

ELETTROTECNICA APPLICATA ALL'AUTOVEICOLO



INDICE

ELETTROTECNICA APPLICATA ALL'AUTOVEICOLO	1
INDICE	2
1.1. L'ATOMO	4
1.2. CONDUTTORI ED ISOLANTI	5
1.3. LA RESISTENZA ELETTRICA	6
1.4. CODICE COLORI DELLE RESISTENZE	7
1.5. RESISTENZE VARIABILI (POTENZIOMETRI)	9
1.5.1. ESEMPIO DI POTENZIOMETRO	10
1.6. RESISTENZE VARIABILI CON LA TEMPERATURA (NTC e PTC)	11
1.7. LA CORRENTE ELETTRICA	13
1.8. LA TENSIONE ELETTRICA	15
1.9. GENERATORI DI TENSIONE: LA BATTERIA	17
1.10. GENERATORI DI TENSIONE: L'ALTERNATORE	19
1.10.1. BATTERIA: PROVA DI TENSIONE EROGATA	20
1.10.2. BATTERIA: PROVA DI CORRENTE EROGATA	21
1.11. LEGGE DI OHM	22
1.12. CONCETTO DI CADUTA DI TENSIONE	24
1.13. CARATTERISTICA DI EROGAZIONE DELLA BATTERIA	26
1.13.1. IL MODELLO DELLA BATTERIA	27
1.14. CONVENZIONE DEI GENERATORI ED UTILIZZATORI	29
1.14.1. ESEMPIO TRATTO DA MANUALE DI ASSISTENZA TECNICA	32
1.15. RETI ELETTRICHE: CONCETTO DI NODO E DI MAGLIA	33
1.16. CONCETTO DI MASSA	35
1.16.1. MASSA NON PERFETTAMENTE COLLEGATA	36
1.16.2. MASSA STACCATA	37
1.16.3. DIFFERENZE TRA MASSA E TERRA	38
1.17. CONCETTO DI CORTOCIRCUITO E DI SOVRACCARICO	39
1.18. LA POTENZA ELETTRICA	41
1.18.1. ESEMPIO: LA LAMPADA	42
1.18.2. EFFETTO DELLA POTENZA ELETTRICA SUI CAVI	43
2. PRINCIPI DI ELETTROSTATICA	44
2.1. IL CAMPO ELETTRICO	44
2.2. IL CONDENSATORE	45
2.2.1. TIPOLOGIE DI CONDENSATORI	46
3. PRINCIPI DI ELETTROMAGNETISMO	49
3.1. IL MAGNETISMO NATURALE	49
3.2. FORZE MAGNETICHE	50
3.3. IL CAMPO MAGNETICO	51
4. L'ELETTROMAGNETISMO	53
4.1.1. CAMPO MAGNETICO NEL SOLENOIDE	54
4.2. INDUZIONE ELETTROMAGNETICA	56
4.3. IL TRASFORMATORE	57
4.4. L'AUTOINDUZIONE E LA MUTUA INDUZIONE	58
4.4.1. ESEMPIO: LA BOBINA DI ACCENSIONE	60
5. GENERAZIONE DI TENSIONE	61
5.1.1. GENERAZIONE CONTINUA DI CORRENTE	62
5.1.2. ESEMPIO: IL SENSORE INDUTTIVO	63
6. GRANDEZZE CONTINUE ED ALTERNATE	65
6.1.1. SEGNALE SINUSOIDALE	66
7. IL MOTORE ELETTRICO	67
8. COMPONENTI ELETTRONICI	69

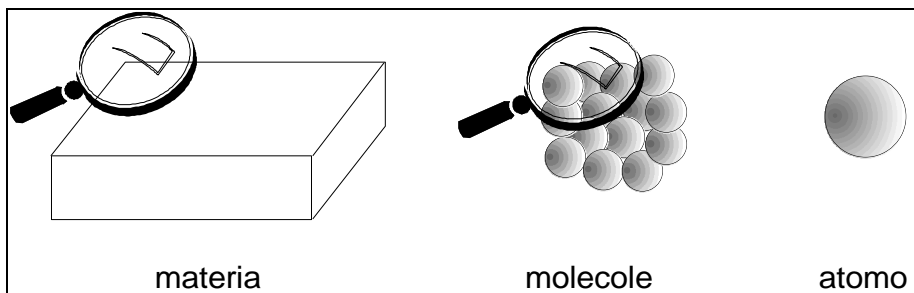
8.1.	I SEMICONDUTTORI	70
8.2.	IL DIODO	71
8.2.1.	POLARIZZAZIONE DIRETTA DI UN DIODO	72
8.2.2.	POLARIZZAZIONE INVERSA DI UN DIODO	73
8.2.3.	DATI CARATTERISTICI DI UN DIODO	74
8.2.4.	FUNZIONAMENTO DEL DIODO IN UN CIRCUITO	75
8.2.5.	LE PRINCIPALI APPLICAZIONI DEI DIODI NELL'AUTOVEICOLO	76
8.2.6.	DIODI PER ALTERNATORI	79
8.3.	IL DIODO ZENER	82
8.3.1.	APPLICAZIONI DEL DIODO ZENER IN AUTOMOTIVE	84
8.4.	IL TRANSISTOR	85
8.5.	EFFETTO HALL	92
9.	OPTOELETTRONICA	93
9.1.1.	LED PARTICOLARI	98
9.1.2.	DISPLAY A CRISTALLI LIQUIDI	99
9.1.3.	IMPIEGO DEI COMPONENTI OPTOELETTRONICI	101
10.	I MATERIALI PIEZOELETTRICI	102
11.	I MATERIALI MAGNETORESISTIVI	105
	MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE	106
1.	CONCETTO DI MISURA	106
1.1.	INCERTEZZA ED ERRORE DI MISURA	107
1.2.	CONFRONTO TRA MISURE	111
1.3.	CARATTERISTICHE DEGLI STRUMENTI DI MISURA	113
1.4.	TIPOLOGIA DI RAPPRESENTAZIONI	114
2.	STRUMENTI PER MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE	116
2.1.	IL MULTIMETRO	117
2.2.	PINZA AMPEROMETRICA	121
3.	FUNZIONI DEL MULTIMETRO	123
3.1.	MISURE DI RESISTENZA - OHMETRO	123
3.2.	MISURE DI CONTINUITÀ	125
3.3.	VOLTMETRO - MISURE DI TENSIONE	126
3.3.1.	MISURE DI TENSIONE CONTINUA	127
3.4.	AMPEROMETRO – MISURE DI CORRENTE	130
3.5.	PROVA DI EFFICIENZA DEL DIODO	132
3.5.1.	VERIFICA DI POLARIZZAZIONE DIRETTA	133
3.5.2.	VERIFICA DI POLARIZZAZIONE INVERSA	133
4.	L'OSCILLOSCOPIO	134
4.1.1.	IL MONITOR	135
4.1.2.	COMANDI GENERALI	136
4.1.3.	COMANDI DI INGRESSO DEL SEGNALE	137
4.1.4.	COMANDI DELLA BASE TEMPI	139
4.1.5.	COMANDI DI AGGANCIO DEL SEGNALE	140
4.1.6.	COMANDI DELLA MODALITÀ VERTICALE	142
4.2.	L'OSCILLOSCOPIO DIGITALE	143

1. LA STRUTTURA DELLA MATERIA

1.1. L'ATOMO

PREMESSA:

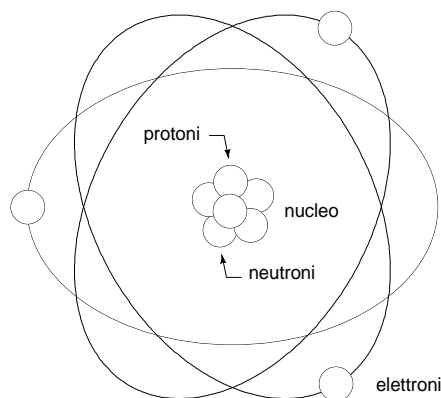
Volendo fornire alcune semplici nozioni di elettricità, è necessario sapere che la materia è costituita da molecole e che queste possono essere formate da uno o più *atomi*.



Struttura della materia.

COSTITUZIONE DELL'ATOMO:

Ogni atomo ha una parte centrale chiamata *nucleo*, costituito da *protoni*, particelle di carica positiva, e da *neutroni*, particelle prive di carica. Protoni e neutroni non possono muoversi. Intorno al nucleo, in zone periferiche (orbite) si trovano gli *elettroni*, particelle piccolissime con carica negativa.

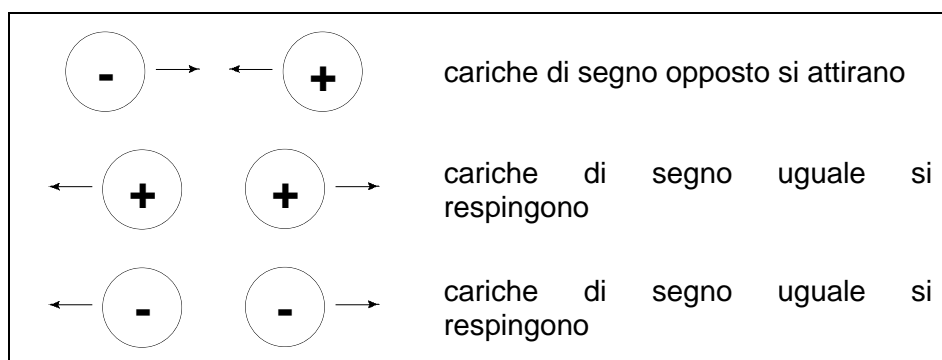


Struttura dell'atomo.

CARICA ELETTRICA:

La carica elettrica è una caratteristica di alcuni corpi tale da indurre delle forze di attrazione o repulsione tra di essi. È importante sapere che cariche di uguale segno si respingono, mentre cariche di segno opposto si attraggono.

La carica dell'elettrone è uguale a quella del protone, perciò un atomo è normalmente neutro.



Repulsione tra le cariche.

1.2. CONDUTTORI ED ISOLANTI**CONDUTTORI:**

I *conduttori* (rame, grafite, metalli in genere) sono materiali nei quali esistono elettroni liberi di muoversi.

ISOLANTI:

Gli *isolanti* sono materiali nei quali gli elettroni, a causa di fortissimi legami con il nucleo, non sono liberi di muoversi.

SEMICONDUTTORI:

Esistono materiali, chiamati *semiconduttori*, che hanno caratteristiche intermedie fra quelle dei conduttori e quelle degli isolanti.

1.3. LA RESISTENZA ELETTRICA

CONCETTO DI RESISTENZA:

Gli elettroni, nel loro movimento lungo un conduttore trovano degli ostacoli, ossia una "resistenza" elettrica.

CARATTERISTICHE DEI CONDUTTORI:

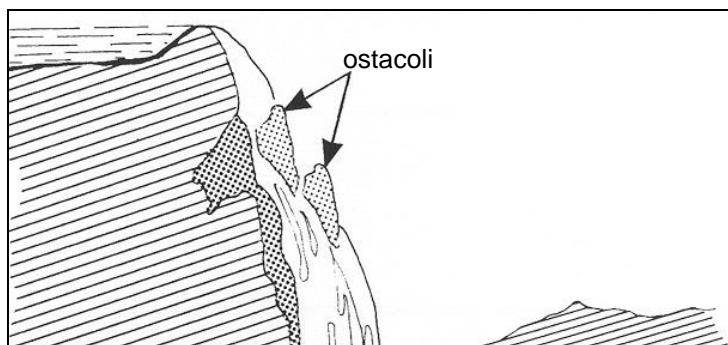
La resistenza di un conduttore è tanto maggiore quanto maggiore è la sua lunghezza e quanto minore è la sua sezione.

Ogni materiale presenta inoltre una certa resistività, che dipende dalla sua natura e rappresenta la facilità con cui gli elettroni possono circolare.

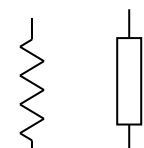
ANALOGIA IDRAULICA:

Utilizziamo l'analogia idraulica per comprendere il concetto di resistenza elettrica.

L'acqua, nel suo percorso, incontra degli ostacoli che oppongono una certa resistenza al suo flusso.



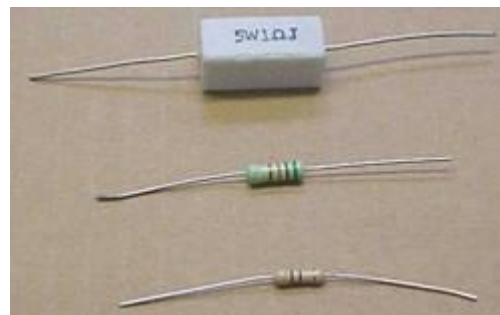
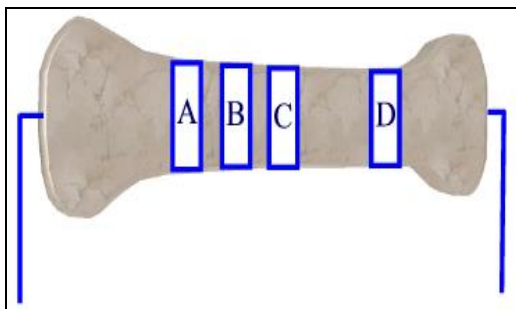
Analogia idraulica della resistenza.

COMPONENTE	GRANDEZZA ELETTRICA	SIMBOLO DELLA G.E.	UNITÀ DI MISURA	SIMBOLO DELLA U. DI M.	SIMBOLI GRAFICI
resistore	resistenza	R	ohm	[Ω]	

1.4. CODICE COLORI DELLE RESISTENZE

PREMESSA:

Le resistenze che si trovano in commercio hanno la forma rappresentata in figura con alcune fasce colorate che ne identificano il valore in ohm.



Schema delle fasce dei colori di una resistenza.

Resistori per impieghi generici

colore	N.	moltiplicatore	tolleranza
nero	0	0	-
marrone	1	10	±1%
rosso	2	100	±2%
arancio	3	1.000	-
giallo	4	10.000	-
verde	5	100.000	±0.5%
blu	6	1.000.000	±0.2%
viola	7	10.000.000	±0.1%
grigio	8	100.000.000	-
bianco	9	1.000.000.000	-
oro	-	-	±5%
argento	-	-	±10%
fasce:	A e B	C	D

CODICE COLORI:

Il significato delle fasce colorate è da interpretare nel seguente modo:

- le fasce sulla sinistra identificano il valore in ohm, quella sulla destra il valore di tolleranza che il costruttore garantisce.
- le fasce sulla sinistra possono essere 3 o 4.
- nel caso di 3 fasce (come in figura) si devono interpretare così:

fascia A = prima cifra

fascia B = seconda cifra

fascia C = moltiplicatore

- nel caso di 4 fasce si devono interpretare così:

fascia A = prima cifra

fascia B = seconda cifra

fascia B" = terza cifra

fascia C = moltiplicatore

Quindi i resistori con 4 fasce hanno una indicazione più precisa del valore di resistenza in ohm.

ESEMPIO:

Analizziamo la seguente configurazione di fasce colorate:



rosso = 2

verde = 5

arancio = 3

oro = ±5%

$$\rightarrow R = 25 \cdot 10^3 = 25 \text{ k}\Omega$$

Quindi la resistenza vale: $R = 25 \text{ k}\Omega \pm 5\%$.

Il costruttore ne garantisce un valore tra 23.75 kΩ e 26.25 kΩ.

APPLICAZIONI

Uno dei più semplici e comuni impieghi elettrici dell'effetto resistivo è la lampada ad incandescenza nella quale il filamento, attraversato dalla corrente, si surriscalda fino all'incandescenza.



Simbolo grafico

1.5. RESISTENZE VARIABILI (POTENZIOMETRI)

PREMESSA:

Una delle caratteristiche dei materiali conduttori è quella della resistività (ρ) il cui significato è il seguente:

$$R = \rho \cdot \frac{L}{S}$$

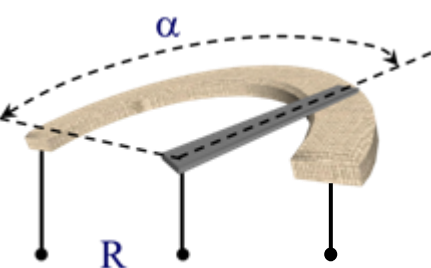
Dove R è la resistenza, L la lunghezza ed S la sezione del conduttore.

Quindi dalla conoscenza della resistenza, della resistività e della sezione si può risalire alla lunghezza.

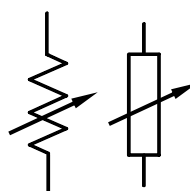
APPLICAZIONI:

Utilizzando un conduttore disposto come in figura ed una slitta che vi scorra sopra è possibile calcolare la posizione angolare (α) della slitta conoscendo la resistenza (R) totale tra i poli.

Questo è quello che si chiama potenziometro e che nel settore veicolistico è usato come rilevatore della posizione del pedale acceleratore.



Struttura di un potenziometro

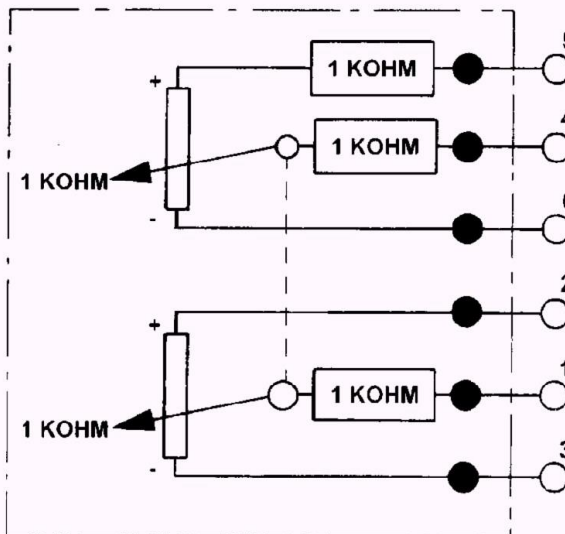
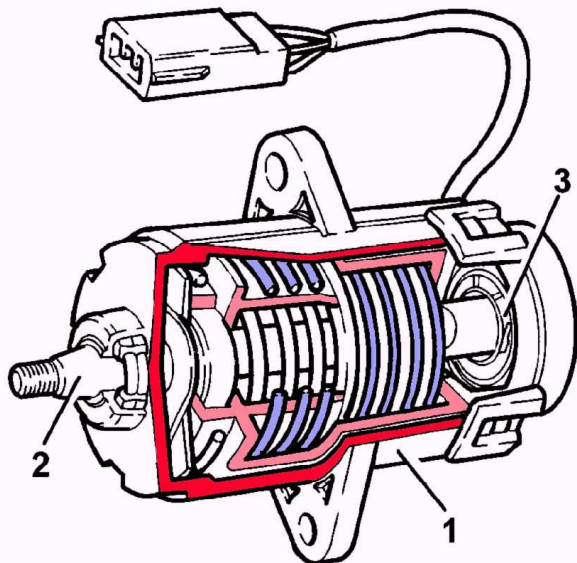


Simboli



Potenziometro per impieghi generici

1.5.1. ESEMPIO DI POTENZIOMETRO



1. Corpo del potenziometro.
2. Alberino rotante.
3. Contatti elettrici sulla pista.

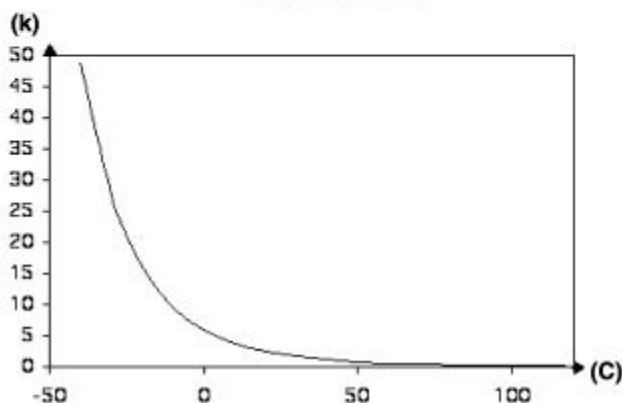
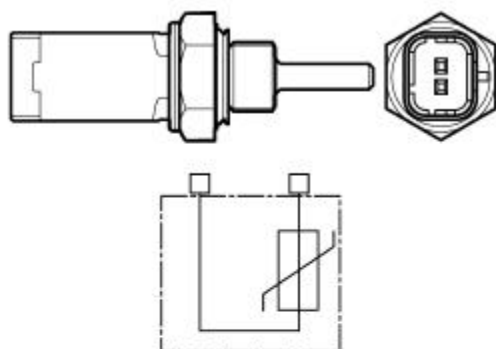
Caratteristiche tecniche sensore Bosch

- Tensione di alimentazione: $5V \pm 0.3V$
- Resistenza a terminali cursori potenziometri: $1\text{ Kohm} \pm 0.4\text{ Kohm}$
- Resistenza pista 1: $1.2\text{ Kohm} \pm 0.4\text{ Kohm}$
- Resistenza pista 2: $1.7\text{ Kohm} \pm 0.8\text{ Kohm}$

Caratteristiche tecniche sensore Hella

- Tensione di alimentazione: $5V \pm 0.3V$
- Resistenza a terminali cursori potenziometri: $1\text{ Kohm} \pm 0.4\text{ Kohm}$
- Resistenza pista 1: $0.9\text{ Kohm} \pm 35\%$... $1.4\text{ Kohm} \pm 35\%$
- Resistenza pista 2: $1.2\text{ Kohm} \pm 35\%$... $2.0\text{ Kohm} \pm 35\%$

1.6. RESISTENZE VARIABILI CON LA TEMPERATURA (NTC e PTC)



Temperatura (C°)	Resistenza (Kohm)
-40	48,80
-30	27,41
-20	15,97
-10	9,62
0	5,97
10	3,81
20	2,5
30	1,68
40	1,15
50	0,81
60	0,58
70	0,42
80	0,31
90	0,23
100	0,18
110	0,14
120	0,11
130	0,08

PREMESSA: alcuni materiali conduttori hanno delle caratteristiche di resistività strettamente legate alla temperatura.

CARATTERISTICHE: la variazione di resistività può avvenire nello stesso verso della variazione di temperatura o in verso contrario, si parla quindi di coefficiente di temperatura positivo o negativo:

- PTC (Positive Temperature Coefficient).
- NTC (Negative Temperature Coefficient).

Il coefficiente di temperatura (k) ha il seguente significato:

$$R = k \cdot T$$

e può essere espresso ad esempio in: [OHM/°C].

APPLICAZIONI: tra le applicazioni pratiche di questa caratteristica di alcuni resistori bisogna ricordare il sensore di temperatura.

Questo sensore è in pratica costituito da un materiale resistivo solitamente avente coefficiente di temperatura negativo (NTC).

1.7. LA CORRENTE ELETTRICA

DEFINIZIONE: la corrente elettrica è costituita da un movimento ordinato di elettroni che percorrono la sezione di un conduttore.

Questo movimento non si verifica spontaneamente, ma ha bisogno di una forma di energia che lo provochi. I dispositivi che creano una differenza di potenziale capace di provocare questo spostamento di elettroni (o flusso di corrente) sono detti generatori.

