111
0111011000000
1000001110111
1000100100111
1100110010111
1111000010000
11000010011110
```

Siamo abituati a contare in decimale, con i numeri da **0** a **9**.
Quando arriviamo a 9, mettiamo 0 e un 1 davanti

7, 8, 9, 10, ...

In binario le cifre sono solo due: **0** e **1**

0, 1, 10, 11, 100, ...



La conversione

Valore del bit
espresso in
potenze di 2

128	64	32	16	8	4	2	1
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	1	1	1	1	1	1

Valore del bit
in decimale

bit

8 bit = 1 Byte



Da binario a decimale

11010001 \rightarrow 128+64+16+1 = 209

128	64	0	16	0	0	0	1
2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
1	1	0	1	0	0	0	1

bit

8 bit = 1 Byte



Cose curiose



- In un byte il numero massimo è 255 (ma sono 256 valori, pari a 2^8 , 8 come i bit in un byte)
- Se il primo a dx è 1, è dispari
- Se voglio fare con segno sacrifico il primo bit a sx e i valori sono da -128 a 127

Fare la somma

Decimale

156 +
89 =

245

6+9=15 -> 5 r1
r1+5+8=14 -> 4 r1
r1+1=2 -> 2

Binario

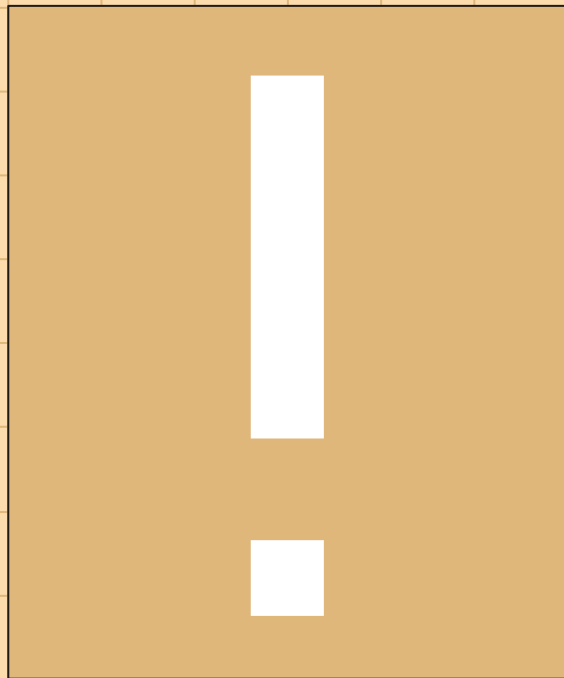
10011100 +
01011001 =

11110101

0+1=1 -> 1
0+0=0 -> 0
1+0=1 -> 1
1+1=10 -> 0 r1
r1+1+1=11 -> 1 r1
r1+0+0=1 -> 1
0+1=1 -> 1
1+0=1 -> 1



Overflow!



In decimale puoi fare

```
200 +  
200 =  
400
```

In binario

```
11001000 +  
11001000 =  
110010000
```

400 occupa 9 bit, non ci sta in 8 ed è un problema!





02



Elettronica digitale

Rendiamo grazie sempre all'inventore del transistor!



Tensioni, non carta

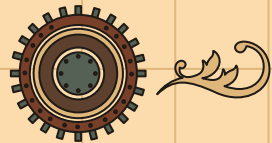


I dati che usiamo noi, appunti, conti, scritti, ... sono solitamente inchiostro su carta.

Nei calcolatori non c'è inchiostro e non c'è carta.

I dati possono essere gestiti solo con segnali elettrici

C'è tensione:	valore binario 1
Non c'è tensione:	valore binario 0



Pare che adesso le cose si facciano difficili.
Come gestiamo delle tensioni al posto di numeri su carta?

L'ingegneria, nei tempi, ha fatto i miracoli!



I numeri vanno memorizzati



Il modo più facile per memorizzare un valore di tensione è un condensatore.

Se è carico, c'è tensione - valore 1

Se è scarico, non c'è tensione - valore 0

8 condensatori fanno una cella di memoria da un Byte

Ho semplificato TANTISSIMO

Quante celle di memoria



8 bit → massimo 255
2x8 bit → massimo 65.535
4x8 bit → massimo 4.294.967.295

Con celle di memoria da 32 bit iniziamo a ragionare (ci sarebbero anche i decimali, ma non sottilizziamo)

E come le trovo?



