

# INFORMATICA PER BIOTECNOLOGIE

## Rappresentazione dell'informazione negli elaboratori

Il sistema di numerazione comunemente impiegato è quello *posizionale in base 10* (decimale).

Il termine **posizionale** indica che il valore assunto da ciascuna cifra dipende dalla sua posizione nella sequenza.

A ciascuna cifra è assegnato un valore che dipende, oltre che dalla posizione, anche dalla base del sistema di numerazione.

La **base** di un sistema di numerazione posizionale corrisponde al numero di simboli usati per scrivere i numeri ed indica quante unità di un certo ordine sono necessarie per formare un'unità di ordine immediatamente superiore.

Il sistema decimale si basa su 10 simboli diversi (chiamati "numerali"), corrispondenti a:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9

I numeri si possono rappresentare anche con altri sistemi di numerazione posizionali; in generale se B è la base di un sistema di numerazione, il sistema posizionale ad esso associato avrà B cifre di valore:

0, 1, 2, ..... B-2, B-1

In generale il numero in base B:

$(c_n c_{n-1} c_{n-2} \dots c_1 c_0)_B$

corrisponde al valore

$$c_n * B^n + c_{n-1} * B^{n-1} + c_{n-2} * B^{n-2} + \dots + c_1 * B^1 + c_0 * B^0$$

dove  $0 \leq c_i < B$  ( $i=0..n$ )

Se il numero non è intero si devono introdurre, per le cifre frazionarie, le potenze negative.

Un sistema di numerazione molto importante è quello in base 2 comunemente detto *binario*. La sua importanza deriva dal fatto che viene utilizzato dai circuiti del calcolatore che eseguono le operazioni aritmetiche in quanto nei circuiti elettronici si preferisce distinguere soltanto due tipi di segnali elettrici.

Le cifre del sistema binario, dette anche *bit*, sono:

0, 1

Il fatto di poter utilizzare due sole cifre facilmente traducibili in segnali elettrici per il calcolatore permette di eseguire rapidamente operazioni anche molto lunghe.

L'utilizzo del sistema binario riguarda solo i circuiti del calcolatore che traduce automaticamente per noi i numeri in ingresso ed in uscita, in maniera da poter lavorare con il sistema di numerazione in base 10.

**Ex.**

La sequenza 111001 rappresenta in base 2 il numero:

$$11001 = 1*2^4 + 1*2^3 + 0*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0$$

che in base decimale risulta pari a 25

$$(11001)_2 = (25)_{10}$$

Altre basi frequentemente usate sono la base 8, o *ottale*, che usa le cifre:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7

e la base 16, o *esadecimale*, che usa le cifre:

0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F

Al simbolo A si associa il valore decimale pari a 10, a B quello pari a 11... a F il valore decimale pari a 15.

**Ex.**

La sequenza 3D5 rappresenta in base 16 il numero:

$$3A5 = 3*16^2 + 10*16^1 + 5*16^0$$

che in base decimale risulta pari a 981

$$(3A5)_{16} = (933)_{10}$$

Negli elaboratori i numeri sono rappresentabili con un numero finito di cifre e quindi non tutti i numeri sono rappresentabili.

In generale nel sistema in base **b** con **n** cifre si possono rappresentare i numeri Interi compresi nell'intervallo  $[0, b^n-1]$ .

## Conversione di base

In generale per effettuare la conversione di un numero da sistema decimale ad un qualunque sistema in base B basta dividere il numero per la base B fino a che il quoziente non diventa nullo. I resti di tali divisioni, scritti in ordine inverso, rappresentano le cifre del numero in base B; **tali resti avranno valori compresi tra 0 e B-1.**

La conversione di un numero da base decimale a binaria si effettua nel seguente modo:

- si divide il numero per 2 e si considera il quoziente ed il resto
- il resto, che può valere 0 o 1, rappresenta la cifra binaria di peso minore (bit meno significativo)
- se il quoziente non è nullo si ripete il procedimento, mentre se è nullo il calcolo è terminato ed il numero in sistema binario è dato dalla sequenza dei resti delle divisioni presi in ordine inverso a quello di svolgimento delle divisioni

La cifra meno significativa si indica con *LSB* (Less Significant Bit), mentre quella più significativa si indica con *MSB* (More Significant Bit).

**Ex.**

Il numero decimale 157 si può convertire in base 2 effettuando la divisione per 2 fino a che il quoziente diventa 0:

```
157 : 2 resto 1 (LSB)
 78 : 2 resto 0
 39 : 2 resto 1
 19 : 2 resto 1
  9 : 2 resto 1
  4 : 2 resto 0
  2 : 2 resto 0
  1 : 2 resto 1 (MSB)
  0
```

$$(157)_{10} = (10011101)_2$$

Come verifica si effettua la conversione del numero 10011101 da base binaria a base decimale:

$$10011101 = 1*2^7 + 0*2^6 + 0*2^5 + 1*2^4 + 1*2^3 + 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 = (157)_{10}$$

$$(10011101)_2 = (157)_{10}$$

**Aritmetica degli elaboratori**

Le operazioni nel sistema binario si eseguono con le stesse modalità del sistema decimale.

**Somma**

Si esegue la somma secondo le seguenti regole:

- $0 + 0 = 0$
- $0 + 1 = 1$
- $1 + 0 = 1$
- $1 + 1 = 0$  con riporto (*carry*) di 1

**Ex.**

$$\begin{array}{r}
 \phantom{1}1\phantom{1}\phantom{0}\phantom{0}\phantom{1} \\
 \phantom{1}1\phantom{1}\phantom{0}\phantom{0}\phantom{1} + \\
 \phantom{1}1\phantom{1}\phantom{0}\phantom{1} = \\
 \hline
 1\phantom{0}\phantom{0}\phantom{1}\phantom{1}\phantom{0}
 \end{array}$$

Quando si rappresentano i numeri con una quantità fissa  $n$  di cifre può succedere che il risultato di una somma non sia rappresentabile su  $n$  cifre; questa condizione è detta di *overflow*.

### Sottrazione

Si esegue la sottrazione secondo le seguenti regole:

- $0 - 0 = 0$
- $1 - 0 = 1$
- $1 - 1 = 0$
- $0 - 1 = 1$  con prestito (*borrow*) di 1

**Ex.**

$$\begin{array}{r}
 1\phantom{1}\phantom{1}\phantom{0}\phantom{0}\phantom{1} - \\
 \phantom{1}\phantom{1}\phantom{0}\phantom{1}\phantom{0}\phantom{1} = \\
 \hline
 1\phantom{0}\phantom{0}\phantom{1}\phantom{0}\phantom{0}
 \end{array}$$

### Moltiplicazione

La moltiplicazione tra numeri binari si effettua con lo stesso algoritmo utilizzato per i numeri decimali, detto di somma e scorrimento.

Si esegue la moltiplicazione secondo le seguenti regole:

- $0 \times 0 = 0$
- $1 \times 0 = 0$
- $0 \times 1 = 0$
- $1 \times 1 = 1$

**Ex.**

$$\begin{array}{r} 111001x \\ 101= \\ \hline 111001 \\ 000000 \\ 111001 \\ \hline 100011101 \end{array}$$

## Rappresentazione dei numeri relativi

Se il calcolatore pensa di aver bisogno sia dei numeri positivi che negativi, li rappresenterà con il segno: 0 per i numeri positivi e 1 per quelli negativi.

Il segno rappresenta la cifra più a sinistra, mentre le altre cifre indicano il modulo, questa è la *rappresentazione in modulo e segno*.

**Ex.**

$$0\ 1\ 1 = +3$$

$$1\ 1\ 1 = -3$$

Per eliminare la presenza di due zeri (con la rappresentazione in modulo e segno esiste uno zero negativo = 1 0 0 ed uno zero positivo = 0 0 0) e per effettuare le operazioni secondo le regole conosciute anche con i numeri negativi, si usa la *rappresentazione in complemento a due*.