GRANDEZZA ELETTRICA: L'intensità della corrente rappresenta la quantità di cariche elettriche che scorrono in un conduttore nell'unità di tempo.

Indicando con:

I l'intensità della corrente, espressa in Ampère(A)

Q la quantità di cariche elettriche (elettroni), espressa in Coulomb (C)

t il tempo, espresso in secondi (s)

avremo che:

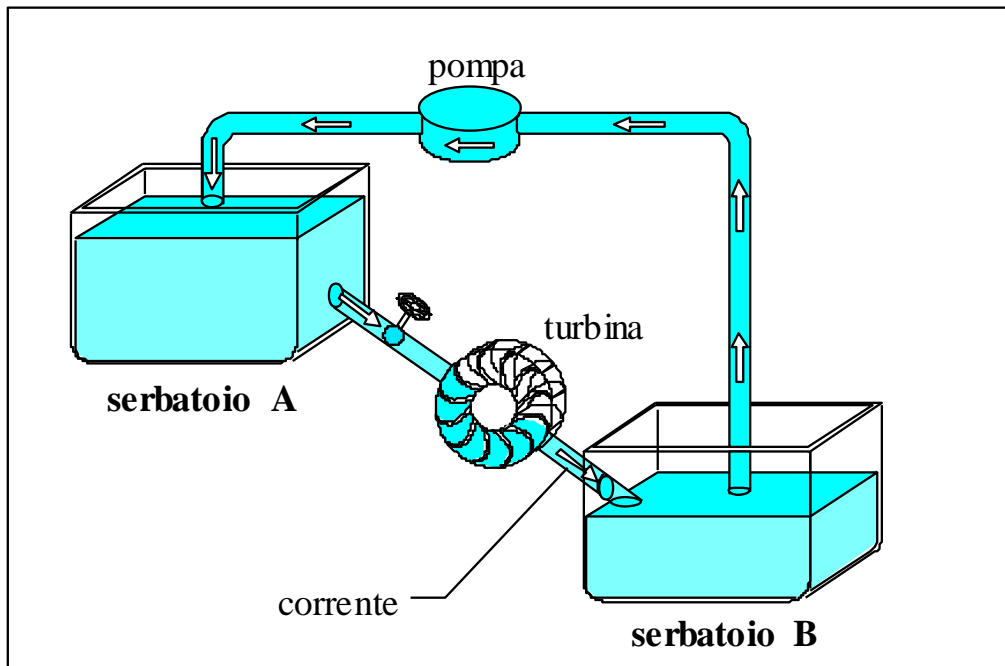
$$I = \frac{Q}{t}$$

GRANDEZZA ELETTRICA	SIMBOLO DELLA G.E.	UNITÀ DI MISURA	SIMBOLO DELLA U. DI M.	STRUMENTO DI MISURA
corrente	I	ampère	[A]	amperometro

ANALOGIA IDRAULICA:

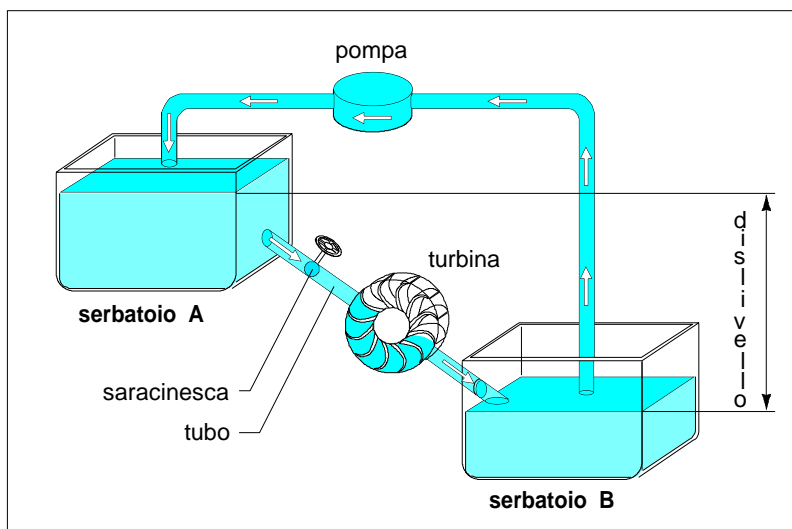
Facendo analogia con l'idraulica, la corrente elettrica che circola in un circuito elettrico è paragonata al flusso dell'acqua che scorre in una tubazione.

L'acqua contenuta nel bacino rappresenta la quantità di litri disponibile. La portata rappresenta il numero di litri d'acqua che scorrono nella tubazione nell'unità di tempo.



Equivalente idraulico della corrente elettrica.

1.8. LA TENSIONE ELETTRICA



ANALOGIA IDRAULICA:

La tensione elettrica può essere paragonata alla differenza di livello tra l'acqua del bacino di una diga e l'acqua a valle ed è anche la "forza" che spinge la corrente a circolare in un circuito elettrico.

Senza tensione non si può avere circolazione di corrente elettrica, ma la sola presenza di tensione non genera forzatamente una corrente elettrica.

La tensione può essere definita in vari modi a seconda del contesto.

FORZA ELETTROMOTRICE:

Quando si parla della tensione di una batteria esclusa dall'impianto si parla di FORZA ELETTROMOTRICE (f.e.m.).

Come una diga con le paratie chiuse non lascia cadere l'acqua da monte a valle anche se esiste una differenza di livello, così, in un circuito elettrico aperto, esiste una forza elettromotrice ma non circola corrente elettrica.

DIFFERENZA DI POTENZIALE:

Quando si parla di tensione in un circuito elettrico sarebbe più corretto parlare di DIFFERENZA DI POTENZIALE (d.d.p.) tra due punti del circuito stesso.

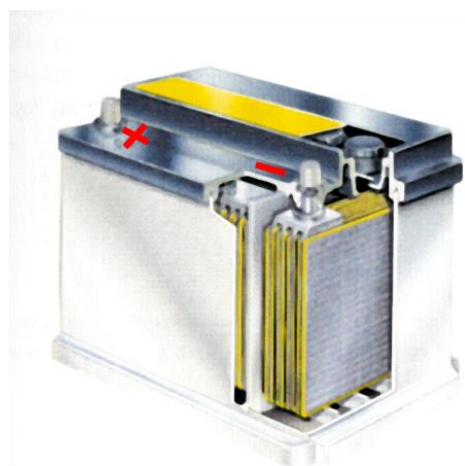
Non ha senso dire che in un punto di un circuito c'è una certa tensione senza dire rispetto a quale altro punto si sta riferendo la misura.

Allo stesso modo in un circuito idraulico la pressione del fluido è definita quando si stabilisce il dislivello tra il pelo del fluido nel serbatoio e lo sbocco del canale.

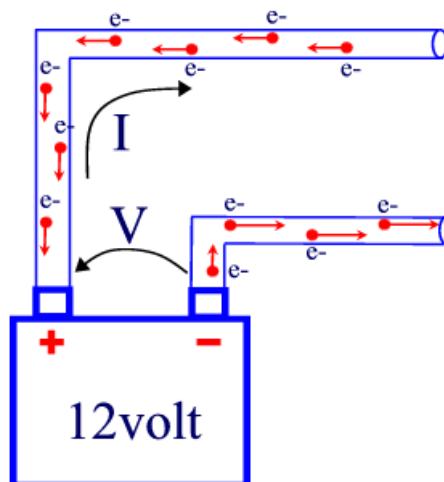
GRANDEZZA ELETTRICA	SIMBOLO DELLA G.E.	UNITÁ DI MISURA	SIMBOLO DELLA U. DI M.	STRUMENTO DI MISURA
tensione	V			
differenza di potenziale	d.d.p.	volt	[V]	voltmetro
forza elettromotrice	f.e.m.			

SIMBOLOGIA:La tensione elettrica si indica con la lettera V e con una freccia indicante il verso dal negativo al positivo come in figura.

Nel caso di una comune batteria, indicato nella seguente figura, il polo positivo è quello che “attira” gli elettroni mentre quello negativo è quello che li “respinge”. Quindi il verso di circolazione degli elettroni è quello che esce dal polo positivo ed entra in quello negativo.



Batteria per autovettura



Convenzione del verso della corrente

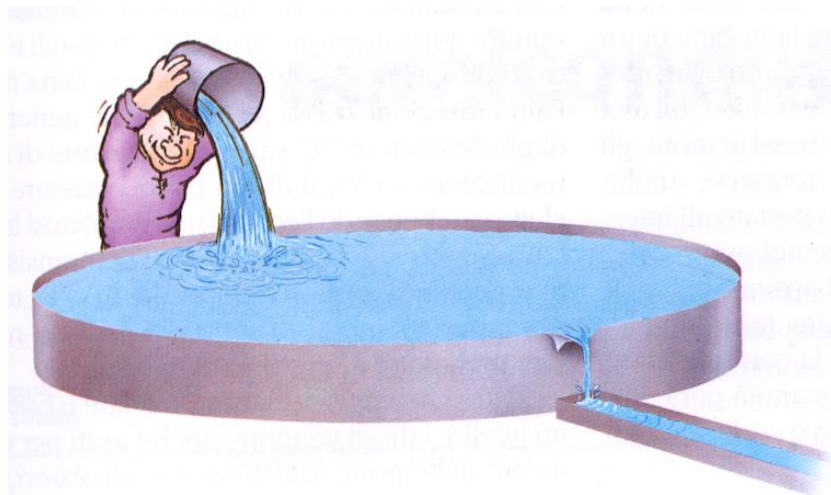
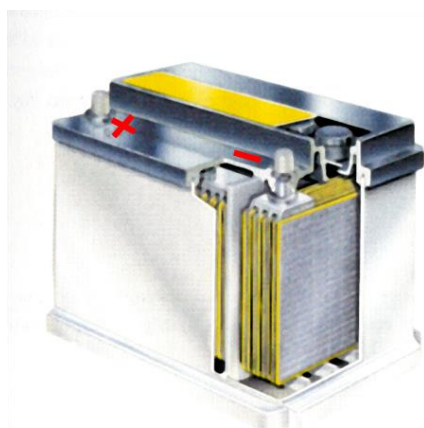
CONVENZIONI: nella rappresentazione degli schemi elettrici si segue una notazione inversa. Cioè si usa indicare il verso della corrente come uscente dal polo positivo della batteria come indicato in figura.

Questa convenzione ha origine dalle prime esperienze eseguite sulla generazione elettrolitica di corrente elettrica.

Nei generatori elettrici di tipo elettrolitico (ad esempio la pila di Volta) il movimento degli ioni nell'elettrolita avviene dal polo negativo a quello positivo.

Questo movimento di ioni era perfettamente visibile anche ad occhio nudo e per questo motivo gli studiosi associarono al movimento di ioni anche il flusso di corrente elettrica.

1.9. GENERATORI DI TENSIONE: LA BATTERIA



Batteria al piombo ed equivalente idraulico di accumulatore.

PREMESSA:

Come si è già avuto modo di vedere la tensione, la forza elettromotrice, la differenza di potenziale sono grandezze elettriche in grado di indurre un moto ordinato di elettroni all'interno di un conduttore. Elenchiamo ora quelli che sono i principali dispositivi in grado di generare queste "forze elettriche".

LA BATTERIA:

La batteria, o accumulatore, è paragonabile ad un grande bacino idrico in grado di accumulare una grande quantità di acqua. Nel caso elettrico la batteria è in grado di accumulare una grande quantità di cariche elettriche (elettroni) e di conservarle finché si vuole.

Nel caso di accumulatori al piombo, come nel caso automobilistico, gli elettroni non restano imprigionati all'interno del contenitore ma sono trasformati in una reazione chimica reversibile. Ciò vuol dire che durante la fase di carica della batteria il passaggio di elettroni fa avvenire una reazione chimica, mentre durante la fase di scarica è la reazione chimica che sprigiona elettroni.

CAPACITÀ DELLA BATTERIA:

Come già detto un accumulatore è caratterizzato dalla sua capacità. Nel caso veicolistico la capacità delle batterie, solitamente al piombo, è espressa in:

$$\text{Ah (Ampère · ora) ovvero } Q = I \cdot t$$

Quando si parla di una batteria da 60Ah si vuole intendere che quell'accumulatore è in grado, teoricamente, di fornire una corrente di 60A per un ora senza che la tensione ai suoi poli scenda al di sotto di un prestabilito valore.

Nel caso di avviamento del veicolo si può ad esempio avere una corrente assorbita pari a 300A per un tempo massimo di circa 60 secondi. Per erogare tale intensità di corrente sarebbe sufficiente una batteria da 5Ah.

CRITICITÀ:

Poiché il processo di carica di un accumulatore automobilistico è legato ad una reazione chimica si deve prevedere una certa velocità di ricarica.

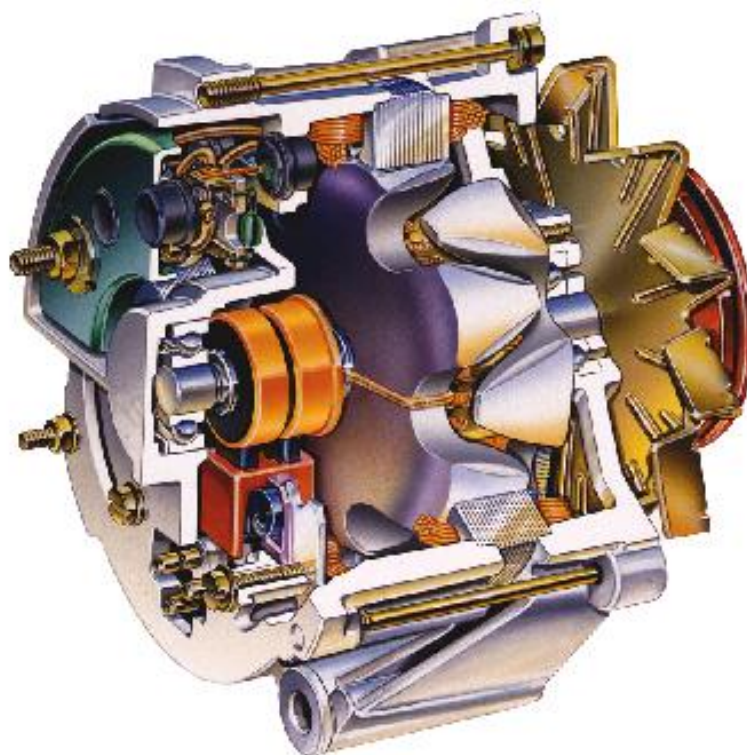
Solitamente la velocità di ricarica è legata alla capacità dell'accumulatore secondo la seguente regola:

$$\text{corrente di ricarica} = 1/10 \text{ della capacità dell'accumulatore}$$

Quindi una batteria da 50Ah dovrebbe essere ricaricata con 5A per 10 ore.

A tale proposito è bene notare che nel caso di ricariche o scariche molto rapide la vita media della batteria si riduce.

1.10. GENERATORI DI TENSIONE: L'ALTERNATORE



L'altro importante dispositivo in grado di fornire una forza elettromotrice a bordo del veicolo è l'alternatore.

In questo caso il dispositivo non funziona anche da accumulatore come nel caso della batteria ma solo da generatore di elettroni.

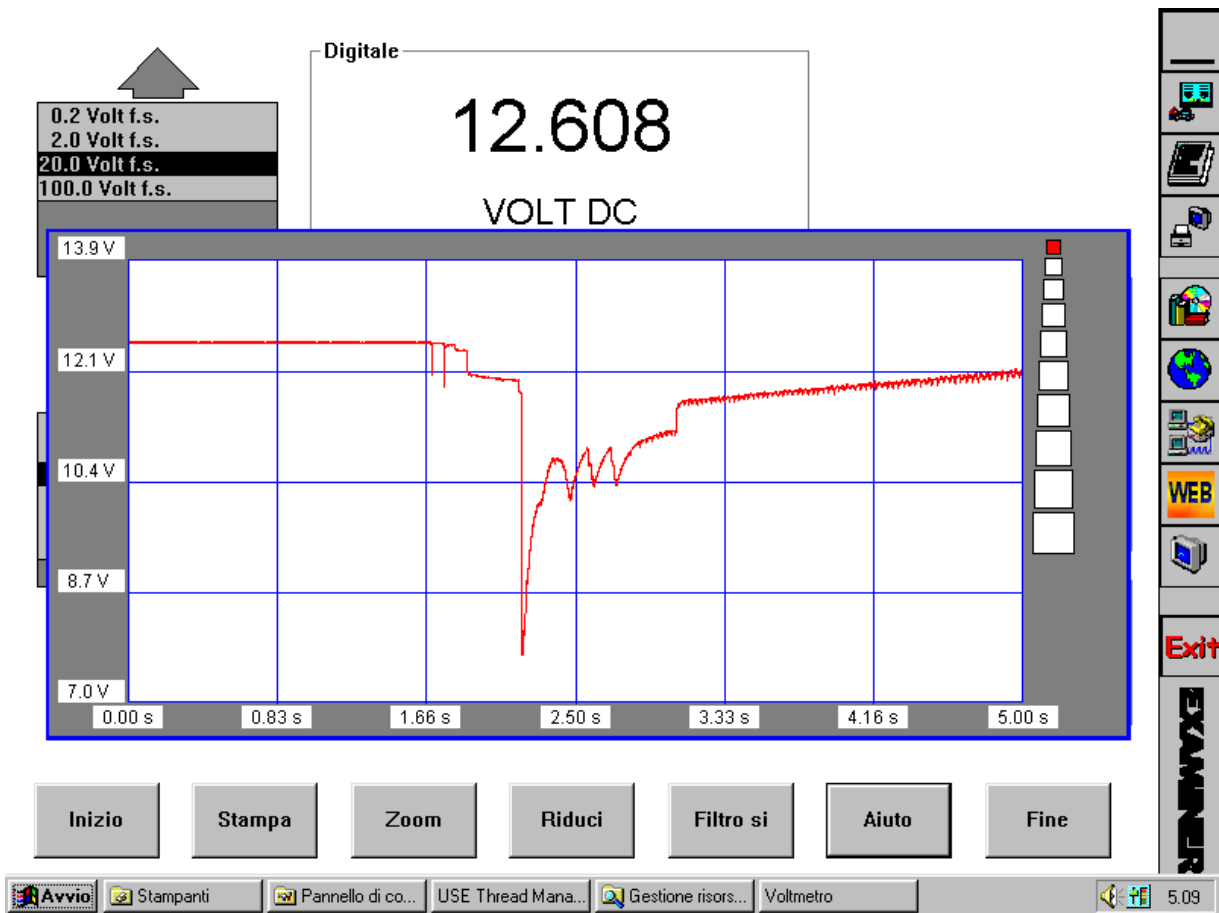
L'alternatore è un apparecchio in grado di trasformare l'energia meccanica trasmessa dal motore attraverso la sua puleggia in una forza elettrica.

Il principio di funzionamento sarà esposto più in dettaglio dopo aver introdotto i principi dell'elettromagnetismo.

1.10.1. BATTERIA: PROVA DI TENSIONE EROGATA

PROCEDURA: predisporre lo strumento di diagnosi Examiner in modalità "Strumentazione – Voltmetro" ; collegare i puntali dell'Examiner ai poli della batteria, verificando la tensione erogata dalla batteria a motore spento e chiave su stop.

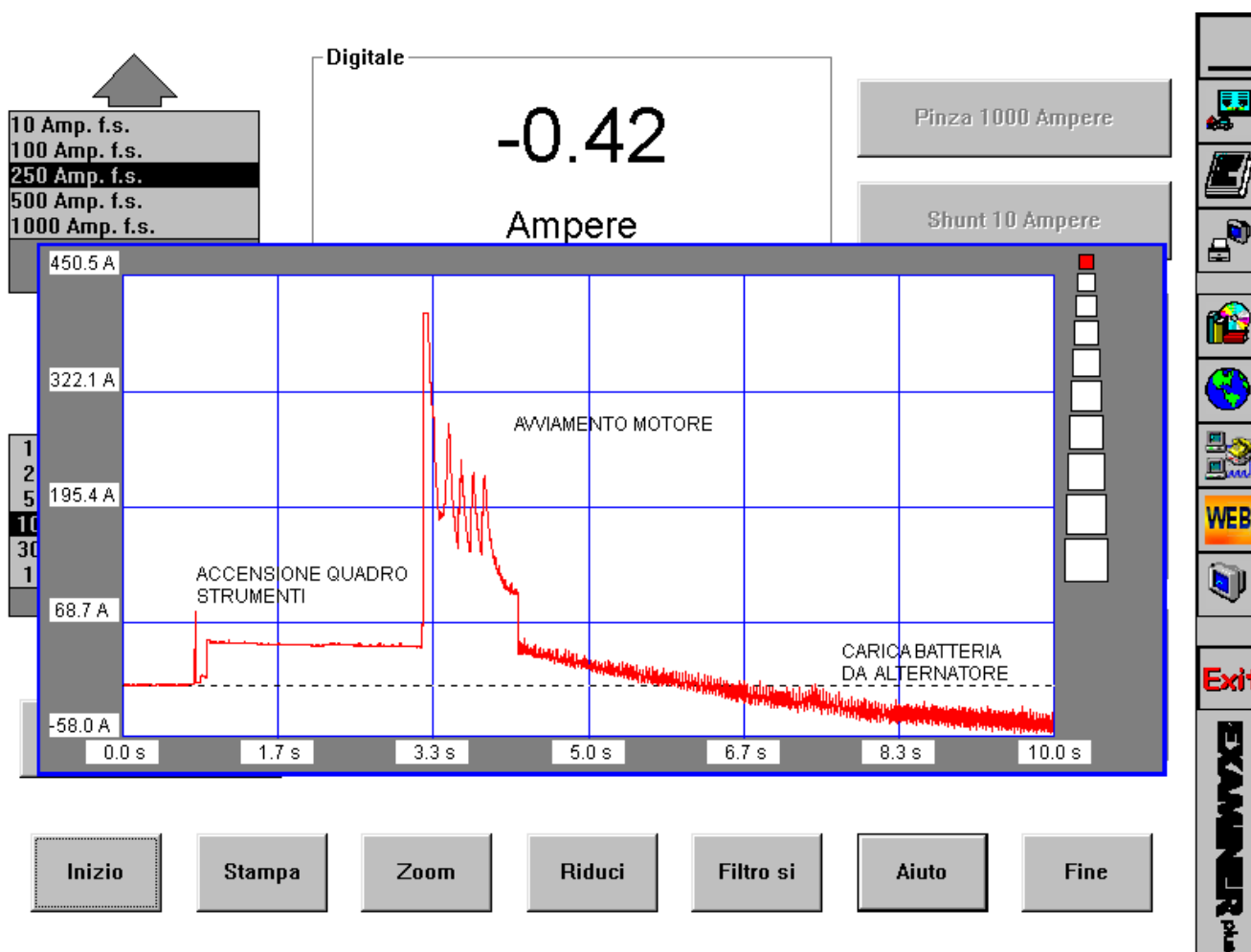
Avviare una acquisizione del segnale di tensione della durata di 5 secondi e, subito dopo, avviare il motore; il grafico che verrà visualizzato sarà simile al seguente.



