

Informazione binaria:
– caratteri e testi –
– suoni, immagini, sequenze video –

Percorso di Preparazione agli Studi di Ingegneria

Università degli Studi di Brescia

Docente: Massimiliano Giacomini

Tipologie di codici

Nel seguito vedremo tipologie di rappresentazioni diverse:

- Senza assumere limitazioni sul numero di bit a disposizione:
per numeri [notazione binaria, ovvero posizionale con base 2]
- Disponendo di un numero di bit limitato:
 - numeri naturali
 - interi relativi [valore assoluto e segno, complemento a due]
 - “reali” [virgola fissa e virgola mobile]
 - valori logici, **caratteri alfabetici, testi**
 - suoni, immagini e sequenze video
 - codici per la rilevazione e correzione di errori
- Codici di compressione (senza | con perdita)

CODIFICA BINARIA DI CARATTERI

Quanti oggetti dobbiamo rappresentare?

- 10 cifre
 - 26 lettere minuscole + 26 lettere maiuscole = 52
 - ~30 segni di interpunzione
 - ~30 caratteri di controllo (LF, CR, EOF, ...)
- } ~ 120

➡ $k = \lceil \log_2 120 \rceil = 7$: 7 bit sono sufficienti

CODIFICA BINARIA DI CARATTERI

Quanti oggetti dobbiamo rappresentare?

- 10 cifre
 - 26 lettere minuscole + 26 lettere maiuscole = 52
 - ~30 segni di interpunzione
 - ~30 caratteri di controllo (LF, CR, EOF, ...)
- } ~ 120

➡ $k = \lceil \log_2 120 \rceil = 7$: 7 bit sono sufficienti

- Codice **ASCII**: utilizza **7 bit** \Rightarrow al massimo **128 caratteri**
- Codice **ASCII esteso**: utilizza **8 bit** \Rightarrow 256 caratteri
- Codice **UNICODE**: utilizza **16 bit** \Rightarrow 65536 caratteri
(anche quelli delle lingue orientali... ma non tutti!)
- I caratteri utili sono circa 200 000! ...e aumentano!
 \Rightarrow Estensione a 21 bit del codice UNICODE

ASCII Table

Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char	Dec	Hx	Oct	Char
0	0	000	NUL (null)	32	20	040	SPACE	64	40	100	@	96	60	140	`
1	1	001	SOH (start of heading)	33	21	041	!	65	41	101	A	97	61	141	a
2	2	002	STX (start of text)	34	22	042	"	66	42	102	B	98	62	142	b
3	3	003	ETX (end of text)	35	23	043	#	67	43	103	C	99	63	143	c
4	4	004	EOT (end of transmission)	36	24	044	\$	68	44	104	D	100	64	144	d
5	5	005	ENQ (enquiry)	37	25	045	%	69	45	105	E	101	65	145	e
6	6	006	ACK (acknowledge)	38	26	046	&	70	46	106	F	102	66	146	f
7	7	007	BEL (bell)	39	27	047	'	71	47	107	G	103	67	147	g
8	8	010	BS (backspace)	40	28	050	(	72	48	110	H	104	68	150	h
9	9	011	TAB (horizontal tab)	41	29	051	)	73	49	111	I	105	69	151	i
10	A	012	LF (NL line feed, new line)	42	2A	052	*	74	4A	112	J	106	6A	152	j
11	B	013	VT (vertical tab)	43	2B	053	+	75	4B	113	K	107	6B	153	k
12	C	014	FF (NP form feed, new page)	44	2C	054	,	76	4C	114	L	108	6C	154	l
13	D	015	CR (carriage return)	45	2D	055	-	77	4D	115	M	109	6D	155	m
14	E	016	SO (shift out)	46	2E	056	.	78	4E	116	N	110	6E	156	n
15	F	017	SI (shift in)	47	2F	057	/	79	4F	117	O	111	6F	157	o
16	10	020	DLE (data link escape)	48	30	060	0	80	50	120	P	112	70	160	p
17	11	021	DC1 (device control 1)	49	31	061	1	81	51	121	Q	113	71	161	q
18	12	022	DC2 (device control 2)	50	32	062	2	82	52	122	R	114	72	162	r
19	13	023	DC3 (device control 3)	51	33	063	3	83	53	123	S	115	73	163	s
20	14	024	DC4 (device control 4)	52	34	064	4	84	54	124	T	116	74	164	t
21	15	025	NAK (negative acknowledge)	53	35	065	5	85	55	125	U	117	75	165	u
22	16	026	SYN (synchronous idle)	54	36	066	6	86	56	126	V	118	76	166	v
23	17	027	ETB (end of trans. block)	55	37	067	7	87	57	127	W	119	77	167	w
24	18	030	CAN (cancel)	56	38	070	8	88	58	130	X	120	78	170	x
25	19	031	EM (end of medium)	57	39	071	9	89	59	131	Y	121	79	171	y
26	1A	032	SUB (substitute)	58	3A	072	:	90	5A	132	Z	122	7A	172	z
27	1B	033	ESC (escape)	59	3B	073	;	91	5B	133	[	123	7B	173	{
28	1C	034	FS (file separator)	60	3C	074	<	92	5C	134	\	124	7C	174	|
29	1D	035	GS (group separator)	61	3D	075	=	93	5D	135	]	125	7D	175	}
30	1E	036	RS (record separator)	62	3E	076	>	94	5E	136	^	126	7E	176	~
31	1F	037	US (unit separator)	63	3F	077	?	95	5F	137	_	127	7F	177	DEL

CODIFICA BINARIA DI TESTI

Cosa dobbiamo rappresentare?

