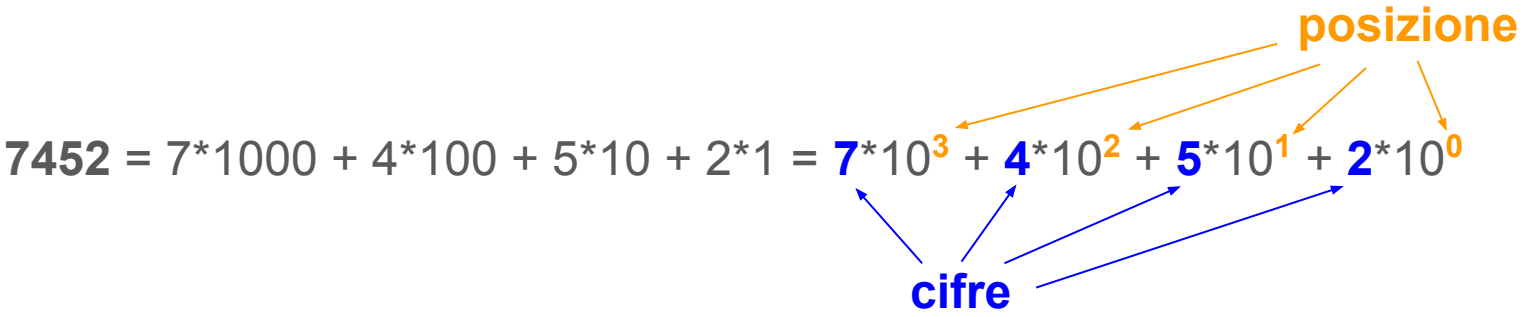
Laboratorio I
a.a. 2025/2026

Rappresentazione binaria

Contenuti

- Rappresentazione posizionale in base B
- Rappresentazione binaria degli interi
  - Segno e modulo
  - Complemento a 2
- Rappresentazione binaria dei numeri reali
- Altri tipi di dato
- Operazioni binarie

Rappresentazione posizionale in base 10



cifre = {0,1, …, 9} = {0, 1, …, B-1}

B = base = 10

Numeri naturali in base 10:

$$n_{10} = \sum_{i=0}^{N-1} d_i * 10^i$$

d_0 → cifra meno significativa

d_{N-1} → cifra piú significativa

Rappresentazione posizionale in base 2 - binaria

cifre = {0,1} = {0, 2-1} **B = base** = 2

Numeri naturali in base 2: $n_2 = \sum_{i=0}^{N-1} b_i * 2^i$

b_0 → bit meno significativo (Least Significant Bit, LSb)
b_{N-1} → bit piú significativo (Most Significant Bit, MSb)

MSb LSb

$\mathbf{10011010_2} = 1*128 + 0*64 + 0*32 + 1*16 + 1*8 + 0*4 + 1*2 + 0*1 =$
$\mathbf{1}*2^7 + \mathbf{0}*2^6 + \mathbf{0}*2^5 + \mathbf{1}*2^4 + \mathbf{1}*2^3 + \mathbf{0}*2^2 + \mathbf{1}*2^1 + \mathbf{0}*2^0 = \mathbf{154_{10}}$

Massimo naturale su N bit: $2^N-1 = \sum_{i=0}^{N-1} 2^i$

Da base 10 a base 2

154		

Esercizio:

Funzione che prende un numero naturale in base 10 e restituisce le cifre in base 2:

$154_{10} = 10011010_2$

Pensiamoci prima in base 10:

Come ***estrarre*** le cifre di $154_{10} = \mathbf{1}*10^2 + \mathbf{5}*10^1 + \mathbf{4}*10^0$?

Da base 10 a base 2

154	quoziente	resto
/ 2	77	0

Esercizio:

Funzione che prende un numero naturale in base 10 e restituisce le cifre in base 2:

$$154_{10} = 10011010_2$$

Pensiamoci prima in base 10:

Come ***estrarre*** le cifre di $154_{10} = \mathbf{1}*10^2 + \mathbf{5}*10^1 + \mathbf{4}*10^0$?

Da base 10 a base 2

154	quoziente	resto
/ 2	77	0
/ 2	38	1

Esercizio:

Funzione che prende un numero naturale in base 10 e restituisce le cifre in base 2:

$$154_{10} = 10011010_2$$

Pensiamoci prima in base 10:

Come ***estrarre*** le cifre di $154_{10} = \mathbf{1}*10^2 + \mathbf{5}*10^1 + \mathbf{4}*10^0$?

Da base 10 a base 2

154	quoziente	resto
/ 2	77	0
/ 2	38	1
/ 2	19	0
/ 2	9	1
/ 2	4	1
/ 2	2	0
/ 2	1	0
/ 2	0	1

Esercizio:

Funzione che prende un numero naturale in base 10 e restituisce le cifre in base 2:

$$154_{10} = 10011010_2$$

Pensiamoci prima in base 10:

Come ***estrarre*** le cifre di

$154_{10} = \mathbf{1}*10^2 + \mathbf{5}*10^1 + \mathbf{4}*10^0$?

