

Fondamenti di Informatica

Accademia di Belle Arti di Verona

Università degli Studi di Verona

A.A. 2016-2017

Docente - Vincenzo Giannotti

CAPITOLO 4 – CODIFICA DELL'INFORMAZIONE

I Codici Binari

Tra tutti gli argomenti che affronteremo questo è quello un po' più tecnico. Infatti ci viene chiesto di abbandonare per un attimo il nostro consueto modo di pensare i numeri per poterli rappresentare come vengono «visti» all'interno di una CPU.

Vedremo dunque come diversi elementi di informazione possono essere rappresentati all'interno di un computer affinché questi possa elaborarli.

Noi parleremo soprattutto di «numeri» e di come questi possano essere manipolati. I numeri infatti stanno alla base di tutte le tipologie di informazione che normalmente consideriamo siano elaborate dal nostro computer: immagini, testi, suoni etc..

Numeri sono anche le combinazioni di segnali che la CPU trasmette ai diversi apparati per «comandarli».

I Codici Binari

Il primo problema che ci poniamo è il seguente: come possiamo codificare un certo numero di oggetti, utilizzando i simboli che ha a disposizione il computer?

Ora, il problema di codificare degli oggetti non è certamente oscuro: tutti i giorni noi ci confrontiamo con l'esigenza di codificare dei concetti e degli oggetti, tanto che non ci facciamo nemmeno caso. A ben guardare però tutto viene codificato nella nostra società:

1. i beni di una società hanno un numero di inventario;
2. una scatola di tonno o di piselli ha un suo proprio codice a barre;
3. noi stessi siamo codificati attraverso il nostro codice fiscale
4. I nostri stessi pensieri sono codificati tramite il linguaggio

I Codici Binari

Ora però ci troviamo all'interno di un computer e quindi per poter codificare qualsiasi cosa dobbiamo utilizzare i simboli che abbiamo a disposizione e che sono, come abbiamo visto:

0 e 1

Dunque, per rappresentare un dato oggetto o una data istruzione dovremo utilizzare una opportuna sequenza di 0 e di 1 che ovviamente deve essere univoca per ciascun oggetto.

Se abbiamo due soli oggetti la questione è banale:

Alla mela il codice 0



e alla pera il codice 1



I Codici Binari

Ma se abbiamo un cesto di frutta?
Come debbono essere combinati tra loro i BIT per poter rappresentare tutta l'informazione di cui abbiamo bisogno?
Come con l'alfabeto, che ci mette a disposizione 21 caratteri con cui siamo stati capaci di scrivere tutta la nostra storia, così, allo stesso modo, pur con soli due BIT, noi possiamo fare altrettanto.

000 => 0



001 => 1



010 => 2



011 => 3



100 => 4



101 => 5



110 => 6



111 => 7



I Codici Binari

La prima cosa che vediamo è che con tre BIT siamo capaci di codificare otto diversi oggetti. Allora, la regola generale è che:

con «n» di BIT possiamo rappresentare 2^n oggetti.

BINARIO	DECIMALE	ESADECIMALE	SIMBOLO	NOTE
00000000	0	0	NUL	Non ha alcuna azione
00000001	1	1	SOH	Start Of Heading (primo carattere di un'intestazione di un messaggio)
00000010	2	2	STX	Start Of Text (chiude l'intestazione e precede il testo)
00000011	3	3	ETX	End Of Text (fine testo)
00000100	4	4	EOT	End Of Transmission (fine trasmissione)
00000101	5	5	ENQ	Enquiry (richiesta identificazione di una stazione)
00000110	6	6	ACK	Acknowledge (conferma, è inviato dal ricevitore)
00000111	7	7	BEL	Bell (segnale sonoro, beep)
00001000	8	8	BS	BackSpace (ritorna indietro di uno spazio)
00001001	9	9	HT	Horizontal Tabulation (tabulazione orizzontale)
00001010	10	0A	LF	Line Feed (avanzamento di una linea)
00001011	11	0B	VT	Vertical Tabulation (tabulazione verticale)
00001100	12	0C	FF	Form Feed (avanzamento di una pagina)
00001101	13	0D	CR	Carriage Return (ritorno carrello)
00001110	14	0E	SO	Shift Out (shift disinserito)
00001111	15	0F	SI	Shift In (shift inserito)
00010000	16	10	DLE	Data Link Escape (modifica del collegamento dati)
00010001	17	11	DC1	Device Control 1 (controllo periferica 1)
00010010	18	12	DC2	Device Control 2 (controllo periferica 2)
00010011	19	13	DC3	Device Control 3 (controllo periferica 3)
00010100	20	14	DC4	Device Control 4 (controllo periferica 4)
00010101	21	15	NAK	Negative Acknowledge (conferma negativa, è inviato dal ricevitore)
00010110	22	16	SYN	Synchronous Idle (mantiene il sincronismo tra i computer)
00010111	23	17	ETB	End of Transmission Block (fine della trasmissione di un blocco del messaggio)
00011000	24	18	CAN	Cancel (annullamento)
00011001	25	19	EM	End of Medium (fine supporto)

