



La rappresentazione delle Informazioni

- Nella vita di tutti i giorni siamo abituati ad avere a che fare con vari tipi di informazioni, di natura e forma diversa, così come siamo abituati a diverse rappresentazioni della stessa informazione

Esempio: un testo può essere in forma stampata oppure la stessa informazione può essere registrata su un nastro
- Rappresentazioni *equivalenti* della stessa informazione e meccanismi di trasformazione tra differenti rappresentazioni
- La scelta della rappresentazione è in genere vincolata al tipo di utilizzo ed al tipo di operazioni che devono essere fatte sulle informazioni stesse



La rappresentazione delle informazioni

- I computer memorizzano ed elaborano le informazioni sotto forma di **bit (Binary Digit)**
- Un bit è l'unità di informazione base e può rappresentare **due** informazioni:
 - vero o falso
 - acceso o spento
 -
- Rappresentazione **binaria** (o **digitale**). Il linguaggio di base mediante il quale ogni informazione deve essere codificata è costituito da due soli simboli (**0** e **1**)



La rappresentazione delle informazioni

- Rappresentazione **binaria** (o **digitale**). Il linguaggio di base mediante il quale ogni informazione deve essere codificata è costituito da due soli **simboli (0 e 1)**
- **NOTA BENE:** i *simboli* che si usano per rappresentare il valore che un bit può assumere (0 e 1) **NON devono essere confusi con:**
 - i *numeri* 0 e 1 (la tecnica per rappresentare i numeri in formato digitale verrà studiata più avanti)
 - le *cifre del sistema decimale* 0 e 1 (ricordo che il concetto di cifra e quello di numero sono diversi: i numeri sono specificati come sequenza di cifre)
 - i *caratteri* 0 e 1 (i caratteri sono usati per la rappresentazione di testi, come vedremo più avanti)



La rappresentazione delle informazioni

Le ragioni di questa scelta sono prevalentemente di tipo tecnologico e i due simboli corrispondono a:

- due stati di polarizzazione di una sostanza magnetizzabile;
- due stati di carica elettrica di una sostanza;
- al passaggio/non passaggio di corrente attraverso un cavo conduttore;
- al passaggio/non passaggio di luce attraverso un cavo ottico

Codifica binaria

- Per poter rappresentare un numero maggiore di informazioni è necessario utilizzare sequenze di bit.

Per esempio, per rappresentare quattro informazioni diverse possiamo utilizzare due bit che ci permettono di ottenere quattro configurazioni distinte

00 01 10 11

- Il processo secondo cui si fa corrispondere ad un'informazione una configurazione di bit prende il nome di **codifica dell'informazione**

Esempio: un esame può avere quattro possibili esiti: ottimo, discreto, sufficiente, insufficiente

Codifica binaria

- Codifico
 - ottimo con 00
 - discreto con 01
 - sufficiente con 10
 - insufficiente con 11
- Con N bit si possono codificare 2^N informazioni differenti

N	Informazioni
2	4
3	8
4	16
5	32
6	64
7	128
8	256

Codifica binaria

- Se invece il mio problema è quello di dover rappresentare M informazioni differenti devo selezionare il numero di N bit in modo tale che

$$2^N \geq M$$

Esempio: per rappresentare 40 informazioni differenti devo utilizzare 6 bit perché $2^6 = 64$, 5 bit non sono sufficienti perché $2^5 = 32$

- Esiste una particolare aggregazione di bit che è costituita da 8 bit ($2^8 = 256$ informazioni) e prende il nome di **byte**

La rappresentazione delle Informazioni

- Noi vedremo le tecniche per rappresentare in formato digitale:
 - i caratteri
 - i numeri naturali
 - le immagini fisse
 - il suono
 - le immagini in movimento
- Parleremo di come si procede per ottenere una rappresentazione digitale (cioè, usando bit) mentre vedremo nella parte dedicata all'architettura di un calcolatore quali sono i dispositivi che materialmente realizzano le tecniche descritte.

La codifica dei caratteri di un testo

- L'obiettivo è quello di comunicare con il calcolatore usando il nostro linguaggio. Dobbiamo rappresentare le lettere dell'alfabeto
- L'insieme di simboli comunemente usati nell'alfabeto anglosassone, incluse le cifre numeriche, lettere maiuscole e minuscole, simboli di punteggiatura, parentesi e operatori aritmetici, può essere codificato usando 7 bit ($2^7 = 128$)
- Il metodo di codifica più diffuso tra i produttori di hardware e di software prende il nome di codice **ASCII** (**A**merican **S**tandard **C**ode for **I**nformation **I**nterchange)

Il codice ASCII

ASCII	Simb.	ASCII	Simb.	ASCII	Simb.
0000000	NUL	0001110	SO	0011100	FS
0000001	SOH	0001111	SI	0011101	GS
0000010	STX	0010000	DLE	0011110	RS
0000011	ETX	0010001	DC1	0011111	US
0000100	EOT	0010010	DC2	0100000	SP
0000101	ENQ	0010011	DC3	0100001	!
0000110	ACK	0010011	DC4	0100010	"
0000111	BEL	0010101	NAK	0100011	#
0001000	BS	0010110	SYN	0100100	\$
0001001	HT	0010111	ETB	0100101	%
0001010	NL	0011000	CAN	0100110	&
0001011	VT	0011001	EM	0100111	'
0001100	NP	0011010	SUB	0101000	(
0001101	CR	0011011	ESC	0101001)

Il codice ASCII

ASCII	Simb.	ASCII	Simb.	ASCII	Simb.
0101010	*	0111001	9	1000111	G
0101011	+	0111010	:	1001000	H
0101100	,	0111011	;	1001001	I
0101101	-	0111100	<	1001010	J
0101110	.	0111101	=	1001011	K
0101111	/	0111110	>	1001100	L
0110000	0	0111111	?	1001101	M
0110001	1	1000000	@	1001110	N
0110010	2	1000001	A	1001111	O
0110011	3	1000010	B	1010000	P
0110100	4	1000011	C	1010001	Q
0110101	5	1000100	D	1010010	R
0110110	6	1000101	E	1010011	S
0111000	8	1000110	F	1010100	T

Il codice ASCII

ASCII	Simb.	ASCII	Simb.	ASCII	Simb.
1010101	U	1100011	c	1110001	q
1010110	V	1100100	d	1110010	r
1010111	W	1100101	e	1110011	s
1011000	X	1100110	f	1110100	t
1011001	Y	1100111	g	1110101	u
1011010	Z	1101000	h	1110110	v
1011011	[1101001	i	1110111	w
1011100	\	1101010	j	1111000	x
1011101]	1101011	k	1111001	y
1011110	^	1101100	l	1111010	z
1011111	_	1101101	m	1111011	{
1100000	`	1101110	n	1111100	
1100001	a	1101111	o	1111101	}
1100010	b	1110000	p	1111110	~
1111111	DEL				