- Caratteri che compongono il testo
- Caratteristiche di formattazione:
 - stile di scrittura (**grassetto**, *corsivo*, sottolineato,...)
 - dimensione del carattere
 - tipo o “font” (times new roman, **arial**, *courier*,...) del carattere
 - l’ampiezza dei margini della pagina
 - ...

 Esistono diversi codici (comunemente chiamati *formati*) capaci di rappresentare un insieme più o meno ampio di caratteristiche

CODIFICA BINARIA DI TESTI

Cosa dobbiamo rappresentare?

- Caratteri che compongono il testo
- Caratteristiche di formattazione:
 - stile di scrittura (**grassetto**, *corsivo*, sottolineato,...)
 - dimensione del carattere
 - tipo o “font” (times new roman, **arial**, courier,...) del carattere
 - l’ampiezza dei margini della pagina
 - ...

➔ Esistono diversi codici (comunemente chiamati *formati*) capaci di rappresentare un insieme più o meno ampio di caratteristiche

-*Testo semplice* (text o txt): corrisponde a una sequenza di caratteri ASCII senza caratteristiche di formattazione

-*Testo arricchito* (rich text format o rtf): in grado di rappresentare un ristretto insieme di formattazioni (stile, dimensione e colore dei caratteri)

-*Testo Word* (document o doc): rappresenta insieme ampio di formattazioni

Formati dei documenti per stampa e visualizzazione

- Formati standardizzati che sono orientati alla produzione di documenti destinati a *stampa* e *visualizzazione*:
 - Documenti in formato **PDF** (*Portable Document Format*, formato di documento portabile)
 - Documenti in formato **PS** (*Postscript*) - l'applicazione **GSview** (Ghostview) legge il formato postscript
- Non limitati alla rappresentazione di testo ma possono includere anche immagini e disegni

Tipologie di codici

Nel seguito vedremo tipologie di rappresentazioni diverse:

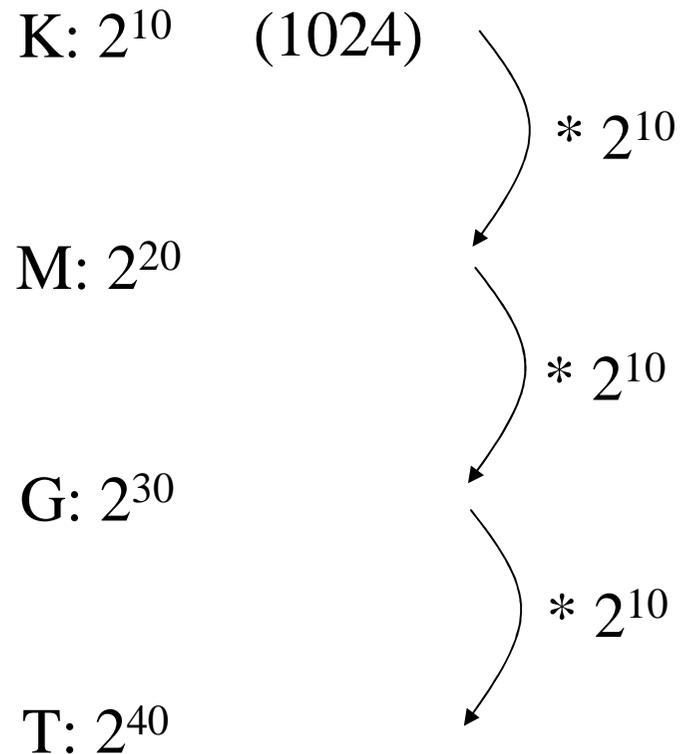
- Senza assumere limitazioni sul numero di bit a disposizione:
per numeri [notazione binaria, ovvero posizionale con base 2]
- Disponendo di un numero di bit limitato:
 - numeri naturali
 - interi relativi [valore assoluto e segno, complemento a due]
 - “reali” [virgola fissa e virgola mobile]
 - valori logici, caratteri alfabetici, testi
 - suoni, immagini e sequenze video
 - codici per la rilevazione e correzione di errori
- Codici di compressione (senza | con perdita)

Prima di procedere oltre...

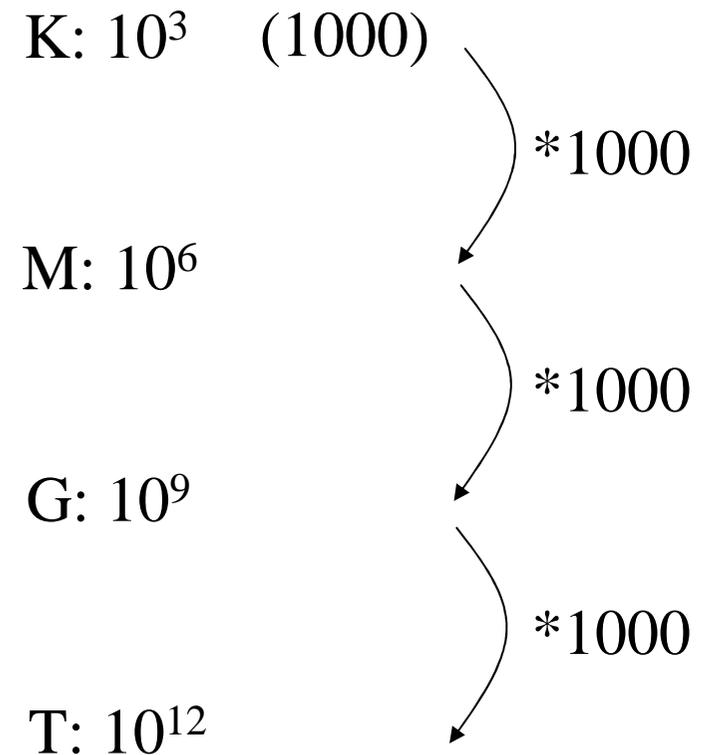
Bit, Byte, KiloByte, MegaByte,...