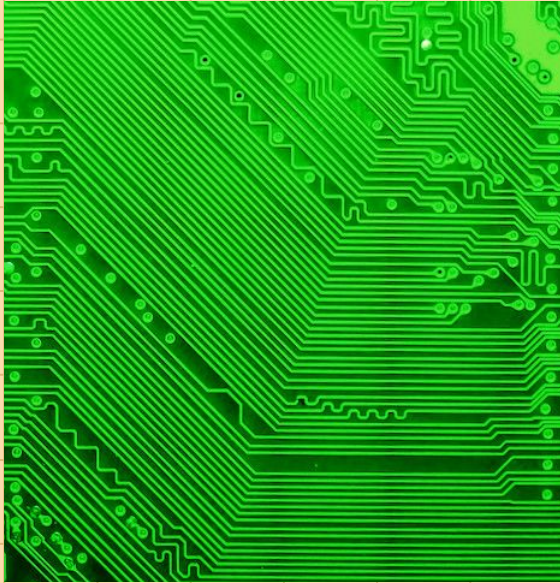
Ogni cella ha un suo indirizzo.
Anche gli indirizzi sono espressi in binario.

Quando sentite “sistema a 16, 32 o 64bit” è la
dimensione degli indirizzi delle celle di
memoria.

64 bit vuol dire che può avere
18.446.744.073.709.551.615 celle di memoria

Milioni di miliardi di miliardi

Spostare i bit

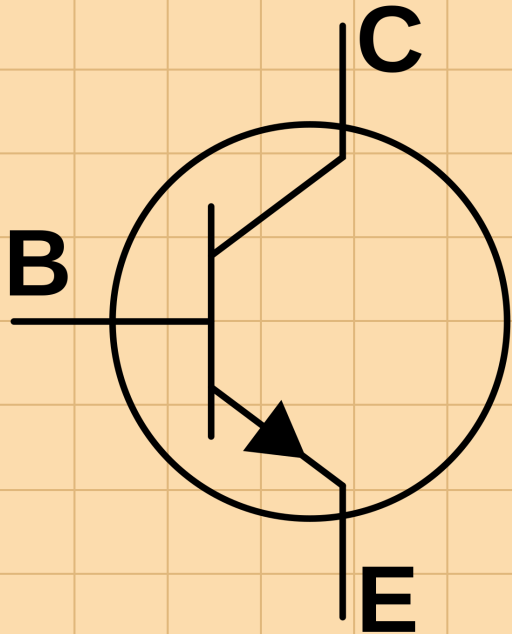


I segnali elettrici vengono trasmessi su migliaia di piste di rame sulle schede elettroniche. Immaginate milioni di segnali che viaggiano tutti sincronizzati.

Sincronia → clock

Più è bassa la differenza di tensione tra 0 e 1, più è veloce il cambio tra uno e l'altro

Il transistor



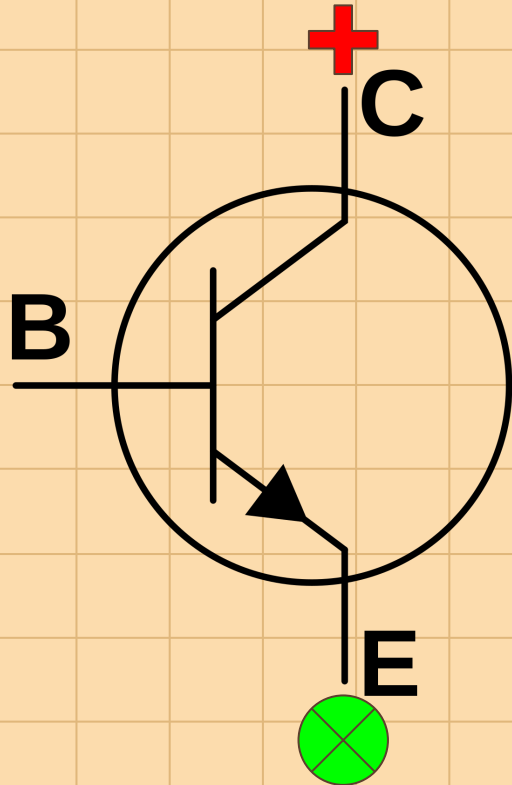
La più grande invenzione del nostro secolo.
O una delle più grandi, fate voi.

