

## ELEMENTI DI BASE PER IL LABORATORIO DI ELETTRONICA

### 1. – Multipli e sottomultipli

Per esprimere in forma concisa valori molto grandi o molto piccoli si utilizzano i multipli e i sottomultipli.

	Nome	Simbolo	Fattore moltiplicativo
Multipli	Tera	T	$10^{12}$
	Giga	G	$10^9$
	Mega	M	$10^6$
	Kilo	K	$10^3$
Unità di misura base (V, A, W, F, H, C, Hz, T)			
Sottomultipli	milli	m	$10^{-3}$
	micro	$\mu$	$10^{-6}$
	nano	$\eta$	$10^{-9}$
	pico	p	$10^{-12}$

### Esempi

- $R = 12000\Omega = 12 \cdot 10^3 \Omega = 12K\Omega$
- $I = 0,00023A = 0,00023 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} A = 0,23 \cdot 10^{-3} A = 0,23mA$  oppure  
 $I = 0,00023A = 0,00023 \cdot 10^6 \cdot 10^{-6} A = 230 \cdot 10^{-6} A = 230\mu A$
- $W = 0,048W = 0,048 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} W = 48 \cdot 10^{-3} W = 48mW$
- $Q = 0,00983C = 0,00983 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3} C = 9,83 \cdot 10^{-3} C = 9,83mC$
- $C = 0,00000001F = 0,00000001 \cdot 10^9 \cdot 10^{-9} F = 10 \cdot 10^{-9} F = 10\eta F$

### 1.1. – Esercizi da assegnare

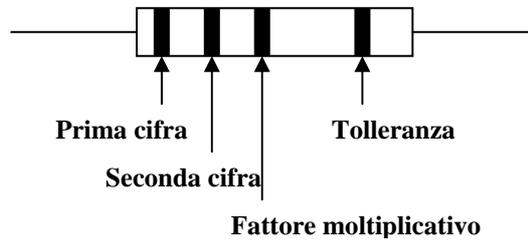
$V = 0,037V$  ;  $I = 0,00125A$  ;  $R = 120000\Omega$  ;  $Q = 0,00000327C$

$L = 0,0074H$  ;  $C = 0,000000012C$  ;  $W = 0,002W$

## 2. – Resistenze. Codice dei colori e valori commerciali

Per individuare il valore di una resistenza si utilizza il **codice dei colori**.

Sul corpo della resistenza vi sono quattro fasce colorate. Ad ogni colore è associato un numero e ad ogni fascia un significato.



Colore	Numero	Colore	Numero
Nero	0	Verde	5
Marrone	1	Blu	6
Rosso	2	Viola	7
Arancio	3	Grigio	8
Giallo	4	Bianco	9

La 4<sup>a</sup> fascia è oro se la tolleranza è del 5%, argento se la tolleranza è del 10%.

### Esempi

giallo viola arancio oro

$$4 \quad 7 \quad 3 \quad 5\% \Rightarrow R = 47 \cdot 10^3 \Omega = (47 \pm 2,35) \text{K}\Omega$$

verde blu rosso oro

$$5 \quad 6 \quad 2 \quad 5\% \Rightarrow R = 56 \cdot 10^2 \Omega = (5,6 \pm 0,28) \text{K}\Omega$$

grigio rosso giallo oro

$$8 \quad 2 \quad 4 \quad 5\% \Rightarrow R = 82 \cdot 10^4 \Omega = (820 \pm 41) \text{K}\Omega$$

### Esercizi

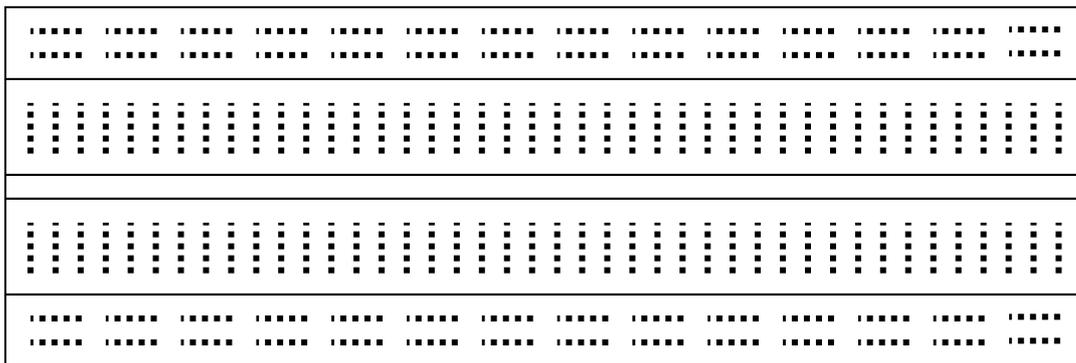
Determinare il valore delle resistenze in base alle fasce colorate

- Arancio – bianco – marrone – oro
- Marrone – verde – arancio – oro
- Marrone – nero – giallo – oro
- Rosso – viola – rosso – oro
- Arancio – arancio – arancio – oro

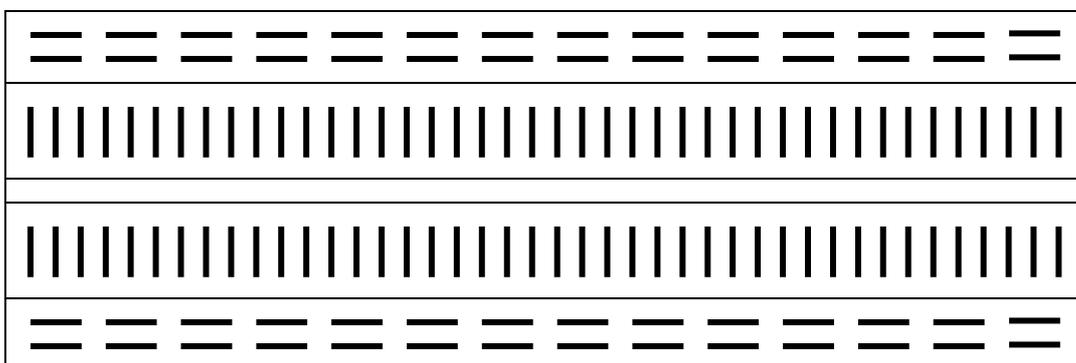
I valori commerciali delle resistenze sono:

1	10	100	1K	10K	100K	1G
1,2	12	120	1,2K	12K	120K	1,2G
1,5	15	150	1,5K	15K	150K	1,5G
1,8	18	180	1,8K	18K	180K	1,8G
2,2	22	220	2,2K	22K	220K	2,2G
2,7	27	270	2,7K	27K	270K	2,7G
3,3	33	330	3,3K	33K	330K	3,3G
3,9	39	390	3,9K	39K	390K	3,9G
4,7	47	470	4,7K	47K	470K	4,7G
5,6	56	560	5,6K	56K	560K	5,6G
6,8	68	680	6,8K	68K	680K	6,8G
8,2	82	820	8,2K	82K	820K	8,2G

### 3. – Piastra per assemblaggi sperimentali (bread-board)



Faccia superiore



Collegamenti interni

## 4. Strumenti di uso comune nel laboratorio di elettronica

Gli strumenti che maggiormente si adoperano in un laboratorio di elettronica sono:

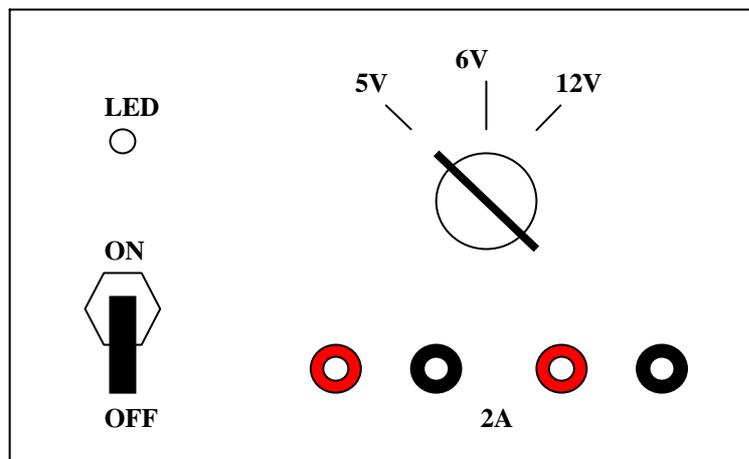
- Alimentatore stabilizzato
- Multimetro digitale
- Generatore di funzioni
- Oscilloscopio

### 4.1. – alimentatore stabilizzato

L'alimentatore stabilizzato fornisce, ai suoi terminali, una tensione continua quasi indipendente dalla corrente erogata, purché tale corrente non superi il valore limite imposto dal costruttore  $I_{OMAX}$ . Se la corrente supera il valore  $I_{OMAX}$  entra in funzione un circuito limitatore interno che porta a zero la tensione d'uscita, limitando la corrente al valore  $I_{OMAX}$ .