- Bit = '0' oppure '1'
- Byte = 8 bit = 2^3
- KiloByte (KB) = 2^{10} byte = 1.024 byte
- MegaByte (MB) = 2^{20} byte = 1.048.576 byte
- GigaByte (GB) = 2^{30} byte = 1.073.741.824 byte
- TeraByte (TB) = 2^{40} byte = ...
- PetaByte (PB) = 2^{50} byte = ...
- ExaByte (EB) = 2^{60} byte = ...

Il mondo dell'informatica: prefissi



Il mondo della fisica: prefissi



Rappresentazione di informazioni multimediali: concetti generali

- Con appositi metodi e codifiche si possono rappresentare informazioni complesse con sequenze di bit:
 - Suoni
 - Immagini
 - Filmati
- I problemi collegati alla gestione della rappresentazione, memorizzazione, trasmissione e elaborazione di queste informazioni sono:
 - occupazione elevata di memoria: per questo si utilizzano tecniche di compressione dei dati che consentono di ridurre la richiesta di memoria
 - la richiesta di elevate capacità di elaborazione (es: calcoli necessari per riprodurre un video codificato in divx)

La digitalizzazione

rappresentazione anche approssimata
tramite sequenze di bit

- Voce



- Suoni



- Immagini

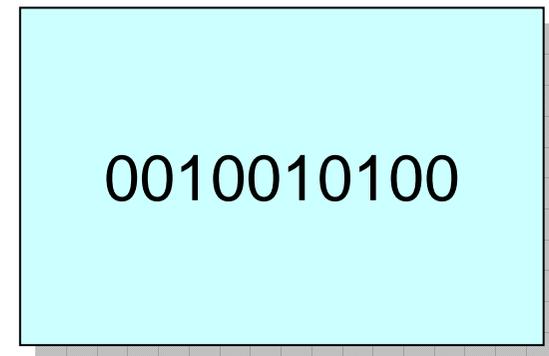


- Filmati



Informazione
"continua"

Codifica digitale



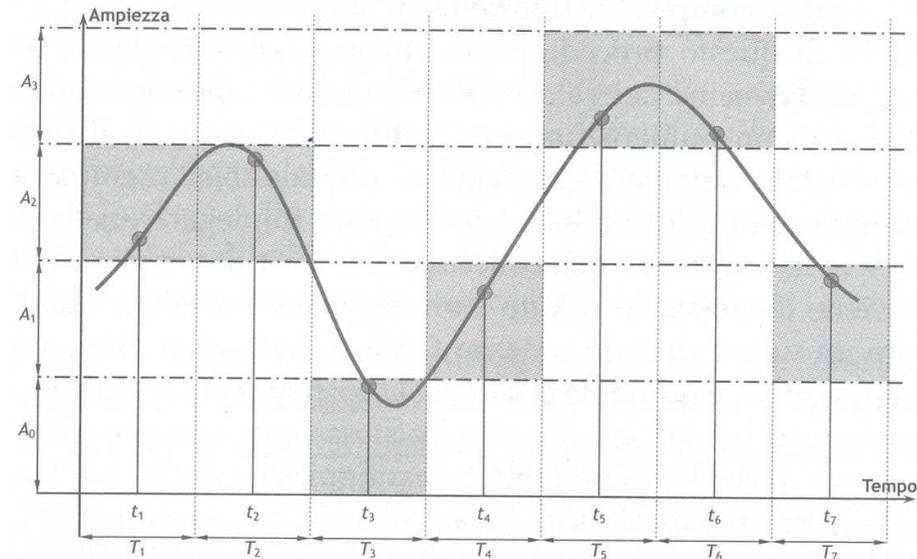
Nel calcolatore

Note al lucido precedente

- Problema: codificare in modo digitale una grandezza fisica (es. volume di un suono) i cui valori variano in un intervallo continuo e possono essere infiniti.
- Soluzione: processo di *digitalizzazione*, o *conversione analogico-digitale*. Comprende due attività:
 - *Quantizzazione*: discretizzazione dei valori attraverso approssimazione con uno dei valori compresi fra quelli previsti nella codifica
 - *Campionamento*: se la grandezza inoltre varia anche nel tempo (es. un suono) o nello spazio (es. colore di un'immagine) occorre selezionare un insieme finito di valori, ad intervalli (nel tempo o nello spazio) costanti

CODIFICA DI SUONI

- ... in maniera digitale attraverso *campionamento* (nel tempo) e *quantizzazione* (in ampiezza)
- **Frequenza di campionamento:** numero di campioni acquisiti nell'unità di tempo (es. numero di campioni al secondo, misurato in Hertz) - Es. frequenza di 5 Hz significa acquisizione di 5 campioni al secondo
- Il **numero di bit** necessari per codificare ogni valore è il parametro che qualifica la quantizzazione - Es. con 8 bit posso codificare 256 valori diversi