In tale rappresentazione i numeri positivi sono gli stessi della rappresentazione in modulo e segno, mentre per quelli negativi si procede nel seguente modo:

- si inverte ogni cifra del numero dato
- si somma 1

**Ex.**

$$+3 = 0\ 1\ 1$$

$$-3 = 1\ 0\ 0 + 1 = 1\ 0\ 1$$

Molti calcolatori usano la rappresentazione in complemento a due in quanto consente di effettuare somma e sottrazione con gli stessi procedimenti ed utilizzando gli stessi circuiti.

In generale, dati  $n$  bit, si possono rappresentare:

- i numeri assoluti compresi tra 0 e  $2^n - 1$
- in modulo e segno i numeri compresi tra  $-2^{n-1} - 1$  e  $2^{n-1} - 1$
- in complemento a due i numeri compresi tra  $-2^{n-1}$  e  $2^{n-1} - 1$

Nel caso in cui la somma di due numeri positivi generi overflow, per segnalare l'errore ai circuiti di controllo il risultato è un numero negativo (ovviamente errato!).

I dettagli sulle rappresentazioni con segno sono sviluppati più avanti.

## Rappresentazione dei numeri frazionari

Le cifre che compongono la parte frazionaria hanno un peso pari ad una potenza negativa.

In generale, un numero in base B:

$$C_n C_{n-1} C_{n-2} \dots C_1 C_0 . C_{-1} C_{-2} C_{-m}$$

è pari a

$$c_n * B^n + c_{n-1} * B^{n-1} + \dots + c_1 * B^1 + c_0 * B^0 . c_{-1} * B^{-1} + c_{-2} * B^{-2} + \dots + c_{-m} * B^{-m}$$

Poiché gli elaboratori codificano ogni dato unicamente tramite “0” e “1”, e non possono utilizzare esplicitamente il simbolo “.”, per separare la parte intera da quella frazionaria di un numero si utilizza:

- rappresentazione in *virgola fissa* (fixed-point)
- rappresentazione in *virgola mobile* (floating-point)

### Rappresentazione in virgola fissa

Si assume che la posizione della virgola sia fissata in un preciso punto all'interno della sequenza.

**Ex.**

Si supponga di utilizzare numeri con 8 bit e che la virgola sia posizionata in modo da utilizzare 6 bit per la parte intera e 2 per quella frazionaria.

1 1 0 0 0 1 1 0

rappresenta il numero in base binaria

1 1 0 0 0 1.1 0

Per convertire da sistema decimale a sistema binario in virgola fissa in cui si impiegano  $m$  bit per la parte intera ed  $n$  per la parte frazionaria si segue il seguente algoritmo:

- la parte intera viene convertita in un numero binario a  $m$  bit con l'algoritmo adottato per i numeri assoluti
- la parte frazionaria viene convertita in un numero a  $n$  bit nel seguente modo:
  - la si moltiplica per 2 e si considera la parte intera che costituisce la rappresentazione binaria a partire dal bit più significativo; si itera questo procedimento fino ad ottenere parte frazionaria nulla oppure si ricavano gli  $n$  bit disponibili

### Ex.

Convertire nella notazione a virgola fissa con 5 bit per la parte intera e 5 per la parte frazionaria il numero decimale 22.412

per la parte intera:

```

22 : 2 resto 0 (LSB)
11 : 2 resto 1
 5 : 2 resto 1
 2 : 2 resto 0
 1 : 2 resto 1 (MSB)
 0

```

$$(22)_{10} = (10110)_2$$

per la parte frazionaria:

```

0.412 x 2 = 0.824    0
0.824 x 2 = 1.648    1
1.648 x 2 = 1.296    1
1.296 x 2 = 0.592    0
0.592 x 2 = 1.184    1

```

$$(22.412)_{10} = 1011001101$$

**ESERCIZI**

1) convertire il numero binario 100110001 in base 10, 4 8 e 16.

N.B. essendo  $4 = 2^2$  si analizzano le cifre a due a due facendo corrispondere ad esse una cifra in base 4

2) convertire il numero  $(201102)_3$  in base 10 e 9.

3) convertire il numero  $(341)_5$  nel sistema binario.

|                        |                    |   |                      |
|------------------------|--------------------|---|----------------------|
| Soluz: $(341):2 = 143$ | $\text{resto} = 0$ | } | numeratore in base 5 |
| $143:2 = 44$           | $\text{resto} = 0$ |   |                      |
| $44:2 = 22$            | $\text{resto} = 0$ |   |                      |
| $22:2 = 11$            | $\text{resto} = 0$ |   |                      |
| $11:2 = 3$             | $\text{resto} = 0$ |   |                      |
| $3:2 = 1$              | $\text{resto} = 1$ |   |                      |
| $1:2 = 0$              | $\text{resto} = 1$ |   |                      |

**RISULTATO**  $(341)_5 = (1100000)_2$

Infatti  $(341)_5 = (96)_{10}$  e 96 vale appunto  $(1100000)_2$

4) eseguire le seguenti operazioni:

$$11001 - 110$$

$$100110 - 10001$$

$$1101 \times 101$$

5) rappresentare in complemento a due su 6 bit i seguenti numeri:

$$+14, -2, +9, -9$$

6) rappresentare in modulo e segno su 6 bit i seguenti numeri:

$$+14, -2, +9, -9$$

## DETTAGLI sul cambio di base

UN numero  $V$  in base  $b$ :

$$(1) \quad a_n a_{n-1} a_{n-2} \dots a_1 a_0 . a_{-1} a_{-2} a_{-m}$$

$$\text{con} \quad 0 \leq a_i \leq (b-1)$$

dove  $a_n$  è il coefficiente di  $b^n$

ovvero

$$V = a_n * b^n + a_{n-1} * b^{n-1} + \dots + a_1 * b^1 + a_0 * b^0 + a_{-1} * b^{-1} + a_{-2} * b^{-2} + \dots + a_{-m} * b^{-m}$$

Parte intera
Parte frazionaria

Separiamo la parte intera e la parte frazionaria di  $V$ :

$$V = I_b + F_b$$

$$(2) \quad I_b = a_n * b^n + a_{n-1} * b^{n-1} + \dots + a_1 * b^1 + a_0 \quad (\text{Parte INT})$$

$$(3) \quad F_b = a_{-1} * b^{-1} + a_{-2} * b^{-2} + \dots + a_{-m} * b^{-m} \quad (\text{PARTE FRAZ.})$$

**I e F in base c (la nuova base) :**

$$(4) \quad I_c = a_s * c^s + a_{s-1} * c^{s-1} + \dots + a_1 * c^1 + a_0 \quad (\text{Parte INT})$$

$$(5) \quad F_c = a_{-1} * c^{-1} + a_{-2} * c^{-2} + \dots + a_{-k} * c^{-k} \dots \dots \dots$$

**(PARTE FRAZ.)**

**Dall'algebra**

$$(6) \quad I = R_0 + c * Q_0$$

( esempio  $15 = 1 + 2 * 7$ )

dove  $Q_0$  e' il quoziente e  $R_0$  e' il resto ( $0 \leq R_0 < c$ )

**Ovvero**  $I/c = R_0/c + Q_0$

( esempio  $15/2 = 1/2 + 7$ )

|                 |                   |
|-----------------|-------------------|
| dove = $I = 15$ | <b>in base 10</b> |
| $c = 2$         | la nuova base     |
| $R_0 = 1$       | Resto             |
| $Q_0 = 7$       | Quoziente intero  |

La formula (4) si può riscrivere così:

$$I_c = a_0 + c * ( a_1 + a_2 * c^1 + a_3 * c^2 + \dots a_s * c^{s-1} ) \quad (7)$$

Osservando la (6) e la (7) si nota che il secondo membro di entrambe le formule e' simile alla (6) se poniamo

$$R_0 = a_0$$

(8)

$$Q_0 = a_1 + a_2 * c^1 + a_3 * c^2 + \dots a_s * c^{s-1}$$

Ora basta ripetere il procedimento su eseguito considerando  $Q_0$  come nuovo numero da scomporre

$$Q_0 = a_1 + a_2 * c^1 + a_3 * c^2 + \dots a_s * c^{s-1}$$

$$Q_0 = R_1 + c * Q_1$$

$$Q_0 = a_1 + c * ( a_2 + a_3 * c^1 + \dots a_s * c^{s-2} )$$

$$R_1 = a_1$$

$$Q_1 = a_2 + a_3 * c^1 + \dots a_s * c^{s-2} \quad (9)$$

... continuando ancora si ottiene una sequenza  
(  $R_h R_{h-1} \dots R_1 R_0$  )

che rappresenta i coefficienti di  $I_c$  nella (4).