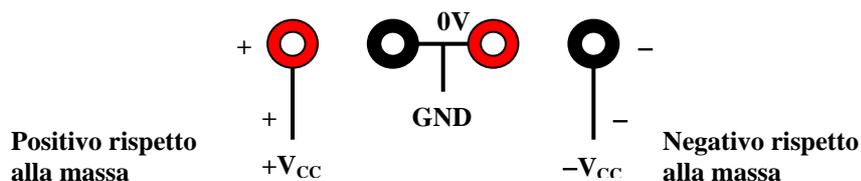
Se, inavvertitamente, si dovessero cortocircuitare i morsetti del generatore, il circuito limitatore limiterà la corrente di corto circuito al valore  $I_{OMAX}$ .

#### 4.1.1. – Pannello tipo di un alimentatore doppio a tensione fissa

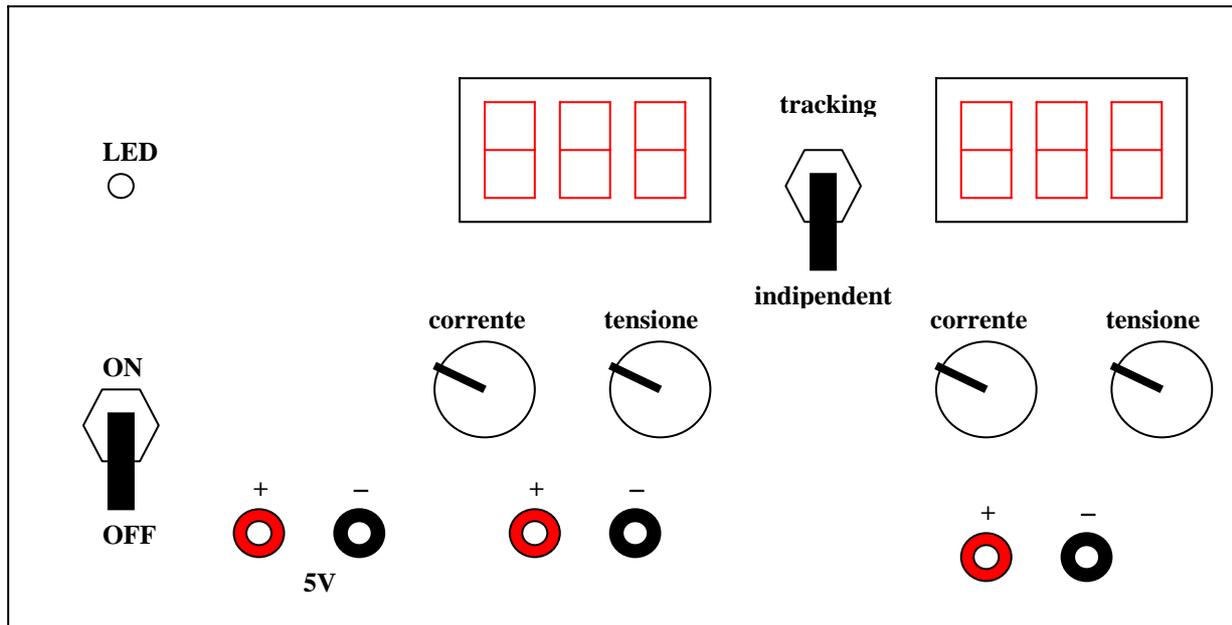


Presenta due alimentatori isolati fra loro la cui tensione può essere settata a 5V, 6V, 12V.

Si può ottenere una alimentazione duale collegando assieme il - del primo generatore a + del secondo e prendendo questo collegamento come massa del circuito.



#### 4.1.2. – Pannello tipo di un alimentatore doppio a tensione variabile



Presenta due alimentatori isolati fra loro la cui tensione può essere regolata da 0 a 20V. Per entrambi è possibile fissare la corrente massima erogabile  $I_{OMAX}$ . Sul pannello vi è un interruttore, tracking/independent, che fa lavorare i due alimentatori in modo indipendente fra loro o in modo tracking, ossia la tensione e la corrente  $I_{OMAX}$  del secondo alimentatore viene imposta dalle regolazioni del primo; tale modo di funzionamento viene utilizzato quando necessita una alimentazione duale.

A volte è presente anche una uscita a 5V fissi.

#### 4.2. – Multimetro digitale

Il multimetro digitale è uno strumento che consente di misurare tensioni continue e alternate, correnti continue e alternate, valore di resistenza; in altre parole, può essere usato come voltmetro, amperometro, ohmetro.

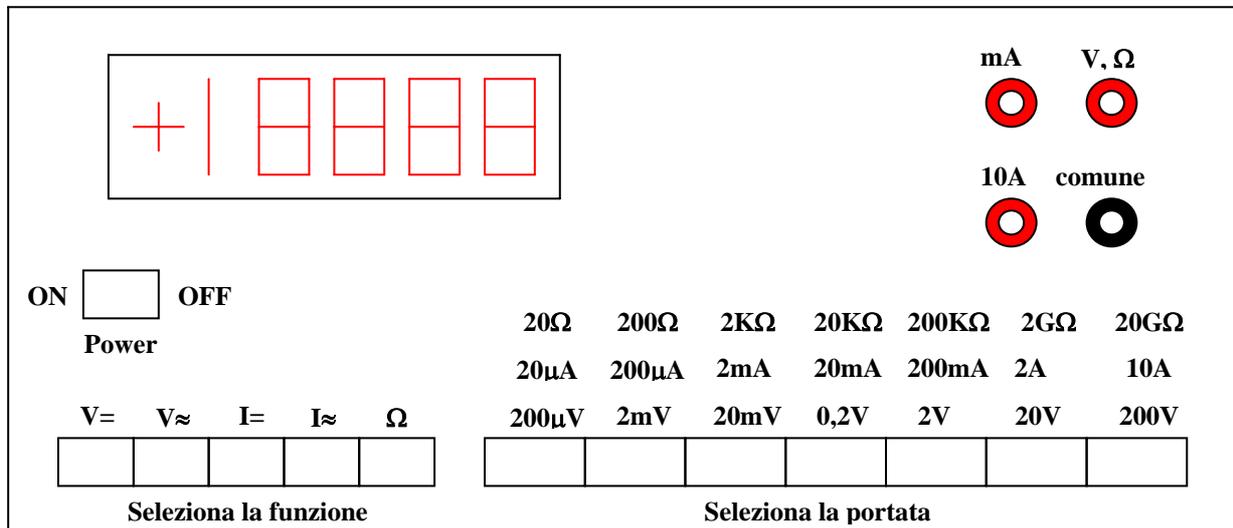
La visualizzazione del valore misurato avviene su un display a LED o a cristalli liquidi. In genere, la cifra più significativa, quella più a sinistra nel display, può assumere solo i valori 0 e  $\pm 1$  - se il multimetro ha in totale 5 cifre, si dice che è a  $4\frac{1}{2}$  digit; se a 6 cifre a  $5\frac{1}{2}$  digit. Il  $\frac{1}{2}$  sta ad indicare che la cifra più significativa può assumere solo i valori 0 e 1. Il - si accende quando, ad esempio, misurando un valore di tensione, si collega il punto a potenziale più basso all'ingresso contrassegnato con + (rosso) e il punto a potenziale più alto all'ingresso contrassegnato con - (nero).