Funziona in due modi

1. Amplifica i segnali
2. Funziona da interruttore

A noi serve la 2

Interruttore digitale



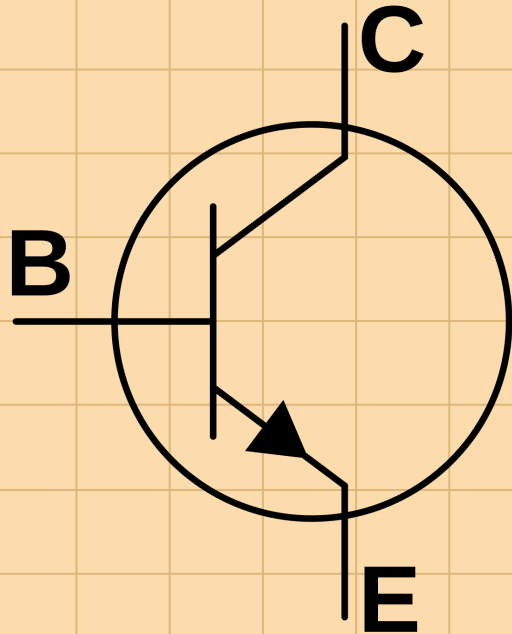
(ehm, semplifico, eh!)

Applico una tensione sul Collettore
Metto una lampadina sull'Emettitore

Se collego la Base a **0V** (terra) la lampadina
resta **spenta**

Se collego una tensione di almeno **0,7V** alla
Base, la lampadina si **accende**

Ma a cosa serve questa cosa?



A TUTTO!

Con milioni e milioni di transistor, piccolissimi, messi nel modo giusto, con segnali che passano al loro interno, noi facciamo andare avanti il mondo.





03



Le porte logiche

Se piove nevica prendi l'ombrello



AND, OR, NOT



Spesso nella nostra vita ci troviamo nella
posizione di dover scegliere

Fai questo **oppure** quello
Fai questo **e** quello
Non fare questo

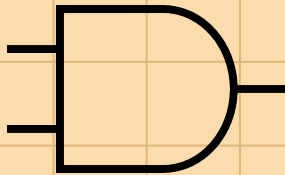
Chi programma lo fa spesso nelle **IF**



Le tabelle della verità

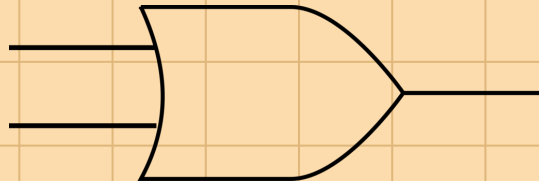
AND

È VERA solo se
i due valori
in ingresso
sono entrambi
veri



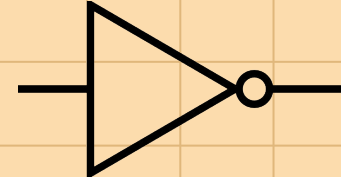
OR

È VERA quando
almeno uno dei
due valori in
ingresso è
VERO



NOT

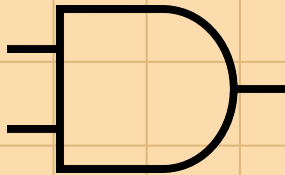
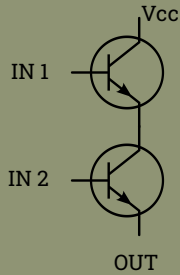
Inverte il
valore in
ingresso



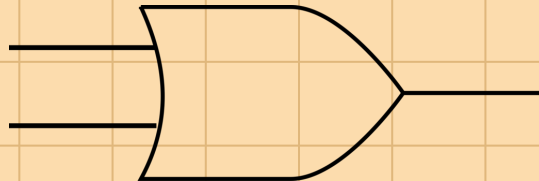
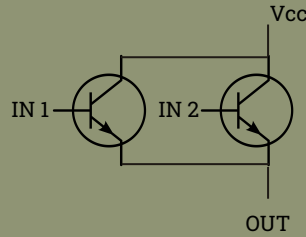
Schemi interni

Molto, molto semplificati

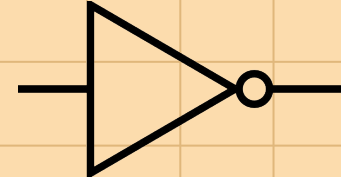
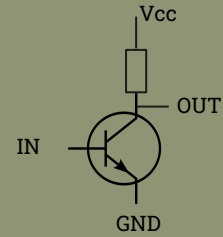
AND



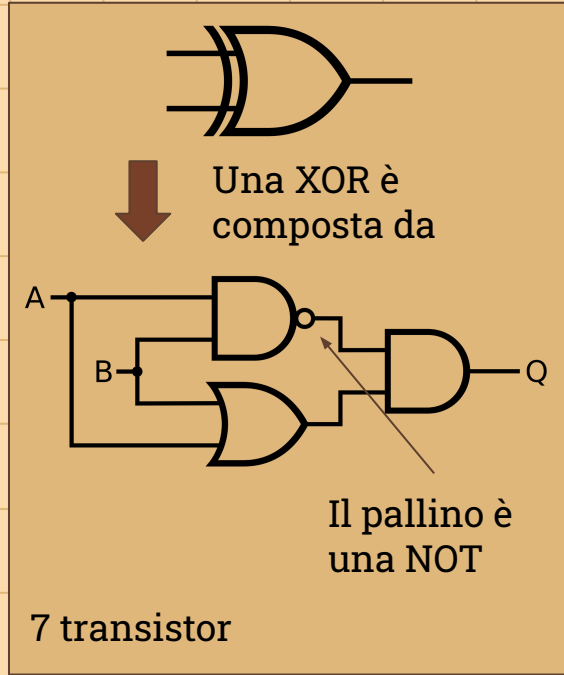
OR



NOT



Altre porte



Per rispondere ad altre esigenze, spesso combinando, AND, OR e NOT, si possono creare porte con tabelle della verità diverse.