1.10.2. BATTERIA: PROVA DI CORRENTE EROGATA

PROCEDURA: si predisponga l'Examiner in modalità amperometro collegando la pinza amperometrica 1000A secondo le istruzioni che compaiono sullo schermo dell'Examiner stesso.

Porre la pinza amperometrica a cavallo dei cavi che sono collegati alla batteria (è indifferente se al positivo o al negativo); il verso di corrente dipende dal polo della batteria al quale è collegata la pinza amperometrica ed al verso di collegamento della pinza stessa; sulla pinza stessa è riportata una freccia che indica il verso positivo della corrente misurata; provando a girare la pinza in modo che la freccia sia rivolta in senso contrario, si noterà che il segno della corrente si invertirà.



1.11. LEGGE DI OHM

PREMESSA:

Anche intuitivamente dovrebbe a questo punto essere ormai chiaro che la tensione, la corrente e la resistenza sono legate tra di loro. Facciamo ora delle osservazioni per meglio comprendere questi legami.

OSSERVAZIONE 1: aumentando la resistenza di un circuito si riduce la corrente.

OSSERVAZIONE 2: aumentando la tensione di un circuito aumenta la corrente che circola.

OSSERVAZIONE 3: aumentando la corrente che scorre in un utilizzatore aumenta la caduta di tensione.

CONCLUSIONE: da queste osservazioni scaturisce la legge fondamentale di tutta l'elettrotecnica, nota come legge di Ohm, che lega tra loro: tensione, corrente e resistenza.

La legge di Ohm stabilisce che la caduta di tensione ai capi di un utilizzatore è proporzionale al prodotto della resistenza del componente elettrico moltiplicata per la corrente che lo attraversa.

$$V = R \cdot I$$

V = tensione [volt]

R = resistenza
[ohm]

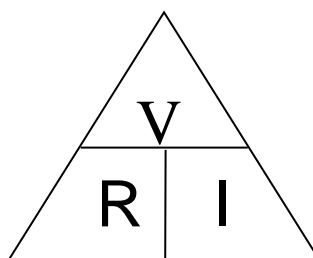
I = corrente
[ampère]

FORMULAZIONE ALTERNATIVA: una formulazione alternativa della legge di Ohm, è la seguente: in un circuito elettrico con un utilizzatore, la corrente elettrica che fluisce nel circuito è direttamente proporzionale alla resistenza; ricordando che la potenza assorbita dal prodotto della tensione per la corrente, ne risulta che un componente che ha resistenza minore assorbirà, a parità di tensione, una corrente maggiore; questo è il caso delle lampade.

NOTE:

Usando il triangolo riportato di seguito può essere più facile ricavare le altre formulazioni della legge. Coprendo la grandezza che si vuole calcolare si ottiene la formula cercata.

$$V = R \cdot I \quad R = \frac{V}{I} \quad I = \frac{V}{R}$$



OSSERVAZIONI:

Tra le particolarità di questa formulazione è bene evidenziare la proporzionalità diretta tra le grandezze elettriche coinvolte. Con ciò si vuole far notare che ad esempio ad una tensione doppia corrisponde una corrente doppia, oppure che ad una resistenza doppia corrisponde una corrente dimezzata, ecc.



1.12. CONCETTO DI CADUTA DI TENSIONE

PREMESSA:

Considerando il passaggio di elettroni attraverso un conduttore o una resistenza si ha che una parte della loro energia cinetica si disperde per effetto dell'attrito che essi incontrano durante il loro movimento.

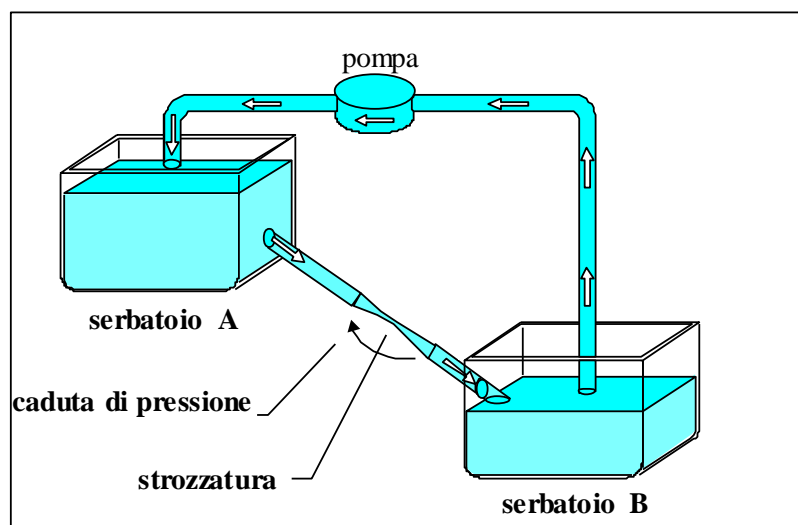
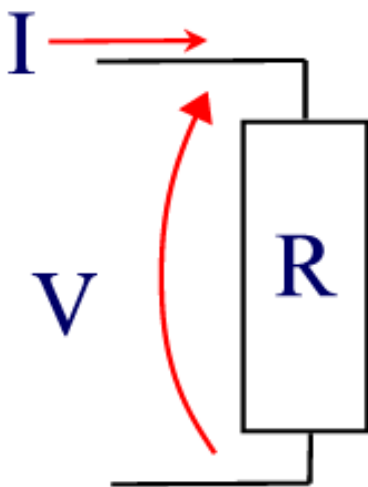
Questa perdita di energia viene indicata come caduta di tensione.

DEFINIZIONE:

La corrente che attraversa un conduttore o un utilizzatore crea una caduta di tensione proporzionale sia all'intensità della corrente che al valore di resistenza.

EQUIVALENTE IDRAULICO:

Quando un fluido scorre in un condotto che presenta una strozzatura si ha una caduta di pressione proporzionale all'entità della strozzatura.

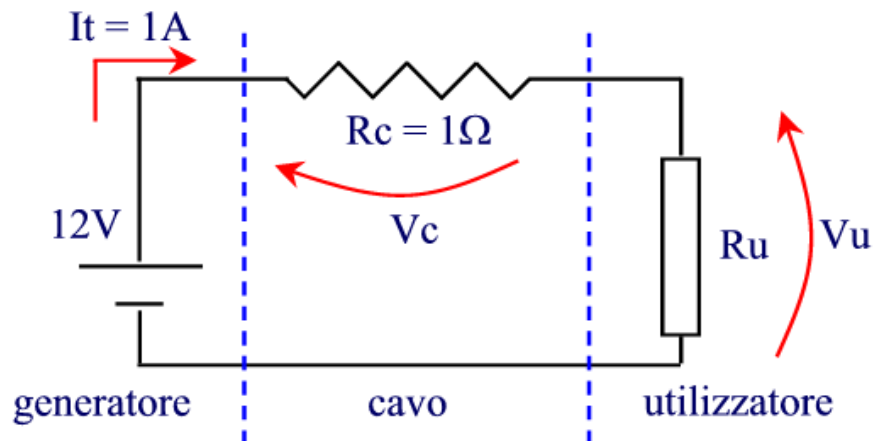


Caduta di tensione ed equivalente idraulico.

ESEMPIO:

Si riporta ora un esempio pratico ed esemplificativo per meglio comprendere le problematiche legate al concetto di caduta di tensione sul cablaggio dell'impianto elettrico.

Nella figura è riportato un semplice collegamento di un utilizzatore resistivo R_u (ad esempio una lampada) alla batteria tramite un cavo avente una piccola resistenza R_c . Conoscendo la corrente totale I_t che circola nel circuito stabilire con quale tensione è alimentato l'utilizzatore.



SOLUZIONE:

Poiché la tensione della batteria è $V_t=12V$ e la corrente totale che circola è $I_t=1A$ si ha che la resistenza totale vista dalla batteria sarà:

$$R_t = \frac{V_t}{I_t} = \frac{12V}{1A} = 12\Omega$$

Quindi la resistenza dell'utilizzatore sarà:

$$R_u = R_t - R_c = 12\Omega - 1\Omega = 11\Omega$$

La tensione che cade sull'utilizzatore sarà quindi:

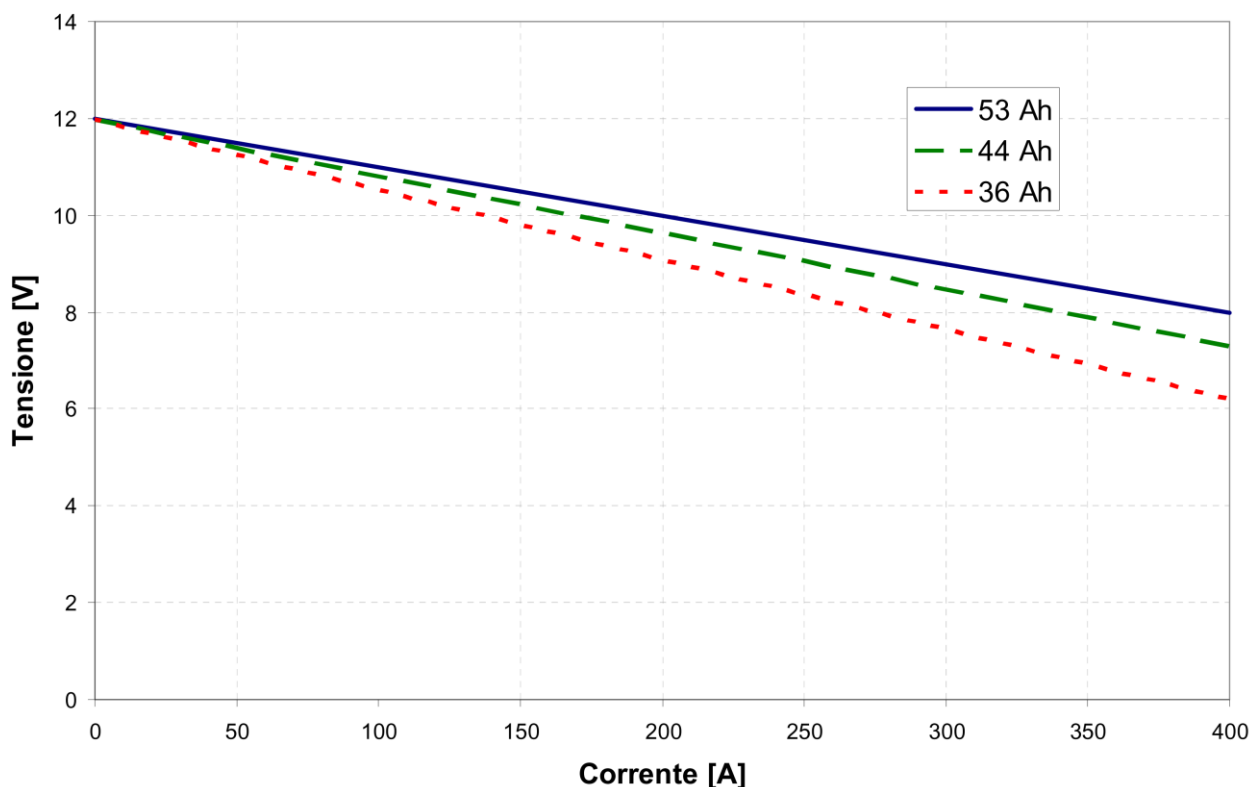
$$V_u = R_u \cdot I_t = 11\Omega \cdot 1A = 11V$$

Questo perché sulla resistenza R_c del cavo c'è una caduta di tensione pari a:

$$V_c = R_c \cdot I_t = 1\Omega \cdot 1A = 1V$$

1.13. CARATTERISTICA DI EROGAZIONE DELLA BATTERIA

Batterie al piombo di differenti capacità nominali



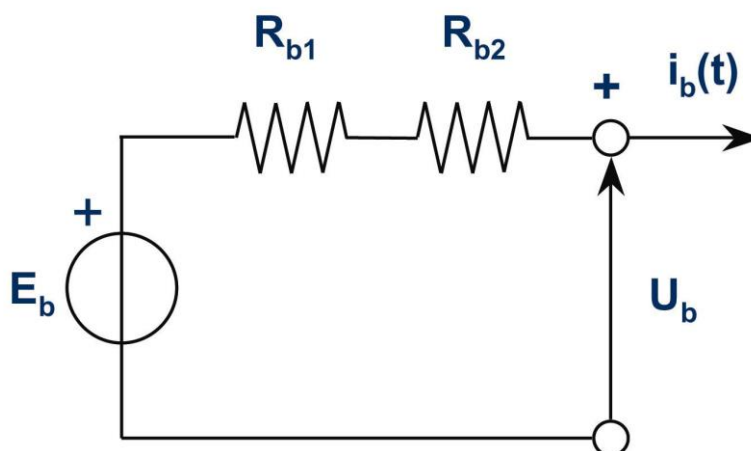
Stato Carica (SOC): 75%, Temperatura: 25°C

Il grafico sopra riportato rappresenta la caratteristica di funzionamento di tre batterie diverse per carica (cioè per energia immagazzinata).

Si noti, conformemente a quanto visto durante le due prove effettuate, che a fronte di una erogazione nulla di corrente corrisponda la tensione nominale della batteria (12 V), mentre, all'aumentare della corrente erogata si abbia una diminuzione della tensione della batteria.

La batteria non si comporta quindi come un generatore ideale di tensione, nel quale la tensione rimane costante qualunque sia l'erogazione di corrente, ma come un generatore reale di tensione, secondo il modello riportato nella pagina seguente.

1.13.1. IL MODELLO DELLA BATTERIA



Nelle applicazioni veicolistiche gli utilizzatori vengono alimentati da sorgenti in corrente continua, tipicamente dal bus DC a 12 V (o 24 V per i veicoli pesanti).

In prima battuta si possono distinguere due situazioni differenti:

- alimentazione da batteria in assenza dell'alternatore (motore a combustione interna spento);
- alimentazione da batteria con in parallelo l'alternatore in funzione.

Nel primo caso la tensione di alimentazione è inferiore e può subire una variazione da vuoto a carico anche significativa (fino a rapporti di 2 a 1).

Nel secondo caso grazie all'azione integrativa dell'alternatore, la tensione varia di norma in maniera meno pesante e risulta tipicamente prossima o superiore alla tensione a vuoto.

Il primo caso riguarda tutti i motori ed attuatori elettromeccanici chiamati ad operare (solo o anche) fuori chiave (motorini per apriporta, apribaula, tergilunotto, alzavetro...) ed in primis il motorino di avviamento. Tale motore non solo lavora sempre in assenza dell'erogazione dell'alternatore ma nel suo funzionamento assorbe, pur se transitoriamente, una corrente particolarmente elevata determinando di conseguenza una rilevante diminuzione della tensione di batteria.

Le batterie elettrochimiche presentano un comportamento che dipende fortemente dalla loro temperatura, dal loro stato di carica, dalla dinamica richiesta e dal loro invecchiamento.

Per identificarne il comportamento esistono numerosi modelli spesso basati su circuiti equivalenti caratterizzati da parametri usualmente non costanti (dipendenti da stato di carica, temperatura ed invecchiamento) e differenti in regime di scarica (corrente erogata dalla batteria) e di carica (corrente assorbita dalla batteria). Un modello semplificato è quello riportato sopra in cui la batteria è equivalente ad un generatore ideale di tensione pari alla tensione a vuoto della batteria stessa, che presenta in serie due resistenze una rappresentante la componente Ohmica (di natura elettrica) e l'altra la componente diffusiva (di natura chimica).

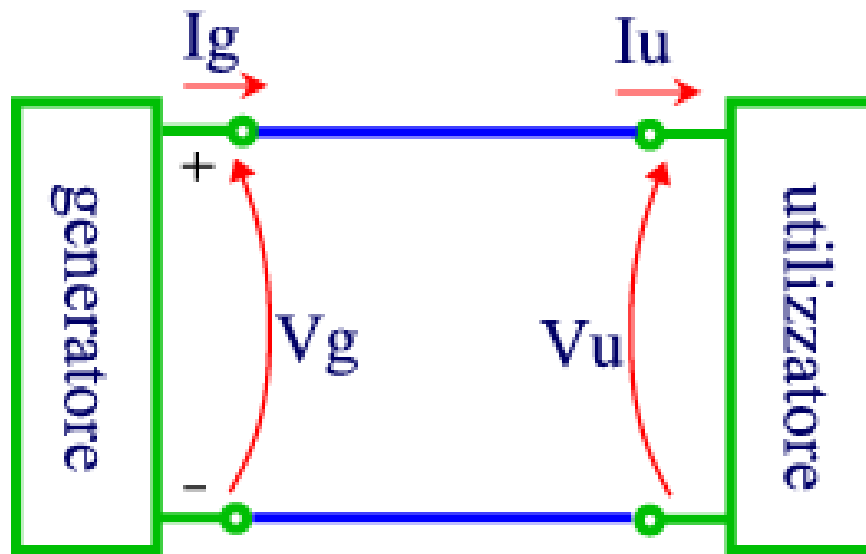
1.14. CONVENZIONE DEI GENERATORI ED UTILIZZATORI

PREMESSA:

In tutti i tipi di impianti (idraulici, termici, ecc.) anche in quelli elettrici è bene distinguere tutti i componenti in due grandi famiglie secondo quella che è la loro naturale funzione:

- generatori
- utilizzatori

Questa distinzione è indispensabile per poter definire le convenzioni di tensione e corrente.



Convenzione tensione-corrente di generatori ed utilizzatori.

CONVENZIONE:

La convenzione che normalmente si usa è quella di considerare positiva la differenza di potenziale tra il polo positivo e quello negativo.

Inoltre per i generatori si considera positiva la corrente USCENTE dal polo positivo e per gli utilizzatori si considera positiva la corrente ENTRANTE nel polo positivo.

Queste convenzioni sono indispensabili per poter calcolare tensioni e correnti sia come valore che come verso.

COLLEGAMENTI SERIE E PARALLELO

PREMESSA:

Naturalmente non è pensabile che le reti elettriche presenti su un veicolo siano composte solo da un generatore e da un carico utilizzatore, nei casi reali le reti sono costituite da molti elementi collegati tra loro in vari modi.

Tra i vari modi di collegare componenti elettrici tra loro è bene analizzare i due modi fondamentali: collegamenti in serie e collegamenti in parallelo.

COLLEGAMENTI IN SERIE:

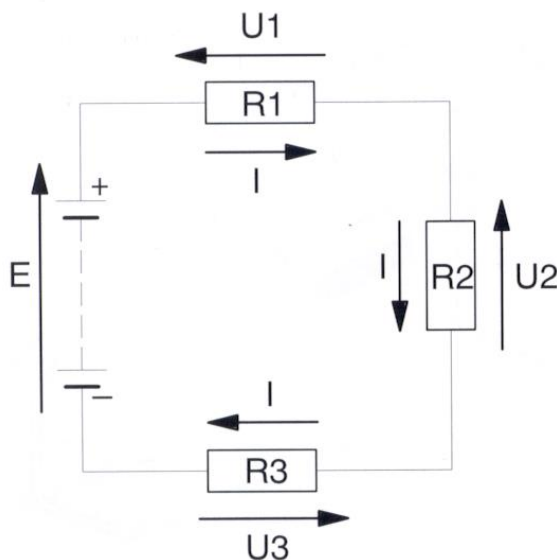
Due o più elementi elettrici possono dirsi **COLLEGATI IN SERIE QUANDO SONO ATTRAVERSATI DALLA STESSA INTENSITÀ DI CORRENTE**.

Come è evidente dalla seguente figura la corrente I che scorre attraverso i tre resistori è sempre uguale mentre la tensione U_1 U_2 e U_3 che cade su ognuno di essi dipende dal valore di R_1 R_2 ed R_3 . Quindi, dal punto di vista del generatore la tensione E è suddivisa in:

$$E = U_1 + U_2 + U_3 = (R_1 + R_2 + R_3) \cdot I$$

Quindi le tre resistenze equivalgono ad una resistenza di valore pari a:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3$$



Esempio di collegamento in serie.



COLLEGAMENTI IN PARALLELO:

Due o più elementi elettrici possono dirsi **COLLEGATI IN PARALLELO QUANDO SONO SOTTOPOSTI ALLA STESSA DIFFERENZA DI POTENZIALE.**

In questo caso la tensione V applicata alle tre resistenze è sempre la stessa mentre le correnti I_1 , I_2 ed I_3 che scorrono nelle resistenze R_1 , R_2 ed R_3 saranno:

$$I_1 = \frac{V}{R_1}; \quad I_2 = \frac{V}{R_2}; \quad I_3 = \frac{V}{R_3}$$

Dal punto di vista del generatore la corrente I che deve fornire sarà la somma delle tre:

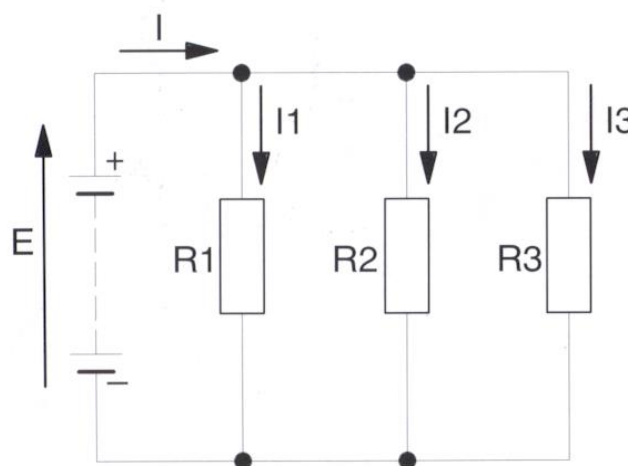
$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3}$$

Quindi la resistenza equivalente sarà data da:

$$R_{eq} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}}$$

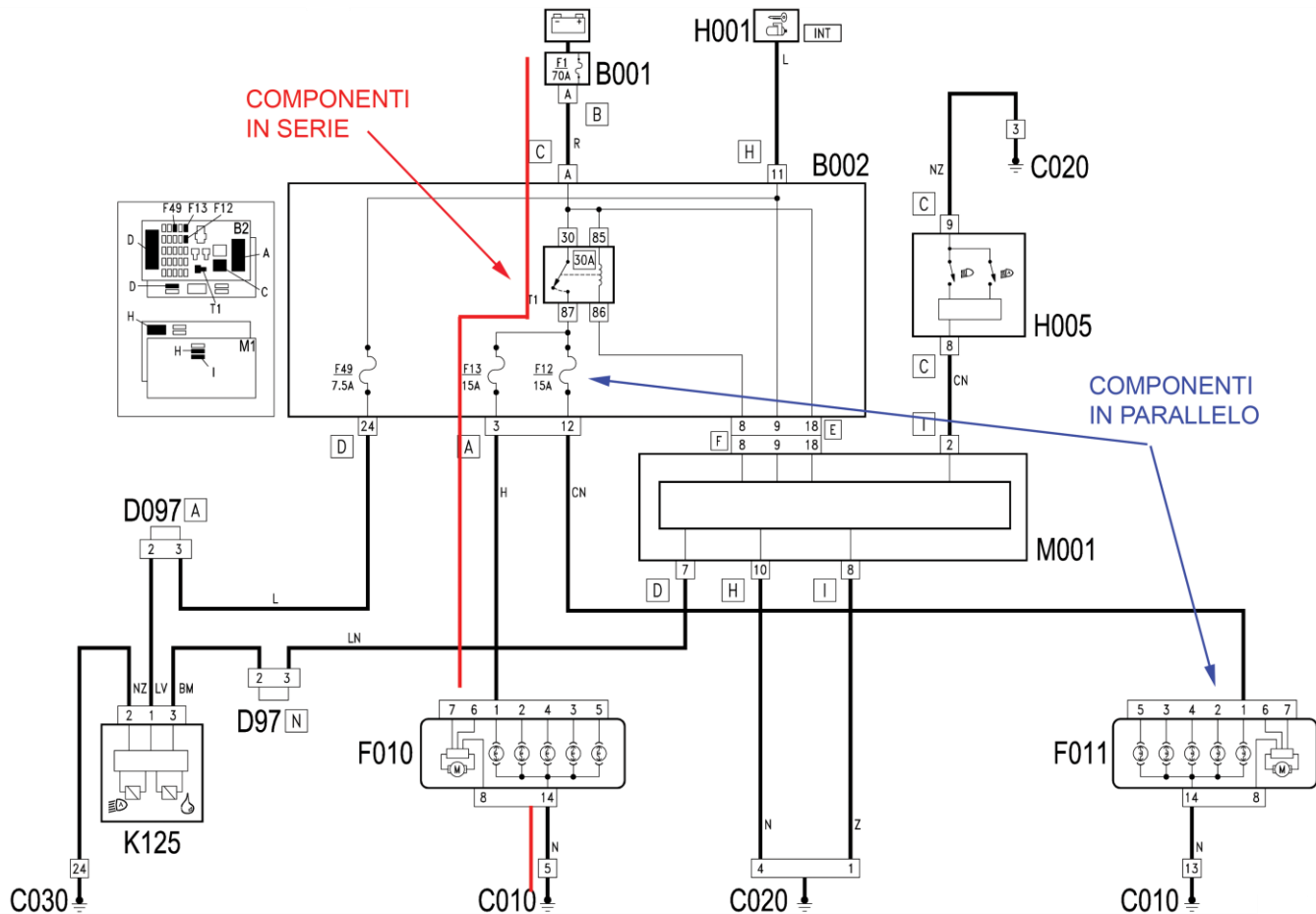
Se le resistenze sono soltanto due: $R_{eq} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$

In campo veicolistico quasi tutti gli utilizzatori elettrici presenti nell'impianto sono collegati in parallelo tra loro in quanto devono essere alimentati con la medesima tensione.