Il codice ASCII

Sebbene 7 bit siano sufficienti per codificare l'insieme di caratteri di uso comune, in genere il codice ASCII standard utilizza 8 bit, il primo dei quali è sempre 0

Codifica della parola **cane**

01100011 01100001 01101110 01100101

c a n e

Tra i simboli speciali del codice ASCII vi è anche il simbolo spazio bianco "NUL" (codice 00000000), il simbolo di fine riga "CR" (00001101)

In questo modo è possibile rappresentare mediante una sequenza di codici ASCII un testo strutturato in righe e pagine

Il codice ASCII

Consideriamo il problema inverso: data una sequenza di bit, il testo che essa codifica può essere ottenuto nel modo seguente:

- si divide la sequenza in gruppi di otto bit (un byte);
- si determina il carattere corrispondente ad ogni byte

Esempio:

01101001 01101100 00000000 01110000 01101111 00101110
01101001 01101100 00000000 01110000 01101111 00101110
i l P o .

La codifica dei caratteri di un testo

- 52 lettere alfabetiche maiuscole e minuscole
- 10 caratteri che denotano le cifre (0, 1, 2, ..., 9)
 - Nota bene: il codice ASCII e gli altri codici per la rappresentazione dei caratteri NON si usano per rappresentare i numeri (lo vedremo più avanti)
- Segni di punteggiatura (, . ; : ! " ' ^ \ ...)
- Simboli matematici (+, -, ×, ±, {, [, >, ...)
- Caratteri di alfabeti nazionali (à, è, ì, ò, ù, ç, ñ, ö, ...)
- Altri segni grafici (©, ←, ↑, ⊕, @, €, ...)

La codifica dei caratteri di un testo

- Codifiche standard:
 - **ASCII**, 8 bit per carattere, rappresenta 256 caratteri
 - **UNICODE**, 16 bit per carattere, (ASCII + caratteri etnici)
- Codifiche proprietarie:
 - **MSWindows**, 16 bit per carattere, simile ad UNICODE

La codifica dei numeri

- La rappresentazione dei numeri con il sistema decimale può essere utilizzata come spunto per definire un metodo di codifica dei numeri all'interno degli elaboratori: la sequenza 15 viene interpretata come: 1 decina + 5 unità
- In generale la sequenza $c_n c_{n-1} c_{n-2} \dots c_1 c_0$ (ogni " c_i " è una cifra compresa tra "0" e "9") viene interpretata come:

$$\begin{aligned}
 &c_0 \times 10^0 + && (c_0 \text{ unità}) \\
 &c_1 \times 10^1 + && (c_1 \text{ decine}) \\
 &c_2 \times 10^2 + && (c_2 \text{ centinaia}) \\
 &\dots \\
 &c_{n-1} \times 10^{n-1} + \\
 &c_n \times 10^n
 \end{aligned}$$

Un ripasso di aritmetica: la notazione posizionale

- La numerazione decimale utilizza una **notazione posizionale** basata sul numero 10 (**base**). La sequenza "234" rappresenta il numero $4 \times 10^0 + 3 \times 10^1 + 2 \times 10^2$
- La notazione posizionale può essere utilizzata in qualunque altro sistema di numerazione (con base diversa da 10)
- Nel sistema di numerazione binario i numeri vengono codificati utilizzando le due cifre "0" e "1"
- Nel sistema di numerazione ottale i numeri vengono codificati utilizzando le otto cifre "0", "1", ..., "7"
- Nel sistema di numerazione esadecimale i numeri vengono codificati utilizzando le sedici cifre "0", "1", ..., "8", "9", "A", "B", "C", "D", "E", "F"
 - La cifra "A" corrisponde a 10, la cifra "B" corrisponde a 11, la cifra "C" corrisponde a 12, la cifra "D" corrisponde a 13, la cifra "E" corrisponde a 14, la cifra "F" corrisponde a 15,

Un ripasso di aritmetica: La notazione posizionale

- In analogia con il caso decimale la sequenza $c_n c_{n-1} c_{n-2} \dots c_1 c_0$ (ogni " c_i " è la cifra "0" o la cifra "1") rappresenterà, in binario, il numero

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

La sequenza "1011" denota il numero

$$1 \times 2^0 + 1 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^3 = 11 \text{ (in base 10)}$$

- In analogia con il caso decimale la sequenza $c_n c_{n-1} c_{n-2} \dots c_1 c_0$ rappresenterà, in esadecimale, il numero

$$c_0 \times 16^0 + c_1 \times 16^1 + \dots + c_{n-1} \times 16^{n-1} + c_n \times 16^n$$

La sequenza "1011" denota il numero

$$1 \times 16^0 + 1 \times 16^1 + 0 \times 16^2 + 1 \times 16^3 = 4113 \text{ (in base 10)}$$

Per evitare ambiguità si usa la notazione $1011_2 = 11_{10}$

Per evitare ambiguità si usa la notazione $1011_{16} = 4113_{10}$

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione decimale - limitazioni

- Consideriamo la base dieci: con tre cifre decimali si possono rappresentare i numeri compresi tra 0 e 999, il numero successivo (1000) richiede una quarta cifra di cui non disponiamo

In questo caso si dice che si ha un problema di **overflow**, ossia si eccede il numero di cifre destinato alla rappresentazione, e si genera un errore perché il numero non può essere gestito

Poiché il numero 999 può essere scritto come $10^3 - 1$ (ossia 1000 - 1), possiamo enunciare la seguente regola:

con N cifre decimali si possono rappresentare
i numeri da 0 a $10^N - 1$

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione binaria - limitazioni

Consideriamo la base due: con tre cifre binarie si possono rappresentare i numeri compresi tra 0 e 2^3-1 (ossia 8-1), possiamo enunciare la seguente regola:

con N cifre binarie si possono rappresentare i numeri da 0 a 2^N-1

Esempio con N=3:

numero decimale	rappresentazione binaria
0	000
1	001
2	010
3	011
4	100
5	101
6	110
7	111

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione esadecimale - limitazioni

Consideriamo la base sedici: con tre cifre esadecimali si possono rappresentare i numeri compresi tra 0 e 16^3-1 (ossia 4096-1).