Base generica

Numeri naturali in base **B**: $n_B = \sum_{i=0}^{N-1} a_i * B^i$

Esempi:

- **cifre** = {0, …, 7} = {0, …, 8-1} B = base = **8**

  $\mathbf{10000047_8} = 1*2097152 + 4*8 + 7*1 = 1*8^7 + 4*8^1 + 7*8^0 = \mathbf{2097191_{10}}$

- **cifre** = {0, …, 9, A, …, F} = {0, …, 16-1} B = base = **16**

  $\mathbf{100C0A47_{16}} = 1*16^7 + 12*16^4 + 10*16^2 + 4*16^1 + 7*16^0 = \mathbf{269224519_{10}}$

Base 8 e 16

La rappresentazione **ottale** (B=8) ed **esadecimale** (B=16) sono utili per scrivere i numeri binari in forma compatta:

Considero gruppi di 3 bit da dx a sx

$$\underbrace{10}_{2}\underbrace{011}_{3}\underbrace{010}_{2} = 154_{10}$$

$$(2\ \ 3\ \ 2)_8 = 154_{10}$$

Considero gruppi di 4 bit da dx a sx

$$\underbrace{1001}_{9}\underbrace{1010}_{A} = 154_{10}$$

$$(9\ \ A)_{16} = 154_{10}$$

Rappresentazione dell'informazione

- I computer usano la rappresentazione binaria
- Circuiti elettronici la possono rappresentare e fare operazioni facilmente (e a costo basso) **ON/OFF**, porte logiche
  - livelli di tensione, tradizionalmente 0v e +5v, anche se oggi non sono esattamente questi i valori

Bit: unità elementare di informazione, ha (solo) due stati — il minimo perché si possa parlare di cose diverse. Convenzionalmente, li denotiamo con 0 e 1

- *Due stati più semplici da distinguere* piuttosto che 8 (se consideriamo che stiamo parlando di valori di corrente, che non sempre possono essere "puliti")

Byte: 8 bit, unità elementare di memoria, 2^8 valori distinti

Parola di memoria: 8, 16, 32, 64, … bit dimensione dei registri nella CPU.

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$\mathbf{10011010_2} = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = \mathbf{154_{10}}$

$\mathbf{11111111_2} = \mathbf{?}$

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$10011010_2 = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = 154_{10}$ $11111111_2 = 255_{10}$

```
10011010 +
11111111 =
```

Proviamo a fare la somma

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$\mathbf{10011010_2} = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = \mathbf{154_{10}}$ $\mathbf{11111111_2} = \mathbf{255_{10}}$

riporti:

```
  10011010 +
  11111111 =
-----------
         1
```

Proviamo a fare la somma

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$\mathbf{10011010_2} = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = \mathbf{154_{10}}$ $\mathbf{11111111_2} = \mathbf{255_{10}}$

riporti: 1

```
  10011010 +
  11111111 =
----------
        01
```

Proviamo a fare la somma

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$\mathbf{10011010_2} = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = \mathbf{154_{10}}$ $\mathbf{11111111_2} = \mathbf{255_{10}}$

riporti: 11

```
  10011010 +
  11111111 =
-----------
       001
```

Proviamo a fare la somma

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$\mathbf{10011010_2} = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = \mathbf{154_{10}}$ $\mathbf{11111111_2} = \mathbf{255_{10}}$

riporti: **1**1111111

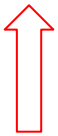
```
 10011010 +
 11111111 =
----------
1 10011001
```

Rappresentazione dell'informazione - **overflow**

$\mathbf{10011010_2} = 1*2^7 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^1 = \mathbf{154_{10}}$ $\mathbf{11111111_2} = \mathbf{255_{10}}$

riporti: **1**1111111

```
  10011010 +
  11111111 =
-----------
 110011001
```



Si ha **overflow** quando c'è un riporto sul MSb

Non riesco a rappresentare il risultato dell'operazione con lo stesso numero di bit degli operandi!

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Primo bit (**bit più significativo**, most significant bit, MSb) usato per il segno

\+ → MSb=0 − → MSb=1

Altri bit usati per il modulo → su N bit rappresentiamo interi in [**????**, **????**]

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Primo bit (**bit più significativo**, most significant bit, MSb) usato per il segno

\+ → MSb=0 − → MSb=1

Altri bit usati per il modulo → su N bit rappresentiamo interi in [**????**, **????**]

8 bit:

+-	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Segno	Modulo							Base 10
0	0	1	1	0	0	1	0	+50
1	0	0	1	0	0	0	1	−17

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Primo bit (**bit più significativo**, most significant bit, MSb) usato per il segno

\+ → MSb=0 − → MSb=1

Altri bit usati per il modulo → su N bit rappresentiamo interi in $[-2^{(N-1)}-1, 2^{(N-1)}-1]$

8 bit:

+-	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Segno	Modulo							Base 10
0	0	1	1	0	0	1	0	+50
1	0	0	1	0	0	0	1	−17

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Primo bit (**bit più significativo**, most significant bit, MSb) usato per il segno

\+ → MSb=0 − → MSb=1

Altri bit usati per il modulo → su N bit rappresentiamo interi in $[-2^{(N-1)}-1, 2^{(N-1)}-1]$

8 bit:

+-	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Segno	Modulo							Base 10
0	0	1	1	0	0	1	0	+50
1	0	0	1	0	0	0	1	−17

Problemi:

- **In quanti modi posso rappresentare il numero 0?**

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Primo bit (**bit più significativo**, most significant bit, MSb) usato per il segno

\+ → MSb=0 − → MSb=1

Altri bit usati per il modulo → su N bit rappresentiamo interi in $[-2^{(N-1)}-1, 2^{(N-1)}-1]$

8 bit:

+-	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Segno	Modulo							Base 10
0	0	1	1	0	0	1	0	+50
1	0	0	1	0	0	0	1	−17

Problemi:

- **2 rappresentazioni diverse per zero: 0000 0000 e 1000 0000 (+0 e -0)**
- **Cosa potrebbe succedere se sommo due positivi?**

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Primo bit (**bit più significativo**, most significant bit, MSb) usato per il segno

\+ → MSb=0 − → MSb=1

Altri bit usati per il modulo → su N bit rappresentiamo interi in $[-2^{(N-1)}-1, 2^{(N-1)}-1]$

8 bit:

+-	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
Segno	Modulo							Base 10
0	0	1	1	0	0	1	0	+50
1	0	0	1	0	0	0	1	−17

Problemi:

- **2 rappresentazioni diverse per zero: 0000 0000 e 1000 0000 (+0 e -0)**
- **Somma di 2 positivi è negativa se riporto sul bit di segno**

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Nella rappresentazione **in Modulo e Segno** con n bit quanti numeri posso rappresentare?