Esempio di collegamento in parallelo.

1.14.1. ESEMPIO TRATTO DA MANUALE DI ASSISTENZA TECNICA



L'immagine riportata nella pagina precedente è tratta dal manuale di assistenza tecnica della vettura FIAT IDEA e rappresenta la porzione di impianto elettrico relativa alle luci anabbaglianti.

A seconda dei componenti, in questa parte di impianto ci sono collegamenti in serie ed in parallelo.

Ad esempio, il teleruttore **T1** è collegato in serie al fusibile **F13** ed al proiettore **F010**; ovviamente il conduttore di ritorno è costituito dalla massa del veicolo.

Diversamente, i fusibili **F13** ed **F12** sono collegati in parallelo, così come sono collegati in parallelo le lampade presenti nel gruppo ottico.

La differenza tra i due tipi di collegamento (e che permette di distinguere un tipo di collegamento dall'altro) è riassumibile nelle seguenti affermazioni:

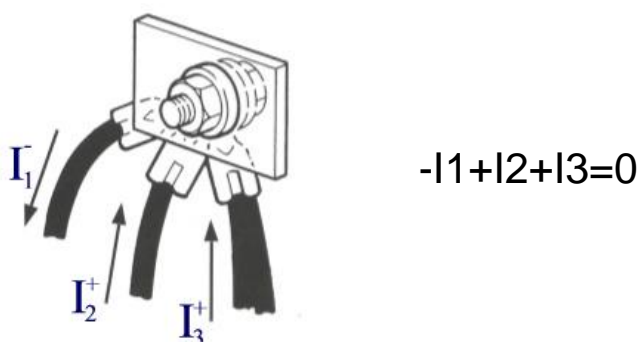
- due o più componenti elettrici (utilizzatori o generatori) sono collegati in serie se sono attraversati dalla stessa **CORRENTE**;
- due o più componenti sono collegati in parallelo se sono sottoposti alla stessa **DIFFERENZA DI POTENZIALE**;

1.15. RETI ELETTRICHE: CONCETTO DI NODO E DI MAGLIA

PREMESSA: ogni circuito elettrico è composto oltre che da generatori ed utilizzatori anche da tutta una rete di collegamenti. Per poter calcolare le principali grandezze elettriche all'interno di questa rete di collegamenti è necessario conoscere due regole fondamentali dell'elettrotecnica.

DEFINIZIONE DI NODO ELETTRICO: per nodo elettrico si intende un punto di collegamento comune tra almeno due cavi. Un tipico esempio di nodo elettrico a bordo di un veicolo è quello dei punti di massa.

CONCETTO DI NODO ELETTRICO: considerando un nodo elettrico formato dal collegamento di più conduttori, misurando come positiva la corrente che entra nel nodo e negativa quella che ne esce si deve avere una somma delle correnti pari a zero.



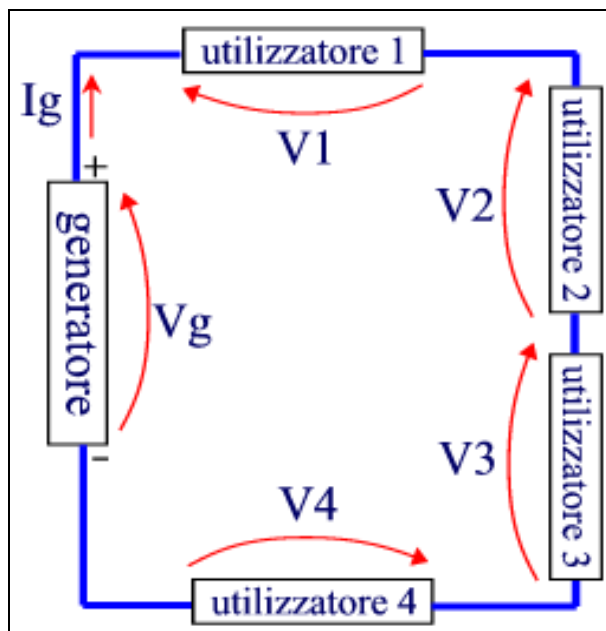
Esempio di nodo elettrico e di correnti entranti ed uscenti.

DEFINIZIONE DI MAGLIA: per maglia elettrica all'interno di un circuito si intende un percorso chiuso che la corrente può seguire per ritornare al punto di partenza.

Un esempio di maglia può essere quello ottenuto dal collegamento di un generatore e di un utilizzatore.

CONCETTO DI MAGLIA ELETTRICA: considerando la convenzione delle tensioni e delle correnti e seguendo il verso di percorrenza della corrente all'interno di una maglia la somma delle cadute di tensione che si incontra e delle tensioni dei generatori deve essere pari a zero.

Si considera positiva la tensione quando la corrente scorre nello stesso verso della freccia indicante la tensione stessa.



$$V_g - V_1 - V_2 - V_3 - V_4 = 0$$

Esempio di maglia elettrica e di somma di cadute di tensione.

1.16. CONCETTO DI MASSA

DEFINIZIONE:

Nella vettura si chiama con il nome di massa il circuito di ritorno per la corrente e non una protezione, come avviene negli impianti industriali.

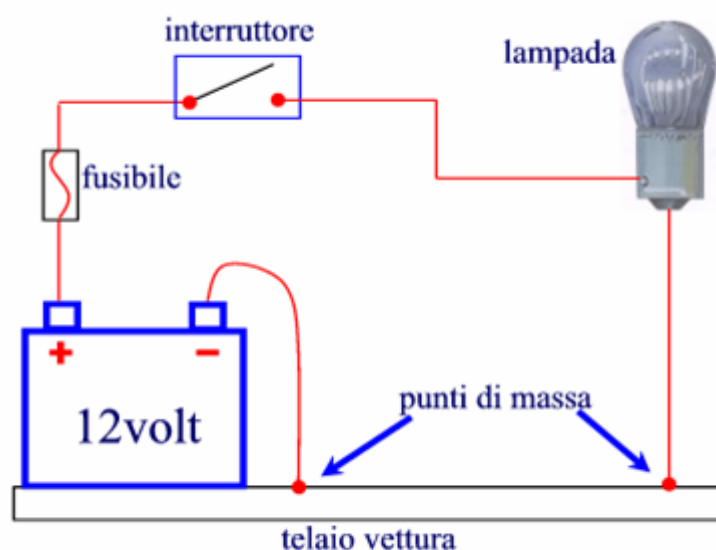
Una massa non ben fissata o ossidata corrisponde ad un'apertura del circuito o ad un'anomalia di funzionamento.

Sulla carrozzeria vengono fissati attraverso bulloni diversi punti di massa.

Esistono anche dei nodi di massa non ancorati al telaio così come anche nodi "positivi", realizzati mediante saldatura ad ultrasuoni, nei quali vengono fatti convergere diversi cavi per poi proseguire con un minor numero di cavi, di sezione maggiore.

ESEMPIO DI COLLEGAMENTO TRAMITE MASSA:

Nell'esempio riportato in figura è rappresentato il classico collegamento di una lampada a bordo vettura con il comando (interruttore) verso il positivo e la massa sul telaio.



Esempio di collegamento a massa.

CRITICITÀ: i punti di massa costituiscono un elemento abbastanza delicato di tutto l'impianto elettrico. Proprio perché sono dei punti comuni a molti elementi elettrici dal loro buon funzionamento dipende a volte il funzionamento dell'intero impianto.

Tra le problematiche più importanti è bene ricordare:

- il non perfetto contatto,
- il distacco.

Questi due tipi di difetto dell'impianto possono provocare dei malfunzionamenti che sono abbastanza difficili da individuare in quanto i punti di massa sono solitamente condivisi da più utilizzatori.

Per questo spesso il malfunzionamento di un dispositivo è legato al cattivo collegamento a massa di un altro dispositivo.

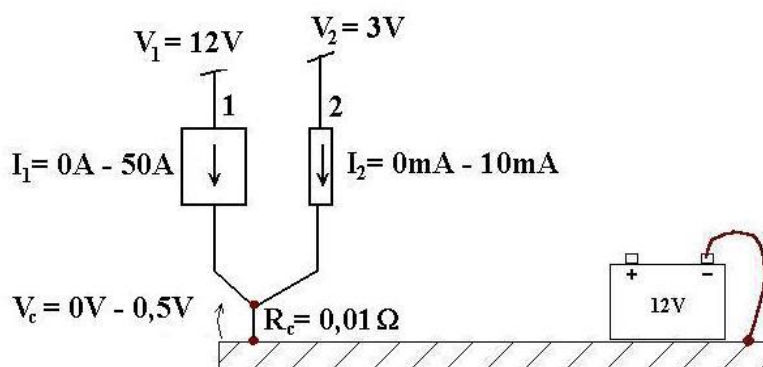
1.16.1. MASSA NON PERFETTAMENTE COLLEGATA

A causa di un allentamento della giunzione tra il punto di massa e la massa vettura si può creare una piccola resistenza di contatto che nel caso evidenziato in figura può influenzare pesantemente il funzionamento dei dispositivi collegati a causa delle cadute di tensione che si possono manifestare.

CRITICITÀ: il problema della resistenza di contatto è evidente nel caso di collegamento comune di due utilizzatori con un assorbimento elevato di corrente.

Infatti nel caso in figura se l'utilizzatore 1 assorbe la massima corrente di 50A sulla piccola resistenza di contatto di 0.01 Ohm si ha una caduta di tensione di 0.5V.

Questa caduta di tensione può influenzare pesantemente il funzionamento dell'utilizzatore 2 che essendo alimentato di solito a soli 3V si ritrova ora con una alimentazione di 2.5V.



Problema di collegamento non perfetto verso massa.

1.16.2. MASSA STACCATA

Il distacco di un punto di massa può causare dei malfunzionamenti nel caso in cui l'impianto abbia subito delle modifiche non previste dal costruttore.

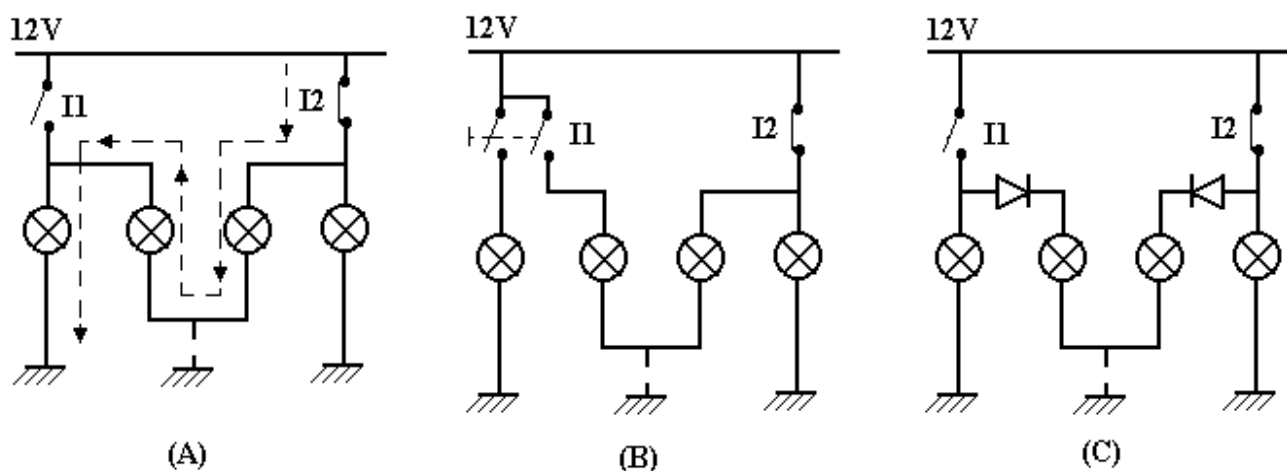
I problemi che si presentano in questo caso sono dovuti a dei passaggi indesiderati di corrente che possono causare la parziale attivazione di utilizzatori.

CRITICITÀ: nel caso (A) indicato in figura il distacco del punto di massa centrale, nel caso di interruttori I1 aperto ed I2 chiuso provoca il passaggio di corrente segnato con la linea tratteggiata.

La soluzione indicata in (B) pone rimedio al problema a scapito dei costi dovuti dal doppio deviatore.

La soluzione con i diodi adottata in (C) è più economica ma è adottabile solo nel caso in cui gli utilizzatori non abbiano un eccessivo assorbimento di corrente.

Altri casi possono essere ricercati o simulati a partire dagli schemi elettrici degli impianti.

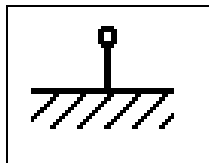


Problema del distacco di un punto di massa.

1.16.3. DIFFERENZE TRA MASSA E TERRA

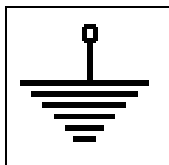
Spesso si tende a confondere il termine MASSA con quello di TERRA. È bene precisare che questi due elementi elettrici sono ben differenti sia per costituzione che per utilizzo.

MASSA:



Per MASSA si deve intendere un punto di collegamento comune tra più elementi elettrici. Questo punto funziona da riferimento di tensione.

TERRA:



Per TERRA si deve intendere un punto di collegamento per la carrozzeria metallica di molti elettrodomestici verso il potenziale di terra. Questo punto ha solo lo scopo di disperdere nel terreno le cariche elettrostatiche che si accumulano sull'involucro metallico degli apparecchi a seguito ad esempio di fughe di corrente attraverso conduttori non perfettamente isolati.

Il collegamento di terra è previsto per apparecchi o impianti funzionanti con tensioni superiori a 25Vac o 50Vcc.

Nell'automobile, il collegamento di terra perché non necessario visto che la tensione di alimentazione è pari a 12Vcc.

Non bisogna assolutamente considerare il collegamento di terra come un riferimento di tensione.



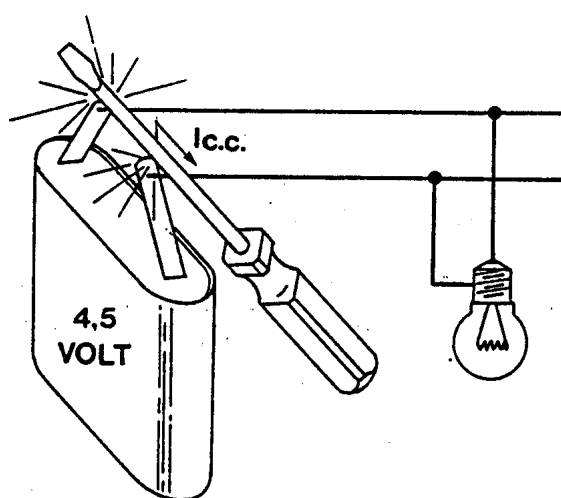
1.17. CONCETTO DI CORTOCIRCUITO E DI SOVRACCARICO

PREMESSA: una delle maggiori cause di guasti all'impianto elettrico di un veicolo è il cortocircuito.

Per cortocircuito si intende un indesiderato collegamento di due punti dell'impianto elettrico tra i quali sia presente una differenza di potenziale.

È bene distinguere i due casi più importanti di cortocircuito:

- cortocircuito verso massa,
- cortocircuito verso il positivo.



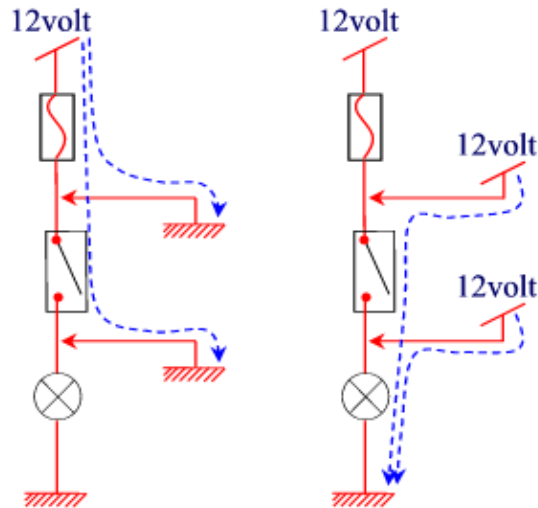
Esempio di cortocircuito.

CORTOCIRCUITO VERSO MASSA:

In questo caso si ha un passaggio indesiderato di corrente tra l'alimentazione e un punto non bene isolato del cablaggio. Il fusibile che protegge il ramo di cablaggio interessato dal cortocircuito interviene per proteggere il resto dell'impianto.

CORTOCIRCUITO VERSO IL POSITIVO:

In questo caso si ha una dispersione di corrente ad esempio verso un utilizzatore che si attiva senza l'intervento dell'apposito interruttore.



Esempio di cortocircuito verso massa e verso il positivo.

NOTA: nel caso di cortocircuito verso il positivo la protezione svolta dal fusibile viene a mancare quindi la fuga di corrente può danneggiare l'utilizzatore coinvolto o il cablaggio interessato.

SOVRACCARICO: il cortocircuito è spesso la conseguenza di una situazione di sovraccarico. Ogni utilizzatore è progettato per funzionare secondo dei precisi dati di targa. Tra questi dati di targa è riportata anche la CORRENTE NOMINALE DI ESERCIZIO.

Per corrente nominale si deve intendere la corrente che di norma l'utilizzatore assorbe.

Quando in un ramo dell'impianto si rileva una corrente maggiore di quella nominale si parla di sovraccarico secondo la seguente regola.

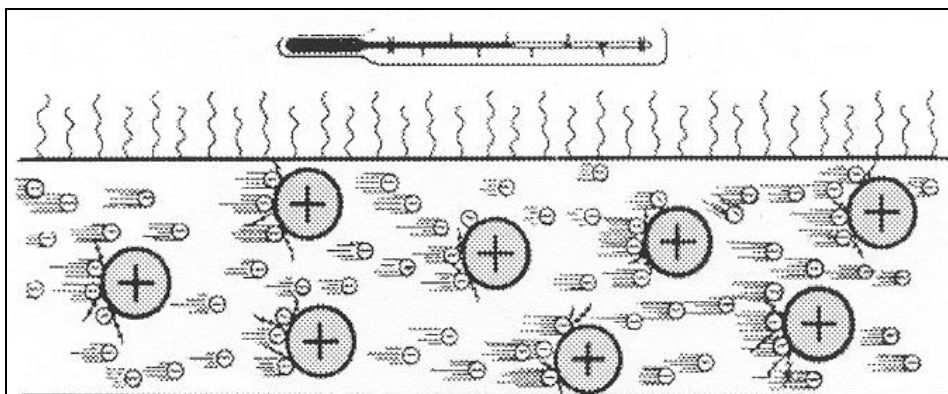
$I \leq I_n$	funzionamento regolare
$I_n < I \leq 10 I_n$	sovraccarico
$I > 10 I_n$	cortocircuito

NOTE:

Spesso si tende a trascurare le condizioni di sovraccarico quando queste non implicano un malfunzionamento immediato dell'impianto.

Questo modo di agire spesso compromette aree molto estese dell'impianto elettrico in quanto i sovraccarichi portano solitamente al surriscaldamento sia dei cavi che dei dispositivi circostanti.

1.18. LA POTENZA ELETTRICA



Rappresentazione dell'attrito cui sono soggetti gli elettroni.

PREMESSA:

Il "rallentamento" che gli elettroni subiscono attraversando una resistenza, definito come caduta di tensione, in pratica consiste nella trasformazione di una parte della loro energia cinetica in calore.

DEFINIZIONE:

La potenza assorbita dalla resistenza è quindi identificabile con la quantità di calore che questa produce per effetto del passaggio di corrente. È chiaro quindi che tale potenza sia direttamente proporzionale alla corrente e alla tensione.

$$P = V \cdot I$$

Altre formulazioni della stessa legge sono ricavabili usando la legge di Ohm:

$$P = R \cdot I^2 \qquad P = \frac{V^2}{R}$$

GRANDEZZA ELETTRICA	SIMBOLO DELLA G.E.	UNITÀ DI MISURA	SIMBOLO DELLA U. DI M.	STRUMENTO DI MISURA
potenza	P	watt	[W]	wattmetro

1.18.1. ESEMPIO: LA LAMPADA

PREMESSA:

Un classico esempio di apparecchio caratterizzato dalla sua potenza elettrica è quello della lampada.

Le lampade infatti oltre che la loro tensione di funzionamento riportano, sui dati di targa, anche la potenza elettrica.