Se si supera il fondo scala i display lampeggiano. Il fondo scala, poiché la cifra più significativa può essere al massimo 1, risulta, nel caso di uno strumento a  $4\frac{1}{2}$  digit, di

1,9999 ; 19,999 ; 199,99 ossia circa 2 ; 20 ; 200

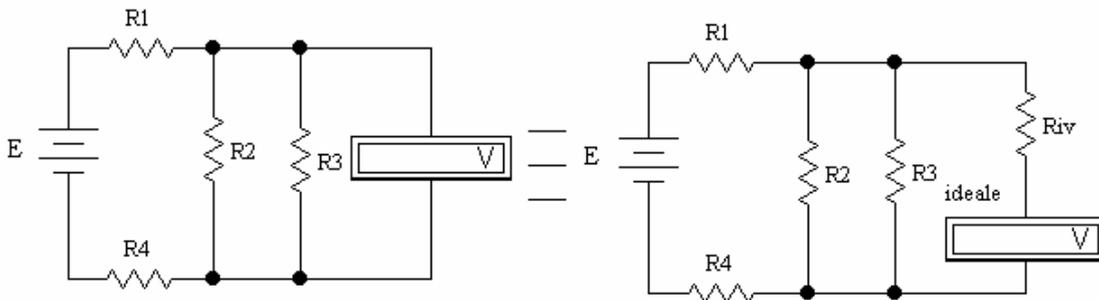
Le varie portate risultano multipli e sottomultipli di 2.

#### 4.2.1. – Pannello tipo di un multimetro digitale 4½ digit



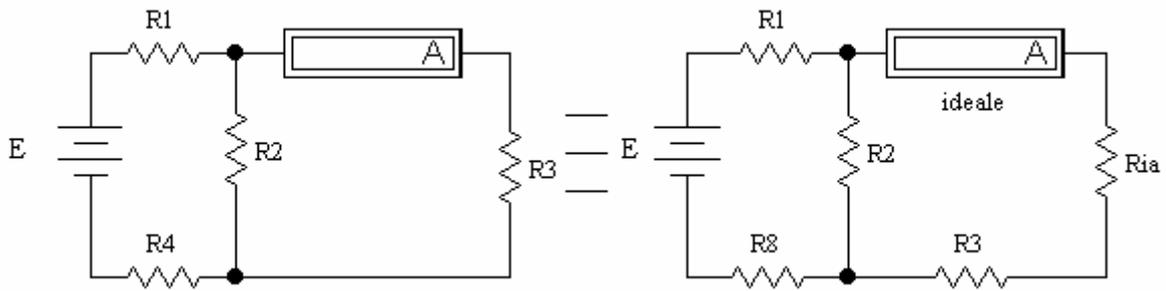
#### 4.2.2. – Inserzione dello strumento nel circuito

**Voltmetro:** usato come voltmetro, ai terminali d'ingresso del multimetro deve esserci la stessa tensione da misurare; pertanto, il voltmetro deve essere inserito in parallelo ai punti, o ramo, o elemento di cui si vuole misurare la differenza di potenziale.



Il voltmetro è equivalente ad un voltmetro ideale con in serie una resistenza equivalente  $R_{iv}$ . Inserire un voltmetro in derivazione alla resistenza  $R_3$  equivale a inserire in parallelo a  $R_3$  una resistenza di valore  $R_{iv}$ ; ciò farà diminuire la resistenza complessiva tra i punti di cui si vuole misurare la differenza di potenziale e, quindi, farà diminuire tale differenza di potenziale. Nel caso del multimetro digitale, la resistenza  $R_{iv}$  ha un valore prossimo ai  $10M\Omega$ . Se  $R_3$  risulta molto minore di  $R_{iv}$ , il parallelo  $R_3 - R_{iv}$  risulta circa uguale ad  $R_3$ , ossia la differenza di potenziale tra i punti considerati non cambia apprezzabilmente. Nella maggior parte dei casi, l'inserzione del multimetro digitale (come voltmetro) non perturba la tensione da misurare.

**Amperometro:** usato come amperometro, bisogna che la corrente da misurare attraversi lo strumento; pertanto, l'amperometro va inserito in serie al ramo di cui si vuole misurare la corrente.



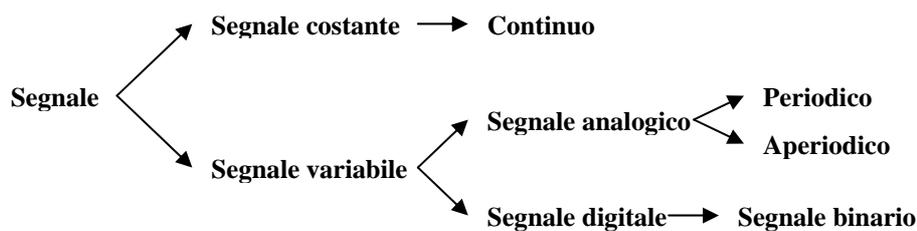
L'amperometro è equivalente ad un amperometro ideale con in serie una resistenza  $R_{ia}$ . Inserire un amperometro in serie alla resistenza  $R_3$  equivale ad inserire in serie ad essa una resistenza di valore  $R_{ia}$ . Ciò farà aumentare la resistenza complessiva nel ramo di cui si vuole misurare la corrente, e, quindi, farà diminuire tale corrente.

Nel caso del multimetro digitale, la resistenza  $R_{ia}$  ha un valore di alcune decine di ohm. Per lo più,  $R_{ia}$  è trascurabile rispetto alla resistenza del ramo di cui si vuole misurare la corrente; pertanto, nella maggior parte dei casi l'inserzione del multimetro digitale (come amperometro) non perturba la corrente da misurare.

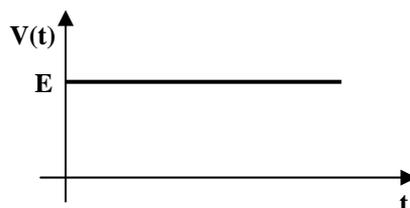
**In prima approssimazione, il voltmetro digitale equivale ad un circuito aperto, l'amperometro digitale equivale ad un corto circuito.**

## 5. - Segnali

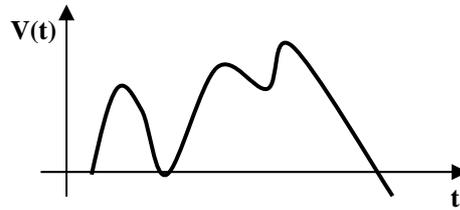
### - Classificazione dei segnali



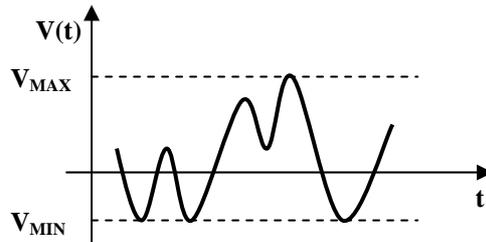
- **Segnale continuo:** l'ampiezza (il valore) rimane costante nel tempo.



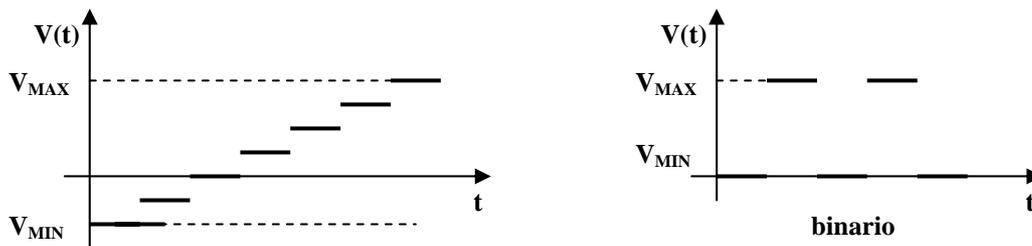
- **Segnale variabile:** l'ampiezza (il valore) cambia nel tempo.



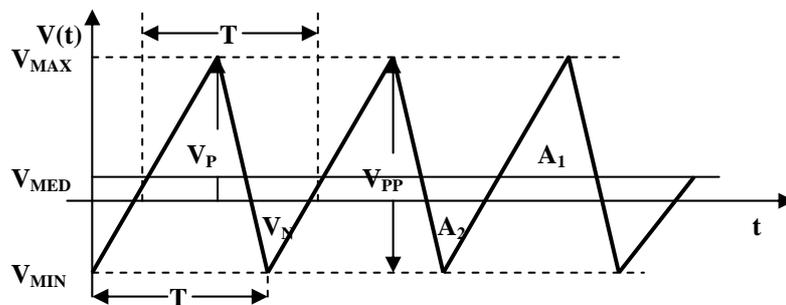
- **Segnale analogico:** può assumere, nel tempo, tutti i possibili valori in un intervallo.