**Esempio:**

**324(base 10) -----> ( ????????) base 2**

|              |                  |                        |  |
|--------------|------------------|------------------------|--|
| <b>324 =</b> | <b>162*2 + 0</b> | <b>R<sub>0</sub>=0</b> |  |
| <b>162 =</b> | <b>81*2 + 0</b>  | <b>R<sub>1</sub>=0</b> |  |
| <b>81 =</b>  | <b>40*2 + 1</b>  | <b>R<sub>2</sub>=1</b> |  |
| <b>40 =</b>  | <b>20*2 + 0</b>  | <b>R<sub>3</sub>=0</b> |  |
| <b>20 =</b>  | <b>10*2 + 0</b>  | <b>R<sub>4</sub>=0</b> |  |
| <b>10 =</b>  | <b>5*2 + 0</b>   | <b>R<sub>5</sub>=0</b> |  |
| <b>5 =</b>   | <b>2*2 + 1</b>   | <b>R<sub>6</sub>=1</b> |  |
| <b>2 =</b>   | <b>1*2 + 0</b>   | <b>R<sub>7</sub>=0</b> |  |
| <b>1 =</b>   | <b>0*2 + 1</b>   | <b>R<sub>8</sub>=1</b> |  |

=====

**324(base 10) -----> 101000100 ( base 2)**

**R<sub>0</sub> =0** e' il meno significativo.

**R<sub>8</sub> =1** e' quello piu' significativo.

## PARTE FRAZIONARIA

Per la parte frazionaria

$$F_c = a_{-1} * c^{-1} + a_{-2} * c^{-2} + \dots + a_{-n} * c^{-n} + \dots \quad (\text{PARTE FRAZ.}) \quad (10)$$

In maniera analoga si puo' considerare la seguente relazione

$$F * c = I' + F' \quad (11)$$

esempio  $(0,74 * 2) = 1 + 0,48$  (in base 10)

**$I'$  = eventuale parte intera  $\geq 0$**

**$F'$  = eventuale parte frazionaria**

Dalla (10) osserviamo che :

$$F * c = \underbrace{a_{-1}} + \underbrace{a_{-2} * c^{-1} + \dots + a_{-n} * c^{-n+1} + \dots}_{F'} \quad (12)$$

poniamo  $a_{-1} = I'$

$$e \quad a_{-2} * c^{-1} + \dots + a_{-n} * c^{-n+1} + \dots = F'$$

e continuando..

$$F' * c = I'' + F_c''$$

$$F' * c = a_{-2} + a_{-3} * c^{-1} + \dots + a_{-n} * c^{-n+2} + \dots$$

poniamo  $a_{-2} = I''$

$$a_{-3} * c^{-1} + \dots + a_{-n} * c^{-n+2} + \dots = F_c''$$

Quindi otterremo una sequenza di

$$a_{-1}, a_{-2}, a_{-3}, \dots, a_{-h}, \dots$$

che rappresentano i coefficienti della parte frazionaria del numero nella nuova base c.

esempio:

$$0,875(\text{base } 10) \longrightarrow (???????) \text{ base } 2$$

|                     |              |             |
|---------------------|--------------|-------------|
| $0,875 * 2 = 1,750$ | $a_{-1} = 1$ | $F = 0,750$ |
| $0,750 * 2 = 1,5$   | $a_{-2} = 1$ | $F = 0,5$   |
| $0,5 * 2 = 1,0$     | $a_{-3} = 1$ | $F = 0$     |

quindi

$$0,875(\text{base } 10) \longrightarrow (0,111) \text{ base } 2$$

**Notare che se un valore  $0 < x < 1$ , è rappresentabile, in una base  $b$ , con un numero finito di cifre dopo la virgola, non è detto che passando ad un'altra base debba avere un numero finito di cifre!**

**esempio:**

**0,076(base 10) -----→ ( ????????) base 2**

|                        |                         |                |
|------------------------|-------------------------|----------------|
| <b>0,076*2 = 0,152</b> | <b>a<sub>.1</sub>=0</b> | <b>F=0,152</b> |
| <b>0,152*2 = 0,304</b> | <b>a<sub>.2</sub>=0</b> | <b>F=0,304</b> |
| <b>0,304*2 = 0,608</b> | <b>a<sub>.3</sub>=0</b> | <b>F=0,608</b> |
| <b>0,608*2 = 1,216</b> | <b>a<sub>.4</sub>=1</b> | <b>F=0,216</b> |
| <b>0,216*2 = 0,432</b> | <b>a<sub>.5</sub>=0</b> | <b>F=0,432</b> |
| <b>0,432*2 = 0,864</b> | <b>a<sub>.6</sub>=0</b> | <b>F=0,864</b> |
| <b>0,864*2 = 1,728</b> | <b>a<sub>.7</sub>=1</b> | <b>F=0,728</b> |
| <b>0,728*2 = 1,456</b> | <b>a<sub>.7</sub>=1</b> | <b>F=0,456</b> |
| .....                  |                         |                |
| .....                  |                         |                |

**0,076(base 10) -----→ ( 0,00010011..) base 2**

**Questo significa che nella nuova base il numero sarà soggetto ad una approssimazione la cui precisione dipenderà dal numero di posizioni disponibili.**

**Altro esempio**

**$0,3_{10} \rightarrow (0,0100110011001100110011001100)_2 = 0,0\overline{10011}$**

esempio

| per 2   |        |               |
|---------|--------|---------------|
| 0,65625 | 1,3125 | 1 fraz=0,3125 |
| 0,3125  | 0,625  | 0 fraz=0,625  |
| 0,625   | 1,25   | 1 fraz=0,25   |
| 0,25    | 0,5    | 0 fraz=0,5    |
| 0,5     | 1      | 1 fraz=0      |
| 0       | 0      | 0             |

quindi 0,65625 ( base 10) = 0,101010 (base 2)

Esercizio:

**TRASFORMARE 352 da base 10 a base 2**

|       |           |                   |
|-------|-----------|-------------------|
| 352 = | 176*2 + 0 | R <sub>0</sub> =0 |
| 176 = | 88*2 + 0  | R <sub>1</sub> =0 |
| 88 =  | 44*2 + 0  | R <sub>2</sub> =0 |
| 44 =  | 22*2 + 0  | R <sub>3</sub> =0 |
| 22 =  | 11*2 + 0  | R <sub>4</sub> =0 |
| 11 =  | 5*2 + 1   | R <sub>5</sub> =1 |
| 5 =   | 2*2 + 1   | R <sub>6</sub> =1 |
| 2 =   | 1*2 + 0   | R <sub>7</sub> =0 |
| 1 =   | 0*2 + 1   | R <sub>8</sub> =1 |

=====

**(352)<sub>10</sub> -----> (101100000)<sub>2</sub>**

**R<sub>0</sub>** e' il bit meno significativo.

**R<sub>8</sub>** e' quello piu' significativo

## RAPPRESENTAZIONE DI NUMERI IN BASE 2,4,8,16

In base a quanto detto finora, e' importante conoscere la seguente regola per passare da una delle seguenti basi: 2,4,8,16 ad altre dello stesso gruppo:

- 1) data la rappresentazione in esadecimale di un numero intero ( esempio F2AB), per ottenere la rappresentazione in base 2 o 4 o 8 non e' necessario calcolarne il valore in base 10.