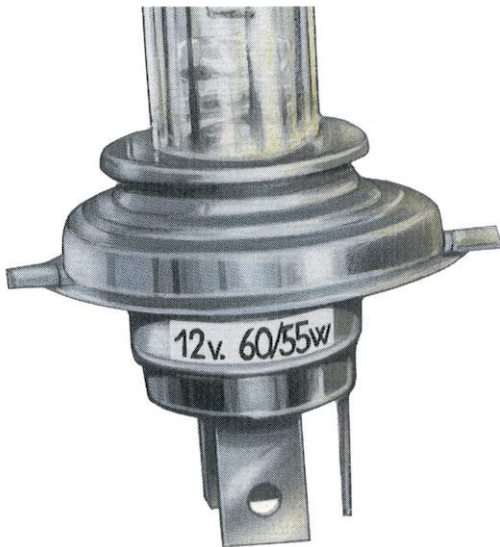
CARATTERISTICHE:

Dai dati di targa di una lampada come quella in figura (12Volt 60/55Watt) si può ricavare la resistenza a caldo dei due filamenti.

$$R_1 = 12^2 / 60 = 2.40 \Omega$$

$$R_2 = 12^2 / 55 = 2.62 \Omega$$

Come si può notare il filamento con maggiore resistenza ha una minore potenza.



Lampada per autoveicolo.

NOTA:

Misurando la resistenza del filamento a freddo con uno strumento di misura si trova un valore certamente più basso perché il materiale ha un coefficiente di temperatura positivo.

Quindi il valore di resistenza reale va ricavato misurando tensione e corrente con la lampada accesa ed usando poi la legge di Ohm.

1.18.2. EFFETTO DELLA POTENZA ELETTRICA SUI CAVI**PREMESSA:**

I cavi usati negli impianti elettrici sono dimensionati secondo la massima corrente che li deve attraversare.

Solitamente i costruttori di cavi definiscono per ogni cavo un parametro:

$$\text{DENSITÀ DI CORRENTE AMMESSA} = \text{AMPÈRE} / \text{MM}^2$$

Cioè la massima corrente (ampère) per unità di superficie della sezione (mm²).

CRITICITÀ:

Il problema del corretto dimensionamento di un cavo è legato alla sua resistenza specifica (resistenza per unità di lunghezza) e alla massima corrente che lo attraversa perché attraverso questi due parametri è definita la massima potenza che si deve dissipare.

$$P = R \cdot I^2$$

DISSIPAZIONE DI POTENZA:

La corrente elettrica che transita in un cavo, a causa della resistenza interna del cavo, ne provoca un surriscaldamento.

La potenza termica che si genera ha bisogno quindi di essere dissipata all'esterno e la velocità e la quantità di calore dissipabile dipende dalla guaina.

Infatti la guaina del cavo è l'elemento più esposto e più sensibile al calore che si genera nel cavo e ne implica i limiti di utilizzo.

CADUTA DI TENSIONE:

Un altro parametro che caratterizza un cavo è la caduta di tensione per unità di lunghezza legata alla resistenza. Fissata la massima corrente che deve attraversare un cavo se ne fissa anche il diametro e quindi anche la resistenza e la caduta di tensione.

2. PRINCIPI DI ELETTROSTATICA

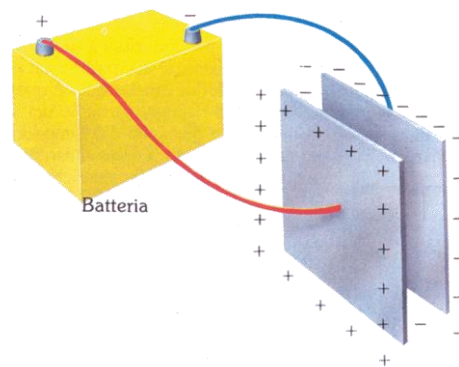
2.1. IL CAMPO ELETTRICO

PREMESSA: come si è già detto in precedenza il moto di elettroni all'interno di un corpo conduttore è provocato da forze elettriche di attrazione e di repulsione.

Queste forze elettriche sono meglio definite come CAMPO ELETTRICO.

Collegando come in figura due piastre metalliche ai poli di una batteria si avrà che la piastra collegata al polo negativo sarà "invasa" di elettroni, mentre quella collegata al polo positivo sarà "svuotata" di elettroni.

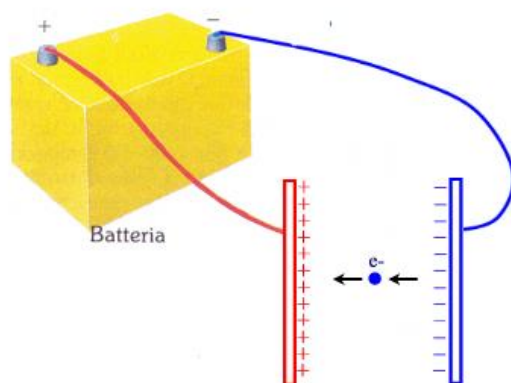
Il risultato è che tra le due piastre così caricate si è creato un CAMPO ELETTRICO.



Il campo elettrico è un fenomeno che si manifesta nello spazio ed è in grado di indurre una forza su una carica elettrica posta al suo interno.

Ciò vuol dire che ponendo un elettrone nello spazio tra le due piastre questo sarebbe attratto dalla piastra carica positivamente e respinto da quella carica negativamente.

In figura è rappresentato questo caso.



2.2. IL CONDENSATORE

PREMESSA:

Quello che si è ottenuto caricando le due piastre, oltre a creare un campo elettrico, è di accumulare delle cariche elettriche.

Supponendo di staccare la batteria dalle due piastre dopo averle caricate, le cariche resterebbero bloccate e in teoria lo stato di carica dovrebbe permanere indefinitamente.

In pratica si è ottenuto un condensatore di cariche elettriche.

CAPACITÀ DEL CONDENSATORE:

È intuitivo pensare che la quantità di cariche elettriche accumulabili tra le due piastre (armature) del condensatore non è infinita ma dipende dalla grandezza delle piastre stesse.

Prima di tutto è necessario dire che l'accumulo di cariche continua finché la differenza di potenziale tra le piastre non eguaglia quello della batteria. Quindi una prima formulazione della capacità è:

$$C = \frac{q}{V}$$

Infatti aumentando la tensione V aumenta il numero di cariche q che si riesce ad immagazzinare tra le piastre.

La capacità dipende dalla superficie delle piastre (S), dalla loro distanza (d) e dal materiale che vi si interpone (ϵ).

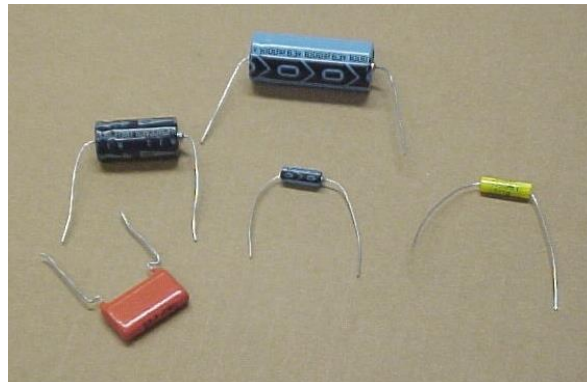
$$C = \epsilon \frac{S}{d}$$

Quindi si può affermare che la capacità di un condensatore dipende esclusivamente dalle sue caratteristiche geometriche.

2.2.1. TIPOLOGIE DI CONDENSATORI

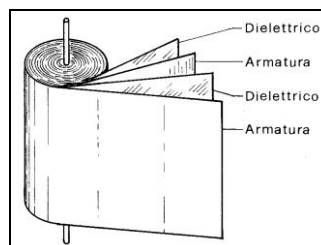
CARATTERISTICHE COMMERCIALI

I condensatori più diffusi sono
fondamentalmente di due tipi:
condensatori a carta (o film plastico)
condensatori elettrolitici



CONDENSATORI A CARTA

Questo tipo di condensatore è costituito da due fogli in genere di alluminio con interposti dei sottilissimi fogli di carta o di film plastico. Inoltre i due fogli possono essere piatti oppure arrotolati su loro stessi per avere una struttura più compatta.



CONDENSATORI ELETTROLITICI

Questo tipo di condensatore è composto da una piastra costituita da un foglio di alluminio sul quale è distribuito un composto elettrolitico che funge da seconda piastra. Tra il foglio di alluminio e l'elettrolita si forma una patina di ossido di alluminio che funge da dielettrico. Naturalmente perché questo ossido si formi correttamente il condensatore deve essere caricato secondo una polarità ben precisa che è ben evidenziata sul contenitore esterno.



In caso di inversione di polarità il condensatore si surriscalda e potrebbe esplodere.

COMPONENTE	GRANDEZZA ELETTRICA	SIMBOLO DELLA G.E.	UNITÁ DI MISURA	SIMBOLO DELLA U. DI M.	SIMBOLI GRAFICI
condensatore	capacità	C	farad	[F]	

CARICA E SCARICA DEL CONDENSATORE:

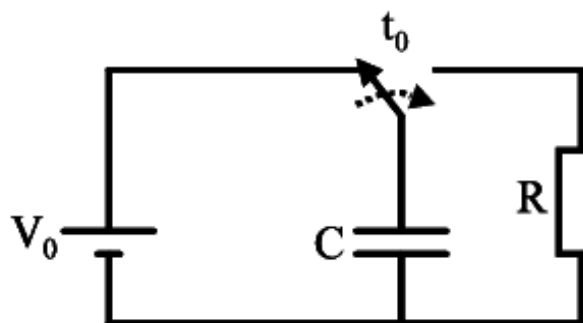
La fase di accumulo e quella di scarica del condensatore sono regolate da un andamento ben preciso della tensione tra le due piastre.

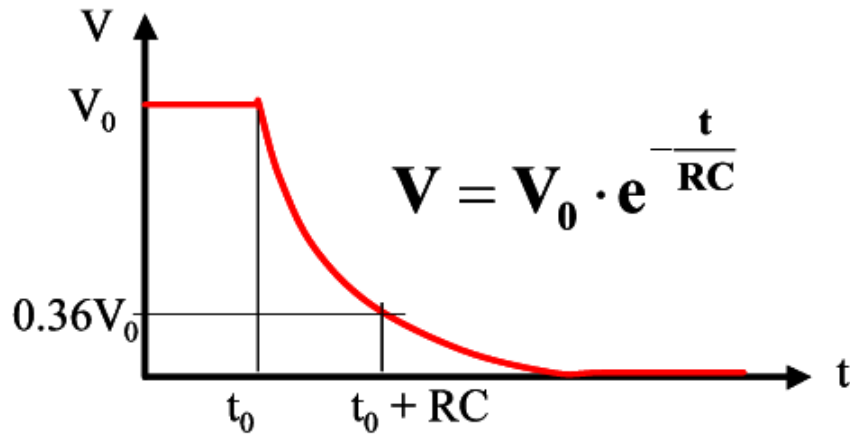
Poiché la fase di scarica è quella più importante per gli scopi veicolistici analizziamo solo questa anche perché la fase di carica è analoga.

Chiudendo un condensatore carico su un resistore R tramite un interruttore, come indicato in figura, la tensione ai sui capi segue il seguente andamento:

$$V = V_0 \cdot e^{-\frac{t}{RC}}$$

Questo andamento è tracciato nel grafico sotto riportato.





NOTA:

Dopo un lasso di tempo pari ad RC secondi a partire dall'istante t_0 la tensione sul condensatore, che all'inizio era pari a V_0 , scende del 64%.

In genere si assume che il condensatore sia completamente scarico dopo un tempo pari a $5RC$ (tensione scesa oltre il 99% del valore iniziale).

APPLICAZIONI

Nei veicoli industriali i condensatori trovano scarso impiego come componenti singoli. In alcuni casi possono trovare impiego come limitatori o soppressori di disturbi elettrici. Generalmente i condensatori, sono parte integrante di circuiti complessi come le centraline elettroniche.

3. PRINCIPI DI ELETTROMAGNETISMO

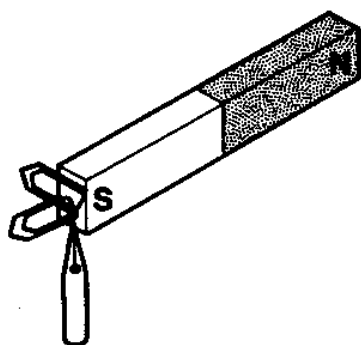
L'elettromagnetismo è il ramo dell'elettrotecnica che si occupa di spiegare tutti i fenomeni legati al moto degli elettroni all'interno di corpi conduttori.

Questi fenomeni spesso sono sfruttati per far funzionare gli elementi elettromeccanici, a volte sono di disturbo al funzionamento del sistema.

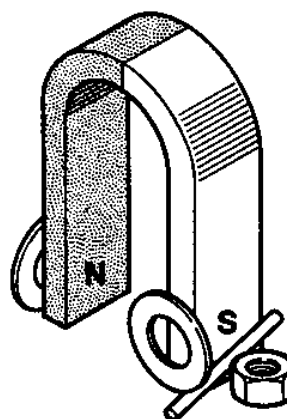
3.1. IL MAGNETISMO NATURALE

PREMESSA:

E' possibile trovare in natura un minerale di ferro, detto *magnetite* che ha la caratteristica di attirare pezzi di ferro posti nelle vicinanze. I fenomeni che hanno origine da questo minerale sono perciò detti *magnetici*.



Calamita prismatica

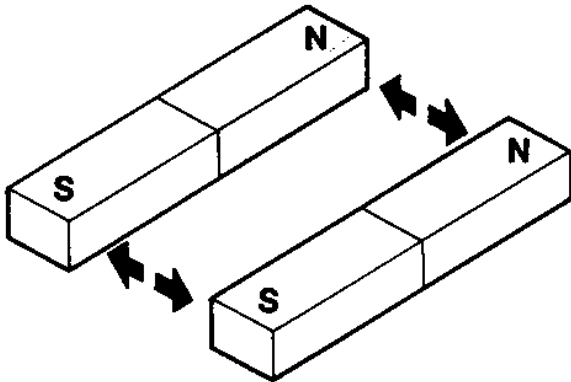


Calamita a ferro di cavallo

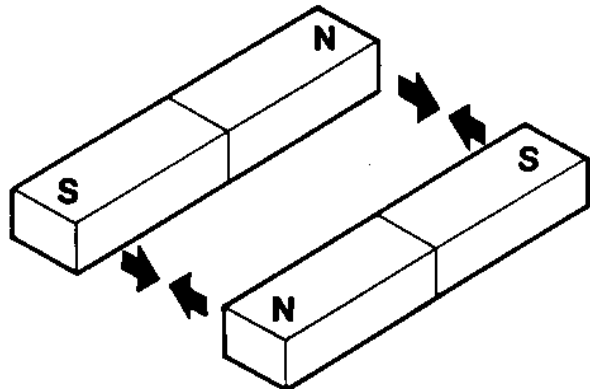
CARATTERISTICHE:

L'azione magnetica si esercita sui materiali ferrosi. In particolare le forze di attrazione sono maggiori alle estremità della calamita. Tali estremità prendono il nome di *poli*; precisamente: *polo nord* e *polo sud*

3.2. FORZE MAGNETICHE



Poli uguali si respingono

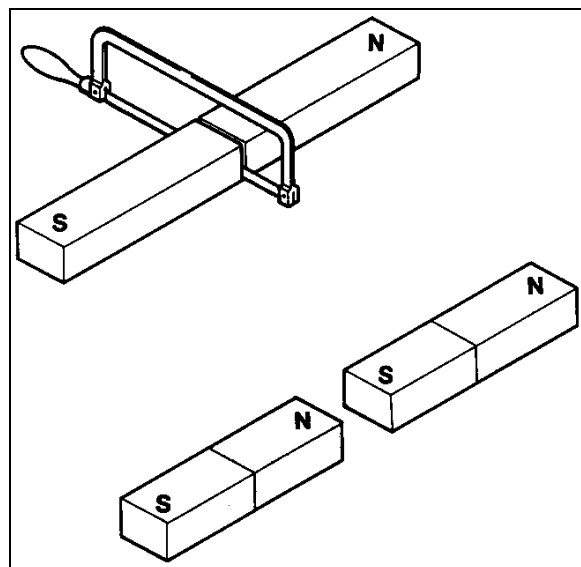


Poli opposti si attraggono

ANALOGIA ELETTRICA: analogamente a quanto avviene per le cariche elettriche i poli di uguale segno si respingono, mentre quelli di segno opposto si attraggono.

INDIVISIBILITÀ DEI POLI MAGNETICI: se si prende un magnete permanente e lo si divide al centro, in modo da separare il polo nord dal polo sud, si trova che sulle due facce ottenute si hanno ancora un nord e un sud; ossia si ottengono due magneti ciascuno dotato di due poli. Se si ripete l'operazione quante volte si vuole, si ottengono sempre degli altri magneti, di dimensioni via via più piccole, ma ciascuno con i suoi due poli.

Ciò porta a concludere che "i poli magnetici non si possono isolare": anche avendo un magnete sottile come un foglio di carta, una faccia sarebbe il polo nord e l'altra il polo sud.



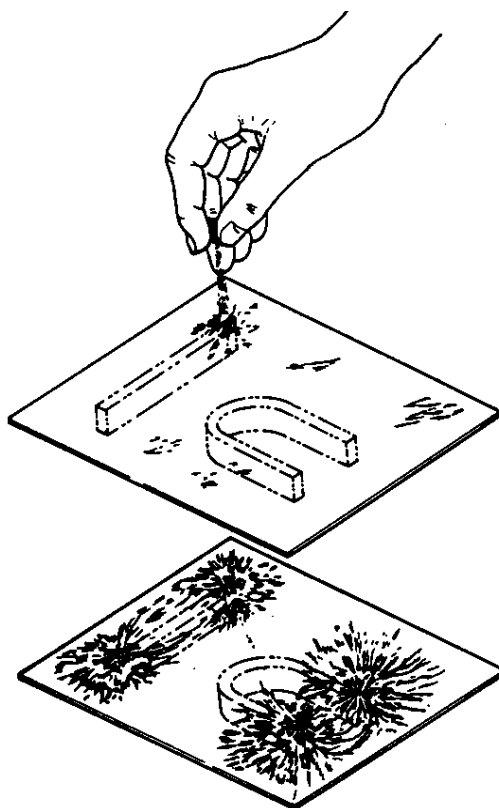
Indivisibilità dei poli magnetici.

3.3. IL CAMPO MAGNETICO

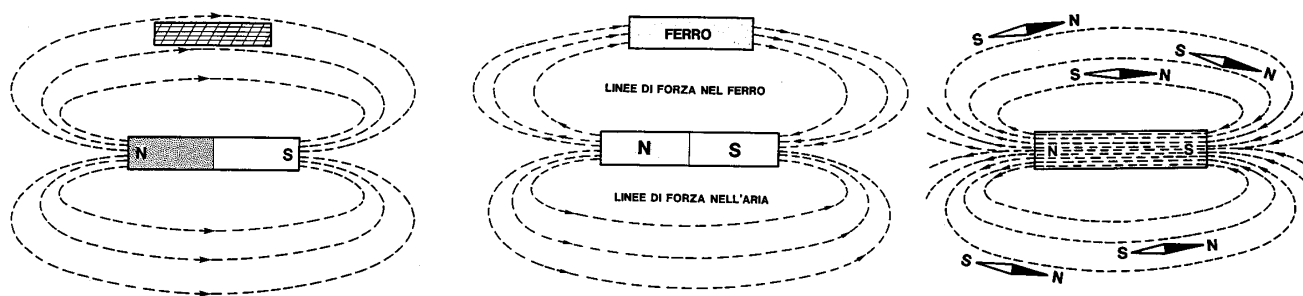
PREMESSA: tra il polo nord di un magnete e il polo sud di un altro magnete si crea un fenomeno che induce delle forze su oggetti ferrosi che vi si trovano in mezzo.

Questo fenomeno prende il nome di CAMPO MAGNETICO.

RILEVAZIONE DEL CAMPO MAGNETICO: per rilevare e materializzare il tracciato delle “forze magnetiche” nello spazio che costituisce il campo magnetico, si può adagiare una lastra di vetro sopra due magneti, uno a forma di prisma e l'altro a ferro di cavallo. Spargendo sulla lastra della limatura di ferro si potrà notare che questa si dispone secondo le “linee di forza” del campo magnetico rendendone possibile la visualizzazione. Con questa operazione si ottengono quindi gli “spettri magnetici”.



Rilevazione del campo magnetico.



Linee di forza del campo magnetico

CONVENZIONI USATE: le linee di forza o di flusso di un magnete per convenzione si intendono sempre **USCIRE DAL POLO NORD** e **RIENTRARE NEL POLO SUD**.

INDUZIONE MAGNETICA: ci sono dei materiali che hanno la proprietà di “catturare” le linee di forza.

Quando ad esempio un pezzo di ferro viene posto nelle vicinanze di una calamita, le linee di forza del campo magnetico “preferiscono” addensarsi all’interno del materiale anziché disporsi normalmente.

Questa proprietà, che dipende dal materiale, è chiamata **PERMEABILITÀ MAGNETICA**.

ESEMPI: per esempio il ferro e le sue leghe hanno una *permeabilità* molto elevata, mentre altri materiali quali l’acciaio inox, il rame, l’alluminio, la ceramica, il legno, la plastica ed il vetro non presentano questa proprietà, non costituiscono cioè un cammino preferenziale per le linee di forza, hanno una permeabilità molto bassa.

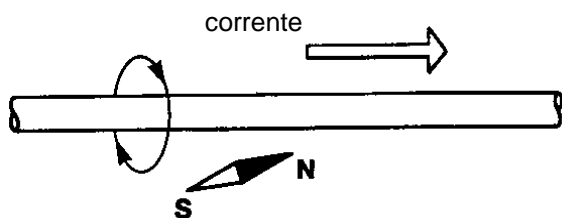
I materiali con permeabilità magnetica molto bassa posti nelle vicinanze di una calamita non ne modificano le linee di flusso.

CONSEGUENZE: quando le linee di campo magnetico attraversano un materiale ad alta permeabilità, come il ferro, si addensano e nel materiale si induce un campo magnetico aggiuntivo che aumenta l’intensità di quello esterno.

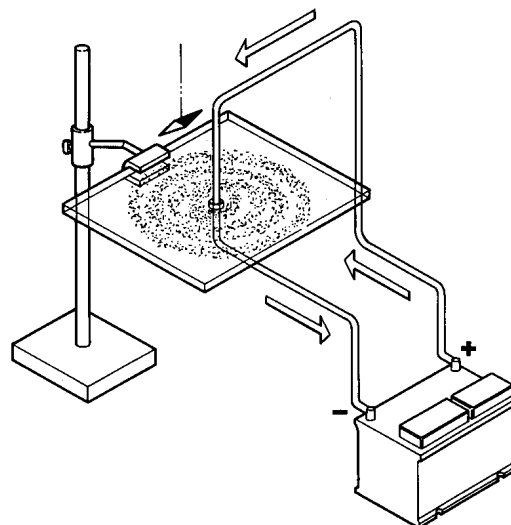
Ciò vuol dire che il pezzo di ferro posto nel campo magnetico creato da un magnete si comporta anche lui come un magnete.

