

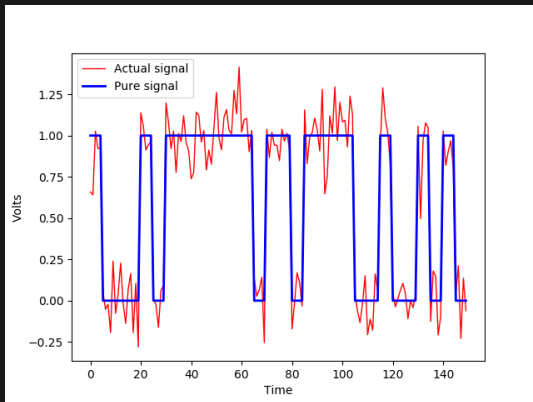
# Codifica dei dati

## Informatica@DSS 2025/2026

Massimo Lauria <massimo.lauria@uniroma1.it>  
<https://massimolauria.net/informatica2025/>

# Rappresentazione dei dati

# Zero e uno



## Un **bit** di informazione

- ▶ 0 o 1
- ▶ Vero o Falso
- ▶ tensione alta o bassa
- ▶ interruttore acceso o spento

## Più di due stati?

- ▶ e.g. macchine di Turing
- ▶ maggiori errori

# Due stati sono pochi: insiemi di bit

$n$  bit assumono  $2^n$  configurazioni

1 byte	8 bit
1 KB	$2^{10} = 1024$ byte
1 MB	$2^{10}$ KB = 1024 KB
1 GB	$2^{10}$ MB = 1024 MB
...	...

# Codifica di dati

Il significato di una sequenza di bit dipende dalla sua **interpretazione**

Utilizzare due interpretazioni differenti per gli stessi dati

- ▶ può causare errori nel programma
- ▶ può corrompere i dati
- ▶ può essere usato per violare la sicurezza

# In Python ogni dato ha un **tipo**

```
print(type(5))           # il tipo dell'espressione 5           1
print(type('ciao'))      # il tipo dell'espressione 'ciao'      2
print(type(3.2))          # il tipo dell'espressione 3.2         3
print(type(5.0))          # il tipo dell'espressione 5.0         4
print(3.2 + 5)            # somma tra dati di tipo diverso       5
print(type(3.2 + 5))      # il tipo del risultato               6
5 + 'ciao'               # altra somma tra dati di tipo diverso  7
```

```
<class 'int'>
<class 'str'>
<class 'float'>
<class 'float'>
8.2
<class 'float'>
```

# Codifica di numeri

La notazione decimale (i.e. in base 10) usa cifre da 0 a 9

E.g.  $45903 = 4 \cdot 10^4 + 5 \cdot 10^3 + 9 \cdot 10^2 + 0 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0$

Se ci sono solo le cifre 0 e 1 ha senso usare la base 2

E.g.  $110101 = 1 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0$

# Notazione binaria (E.g. 4 bit)

$$b_3b_2b_1b_0 = b_3 \cdot 2^3 + b_2 \cdot 2^2 + b_1 \cdot 2^1 + b_0 \cdot 2^0$$

$b_3$  è il bit **più significativo**;  $b_0$  è il bit **meno significativo**

8421			8421		
0000	0	0	1000	8	8
0001	1	1	1001	8+1	9
0010	2	2	1010	8+2	10
0011	2+1	3	1011	8+2+1	11
0100	4	4	1100	8+4	12
0101	4+1	5	1101	8+4+1	13
0110	4+2	6	1110	8+4+2	14
0111	4+2+1	7	1111	8+4+2+1	15

# Notazione binaria ( $n$ bit)

Caso  $n$  bit:  $b_{n-1} \dots b_0 = \sum_{i=0}^{n-1} b_i \cdot 2^i$ .