- **Segnale digitale:** può assumere, nel tempo, un numero finito di valori compresi in un intervallo (se i valori sono solo due si parla di segnale binario).



- **Segnale aperiodico:** ha un andamento, nel tempo, del tutto casuale e non è, in genere, esprimibile da alcuna espressione matematica.
- **Segnale periodico:** è un segnale le cui variazioni hanno un andamento ciclico: dopo avere assunto, in una determinata successione, tutti i suoi possibili valori, il segnale ripete altri cicli identici, ripetendo, nello stesso ordine e a distanza di uno stesso intervallo di tempo, tutti i valori precedenti.



- **Segnale alternato:** segnale periodico a valore medio nullo.

## 5.1. – Principali parametri dei segnali periodici

- **Periodo (T):** è l'intervallo di tempo sempre costante dopo il quale il segnale riacquista lo stesso valore; ovvero, è l'intervallo di tempo sempre costante impiegato dal segnale a compiere un ciclo.
- **Frequenza (f):** è il numero di cicli che il segnale compie in un secondo:  $f = \frac{1}{T}$ . Tale grandezza, che come dimensioni è  $s^{-1}$ , viene misurata in Hz (hertz).
- **Valore massimo o di picco:** è il valore più alto, e sempre uguale, raggiunto dal segnale in ogni periodo.
- **Valore minimo o di picco negativo:** è il valore più basso, e sempre uguale, raggiunto dal segnale in ogni periodo.
- **Valore picco-picco:** è l'ampiezza dell'intervallo di variazione del segnale, ossia la differenza tra i due valori estremi (massimo e minimo).
- **Valore medio in un periodo:** è la media temporale dei valori assunti dalla grandezza periodica in un ciclo. Per il segnale di figura, il valore medio si calcola come rapporto tra la somma algebrica delle aree  $A_1$  e  $A_2$  e il periodo T. Si prendono positive le aree al di sopra dell'asse dei tempi, negative quelle al di sotto.

$$V_{MED} = \frac{A_1 - A_2}{T}$$

Nel caso di un generico segnale:  $V_{MED} = \frac{1}{T} \int_0^T v(t) dt = \frac{1}{T} \int_t^{t+T} v(t) dt$

- **Valore efficace o valore quadratico medio:** è definito, per le grandezze elettriche, come il valore della grandezza che, mantenuta costante in un resistore per un tempo pari a un periodo, produrrebbe lo stesso effetto termico del segnale variabile (in inglese RMS, Root Mean Square):

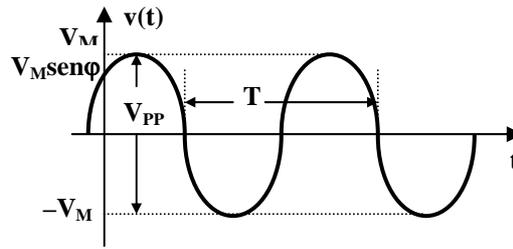
$$V_{MED} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [v(t)]^2 dt} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_t^{t+T} [v(t)]^2 dt}$$

## 5.2. – Segnali alternati di uso frequente

### 5.2.1. - Il segnale armonico o sinusoidale

Il segnale armonico è un segnale periodico a valore medio nullo la cui ampiezza varia nel tempo con una legge esprimibile da una funzione sinusoidale:

$$v(t) = V_M \text{sen}(\omega t + \varphi)$$

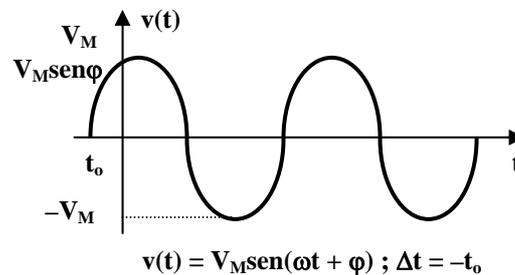
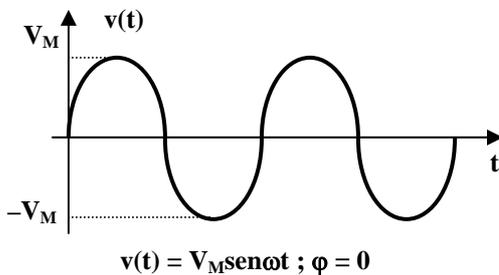


dove  $V_M$  è l'ampiezza (valore di picco),  $\omega$  è la pulsazione o frequenza angolare,  $\varphi$  è la fase.

**Pulsazione, periodo, frequenza:** la quantità  $\omega t$  è un angolo:  $\omega t = \vartheta \Rightarrow \omega = \frac{\vartheta}{t}$ , quindi  $\omega$  ha le dimensioni rad/s, ossia  $\omega$  è una velocità angolare. Il valore di  $\omega$  definisce la velocità di variazione della grandezza; tanto più grande è  $\omega$  tanto più rapidamente varia  $v(t)$ . Poiché in un periodo  $T$  l'angolo varia di  $2\pi$ , si ha:  $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi f$ .

**Il valore efficace:**  $V_{\text{eff}} = \frac{V_M}{\sqrt{2}}$

**La fase iniziale:** è un angolo e indica il fatto che il segnale armonico non “inizia” (cioè non passa da zero con tendenza a crescere) nell'istante  $t = 0$ , ossia anticipa o ritarda, secondo che  $\varphi$  è positivo o negativo, rispetto alla sinusoida con fase  $\varphi = 0$ .



Poiché  $\varphi$  è una frazione di un angolo giro ( $2\pi$ ),  $\Delta t$  è una frazione del periodo  $T$ .  $\Delta t$  si determina imponendo  $v(t) = 0$  quando si pone  $t = t_0$ :

$$v(t) = V_M \text{sen}(\omega t_0 + \varphi) = V_M \text{sen}(-\omega \Delta t + \varphi) = 0 \Rightarrow$$

$$\Rightarrow -\omega \Delta t + \varphi = 0 \Rightarrow \omega \Delta t = \varphi \Rightarrow \Delta t = \frac{\varphi}{\omega} \Rightarrow t_0 = -\frac{\varphi}{\omega}$$

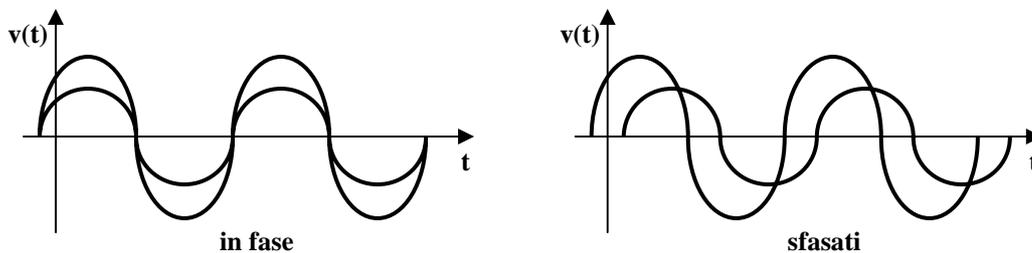
- Se  $\varphi > 0 \Rightarrow t_0 < 0 \Rightarrow \Delta t > 0 \Rightarrow$  il segnale è in anticipo rispetto a quello con fase nulla;
- Se  $\varphi < 0 \Rightarrow t_0 > 0 \Rightarrow \Delta t < 0 \Rightarrow$  il segnale è in ritardo rispetto a quello con fase nulla.

## Sfasamento tra due segnali armonici isofrequenziali

La scelta dell'istante  $t = 0$  è un puro arbitrio di chi osserva o descrive un fenomeno. Perciò l'angolo  $\varphi$ , finché ci si occupa di un singolo segnale, non ha alcuna rilevanza. Quando invece si osserva un insieme di segnali di uguale frequenza (isofrequenziali), diviene importante tener conto dei reciproci spostamenti nel tempo; in questo caso si fa, di solito, coincidere l'istante  $t = 0$  con l'”inizio” del ciclo di un segnale, che fa da riferimento, in modo che la fase iniziale di questo risulti pari a zero, mentre gli angoli contenuti nelle espressioni di tutti gli altri segnali dell'insieme rappresentano lo spostamento nel tempo di questi ultimi rispetto al segnale assunto come riferimento.