Per ciascun intervallo di tempo viene scelto l'istante di campionamento t_i in cui viene rilevato il valore della grandezza

La quantizzazione è su 4 livelli, quindi il risultato del campionamento è $A_2 A_2 A_0 A_1 A_3 A_3 A_1$

La successione (codifica digitale) potrebbe essere
10 10 00 01 11 11 01

Rappresentazione dei suoni nei CD audio

- Segnali audio: onde analogiche

→ campionamento + quantizzazione → valori digitali



Frequenza di campionamento $f_c = 44.1$ kHz (44.100 campioni) per i 2 canali
(frequenze udibili dall'orecchio umano fino a circa 22 kHz)



16 bit/campione (2 byte per campione) → 65536 livelli di quantizzazione
(65536 valori diversi per campione)

- Dimensione richieste

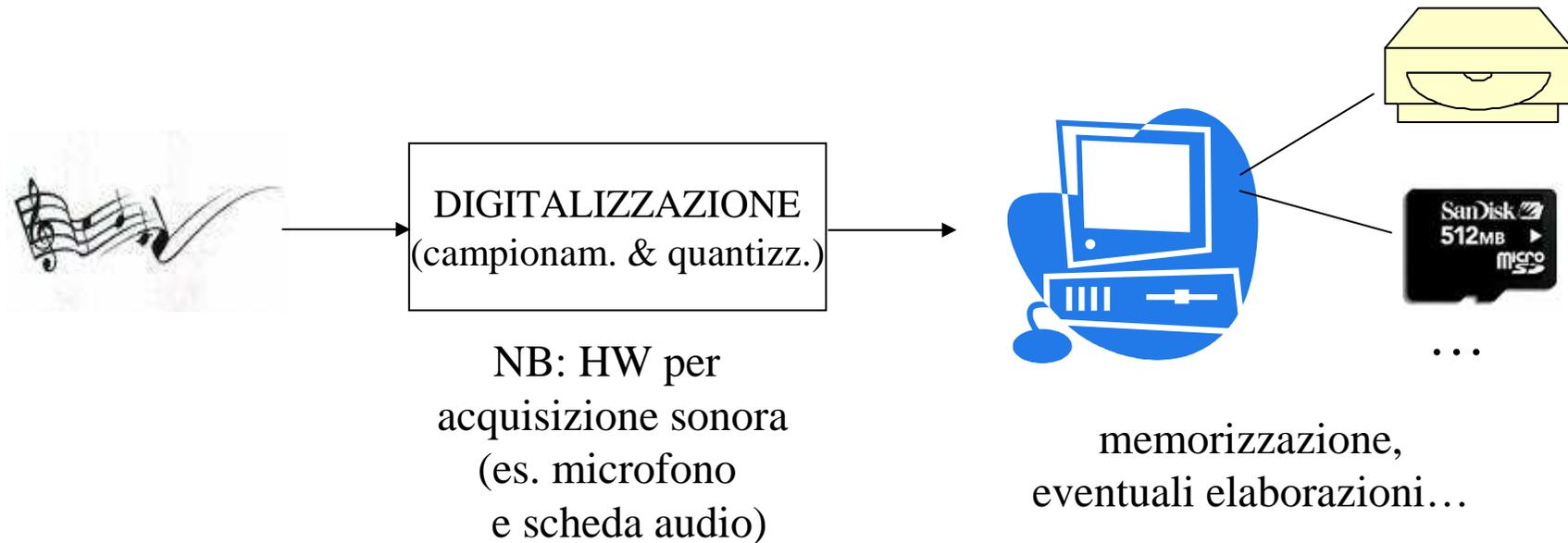
$$N_{\text{bit}} = F(\text{durata}, f_c, \text{bit/campione})$$

➡ Nello standard CDDA (CD Digital Audio)

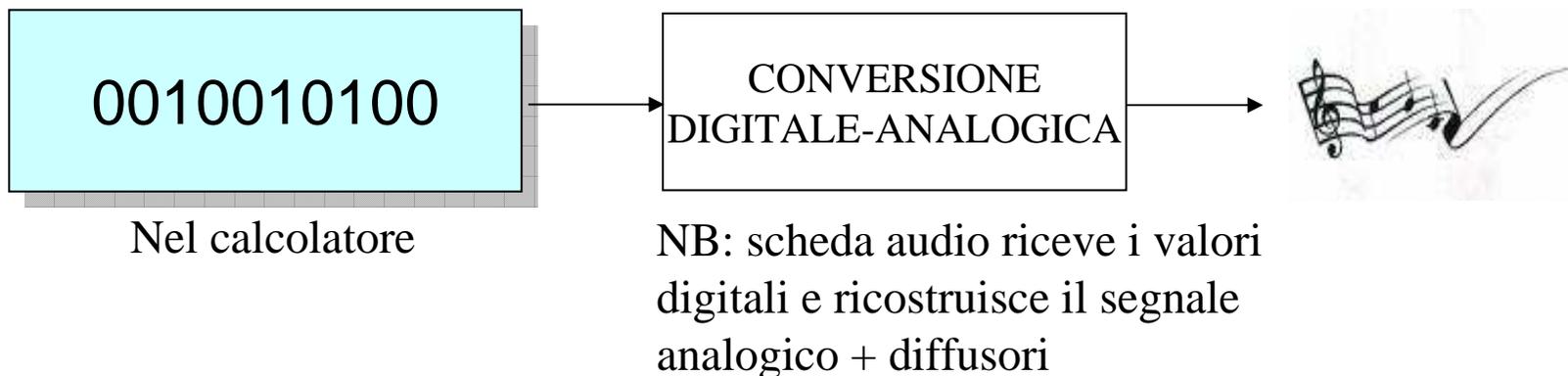
70 minuti di registrazione richiedono:

$$70 \times 60 \times 44.100 \times 2 \times 2 \text{ byte} \approx 750 \text{ MByte}$$