8 bit rappresentano  $2^8 = 256$  valori

$$\{0, 1, 2, \dots, 255\} \quad (1)$$

16 bit rappresentano  $2^{16} = 65536$  valori

$$\{0, 1, 2, \dots, 65535\} \quad (2)$$

**Domanda:** ogni intero positivo ha esattamente una rappresentazione binaria?

# Stampare in notazione binaria

Potete usare Python per fare le conversioni

```
# l'operatore ** esegue l'elevazione a potenza
numero = 2**10 + 2**7 + 2**5 + 2**3 + 1

print("Base 10 - {}".format(numero))
print("Base 2 - {:b}".format(numero))
```

1  
2  
3  
4  
5

```
Base 10 - 1193
Base 2 - 10010101001
```

# Notazione binaria è scomoda

(dec.) 123456789 = (bin.) 111010110111100110100010101

## Base 2

- ▶ adatta per il computer
- ▶ numeri troppo lunghi e scomodi da leggere

## Base 10

- ▶ più compatta e leggibile
- ▶ le cifre corrispondono male con quelle in base 2

# Abbreviazione della notazione binaria

Base 16 (notazione esadecimale)

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

con A = 10, B = 11, C = 12, D = 13, E = 14, F = 15

$\underbrace{0111}_7 \underbrace{0101}_5 \underbrace{1011}_B \underbrace{1100}_C \underbrace{1101}_D \underbrace{0001}_1 \underbrace{0101}_5$

(dec.) 123456789 = (hex.) 75BCD15

(dec.) 175 = (bin.) 10101111 = (hex.) AF

# Usiamo python per verificare i conti

$\underbrace{0111}_7 \underbrace{0101}_5 \underbrace{1011}_B \underbrace{1100}_C \underbrace{1101}_D \underbrace{0001}_1 \underbrace{0101}_5$

(dec.) 123456789 = (hex.) 75BCD15

```
numero = 123456789  
  
print("Base 10 - {}".format(numero))  
print("Base 2 - {:b}".format(numero))  
print("Base 16 - {:x}".format(numero))
```

1  
2  
3  
4  
5

```
Base 10 - 123456789  
Base 2 - 111010110111100110100010101  
Base 16 - 75bcd15
```

# Rappresentazione di byte

È scomodo scrivere/leggere 8 bit per esteso.  
Normalmente un byte è scritto come

- ▶ un numero da 0 a 255, oppure
- ▶ un numero esadecimale di due cifre, da 00 a *FF*.

# I numeri esadecimali in Python

In python gli esadecimali si scrivono col prefisso 0x

```
print(0xFE, 0xFE, 0xFE)
```

1

```
print(0XC3)
```

2

```
print(0x2D3Ac463e + 4524)
```

3

```
254 254 254
```

```
195
```

```
12141221866
```

# Ricapitolando

- ▶ I numeri codificati come sequenze di 0 e 1...
- ▶ ...seguendo la notazione in base 2
- ▶ Base 16 come abbreviazione di base 2.

# Python e numeri molto grandi

```
print(3**312 + 7**94)
```

1

```
72749744522375265125206295317964396725  
53343286682495257583990369543852572160  
39907289132821352297259222089567082614  
19259341094593387593588827435562290
```

- ▶ Python permette numeri grandi a piacere
- ▶ CPU opera su numeri di taglia fissa, e.g. 64 bit
- ▶ C, C++, Java, .. fanno lo stesso
- ▶ al massimo  $2^{64}$  valori, da  $-2^{63}$  a  $2^{63} - 1$
- ▶ possibilità di *overflow*

# Codifica della comunicazione scritta

Studente: 'Prof. una proroga?'

**'Non se ne parla nemmeno.'**

Studente: 'Per favooooore!'

**'Assolutamente no.'**

Studente: 'Che bastardo...'

**'Come?'**

Studente: 'Oops! Sbagliato finestra...'

# Codifica della comunicazione scritta

Studente: [80, 114, 111, 102, 46, 32, 117, 110, 97, 32,... ]

**[78, 111, 110, 32, 115, 101, 32, 110, 101, 32, 112, 97, ...]**

Studente: [80, 101, 114, 32, 102, 97, 118, 111, 111, 111, 111, 114, 101, 33]

**[65, 115, 115, 111, 108, 117, 116, 97, 109, 101, 110, 116, 101, 32, 110, 111, 46]**

Studente: [67, 104, 101, 32, 98, 97, 115, 116, 97, 114, 100, 111, 46, 46, 46]

**[67, 111, 109, 101, 63]**

Studente: [79, 111, 112, 115, 33, 32, 83, 98, 97, 103, 108, 105, 97, ...]