con N cifre esadecimali si possono rappresentare i numeri da 0 a 16^N-1

Esempio con N=2:	numero decimale	rappresentazione esadecimale
	0	00
	1	01

	10	0A
	11	0B

	15	0F
	16	10
	17	11

	30	1E
	31	1F
	32	20

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione binaria - operazioni

- A queste rappresentazioni si possono applicare le operazioni aritmetiche:

$$0+0=0$$

$$1+0=1$$

$$0+1=1$$

1+1=0 con riporto di 1 ovvero 10

- 1+1 in decimale è uguale a 2 ma siamo nella notazione binaria che ha solo due cifre, 0 e 1

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione binaria - operazioni

- A queste rappresentazioni si possono applicare le operazioni aritmetiche:

riporti

1

1 0 +

1 0 =

1 0 0

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione binaria - operazioni

- A queste rappresentazioni si possono applicare le operazioni aritmetiche:

riporti

1

1 1 +

1 0 =

1 0 1

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione binaria - operazioni

- A queste rappresentazioni si possono applicare le operazioni aritmetiche:

riporti

1 1

1 1 +

1 1 =

1 1 0

Un ripasso di aritmetica: Rappresentazione binaria - operazioni

- A queste rappresentazioni si possono applicare le operazioni aritmetiche:

riporti

1 1 1

1 1 1 +

1 1 =

1 0 1 0

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 10 alla base 2

- Dato un numero N rappresentato in base dieci, la sua rappresentazione in base due sarà del tipo:

$c_m c_{m-1} \dots c_1 c_0$ (le " c_i " sono cifre binarie)

- Come possiamo determinare queste cifre?
 - Si deve calcolare la divisione intera di N per 2: $N/2=N'$ con resto R'
 - R' è la cifra più a destra nella rappresentazione binaria di N , cioè $c_0 = R'$
 - Si divide $N'/2$ ottenendo $N'/2 = N''$ con resto R'' e si ha che $c_1 = R''$
 - Si ripete il procedimento fino a quando il risultato della divisione è uguale a 0

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 10 alla base 2

- Consideriamo ad esempio il numero 13_{10} e calcoliamo la sua rappresentazione in base due:

$13/2$	$=$	6	resto 1
$6/2$	$=$	3	resto 0
$3/2$	$=$	1	resto 1
$1/2$	$=$	0	resto 1

- Leggendo i resti dal basso verso l'alto, si ha che la rappresentazione binaria del numero 13_{10} è 1101_2

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 10 alla base 2

- Consideriamo ad esempio il numero 42_{10} e calcoliamo la sua rappresentazione in base due:

$42/2$	$=$	21	resto 0
$21/2$	$=$	10	resto 1
$10/2$	$=$	5	resto 0
$5/2$	$=$	2	resto 1
$2/2$	$=$	1	resto 0
$1/2$	$=$	0	resto 1

- Leggendo i resti dal basso verso l'alto, si ha che la rappresentazione binaria del numero 42_{10} è 101010_2

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 10 alla base 2

- Consideriamo ad esempio il numero 345_{10} e calcoliamo la sua rappresentazione in base due:

$345/2$	$=$	172	resto 1
$172/2$	$=$	86	resto 0
$86/2$	$=$	43	resto 0
$43/2$	$=$	21	resto 1
$21/2$	$=$	10	resto 1
$10/2$	$=$	5	resto 0
$5/2$	$=$	2	resto 1
$2/2$	$=$	1	resto 0
$1/2$	$=$	0	resto 1

- Leggendo i resti dal basso verso l'alto, si ha che la rappresentazione binaria del numero 345_{10} è 101011001_2

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 10 alla base 16

- Dato un numero N rappresentato in base dieci, la sua rappresentazione in base sedici sarà del tipo:

$$c_m c_{m-1} \dots c_1 c_0 \text{ (le "c}_i\text{" sono cifre esadecimale)}$$

- Come possiamo determinare queste cifre?
 - Si deve calcolare la divisione intera di N per 16: $N/16=N'$ con resto R'
 - R' è la cifra più a destra nella rappresentazione esadecimale di N , cioè $c_0 = R'$
 - Si divide $N'/16$ ottenendo $N'/16 = N''$ con resto R'' e si ha che $c_1 = R''$
 - Si ripete il procedimento fino a quando il risultato della divisione è uguale a 0

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 10 alla base 16

- Consideriamo ad esempio il numero 345_{10} e calcoliamo la sua rappresentazione in base sedici:

$$\begin{array}{rcl} 345/16 & = & 21 \quad \text{resto } 9 \\ 21/16 & = & 1 \quad \text{resto } 5 \\ 1/16 & = & 0 \quad \text{resto } 1 \end{array}$$

- Leggendo i resti dal basso verso l'alto, si ha che la rappresentazione esadecimale del numero 345_{10} è 159_{16}

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 2 alla base 10

- Sia $c_m c_{m-1} \dots c_1 c_0$ un numero rappresentato in base 2, per trovare la rappresentazione decimale di questo numero dobbiamo considerare le potenze successive della base 2

$$c_0 \times 2^0 + c_1 \times 2^1 + \dots + c_{m-1} \times 2^{m-1} + c_m \times 2^m = N$$

- Esempio: 101011001_2

$$\begin{aligned} 1 \times 2^0 + 0 \times 2^1 + 0 \times 2^2 + 1 \times 2^3 + 1 \times 2^4 + 0 \times 2^5 + 1 \times 2^6 + 0 \times 2^7 + \\ 1 \times 2^8 = 1 + 8 + 16 + 64 + 256 = 345 \end{aligned}$$

Un ripasso di aritmetica: Conversione dalla base 16 alla base 10

- Sia $c_m c_{m-1} \dots c_1 c_0$ un numero rappresentato in base 16, per trovare la rappresentazione decimale di questo numero dobbiamo considerare le potenze successive della base 16

$$c_0 \times 16^0 + c_1 \times 16^1 + \dots + c_{m-1} \times 16^{m-1} + c_m \times 16^m = N$$

- Esempio: 159_{16}

$$9 \times 16^0 + 5 \times 16^1 + 1 \times 16^2 = 9 + 80 + 256 = 345$$

Rappresentazione digitale dei numeri

- FINE DEL RIPASSO DI ARITMETICA!!!!**
- Come si ottiene la rappresentazione usando bit?
 - si calcola la rappresentazione in base 2 del numero
 - si associa ad ogni cifra binaria della rappresentazione in base 2 un bit
 - se la cifra binaria vale 0 si associa un bit che vale 0
 - se la cifra binaria vale 1 si associa un bit che vale 1

Rappresentazione digitale dei numeri

- Dato che i numeri si possono anche inserire in un calcolatore digitando i **caratteri** della tastiera che rappresentano le cifre che lo compongono allora bisogna trasformare questa sequenza di caratteri nell'equivalente numero.
- Ad esempio:
ASCII: 37 00110011 00110111 (2 byte)
 3 7
BINARIA: 37 00100101 (1 byte)
- NOTA BENE: non vuol dire che il codice ASCII serve a codificare i numeri!!!!!!