Procedimento:

| base 10 | base 2 | base 4 | base 8 | base 16 |
|---------|--------|--------|--------|---------|
| 0       | 0000   | 00     | 00     | 0       |
| 1       | 0001   | 01     | 01     | 1       |
| 2       | 0010   | 02     | 02     | 2       |
| 3       | 0011   | 03     | 03     | 3       |
| 4       | 0100   | 10     | 04     | 4       |
| 5       | 0101   | 11     | 05     | 5       |
| 6       | 0110   | 12     | 06     | 6       |
| 7       | 0111   | 13     | 07     | 7       |
| 8       | 1000   | 20     | 10     | 8       |
| 9       | 1001   | 21     | 11     | 9       |
| 10      | 1010   | 22     | 12     | A       |
| 11      | 1011   | 23     | 13     | B       |
| 12      | 1100   | 30     | 14     | C       |
| 13      | 1101   | 31     | 15     | D       |
| 14      | 1110   | 32     | 16     | E       |
| 15      | 1111   | 33     | 17     | F       |

Usando la tabella a sinistra basta trasformare **F2AB** in **1111 0010 1010 1011**

e in questo modo abbiamo ottenuto la trasformazione da base 16 a base 2.  
Per passare alla base 4 , basta prendere la rappresentazione in base 2 e raggruppare, partendo da **destra** i simboli a coppie di due : **1111 0010 1010 1011** e per ogni coppia vedere il corrispondente valore in base 4 (es 11 --> 3 , 10 --> 2 etc . In tal modo otteniamo

**33022223** che corrisponde alla rappresentazione in base 4 di F2AB.

Per la base 8 , analogamente si puo' partire dalla rappresentazione binaria raggruppando a 3 a 3 i simboli binari , partendo da **destra**

**1 111 001 010 101 011** e per ogni terna si calcola facilmente il valore ottale

011 --> 3

101 --> 5 etc.

otterremo quindi **171253 ( in base 8)**

**RICORDATE CHE QUESTA REGOLA VALE SOLO PERCHE' LE BASI 2,4,8,16 SONO TUTTE POTENZE DI DUE**

## NUMERI BINARI CON SEGNO

### METODO MODULO E SEGNO

Il metodo modulo e segno utilizza il bit più significativo per rappresentare il segno, codificando con uno **0** il segno “+” e con un **1** il segno “-” .

Esempio:

$$2_{10} = 0000\ 0010$$

$$-2_{10} = 1000\ 0010$$

Così facendo si ottiene la rappresentazione del numero 0 come

$$1000\ 0000 = -0$$

$$0000\ 0000 = +0$$

Inoltre, eseguendo somme tra numeri con segno diverso, si ottengono risultati diversi, come nell'esempio che segue:

$$\begin{array}{r} 0000\ 0001 + \\ 1000\ 1001 = \\ \hline 1000\ 1010 \end{array} \left. \vphantom{\begin{array}{r} 0000\ 0001 + \\ 1000\ 1001 = \\ \hline 1000\ 1010 \end{array}} \right\} \text{ ovvero } 1 + (-9) = -10 \text{ errato!!!}$$

Per evitare l'errore i numeri negativi dovrebbero essere considerati come positivi ma l'operazione da compiere dovrebbe essere una differenza e non una somma.

L'intervallo ottenibile su n bit in **modulo e segno** è:

$$-(2^{n-1} - 1) \leq N \leq (2^{n-1} - 1)$$

ex: per n=8      -127 ≤ N ≤ 127

per n=16      -32767 ≤ N ≤ 32767

per n=32      -2147483647 ≤ N ≤ 2147483647

Ricordiamo che per la rappresentazione in **binario puro** (valori interi ≥ 0), in n posizioni, il range dei valori rappresentabili è:

$$0 \leq N \leq (2^n - 1)$$

## Rappresentazione in COMPLEMENTO A 1

**Un numero intero N su n bit e' pari a:**

**N** se  $0 \leq N \leq (2^{n-1} - 1)$  in binario puro!

**$2^n - |N| - 1$**  se  $-(2^{n-1} - 1) \leq N \leq 0$  in binario puro!

Si ottiene lo stesso risultato invertendo tutti gli n bit di N ( da 0 a 1 e viceversa ).

Ex:  $7_{10} = 0000\ 0111_2$   $7_{10}$  da rappresentare in binario puro

e  $-7_{10} = 1111\ 1000_2$   $2^8 - |7| - 1 = (248)_{10}$  da rappresentare in binario puro

(che corrisponde a  $256 - 7 - 1 = 248$  11111000 senza segno)

Se un numero binario è fornito in complemento a 1, il suo valore decimale si ottiene ricordando che i valori negativi hanno il bit più significativo (MSB) uguale a 1, ed effettuando nuovamente il complemento a 1 (ottenendo il valore positivo corrispondente ).

Questo metodo non risolve il problema del doppio zero ( rappresentato come 0000 0000 e come 1111 1111).

Sommando numeri interi con segno si ottengono risultati corretti a patto di compensare l'attraversamento della doppia rappresentazione dello zero che si verifica quando c'è un riporto oltre il bit più significativo ( end around carry); in tal caso bisogna sommare 1 al risultato.

$C_n$



Analizziamo il caso di somma , usando il complemento a 1, di due numeri con lo stesso segno:

esempio: avendo a disposizione solo 8 bit bisogna eseguire la somma

algebraica:  $(-80)_{10} + (-50)_{10}$  .

Soluzione: trasformiamo i due numeri da base 10 a base 2 secondo la regola del complemento a 1 .

Sfruttiamo la regola che parte dalla rappresentazione, in 8 bit, dei valori positivi dei due numeri -80 e -50:

$$(80)_{10} = 64 + 16 \rightarrow 01010000$$

$$(50)_{10} = 32 + 16 + 2 \rightarrow 00110010$$

Neghiamo i valori binari di entrambi i numeri

$$(-80)_{10} = (10101111)_2 \text{ in compl. a 1}$$

$$(-50)_{10} = (11001101)_2 \text{ in compl. a 1}$$

Ora sommiamo le 2 rappresentazioni in complemento a 1:

**1 0 0 1 1 1 1** questi sono i riporti

$$\begin{array}{r}
 1010\ 1111\ + \\
 1100\ 1101\ = \\
 \hline
 0111\ 1100\ + \\
 \hline
 \underline{\quad\quad\quad 1} = \\
 0111\ 1101
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 -80+ \\
 -50= \\
 \hline
 -130\ ?
 \end{array}$$

In questo esempio il risultato ottenuto non è corretto!

Ci sono tre indizi che ci dicono che il risultato non è giusto :

- 1) sommando due numeri negativi otteniamo un risultato, in binario, che rappresenta un valore positivo!
- 2) Gli ultimi 2 riporti (in rosso) non sono concordi . Quando il risultato è esatto gli ultimi due riporti sono sempre concordi!
- 3) Il risultato, in decimale, non cade nel range dei valori rappresentabili su 8 bit!

In questo caso si parla di OVERFLOW (traboccamento).

L'overflow non avviene quando i due addendi ,rappresentati in complemento a 1, hanno segni opposti.

**Rappresentazione in COMPLEMENTO A 2**

**Il complemento a 2 di un numero intero N su n bit e' pari a :**

|             |                                  |                  |
|-------------|----------------------------------|------------------|
| N           | se $0 \leq N \leq (2^{n-1} - 1)$ | in binario puro! |
| $2^n -  N $ | se $-(2^{n-1}) \leq N < 0$       | in binario puro! |

Questo significa che solo i valori negativi subiscono una modifica binaria se l'elaboratore rappresenta i valori numerici in complemento a 2. Per i valori positivi la rappresentazione è uguale alla rappresentazione in binario puro, mentre per i numeri negativi bisogna rappresentarli come il binario puro di  $2^n - |N|$ .