Dal mondo reale (analogico) al calcolatore (digitale)



Dal calcolatore (digitale) al mondo reale (analogico)



Alcuni formati audio

- **WAVE**: **.wav**, dimensioni elevate (corrisponde a quanto visto nei lucidi precedenti: ~1MB per minuto)
- **MP3** (MPEG-1 Layer 3): grande diffusione su Internet. Utilizza tecniche di compressione per ridurre le dimensioni (vedi poi).
MPEG nasce da un gruppo di lavoro di standardizzazione
- **MIDI** (*Musical Instrument Digital Interface*): **.mid**, i file memorizzano non suoni ma **comandi** (es. le note musicali di un particolare strumento) che vengono inviati ai dispositivi MIDI per riprodurre i suoni, occupano molto meno spazio dei **.wav**.

Es: tastiera musicale + calcolatore permettono di suonare un brano su tastiera che viene automaticamente trascritto in notazione musicale in un file midi che può poi essere anche modificato

CODIFICA DI IMMAGINI

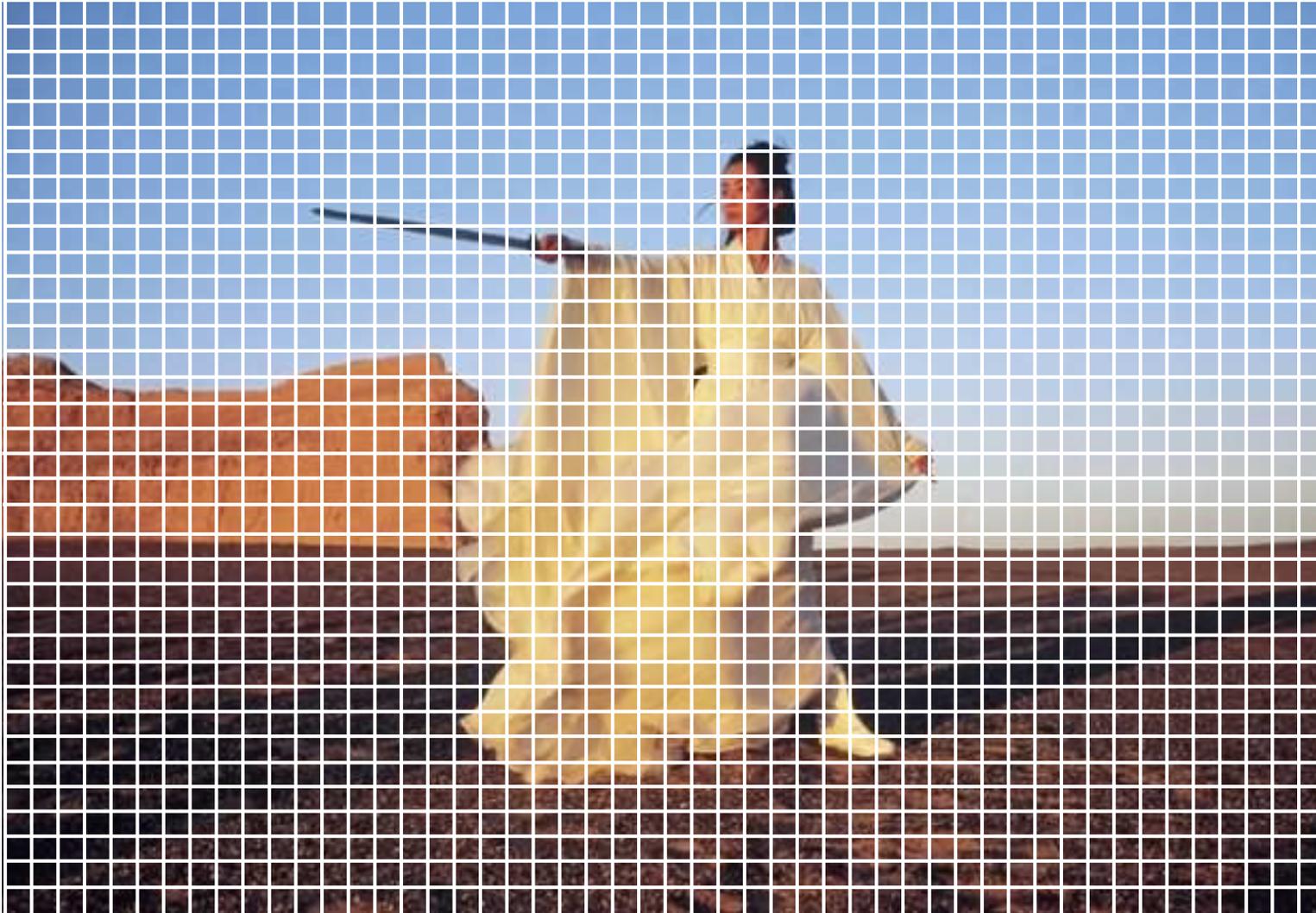
- **Campionamento:**
 - nel caso delle immagini è una discretizzazione nello spazio: si divide l'immagine in quadrati, per ognuno dei quali si preleva un campione che si considera rappresentativo di tutto il quadrato
 - Questi quadrati sono trattati come elementi di base dell'immagine digitale: sono chiamati *pixel*
 - Quanti più pixel vengono considerati per unità di superficie tanto più precisa sarà la riproduzione dell'immagine (*risoluzione*)
- **Quantizzazione:** codifica del colore associato a ogni pixel:
 - Immagini in bianco e nero: 1 bit per pixel (b/n)
 - Immagine a scala di grigi: es. un byte per pixel (256 livelli di grigio)
 - Immagine a colori: es. con modello RGB (colore ottenuto per sovrapposizione di Rosso Verde e Blu) 3 byte per pixel, uno per ogni colore primario

