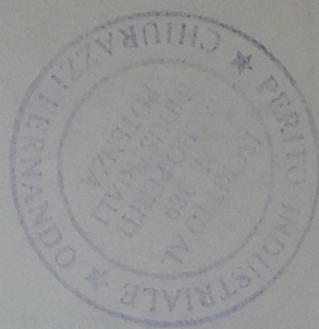


1. - PRINCIPI GENERALI DELL'ELETTRONICA DIGITALE



1.1 - CARATTERISTICHE DELLA TECNICA DIGITALE

I circuiti elettronici possono funzionare in due modi diversi, cioè linearmente o in commutazione.

In particolare, se si considera un transistor, questi può funzionare come amplificatore, dando la possibilità di rendere in uscita un segnale ad un livello superiore rispetto a quello di entrata ma con il medesimo andamento, oppure come un interruttore elettronico che, come per modelli elettromeccanici, rende in uscita un segnale (tensione o corrente) ad un certo valore basso o alto a seconda che il transistor sia interdetto (aperto) o in saturazione (chiuso).

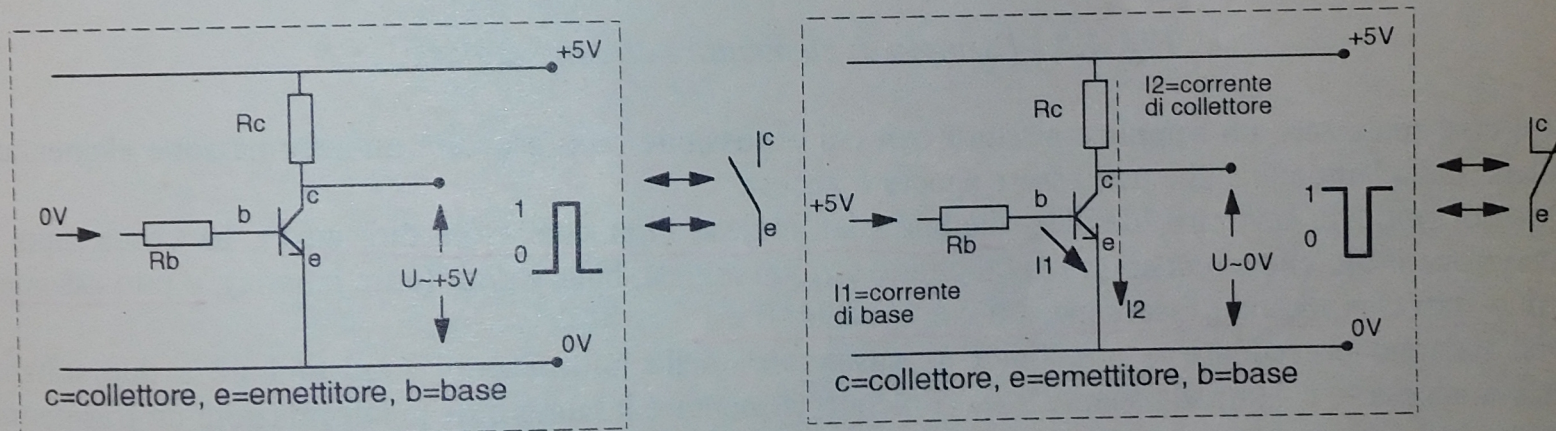
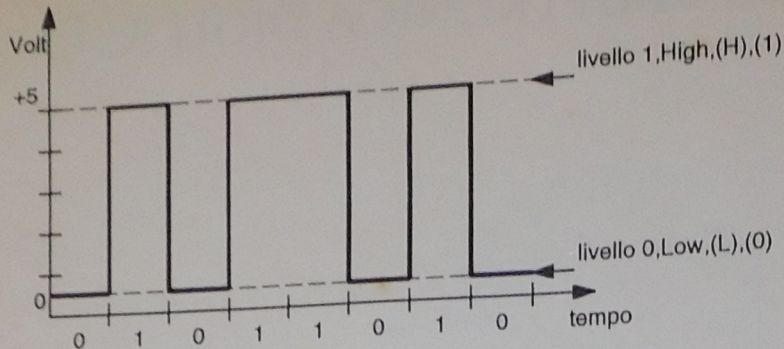


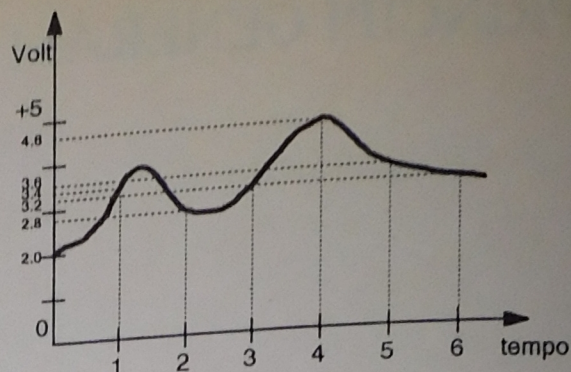
Fig. 1.1 - Funzionamento di un transistor come interruttore.

Questi due modi di fare lavorare i componenti elettronici permettono di suddividere l'elettronica in due parti:

- elettronica analogica, che contempla tutti i circuiti in cui i segnali variabili con continuità vengono elaborati in modo che in uscita vi sia un segnale con un andamento analogo a quello di ingresso (magari amplificato);
- elettronica digitale, che contempla tutti i circuiti in cui i segnali possono assumere due soli valori di tensione, alto (livello 1, H, SI) o basso (livello 0, L, NO), in questo caso se si devono trasmettere delle informazioni queste devono essere costituite da una serie di impulsi la cui ampiezza è legata al livello di tensione alto e basso.



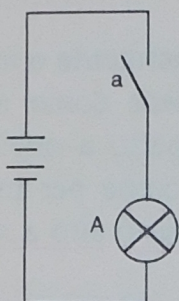
a



b

Fig. 1.2 - Rappresentazione di un segnale: a) digitale - b) analogico.

Nei circuiti elettrici sono già noti esempi di questo genere, infatti se si considera un circuito con una batteria, un interruttore e una lampadina, quando esso è aperto la lampadina è spenta e la tensione ai suoi capi è uguale a zero (livello 0), viceversa se l'interruttore è chiuso la lampadina è accesa e ai suoi capi abbiamo un valore di tensione più alto (livello 1).



STATO DELLA LAMPADA A	VALORE NUMERICO
0	0
1	1

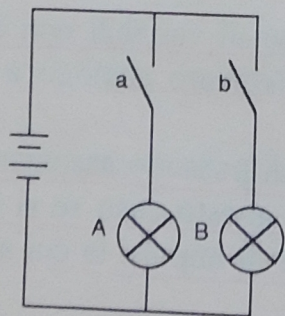
Fig. 1.3 - Esempio di elementare circuito digitale.

Si è così realizzato un semplice circuito con cui è possibile rappresentare un'informazione elementare, costituita dalla lampadina che può essere spenta o accesa.

Questo modo di lavorare, definito digitale (dall'inglese digit che vuole dire cifra), ha come unità di informazione il bit, che è una contrazione di due termini inglesi, binary digit (cifra binaria), e può assumere solo due stati che possono essere indicati con i numeri 0 e 1.