S	M	
0	00	+ 0
0	01	+ 1
0	10	+ 2
0	11	+ 3
1	00	- 0
1	01	- 1
1	10	- 2
1	11	- 3

su N bit rappresentiamo interi in $[-2^{(N-1)}-1, 2^{(N-1)}-1]$

Problemi:

- **2 rappresentazioni diverse per zero: 0000 0000 e 1000 0000 (+0 e -0)**
- **Somma di 2 positivi è negativa se riporto sul bit di segno**

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Nella rappresentazione **in Modulo e Segno** con n bit quanti numeri posso rappresentare?

$2^n - 1$

S	M	
0	00	+ 0
0	01	+ 1
0	10	+ 2
0	11	+ 3
1	00	- 0
1	01	- 1
1	10	- 2
1	11	- 3

su N bit rappresentiamo interi in $[-2^{(N-1)}-1, 2^{(N-1)}-1]$

Problemi:

- **2 rappresentazioni diverse per zero: 0000 0000 e 1000 0000 (+0 e -0)**
- **Somma di 2 positivi è negativa se riporto sul bit di segno**

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Provate….

Segno	Modulo							Base 10
0	0	0	0	0	0	0	1	+1
1	0	1	0	0	1	0	1	−37

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Provate….

Segno	Modulo							Base 10
0	0	0	0	0	0	0	1	+1
1	0	1	0	0	1	0	1	−37

1	0	1	0	0	1	1	0	−38

Problemi:

- **L’operazione di somma fornisce risultati sbagliati quando gli addendi hanno segni diversi**

Numeri interi: **rappresentazione** con modulo e segno

Soluzione: Quando si esegue una somma si dovrebbero verificare i segni dei due numeri e, se risultano diversi, si dovrebbe eseguire una sottrazione. *Ciò costringe il calcolatore ad eseguire un'operazione di verifica in più prima di eseguire l'addizione*

Problemi:

- **L'operazione di somma fornisce risultati sbagliati quando gli addendi hanno segni diversi**

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: **a=10110011** → **ā=01001100**

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N - 1) - a$

179

(256-1) - 179 = 76

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: **a=10110011** → **ā=01001100**

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N - 1) - a$

179

(256-1) - 179 = 76

Nel metodo di rappresentazione complemento a 1:

- Se il numero da codificare è positivo lo si **converte** in binario
- Se il numero è negativo si **converte** in binario il suo valore assoluto e si esegue l'operazione di **complementazione**

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: `a=10110011` → `ā=01001100`

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N-1) - a$

179

(256-1) - 179 = 76

Nel metodo di rappresentazione complemento a 1:

- Se il numero da codificare è positivo lo si **converte** in binario
- Se il numero è negativo si **converte** in binario il suo valore assoluto e si esegue l'operazione di **complementazione**

Esempio (su 4 bit):

- 3_{10}: ??
- -3_{10}:??

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: `a=10110011` → `ā=01001100`

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N-1) - a$

179

(256-1) - 179 = 76

Nel metodo di rappresentazione complemento a 1:

- Se il numero da codificare è positivo lo si **converte** in binario
- Se il numero è negativo si **converte** in binario il suo valore assoluto e si esegue l'operazione di **complementazione**

Esempio (su 4 bit):

- 3_{10}: 0011_2
- -3_{10}:??

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: **a=10110011** → **ā=01001100**

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N-1) - a$

179

(256-1) - 179 = 76

Nel metodo di rappresentazione complemento a 1:

- Se il numero da codificare è positivo lo si **converte** in binario
- Se il numero è negativo si **converte** in binario il suo valore assoluto e si esegue l'operazione di **complementazione**

Esempio (su 4 bit):

- 3_{10}: 0011_2
- -3_{10}: $0011_2 = 3_{10} \rightarrow 1100_2$

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: **a=10110011** → **ā=01001100**

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N-1) - a$

179

(256-1) - 179 = 76

Nel metodo di rappresentazione complemento a 1:

- Se il numero da codificare è positivo lo si **converte** in binario
- Se il numero è negativo si **converte** in binario il suo valore assoluto e si esegue l'operazione di **complementazione**

Esempio (su 4 bit):

- 3_{10}: 0011_2
- -3_{10}: $0011_2 = 3_{10} \rightarrow 1100_2$

Nella rappresentazione **complemento a uno** con n bit **posso rappresentare i numeri in quale intervallo**?

Numeri interi: complemento a 1

000	????
001	????
010	????
011	????
100	????
101	????
110	????
111	????

Nella rappresentazione **complemento a uno** con n bit **posso rappresentare i numeri in quale intervallo**?

Numeri interi: complemento a 1

000	+0
001	1
010	2
011	3
100	-3
101	-2
110	-1
111	-0

Nella rappresentazione **complemento a uno** con n bit **posso rappresentare i numeri in quale intervallo**?

Numeri interi: complemento a 1

Invertiamo tutti i bit: `a=10110011` → `ā=01001100`

Matematicamente: $\bar{a} = (2^N-1) - a$

Soliti problemi del modulo e segno

Nel metodo di rappresentazione complemento a 1:

- Se il numero da codificare è positivo lo si **converte** in binario
- Se il numero è negativo si **converte** in binario il suo valore assoluto e si esegue l'operazione di **complementazione**

Esempio (su 4 bit):

- 3_{10}: 0011_2
- -3_{10}: $0011_2 = 3_{10} \rightarrow 1100_2$

Nella rappresentazione **complemento a uno** con n bit **posso rappresentare i numeri in quale intervallo**?