Questa caratteristica è molto importante per comprendere il funzionamento di molti dispositivi elettromeccanici.

4. L'ELETTROMAGNETISMO



*Limatura di ferro nel campo magnetico
prodotto da una corrente rettilinea*

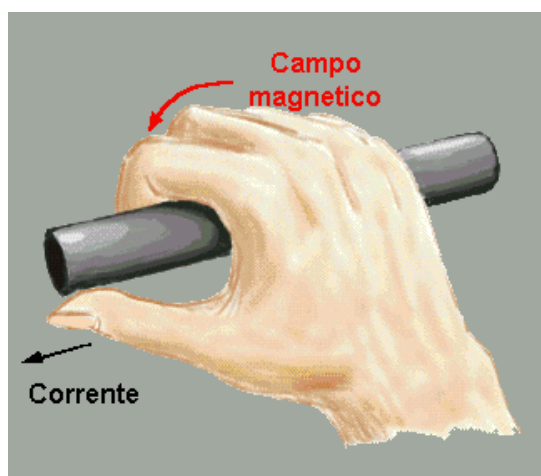


PREMESSA: i fenomeni magnetici naturali possono essere riprodotti utilizzando la corrente elettrica. Infatti inviando corrente entro un conduttore, un ago magnetico libero di ruotare e posto nelle vicinanze del conduttore, si muove ed assume una posizione ben precisa.

ESPERIENZA PRATICA: disponendo un piano orizzontale e un conduttore perpendicolare ad esso come indicato nella figura precedente si osserva che al passaggio di una intensa corrente la limatura di ferro sparsa sul piano si dispone di tanti filetti circolari concentrici al conduttore che materializzano le linee di forza del campo creato dal conduttore.

Dunque la corrente elettrica che scorre in un conduttore crea un campo magnetico ad esso circostante.

VERSO DEL CAMPO MAGNETICO: il campo magnetico che si crea intorno al conduttore percorso da corrente segue il verso indicato nella seguente figura. Il verso è identificabile con il sistema detto della "mano destra".



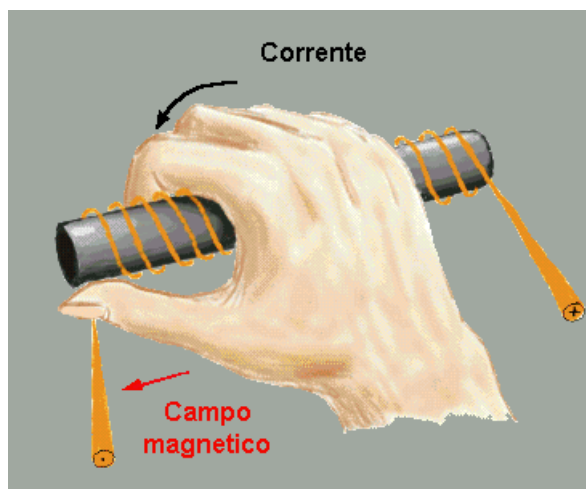
Verso del campo magnetico intorno al conduttore.

4.1.1. CAMPO MAGNETICO NEL SOLENOIDE

APPLICAZIONI TECNICHE: nelle applicazioni tecniche il campo magnetico prodotto da corrente elettrica è ottenuto avvolgendo un filo a spirale su se stesso o su una barretta di ferro. Si ottiene così una *bobina* o *solenoid*.

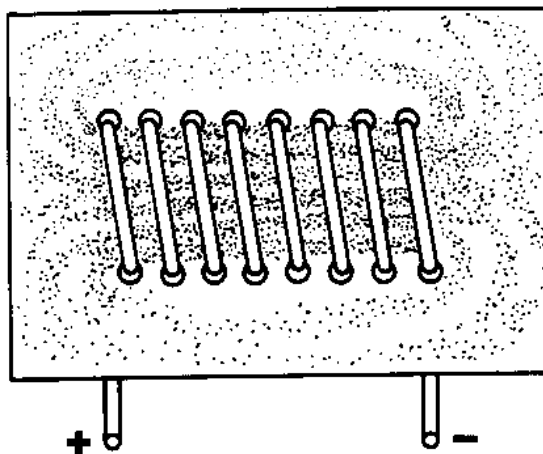
Quando il filo del solenoide è percorso dalla corrente elettrica nello spazio interno al solenoide si genera un campo magnetico.

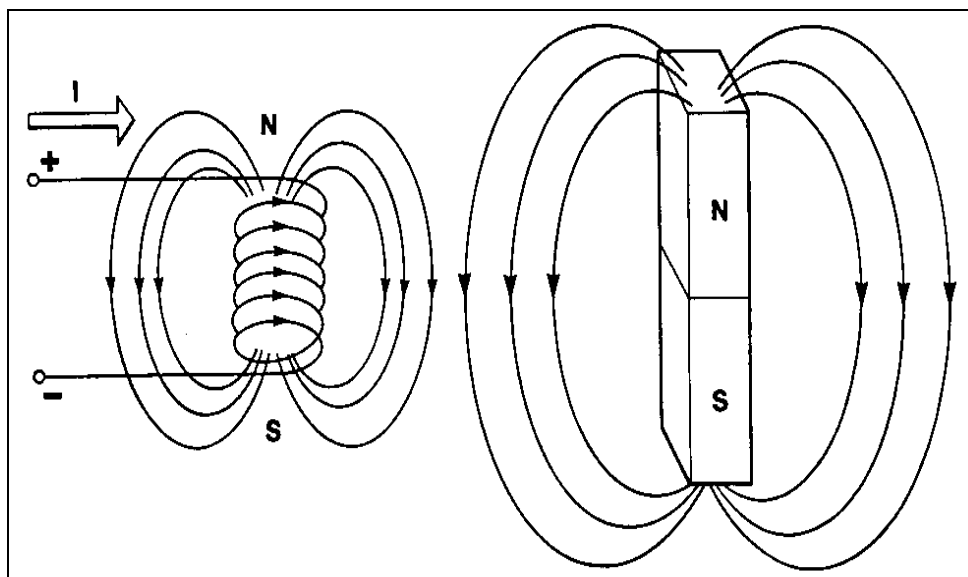
Il verso del campo magnetico all'interno del solenoide è identificabile usando ancora il metodo della "mano destra" come indicato in figura.



Verso del campo magnetico all'interno di un solenoide.

LINEE DI CAMPO NEL SOLENOIDE: nell'interno del solenoide le linee di forza, generate dalla corrente e rivelate dallo spettro magnetico, hanno direzione assiale. L'aspetto delle linee di forza formate da una bobina è simile a quello delle linee di forza generate da una calamita.

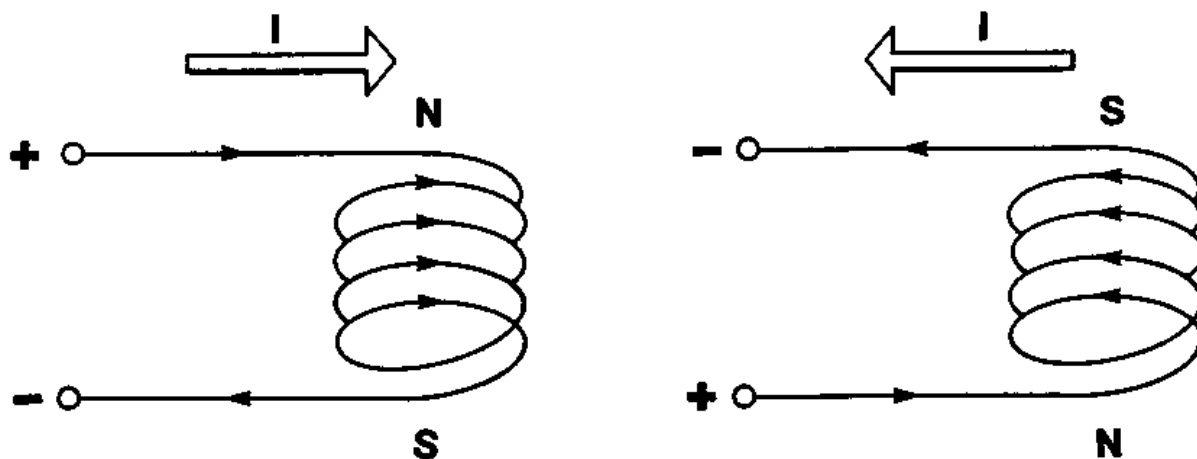




Linee di campo magnetico generate all'interno del solenoide.

NOTE:

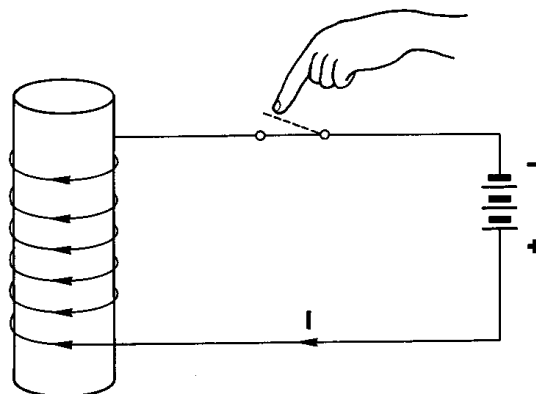
Si può osservare nella figura che ai due estremi del solenoide si generano le due polarità nord e sud. Inoltre invertendo il verso della corrente elettrica nella bobina, si invertono anche le polarità magnetiche.



Inversione del campo magnetico nel solenoide.

4.2. INDUZIONE ELETTROMAGNETICA

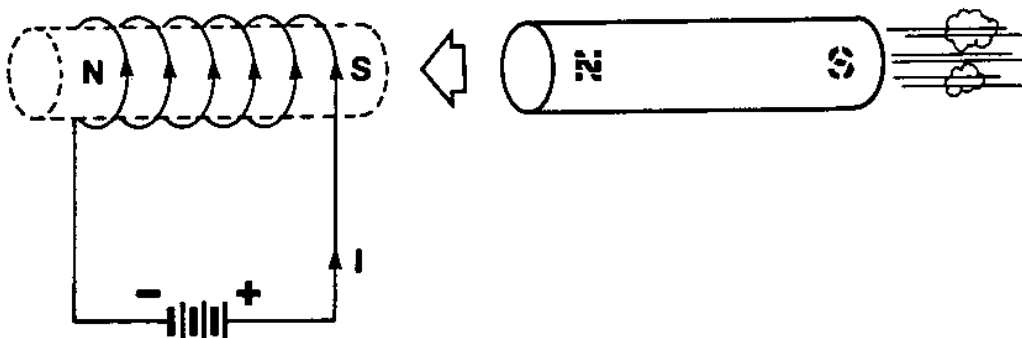
L'ELETTROMAGNETIZZAZIONE: il solenoide presenta una caratteristica particolare di notevole interesse: se si pone al suo interno un nucleo di ferro, esso si magnetizza con polarità corrispondenti a quelle del solenoide. Si ottiene così un magnete temporaneo chiamato "elettro-magnete", il cui comportamento è influenzabile dall'esterno inviando o meno corrente entro l'avvolgimento.



Magnetizzazione del nucleo del solenoide.

ESEMPIO: se una barretta di ferro viene posta di fronte alla faccia di un solenoide percorso da corrente, essa si magnetizza per "induzione", e viene attratta all'interno del solenoide fino a raggiungere la posizione mediana di equilibrio.

Il fenomeno è chiamato "potere di attrazione del solenoide".



Attrazione magnetica del solenoide.

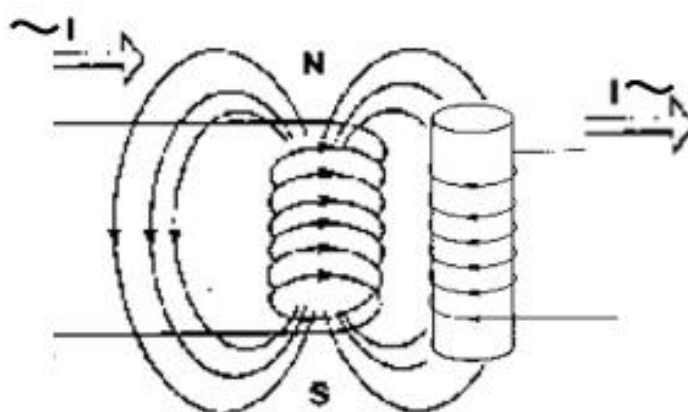
APPLICAZIONI TECNICHE: tra le applicazioni tecniche di maggiore interesse di questo fenomeno elettromagnetico si ricordano:

- l'innesto del motorino d'avviamento,
- i relè
- le elettrovalvole.

4.3. IL TRASFORMATORE

PREMESSA: finora si è visto che il passaggio di corrente costante in un conduttore crea nello spazio circostante un campo magnetico, ma non è vero che un campo magnetico costante induce una corrente. Affinché un campo magnetico induca in un conduttore una corrente esso deve avere intensità variabile. Un campo magnetico variabile lo possiamo ottenere alimentando un solenoide con una corrente variabile ottenuta ad esempio agendo su un interruttore, aprendolo e chiudendolo.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO: affiancando due solenoidi di cui uno sia percorso da corrente variabile e quindi che generi un campo magnetico variabile si ha una induzione di corrente nel secondo. Tale corrente sarà proporzionale all'intensità del campo magnetico ed alla sua rapidità di variazione.



RAPPORTO DI TRASFORMAZIONE: i trasformatori sono caratterizzati, oltre che dalla massima corrente che possono sopportare attraverso le spire, dal rapporto di trasformazione. Come si è visto ogni spira produce un campo magnetico, è quindi intuitivo che un solenoide con molte spire produce un campo magnetico più intenso di uno con poche spire. Poiché nel trasformatore il campo magnetico di un solenoide confluisce nell'altro si avrà una intensità di corrente indotta dipendente dal numero di spire che inducono e dal numero di spire indotte.

$$I_{out} = \frac{N_{in}}{N_{out}} \cdot I_{in}$$

Dove N_{in} ed N_{out} indicano il numero di spire dei solenoidi di ingresso e di uscita del trasformatore.

4.4. L'AUTOINDUZIONE E LA MUTUA INDUZIONE

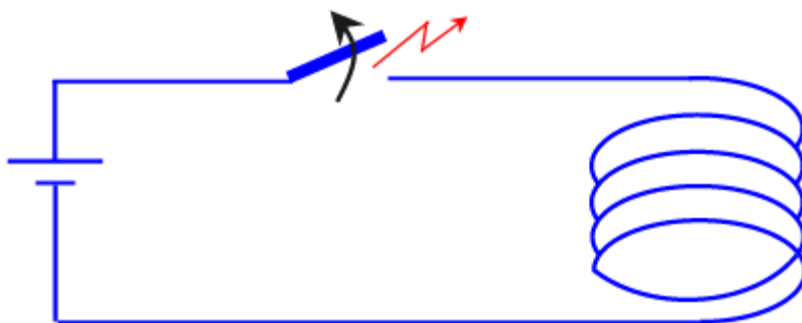
PREMESSA: quello che si è analizzato per il trasformatore è un esempio di mutua induzione. Infatti si parla di mutua induzione quando si riesce ad indurre una tensione elettrica in un solenoide usando un altro solenoide ad esso accoppiato.

Tale fenomeno si verifica anche su un solo solenoide e in questo caso si parla di AUTO INDUZIONE.

AUTOINDUZIONE: aprendo l'interruttore del circuito schematicizzato in figura si ha una rapidissima riduzione della corrente che circola nel solenoide e quindi anche del campo magnetico. Come si è già detto la variazione di campo magnetico induce una tensione e quindi nel solenoide si autoinduce una tensione contraria a quella che è appena stata tolta aprendo l'interruttore.

Il risultato è che tra i contatti dell'interruttore si crea un arco elettrico (scintilla).

Questo fenomeno è anche chiamato EXTRACORRENTE DI APERTURA.

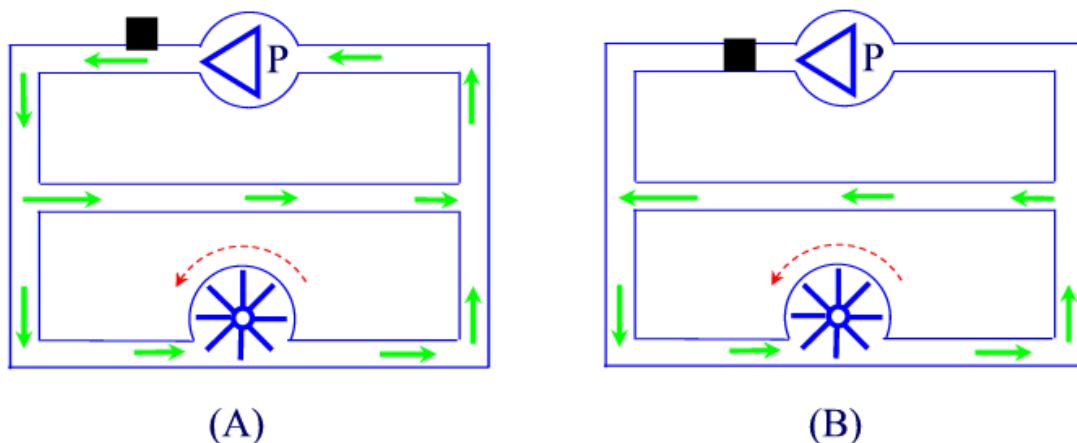


ANALOGIA IDRAULICA: l'analogia idraulica più adatta per spiegare il fenomeno delle extracorrenti di apertura è quella della turbina. Associamo quindi il solenoide alla turbina.

Quando una turbina è posta in rotazione da una certa portata di fluido e si interrompe rapidamente questa portata si ha che l'inerzia della turbina crea delle sovrappressioni sul circuito.

In pratica la turbina si oppone alla riduzione di portata creando essa stessa una pressione così come il solenoide si oppone alla riduzione di corrente elettrica creando una tensione che si manifesta come arco elettrico.



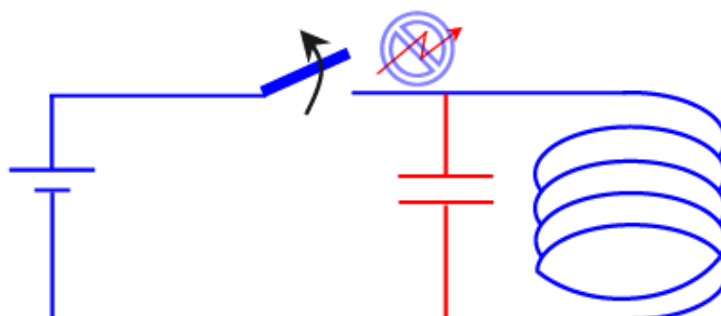


NOTE: nel caso (A) la pompa P spinge il fluido in entrambi i rami del circuito idraulico mettendo in rotazione la turbina.

Nel caso (B) la saracinesca blocca la pompa ma la turbina che era già in rotazione continua per inerzia a far circolare il fluido nel ramo centrale. Il verso del fluido nel ramo centrale è però contrario a quello del caso (A).

CRITICITÀ: l'arco elettrico che si crea ogni volta che si cerca di aprire un circuito in cui sia presente una bobina (ad esempio nei relè) può seriamente danneggiare i contatti.

Per prevenire questo inconveniente solitamente in parallelo al solenoide si collega un condensatore che ha il compito sia di immagazzinare la extratensione generata dal solenoide che di evitare l'inutile spreco di energia che l'arco elettrico comporta.



4.4.1. ESEMPIO: LA BOBINA DI ACCENSIONE**PREMESSA:**

Una classica applicazione dei fenomeni di auto e mutua induzione è quella della bobina di accensione. In questo dispositivo si sfrutta l'autoinduzione per creare un campo magnetico che vari molto rapidamente e la mutua induzione per generare una tensione di intensità molto elevata.

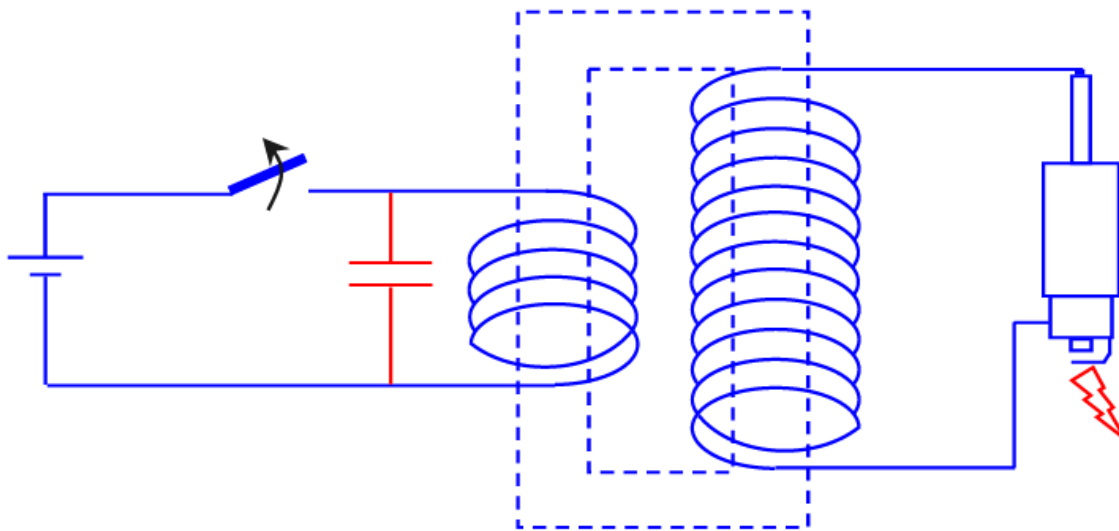
FUNZIONAMENTO:

La puntina platinata presente nello spinterogeno è in pratica l'interruttore che apre il circuito del solenoide primario del trasformatore schematizzato in figura.

Notare la presenza del condensatore di protezione.

All'apertura del circuito si crea un campo magnetico molto intenso e che varia molto rapidamente. Questo induce una forte tensione nel secondario del trasformatore.

La tensione sul secondario è resa ancora più intensa dal rapporto di spire del trasformatore che è di circa 1:1000. Questo rapporto consente di avere una tensione di migliaia di volt in uscita da secondario, necessaria per far scoccare l'arco elettrico nella candela.



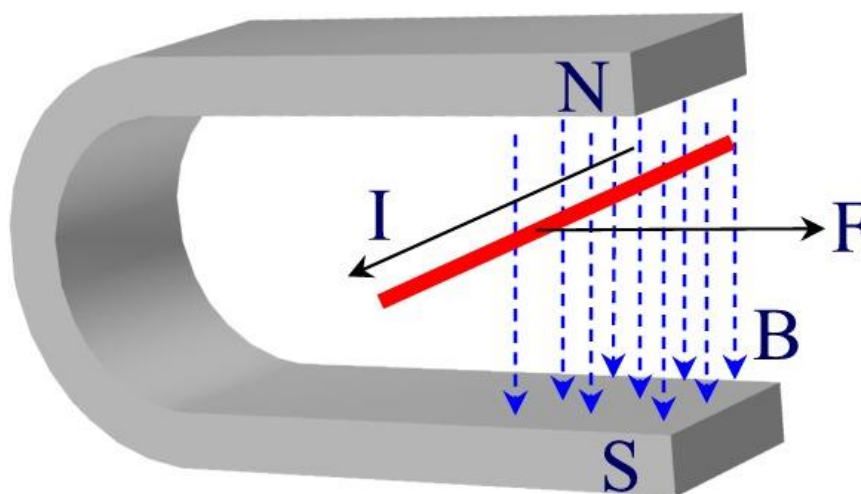
Schema semplificato di accensione comandata.