Rappresentazione digitale dei numeri

- A questo fine non è possibile usare direttamente le codifiche ASCII:
Esempio: Numero ASCII
 3 + 00110011
 2 = 00110010

 e 01100101
- Esistono dei programmi di conversione che trasformano i numeri da una codifica all'altra

Rappresentazione di numeri negativi e dei numeri reali

- In realtà, una semplice codifica binaria come quella discussa fino ad ora non è sufficiente, per due motivi:
 - numeri negativi
 - numeri con la virgola
- Per questi numeri vengono utilizzate delle rappresentazioni differenti

La codifica delle immagini

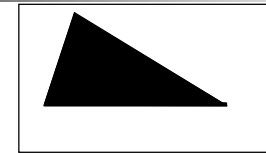
Lettere e numeri non costituiscono le uniche informazioni utilizzate dagli elaboratori ma si stanno diffondendo sempre di più applicazioni che utilizzano ed elaborano anche altri tipi di informazione: **diagrammi, immagini, suoni, filmati**. Spesso in questi casi si parla di applicazioni di tipo

MULTIMEDIALE

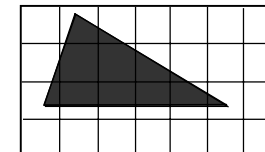
La codifica delle immagini

- Vediamo dapprima il caso delle immagini
- Esistono numerose tecniche che vengono utilizzate per la memorizzazione digitale e l'elaborazione di un'immagine
- Consideriamo un'immagine in bianco e nero, senza ombreggiature o livelli di chiaroscuro

La codifica delle immagini



Suddividiamo l'immagine mediante una griglia formata da righe orizzontali e verticali a distanza costante

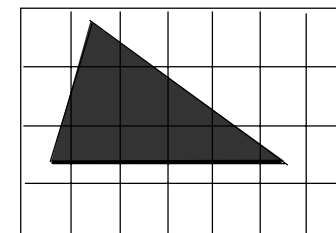


La codifica delle immagini

- Ogni quadratino derivante da tale suddivisione prende il nome di **pixel** (**picture element**) e può essere codificato in binario secondo la seguente convenzione:
 - Il simbolo "0" viene utilizzato per la codifica di un pixel corrispondente ad un quadratino bianco (in cui il bianco è predominante)
 - Il simbolo "1" viene utilizzato per la codifica di un pixel corrispondente ad un quadratino nero (in cui il nero è predominante)

La codifica delle immagini

- Poiché una sequenza di bit è lineare, è necessario definire delle convenzioni per ordinare la griglia dei pixel in una sequenza. Assumiamo che i pixel siano ordinati dal basso verso l'alto e da sinistra verso destra



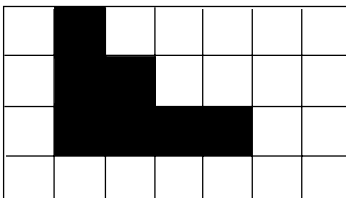
0 ₂₂	1 ₂₃	0 ₂₄	0 ₂₅	0 ₂₆	0 ₂₇	0 ₂₈
0 ₁₅	1 ₁₆	1 ₁₇	0 ₁₈	0 ₁₉	0 ₂₀	0 ₂₁
0 ₈	1 ₉	1 ₁₀	1 ₁₁	1 ₁₂	0 ₁₃	0 ₁₄
0 ₁	0 ₂	0 ₃	0 ₄	0 ₅	0 ₆	0 ₇

Con questa convenzione la rappresentazione della figura sarà data dalla sequenza di bit

0000000011110001100000100000

La codifica delle immagini

- Non sempre il contorno della figura coincide con le linee della griglia. Quella che si ottiene nella codifica è un'approssimazione della figura originaria
- Se riconvertiamo la stringa **0000000011110001100000100000** in immagine otteniamo

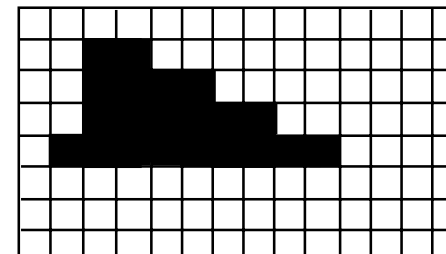


LA DIGITALIZZAZIONE COMPORTA PERDITA DI QUALITÀ

Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

La codifica delle immagini

- La rappresentazione sarà più fedele all'aumentare del numero di pixel, ossia al diminuire delle dimensioni dei quadratini della griglia in cui è suddivisa l'immagine



AUMENTIAMO LA QUALITÀ AUMENTANDO LA GRANULARITÀ DELL'IMMAGINE

Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

La codifica delle immagini

- Assegnando un bit ad ogni pixel è possibile codificare solo immagini senza livelli di chiaroscuro
- Le immagini in bianco e nero hanno delle sfumature (diversi livelli di intensità di grigio)
- Per codificare le immagini con diversi livelli di grigio si usa la stessa tecnica: per ogni pixel si stabilisce il livello medio di grigio cui viene assegnata convenzionalmente una rappresentazione binaria
- Per memorizzare un pixel non è più sufficiente un solo bit. Ad esempio, se utilizziamo quattro bit possiamo rappresentare $2^4=16$ livelli di grigio, mentre con otto bit ne possiamo distinguere $2^8=256$, ecc.

Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

La codifica delle immagini

- Analogamente possiamo codificare le immagini a colori. In questo caso si tratta di individuare un certo numero di sfumature, gradazioni di colore differenti e di codificare ognuna mediante un'opportuna sequenza di bit
- Qualsiasi colore può essere rappresentato dalla composizione del rosso, del verde e del blu.
- Quindi, invece che rappresentare alcune sfumature di tanti colori diversi, possiamo rappresentare molte sfumature dei tre colori primari: dalla combinazione di essi otteniamo tanti altri colori.


Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

La codifica delle immagini

- Codifica **RGB** (*Red, Green, Blu* - Rosso, Verde, Blu ovvero i tre colori primari).
- Ogni pixel viene rappresentato con una combinazione dei tre colori
- Per ogni colore primario si usa un certo numero di bit per rappresentarne la gradazione (la "quantità")
- Ad esempio, utilizzando 8 bit per colore primario, otteniamo 256 diverse gradazioni, ovvero $256 \times 256 \times 256 = 16777216$ colori diversi. In questo caso un pixel richiede tre byte di informazione

La codifica delle immagini

Le sequenze di bit relative ad ogni colore primario si possono interpretare come la rappresentazione di una quantità (la gradazione, la sfumatura) quindi si possono esprimere in base decimale:

Ad esempio, se il colore di un pixel fosse  sarebbe espresso con la seguente sequenza di bit: **100010111101001011011000** allora potremmo, più comodamente, scrivere **139 210 216**.

Avendo 8 bit a disposizione per rappresentare la gradazione di un colore fondamentale, tutti e tre i numeri sono compresi tra 0 e 255

Spesso, per comodità di scrittura, tale codifica è espressa in base esadecimale. In questo modo, lo stesso colore dell'esempio sarebbe espresso nel modo seguente: **8B D2 D8** ($8B_{16} = 139_{10}$, e così via...).

100010111101001011011000 equivale a **139 210 216** ed a **8B D2 D8**

La codifica delle immagini

- La rappresentazione di un'immagine mediante la codifica dei pixel, viene chiamata codifica **bitmap** o **raster**
- La **risoluzione** dell'immagine è il numero di pixel che la costituiscono, espressi in termini di *larghezza x altezza*. Ovviamente, aumentando il numero di pixel a disposizione, migliora la qualità dell'immagine.
- La **profondità** dell'immagine è invece il numero di bit che servono per rappresentare un singolo pixel dell'immagine.
- Il numero di bit richiesti per memorizzare un'immagine dipende dalla risoluzione e dalla profondità

$\text{numero di bit per immagine} = \text{risoluzione} \times \text{profondità}$

La codifica delle immagini

- Per distinguere 16777216 colori sono necessari 24 bit per la codifica di ciascun pixel: la codifica di un'immagine formata da 640X480 pixel richiederà 7.372.800 bit (921.600 byte)
- Esistono delle tecniche di compressione delle informazioni che consentono di ridurre drasticamente lo spazio occupato dalle immagini
- **codifiche di compressione:** le più famose sono la *CompuServe Graphic Interface (GIF)* e la *Joint Photographic Experts Group (JPEG)*. I file che usano tali codifiche riportano rispettivamente le estensioni .gif e .jpg (o anche .jpeg)

La codifica delle immagini

- Tali formati (detti anche **codec**: *compression/decompression*), usano un sistema per comprimere l'informazione prima di memorizzarla e per decomprimerla prima di visualizzarla.
- entrambi i formati tendono ad eliminare i pixel ripetitivi,
- Entrambe le soluzioni sono *compressioni con perdita* di informazione. Tale perdita non può essere recuperata in alcun modo. La codifica JPEG consente di manipolare tale fattore di compressione.

La codifica delle immagini

- Un'immagine può occupare molto spazio anche se non tutti i 16777216 colori sono CONTEMPORANEAMENTE usati
- Si può usare un sottoinsieme dei colori
- Si considera una tavolozza (**palette**) di colori (codificati con il sistema RGB) da codificare
- Ad esempio, sono comuni palette a 256 colori, ovvero, con profondità dell'immagine a 8 bit
- La palette viene memorizzata insieme al resto dei dati dell'immagine
- Nell'esempio precedente, sarebbero necessari 8 bit per la codifica di ciascun pixel: la codifica richiederebbe 2457600 bit (307200 byte) per l'immagine più 256*3=768 byte per la palette.

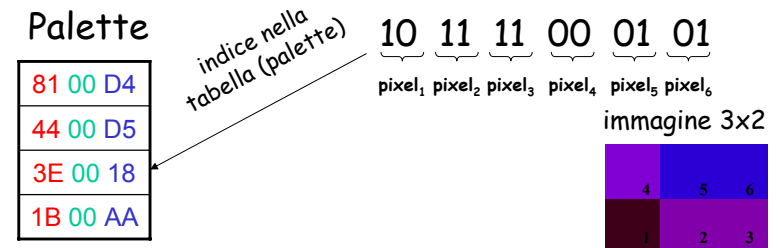
La codifica delle immagini



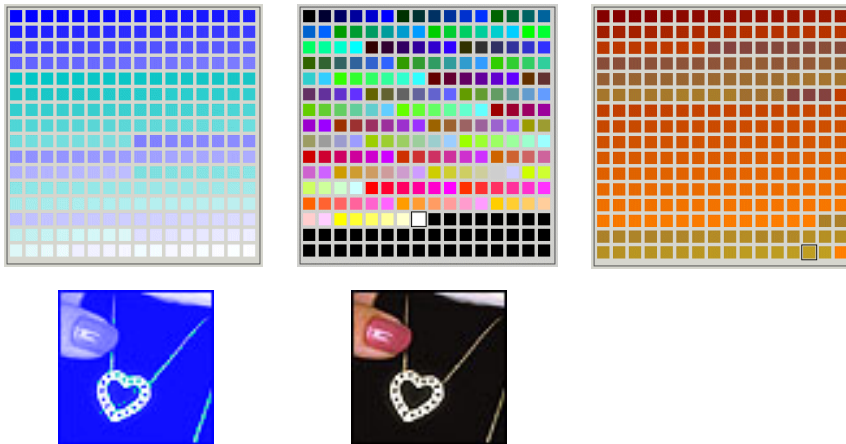
Rappresentazione RGB:
24x6=**144 bit**



La codifica delle immagini



La codifica delle immagini



La codifica delle immagini

- Quando abbiamo bisogno di colori che non sono presenti in questa tavolozza?
- possiamo sostituire il colore mancante con quello più simile presente nella palette,

oppure

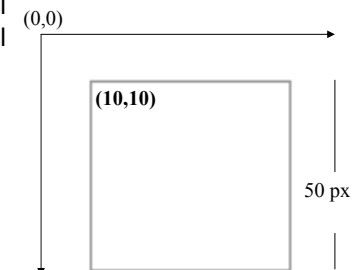
- cambiare palette. In questo modo, cambia l'associazione tra sequenze di bit e colori.
- Di conseguenza, quando si usa un programma di elaborazione dell'immagine (es. paint shop pro, photoshop, etc.), bisogna specificare quale palette si sta usando.