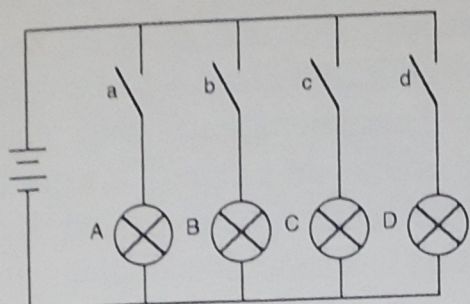
Nell'esempio precedente le possibilità di trasmettere delle informazioni sono limitate a due soltanto (lampada accesa = 1, lampada spenta = 0). Volendo aumentare il numero delle informazioni da trasmettere o inviare dati più complessi occorre accrescere il numero di circuiti elementari di cui si è fatto cenno.

Realizzando il circuito con due lampadine si potranno trasmettere quattro informazioni poichè quattro sono le possibili combinazioni che le due lampade possono avere, in modo analogo se le lampade sono quattro si avranno sedici combinazioni, cioè 2 elevato alla quarta potenza (2^4).



STATO DELLE LAMPADINE A B		VALORE NUMERICO
0	0	0
0	1	1
1	0	2
1	1	3

Fig. 1.4 - Esempio di elementare circuito digitale con due lampadine.



STATO DELLE LAMPADE				VALORE NUMERICO
A	B	C	D	
0	0	0	0	0
0	0	0	1	1
0	0	1	0	2
0	0	1	1	3
0	1	0	0	4
0	1	0	1	5
0	1	1	0	6
0	1	1	1	7
1	0	0	0	8
1	0	0	1	9
1	0	1	0	10
1	0	1	1	11
1	1	0	0	12
1	1	0	1	13
1	1	1	0	14
1	1	1	1	15

Fig. 1.5 - Esempio di elementare circuito digitale con quattro lampadine.

1.2 - TECNOLOGIE PER LA PRODUZIONE DEI CIRCUITI INTEGRATI

Il transistor è un componente elettronico molto piccolo, ma visibile ad occhio nudo.

La tecnologia negli ultimi anni ha consentito la realizzazione di dispositivi molto complessi, con dimensioni molto ridotte.

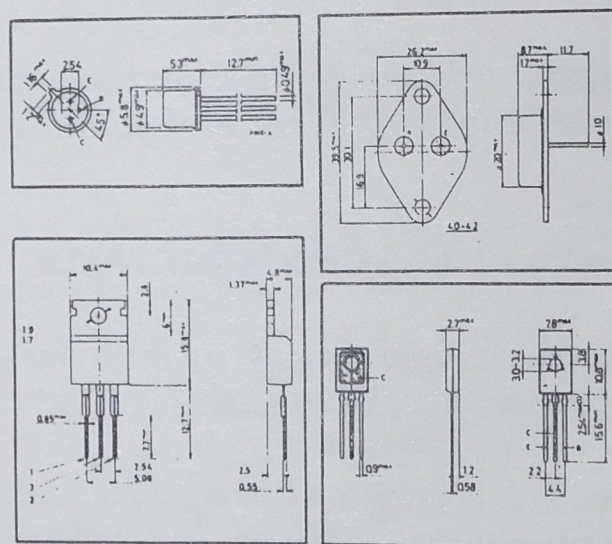


Fig. 1.6 - Forma e dimensioni di quattro transistor tra i più diffusi tipi di contenitori per transistor.

Questi dispositivi sono i circuiti integrati (IC, Integrated Circuit), costituiti da contenitori sia in plastica che in ceramica, contenenti una piccola piastra di silicio, materiale semiconduttore, con cui si costruiscono anche i transistor.

Il vantaggio offerto dai circuiti integrati consiste nel fatto che, invece di utilizzare dei componenti discreti e collegati esternamente, sfruttano una piastrina (chip) che contiene tutti i transistor e i relativi collegamenti.

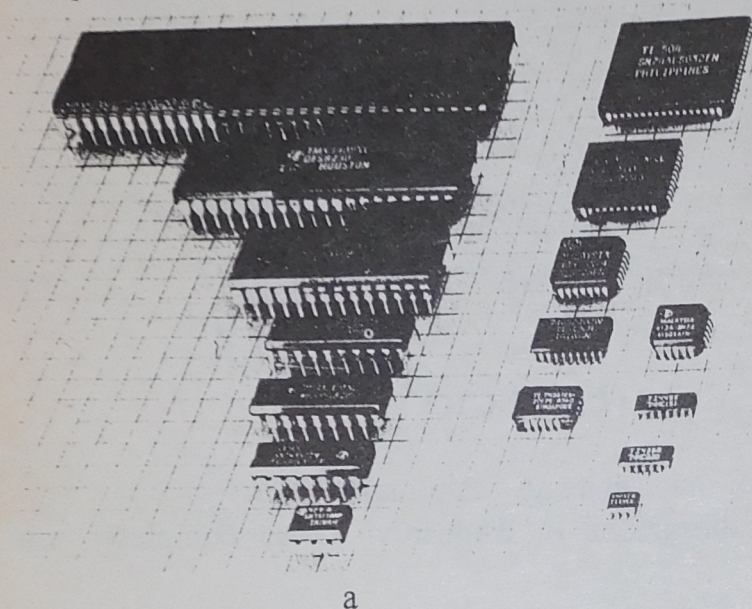
Durante il progetto dei circuiti integrati digitali, alcune apparecchiature convertono gli schemi logici (AND, OR, NOT) negli equivalenti schemi elettronici a transistor, questi ultimi infine vengono tracciati, mediante un processo fotolitografico, su una piastrina di silicio (chip).

Il vantaggio è notevole, in quanto lo spazio occupato dagli elementi attivi (transistor, diodi) si riduce fotograficamente a dimensioni dell'ordine dei micron, rendendo possibile l'integrazione di migliaia di funzioni logiche (vedi capitolo 2).

Per porte semplici si usa l'integrazione a bassa scala (SSI, Small Scale Integration), dato che i circuiti da costruire sul chip non sono molti; per funzioni più complesse si utilizza una integrazione a media scala (MSI, Medium Scale Integration).

Per realizzare circuiti integrati più complessi, come ad esempio i microprocessori, che rappresentano il "cervello" di un personal computer o di un PLC, si utilizzano tecnologie di integrazione a larga scala (LSI, Large Scale Integration; VLSI, Very Large Scale Integration; ULSI, Ultra Large Scale Integration).

Le dimensioni del contenitore non dipendono tanto dalla complessità del chip, quanto dal numero di funzioni che occorre fornirgli dall'esterno, in ingresso e uscita; un circuito integrato può avere pochi piedini (per esempio 8) oppure arrivare, come nel caso dei microprocessori, ad alcune centinaia (per esempio 168 e 238). Complessivamente tuttavia il chip occupa una superficie di pochi mm^2 ($3\text{-}70 \text{ mm}^2$).



GRADI DI INTEGRAZIONE			
TIPO	N. DI FUNZIONI	N. TRANSISTOR	AREA mm^2
SSI	2-10	100	3
MSI	20-100	500	8
LSI	100-50000	100000	20
VLSI	50000-100000	250000	40
ULSI	100000-1000000	1000000	70

Fig. 1.7 - a) Circuiti integrati tradizionali posti di fronte ad integrati a montaggio superficiale SMD (Texas Instruments) - b) Gradi di integrazione.