Si ottiene lo stesso risultato invertendo tutti gli n bit di N e sommando 1 (ovvero effettuando il complemento a 1 e sommando 1)

Ex:  $+7_{10} = 0000\ 0111_2$   
 e  $-7_{10} = 1111\ 1000_2 + 1 = 1111\ 1001_2$

Se un numero e' fornito in complemento a 2, per ottenere il valore corrispondente, **cambiato di segno**, basta (ri)complementarlo a 2!

Questo metodo risolve il problema del doppio zero (rappresentato come 0000 0000). Sommando numeri con segno si ottengono risultati corretti.

$$\begin{array}{r}
 1111\ 1101 \quad + \\
 1111\ 1110 \quad = \\
 \hline
 1\ 1111\ 1011
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 \text{-----} \\
 -3 \quad (\text{in compl a } 2) \\
 -2 \quad (\text{in compl a } 2) \\
 \text{ovvero } -3 + (-2) = -5 \text{ corretto!!!} \\
 (\text{l'ultimo bit a sinistra non si considera!})
 \end{array}$$

il binario 1111 1011 è la rappresentazione del numero -5 in compl. a 2. Se lo ricomplementiamo a 2 otterremo 0000 0100 + 1 = 00000101 che corrisponde a 5, ovvero a -(-5).

**ESEMPIO**

$$\begin{array}{r}
 0000\ 0101\ + \\
 1111\ 1001\ = \\
 \hline
 1111\ 1110
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 5\ + \\
 -7\ = \\
 \hline
 -2\ \text{corretto}
 \end{array}$$

L'intervallo dei valori rappresentabili su n bit in complemento a 2 e':

$$-(2^{n-1}) \leq N \leq (2^{n-1} - 1)$$

Ex: per n=8 bit i valori vanno da -128 a + 127  
 per n=16 bit i valori vanno da -32768 a + 32767

$$\begin{array}{r}
 -128 = 1000\ 0000 \\
 +127 = 0111\ 1111
 \end{array}$$

Per le somme in compl. a 2 è possibile definire una regola che permette di individuare la condizione di overflow (trabocco) osservando gli ultimi due bit di riporto  $c_{n-1}$  e  $c_n$ ; se in uno di essi si ha riporto e nell'altro no, si ha overflow.

**ESEMPIO CON n = 4** (valori rappresentabili -8 +7)

$$\begin{array}{r}
 c_n\ c_{n-1} \\
 \downarrow\ \downarrow \\
 1\ 1 \\
 1011\ + \\
 1110\ = \\
 \hline
 \mathbf{1001}
 \end{array}
 \qquad
 \begin{array}{r}
 -5\ + \\
 -2\ = \\
 \hline
 -7\ \text{corretto!!}
 \end{array}$$

$c_{n-1}$  e  $c_n$  concordi no overflow

Ricordate che il risultato deve contenere solo 4 bit .

# Esempio

1 0 1 1

|               |             |
|---------------|-------------|
| 1011 +        | -5 +        |
| <u>1011 =</u> | <u>-5 =</u> |

**0110**      6      è errato!!       $c_{n-1}$  e  $c_n$  discordi      **overflow!!!!**

(  $c_n = 1$   $c_{n-1} = 0$  , si e' verificato overflow ( infatti -10 non e' rappresentabile in 4 bit !).

Suggerimento per i calcoli :

Avrete notato che tutti i numeri negativi rappresentati in complemento a 2 hanno il bit piu' significativo a 1.

EX: 1000 0011 rappresenta un numero negativo in 8 bit in complem. a 2. Potete dare al bit piu' significativo il valore (-128) mentre gli altri 1 hanno il normale peso positivo. In tal caso il numero negativo rappresentato vale  $(-128 + 2 + 1) = -125$ . Questo procedimento evita di ricorrere al complemento a 1 e poi sommare 1.

## IN SINTESI:

- Se il numero è positivo basta assegnare al bit del segno il valore 0 e codificare sui rimanenti k-1 bit il numero.
- Se il numero è negativo basta rappresentare il suo complemento a 2 su k bit.

*Per definizione si chiama complemento a 2 su k bit di un numero negativo quel valore che sommato al valore assoluto del numero da come risultato  $2^n$ .*

Esempio con n = 8 bit

|  |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|---|---|---|---|---|---|---|
|  | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 |
|  | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 |
|  | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 |

|       |   |
|-------|---|
| -71   | + |
| -46   | = |
| <hr/> |   |
| -117  |   |

infatti il compl. a 2 di 1000 1011 e' 0111 0101 che vale 117 in base 10

## IL METODO ECCESSO M

DETTO ANCHE **biased**.

Rappresenta un numero negativo/positivo memorizzandolo come somma di se stesso con un valore M normalmente scelto pari a  $2^{n-1}$  oppure  $2^{n-1}-1$ .

Quindi all'intervallo dei valori del numero originale viene fatto corrispondere un intervallo di numeri positivi (piu' lo zero).

Ad esempio con  $n=8$  e  $M=128$  si ha la rappresentazione "eccesso 128" e i numeri  $-5$  e  $+5$  vengono scritti come

$$\begin{array}{l} 1000\ 0101 = (133)_{10} = +5 \quad \text{eccesso 128} \\ 0111\ 1011 = (123)_{10} = -5 \quad \text{eccesso 128} \end{array}$$

In tal modo i numeri da  $-128$  a  $+127$  vengono rappresentati nell'intervallo  $0 \div 255$ .

Con  $n=8$  e  $M=127$  si ha la rappresentazione "eccesso 127" e i numeri  $-5$  e  $+5$  vengono scritti come

$$\begin{array}{l} 1000\ 0100 = (132)_{10} = +5 \quad \text{eccesso 127} \\ 0111\ 1010 = (122)_{10} = -5 \quad \text{eccesso 127} \end{array}$$

In tal modo i numeri da  $-127$  a  $+128$  vengono rappresentati nell'intervallo  $0 \div 255$ .

In generale data la base  $b$ , il valore  $M$  puo' essere tale che

$$0 \leq M \leq b^n - 1$$

Il range rappresentato sara'  $[-M \quad b^n - 1 - M]$

se  $b=2$  e  $M = 128$  il range sara'  $[-128 \quad +127]$



## NUMERI FLOATING POINT

Il problema del minimo numero di bit necessari a rappresentare un dato valore o ad eseguire determinati calcoli riguarda sia i calcoli finanziari che quelli scientifici.

Un calcolo astronomico potrebbe richiedere sia la massa in grammi di un elettrone ( circa  $9 \cdot 10^{-28}$  ) sia la massa del sole  $2 \cdot 10^{33}$  grammi ,una gamma che supera  $10^{60}$ . Si potrebbero rappresentare questi numeri con:

```
0000000000000000000000000000000000,0000000000000000000000000000000000
2000000000000000000000000000000000,0000000000000000000000000000000000
```

e si potrebbero effettuare tutti i calcoli tenendo 34 cifre alla sinistra della virgola decimale e 28 cifre alla sua destra. Questo permetterebbe di avere 62 cifre significative . Su un calcolatore binario si potrebbe usare l'aritmetica a precisione multipla per ottenere piu' cifre significative. La massa del sole pero' non si conosce bene nemmeno con cinque cifre significative per non parlare di 62. In realta' poche sono le misure che si possono ( o si devono) effettuare con 62 numeri significativi. Anche se si potessero tenere tutti i risultati intermedi di 62 cifre e poi eliminarne 50 o 60 prima di stampare i risultati finali, si tratterebbe di uno spreco di tempo di CPU che di memoria.

Quello che server e' un sistema per la rappresentazione dei numeri in cui la gamma di numeri esprimibile sia indipendente dal numero delle cifre significative.