La codifica delle immagini

- **Grafica vettoriale:** descrizione di elementi geometrici primitivi, i quali vengono specificati individualmente. Non si descrivono i pixel singolarmente.
- si definiscono le curve e tutti gli elementi geometrici che compongono l'immagine memorizzando solo le loro coordinate
- un programma che gestisce immagini in grafica vettoriale dovrà prima leggere le coordinate e riprodurre pixel per pixel le curve
- formato testuale (si crea e modifica con un editor di testi)
- meno occupazione di memoria + elaborazione per la riproduzione

La codifica dell'immagine

- individuare un punto di riferimento (che può essere il vertice in alto a sinistra del quadrato)
- lunghezza del lato
- origine degli assi cartesiani



Rectangle(10,10, 50, 50)

La codifica delle immagini

- **Osservazione:** è chiaro che in un file in formato vettoriale bisognerebbe memorizzare opportunamente anche la risoluzione dell'immagine, lo spessore in pixel delle linee, i colori delle linee e dei riempimenti delle figure, etc. Un approfondimento della codifica vettoriale in tal senso è al di fuori degli scopi di questo corso.

La codifica delle immagini: formato SVG

- SVG (Scalable Vector Graphics) è un linguaggio di grafica vettoriale bidimensionale

```
<svg width="140" height="170">
<title>Cat</title>
<desc>Stick Figure of a Cat</desc>

<circle cx="70" cy="95" r="50" style="stroke: black; fill: none;"/>
<circle cx="55" cy="80" r="5" style="stroke: black; fill: #339933"/>
<circle cx="85" cy="80" r="5" style="stroke: black; fill: #339933"/>
<g id="whiskers">
  <line x1="75" y1="95" x2="135" y2="85" style="stroke: black;"/>
  <line x1="75" y1="95" x2="135" y2="105" style="stroke: black;"/>
</g>
<use xlink:href="#whiskers" transform="scale(-1 1) translate(-140 0)"/>
<!-- ears -->
<polyline points="108 62, 90 10, 70 45, 50 10, 32 62"
  style="stroke: black; fill: none;"/>
<!-- mouth -->
<polyline points="35 110, 45 120, 95 120, 105 110"
  style="stroke: black; fill: none;"/>
<!-- nose -->
<path d="M 75 90 L 65 90 A 5 10 0 0 0 75 90"
  style="stroke: black; fill: #ffeccc"/>
<text x="60" y="165" style="font-family: sans-serif; font-size: 14pt;
  stroke: none; fill: black;">Cat</text>
</svg>
```



La codifica delle immagini

- Immagini complesse od irregolari: codifica *raster* o *bitmap*
 - Codifiche standard: **GIF**, **JPEG**, **BMP**
- Immagini regolari: codifica *vettoriale*
 - Codifiche standard (proprietarie): **CGM**, **DWG**, **DXF**
 - **Macromedia FLASH**
- Codifiche *ibride (raster/vettoriale)*:
 - Codifiche standard (proprietarie): **Postscript**, **PDF** (Portable Document Format)

La codifica dei suoni

- I suoni costituiscono un tipo di informazione con cui siamo costantemente a contatto (linguaggio parlato, musica, rumori)
- Anche i suoni possono essere rappresentati in forma digitale
- Dal punto di vista fisico un suono è un'alterazione della pressione dell'aria (rispetto alla pressione atmosferica che viene usata come riferimento) che, quando rilevata, ad esempio dall'orecchio umano, viene trasformata in un particolare stimolo elettrico e, tramite complicati processi cognitivi, interpretata.
- La durata, l'intensità e la frequenza della variazione nel tempo della pressione dell'aria sono le quantità fisiche che rendono un suono diverso da ogni altro

La codifica del suono

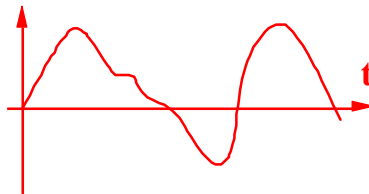
- L'intensità di un suono descrive l'ampiezza delle variazioni dell'onda sonora e fornisce una misura dell'energia trasportata dall'onda sonora
- Si misura in decibel (dB)
- L'altezza di un suono è il parametro legato alla sensazione di gravità/acutezza che si percepisce di un suono.
- Dipende dalle frequenze di variazione delle onde elementari che compongono l'onda sonora
- Le frequenze si misurano in Hertz (Hz)

La codifica dei suoni - intensità

Suono	dB	Reazione
Massimo rumore prodotto in laboratorio	210	Suono insopportabile
Lancio di un missile (a 50 m)	200	
Rottura del timpano	160	
Suono al limite del dolore	120	Dolore fisico
Complesso rock in locale chiuso	110	
Martello pneumatico (a 3 m)	90	
Traffico cittadino diurno	70-80	
Conversazione (a 1 m)	50	

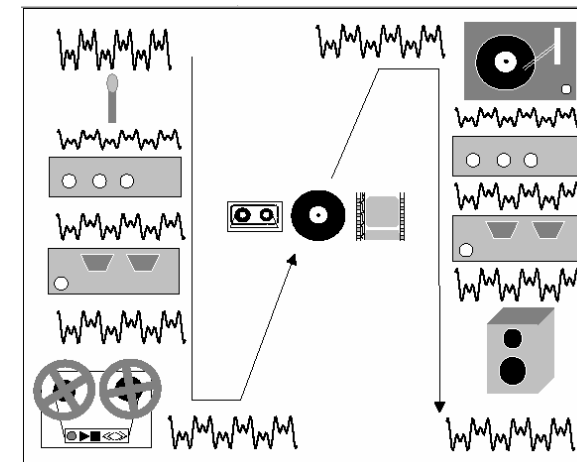
La codifica dei suoni

- Fisicamente un suono è rappresentato come un'onda (onda sonora) che descrive la variazione della pressione dell'aria nel tempo



Sull'asse delle ascisse viene rappresentato il tempo e sull'asse delle ordinate viene rappresentata la variazione di pressione corrispondente al suono stesso

La codifica del suono



La codifica dei suoni

- il tracciato dei solchi del vinile e l'intensità del campo magnetico sul nastro seguono l'andamento della curva dell'ampiezza, dopo che questa è stata convertita in un segnale elettrico
- La rappresentazione precedente viene detta **analogica**, in quanto descrive esattamente l'analogo della quantità fisica in esame, e fornisce una descrizione *continua* dell'onda sonora
- Le rappresentazioni di tipo analogico non sono adatte al mondo dell'informatica, data l'impossibilità di poter trattare con informazioni di tipo continuo
- È necessario trovare un modo di per rappresentare in forma **digitale (numerica)** un'onda sonora