5. GENERAZIONE DI TENSIONE

PREMESSA: nel trasformatore si è visto che una variazione di campo magnetico induce in un corpo conduttore una corrente elettrica.

Se ora si immagina di spostare un conduttore da una zona senza campo magnetico ad una con un forte campo magnetico l'effetto che si ha è molto simile.

In figura è rappresentato il fenomeno descritto che è poi la base della trasformazione di energia meccanica in energia elettrica degli alternatori.



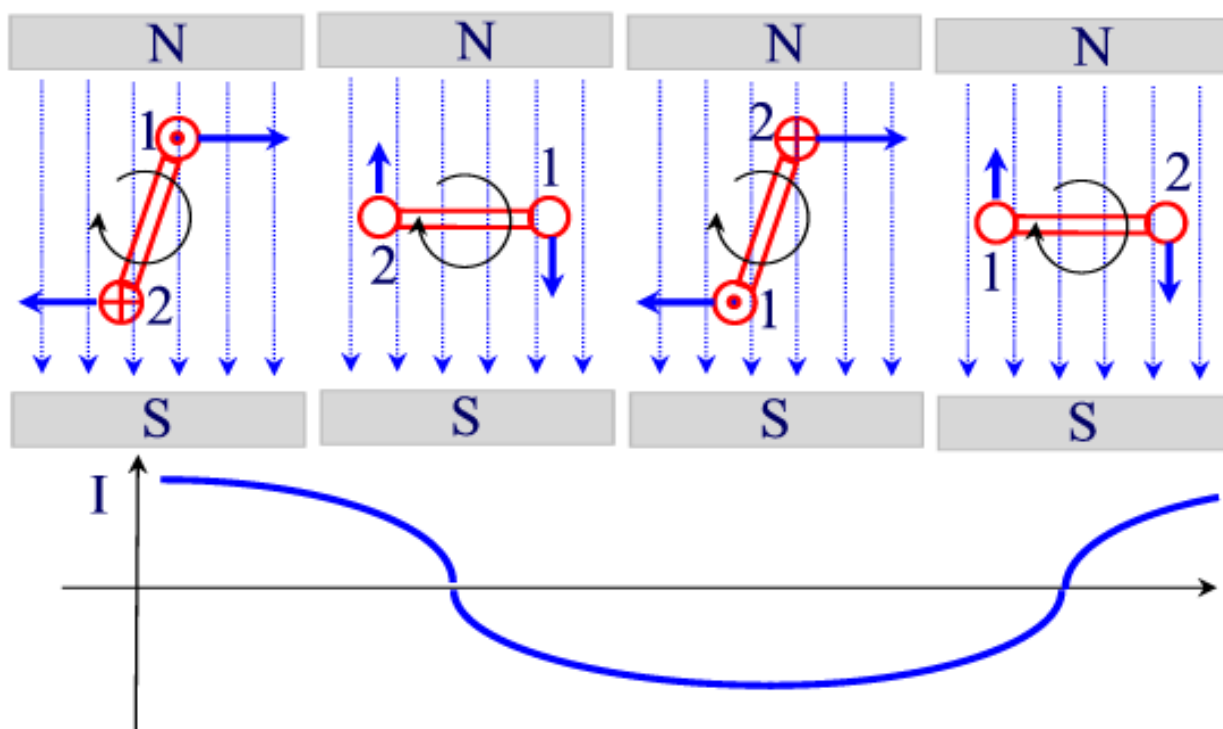
Generazione di corrente elettrica.

FUNZIONAMENTO: in pratica in un conduttore spostato con una forza (F) attraverso un campo magnetico (B) si induce una corrente (I) proporzionale sia ad F che a B e al loro verso relativo.

5.1.1. GENERAZIONE CONTINUA DI CORRENTE

Poiché non è possibile realizzare un generatore di corrente che funzioni in maniera discontinua come quello sopra in pratica quello che si fa è far ruotare una spira all'interno di un campo magnetico continuo.

In questo modo nella spira si genera una corrente alternata.



Corrente generata dalla rotazione di una spira in un campo magnetico.

FUNZIONAMENTO: quando la spira si trova in orizzontale i due conduttori non tagliano le linee di campo magnetico e quindi non si induce corrente, mentre quando i conduttori tagliano le linee di campo magnetico si genera corrente uscente nel conduttore che si muove verso destra ed entrante in quello che va verso sinistra.

Questo è il principio di funzionamento dell'alternatore.

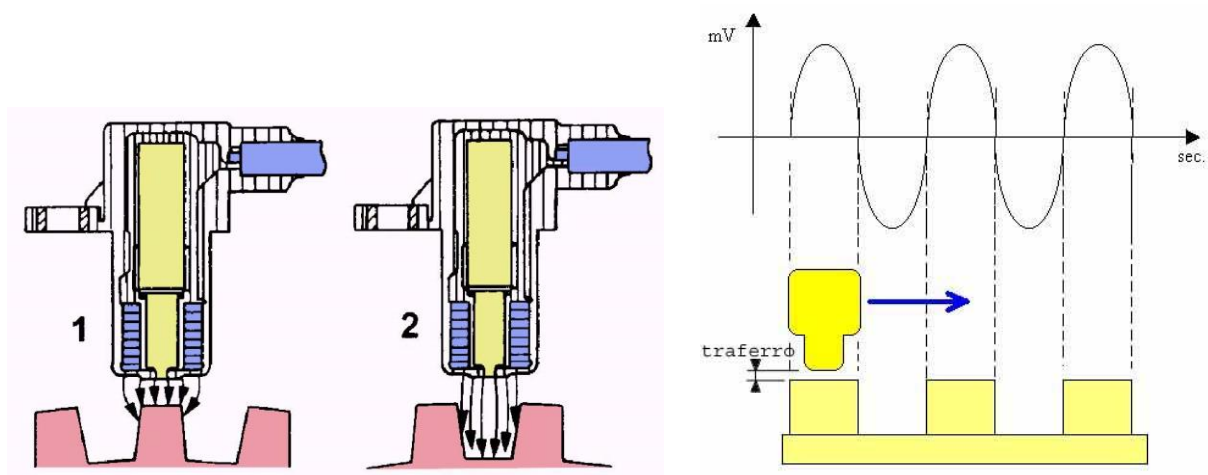
5.1.2. ESEMPIO: IL SENSORE INDUTTIVO

PREMESSA: quando una barretta metallica si avvicina o si allontana da un solenoide avvolto su di un magnete permanente ne fa variare il campo magnetico.

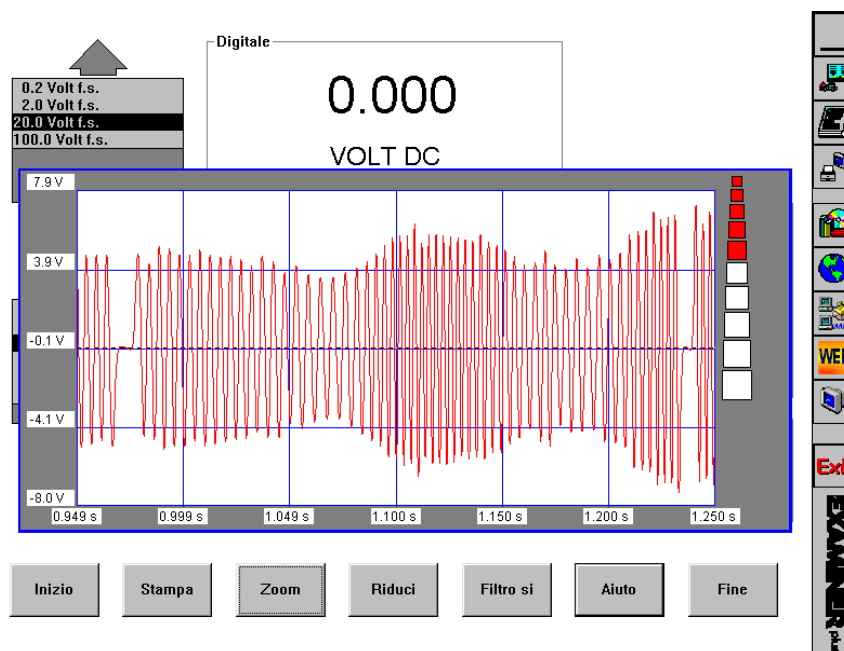
Il motivo di questo fenomeno è che quando la barretta si avvicina al campo magnetico del magnete permanente si aggiunge anche quello indotto nella barretta.

APPLICAZIONE: in campo veicolistico questo fenomeno trova la sua principale applicazione nei sensori induttivi.

Come si vede dalla figura quando il dente della ruota fonica passa davanti al sensore ne aumenta il campo magnetico inducendo una tensione nel solenoide.



Fase di passaggio di un dente davanti ad un sensore induttivo e tensione generata.



6. GRANDEZZE CONTINUE ED ALTERNATE

PREMESSA: come si è già avuto modo di vedere le grandezze elettriche fondamentali possono essere costanti nel tempo oppure variabili.

Tra le grandezze variabili c'è una categoria detta ALTERNATA.

CARATTERISTICHE: perché una grandezza elettrica possa dirsi ALTERNATA essa deve soddisfare ai seguenti requisiti:

deve ripetersi con **PERIODO** costante.

deve assumere un range di valori (dal minimo al massimo) sempre uguale.

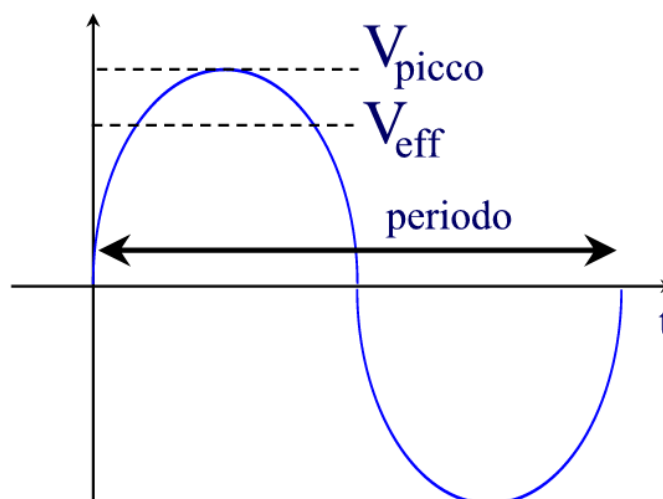
Tra le grandezze alternate di maggiore interesse si ricorda la tensione di rete che ha i seguenti dati caratteristici: (220Volt 50Hz)

Analizziamo separatamente queste due grandezze.

FREQUENZA: per FREQUENZA di un segnale alternato si intende il numero di oscillazioni complete in un secondo.

Nel caso della tensione di rete si hanno 50 oscillazioni in un secondo, quindi ogni oscillazione dura (cioè ha un **PERIODO** pari a) 20 msec.

AMPIEZZA: l'ampiezza di un segnale alternato può essere definita in vari modi a seconda della forma delle oscillazioni.



Grandezze relative alla tensione alternata.

6.1.1. SEGNALE SINUSOIDALE

- Nel caso di un segnale sinusoidale si può parlare di:
- valore di picco
- valore efficace
- valore medio

Il VALORE DI PICCO rappresenta il valore massimo che il segnale raggiunge durante le sue oscillazioni.

Il VALORE EFFICACE rappresenta il valore che un segnale continuo dovrebbe avere per produrre gli stessi “effetti termici” di quello alternato.

È chiaro che il segnale sinusoidale, poiché per alcuni istanti è nullo, ha una efficacia termica inferiore ad uno continuo, quindi il valore efficace sarà sempre inferiore a quello di picco.

Per un segnale sinusoidale il valore efficace è pari a:

$$V_{\text{eff}} = \frac{V_{\text{picco}}}{\sqrt{2}}$$

Il VALORE MEDIO rappresenta il livello intorno al quale il segnale alternato oscilla. Per un segnale alternato sinusoidale il valore medio risulta sempre pari a zero.

7. IL MOTORE ELETTRICO

PREMESSA: il motore elettrico è un dispositivo elettromeccanico in grado di trasformare energia elettrica (corrente e tensione) in energia meccanica (coppia).

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO: il principio che è alla base del motore elettrico è l'esatto complementare di quello visto per la generazione di tensione elettrica.

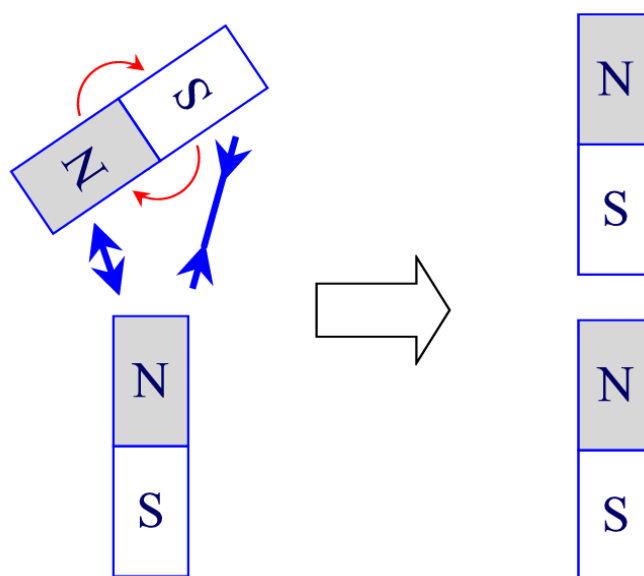
In quel caso una forza che muove un conduttore all'interno di un campo magnetico induce una tensione elettrica ai suoi capi.

In questo caso una corrente che attraversa un conduttore posto in un campo magnetico crea una forza in grado di spostare il conduttore stesso.

Per meglio comprendere questo principio si richiama l'attenzione su quanto già detto sulle forze magnetiche:

poli uguali si respingono --- poli diversi si attraggono

Seguendo questo principio e avvicinando due magneti questi si dispongono in modo da orientare i loro poli magnetici in modo appropriato come in figura.



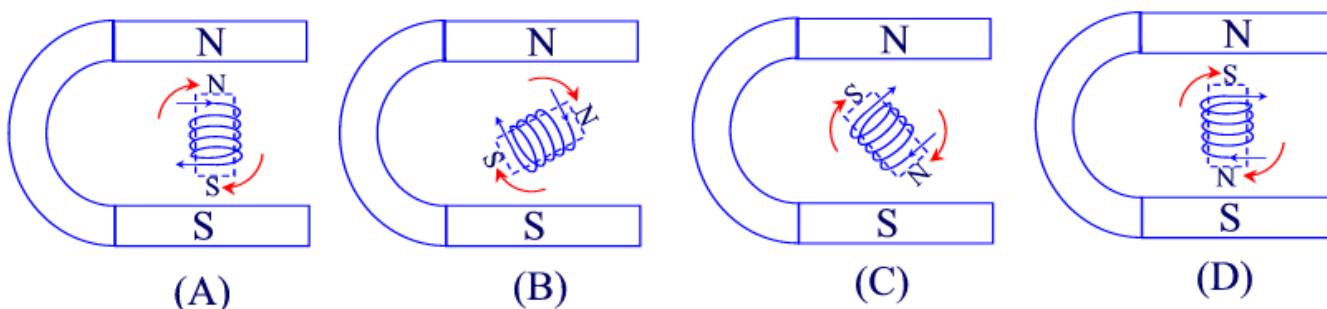
Principio dell'orientamento magnetico.

IL MOTORE ELETTRICO:

Una delle possibili configurazioni di un motore elettrico è quella con magneti permanenti sulla parte fissa (statore) e con avvolgimento sulla parte mobile (rotore).

Lo statore provvede a creare il campo magnetico permanente, mentre il rotore crea un campo magnetico che cerca di orientarsi secondo quello dello statore.

In pratica cambiando ad ogni mezzo giro il verso della corrente nel rotore si ha un campo magnetico che non è mai concorde con quello esterno ma che cerca di diventarlo continuamente mettendo in rotazione il rotore.



Principio di funzionamento del motore elettrico.

NOTA:

In figura sono schematizzate quattro posizioni di un mezzo giro del motore elettrico. Come si vede le estensioni polari del rotore si sono orientate secondo il campo magnetico dello statore.

Dopo la posizione (D) basta invertire il verso della corrente nel rotore per ritrovarsi nella posizione (A) e ricominciare un nuovo mezzo giro.

8. COMPONENTI ELETTRONICI

DEFINIZIONE

Con il termine "elettronica" si è soliti intendere lo studio di tutti quei fenomeni elettrici, cioè legati al moto degli elettroni in un conduttore, che non rispettano leggi lineari.

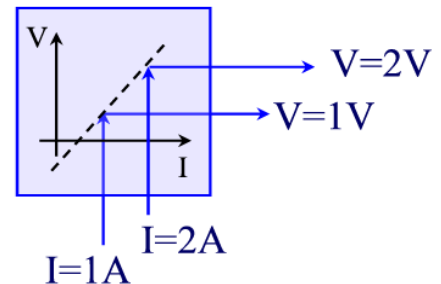
Le grandezze elettriche in gioco sono generalmente molto piccole.

E' consuetudine considerare correnti dell'ordine dei milionesimi di Ampere [μA] o tensioni dell'ordine dei millesimi di Volt [mV] e quindi dimensioni dei componenti molto ridotte.

La tecnologia elettronica permette la costruzione di componenti e circuiti che possono essere applicati come comando, regolazione, controllo di parametri fisici nei più disparati settori tra i quali l'automotive.

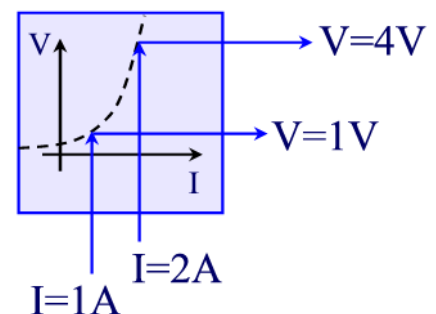
FENOMENI LINEARI

Una legge di tipo lineare caratterizza un fenomeno per il quale una perturbazione dello stato iniziale provoca una proporzionale perturbazione dello stato finale. Ad esempio nella legge di Ohm un valore doppio di corrente produce un valore doppio di caduta tensione.



FENOMENI NON LINEARI

Una legge di tipo non lineare caratterizza quei fenomeni per i quali è molto difficile esprimere con una semplice formula la relazione ingresso-uscita. Spesso in questi casi si fa ricorso a più espressioni caratteristiche, una per ogni range di valori di ingresso. A volte si è addirittura costretti a ricavare i valori di uscita attraverso curve tracciate sperimentalmente perché la formulazione matematica sarebbe troppo complessa e poco utile.



ESEMPIO

L'elettronica si preoccupa ad esempio di spiegare il funzionamento dei dispositivi a semiconduttore come il diodo o il transistor. Il funzionamento del diodo è di carattere non lineare in quanto variando linearmente la tensione applicata ai suoi terminali non si ha una variazione altrettanto lineare della corrente, come in una resistenza, ma una variazione del tipo on-off.

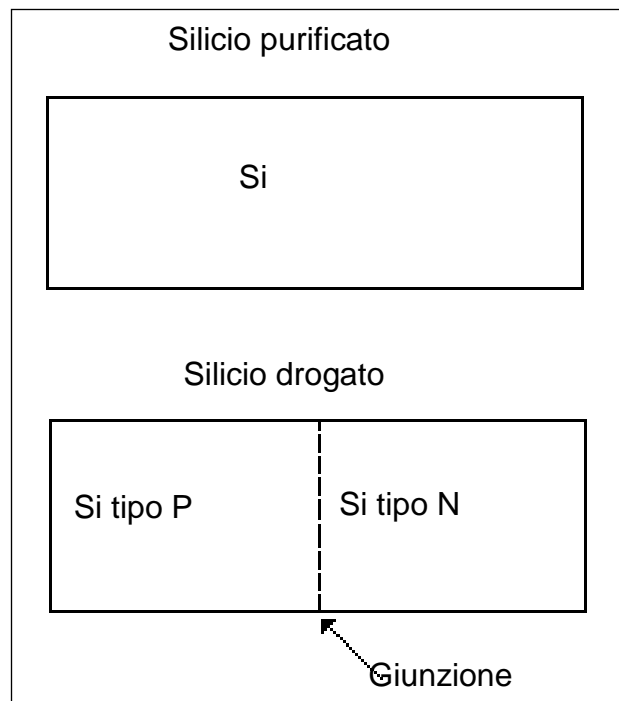
8.1. I SEMICONDUCTORI

GENERALITÀ: In natura esistono materiali che non sono buoni conduttori di corrente ma nemmeno buoni isolanti. Trovandosi quindi in una posizione di conduzione elettrica intermedia vengono detti SEMICONDUCTORI. Il principale materiale semiconduttore attualmente impiegato in elettronica è il SILICIO dal quale vengono costruiti componenti come diodi, transistori, circuiti integrati.

MANIPOLAZIONI SUL SILICIO: il silicio, dopo essere stato “purificato” (processo di eliminazione delle sostanze estranee diverse dal silicio), viene opportunamente “drogato” (inquinato) da elementi che ne alterano il comportamento elettrico in funzione della destinazione di impiego. L’operazione di drogaggio consiste nel legare agli atomi del silicio di base degli atomi di elementi simili ma con elettroni in numero maggiore o minore.

Ciò dà luogo, a seconda del tipo di drogaggio, a zone elettricamente non neutre ma dette di “tipo N” o di “tipo P”.

Il drogaggio di un pezzetto di silicio in due zone adiacenti con cariche opposte (una P ed una N) porta alla formazione di una GIUNZIONE (detta anche zona di contatto) il cui comportamento elettrico è alla base del componente chiamato DIODO.

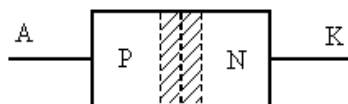


8.2. IL DIODO

CARATTERISTICHE

Il diodo è un componente semiconduttore la cui CARATTERISTICA PRINCIPALE È DI PERMETTERE IL PASSAGGIO DI CORRENTE IN UN SOLO SENSO (componente unidirezionale).