01100101	101	65	e	Lettera minuscola e
01100110	102	66	f	Lettera minuscola f
01100111	103	67	g	Lettera minuscola g
01101000	104	68	h	Lettera minuscola h
01101001	105	69	i	Lettera minuscola i
01101010	106	6A	j	Lettera minuscola j
01101011	107	6B	k	Lettera minuscola k
01101100	108	6C	l	Lettera minuscola l
01101101	109	6D	m	Lettera minuscola m
01101110	110	6E	n	Lettera minuscola n
01101111	111	6F	o	Lettera minuscola o
01110000	112	70	p	Lettera minuscola p
01110001	113	71	q	Lettera minuscola q
01110010	114	72	r	Lettera minuscola r
01110011	115	73	s	Lettera minuscola s
01110100	116	74	t	Lettera minuscola t
01110101	117	75	u	Lettera minuscola u
01110110	118	76	v	Lettera minuscola v
01110111	119	77	w	Lettera minuscola w
01111000	120	78	x	Lettera minuscola x
01111001	121	79	y	Lettera minuscola y
01111010	122	7A	z	Lettera minuscola z
01111011	123	7B	{	Parentesi graffa aperta
01111100	124	7C		Barra verticale
01111101	125	7D	}	Parentesi graffa chiusa
01111110	126	7E	~	Tilde
01111111	127	7F	DEL	Delete (cancellazione)

**Tabella dei
Caratteri ASCII**

I Codici Binari

Ora noi non siamo interessati all'applicazione di alcun criterio di associazione tra oggetti e sequenze di BIT, ma semplicemente vogliamo capire come trasformare una sequenza di BIT in un numero che siamo in grado di capire «al volo».

Prima di fare questo dobbiamo però fare una premessa su cosa sia un «Sistema di Numerazione».

Migliaia	Centinaia	Decine	Unita'
1000 = M	100 = C	10 = X	1 = I
2000 = MM	200 = CC	20 = XX	2 = II
3000 = MMM	300 = CCC	30 = XXX	3 = III
	400 = CD	40 = XL	4 = IV
	500 = D	50 = L	5 = V
	600 = DC	60 = LX	6 = VI
	700 = DCC	70 = LXX	7 = VII
	800 = DCCC	80 = LXXX	8 = VIII
	900 = CM	90 = XC	9 = IX



I Codici Binari – Sistemi di Numerazione

Un sistema di numerazione è costituito da:

1. Un insieme di «Simboli elementari» (le cifre);
2. Un insieme di «Regole» che definiscono come rappresentare un numero con le cifre a disposizione.

Sui numeri così definiti è possibile applicare un insieme di «Operazioni».

Nella nostra vita quotidiana noi siamo abituati ad utilizzare il «**Sistema Decimale**» e lo facciamo sostanzialmente perché da sempre, per far di conto, si sono utilizzate le dita, che sono dieci.

Il nostro attuale sistema di numerazione però non è l'unico possibile e un esempio alternativo molto noto è quello del sistema utilizzato nell'antica Roma.

I Codici Binari – Sistemi di Numerazione

I Romani avevano più difficoltà di noi a far di conto perché il loro sistema, che adottava dei simboli e non delle cifre per rappresentare i numeri, era di tipo «**non posizionale**».

Vediamo con un esempio:

- 9 => IX in questo caso la I cifra viene sottratta alla II cifra
- 11 => XI in questo caso la II cifra viene sommata alla I cifra

Quindi per sapere cosa fare (sommare o sottrarre) noi dobbiamo conoscere come sono disposte le cifre.

La complicazione di questo metodo di rappresentazione è dato dal fatto che alle cifre non viene attribuito un «peso» dato dalla loro posizione.

I Codici Binari – Sistemi di Numerazione

Invece, in un «**Sistema Posizionale**» ogni cifra ha un suo ben preciso peso. Per esempio, nel numero 324 il 3 rappresenta le centinaia, il 2 le decine e il 4 le unità.

Il sistema di numerazione in base 10 è stato introdotto in Europa dagli Arabi e ha determinato un drastico miglioramento delle capacità di fare di conto.

Le regole (l'algoritmo) di moltiplicazione dei numeri romani sono infatti molto più complicate di quelle dei numeri arabi.

I Codici Binari – Sistemi di Numerazione

Per capire esattamente cosa sia un sistema posizionale e come questo poi possa essere esteso anche ai codici binari, diamo queste semplici regole.

Un sistema posizionale è definito da:

- Un numero «b» detto «Base» : 10 nel caso del sistema decimale
- «b» cifre : 0,1,...9 nel caso del sistema decimale.

A ciascuna cifra viene dato un peso che dipende solo dalla sua posizione nella sequenza. Il «**valore**» di un qualsiasi numero è dato da, calcolando da destra verso sinistra:

cifra in posizione 1 => unità (10^0) + cifra in posizione 2 => decine (10^1) + cifra in posizione 3 => centinaia (10^2) + cifra in posizione 4 => migliaia (10^3) e così via...

$$324 \Rightarrow 3 * 10^2 + 2 * 10^1 + 4 * 10^0$$

I Codici Binari – Sistemi di Numerazione

A questo punto abbiamo gli strumenti per riportare questo stesso ragionamento alla «**base 2**» che sappiamo essere quella adottata dal computer, potendo contare questo su soli due simboli (cifre). Le regole infatti sono le stesse.

Allora, dato che le regole per calcolare il valore di un numero binario sono le stesse di quelle viste per i numeri decimali, è lecito chiedersi:

- Come possiamo convertire un numero rappresentato in «base 2» in uno rappresentato in «base 10»?
- Come possiamo viceversa convertire un numero rappresentato in «base 10» in uno rappresentato in «base 2»?