1.3 - VANTAGGI E SVANTAGGI DELLA TECNICA DIGITALE

Il modo di lavorare dei circuiti digitali offre dei vantaggi: in primo luogo questi circuiti per un loro buon funzionamento non hanno bisogno di valori di tensione esatti, ma è sufficiente che la differenza di tensione fra il livello 1 e il livello 0 sia alta.

Inoltre i circuiti elettronici che lavorano in questo modo sono più semplici da realizzare ed i componenti da usare possono avere delle caratteristiche elettriche con tolleranze più alte, ciò nonostante le informazioni possono essere elaborate in modo molto preciso.

Nella tecnica digitale si utilizza poi la possibilità di memorizzare le informazioni per tempi molto lunghi, negli esempi precedenti invece si sono visti circuiti in grado di mantenere l'informazione binaria fintanto che non vengono cambiate le posizioni degli interruttori (a patto che non manchi l'alimentazione o brucino le lampadine).

I sistemi digitali hanno incrementato i loro pregi dopo la nascita dei circuiti integrati: è possibile realizzare circuiti ad alto grado di integrazione in modo economico; i circuiti analogici necessitano di induttanze, condensatori di elevata capacità e resistenze di valore preciso, che sono difficilmente realizzabili e piuttosto costosi in un circuiti integrato.

Accanto ai vantaggi visti precedentemente si hanno anche dei limiti, in particolare i segnali che si devono elaborare sono nella maggior parte dei casi di tipo analogico (controllo continuo di temperatura, pressione, peso, velocità, accelerazione, coppia, tensione, corrente, ecc.).

In questi casi l'uso di apparecchiature digitali (es. PLC, computer) comporta la necessità di trasformare i segnali analogici, provenienti per esempio da sensori, in segnali digitali e, dopo la loro elaborazione, di ritrasformarli in segnali analogici per poterli inviare a strumenti o attuatori. Questo tipo di conversione in alcuni casi può essere costosa e introdurre durante le conversioni delle imprecisioni.

Un'altra limitazione dei circuiti digitali è la minore velocità di trasmissione delle informazioni.

1.4 - SISTEMA BINARIO

Un sistema digitale opera, come si è già detto, utilizzando dispositivi che assumono durante il loro funzionamento solo due stati: 0 o 1.

Ad una apparecchiatura elettronica che opera in modo digitale (es. PLC, computer) possono arrivare dall'esterno informazioni di vario tipo: grandezze variabili in modo discontinuo provenienti da dispositivi tipo pulsanti, interruttori, finecorsa, transistor funzionanti in commutazione, TRIAC, ecc., grandezze variabili con continuità che rappresentano appunto segnali analogici provenienti da sensori di temperatura, pressione, livello, ecc., infine caratteri alfanumerici cioè lettere, cifre, punteggiatura, simboli speciali.

Se la grandezza è già in forma binaria non ci sono particolari problemi, in quanto all'apparecchiatura digitale arrivano dei segnali che risultano allo stato logico 1 se l'interruttore è chiuso e allo stato logico 0 se è aperto, semmai sarà necessario adattare i livelli di tensione e di corrente tra l'apparecchiatura digitale e quella esterna che normalmente lavorano a grandezze elettriche diverse.

Se la grandezza è un segnale analogico, esso deve essere trasformato in segnale digitale, questo lo si ottiene rilevando ad intervalli di tempo costanti il valore numerico che la grandezza ha assunto e dando a ciascun valore una combinazione di bit.

Se infine la grandezza è un carattere dell'alfabeto basta associarlo ad una sequenza di bit, quindi ogni carattere sarà identificato in modo univoco da una sequenza di bit (vedere il codice ASCII).

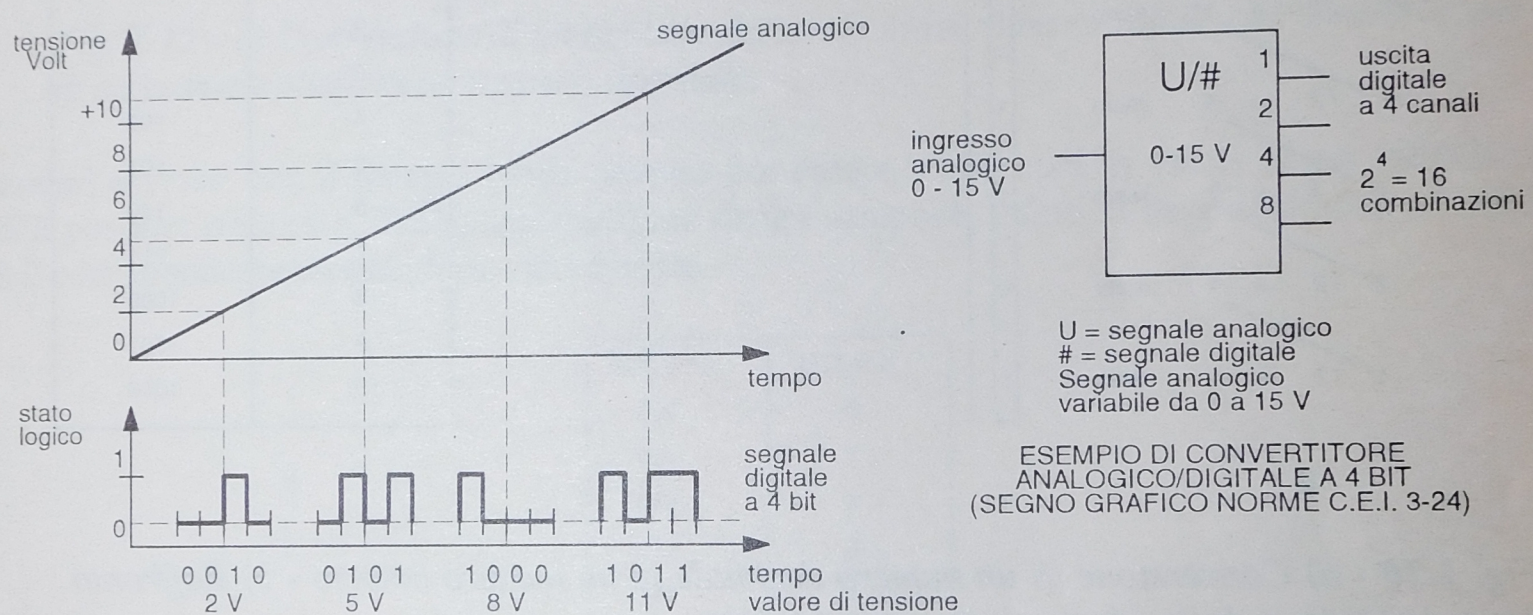


Fig. 1.8 - Trasformazione di un segnale analogico in uno di tipo digitale.

1.5 - SISTEMI DI NUMERAZIONE

Nel sistema di numerazione decimale vengono usati dieci simboli (0, 1, 2, ..., 9) detti cifre; per definire numeri maggiori rispetto a tali cifre si usano combinazioni di esse, ogni cifra ha però un peso diverso in relazione alla posizione che essa assume nel numero.

Infatti è diverso leggere 1962 o 2691: le cifre sono le stesse, ma il loro valore cambia a seconda della posizione occupata, infatti la notazione decimale è di tipo posizionale, associa a ciascuna cifra del numero una potenza della base dieci che dipende dalla sua posizione: ad ogni cifra viene assegnato un dato peso che viene chiamato unità, decina, centinaia, ecc..