La codifica dei suoni

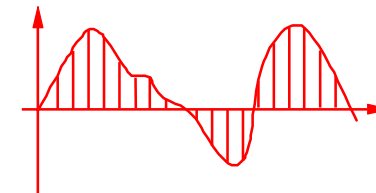
- Una rappresentazione *digitale* assegna dei numeri che rappresentano di volta in volta il valore dell'ampiezza in istanti successivi di tempo.
- La successione di numeri rappresenta l'andamento della curva di ampiezza.
- fornisce una descrizione *discreta* dell'onda sonora
- La rappresentazione in formato digitale del suono deve:
 - garantire una riproduzione fedele del suono originale
 - consentire un'elaborazione ulteriore del suono

La codifica dei suoni

- Le fasi fondamentali per la digitalizzazione:
 - campionamento
 - quantizzazione di un campione
 - codifica

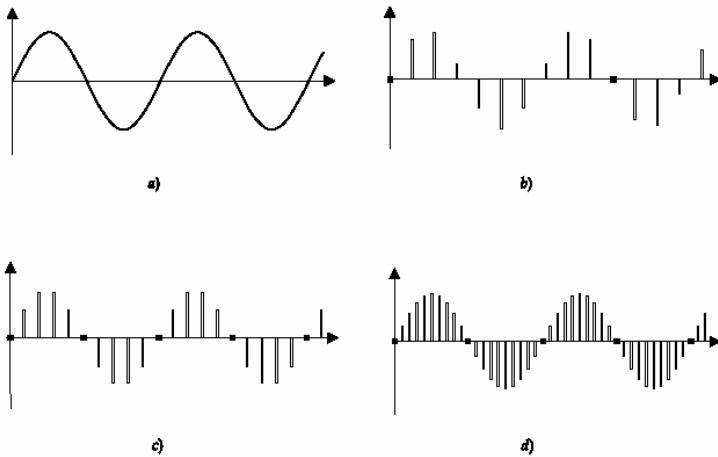
La codifica dei suoni

- Si effettuano dei **campionamenti** sull'onda sonora (cioè si misura il valore dell'ampiezza dell'onda a intervalli costanti di tempo) e si codificano in forma digitale le informazioni estratte da tali campionamenti



- Quanto più frequentemente il valore di intensità dell'onda viene campionato, tanto più precisa sarà la sua rappresentazione

La codifica del suono



Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

72

La codifica del suono

- Riducendo l'intervallo di tempo tra due campionamenti aumenta l'accuratezza della descrizione del segnale
- Una migliore qualità della descrizione del segnale corrisponde a una maggiore quantità di informazione, cioè a un maggior numero di campioni nell'unità di tempo;
- un maggior numero di campioni richiede un maggiore spazio in memoria e una superiore velocità di trasferimento dati.
- Esiste una frequenza minima per ottenere descrizioni accurate?

Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

73

La codifica del suono

- Il tasso di campionamento deve essere quindi almeno il doppio della frequenza massima presente nel segnale in ingresso. Questo tasso di campionamento è detto *tasso di Nyquist*.
- **Esempio:** 4kHz (frequenza massima della voce umana) impongono una frequenza minima di campionamento di 8000 campioni al secondo
- **Esempio:** poiché la percezione dell'uomo arriva a segnali di circa 20.000 Hz (20kHz), è sufficiente che il tasso di campionamento sia fissato a oltre 40.000 campioni al secondo. Il tasso di campionamento dei compact disc è di 44.100 campioni/sec, ed è quindi sufficiente a rappresentare correttamente il segnale audio di partenza

Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

74

La codifica dei suoni

- Ogni campione è una misura del valore di tensione elettrica in uscita da un microfono
- Supponiamo che vari tra un valore minimo ed un massimo, ad esempio, -5Volt/+5Volt
- La gamma delle ampiezze possibili viene divisa in intervalli o *regioni*: ogni campione ha un'ampiezza che cade in una delle regioni. Ad esempio, se l'ampiezza varia tra -5 e +5 volt, la gamma totale delle ampiezze è di 10 volt; se la codifica digitale divide la gamma delle ampiezze in 16 regioni, ogni regione sarà ampia 0,625 volt ($0,625 = 10/16$).

Istituzioni di Informatica -- Rossano Gaeta

75

La codifica del suono

- Il numero di regioni in cui è suddivisa la gamma delle ampiezze dipende dai bit a disposizione per la codifica.
- Valori tipici per la lunghezza di una parola binaria nell'audio sono 8 o 16 bit, per un numero di valori differenti di 256 (2^8) e 65.536 (2^{16}), rispettivamente
- Aumentando il numero di bit si aumenta la qualità (granularità) della descrizione del segnale
- Come associamo una configurazione di bit ad una regione della gamma di ampiezze?
- Ci sono diversi modi: quantizzazione lineare, non lineare, con virgola mobile, etc

La codifica del suono

Quantizzazione lineare di un segnale che va da -5 a +5 volt in una codifica digitale a 1 bit (2 valori)

Valori di tensione	Codifica binaria
-5/ 0	0
0/ 5	1

La codifica del suono

Quantizzazione lineare di un segnale che va da -5 a +5 volt in una codifica digitale a 2 bit (4 valori)

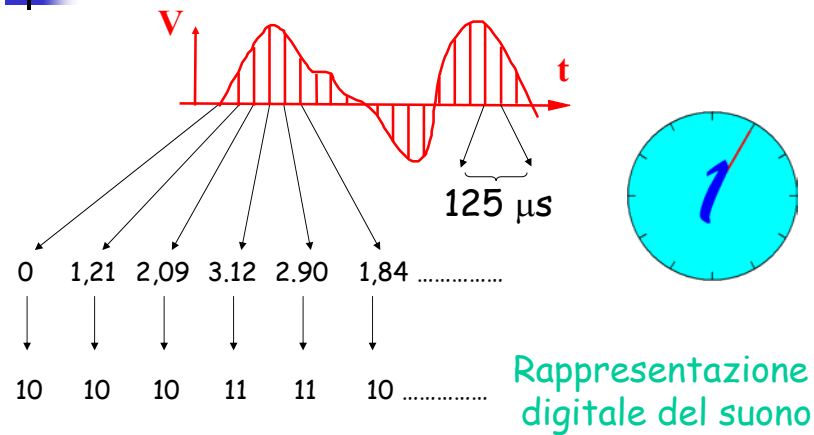
Valori di tensione	Codifica binaria
-5/ -2,5	00
-2,5/ 0	01
0/ 2,5	10
2,5/ 5	11