# Codifica di testi — ASCII

Binario:  $0b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$

Esadecimale:  $h_1h_0$  con  $0 \leq h_1 \leq 7$ .

ASCII Code Chart																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
2		!		#	\$	%	&		(	)	*	+	,	-	.	/
3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[	\	]	^	_
6	.	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

Figure: Tabella ASCII (fonte:Wikipedia)

“Informatica” = (73, 110, 102, 111, 114, 109, 97, 116, 105, 99, 97)

# Codifica di testi — ASCII Estesi

La codifica ASCII usa 8 bit ma prevede solo 128 valori. Il bit più significativo è sempre 0.

Esistono varie estensioni di ASCII (e.g. Latin-1)

- ▶ usano le stringhe  $1b_6b_5b_4b_3b_2b_1b_0$
- ▶ caratteri locali e/o con accenti (e.g. à, è, é, ì, ò, ù)
- ▶ incompatibili tra loro

# Codifica di testi — Unicode e UTF-8

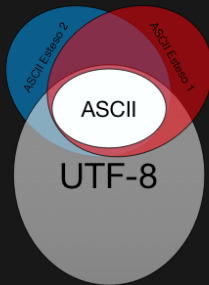
Unicode: una tabella per tutte le lingue

- ▶ 21 bit per simbolo = ca. 2 milioni
- ▶ facilita la comunicazione tra lingue diverse
- ▶ supporto per scrittura bidirezionale
- ▶ per i testi ASCII è più costosa

UTF-8 è una **rappresentazione** di Unicode

- ▶ lunghezza variabile da 1 a 4 byte
- ▶ identica ad ASCII per i primi 128 simboli
- ▶ lo standard attuale

# Codifica di testi — interpretazione ambigua



**Esempio 1:** 'Caipiriña' viene codificato in Latin-1

[67, 97, 105, 112, 105, 114, 105, **241**, 97]

il ricevitore decodifica in UTF-8 e segnala errore.

**Esempio 2:** 'Caipiriña' viene codificato in UTF-8

[67, 97, 105, 112, 105, 114, 105, **195**, **177**, 97]

il ricevitore decodifica in Latin-1 'CaipiriÃ±a'

# Immagini - bitmap

**Bitmap:** Griglia di “pixel” colorati con coordinate  $(x, y)$



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

# Risoluzione della griglia



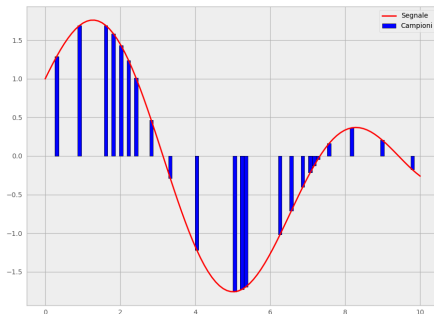
Dimensione immagine =

Altezza  $\times$  Larghezza  $\times$  byte(colore)

Spazio:

- ▶ Bianco e nero: 1 bit per pixel
- ▶ R,G,B : tipicamente 3 byte per pixel
- ▶ Tavolozza:  $\log_2(\text{\#colori})$  per pixel + Dim(tavolozza)

# Codifica di segnali: musica, video, ...



- ▶ discretizzazione
- ▶ risoluzione
- ▶ precisione vs costo
- ▶ compressione

# Esercizio

Decodificate il testo seguente, codificato in ASCII

[76, 101, 103, 103, 101, 116, 101, 32, 105, 108, 32, 109,  
97, 116, 101, 114, 105, 97, 108, 101, 32, 80, 82, 73, 77,  
65, 32, 100, 105, 32, 118, 101, 110, 105, 114, 101, 32,  
97, 32, 108, 101, 122, 105, 111, 110, 101, 33]