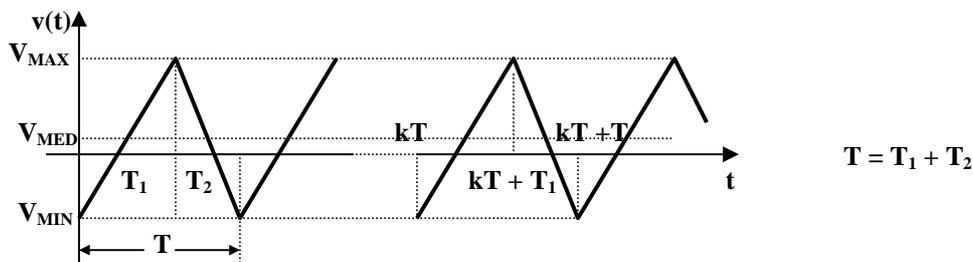
Più segnali armonici isofrequenziali tra i quali non vi è spostamento nel tempo si dicono in fase tra loro. Se invece vi è spostamento reciproco nel tempo i segnali si dicono **sfasati** e l'angolo che quantifica tale spostamento viene chiamato **angolo di sfasamento**, o semplicemente **sfasamento** tra i segnali stessi.

Lo sfasamento tra i segnali, a differenza della fase iniziale, non dipende dalla scelta, arbitraria, dell'origine dell'asse dei tempi. .



### 5.2.2. - Il segnale triangolare

Un segnale triangolare è un segnale costituito dall'alternanza di una rampa crescente e da una rampa decrescente.



Per ottenere l'equazione che descrive l'andamento del segnale nel tempo, si calcola l'equazione della rampa crescente per  $t$  compreso nell'intervallo  $[kT; kT + T_1)$  e l'equazione della rampa decrescente per  $t$  compreso nell'intervallo  $[kT + T_1; kT + T)$ .

**Rampa in salita per**  $kT \leq t < kT + T_1$

Si assume come punto iniziale  $(kT; V_{MIN})$ . Si calcola il coefficiente angolare:

$$m = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{kT + T_1 - kT} = \frac{V_{MAX} - V_{MIN}}{T_1}.$$

L'equazione della rampa è:

$$v(t) - V_{\text{MIN}} = \frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}}{T_1} \cdot (t - kT) \Rightarrow v(t) = \frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}}{T_1} \cdot (t - kT) + V_{\text{MIN}}$$

Posto  $\frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}}{2} = V_M$  e  $\frac{V_{\text{MAX}} + V_{\text{MIN}}}{2} = V_{\text{MED}}$ , si ha:

$$\begin{cases} V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}} = 2V_M \\ V_{\text{MAX}} + V_{\text{MIN}} = 2V_{\text{MED}} \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} V_{\text{MAX}} = 2V_M + V_{\text{MIN}} \Rightarrow V_{\text{MAX}} = V_{\text{MED}} + V_M \\ 2V_M + V_{\text{MIN}} + V_{\text{MIN}} = 2V_{\text{MED}} \Rightarrow V_{\text{MIN}} = V_{\text{MED}} - V_M \end{cases}$$

Sostituendo nell'equazione della rampa crescente, si ha:

$$v(t) = \frac{2V_M}{T_1} \cdot (t - kT) + V_{\text{MED}} - V_M = V_{\text{MED}} + \frac{2V_M}{T_1} \cdot (t - kT) - V_M$$

**Rampa in discesa per**  $kT + T_1 \leq t < kT + T$

Si assume come punto iniziale  $(kT + T_1; V_{\text{MAX}})$ . Si calcola il coefficiente angolare:

$$m = \frac{V_{\text{MIN}} - V_{\text{MAX}}}{kT + T - kT - T_1} = -\frac{V_{\text{MAX}} - V_{\text{MIN}}}{T - T_1} = -\frac{2V_M}{T_2}$$

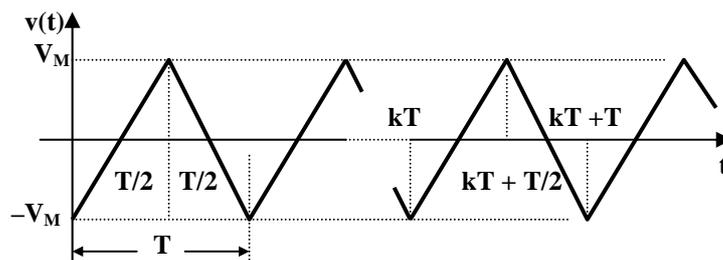
L'equazione della rampa è:

$$v(t) - V_{\text{MAX}} = -\frac{2V_M}{T_2} \cdot (t - T_1 - kT) \Rightarrow v(t) = V_{\text{MED}} - \frac{2V_M}{T_2} \cdot (t - T_1 - kT) + V_M$$

**Riassumendo**

$$v(t) = \begin{cases} V_{\text{MED}} + \frac{2V_M}{T_1} \cdot (t - kT) - V_M & \text{per } kT \leq t < T_1 + kT \\ V_{\text{MED}} - \frac{2V_M}{T_2} \cdot (t - T_1 - kT) + V_M & \text{per } T_1 + kT \leq t < T + kT \end{cases}$$

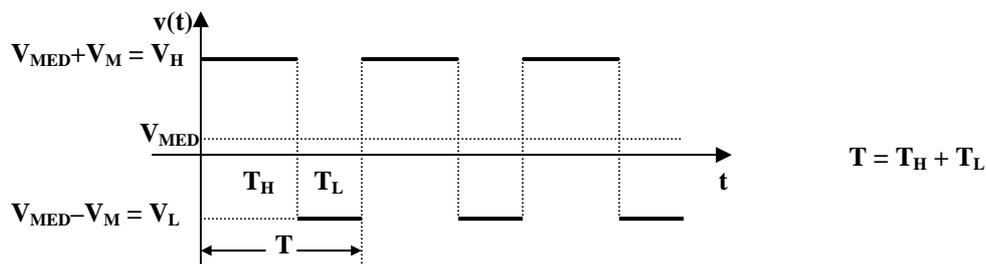
Nel caso di onda triangolare con uguali semiperiodi e valore medio nullo, si ha:



$$v(t) = \begin{cases} \frac{4V_M}{T} \cdot (t - kT) - V_M & \text{per } kT \leq t < \frac{T}{2} + kT \\ -\frac{4V_M}{T} \cdot \left(t - \frac{T}{2} - kT\right) + V_M & \text{per } \frac{T}{2} + kT \leq t < T + kT \end{cases}$$

### 5.2.3. - Il segnale rettangolare

Il segnale rettangolare è un segnale che assume nel tempo due soli valori distinti, passando dall'uno all'altro ad intervalli di tempo regolari; la transizione tra i due valori avviene in un tempo teoricamente nullo.



Il segnale rettangolare ideale è caratterizzato dai valori dei due livelli, che vengono di solito chiamati livello alto  $V_H$  e livello basso  $V_L$  e dalla durata  $T_H$  e  $T_L$  di tali livelli.

L'equazione che descrive il segnale è:

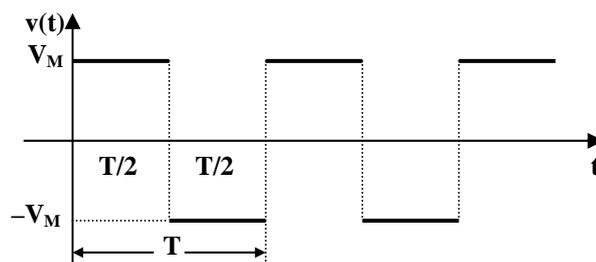
$$v(t) = \begin{cases} V_H = V_{MED} + V_M & \text{per } kT \leq t < T_H + kT \\ V_L = V_{MED} - V_M & \text{per } T_H + kT \leq t < T + kT \end{cases}$$

avendo posto  $\frac{V_H - V_L}{2} = V_M$  e  $\frac{V_H + V_L}{2} = V_{MED}$ .