I Codici Binari – Conversione di base

Prendiamo per esempio il seguente numero in base dieci:

$$108_{10} = ???_2$$

Il procedimento è il seguente: si divide $108/2$ e si mette da parte il resto; si prende il risultato e si ripete la stessa operazione fino alla fine.

$$108/2 = 54 \quad \text{resto} = 0$$

$$54/2 = 27 \quad \text{resto} = 0$$

$$27/2 = 13 \quad \text{resto} = 1$$

$$13/2 = 6 \quad \text{resto} = 1$$

$$6/2 = 3 \quad \text{resto} = 0$$

$$3/2 = 1 \quad \text{resto} = 1$$

$$1/2 = 0 \quad \text{resto} = 1$$

$$108_{10} = 1101100_2$$

I Codici Binari – Conversione di base

Prendiamo ora lo stesso numero in base due e cerchiamo di fare il procedimento inverso:

$$\mathbf{1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0}_2 \Rightarrow ???_{10}$$

Associamo a ciascuna cifra il suo peso, ricordando però che ora lavoriamo in base due:

$$\begin{array}{ccccccc} \mathbf{1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0} & & & & & & \\ \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow & & & & & & \\ 2^6 & 2^5 & 2^4 & 2^3 & 2^2 & 2^1 & 2^0 \\ & & & & & & \\ \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow & & & & & & \\ 64 & 32 & 16 & 8 & 4 & 2 & 1 \\ \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow \downarrow & & & & & & \\ 64 & +32 & +0 & +8 & +4 & +0 & +0 = \mathbf{108}_{10} \end{array}$$

I Codici Binari – La notazione esadecimale

Considerando l'attività interna di un computer vediamo però che quasi mai i bit vengono utilizzati uno alla volta; normalmente, per comodità, si utilizzano stringhe di bit anche in funzione della capacità di trasporto dell'informazione.

Quando tra le specifiche del nostro computer leggiamo «sistema a 32 bit» o «sistema a 64 bit», significa che la capacità di trasporto (bus) e di elaborazione (processore) del nostro sistema è di 32 o di 64 bit alla volta.

È molto difficile però leggere e comprendere velocemente stringhe di bit molto lunghe del tipo 1011010100110001 ed è molto facile commettere degli errori.

Per questo si preferisce utilizzare la «notazione esadecimale».

I Codici Binari – La notazione esadecimale

SEQUENZA BIT	RAPPRESENTAZIONE ESADECIMALE
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9
1010	A
1011	B
1100	C
1101	D
1110	E
1111	F

Nella notazione esadecimale ad una cifra corrisponde una sequenza di 4 bit. Questo significa che una stringa come quella precedente:

1011010100110001

può essere rappresentata con 4 simboli esadecimali:

B531

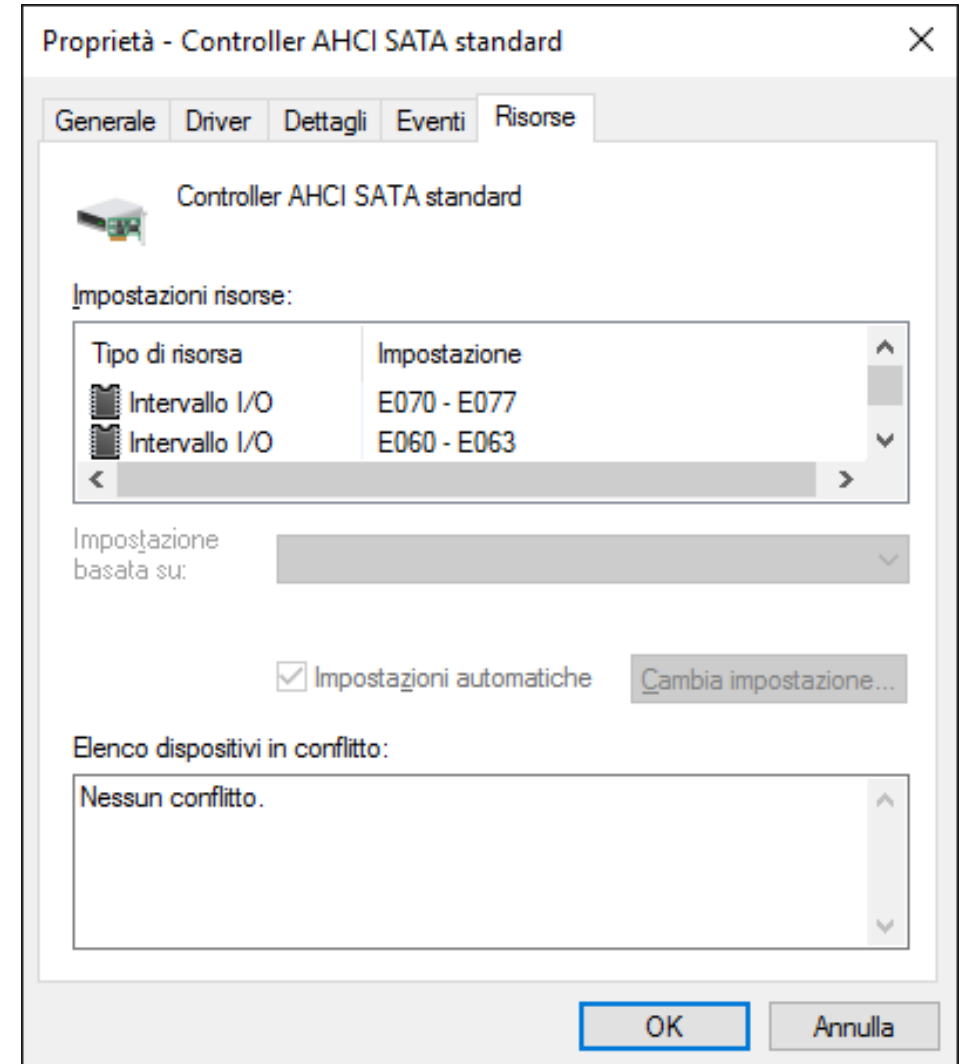
per ottenere questo risultato, la sequenza viene suddivisa in pacchetti di 4 bit e ciascun pacchetto viene convertito nella sua rappresentazione esadecimale, cioè in base 16.