Nel sistema binario (cioè a base 2) la rappresentazione dei numeri avviene mediante l'uso di due simboli, 0 e 1, chiamati bit: i simboli 0 e 1 hanno un diverso peso in relazione alla posizione assunta da ciascuna cifra.

La conversione di un numero decimale in uno binario si può effettuare dividendo per due il numero decimale, quindi il quoziente trovato ancora per due sino ad ottenere come quoziente zero; il numero binario è dato dalla successione dei resti partendo dall'ultimo.

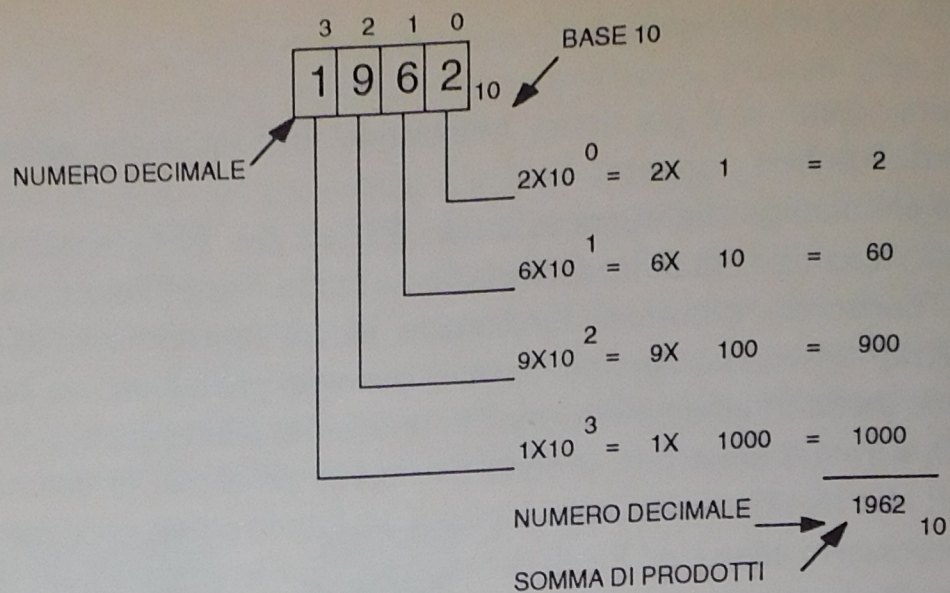


Fig. 1.9 - Struttura del sistema decimale.

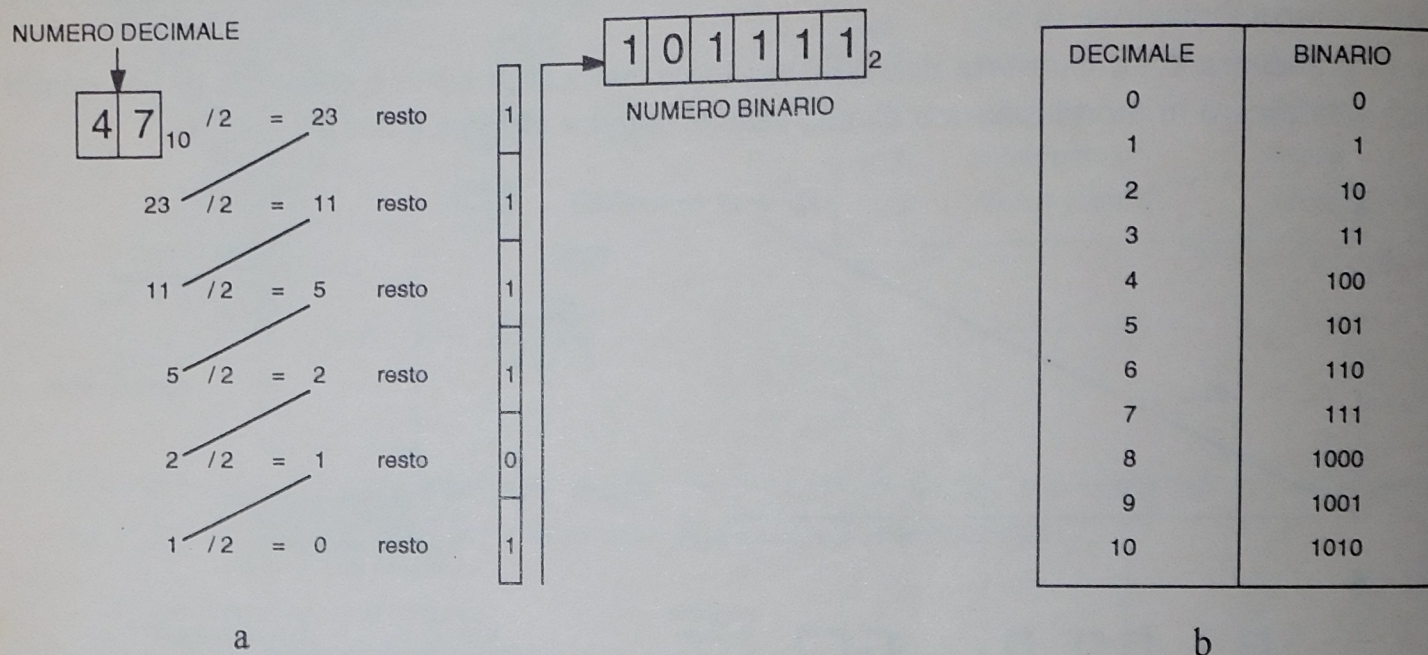


Fig. 1.10 - a) Conversione di un numero decimale in un numero binario - b) Raffronto fra numerazione decimale e numerazione binaria.

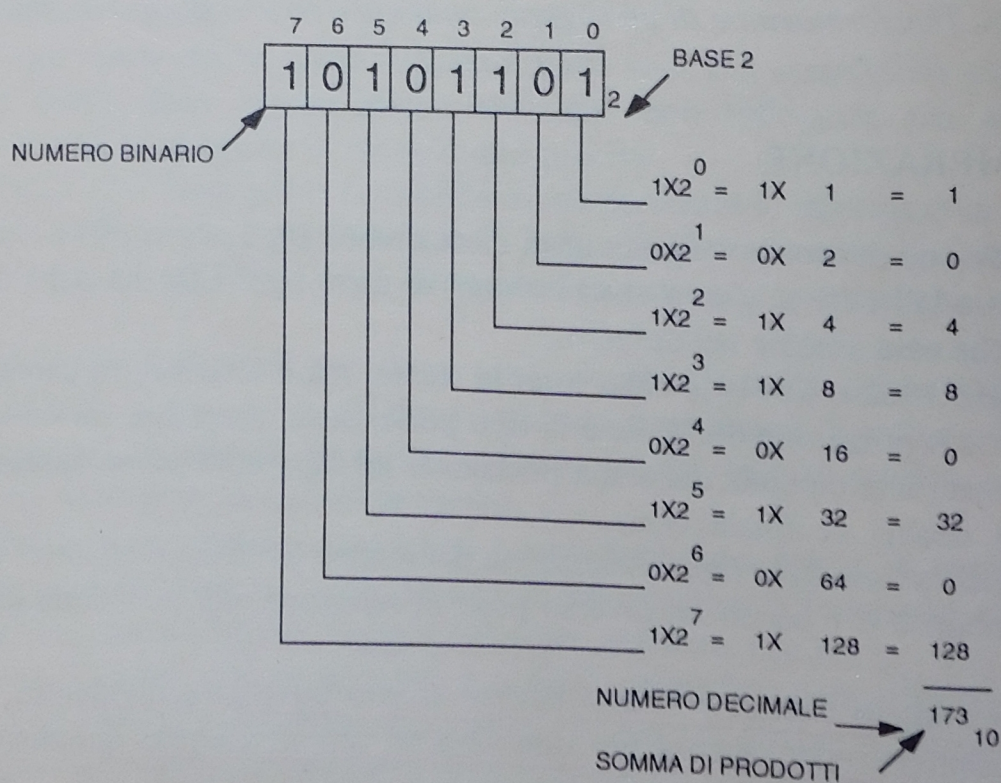


Fig. 1.11 - Conversione di un numero binario in un numero decimale.