Ad esempio la XOR (*figlia di KMER*) che ci servirà dopo.

A	B	→	Q
0	0	→	0
0	1	→	1
1	0	→	1
1	1	→	0




04



Somma aritmetica

Solo la somma, che le altre operazioni sono difficili e il tempo è poco



Avete presente la calcolatrice da 2€?

- Costa poco
- Ha pochi tasti
- Ha un display LCD
- Fa poche operazioni

...ma...

È più complicata di quello
che si possa immaginare



Fare una somma

1

Scrivo un addendo

Lo vedo in decimale sul display
Viene salvato in binario in una memoria
.....

2

Premo +

Primo numero terminato
So che operazione devo fare

4

Premo =

Primo numero terminato
Avvio le operazioni di calcolo

3

Scrivo l'altro addendo

Lo vedo in decimale sul display
Viene salvato in un'altra memoria
.....

5

Fa il conto

Sposto le due celle di memoria nell'ALU
Faccio il conto

6

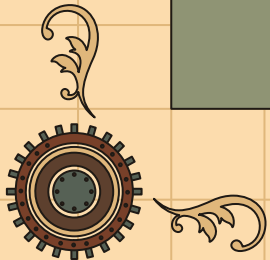
Lo vedo sul display

Il risultato sovrascrive la prima cella di
memoria e viene visualizzato sul display

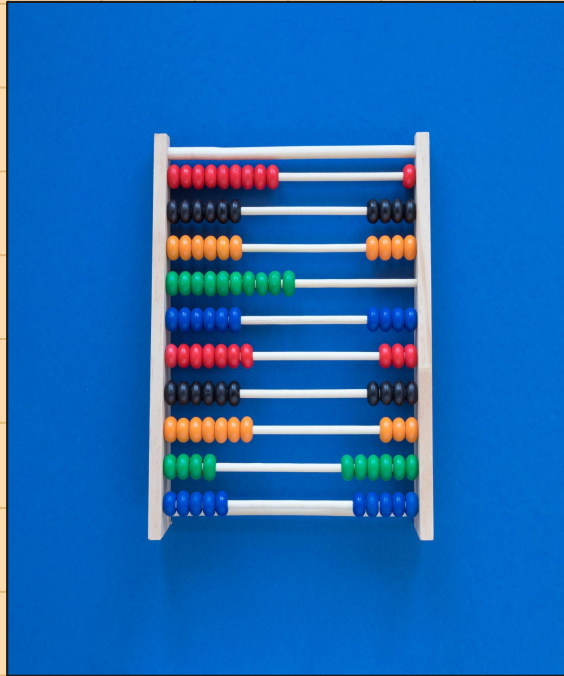


Dobbiamo sommare due numeri binari
all'interno di un circuito elettrico in
cui ci sono solo tensioni.