## NOTAZIONE SCIENTIFICA

Un modo per separare la gamma dalla precisione consiste nell'esprimere i numeri in notazione scientifica:

$$n = f \cdot 10^e$$

in cui  $\underline{f}$  si chiama frazione, o mantissa mentre  $\underline{e}$  (intero con segno) e' detto esponente .

La versione informatica di questa notazione si chiama **floating point** .

Alcuni esempi

$$3,14 = 0,314 \times 10^1$$



**E= esponente espresso come eccesso M (detto bias)**

**F= mantissa frazionaria, normalizzata in modo tale che la mantissa sia compresa tra 1.00000000... e 1.111111111.....**

**in tal modo il primo "1" ( quello prima del punto decimale) sara' sottinteso (hidden bit) recuperando così un bit di precisione. Il punto binario e' sottinteso.**

### ESEMPIO 1

**Rappresentare in singola precisione il numero N = -423**

**S= 1** segno negativo bit segno = 1

423 in binario e' 110100111

Mantissa 1,10100111 \* (2 elevato alla 8)

BIAS = 127

ESPONENTE = 127 + 8 = 135 = 1000 0111

F=10100111

Rappresentazione nel calcolatore

1 10000111 1010011100000000000000 ( con hidden bit)

S E

F



### ESEMPIO 2

**Rappresentare in singola precisione il numero x = 42,6875**

**S= 0** segno POSITIVO bit segno = 0

42,6875 in binario e' 101010,1011

OVVERO 1,010101011 \* (2 elevato a 5)

Mantissa 1,010101011

BIAS = 127

ESPONENTE = 127 + 5 = 132 = 1000 0100

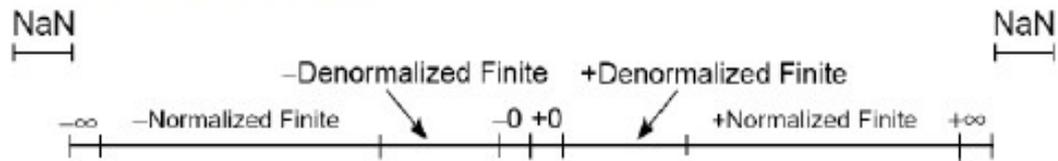
F=010101011





## Sintesi dello standard IEEE754

### Lo standard IEEE754



Real Number and NaN Encodings For 32-Bit Floating-Point Format

| S              | E       | F                  |                      |  | S              | E       | F                  |                      |
|----------------|---------|--------------------|----------------------|--|----------------|---------|--------------------|----------------------|
| 1              | 0       | 0                  | -0                   |  | 0              | 0       | 0                  | +0                   |
| 1              | 0       | 0.XXX <sup>2</sup> | -Denormalized Finite |  | 0              | 0       | 0.XXX <sup>2</sup> | +Denormalized Finite |
| 1              | 1...254 | Any Value          | -Normalized Finite   |  | 0              | 1...254 | Any Value          | +Normalized Finite   |
| 1              | 255     | 0                  | -∞                   |  | 0              | 255     | 0                  | +∞                   |
| X <sup>1</sup> | 255     | 1.0XX <sup>2</sup> | -SNaN                |  | X <sup>1</sup> | 255     | 1.0XX <sup>2</sup> | +SNaN                |
| X <sup>1</sup> | 255     | 1.1XX              | -QNaN                |  | X <sup>1</sup> | 255     | 1.1XX              | +QNaN                |

**NOTES:**

1. Sign bit ignored.
2. Fractions must be non-zero.

|        | Range denormalizzato   | Range normalizzato  | Decimale                                      |
|--------|--|---|---|
| 32 bit | Min: 2 <sup>-149</sup><br>Max: (1-2 <sup>-23</sup> )×2 <sup>-126</sup> | Min: 2 <sup>-126</sup><br>Max: (2-2 <sup>-23</sup> )×2 <sup>127</sup> | 1.4×10 <sup>-45</sup><br>3.4×10 <sup>38</sup> |

Ricordiamo che per rappresentare valori normalizzati in Floating Point IEEE754 in singola precisione (32 bit), l'esponente E (che comprende l'eccesso M) non può assumere i valori 0 e 255, poiché questi sono riservati alla rappresentazione dei numeri **denormalizzati** che hanno la forma :  $X = -1^S * 2^{E-M} * 0.F$  (l'hidden bit vale ora zero). In tal modo si ottiene un underflow verso lo zero più graduale.

# CODIFICA DEI CARATTERI

Il calcolatore , nato per manipolare solo numeri, ha trovato ben presto impiego anche nei campi nei quali c'e' l'esigenza di trattare anche caratteri, parole, frasi, etc.

Nasce l'esigenza di ideare dei meccanismi per realizzare una corrispondenza tra la rappresentazione dell'informazione, consona all'uomo e quella propria degli elaboratori digitali.

A differenza di quanto accade con i numeri, per codificare i quali si utilizzano tecniche basate sul loro "valore", per i caratteri le codifiche non possono che essere convenzionali, basate su tabelle di conversione che mettono in relazione i caratteri con sequenze prestabilite di bit. Tali sequenze, in seguito, potranno essere lette come numeri binari puri. In tal modo le tabelle di conversione assumono anche il ruolo di *codifica numerica* dei caratteri.

Con queste tabelle, ciascun elaboratore puo' codificare ,in binario, le informazioni ricevute sotto forma di caratteri, manipolarle e renderle nuovamente nel formato piu' consono all'uomo.

Per evitare il proliferarsi di troppe tabelle di codifica adottate da varie case costruttrici, con conseguente difficolta' di scambio di informazioni, un comitato statunitense che si occupa della standardizzazione ( **ANSI American National Standard Institute**) ha realizzato un codice, denominato **ASCII (American Standard Code for Information Interchange)**. Tale codice codifica 128 simboli utilizzando 7 bit , numerati in decimale da 0 a 127.

I primi 32 caratteri non sono stampabili o visualizzabili, e servono per il controllo della visualizzazione a video, della stampa , trasmissione dati. (1 =SOH = start of header, 4=EOT = End of Text 10=LF=line feed )

I rimanenti caratteri sono visualizzabili e comprendono: le cifre del sistema decimale, i caratteri dell'alfabeto latino maiuscoli e minuscoli, i segni di punteggiatura e altri simboli particolari usati negli USA e nei paesi anglosassoni.

!

34 codice ascii --> "  
 35 codice ascii --> #  
 36 codice ascii --> \$  
 37 codice ascii --> %  
 38 codice ascii --> &  
 39 codice ascii --> '  
 40 codice ascii --> (  
 41 codice ascii --> )  
 42 codice ascii --> \*

44 codice ascii --> ,  
 88 codice ascii --> X  
 89 codice ascii --> Y  
 90 codice ascii --> Z  
 91 codice ascii --> [  
 92 codice ascii --> \  
 93 codice ascii --> ]  
 94 codice ascii --> ^  
 45 codice ascii --> -  
 46 codice ascii --> .  
 47 codice ascii --> /  
 55 codice ascii --> 7

|                       |                       |
|-----------------------|-----------------------|
| 43 codice ascii --> + |                       |
| 44 codice ascii --> , | 88 codice ascii --> X |
| 89 codice ascii --> Y | 90 codice ascii --> Z |
| 91 codice ascii --> [ | 92 codice ascii --> \ |
| 93 codice ascii --> ] | 94 codice ascii --> ^ |
| 45 codice ascii --> - | 46 codice ascii --> . |
| 47 codice ascii --> / | 48 codice ascii --> 0 |
| 49 codice ascii --> 1 | 50 codice ascii --> 2 |
| 51 codice ascii --> 3 | 52 codice ascii --> 4 |
| 53 codice ascii --> 5 | 54 codice ascii --> 6 |
| 55 codice ascii --> 7 | 56 codice ascii --> 8 |
| 57 codice ascii --> 9 | 90 codice ascii --> Z |

126 codice ascii --> ~

UN carattere assente sulla tastiera si ottiene con la sequenza  
ALT num

esempio ALT 123 fara' comparire {  
ALT 125 fara' comparire }

Il codice ASCII presenta alcune proprieta', in particolare codifica le lettere e numeri con valori consecutivi rispettando l'ordine alfabetico. Il valore delle minuscole e' maggiore del valore delle maiuscole.