1.6 - SISTEMA DI NUMERAZIONE OTTALE

Oltre al sistema di numerazione binario, viene impiegato il sistema in base 8 (sistema ottale). Questo sistema utilizza otto cifre da 0 a 7, diversamente dal sistema decimale non utilizza quindi le cifre 8 e 9.

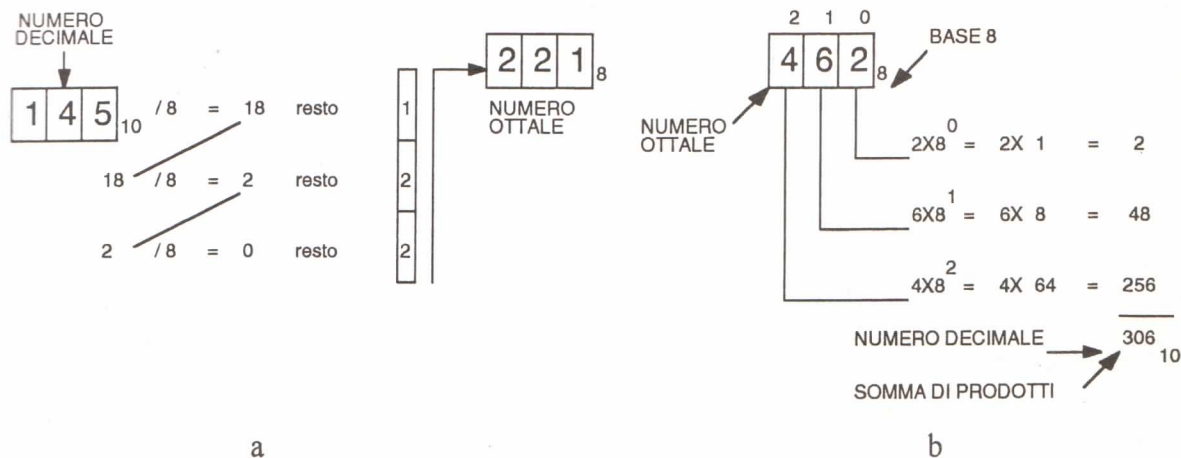


Fig. 1.12 - a) Conversione di un numero decimale in un numero ottale - b) Conversione di un numero ottale in un numero decimale.

I numeri espressi con il sistema ottale devono poi essere trasformati in valori binari affinché i sistemi digitali li possano elaborare. Tale trasformazione risulta semplice, infatti si deve sostituire ad ogni cifra in base 8 il corrispondente blocco di tre cifre binarie.

BINARIO	OTTALE
000	0
001	1
010	2
011	3
100	4
101	5
110	6
111	7

Tab. 1.1 - Raffronto fra numerazione binaria e numerazione ottale.

L'impiego del sistema ottale è utile in quanto chi usa PLC o calcolatori trova più comodo lavorare con brevi sequenze di cifre in base 8 che lunghi gruppi di cifre binarie.

Alcuni PLC usano la numerazione ottale per identificare gli ingressi e le uscite e per indirizzare le memorie interne.

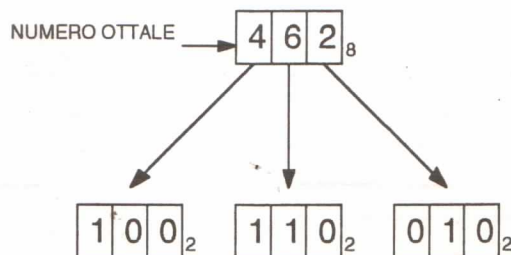


Fig. 1.13 - Conversione di un numero ottale in un numero binario.

1.7 - SISTEMA DI NUMERAZIONE ESADECIMALE

Come per la numerazione ottale anche questo sistema è usato nei calcolatori e nei PLC ed offre i medesimi vantaggi.

Il sistema esadecimale è in base 16, perciò oltre alle cifre da 0 a 9 vengono aggiunti i simboli A, B, C, D, E, F che vanno a rappresentare rispettivamente i numeri 10, 11, 12, 13, 14, 15.

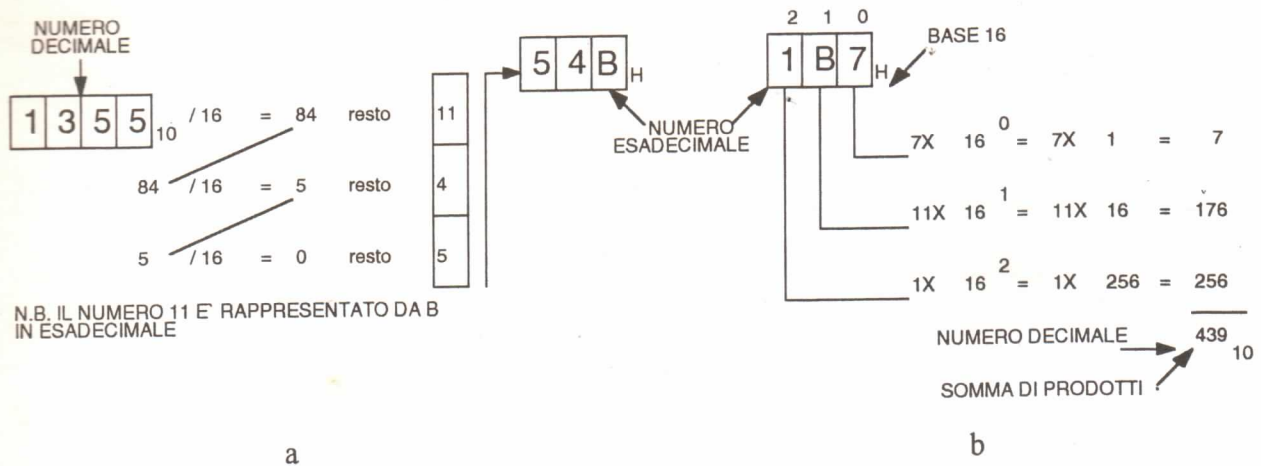


Fig. 1.14 - a) Conversione di un numero decimale in un numero esadecimale - b) Conversione di un numero esadecimale in un numero decimale.

DECIMALE	BINARIO	ESADECIMALE
0	0000	0
1	0001	1
2	0010	2
3	0011	3
4	0100	4
5	0101	5
6	0110	6
7	0111	7
8	1000	8
9	1001	9
10	1010	A
11	1011	B
12	1100	C
13	1101	D
14	1110	E
15	1111	F

Tab. 1.2 - Raffronto fra numerazione decimale, binaria e esadecimale.