$[-(2^{n-1} - 1), 2^{n-1} - 1]$

Numeri interi: complemento a 2

Rispetto al modulo e segno **cambia il peso** assegnato al MSb: **il MSb pesa -2^{n-1}**

Su n=8 bit, il peso del MSb è $-2^{n-1} = -128$

-2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
1	0	1	0	0	1	0	1	
$1*(-2^7)$	$0*2^6$	$1*2^5$	$0*2^4$	$0*2^3$	$1*2^2$	$0*2^1$	$1*2^0$	**−91**

Numeri interi: complemento a 2

Rispetto al modulo e segno **cambia il peso** assegnato al MSb: **il MSb pesa -2^{n-1}**

Su n=8 bit, il peso del MSb è $-2^{n-1} = -128$

-2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
1	0	1	0	0	1	0	1	
$1*(-2^7)$	$0*2^6$	$1*2^5$	$0*2^4$	$0*2^3$	$1*2^2$	$0*2^1$	$1*2^0$	**−91**

- ➔ Massimo numero (positivo) rappresentabile?
- ➔ Minimo numero (negativo) rappresentabile?

Numeri interi: complemento a 2

Rispetto al modulo e segno **cambia il peso** assegnato al MSb: **il MSb pesa -2^{n-1}**

Su n=8 bit, il peso del MSb è $-2^{n-1} = -128$

-2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
1	0	1	0	0	1	0	1	
$1*(-2^7)$	$0*2^6$	$1*2^5$	$0*2^4$	$0*2^3$	$1*2^2$	$0*2^1$	$1*2^0$	**–91**

- ➔ Massimo numero (positivo) rappresentabile? **127 (2^{n-1} -1):** 0111 1111
- ➔ Minimo numero (negativo) rappresentabile? **-128 (- 2^{n-1}):** 1000 0000

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Esempio: esprimere k=-5 su 8 bits

- Numero che sommato a -128 dà -5? ????
- Rappresentazione di 123 in base 2: ????
- Avendo il MSb a 1, abbiamo: 1 ????

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Esempio: esprimere k=-5 su 8 bits

- Numero che sommato a -128 dà -5? **123**
- Rappresentazione di 123 in base 2: ????
- Avendo il MSb a 1, abbiamo: 1 ????

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Esempio: esprimere k=-5 su 8 bits

- Numero che sommato a -128 dà -5? **123**
- Rappresentazione di 123 in base 2: **1111011**
- Avendo il MSb a 1, abbiamo: 1 ????

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Esempio: esprimere k=-5 su 8 bits

- Numero che sommato a -128 dà -5? **123**
- Rappresentazione di 123 in base 2: **1111011**
- Avendo il MSb a 1, abbiamo: 1 **1111011**

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111?

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111?

-2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0	
1	1	1	1	1	1	1	1	
$1*(-2^7)$	$1*2^6$	$1*2^5$	$1*2^4$	$1*2^3$	$1*2^2$	$1*2^1$	$1*2^0$	**-1**

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111? **Vale -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	
$1*(-2^7)$	$1*2^6$	$1*2^5$	$1*2^4$	$1*2^3$	$1*2^2$	$1*2^1$	$1*2^0$	**-1**

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111? **Vale -1**

➔ Dato un numero a, quanto fa a + $\bar{a}$?

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111? **Vale -1**

➔ Dato un numero a, quanto fa a + $\bar{a}$? 1111 1111

Numeri interi: complemento a 2

- Tutti i numeri con bit più significativo uguale a 1 sono negativi (come prima)
- Per stabilire la codifica di un generico numero negativo k, sapendo che necessariamente il bit più significativo va posto a 1, è sufficiente riportare nei restanti bit il numero positivo che, sommato a -2^{n-1}, dà il valore di k

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111? **Vale -1**

➔ Dato un numero a, quanto fa a + $\bar{a}$? 1111 1111

➔ Quindi, **in alternativa**, dato che a + $\bar{a}$ = -1, come possiamo ricavare -a?

Numeri interi: complemento a 2

Oppure, in alternativa:

$\bar{\bar{a}}$: **inverto tutti i bit** di a poi sommo 1 → $\bar{\bar{a}} = \bar{a} + 1$

- Rappresentazione dei numeri negativi: complemento a 2 del modulo (positivo)
- Rappresentazione dei numeri positivi: segno e modulo

Osservazione:

➔ Quanto vale in complemento a 2 il numero 1111 1111? **Vale -1**

➔ Dato un numero a, quanto fa a + $\bar{a}$? 1111 1111

➔ Quindi, **in alternativa**, dato che a + $\bar{a}$ = -1, come possiamo ricavare -a?

Numeri interi: complemento a 2

Esempio (su 8 bits):

$a = 5_{10} = 0000\ 0101_2$

$\bar{\bar{a}} = 1111\ 1010 + 1 = 1111\ 1011 \rightarrow$ **rappresentazione** di (-5)

	BINARIO PURO	Comple-mento a2
000 =	0	0
001 =	1	+ 1
010 =	2	+ 2
011 =	3	+ 3
100 =	4	- 4
101 =	5	- 3
110 =	6	- 2
111 =	7	- 1

Numeri interi: complemento a 2

	BINARIO PURO	Comple-mento a2
000 =	0	0
001 =	1	+ 1
010 =	2	+ 2
011 =	3	+ 3
100 =	4	- 4
101 =	5	- 3
110 =	6	- 2
111 =	7	- 1

Esempio (su 8 bits):

$a = 5_{10} = 0000\ 0101_2$

$\bar{\bar{a}} = 1111\ 1010 + 1 = 1111\ 1011 \rightarrow$ **rappresentazione** di (-5)

Vantaggi:

- Un solo 0 (0000 0000), se ne faccio complemento a 2 fa sempre 0000 0000
- L'operazione somma non ha bisogno di controllare il segno
- La sottrazione a - b è la somma $a + \bar{\bar{b}}$

Overflow rimane - determinato dalla dimensione della parola di memoria

Numeri interi: complemento a 2 - controllate da voi!