Campionamento e quantizzazione: esempio

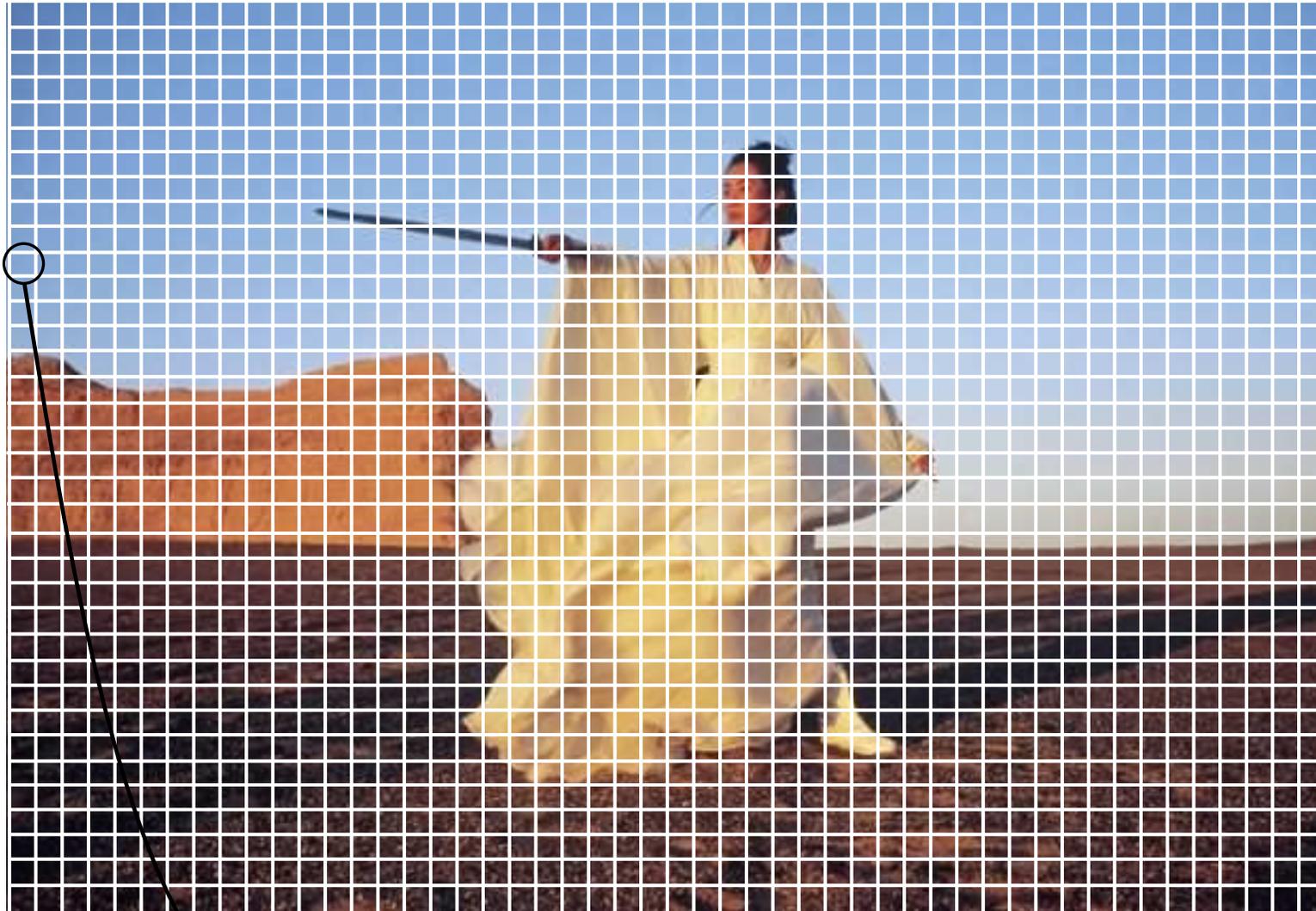


Maggie Cheung dal film “Hero” di Zhang Yimou (2002)

Campionamento



Quantizzazione



Per ogni pixel un certo numero di byte
es. 3 byte (colori) o 1 byte (b/n)