L'utilità del sistema esadecimale sta nel fatto che si può suddividere una lunga (e difficile da ricordare) notazione binaria in blocchi di quattro bit, a cui corrisponde un dato valore esadecimale.

L'uso del sistema ottale o esadecimale dipende dal numero di bit che un'apparecchiatura è in grado di elaborare: se si lavora con 12 bit è utile dividere la cifra binaria in 4 gruppi di tre bit, per cui si sceglierà il sistema ottale, diversamente se si lavora con 16 bit è utile dividerli in 4 gruppi di quattro bit ciascuno, in questo caso si sceglierà il sistema esadecimale.

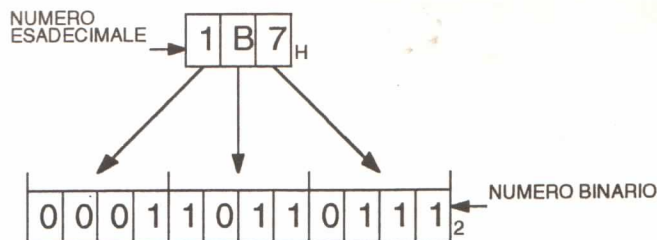


Fig. 1.15 - Conversione di un numero esadecimale in un numero binario.

1.3 - CODIFICAZIONE

Quando si trasforma un valore numerico dato in forma decimale in uno in forma binaria si effettua una conversione, si fa cioè corrispondere un numero decimale ad un gruppo di bit.

Questo insieme di bit viene chiamato "parola" o word, il numero di bit costituisce la lunghezza della parola.

Nei computer e nei PLC il numero di bit che costituisce una word è in genere 4, 8, 16 o 32, dipende comunque dal tipo di apparecchiatura.

Generalmente viene definito nibble un gruppo di bit pari a quattro, byte un gruppo di bit pari a otto e word un insieme di 16 o 32 bit.

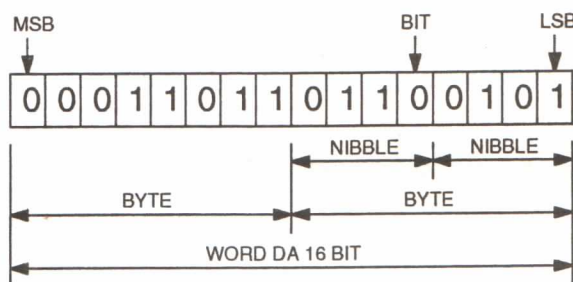


Fig. 1.16 - Esempio di word da 16 bit.

In una word ogni bit ha un proprio peso in base alla posizione che occupa nell'ambito della parola: il primo bit a sinistra è detto MSB (bit più significativo), mentre il primo bit sulla destra è detto LSB (bit meno significativo); essi determinano rispettivamente la più grande e la più piccola variazione del numero decimale.

Per trasformare un numero decimale in numero binario si può operare nel modo visto precedentemente, però seguendo questo metodo (codice binario puro) la lunghezza della word è variabile a seconda del valore della cifra decimale.

In particolare se N è il numero decimale e n è il numero di bit necessari per poterlo rappresentare, si ha

$$N \leq 2^n$$

Ad esempio se il numero decimale è 18 saranno necessari 5 bit in quanto $n = 5$ è il più piccolo valore che soddisfa la relazione, infatti $2^5 = 32$ per cui $18 < 32$, 5 bit sono sufficienti per indicare il numero 18.

Quando si devono rappresentare numeri decimali di valore elevato, le word diventano molto lunghe e difficili da gestire, quindi si usano dei codici per poterli rappresentare meglio e con maggiore facilità.

1.9 - CODICE BCD 8-4-2-1

Un codice molto usato per rappresentare numeri decimali con sequenze di 0 e 1 è il codice BCD (Binary Coded Decimal), in esso si fa corrispondere alle nove cifre decimali una combinazione di 4 bit i cui pesi sono 8, 4, 2, 1.

BCD 8-4-2-1	DECIMALE
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001	9

Tab. 1.3 - Raffronto fra rappresentazione in codice BCD 8-4-2-1 e numeri decimali da 0 a 9.

Sino al numero 9 il codice BCD coincide con il codice binario puro; per numeri maggiori di 9, mentre il codice binario puro richiederebbe un numero di bit definito dalla relazione $2^n \geq N$, il codice BCD richiede altri gruppi di 4 bit quante sono le cifre che vanno a costituire il numero decimale.

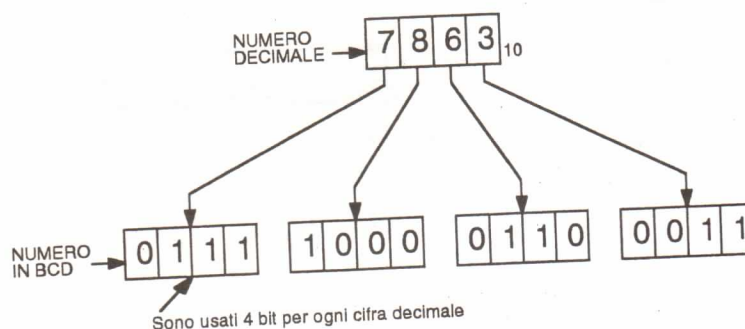


Fig. 1.17 - Rappresentazione in codice BCD di un numero decimale.

Le applicazioni tipiche del codice BCD nei PLC comprendono l'inserimento di dati (tempi, volumi, pesi, ecc.) per mezzo di preselettori, la visualizzazione di dati mediante l'uso di display a sette segmenti, l'acquisizione, previa conversione dal codice Gray, della posizione angolare mediante encoder assoluti e infine le istruzioni del PLC utilizzate per lavorare con grandezze analogiche.

1.10 - CODICE GRAY

Un altro tipo di codice è il codice GRAY, sempre a 4 bit, che presenta alcune caratteristiche non presenti nel codice BCD, infatti il passaggio da una word ad un'altra adiacente fa cambiare un solo bit alla volta.

Inoltre le sequenze di bit, a parte il bit più a sinistra, si presentano in modo speculare rispetto alla linea tratteggiata posta tra i corrispondenti numeri decimali 7 e 8.

Queste caratteristiche fanno sì che questo codice si presti bene per i convertitori analogico-digitali, in quanto consente di ridurre gli errori di conversione, e nei trasduttori di posizione (encoder assoluti) per determinare la posizione angolare, ma non altrettanto per operazioni aritmetiche in quanto esse risulterebbero difficoltose da eseguire.

VALORE DECIMALE	BINARIO	OTTALE		ESADECIMALE		CODICE BCD 8-4-2-1		CODICE GRAY
0	0000	0	000	0	0000	0000	0000	0000
1	0001	1	001	1	0001	0001	0001	0001
2	0010	2	010	2	0010	0010	0011	0010
3	0011	3	011	3	0011	0011	0100	0110
4	0100	4	100	4	0100	0100	0101	0111
5	0101	5	101	5	0101	0101	0110	0101
6	0110	6	110	6	0110	0110	0111	0100
7	0111	7	111	7	0111	0111	1000	1101
8	1000	10	001 000	8	1000	1000	1001	1111
9	1001	11	001 001	9	1001	1001	0001	1110
10	1010	12	001 010	A	1010	0001 0000	0001 0010	1010
11	1011	13	001 011	B	1011	0001 0001	0001 0011	1011
12	1100	14	001 100	C	1100	0001 0010	0001 0100	1001
13	1101	15	001 101	D	1101	0001 0101	0001 0110	1000
14	1110	16	001 110	E	1110	0001 0110	0001 0111	1000
15	1111	17	001 111	F	1111	0001 0111	0001 0111	1000

Tab. 1.4 - Raffronto tra valori numerici espressi nei sistemi decimale, binario, ottale, esadecimale, codice BCD 8-4-2-1 e codice Gray.