Esempi (parola di n=8 bit):

8+12	$= 0000\ 1000_2 + 0000\ 1100_2 = 0001\ 0100_2 = 20_{10}$	
-4 -2	$= 1111\ 1100_2 + 1111\ 1110_2 = 1111\ 1010_2 = -6_{10}$	
8-16	$= 0000\ 1000_2 + 1111\ 0000_2 = 1111\ 1000_2 = -8_{10}$	
250+100	$= 0\ 1111\ 1010_2 + 0\ 0110\ 0100_2 = 01\ 0101\ 1110_2$	Overflow
-250-100	$= 1\ 0000\ 0110_2 + 1\ 1001\ 1100_2 = 10\ 1010\ 0010_2$	Overflow

Overflow: quando *il risultato della somma di due numeri con lo stesso segno ha il segno opposto*

Numeri reali

segno esponente

$\pm 21.56 = \pm 0.2156 * 10^{2}$ $(\pm, 2156, 2)$

numero reale — mantissa sempre della forma 0.x

Numeri reali

segno esponente

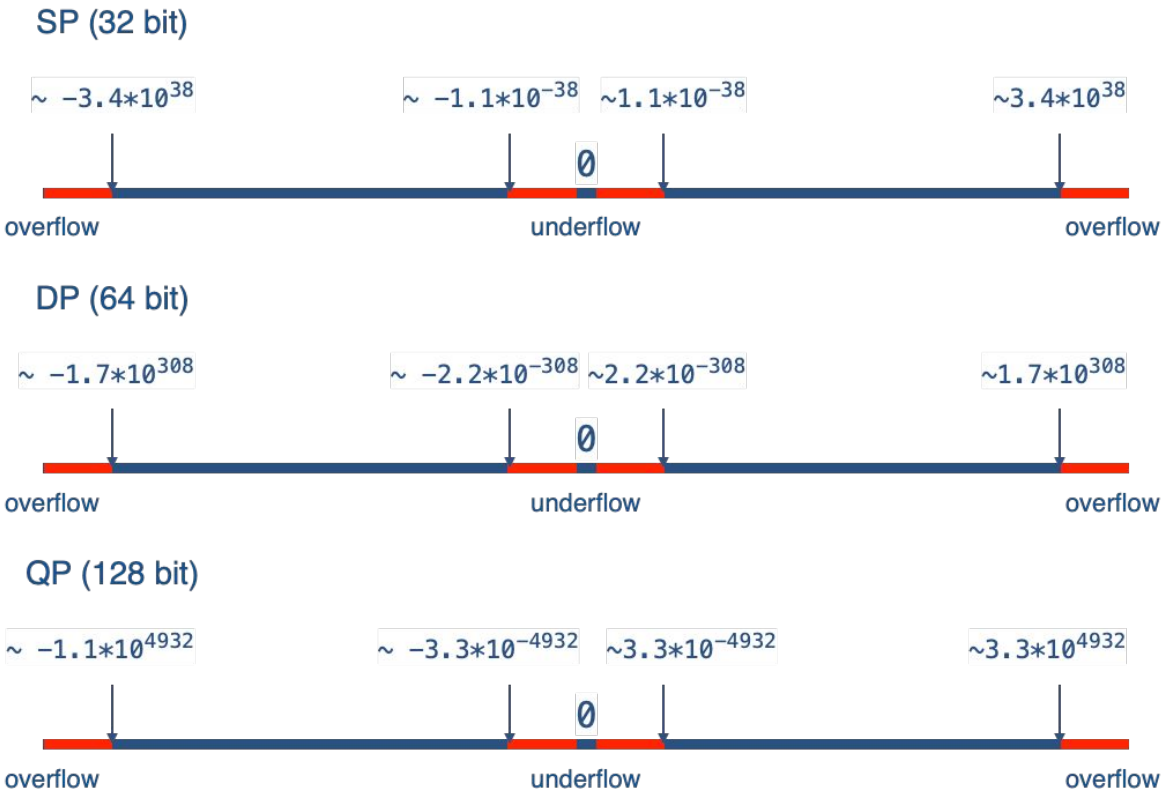
$\pm 21.56 = \pm 0.2156 * 10^{2}$ $(\pm, 2156, 2)$

numero reale — mantissa sempre della forma 0.x

IEEE 754 $\pm r = \pm m * 2^{E}$

	segno	esponente	mantissa
SP (32 bit)	1	8	23
DP (64 bit)	1	11	52
QP (128 bit)	1	15	112