Codifica bitmap (raster) di immagini

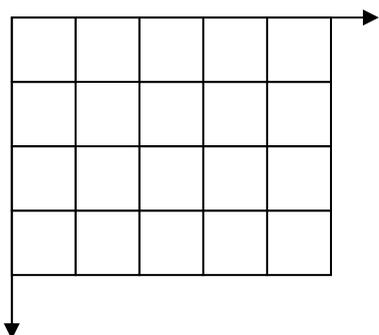
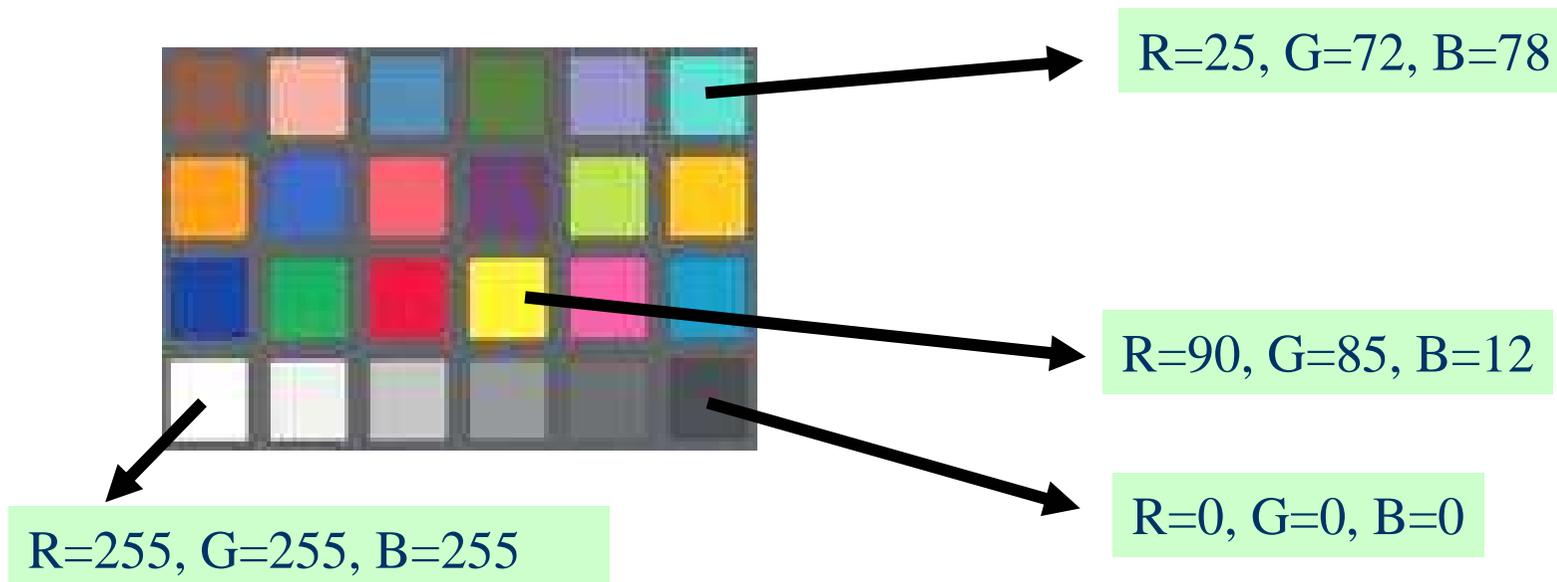


immagine *bitmap* (o *raster*):
matrice di *pixel*

- L'immagine è rappresentata direttamente come matrice di pixel
- **Risoluzione**: numero di pixel orizzontali X verticali
- Ad ogni pixel è riservato un certo numero di bit:
 - 1 bit (per pixel) → **2** informazioni diverse (b/n)
 - 4 bit (per pixel) → **16** colori o livelli di grigio
 - 8 bit (per pixel) → **256** colori o livelli di grigio
 - 16 bit (per pixel) → **64K** colori ($2^{16} = 2^{10} \times 2^6$)
 - 24 bit (per pixel) → **16M** = 2^{24} colori
(più di 16 milioni di colori)

Immagini bitmap RGB

- L'informazione sul colore di ogni pixel occupa 3 byte, uno per ogni colore primario (rosso, verde, blu)
- La quantità di colore primario è data da un valore tra 0 e 255 (o equivalentemente è rappresentato da una sequenza di bit a partire da 00000000 fino a 11111111)



Problemi con immagini bitmap (o raster):

- ogni ingrandimento fa perdere qualità (l'immagine si “sgrana”):
vedi esempio nel prossimo lucido
 - per evitare questo problema: **codifica vettoriale** (vedi poi)
- occupano molta memoria. Possibili soluzioni:
 - uso di tavolozze (palette)
Es. immagine a 256 colori:
uso $256 \times 3 = 768$ byte per codificare la tavolozza
e solo un byte per pixel (seleziona uno dei 256 colori)
 - formati compressi (trattati in una lezione successiva)
 - codifica vettoriale

Immagini bitmap: esempio



Un'immagine RGB occupa:

3 byte x risoluzione verticale x risoluzione orizzontale

Esempio: un'immagine RGB con risoluzione 1024x768 pixel necessita di più di 2 MB

... e se la
ingrandisco si
sgrana...



Una soluzione: la tavolozza (palette)

- Spesso ogni immagine utilizza un numero limitato di colori (scelti comunque tra l'insieme ampio di tutti i colori rappresentabili!)

Esempio banale: immagine RGB che usa due soli colori (qualsiasi)

- Dimensioni senza palette: *numero pixel * 3byte*
- Idea: il formato memorizza i colori usati in un'area specifica (palette) e per ogni pixel si indica quale dei due colori usato!