1.11 - CODICE ASCII

Per rappresentare oltre ai numeri anche le lettere dell'alfabeto, la punteggiatura, i simboli speciali (parentesi, asterischi, simboli di maggiore o minore, ecc.) e i caratteri di controllo è largamente usato il codice ASCII (American Standard Code for Information Interchange).

Questo codice può essere a 7 o 8 bit, con i quali si hanno rispettivamente 128 o 256 combinazioni a cui corrispondono 128 o 256 caratteri (la tabella dei codici ASCII a 7 bit è disponibile a pagina 1.12 mentre quella a 8 bit può essere consultata a pagina 1.13).

I primi 32 codici (numeri da 0 a 31) sono noti come caratteri di controllo. Non si possono stampare, nè appaiono sui visualizzatori, ma servono a controllare un terminale o una stampante, eseguendo varie funzioni, come ad esempio lo spostamento della posizione di stampa alla riga successiva.

In genere la memorizzazione dei testi in un calcolatore viene effettuato mediante il codice ASCII, trasmettendo, per esempio, i bit designati in ASCII per la lettera "a" ad un computer; questo lo mostrerà sullo schermo come "a", lo memorizzerà come "a", ecc. (quei bit nel sistema binario corrispondono a 1100001, equivalente al numero decimale 97 e all'esadecimale 61).

Questo codice viene largamente utilizzato per lo scambio delle informazioni tra diverse apparecchiature, per esempio tra PLC e personal computer, tra PLC e sue periferiche.

I costruttori di microcomputer utilizzano un altro bit per definire personali espansioni del codice ASCII.

Il codice ASCII esteso a 8 bit consente di rappresentare altri 128 caratteri, che sono normalmente costituiti da particolari simboli grafici, lettere di linguaggi stranieri, lettere dell'alfabeto greco e simboli matematici o tecnici.

ESEMPIO: IL CARATTERE "E" IN BINARIO CORRISPONDE A

IL CARATTERE "E" IN ESADECIMALE CORRISPONDE A
IL CARATTERE "E" IN DECIMALE CORRISPONDE A (069)

ESEMPIO: LA SIGLA "PLC" CORRISPONDE IN DECIMALE A (080) (076) (067)

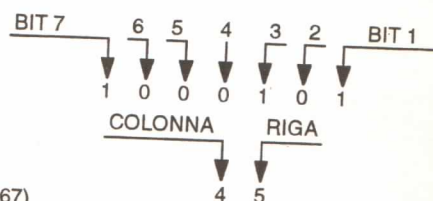


Fig. 1.18 - Esempio di uso della tabella del codice ASCII a 7 bit.

					BIT 7	0	0	0	0	1	1	1	1
					BIT 6	0	0	1	1	0	0	1	1
					BIT 5	0	1	0	1	0	1	0	1
BIT 4	BIT 3	BIT 2	BIT 1	COLONNA RIGA		0	1	2	3	4	5	6	7
0	0	0	0		0	NUL (000)	DLE (016)	SP (032)	0 (048)	@ (064)	P (080)	(096)	p (112)
0	0	0	1	1	1	SCH (001)	DC1 (017)	! (033)	1 (049)	A (065)	Q (081)	a (097)	q (113)
0	0	1	0	2	2	STX (002)	DC2 (018)	" (034)	2 (050)	B (066)	R (082)	b (098)	r (114)
0	0	1	1	3	3	ETX (003)	DC3 (019)	# (035)	3 (051)	C (067)	S (083)	c (099)	s (115)
0	1	0	0	4	4	EOT (004)	DC4 (020)	\$ (036)	4 (052)	D (068)	T (084)	d (100)	t (116)
0	1	0	1	5	5	ENQ (005)	NAK (021)	% (037)	5 (053)	E (069)	U (085)	e (101)	u (117)
0	1	1	0	6	6	ACK (006)	SYN (022)	& (038)	6 (054)	F (070)	V (086)	f (102)	v (118)
0	1	1	1	7	7	BEL (007)	ETB (023)	' (039)	7 (055)	G (071)	W (087)	g (103)	w (119)
1	0	0	0	8	8	BS (008)	CAN (024)	((040)	8 (056)	H (072)	X (088)	h (104)	x (120)
1	0	0	1	9	9	HT (009)	EM (025)	) (041)	9 (057)	I (073)	Y (089)	i (105)	y (121)
1	0	1	0	A	A	LF (010)	SUB (026)	* (042)	: (058)	J (074)	Z (090)	j (106)	z (122)
1	0	1	1	B	B	VT (011)	ESC (027)	+ (043)	; (059)	K (075)	[(091)	k (107)	{ (123)
1	1	0	0	C	C	FF (012)	FS (028)	, (044)	< (060)	L (076)	\ (092)	l (108)	 (124)
1	1	0	1	D	D	CR (013)	GS (029)	- (045)	= (061)	M (077)	] (093)	m (109)	} (125)
1	1	1	0	E	E	SO (014)	RS (030)	. (046)	> (062)	N (078)	^ (094)	n (110)	~ (126)
1	1	1	1	F	F	SI (015)	US (031)	/ (047)	? (063)	O (079)	_ (095)	o (111)	DEL (127)

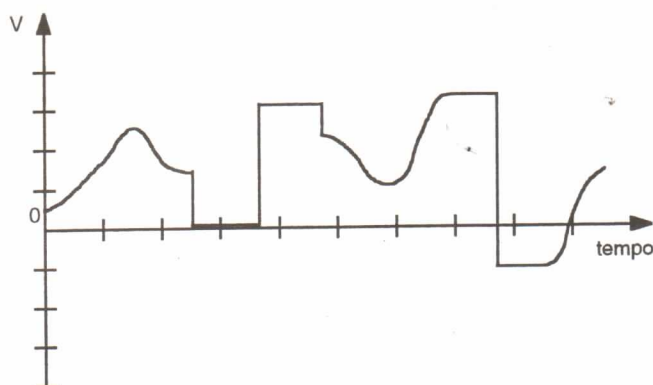
Tab. 1.5 - Tabella del codice ASCII a 7 bit per un totale di 128 elementi differenti, si rappresentano 32 caratteri di controllo e 96 caratteri stampabili.