VAL(A) = 65      VAL(a) = 97  
VAL(B) = 66      VAL(b) = 98

.....  
VAL(Z) = 90      VAL(z) = 122

### PROPRIETA' IMPORTANTE

$$\text{VAL}(z) - \text{VAL}(Z) = \text{VAL}(a) - \text{VAL}(A)$$

La distanza numerica tra una lettera maiuscola e la sua corrispondente minuscola e' costante.

Poiche' l'unita' di memorizzazione dei dati in un calcolatore, e' il byte, utilizzando la codifica ASCII avanza un bit. Questo permette di codificare altri 128 simboli.

Il codice ASCII dal 128 al 255 ( HEX 80 FF) vengono sfruttati dai costruttori per altri alfabeti di lingue europee che richiedono simboli

aggiuntivi ( ä å Ñ úüÖ ). Per tali caratteri non e' prevista standardizzazione.

ASCII STANDARD ( su 7 bit)

ASCII ESTESO ( su 8 bit tutti e 256 caratteri)

# CODICE EBCDIC

Extended Binary Coded Decimal Interchange Code  
 Usato da Calcolatori IBM ( mini e Mainframe)  
 Usa 8 bit ( 2 nibbles                    1 nibble=4bit)

|    |                |               |
|----|----------------|---------------|
| EX | la lettera "D" | 0100 0101     |
|    |                | zone    digit |
|    | numero 0       | 1111 0000     |
|    | numero 1       | 1111 0001     |
|    | ....           |               |
|    | ....           |               |
|    | numero 9       | 1111 1001     |

## UNICODE

L'industria dei calcolatori nacque negli Stati Uniti e portò così alla creazione dei caratteri ASCII (pronunciato *aschi*). ASCII va bene per l'inglese ma è meno adatto per le altre lingue. Il francese, per esempio, ha accenti ( per esempio *systemè*), il tedesco ha altre punteggiature ( per esempio *für*) e così' via . Alcune lingue hanno alfabeti completamente diversi ( per esempio il russo e l'arabo). Altre lingue hanno lettere che non si trovano in ASCII come la  $\beta$  tedesca . C'è il cinese che non ha neanche un alfabeto. La rapida diffusione dei calcolatori in tutto il mondo ( i commerciali li vogliono vendere a tutti i costi e in tutti i continenti), ha reso necessario set di caratteri diversi. Dopo vari tentativi di estendere l'ASCII , introducendo le **code page** (o pagine di codice), alcune aziende del settore hanno fondato un consorzio per creare un nuovo sistema, chiamato **UNICODE**, e lo ha fatto riconoscere come standard (IS 10646). UNICODE viene ora supportato da vari sistemi operativi ( W2000 e XP) e da alcuni linguaggi di programmazione ( es: JAVA ) e da molte applicazioni. UNICODE assegna a un simbolo o carattere un valore a 16 bit permanente e unico, chiamato **code point** . Non vengono usati caratteri a più byte né sequenze di escape.

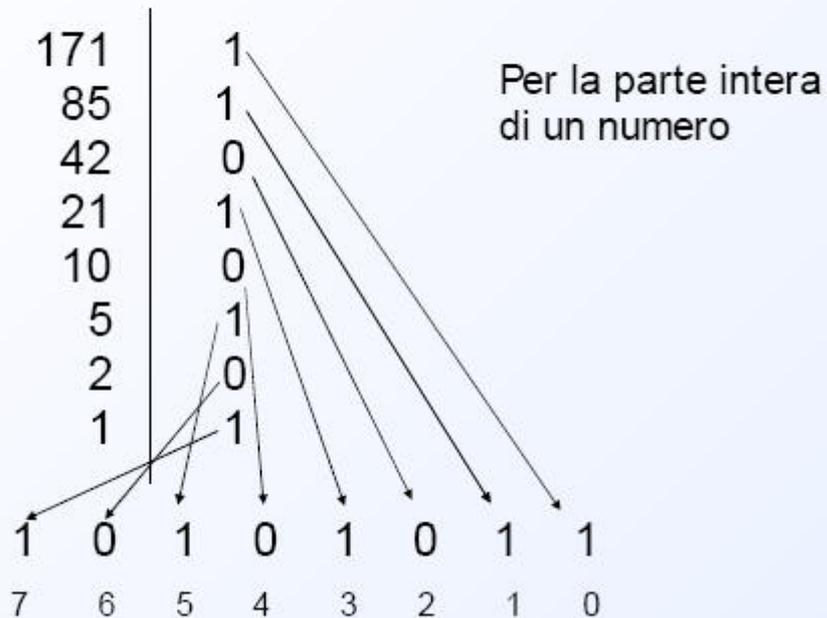
**Dato che UNICODE usa 16 bit si avranno 65536 code point . Poiche' le lingue mondiali insieme usano circa 200.000 simboli, i code point sono risorse scarse, da assegnare con molta attenzione).**

**Per facilitare la conversione da ASCII a UNICODE il consorzio UNICODE ha adottato Latin-1 come code point da 0 a 255 .**

**Ora invece lo standard Unicode, che tendenzialmente e' perfettamente allineato con la norma ISO/IEC 10646, prevede una codifica fino a 21 bit e supporta un repertorio di codici numerici che possono rappresentare circa un milione di caratteri. Ciò appare sufficiente a coprire anche i fabbisogni di codifica di scritti del patrimonio storico dell'umanità, nelle diverse lingue e negli svariati sistemi di segni utilizzati.**

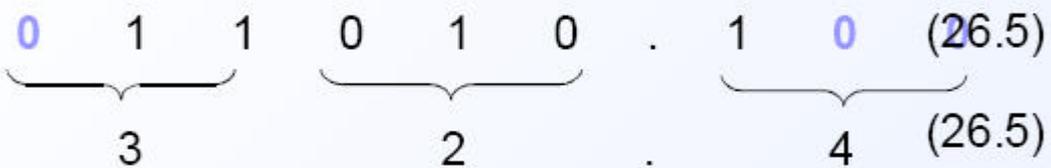
**RIEPILOGO:**

**Conversione tra basi: dec → bin**

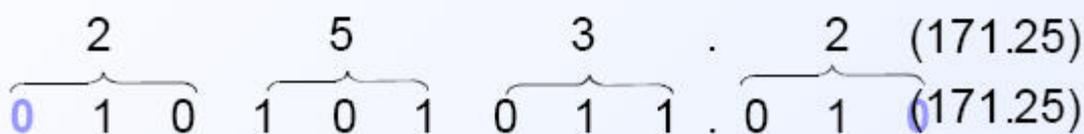


**Conversione tra basi: bin ↔ ott**

Binario → Ottale



Ottale → Binario



## ↙ Conversione tra basi: bin ↔ esa

Binario → Esadecimale

$0001$     $1010$  .  $100$    (26.5)  
 1   A   8   (26.5)

Esadecimale → Binario

A   B   4   (171.25)  
 $1010$     $1011$  .  $0100$    (171.25)