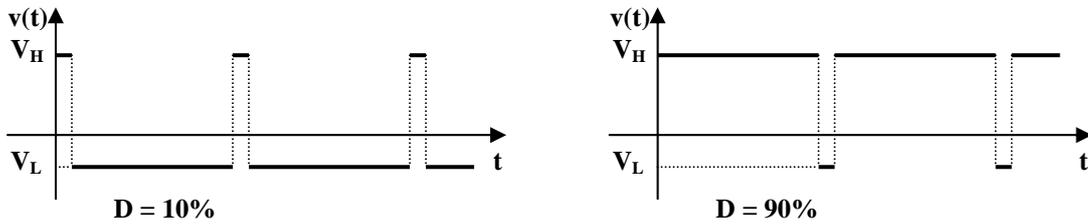
Un altro parametro utilizzato nella descrizione dei segnali rettangolari è il ciclo utile (duty cycle), definito come la durata percentuale del livello alto rispetto al periodo.

$$D = \frac{T_H}{T} \cdot 100 = \frac{T_H}{T_H + T_L} \cdot 100 \quad \text{con } 0 < D < 1$$

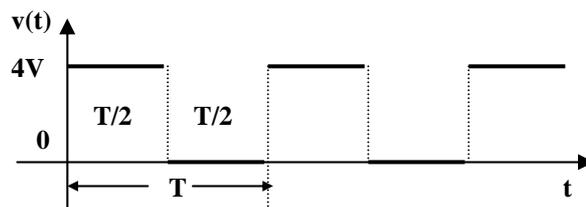
Viene chiamato onda quadra un segnale rettangolare con ciclo utile del 50%.



Un segnale rettangolare con ciclo utile molto lontano dal 50% viene detto treno di impulsi o forma impulsiva periodica.



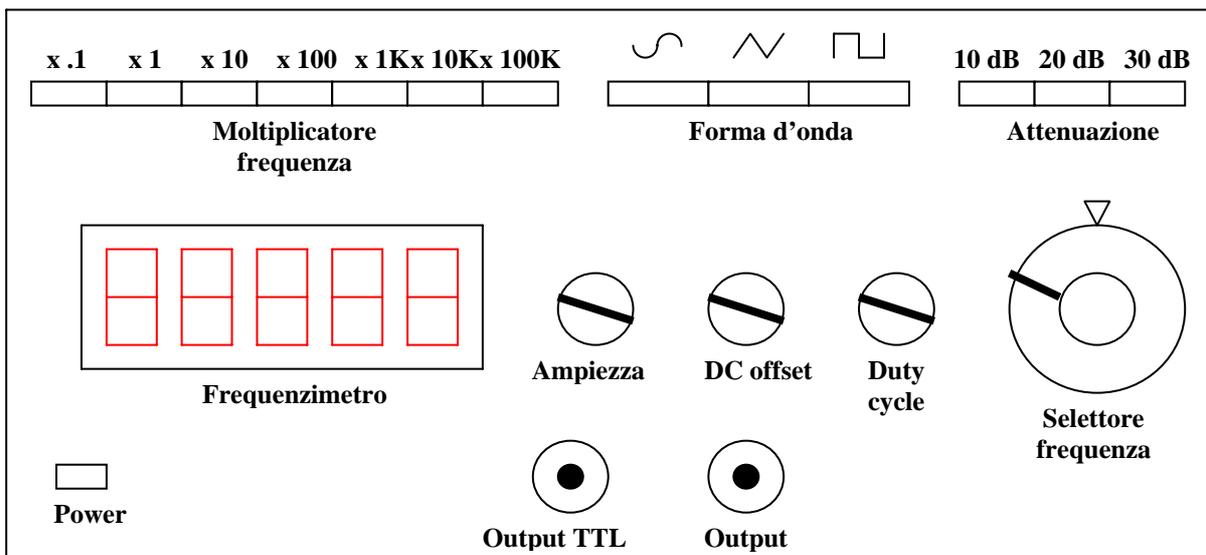
### 5.2.4. - Il segnale TTL



## 5.3. – Generatore di funzioni

Il generatore di funzioni è uno strumento in grado di fornire in uscita segnali sinusoidali, ad onda quadra, ad onda triangolare, di tipo TTL, con possibilità di regolazione dell'ampiezza, della frequenza, del valore medio (sovrapposizione al segnale di una componente continuo positiva o negativa).

### 5.3.1. – Pannello tipo di un generatore di funzioni



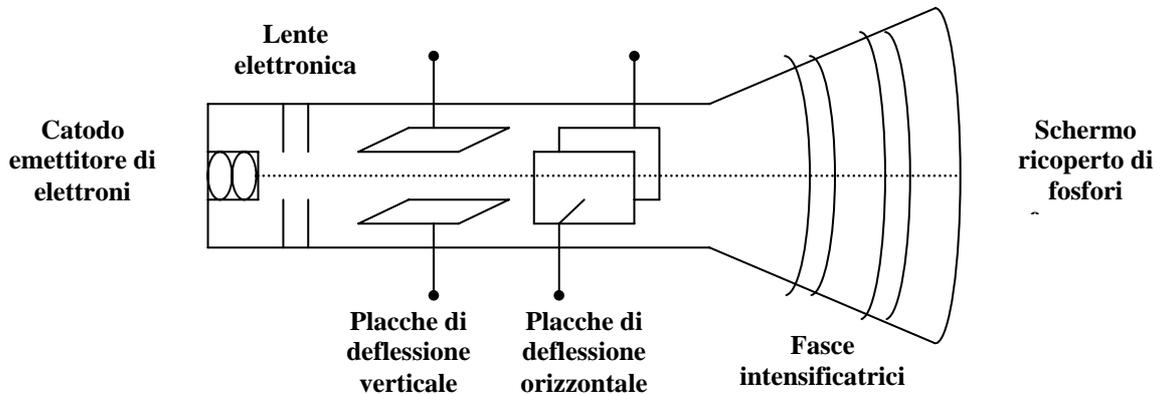
- **Power:** pulsante di accensione.
- **Moltiplicatore frequenza:** mediante questi pulsanti si definisce la portata.
- **Selettore frequenza:** consente di regolare la frequenza in modo continuo nel campo dei valori della portata scelta.
- **Frequenzimetro:** a volte è presente un frequenzimetro con visualizzazione numerica della frequenza.
- **Forma d'onda:** pulsanti di selezione della forma d'onda.
- **Ampiezza:** consente di regolare l'ampiezza della forma d'onda in un campo definito (ad esempio da 0,5V a 5V).
- **Attenuazione:** produce una attenuazione dell'ampiezza del segnale, ossia produce una traslazione dell'intervallo di regolazione. Ad esempio, premendo il pulsante 20dB si passa dall'intervallo di variazione 0,5V ÷ 5V all'intervallo di variazione 0,05 ÷ 0,5V, ossia si produce una attenuazione di 10 volte dell'ampiezza. Ciò consente una migliore regolazione delle piccole ampiezze.
- **DC offset:** consente di sommare al segnale d'uscita una componente continua positiva o negativa, regolabile in un intervallo prefissato.
- **Output:** BNC tramite il quale si preleva il segnale.
- **Duty cycle:** consente di regolare, fissato il periodo (frequenza), la durata del livello alto rispetto a quello basso, ossia rendere diseguali i due semiperiodi:

$$D = \frac{T_H}{T_H + T_L}$$

- **Output:** BNC tramite il quale si preleva il segnale.
- **Output TTL:** BNC tramite il quale si preleva un segnale TTL di cui si può regolare solo la frequenza e il duty cycle.

## 5.4. – Oscilloscopio

È uno strumento che permette di visualizzare segnali periodici di tensione. È essenzialmente costituito da un tubo a raggi catodici.