1011 0101 0011 0001

B 5 3 1

I Codici Binari – La notazione esadecimale

Questa notazione viene utilizzata per rappresentare alcune informazioni di sistema del nostro computer, come per esempio quelle che riguardano le impostazioni dei dispositivi o dei registri.



La codifica di dati multimediali

Le informazioni multimediali (immagini, video, suoni) hanno per l'uomo un carattere «**analogico**».

Questo significa che tali informazioni possono essere rappresentate da grandezze continue che a loro volta possono essere rappresentate tramite numeri reali (quindi con precisione teoricamente infinita).

Quando si passa al mondo digitale una grandezza analogica può essere «campionata» così da ricavarne dei valori interi approssimati:

- Per esempio, di una immagine si può rilevare la composizione del colore in ogni mmq

I valori che rileviamo, possono essere convertiti in numeri binari ed essere trasferiti nella memoria di un computer.

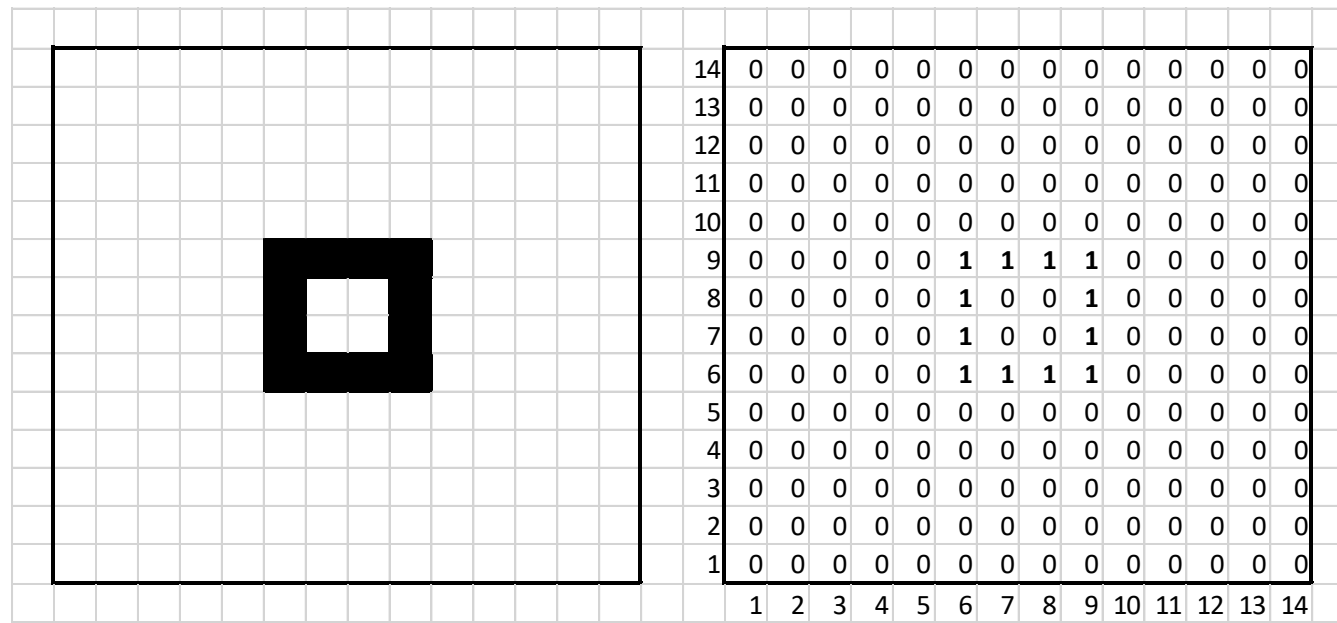


La codifica delle immagini

In una immagine in bianco e nero, senza gradazioni di grigio, ciascun elemento di immagine (picture element = **PIXEL**) è codificato:

- 0=> bianco predominante
- 1=> nero predominante

Per convenzione l'immagine viene ricomposta su una griglia ordinata dal basso verso l'alto e da sinistra verso destra.



La codifica delle immagini

- La qualità dell'immagine dipende dalla fittezza del campionamento e quindi dal numero di pixel di cui è composta: la «**risoluzione**».
- La dimensione è espressa in numero di pixel nella forma *righeXcolonne*.
- Se abbiamo la necessità di codificare diverse gradazioni di grigio, dobbiamo utilizzare più bit per ciascun pixel; per esempio, con 8 bit possiamo rappresentare $2^8=256$ livelli di grigio.
- Se invece vogliamo utilizzare l'informazione del «**colore**» dobbiamo tenere presente che questo è dato dalla composizione dei tre colori primari: Red, Green, Blue (RGB). Ciascun colore primario è a sua volta dato da una gradazione che il più delle volte viene espressa con 8 bit (0-255).
- Nel bianco abbiamo le tre componenti a zero; nel nero le tre componenti valgono tutte 255.
- Con questa tecnica sono complessivamente rappresentabili 16,8 milioni di colori.