Numeri reali: intervalli di rappresentazione



Dati testuali

ASCII- American Standard Code for Information Interchange

dec	oct	hex	ch	dec	oct	hex	ch	dec	oct	hex	ch	dec	oct	hex	ch
0	0	00	**NUL** (null)	32	40	20	(space)	64	100	40	@	96	140	60	`
1	1	01	**SOH** (start of header)	33	41	21	!	65	101	41	A	97	141	61	a
2	2	02	**STX** (start of text)	34	42	22	"	66	102	42	B	98	142	62	b
3	3	03	**ETX** (end of text)	35	43	23	#	67	103	43	C	99	143	63	c
4	4	04	**EOT** (end of transmission)	36	44	24	$	68	104	44	D	100	144	64	d
5	5	05	**ENQ** (enquiry)	37	45	25	%	69	105	45	E	101	145	65	e
6	6	06	**ACK** (acknowledge)	38	46	26	&	70	106	46	F	102	146	66	f
7	7	07	**BEL** (bell)	39	47	27	'	71	107	47	G	103	147	67	g
8	10	08	**BS** (backspace)	40	50	28	(	72	110	48	H	104	150	68	h
9	11	09	**HT** (horizontal tab)	41	51	29	)	73	111	49	I	105	151	69	i
10	12	0a	**LF** (line feed - new line)	42	52	2a	*	74	112	4a	J	106	152	6a	j
11	13	0b	**VT** (vertical tab)	43	53	2b	+	75	113	4b	K	107	153	6b	k
12	14	0c	**FF** (form feed - new page)	44	54	2c	,	76	114	4c	L	108	154	6c	l
13	15	0d	**CR** (carriage return)	45	55	2d	-	77	115	4d	M	109	155	6d	m
14	16	0e	**SO** (shift out)	46	56	2e	.	78	116	4e	N	110	156	6e	n
15	17	0f	**SI** (shift in)	47	57	2f	/	79	117	4f	O	111	157	6f	o
16	20	10	**DLE** (data link escape)	48	60	30	0	80	120	50	P	112	160	70	p
17	21	11	**DC1** (device control 1)	49	61	31	1	81	121	51	Q	113	161	71	q
18	22	12	**DC2** (device control 2)	50	62	32	2	82	122	52	R	114	162	72	r
19	23	13	**DC3** (device control 3)	51	63	33	3	83	123	53	S	115	163	73	s
20	24	14	**DC4** (device control 4)	52	64	34	4	84	124	54	T	116	164	74	t
21	25	15	**NAK** (negative acknowledge)	53	65	35	5	85	125	55	U	117	165	75	u
22	26	16	**SYN** (synchronous idle)	54	66	36	6	86	126	56	V	118	166	76	v
23	27	17	**ETB** (end of transmission block)	55	67	37	7	87	127	57	W	119	167	77	w
24	30	18	**CAN** (cancel)	56	70	38	8	88	130	58	X	120	170	78	x
25	31	19	**EM** (end of medium)	57	71	39	9	89	131	59	Y	121	171	79	y
26	32	1a	**SUB** (substitute)	58	72	3a	:	90	132	5a	Z	122	172	7a	z
27	33	1b	**ESC** (escape)	59	73	3b	;	91	133	5b	[	123	173	7b	{
28	34	1c	**FS** (file separator)	60	74	3c	<	92	134	5c	\	124	174	7c	|
29	35	1d	**GS** (group separator)	61	75	3d	=	93	135	5d	]	125	175	7d	}
30	36	1e	**RS** (record separator)	62	76	3e	>	94	136	5e	^	126	176	7e	~
31	37	1f	**US** (unit separator)	63	77	3f	?	95	137	5f	_	127	177	7f	**DEL** (delete)

Dati testuali

Unicode - UTF8

यूनिकोड (Unicode), प्रत्येक अक्षर के लिए एक विशेष संख्या प्रदान करता है, चाहे कोई भी कम्प्यूटर प्लेटफॉर्म, प्रोग्राम अथवा कोई भी भाषा हो। यूनिकोड स्टैंडर्ड को एप्पल, एच. पी., आई.बी.एम., जस्ट सिस्टम, माइक्रोसॉफ्ट, ऑरेकल, सैप, सन, साईबेस, यूनिसिस जैसी उद्योग की प्रमुख कम्पनियों और कई अन्य ने अपनाया है। यूनिकोड की आवश्यकता आधुनिक मानदंडों, जैसे एक्स.एम.एल, जावा, एकमा स्क्रिप्ट (जावास्क्रिप्ट), एल.डी.ए.पी., कोर्बा 3.0

Unicode，中文又稱**萬國碼**、**國際碼**、**統一碼**、**單一碼**，是電腦科學領域裡的一項業界標準。它对世界上大部分的文字系統進行了整理、編碼，使得電腦可以用更為簡單的方式來呈現和處理文字。

ကွန်ပျူတာတွင် ယူနီကုဒ်သည် ကမ္ဘာပေါ်ရှိ စာရေးစနစ် (writting system) အားလုံးနီးပါး ပါရှိပြီး ကွန်ပျူတာများနှင့် လိုက်ရောညီထွေ ရှိစေရေးအတွက် သက်မှတ်ထားသော စက်မှုစံ (industry standard) တစ်ခုဖြစ်သည်။ Universal Character Set စံနှင့်အတူ ယူနီကုဒ်စံသည် အက္ခရာပေါင်း ၁၀၀ ၀၀၀ ကျော်ပါသော စာအုပ် ထုတ်ဝေခဲ့သည်။ ထိုစံစာအုပ်တွင် ကိုးကားရန် ဇယားများ၊ encoding နည်းစဉ်များ၊ character encoding စံများ၊ အက္ခရာ၏ သဘောသဘာဝများ (ဥပမာ စာလုံးကြီး၊ စာလုံးသေး)၊ အထောက်အကူပြု computer file များ၊ အခြား သက်ဆိုင်ရာများ (အက္ခရာသဘော၊ normalization ဥပဒေ၊ ခွဲခြင်း၊ ပေါင်းခြင်း၊ rendering နှင် နှစ်ဖက်သွား စာများ၏ အစဉ်၊ ဘယ်ညာ သဘောများ၊ စသည့်) ပါရှိသည်။[၁]