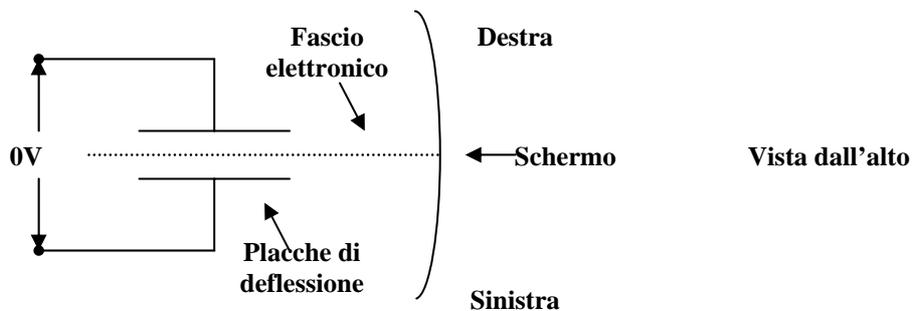
Il catodo emette, per effetto termoionico, elettroni. Tali elettroni vengono accelerati verso lo schermo dalle fasce intensificatrici, mantenute ad elevato potenziale positivo rispetto al catodo.

La lente elettronica riduce gli elettroni emessi ad un sottile fascio o pennello elettronico.

Le placche di deflessione spostano il fascio degli elettroni verticalmente e orizzontalmente.

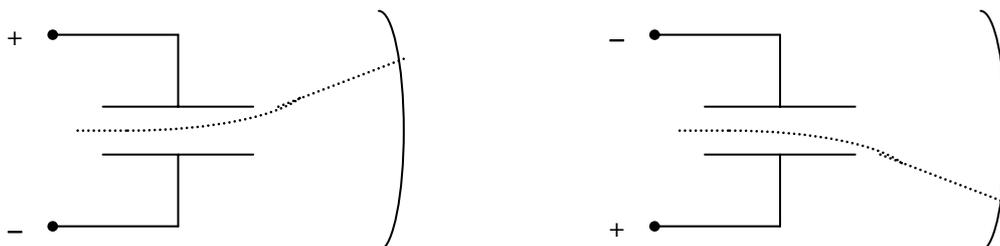
Lo schermo è ricoperto di fosfori che, colpiti dagli elettroni, emettono, per un breve istante, luce. Se un punto dello schermo viene colpito con frequenza sufficientemente alta, la luminosità del punto sarà persistente.

Le placche di deflessione sono due armature metalliche parallele separate da una distanza  $d$ . a tutti gli effetti sono assimilabili a dei condensatori.

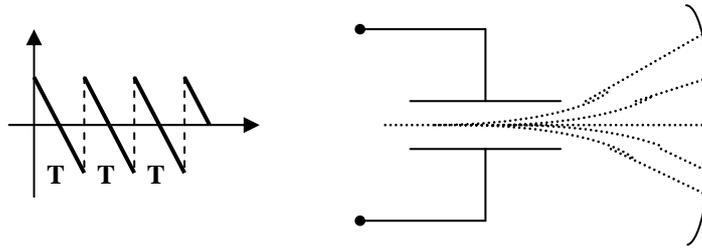


Se tra le armature non è applicata alcuna differenza di potenziale, il fascio elettronico colpisce lo schermo nel centro.

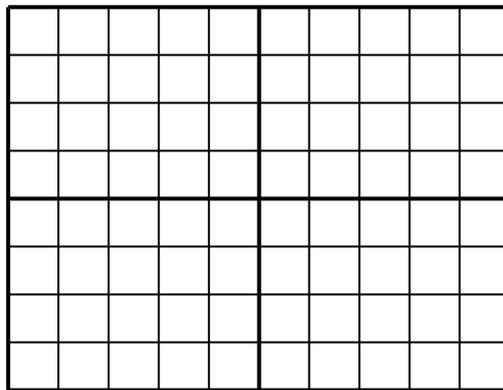
Se si applica una differenza di potenziale, il fascio elettronico verrà spostato verso destra o verso sinistra a seconda della polarità della tensione applicata.



Se si applica un segnale a dente di sega, il fascio elettronico spazzolerà in orizzontale lo schermo periodicamente.



In ogni periodo T il fascio elettronico si sposta da sinistra a destra con una velocità dipendente dalla frequenza (ovvero del periodo) del segnale a dente di sega.  
Lo schermo è quadrettato, con quadretti di un centimetro di lato.



Se la velocità di spazzolamento è bassa si vedrà un punto luminoso muoversi da sinistra a destra ; se la velocità di spazzolamento è sufficientemente alta, si vedrà una riga luminosa continua.

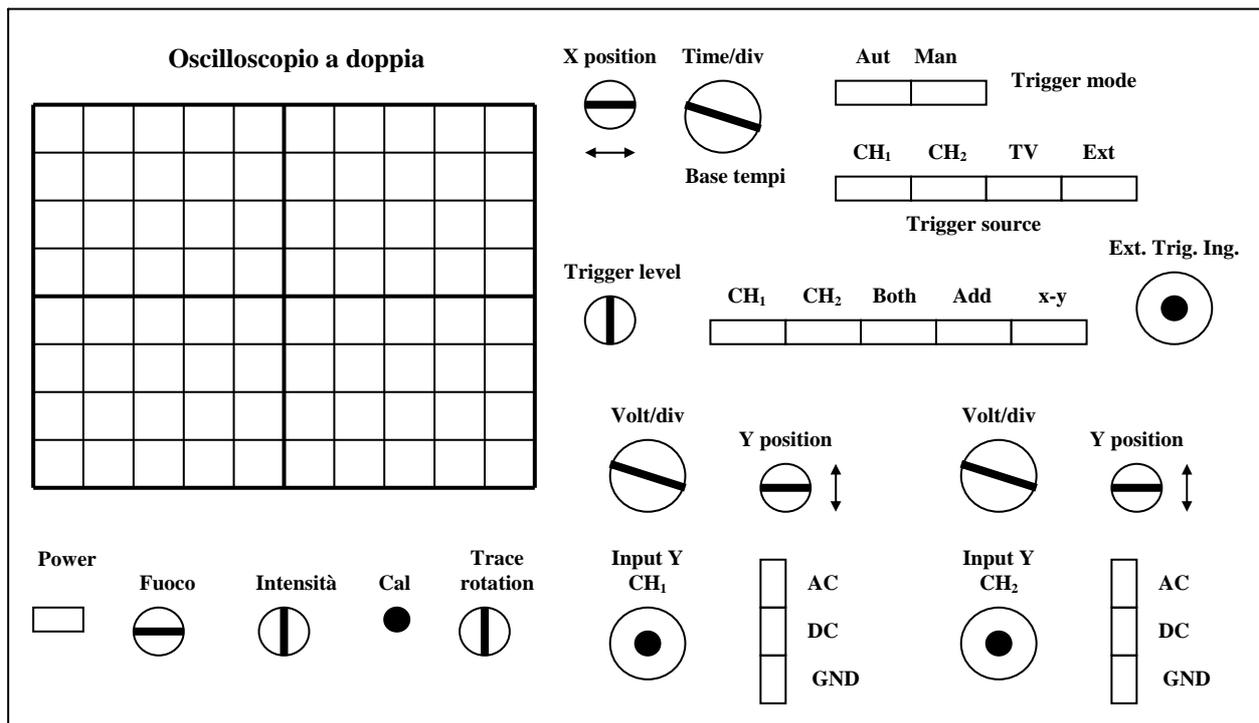
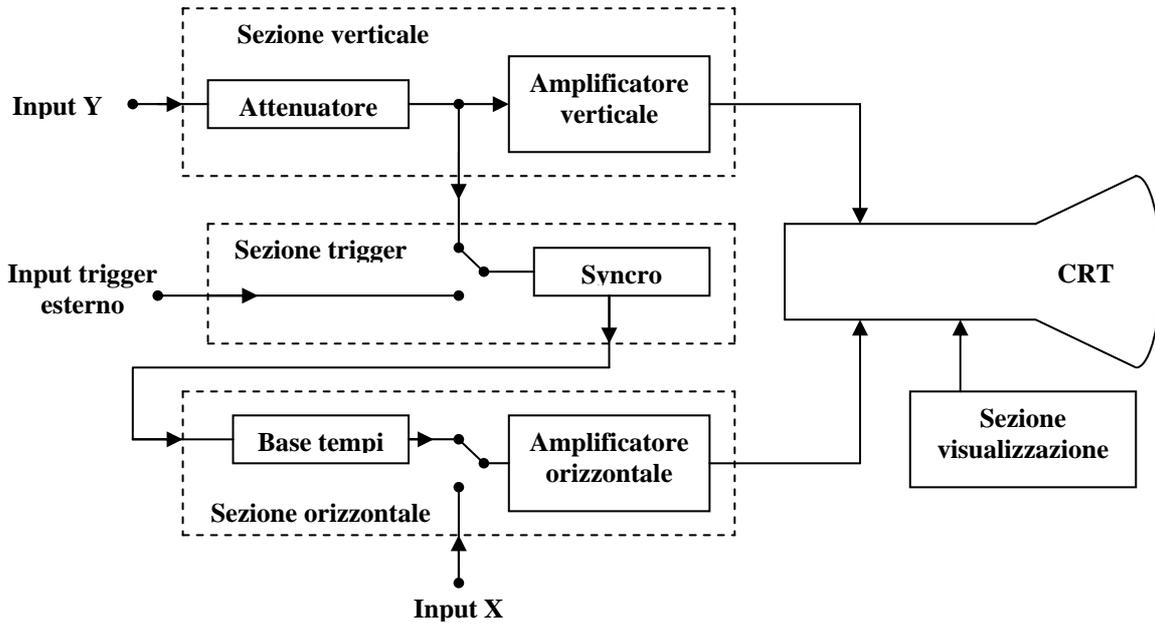
I 10 quadretti in cui è suddiviso l'asse orizzontale vengono spazzolati in un tempo pari a T; pertanto, la velocità di percorrenza di un quadretto è uguale a  $\frac{1}{10T}$ , ossia, relativamente al tempo,