La compressione delle immagini

- Abbiamo visto che un'immagine a colori è caratterizzata da tre Byte per ciascun pixel.
- Poiché una immagine di buona qualità, catturata per esempio con una reflex digitale, può tranquillamente essere composta da 10-20 milioni di Bit, capiamo subito che memorizzare anche una singola immagine può comportare lo spreco di notevoli risorse.
- Per ottimizzare lo spazio di memoria utilizzato possono essere adottati degli algoritmi di compressione:
 - Senza perdita di informazione
 - Con perdita di informazione

La compressione delle immagini

Algoritmi senza perdita di informazione (**Lossless**). Questi impiegano delle tecniche del tipo:

- Viene costruito una sorta di dizionario contenente gruppi di punti che si ripetono frequentemente, quindi l'immagine viene ricodificata utilizzando il dizionario. Per esempio, se abbiamo 345 pixel di colore A seguiti da 514 di colore B e da 18 di colore C, possiamo codificare quella parte di immagine con **345A514B18C**.
- Alcuni noti formati lossless sono il **PNG, TIFF, GIF** (quest'ultimo per immagini fino a 256 colori).

La compressione delle immagini

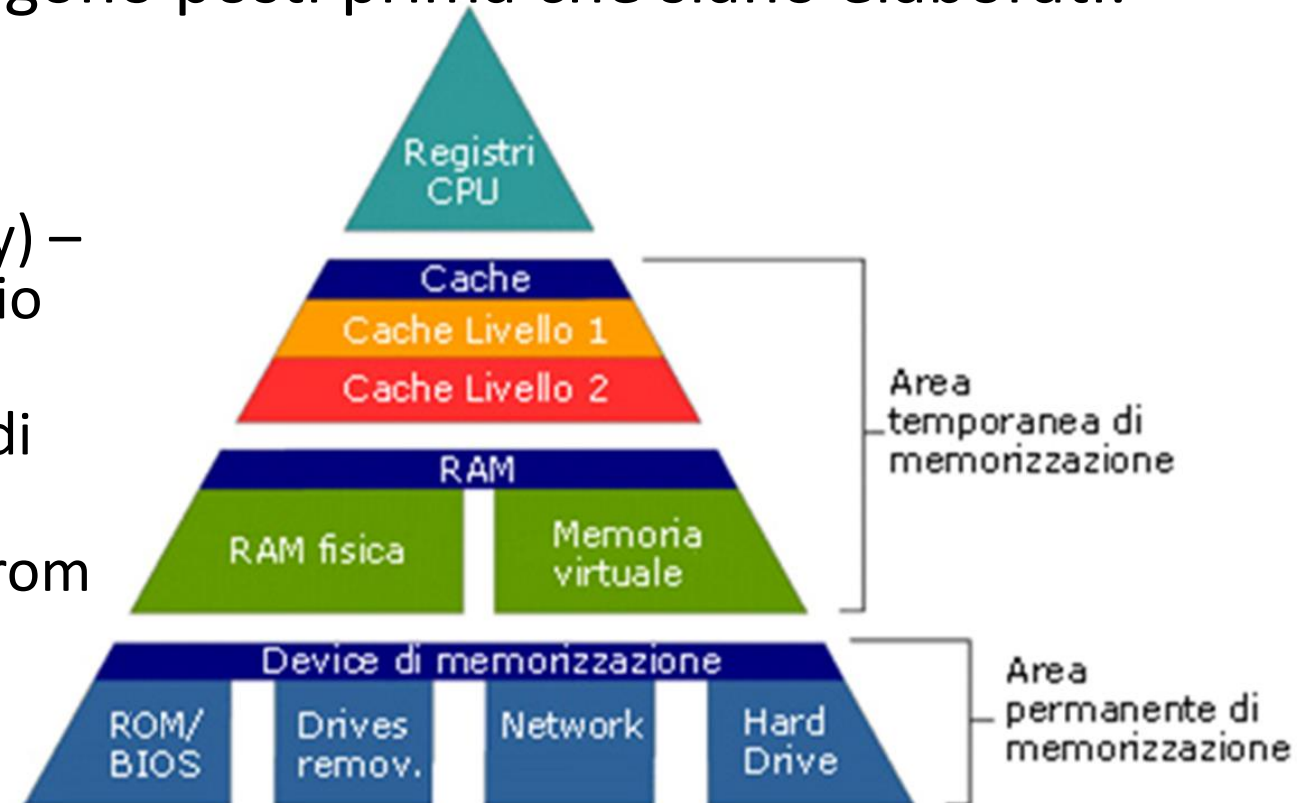
Algoritmi con perdita di informazione (**Lossy**). Questi sono impiegati quando abbiamo a che fare con immagini con milioni di colori dove i metodi lossless risultano meno efficienti.

- Tra i metodi lossy, il più noto è **JPEG** che utilizza una combinazione di varie tecniche tra cui la cosiddetta «trasformata discreta del coseno» capace di trasformare nel dominio delle frequenze una somma finita di punti.
- Una tecnica lossy spesso utilizzata è per esempio la «chroma subsampling» nella quale si considera il fatto che l'occhio umano percepisce variazioni spaziali di luminosità più nettamente di quelle di colore; questo consente di poter mediare ovvero tralasciare alcune delle informazioni di crominanza nell'immagine.