DEC	HEX	CARATTERE	DEC	HEX	CARATTERE	DEC	HEX	CARATTERE	DEC	HEX	CARATTERE
000	00	(NULL)	064	40	@	128	80	Ç	192	C0	Ł
001	01	(SOH)	065	41	A	129	81	ù	193	C1	ł
002	02	(STX)	066	42	B	130	82	é	194	C2	ł
003	03	(ETX)	067	43	C	131	83	â	195	C3	ł
004	04	(EOT)	068	44	D	132	84	ä	196	C4	ł
005	05	(ENQ)	069	45	E	133	85	à	197	C5	ł
006	06	(ACK)	070	46	F	134	86	á	198	C6	ł
007	07	(BEL)	071	47	G	135	87	ç	199	C7	ł
008	08	(BS)	072	48	H	136	88	ê	200	C8	ł
009	09	(HT)	073	49	I	137	89	ë	201	C9	ł
010	0A	(LF)	074	4A	J	138	8A	è	202	CA	ł
011	0B	(VT)	075	4B	K	139	8B	ï	203	CB	ł
012	0C	(FF)	076	4C	L	140	8C	î	204	CC	ł
013	0D	(CR)	077	4D	M	141	8D	ì	205	CD	=
014	0E	(SO)	078	4E	N	142	8E	Ë	206	CE	ł
015	0F	(SI)	079	4F	O	143	8F	Ä	207	CF	ł
016	10	(DLE)	080	50	P	144	90	É	208	D0	ł
017	11	(DC1)	081	51	Q	145	91	æ	209	D1	ł
018	12	(DC2)	082	52	R	146	92	Ê	210	D2	ł
019	13	(DC3)	083	53	S	147	93	ô	211	D3	ł
020	14	(DC4)	084	54	T	148	94	ö	212	D4	ł
021	15	(NAK)	085	55	U	149	95	ò	213	D5	F
022	16	(SYN)	086	56	V	150	96	û	214	D6	ł
023	17	(ETB)	087	57	W	151	97	ù	215	D7	ł
024	18	(CAN)	088	58	X	152	98	ÿ	216	D8	ł
025	19	(EM)	089	59	Y	153	99	Ö	217	D9	ł
026	1A	(SUB)	090	5A	Z	154	9A	Ü	218	DA	ł
027	1B	(ESC)	091	5B	[	155	9B	ć	219	DB	ł
028	1C	(FS)	092	5C	\	156	9C	£	220	DC	ł
029	1D	(GS)	093	5D	]	157	9D	¥	221	DD	ł
030	1E	(RS)	094	5E	^	158	9E	₤	222	DE	ł
031	1F	(US)	095	5F	`	159	9F	f	223	DF	ł
032	20	(SPACE)	096	60	~	160	A0	á	224	E0	α
033	21	!	097	61	a	161	A1	í	225	E1	β
034	22	"	098	62	b	162	A2	ó	226	E2	Γ
035	23	#	099	63	c	163	A3	ú	227	E3	π
036	24	\$	100	64	d	164	A4	ñ	228	E4	Σ
037	25	%	101	65	e	165	A5	Ñ	229	E5	σ
038	26	&	102	66	f	166	A6	ª	230	E6	μ
039	27	'	103	67	g	167	A7	º	231	E7	τ
040	28	(	104	68	h	168	A8	¿	232	E8	Φ
041	29	)	105	69	i	169	A9	¡	233	E9	Θ
042	2A	*	106	6A	j	170	AA	¬	234	EA	Ω
043	2B	+	107	6B	k	171	AB	½	235	EB	δ
044	2C	,	108	6C	l	172	AC	¼	236	EC	∞
045	2D	-	109	6D	m	173	AD	ı	237	ED	ø
046	2E	.	110	6E	n	174	AE	«	238	EE	ε
047	2F	/	111	6F	o	175	AF	»	239	EF	∅
048	30	0	112	70	p	176	B0	▒	240	F0	≡
049	31	1	113	71	q	177	B1	▒	241	F1	±
050	32	2	114	72	r	178	B2	▒	242	F2	≥
051	33	3	115	73	s	179	B3	▒	243	F3	≤
052	34	4	116	74	t	180	B4	▒	244	F4	ł
053	35	5	117	75	u	181	B5	▒	245	F5	ł
054	36	6	118	76	v	182	B6	▒	246	F6	÷
055	37	7	119	77	w	183	B7	▒	247	F7	≈
056	38	8	120	78	x	184	B8	▒	248	F8	°
057	39	9	121	79	y	185	B9	▒	249	F9	•
058	3A	:	122	7A	z	186	BA	▒	250	FA	•
059	3B	;	123	7B	{	187	BB	▒	251	FB	√
060	3C	<	124	7C		188	BC	▒	252	FC	n
061	3D	=	125	7D	}	189	BD	▒	253	FD	²
062	3E	>	126	7E	~	190	BE	▒	254	FE	■
063	3F	?	127	7F	□	191	BF	▒	255	FF	(BLANK)

Tab. 1.6 - Set standard del codice ASCII esteso con le loro equivalenze decimali ed esadecimali.

1.12 - DOMANDE

1.1) Il grafico sotto riportato si riferisce ad un segnale analogico o digitale? Perché?



- 1.2) Che cosa è un segnale digitale? Quali le sue differenze rispetto ai segnali analogici?
- 1.3) Che cosa è un circuito integrato? Quali i suoi vantaggi?
- 1.4) Quali sono i vantaggi e gli svantaggi della tecnica digitale?
- 1.5) Perché sono importanti i circuiti integrati digitali?
- 1.6) Che cosa è il sistema binario?
- 1.7) Quali sistemi di numerazione conosci?
- 1.8) Che cosa è il codice binario puro? Qual è il suo svantaggio principale?
- 1.9) A che cosa serve la codificazione?
- 1.10) Quali codici conosci?
- 1.11) Che cosa consente di rappresentare il codice BCD?
- 1.12) Che cosa consente di rappresentare il codice ASCII?
- 1.11) Indicare che cosa rappresentano le seguenti parole: Bit, Word, MSB, Byte, LSB.
- 1.12) Una word può essere costituita da quattro bit?
- 1.13) Quali dispositivi utilizzano il codice Gray?
- 1.14) A che cosa può servire il codice ASCII?

1.13 - ESERCIZI

- 1.1) Rappresentare in un diagramma cartesiano un segnale analogico e un segnale digitale.
- 1.2) Convertire i seguenti numeri decimali in numeri binari: 7, 19, 28, 46, 57, 86, 94, 112
- 1.3) Convertire i seguenti numeri binari in numeri decimali: 10, 100, 111, 1011, 1100, 10010, 10101.
- 1.4) Convertire i seguenti numeri ottali in numeri decimali: 36, 74, 120, 156, 180.
- 1.5) Convertire i seguenti numeri decimali in numeri ottali: 7, 19, 28, 46, 57, 125 154, 180.
- 1.6) Convertire i seguenti numeri ottali in numeri binari: 78, 130, 250, 348.
- 1.7) Convertire i seguenti numeri esadecimali in numeri decimali: 5A, C7, 9B5, 1A6.
- 1.8) Convertire i seguenti numeri decimali in numeri esadecimali: 7, 19, 28, 46, 57, 86, 94, 112, 150.
- 1.9) Convertire i seguenti numeri esadecimali in numeri binari: 4C, E8, 6D2, 31B.
- 1.10) Rappresentare in codice BCD i seguenti numeri decimali: 25, 146, 398, 7.
- 1.11) Rappresentare i numeri decimali 12, 18, 25, 36 nei seguenti sistemi di numerazione: binario, ottale, esadecimale, BCD.
- 1.12) In un sistema di numerazione esadecimale la lettera F equivale al numero decimale 15. A quale numero esadecimale corrisponde il numero decimale 16?

1.13) Rappresentare utilizzando il codice ASCII i seguenti caratteri: A, B, a, 2, !, G, \, k, L.

1.14) Il circuito mostrato nella seguente figura converte un numero decimale proveniente da una tastiera in un numero in codice binario. Indicare lo stato logico delle uscite A, B, C, D quando vengono premuti i seguenti tasti: 2 - 5 - 7 - 8.