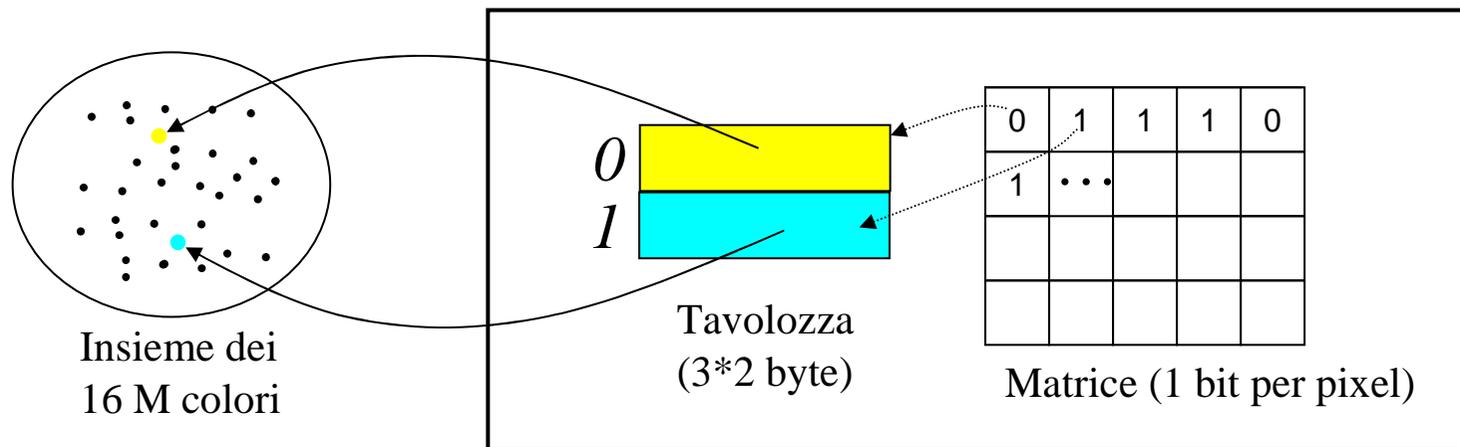


IMMAGINE CODIFICATA

Esercizio

Un'immagine di risoluzione $1024*768$ utilizza 256 colori RGB.

Quali dimensioni occupa la sua codifica se si utilizza una palette?

E se non la si utilizza?

Esercizio

Un'immagine di risoluzione 1024*768 utilizza 256 colori RGB.

Quali dimensioni occupa la sua codifica se si utilizza una palette?

E se non la si utilizza?

Senza utilizzare palette:

$$\begin{aligned} 1024 * 768 * 3 \text{ bytes} &= 2^{10} * 3 * 2^8 * 3 \text{ bytes} \\ &= 2,25 * 2^{20} \text{ bytes} = 2,25 \text{ MB} \end{aligned}$$

Con utilizzo di palette:

$$\begin{aligned} 256 * 3 &= 768 \text{ bytes per codificare la tavolozza} + \\ 1024 * 768 * 1 &\text{ bytes per la matrice} \\ \Rightarrow \text{circa } 1024 * 768 &= 0,75 \text{ MB} \end{aligned}$$

I formati di file bitmap

- **BMP**: formato standard non compresso per MS Windows, 24 bit per pixel, **.bmp**. Gestisce palette a 2, 16, 256 colori + true color
- **TIFF** (*Tagged Image File Format*): alta qualità (32 bit per pixel), 16 milioni di colori (24 bit) + ulteriori proprietà, dimensioni file molto grandi, **.tif**, adottato da scanner e macchine fotografiche

FORMATI COMPRESSI:

- **GIF** (*Graphic Interchange Format*): formato compresso, 8 bit per pixel (256 colori), **.gif**
- **JPEG** (*Joint Picture Experts Group*): 16 milioni di colori, formato compresso (più del gif), **.jpg**
- **JPEG 2000**: formato ancor più compresso, **.j2k** o **.jp2**

Codifica vettoriale di immagini

- Le immagini sono rappresentate tramite un insieme di elementi grafici (linee, rettangoli, ellissi, archi e curve)
- Memorizzazione come *coordinate numeriche* o *formule matematiche* che specificano forma e posizione: occupa poca memoria (es. un cerchio solo centro e raggio, un segmento le coordinate degli estremi)
- Necessaria *un'operazione di rendering (rasterizzazione)* che, a partire dalla descrizione matematica, produca l'immagine raster
- *Programmi di tipo draw* (programmi di grafica vettoriale): es. Corel Draw, programmi di CAD, programmi di grafica tridimensionale
- Vantaggi:
 - Controllo accurato di linee e colori
 - Ingrandimento, riduzione, rotazione senza perdita
 - Possibilità inserimento testo attorno agli oggetti
- Alcuni formati: **DXF, DWG, CDR, AI, WMF**

Immagini vettoriali: esempio



CODIFICA DI SEQUENZE VIDEO

- In teoria, una sequenza video è semplicemente una sequenza di fotogrammi (immagini):
 - campionamento nel tempo (successione di fotogrammi)
 - ciascun fotogramma rappresentato normalmente:
campionamento nello spazio e quantizzazione
 - In pratica, le dimensioni risulterebbero troppo elevate. Facendo un conto “a spanne”, se un’immagine occupa 1 MB con 25 fotogrammi al secondo:
 - 25 MB al secondo
 - 25 x 60 MB al minuto = circa 1,5 GB al minuto!
- ➡ Tecniche di compressione specifiche per le sequenze video