Non abbiamo foglio, penna e gomma



Le basi



$$0 + 0 = 0$$

$$1 + 0 = 1$$

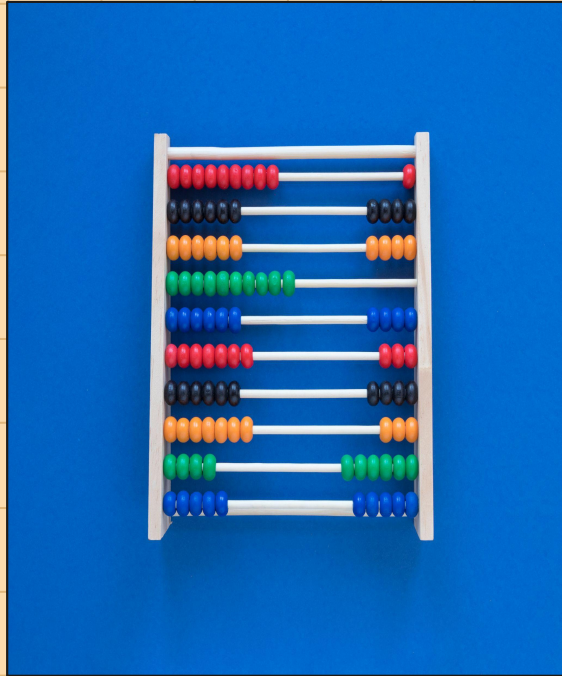
$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 1 = \cancel{10} 0 \text{ con riporto di } 1$$

Devo gestire i riporti

Sia quello che genero che quello che mi arriva

La tabella della verità completa



$R0 + 0 + 0 = 0 \ R0$
 $R0 + 1 + 0 = 1 \ R0$
 $R0 + 0 + 1 = 1 \ R0$
 $R0 + 1 + 1 = 0 \ R1$
 $R1 + 0 + 0 = 1 \ R0$
 $R1 + 1 + 0 = 0 \ R1$
 $R1 + 0 + 1 = 0 \ R1$
 $R1 + 1 + 1 = 1 \ R1$

Ho 3 ingressi, 2 uscite e 8 possibili combinazioni per ogni coppia di bit da sommare.

**Mi serve un
circuito!**

Il Full Adder somma due bit con i riporti



A e B sono i due bit in ingresso

⋮

C_{in} è il riporto in ingresso dall'adder precedente

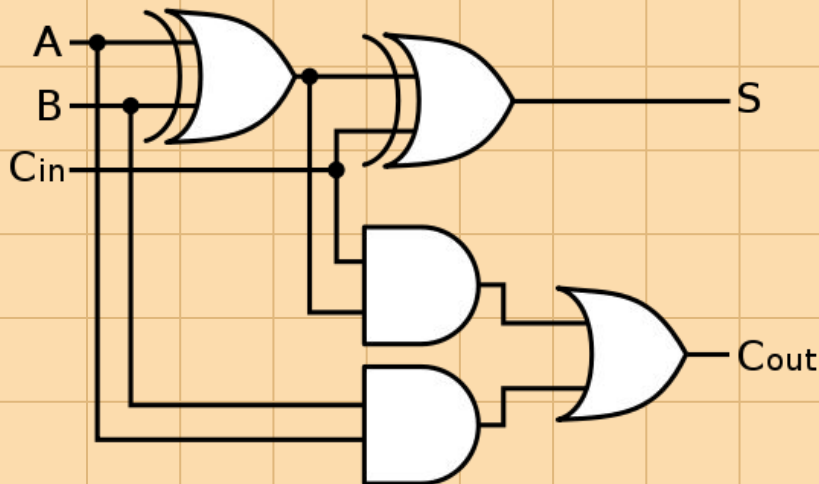


C_{out} è il riporto in uscita verso l'adder successivo

⋮



S è il risultato della somma



2 XOR (7+7 transistor)
2 AND (2+2 transistor)
1 OR (2 transistor)
Totale → 20 transistor



⋮



⋮



Per una somma a 4 Byte

32 full adder

Uno in cascata
all'altro.

$5 \times 32 = 160$

Porte logiche

Il tutto solo
per fare una
somma.
Per le altre è
ancora più
difficile

4.294.967.295

Numero massimo
ottenibile

$20 \times 32 = 640$

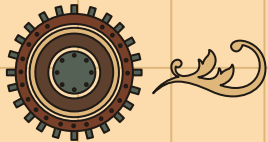
Transistor
(solo per la somma)

Nella calcolatrice c'è di più

- Altre operazioni
- Gestione della tastiera
- Memoria temporanea
- Controller del display
- Display LCD
- Circuito di alimentazione

Ed è un dispositivo che fa poco e costa pochissimo, ci sono alcune migliaia di transistor.





Provate a immaginare adesso la
complessità di una moderna CPU.



No, non è possibile, la complessità va fuori dalla nostra
comprensione.



3.510

Transistor nel microcontrollore di Arduino ATmega328

LINUX
D A Y

ITALIA



29.000

Transistor nella CPU Intel 8086





16.000.000.000

Transistor nel processore M1 di Apple





Domande?

(spero di sapere le risposte)

Grazie!

Francesco Tucci

 @cesco_78

Blog: www.iltucci.com

Podcast: <https://pilloledib.it>

CREDITS: This presentation template was created by
Slidesgo, including icons by **Flaticon** and infographics &
images by **Freepik**

Linux Day 2022