L'organizzazione della Memoria

Ora che abbiamo visto come viene codificata l'informazione, torniamo ad occuparci di una componente fondamentale del nostro computer, la **Memoria**, dove i dati codificati vengono posti prima che siano elaborati:

- La memoria principale RAM (Random Access Memory) – volatile
- La memoria ROM (Read Only Memory) – per memorizzare il programma di avvio del computer
- Registri e Cache memory – memorie di supporto alle attività di elaborazione
- Memorie di massa (HD, penne, Cdrom etc..) – per memorizzare in maniera permanente grandi quantità di informazioni



La Memoria principale

- Quando si parla di Memoria Centrale di un Computer, ci si riferisce ad una serie di dispositivi in grado di immagazzinare dati e di trasferirli ad elevata velocità, dialogando direttamente con la CPU. L'appellativo di «Memoria Centrale» serve a differenziare tali dispositivi rispetto a dispositivi esterni, di maggiore capacità e minore velocità, utilizzati per archiviare dati in grande quantità.
- I dispositivi di Memoria Centrale sono usualmente di tipo «semiconduttore» e possono essere: volatili e non-volatili.
 - Le memorie del primo tipo sono le cosiddette «**Memorie RAM**» - dove RAM sta per Random Access Memory - e la principale caratteristica di queste è la volatilità: i dati sono memorizzati soltanto se il computer è alimentato; quando il computer viene spento, la memoria RAM si azzerà.
 - Le memorie del secondo tipo sono le cosiddette «**Memorie ROM**» (Read Only Memory) e queste sono in grado di mantenere le informazioni memorizzate anche dopo lo spegnimento del computer.

La Memoria principale

Nella memoria principale ciascun bit viene memorizzato utilizzando un apposito circuito elettronico miniaturizzato. Tipicamente essa è organizzata in celle in grado di memorizzare 8 bit (un byte). Ciò consente di facilitare le operazioni di lettura e di scrittura.

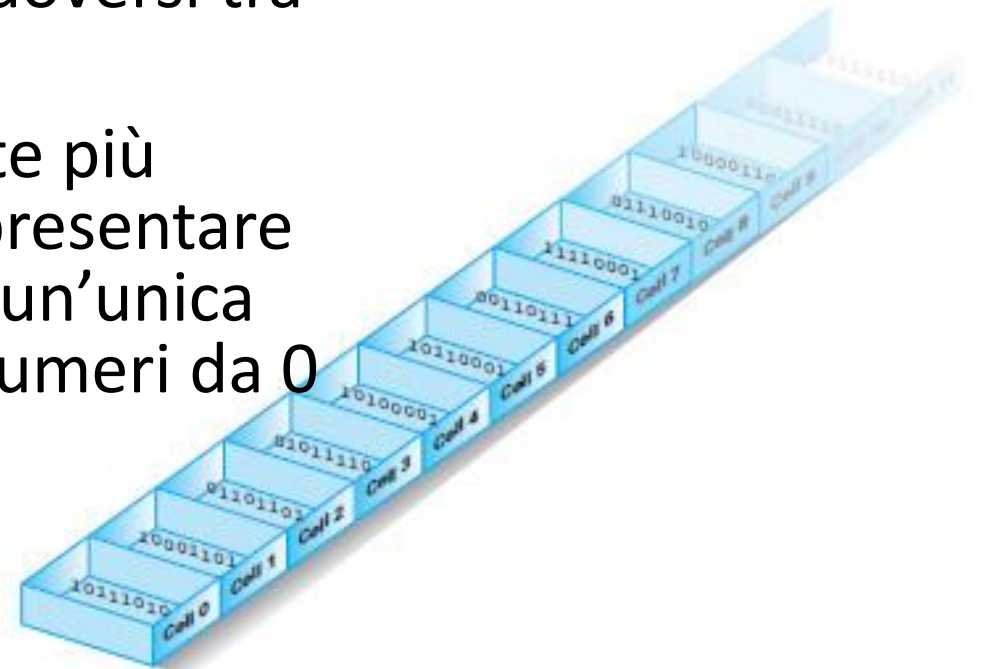
Sebbene il concetto di destra e sinistra non abbia alcun significato all'interno di un circuito elettronico, tuttavia per convenzione l'organizzazione dei bit all'interno della cella viene realizzata in maniera tale che a ciascun bit possa essere attribuito un «peso» cosicché sia possibile calcolare un valore numerico per ciascuna stringa di bit.

$$01101100_2 \Rightarrow 108_{10}$$

La Memoria principale

Ad ogni cella viene quindi attribuito un «indirizzo» numerico attraverso il quale noi siamo in grado di individuare univocamente qualsiasi posizione di memoria. Questa tecnica consente sia di saltare con precisione da una cella a un'altra, sia di muoversi tra celle contigue.

In questo modo non abbiamo teoricamente più limiti quando vogliamo, per esempio, rappresentare numeri molto grandi per i quali non basta un'unica cella (che ricordiamo può rappresentare numeri da 0 a 255).