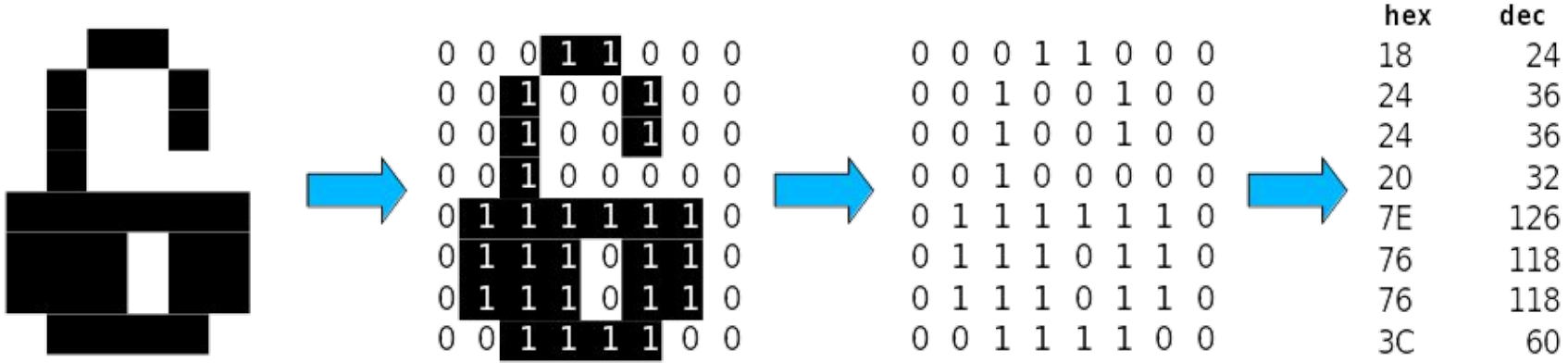
UTF-8

	_0	_1	_2	_3	_4	_5	_6	_7	_8	_9	_A	_B	_C	_D	_E	_F
0_	NUL 0000	SOH 0001	STX 0002	ETX 0003	EOT 0004	ENQ 0005	ACK 0006	BEL 0007	BS 0008	HT 0009	LF 000A	VT 000B	FF 000C	CR 000D	SO 000E	SI 000F
1_	DLE 0010	DC1 0011	DC2 0012	DC3 0013	DC4 0014	NAK 0015	SYN 0016	ETB 0017	CAN 0018	EM 0019	SUB 001A	ESC 001B	FS 001C	GS 001D	RS 001E	US 001F
2_	SP 0020	! 0021	" 0022	# 0023	$ 0024	% 0025	& 0026	' 0027	(0028	) 0029	* 002A	+ 002B	, 002C	- 002D	. 002E	/ 002F
3_	0 0030	1 0031	2 0032	3 0033	4 0034	5 0035	6 0036	7 0037	8 0038	9 0039	: 003A	; 003B	< 003C	= 003D	> 003E	? 003F
4_	@ 0040	A 0041	B 0042	C 0043	D 0044	E 0045	F 0046	G 0047	H 0048	I 0049	J 004A	K 004B	L 004C	M 004D	N 004E	O 004F
5_	P 0050	Q 0051	R 0052	S 0053	T 0054	U 0055	V 0056	W 0057	X 0058	Y 0059	Z 005A	[005B	\ 005C	] 005D	^ 005E	_ 005F
6_	` 0060	a 0061	b 0062	c 0063	d 0064	e 0065	f 0066	g 0067	h 0068	i 0069	j 006A	k 006B	l 006C	m 006D	n 006E	o 006F
7_	p 0070	q 0071	r 0072	s 0073	t 0074	u 0075	v 0076	w 0077	x 0078	y 0079	z 007A	{ 007B	| 007C	} 007D	~ 007E	DEL 007F
8_	• +00	• +01	• +02	• +03	• +04	• +05	• +06	• +07	• +08	• +09	• +0A	• +0B	• +0C	• +0D	• +0E	• +0F
9_	• +10	• +11	• +12	• +13	• +14	• +15	• +16	• +17	• +18	• +19	• +1A	• +1B	• +1C	• +1D	• +1E	• +1F
A_	• +20	• +21	• +22	• +23	• +24	• +25	• +26	• +27	• +28	• +29	• +2A	• +2B	• +2C	• +2D	• +2E	• +2F
B_	• +30	• +31	• +32	• +33	• +34	• +35	• +36	• +37	• +38	• +39	• +3A	• +3B	• +3C	• +3D	• +3E	• +3F
2C_	2 0B00	2 0B40	Latin 0080	Latin 00C0	Latin 0100	Latin 0140	Latin 0180	Latin 01C0	Latin 0200	IPA 0240	IPA 0280	IPA 02C0	Accents 0300	Accents 0340	Greek 0380	Greek 03C0
2D_	Cyril 0400	Cyril 0440	Cyril 0480	Cyril 04C0	Cyril 0500	Armeni 0540	Hebrew 0580	Hebrew 05C0	Arabic 0600	Arabic 0640	Arabic 0680	Arabic 06C0	Syriac 0700	Arabic 0740	Thaana 0780	N'Ko 07C0
3E_	Indic 0800	Misc. 1000	Symbol 2000	Kana... 3000	CJK 4000	CJK 5000	CJK 6000	CJK 7000	CJK 8000	CJK 9000	Asian A000	Hangul B000	Hangul C000	Hangul D000	PUA E000	Forms F000
4F_	SMP... 10000	□ 40000	□ 80000	SSP... C0000	SPU... 100000	4 140000	4 180000	4 2C0000	5 280000	5 1000100	5 2000200	5 1000000	6 4200300	6 4200200		

Immagini raster (bitmap)

Un’immagine in bianco e nero può essere codificata decidendo che, per esempio, i pixel neri valgono 1, quelli bianchi valgono 0.