La codifica del suono

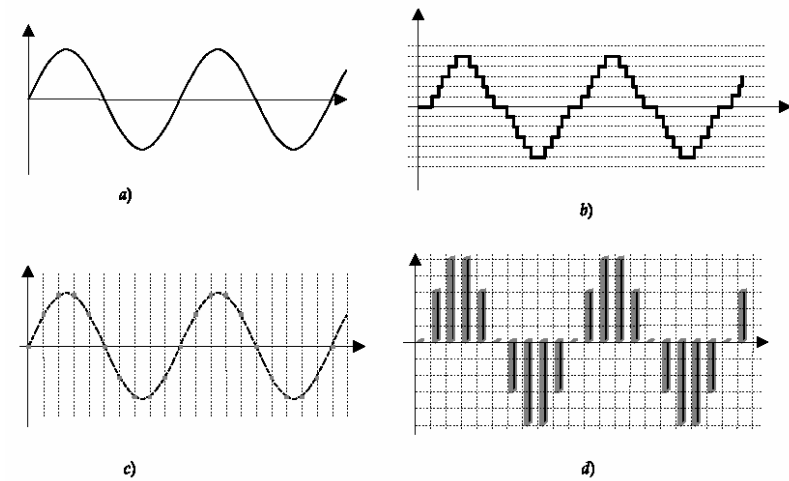
Quantizzazione lineare di un segnale che va da -5 a +5 volt in una codifica digitale a 8 bit (256 valori)

Valori di tensione	Codifica binaria
-5/ -4,961	0000 0000
-4,961/ -4,922	0000 0001
-4,922/ -4,883	0000 0010
-4,883/ -4,844	0000 0011
-4,844/ -4,805	0000 0100
...	...
...	...
4,805/4,844	1111 1011
4,844/4,883	1111 1100
4,883/4,922	1111 1101
4,922/4,961	1111 1110
4,961/5	1111 1111

La codifica del suono



La codifica del suono



La codifica dei suoni: la voce

- Se volessimo codificare la voce umana dovremmo:
 - Campionare il segnale vocale ogni 125 milionesimi di secondo (producendo 8000 campioni al secondo) per segnale con frequenze inferiori a 4kHz (frequenze della voce umana)
 - Per ogni campione (che è un numero) si usano 8 bit
 - Per cui, il numero di bit che sarebbero necessari per codificare ogni secondo è pari a

$$8000 \text{ campioni} \times 8 \text{ bit/campione} = 64000 \text{ bit}$$

La codifica dei suoni: la musica su CD

- Se volessimo codificare la musica di qualità CD dovremmo:
 - Usare due registrazioni corrispondenti a due microfoni distinti
 - Campionare il segnale musicale producendo 44100 campioni al secondo
 - Per ogni campione (che è un numero) si usano 16 bit
 - Per cui, il numero di bit che sarebbero necessari per codificare ogni secondo è pari a

$$2 \times 44100 \text{ campioni} \times 16 \text{ bit/campione} = 1411200 \text{ bit}$$

La codifica dei suoni

- Codifiche standard:
 - formato WAV (MS-Windows),
 - formati AU e AIFF (rispettivamente SUN ed Apple)
 - formato RA (Real Networks)
 - MIDI
 - MP3
- MIDI:
 - codifica le note e gli strumenti che devono eseguirle
 - solo musica, non voce
 - richiede un sintetizzatore o "campioni" per la riproduzione (non utilizzabile "direttamente")
 - molto efficiente
- MP3:
 - MPEG-3: compressione, variante MPEG per suoni
 - Grande diffusione
 - molto efficiente

Le fasi classiche

- **Pre-produzione:** story-board, sceneggiatura, ricerca del cast e delle location, etc.
- **Produzione:** creazione del set, lavoro con gli attori, riprese, etc.
- **Post-Produzione:** effetti speciali sul filmato, montaggio, distribuzione, etc.

Video Digitale

- Le tre fasi oggi sono più confuse:
 - Possibile inserire personaggi reali e/o virtuali in un secondo tempo;
 - In post-produzione si possono aggiungere scene non girate e punti di vista alternativi;
 - Set Virtuali;
 - Etc.

Video Digitale

- **Riprese:**
 - Analogiche
 - Digitali
- **Cattura:** processo di digitalizzazione del girato
- **Montaggio:** tramite software + hardware apposito (Avid, Premiere, etc.);
- **Effetti Speciali:** Maya, After Effect, etc.
- **Esportazione:** final cut su pellicola, betacam, vhs, DV, DVD

Codifica di filmati video

- Generalizzazione delle immagini
- filmato = sequenza di immagini statiche (dette fotogrammi o *frame*)
- **Codifica differenziale**
 - Inefficiente codificare completamente ogni frame
 - Alcuni frame si codificano interamente, altri solo nelle parti che differiscono da quelli adiacenti
 - minimo 16 frame/s per non percepire i singoli fotogrammi
 - Es: (codifica non differenziale)
 - 3 minuti di video, frame 200x100,
 - 16 bit/pixel
 - 24 frame/s
 - $(24 \times 180) (200 \times 100 \times 16) \sim 172 \text{ MB}$

Codifica di filmati video

- Poniamo di avere una serie di immagini che riproducono un movimento
- Queste immagini da sole non bastano per visualizzare un filmato sul nostro PC. Dobbiamo infatti sapere dire alla macchina:
 - dove stanno queste immagini,
 - di che tipo si tratta,
 - la velocità con cui devono essere visualizzate
 - in che ordine,
 - come gestire il contributo audio
- Per questo motivo si definisce il **formato** di una clip, ovvero una sorta di contenitore, riconoscibile dal PC, in cui sono racchiuse, oltre alle immagini, anche le informazioni sopra indicate.

Formati video

- **MPEG - MPG** (Moving Picture Experts Group):
 - Standard molto efficiente ma complesso
- **QuickTime - MOV**:
 - Proposto da Apple
 - Meno efficiente ma più semplice
- **Indeo - AVI** (Audio Video Interleaved) :
 - Proposto da Intel, usato da MicroSoft
 - Più inefficiente

Codifica di filmati video

- Quanto occupa un frame a colori di circa 800x600 pixel? Visualizzare 25 frame al secondo? Memorizzare sul disco rigido?
- il **codec** (Compressore DECompressore o meglio CODificatore DECodificatore), ovvero il software che comprime le immagini (spesso in maniera lossy, ovvero con perdite di informazione) per consentire una gestione agile e una riproduzione corretta della clip.
- un codec riesce ad effettuare una notevole diminuzione dello spazio occupato dalle immagini riducendo al minimo la perdita di qualità.

<http://www.appuntisuldigitalvideo.it>