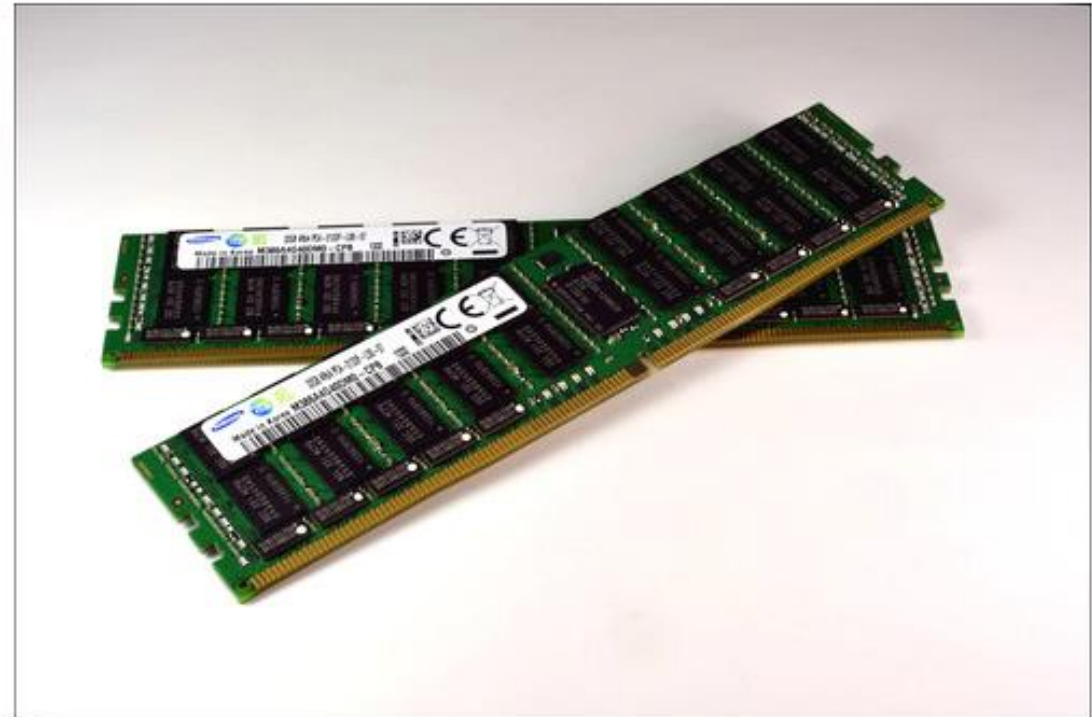


La Memoria principale

Poiché la memoria principale del nostro computer è composta da celle indirizzate e accessibili indipendentemente l'una dall'altra, in maniera casuale, essa viene detta ad accesso casuale, da cui l'acronimo **RAM**.

Talvolta, in funzione della tecnologia utilizzata per costruire le celle, le memorie RAM possono avere denominazioni diverse:

- SRAM (Static RAM)
- DRAM (Dynamic RAM)
- SDRAM (Synchronous DRAM).



La Memoria principale

- SRAM (Static RAM) : Consentono di mantenere le informazioni per un tempo infinito (finché sono alimentate), sono molto veloci e consumano poco e quindi dissipano poco calore. La circuiteria però è più complessa e ciò le rende costose e poco capienti. Per questi motivi sono solitamente usate per le memorie cache, dove sono necessarie elevate velocità in abbinamento a ridotti consumi e capienze non troppo elevate (dell'ordine di pochi Mb).
- DRAM (Dynamic RAM) : la circuiteria è molto semplice e tuttavia non sono in grado di mantenere l'informazione a lungo per cui debbono essere periodicamente «rinfrescate». Durante il processo di refresh rimangono inutilizzabili per cui risultano più lente delle SRAM.
- SDRAM (Synchronous DRAM) : come le DRAM ma sincrone (accesso comandato dal clock).

La Memoria principale

Fanno parte della memoria principale anche le memorie ROM (Read-Only Memory) di tipo non volatile.

In questo tipo di memorie il procedimento di scrittura dei dati è normalmente piuttosto difficoltoso e lento (come nel caso delle memorie EPROM - Erasable Programmable Read-Only Memory) e talvolta addirittura impossibile (come per le memorie PROM - Programmable Read-Only Memory): per questo motivo non possono essere impiegate come «memorie di lavoro» come le memorie RAM e il loro scopo è piuttosto quello di memorizzare il cosiddetto «**firmware**», ossia un software che viene realizzato ad hoc per uno specifico hardware.

Il **BIOS** (Basic Input/output System) per esempio, è il firmware che viene utilizzato nei computer IBM PC compatibili per «far partire il sistema» inizializzando i componenti hardware e caricando il Sistema Operativo.

Memorie di Massa

A causa del fatto che le memorie RAM sono volatili ed hanno una capacità limitata di memorizzazione e un costo elevato, la maggior parte dei computer utilizza dei dispositivi aggiuntivi per lo *storage* di grandi quantità di dati.

Alcuni di questi dispositivi, a noi ben noti, sono gli Hard Disk, i CD, i DVD.

Il maggiore svantaggio di questi dispositivi rispetto alle memorie RAM risiede nel fatto che essi utilizzano degli elementi meccanici per posizionarsi ad un dato indirizzo; ciò comporta prestazioni molto inferiori in termini di «tempi di accesso» all'informazione.

Dischi Magnetici

I dischi magnetici (**Hard Disk**) sono da molti anni il dispositivo più utilizzato per memorizzare e leggere, in maniera efficiente, grandi moli di dati. Delle testine poste sopra la superficie magnetica del disco sono in grado di leggere o scrivere dei dati.