ogni quadretto vale  $\frac{1}{10T}$ . Se varia la frequenza (periodo) del segnale a dente di sega, varia anche il tempo di percorrenza associato ad ogni quadretto, ossia lo schermo, in orizzontale, può essere spazzolato più o meno velocemente.

Se si applica, contemporaneamente, un segnale alle placche di deflessione verticale, il fascio elettronico si sposterà verticalmente proporzionalmente al valore istantaneo della tensione applicata, mentre si sposta da sinistra a destra, riproducendo la forma d'onda applicata, se la frequenza di tale segnale è uguale o multiplo della frequenza del segnale a dente di sega.

Perché la visualizzazione della forma d'onda risulti chiara e stabile, la traccia oscillografica deve iniziare sempre dallo stesso valore, ossia essa deve triggerare ad un determinato valore l'istante iniziale della scansione orizzontale.

### 5.4.1. – Schema a blocchi e pannello tipo di un oscilloscopio



Un tipico oscilloscopio è composto di quattro sezioni:

- **Sezione verticale**
- **Sezione orizzontale**
- **Sezione trigger o di sincronizzazione**
- **Sezione visualizzazione**

**Sezione verticale:** è costituita da un attenuatore e da un amplificatore. L'attenuatore (un partitore di tensione) permette di regolare la sensibilità dell'asse Y. L'amplificatore pilota le placche di deflessione verticale. Il segnale d'ingresso viene inserito mediante un BNC.

In questa sezione sono presenti i comandi:

- a. **Volt/div:** permette la regolazione dell'asse Y, ossia definisce il valore di ogni quadretto dello schermo in Volt. Ad esempio, 2V/div indica che ogni quadretto vale 2V (ce n'è uno per ogni ingresso).
- b. **CH<sub>1</sub>, CH<sub>2</sub>, Both, Add, x-y:** con funzionamento con base dei tempi interna è possibile lavorare con un singolo canale (CH<sub>1</sub> o CH<sub>2</sub>), oppure con entrambi contemporaneamente (Both), o visualizzare la loro somma (Add). In funzionamento x-y la scansione orizzontale viene pilotata dal segnale presente su CH<sub>2</sub> (sullo schermo si ha il grafico della funzione d'uscita).
- c. **AC, DC, GND:** in modo AC viene eliminata dal segnale d'ingresso qualunque componente continua (in serie al segnale viene inserita una capacità che blocca le componenti continue; in modo DC viene visualizzato il segnale con tutte le sue componenti; in modo GND l'ingresso viene connesso direttamente a massa (qualunque segnale d'ingresso viene cortocircuitato a massa).
- d. **Y position:** permette lo spostamento verticale della traccia oscillografica (ce n'è uno per ogni ingresso).

**Sezione orizzontale:** è costituita dalla base tempi e da un amplificatore. La base tempi produce la tensione a dente di segna per la deflessione orizzontale. L'amplificatore pilota le placche di deflessione orizzontale. In questa sezione sono presenti i comandi:

- a. **Time/div:** definisce la scala temporale dell'asse x, ossia definisce quanto vale ogni quadretto in termini di tempo.
- b. **x position:** consente di spostare la traccia oscillografica orizzontalmente.

**Sezione trigger o di sincronizzazione:** la funzione del trigger è quella di fare partire le scansioni orizzontali quando il segnale d'ingresso assume sempre un determinato valore, ossia di sincronizzare la scansione orizzontale al segnale da visualizzare (sincronizzare la base dei tempi al segnale). In questa sezione sono presenti i comandi:

- a. **Trigger source:** permette di selezionare il segnale scelto per la sincronizzazione del trigger. Se si sceglie uno dei canali d'ingresso (CH<sub>1</sub> o CH<sub>2</sub>), si dice che il trigger funziona con sorgente interna. Se si sceglie Ext, la scansione orizzontale viene sincronizzata col segnale applicato all'ingresso di sincronismo esterno, detto anche ingresso orizzontale o ingresso X. Se si sceglie TV, la sincronizzazione avviene su forme d'onda tipiche di segnali dei ricevitori televisivi.
- b. **Trigger level:** consente di fissare il valore della tensione del segnale a cui corrisponde l'inizio della singola scansione orizzontale.

- c. **Trigger mode:** in funzionamento auto (Aut), la scansione orizzontale è attivata anche in assenza di segnale da visualizzare; ciò garantisce la presenza della traccia orizzontale. In funzionamento manuale (Man) e in assenza di segnale in ingresso non si ha alcuna traccia sullo schermo.

**Sezione visualizzazione:** tale sezione contiene i comandi per ottenere una buona definizione della traccia sullo schermo. In questa sezione sono presenti i comandi:

- a. **Power:** interruttore di accensione e spegnimento
- b. **Fuoco:** regola la messa a fuoco della traccia.
- c. **Intensità:** permette la regolazione dell'intensità luminosa della traccia.
- d. **Calibrazione:** punto di prelievo di un segnale di determinata forma, ampiezza e frequenza per la verifica del corretto funzionamento dell'oscilloscopio, per la calibrazione degli ingressi Y e della base tempi.
- e. **Trace rotation:** si tratta, in genere, della testa di una vite tramite la quale è possibile regolare la perfetta orizzontalità della traccia.

## INDICE

<b>1. – Multipli e sottomultipli</b>	<b>1</b>
<b>1.1. – Esercizi da assegnare</b>	<b>1</b>
<b>2. – Resistenze. Codice dei colori e valori commerciali</b>	<b>2</b>
<b>3. – Piastra per assemblaggi sperimentali (bread-board)</b>	<b>3</b>
<b>4. Strumenti di uso comune nel laboratorio di elettronica</b>	<b>4</b>
<b>4.1. – alimentatore stabilizzato</b>	<b>4</b>
4.1.1. – Pannello tipo di un alimentatore doppio a tensione fissa	4
4.1.2. – Pannello tipo di un alimentatore doppio a tensione variabile	5
<b>4.2. – Multimetro digitale</b>	<b>5</b>
4.2.1. – Pannello tipo di un multimetro digitale 4½ digit	6
4.2.2. – Inserzione dello strumento nel circuito	6
<b>5. - Segnali</b>	<b>7</b>
<b>5.1. – Principali parametri dei segnali periodici</b>	<b>9</b>
<b>5.2. – Segnali alternati di uso frequente</b>	<b>9</b>
5.2.1. - Il segnale armonico o sinusoidale	9
5.2.2. - Il segnale triangolare	11
5.2.3. - Il segnale rettangolare	13
5.2.4. - Il segnale TTL	14
<b>5.3. – Generatore di funzioni</b>	<b>14</b>
5.3.1. – Pannello tipo di un generatore di funzioni	14
<b>5.4. – Oscilloscopio</b>	<b>16</b>
5.4.1. – Schema a blocchi e pannello tipo di un oscilloscopio	18