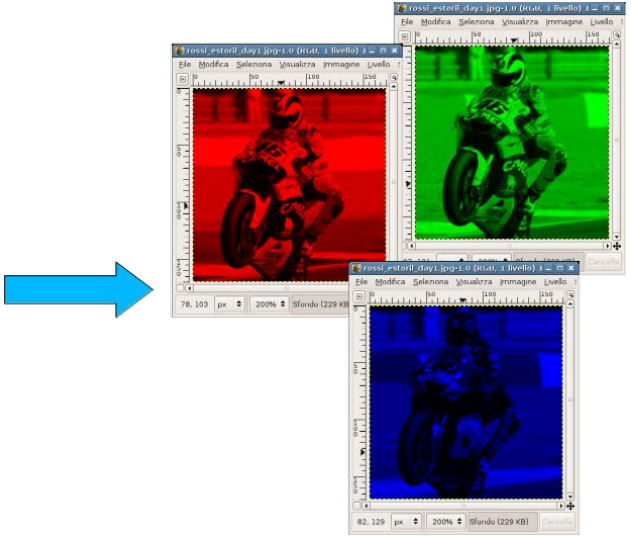
Con questa regola, siamo tornati ai numeri binari, che sappiamo trattare!



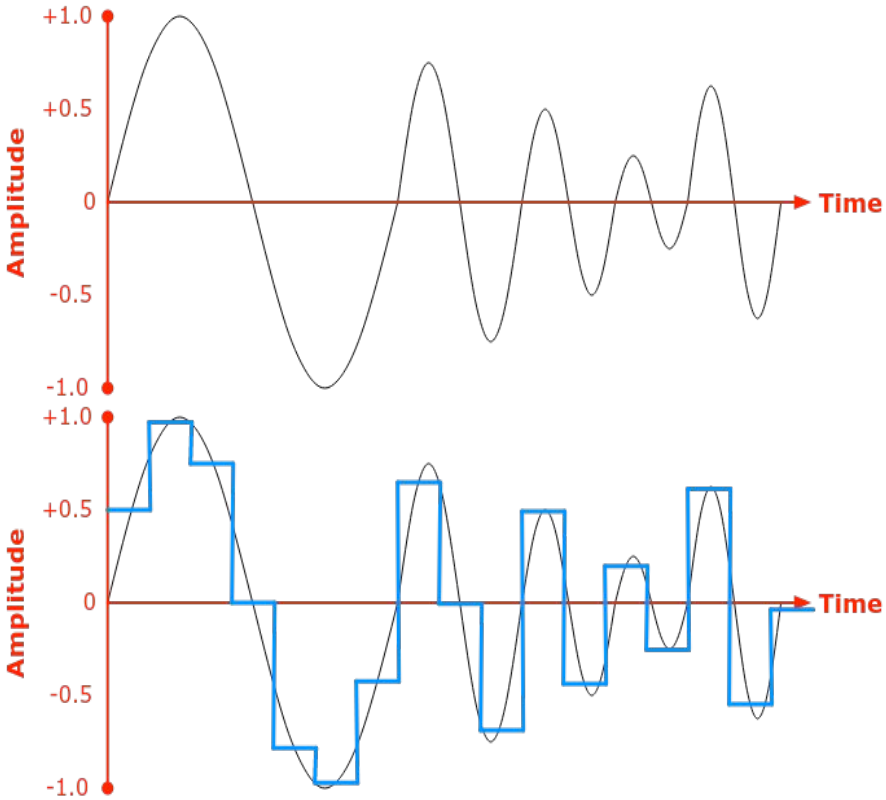
Immagini raster (a scala di grigio e a colori)

Possiamo codificare le immagini a scala di grigio, assegnando un valore numerico ad ogni pixel, per esempio: 0=nero, 255=bianco, con valori intermedi che rappresentano i grigi.

Le immagini a colori possono essere codificate con tre immagini a scala di grigio (una rappresenta l'intensità del rosso, una del verde, una del blu)



Suono campionato



Dal punto di vista fisico, il suono è una variazione di pressione nel tempo

Possiamo approssimare la curva “vera” dell’ampiezza misurandola in certi momenti specifici (come abbiamo fatto quando abbiamo disegnato le funzioni analitiche); questa operazione è detta *campionamento*.

Le misure presa con il campionamento sono una sequenza di numeri → codifica!

In pratica, si misura da -128 a +127 oppure -32768 a +32767 anziché da -1.0 a +1.0, così si lavora con interi in complemento a 2

Operatori binari logici

Operatore	Nome	Descrizione	Esempio
a **&** b	AND	Data una specifica posizione pone il bit a 1 se i bit di entrambe le variabili sono 1	`0101 & 1100 = 0100`
a **|** b	OR	Data una specifica posizione pone il bit a 1 se almeno un bit è pari a 1	`0101 | 1100 = 1101`
a **^** b	XOR	Data una specifica posizione pone il bit a 1 se uno e un solo bit è pari a 1	`0101 ^ 1100 = 1001`
~a	NOT	Inverte tutti i bit	`~0101 = 1010`

Operatori binari di scorrimento (Bit Shift)

```
1 spostato
0 perso
0 nuovo
1 copiato
```

Operatore	Nome	Descrizione	Esempio
n << x	Bit shift a sx	Sposta i bit di *n* a sinistra di *x* posizioni, inserendo 0 a destra	`0101 << 1 = 1010`
n >> x	Bit shift a dx con mantenimento del segno	Sposta i bit di *n* a destra di *x* posizioni, copiando il bit di segno a sinistra	`0101 >> 1 = 0010` `1101 >> 1 = 1110`
n >>> x	Bit shift a dx con inserimento di 0	Sposta i bit di *n* a destra di *x* posizioni, inserendo 0 a sinistra	`0101 >>> 1 = 0010` `1101 >>> 1 = 0110`

Q & A