Mentre il disco gira velocemente, la testina posta trasversalmente può posizionarsi da una «**traccia**» all'altra del disco. Normalmente un hard disk è composto da più dischi impilati uno sull'altro, distanziati tra loro per far passare le testine di lettura/scrittura che si muovono all'unisono.

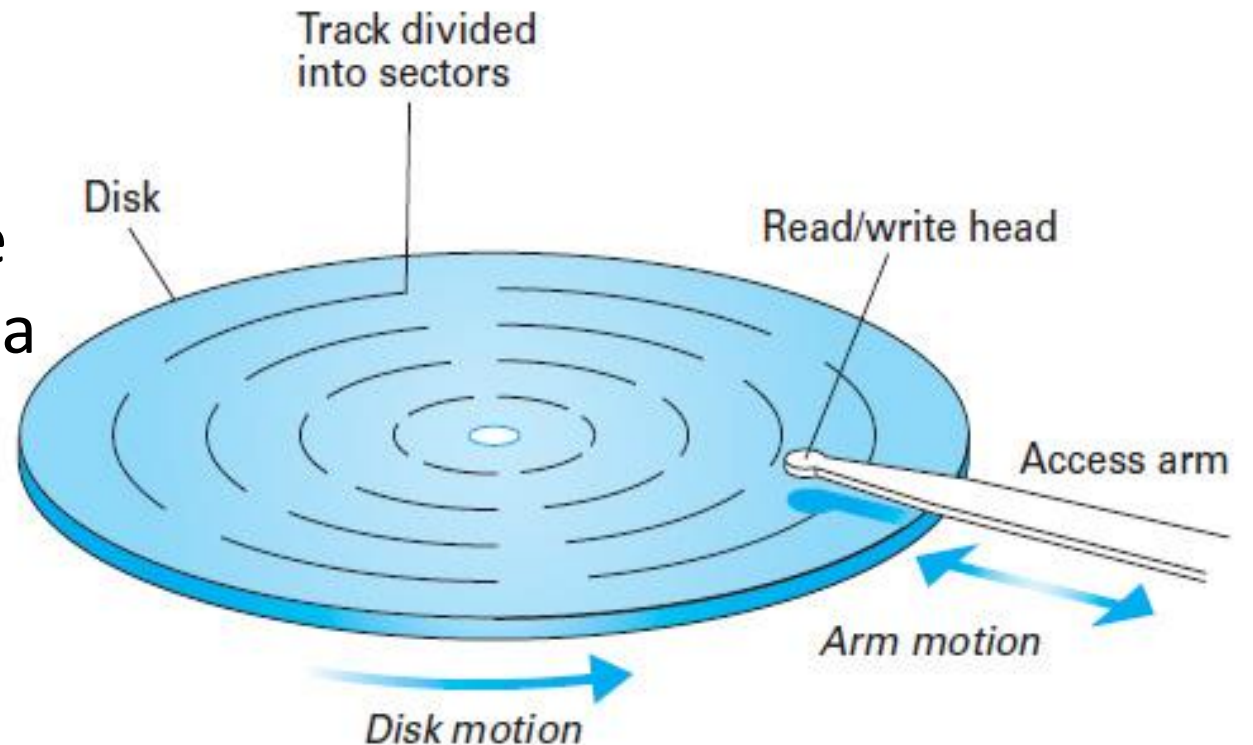


Dischi Magnetici

Ciascuna traccia a sua volta è suddivisa in «**settori**» dove le informazioni sono memorizzate come sequenze continue di bit (un valore tipico è 512).

Il processo di inizializzazione di un disco, nel quale vengono allocate tracce e settori, è detto «**formattazione**».

Tra i parametri utilizzati per specificare le prestazioni di un disco ci sono il tempo di accesso e la velocità di rotazione: un disco da 7200 rpm (che è un tipico valore dei dischi commerciali) ha un tempo di accesso di circa 9ms.



Dischi Ottici

I dischi ottici (**CD e DVD**) sono realizzati utilizzando un materiale riflettente ricoperto da una superficie protettiva. Le informazioni sono memorizzate creando una variazione sulla superficie riflettente che può essere letta con un laser che rileva le irregolarità sulla superficie del disco mentre questo ruota. I tradizionali CD hanno una capacità di memorizzazione di circa 600-700 MB. Il DVD (Digital Versatile Disk) che è composto di più strati sovrapposti può consentire di memorizzare diversi GB (il laser può venire focalizzato sui diversi strati).

Infine abbiamo il **Blu-ray Disk**; questo può memorizzare fino a 5 volte i dati memorizzabili dal DVD utilizzando dei laser più precisi in luce blu.

Memorie Flash

Sia i dischi magnetici, sia i dischi ottici hanno la limitazione di dover utilizzare degli elementi meccanici per leggere/scrivere i dati e questo riduce notevolmente le prestazioni di questi dispositivi.

La recente tecnologia delle Memorie Flash ha la possibilità di ridurre questo problema.

Nelle Memorie Flash i bit sono memorizzati inviando dei segnali elettrici ad un supporto dove gli elettroni sono intrappolati in piccole camere di diossido di silicio. Questa alterazione può essere mantenuta per diversi anni.

Questo tipo di memoria ha però una limitazione data dal fatto che la ripetuta cancellazione e sovrascrittura di dati causa dei micro-danneggiamenti che ne impediscono l'utilizzazione come memorie principali.



Prossimo Capitolo –Reti di computer e Internet

Nel prossimo capitolo vedremo come funziona una rete di calcolatori e come funzionano Internet e il World Wide Web.