# I Tabella ASCII – in esadecimale

## American Standard Code for Information Interchange

|    | 0 | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | A | B | C | D | E | F |
|----|---|---|---|---|----|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 20 |   | ! | " | # | \$ | % | & | ' | ( | ) | * | + | , | - | . | / |
| 30 | 0 | 1 | 2 | 3 | 4  | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | : | ; | < | = | > | ? |
| 40 | @ | A | B | C | D  | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
| 50 | P | Q | R | S | T  | U | V | W | X | Y | Z | [ | \ | ] | ^ | _ |
| 60 | ` | a | b | c | d  | e | f | g | h | i | j | k | l | m | n | o |
| 70 | p | q | r | s | t  | u | v | w | x | y | z | { |   | } | ~ |   |
| 80 |   |   | , | f | „  | … | † | ‡ | ^ | % | Š | < | Œ |   |   |   |
| 90 |   | ‘ | ’ | “ | ”  | • | — | ~ | ™ | š | > | œ |   |   |   | ÿ |
| A0 |   | ı | € | £ | ⊗  | ¥ |   | § | " | © | ª | « | ¬ | - | ® | ¯ |
| B0 | ° | ± | ² | ³ | ´  | µ | ¶ | · | , | ı | ° | » | ¼ | ½ | ¾ | ¿ |
| C0 | À | Á | Â | Ã | Ä  | Å | Æ | Ç | È | É | Ê | Ë | Ì | Í | Î | Ï |
| D0 | Ð | Ñ | Ò | Ó | Ô  | Õ | Ö | × | Ø | Ù | Ú | Û | Ü | Ý | Þ | ß |
| E0 | à | á | â | ã | ä  | å | æ | ç | è | é | ê | ë | ì | í | î | ï |
| F0 | ð | ñ | ò | ó | ô  | õ | ö | ÷ | ø | ù | ú | û | ü | ý | þ | ÿ |

Per esempio La lettera “A” ha una rappresentazione esadecimale ASCII sommando il valore (40)<sub>16</sub> e il valore (1)<sub>16</sub> ovvero (40)<sub>16</sub> + (1)<sub>16</sub>= (41)<sub>16</sub> → (65)<sub>10</sub>.

## ESERCIZI

- 1) Codificare su 4 bit il numero -5  
secondo le rappresentazioni:
  - a) modulo e segno
  - b) compl. a 1
  - c) compl a 2
  
- 2) Dati  $n = 8$  bit, trasformare in esadecimale i seguenti valori
  - a) 200 in binario puro
  - b) -20 in complemento a 1
  - c) -19 in complemento a 2
  - d) -80 in modulo e segno

- 3) Supponendo di avere solo 8 bit a disposizione rappresentare la somma algebrica

$$\boxed{AF + F6}$$

in binario e in decimale tenendo presente che l'elaboratore usa la rappresentazione in complemento a due.

- 4) Trovare la base per la quale e' valida la seguente uguaglianza:

$$(3001)_? = (141)_{12}$$

- 5) Un computer utilizza 4 byte per memorizzare numeri con la virgola secondo la seguente notazione standard con :

$$X = -1^S * 2^{E-M} * 1.F$$

S prende 1 bit per il segno

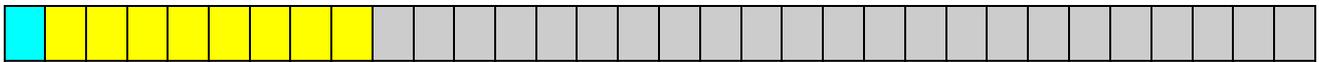
E esponente con eccesso M (8 bit)

M rappresenta l'eccesso pari a 128

F parte decimale nei restanti bit

(NB: il numero 1 prima della virgola e' sottinteso)

**Rappresentare il numero  $x = -1024,03125$**



- 6) Trovare il numero minimo di bit per rappresentare il valore  
+2048 in caso di rappresentazione in complemento a 2.

- 7) Eseguire con le regole del complemento a 1 ( su 8 bit) le seguenti somme algebriche:

- 35 - 100
- -100 -11
- 11-11
- 63-64
- 100 +28
- -99 -27

Eseguire con le regole del complemento a 2 ( su 8 bit) le stesse somme algebriche sopra elencate:

Calcolare le basi che rendono valide le seguenti uguaglianze:

- $(111)_b = (1013)_5$
- $(101)_b = (52)_{16}$
- $(123)_b = (212)_4$

Trovare la formula che permette di trasformare più agevolmente i seguenti valori, dalla loro base alla base 10( in notazione frazionaria).

Esempio:  $(0,11)_2 = (3/4)_{10}$

- 1)  $(0,11111)_2$
- 2)  $(0,777)_8$
- 3)  $(0,4444)_5$
- 4)  $(0,33333)_4$
- 5)  $(0,555)_6$

## APPENDICE A (Formule utili)

Un numero naturale  $N$  in base  $b$  ( con  $b > 1$  ) si può rappresentare in questo modo:

$$N = \sum_{i=0}^{i=n} a_i b^i = a_0 b^0 + a_1 b^1 + \dots \dots \dots a_{n-1} b^{n-1} + a_n b^n \quad (1)$$

$$\text{dove } 0 \leq a_i \leq (b-1)$$

Ricordiamo che i coefficienti  $a_i$  appartengono all'insieme  $\{0,1,\dots,(b-1)\}$ ; gli elementi di tale insieme sono detti "**Numerali**".

Nel caso in cui i coefficienti  $a_i$  nella formula (1) siano tutti uguali a *uno*.

$\forall i \in \{0,1,\dots,n\} \ a_i = 1$  e la formula (1) si semplifica in :

$$N = \sum_{i=0}^{i=n} b^i = b^0 + b^1 + \dots \dots \dots b^{n-1} + b^n \quad (2)$$

chiamiamo  $S_n$  la somma:

$$S_n = \sum_{i=0}^{i=n} b^i = b^0 + b^1 + \dots \dots \dots b^{n-1} + b^n \quad (3)$$

Moltiplichiamo  $S_n$  per  $b$  ottenendo:

$$bS_n = b \sum_{i=0}^{i=n} b^i = b(b^0 + b^1 + \dots \dots \dots b^{n-1} + b^n)$$

ovvero:

$$bS_n = b \sum_{i=0}^{i=n} b^i = b^1 + \dots \dots \dots b^n + b^{n+1}$$

Quest'ultima espressione si può riscrivere così:

$$bS_n = b \sum_{i=0}^{i=n} b^i = (1 + b^1 + \dots \dots \dots b^n) + b^{n+1} - 1 \quad (4)$$

Notiamo che nella formula (4) i termini inclusi nelle parentesi tonde sono uguali a quelli che compaiono nella formula (3); pertanto possiamo scrivere, in notazione compatta:

$$bS_n = S_n + b^{n+1} - 1$$

ovvero :

$$(b-1)S_n = b^{n+1} - 1 \quad (5)$$

quindi:

$$S_n = b^0 + b^1 + \dots + b^{n-1} + b^n = \frac{b^{n+1} - 1}{b-1} \quad (6)$$

Le formule (5) e (6) così ottenute sono valide quando la base **b** è maggiore di 1.

Nel caso in cui **b=2** le formule (5) e (6) portano all'unica formula:

$$S_n = 2^0 + 2^1 + \dots + 2^{n-1} + 2^n = 2^{n+1} - 1 \quad (7)$$

### Esempi di applicazione :

(base  $b = 4$  ) Si vuole conoscere il valore decimale del numero  $N = (333)_4$

Poiché i numerali che compongono  $N$  sono tutti uguali a  $(b-1)$  cioè 3 usando la formula (5) otteniamo

$$N = (333)_4 = 3 \cdot 4^0 + 3 \cdot 4^1 + 3 \cdot 4^2 = 4^3 - 1 = 64 - 1 = 63$$

(base  $b = 5$  ) Si vuole conoscere il valore decimale del numero  $N = (111)_5$

Poiché i numerali che compongono  $N$  sono tutti uguali a 1 usiamo la formula (6);

$$M = (111)_5 = 5^0 + 5^1 + 5^2 = (5^3 - 1)/(5-1) = 124/4 = 31$$

(base  $b = 2$  ) Si vuole conoscere il valore decimale del numero  $N = (11111)_2$

Poiche' i numerali che compongono  $N$  sono tutti uguali a 1 usiamo la formula (7);

$$K = (11111)_2 = 2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 = 2^5 - 1 = 32 - 1 = 31$$