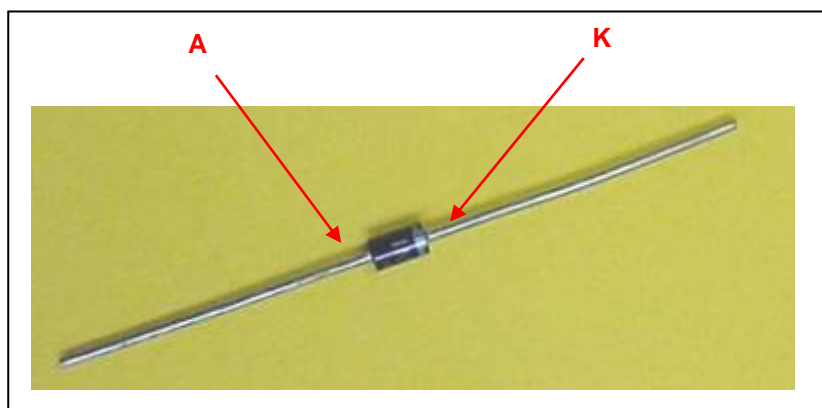
Il comportamento citato è dipendente dalla giunzione formata tra le due regioni di silicio di tipo P ed N sulla quale si forma un addensamento di cariche elettriche che può aumentare o diminuire facilitando o impedendo il passaggio di corrente secondo il potenziale elettrico applicato dall'esterno.



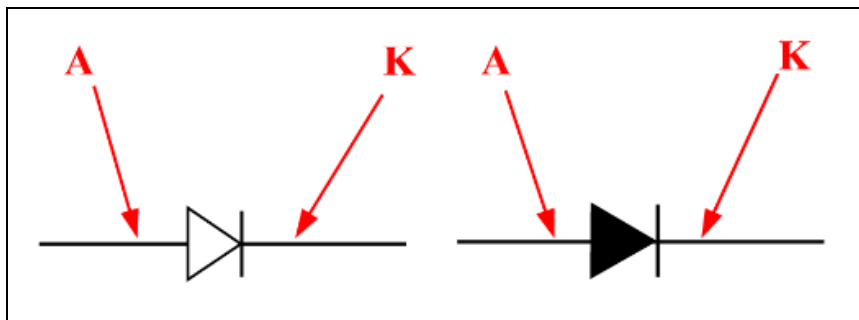
Barretta PN e barriera di potenziale

TERMINALI DI UN DIODO

Il diodo possiede due terminali denominati ANODO (A) e CATODO (K) corrispondenti rispettivamente alle regioni P ed N.



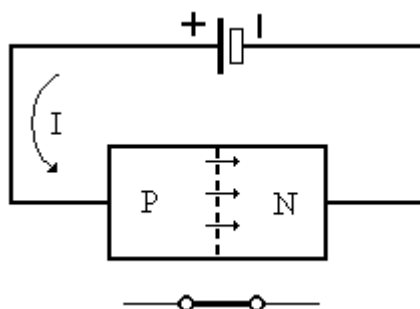
Identificazione di anodo(A) e catodo(K) sul componente reale



Simboli del diodo

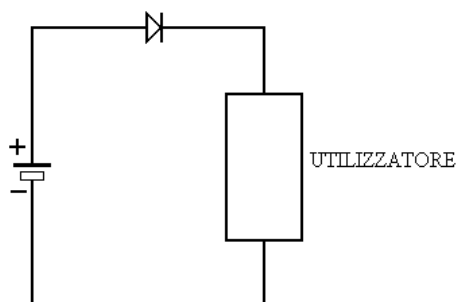
8.2.1. POLARIZZAZIONE DIRETTA DI UN DIODO

DESCRIZIONE: applicando sull'anodo un potenziale positivo rispetto al catodo la barriera di potenziale costituita nella giunzione si riduce favorendo un elevato passaggio di corrente attraverso il diodo stesso. Si dice che il diodo è stato **POLARIZZATO DIRETTAMENTE** e si comporta come un interruttore chiuso (diodo in conduzione).



SOGLIA DI CONDUZIONE: per esplicitare il concetto precedente si è fatto riferimento ad un componente ideale. In realtà il diodo, quando è polarizzato direttamente, lascia passare corrente se la differenza di potenziale ai suoi terminali supera la cosiddetta **SOGLIA DI CONDUZIONE** pari a circa 0,6V per componenti a base di silicio. Secondo il tipo di diodo questa soglia può essere compresa tra 0,5V per i diodi di bassa corrente e fino a 1V per quelli di elevata corrente.

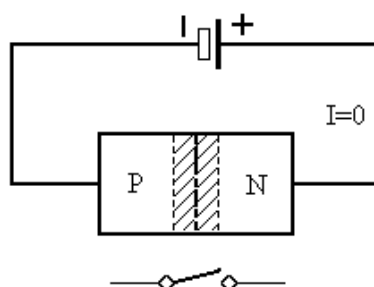
CORRENTE DIRETTA: dato che al superamento di questa soglia il diodo tende a comportarsi come un interruttore chiuso si avrebbe un passaggio di corrente enorme che lo porterebbe a rapida distruzione per il superamento della massima **corrente diretta** dichiarata dal costruttore ($I_{FORWARD}$). Quindi nelle applicazioni i diodi non sono mai collegati direttamente alla tensione di alimentazione (si produrrebbe un cortocircuito e sarebbe poco utile come impiego) ma come componenti interposti tra l'alimentazione ed un circuito utilizzatore vero e proprio.



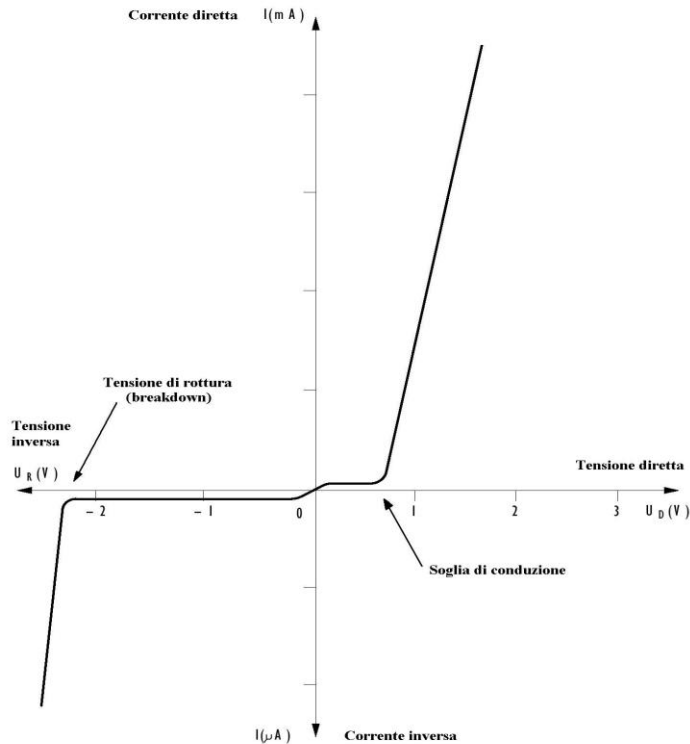
Corretta installazione di un diodo in un circuito generico

8.2.2. POLARIZZAZIONE INVERSA DI UN DIODO

DESCRIZIONE: se, al contrario, si applica sull'anodo un potenziale negativo rispetto al catodo (ovvero il catodo è positivo rispetto l'anodo) la barriera di potenziale costituita nella giunzione aumenta di larghezza impedendo il passaggio di corrente attraverso il diodo stesso. Si dice che il diodo è stato POLARIZZATO INVERSAMENTE e si comporta come un interruttore aperto (diodo interdetto).



EFFETTO "VALANGA": viceversa quando il diodo reale viene polarizzato inversamente scorre una piccolissima corrente inversa (dell'ordine dei nA) che è comunque trascurabile. Se però la tensione inversa applicata supera quella dichiarata dal costruttore ($V_{REVERSE}$) si ottiene un *effetto valanga* dove la corrente aumenta rapidamente per distruzione irreversibile della giunzione.



Caratteristica tensione-corrente di un diodo al silicio

8.2.3. DATI CARATTERISTICI DI UN DIODO

GRANDEZZE CARATTERISTICHE (valori limite)

Simbolo	Parametro	Valore	Unità
V_{RRM}	Tensione inversa di picco (ripetitiva).	60	V
$I_{F(AV)}$	Corrente diretta media.	$T_{amb}=25^{\circ}C$ 1	A
I_{FSM}	Corrente diretta non ripetitiva.	$T_{amb}=25^{\circ}C$ $t_p=10\text{ ms}$ 20	A
		$T_{amb}=25^{\circ}C$ $t_p=300\ \mu s$ 40	
T_{stg} T_j	Temperature di giunzione (j) e di conservazione (stg)	-65 to 150	$^{\circ}C$
		-65 to 125	$^{\circ}C$
T_L	Massima temperatura sostenibile durante le saldature di durata 10s a 4mm dal contenitore ceramico.	230	$^{\circ}C$

RESISTENZA TERMICA

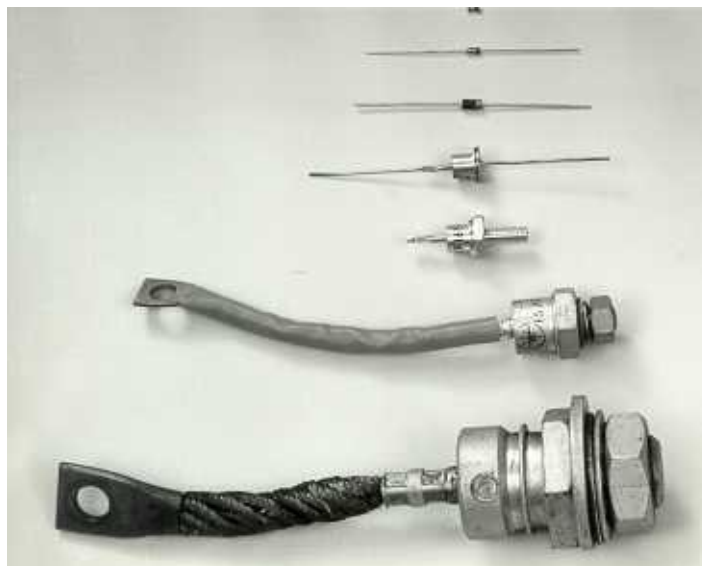
Simbolo	Parametro	Valore	Unità
$R_{th(j-a)}$	Resistenza tra giunzione ed ambiente *.	110	$^{\circ}C/W$

* Considerando un dissipatore infinito con spessore di 4mm.

Particolare di una scheda con caratteristiche diodi estratta da un Databook

CONTENITORI

Le dimensioni e la forma dei diodi sono in funzione della corrente diretta massima sopportabile e quindi della potenza dissipabile.



Dimensioni e forme

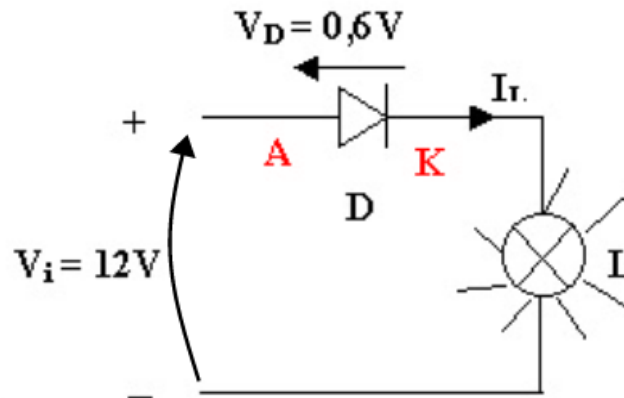
8.2.4. FUNZIONAMENTO DEL DIODO IN UN CIRCUITO

CIRCUITO CON DIODO POLARIZZATO DIRETTAMENTE

In questo circuito il diodo ha un potenziale positivo sull'anodo rispetto al catodo quindi si lascia attraversare dalla corrente comportandosi come un interruttore chiuso. La corrente che lo attraversa dipende dalle caratteristiche della lampada L che costituisce l'utilizzatore del circuito.

Sull'utilizzatore L è applicata la tensione di alimentazione ridotta dalla caduta di tensione diretta del diodo:

$$V_L = V_i - V_D = 11,4V$$

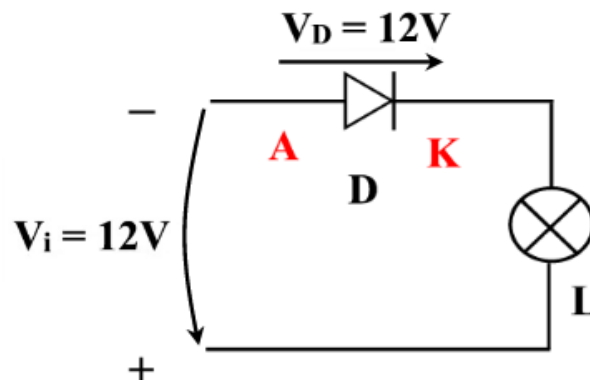


Schema di applicazione di un diodo (polarizzazione diretta)

CIRCUITO CON DIODO POLARIZZATO INVERSAMENTE

Se l'anodo ha un potenziale negativo rispetto al catodo, come appare in figura, il diodo non si lascia attraversare dalla corrente comportandosi come un interruttore aperto. Ai capi del diodo è quindi presente una caduta di tensione pari a quella di alimentazione. Come logica conseguenza la lampada non è attraversata da corrente e quindi rimane spenta.

$$V_L = V_i - V_D = 0V$$



Schema di applicazione di un diodo (polarizzazione inversa)

8.2.5. LE PRINCIPALI APPLICAZIONI DEI DIODI NELL'AUTOVEICOLO

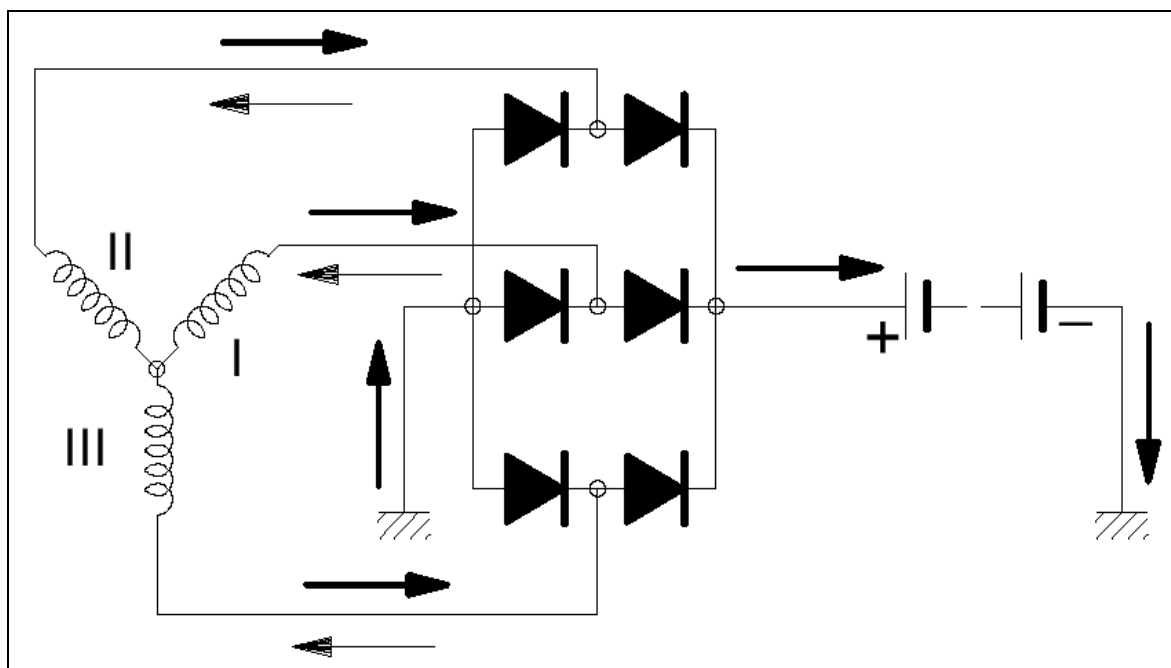
DESCRIZIONE

Un'applicazione tradizionale del diodo è come raddrizzatore della corrente alternata generata dagli avvolgimenti statorici dell'alternatore. Il raddrizzamento è necessario per rendere la tensione in uscita dall'alternatore compatibile con la carica della batteria e con le caratteristiche di funzionamento dei circuiti elettrici del veicolo.

ALTERNATORE TRIFASE

In figura è riportato lo schema di un alternatore *trifase* collegato alla batteria di bordo, tramite un apposito *ponte raddrizzatore* costituito da 6 diodi di potenza disposti in modo da utilizzare entrambe le alternanze di ciascuna delle tre fasi.

È importante notare che la corrente circola attraverso l'uno e l'altro diodo positivo-negativo in modo da assicurare al circuito esterno (batteria e utilizzatori) una corrente *sempre* dello stesso verso.

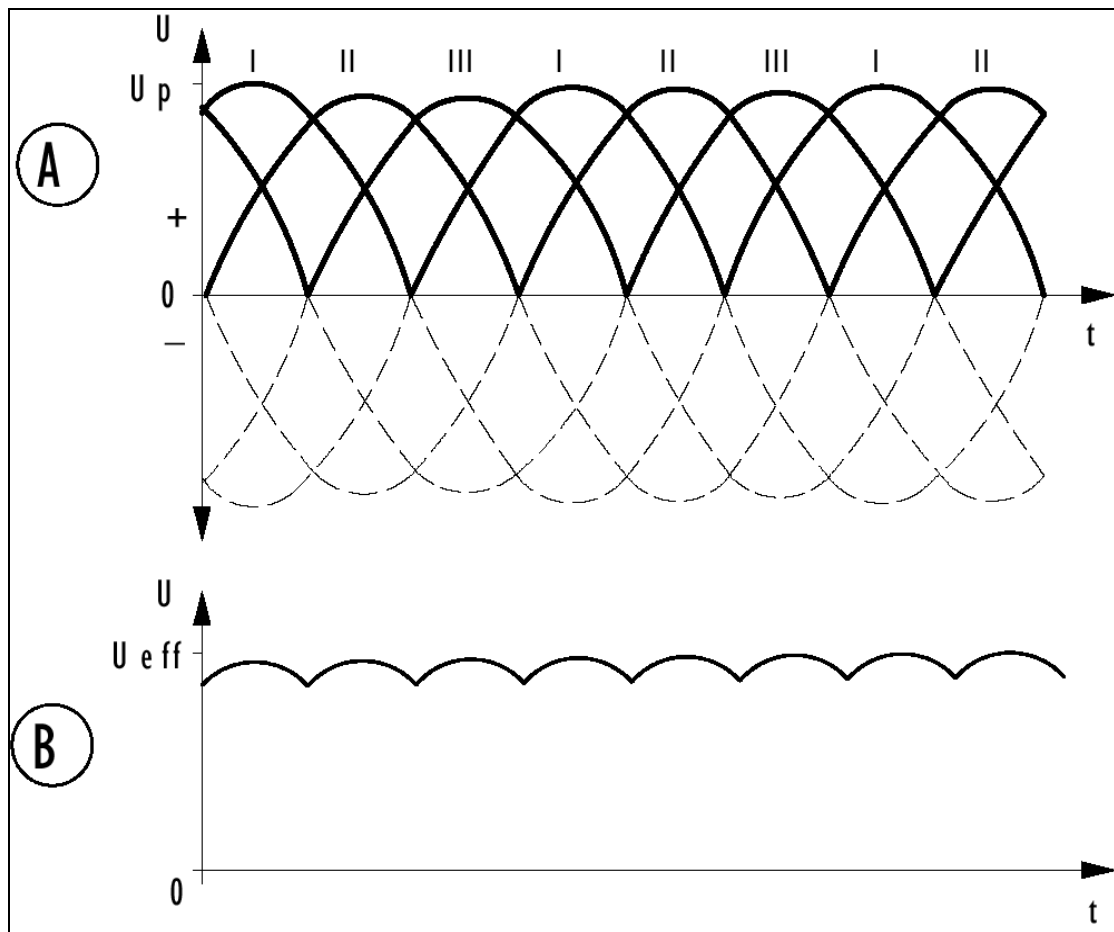


Alternatore trifase collegato alla batteria

ANDAMENTO TENSIONE TRIFASE RADDRIZZATA

È importante notare che la tensione U a valle del ponte raddrizzatore (alternatore con fasi collegate a stella) è ricavata dal prodotto della tensione di una singola fase per il coefficiente 1,732 ovvero: $U_{\text{fase}} \times 1,732$.

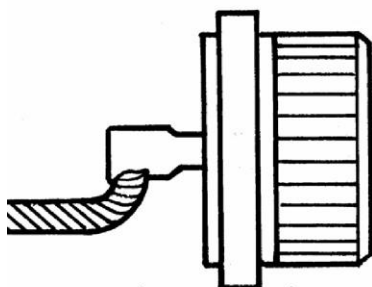
La figura successiva (riferimenti A e B) illustra l'andamento delle tensioni a valle del ponte raddrizzatore, compreso quello delle alternanze negative. L'andamento complessivo della tensione a valle del raddrizzatore è una tensione continua di forma pulsata, i cui *valori efficaci* e *medi* sono - ad un buon fine - considerate uguali.



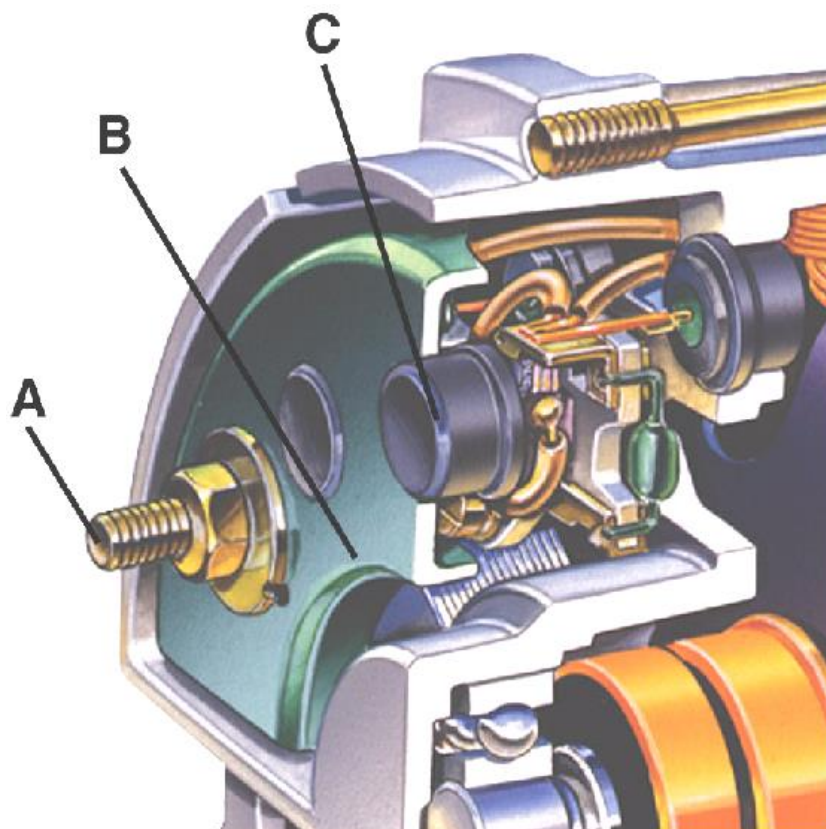
Tensioni. A. Trifase raddrizzata - B. Pulsata efficace

8.2.6.

DIODI PER ALTERNATORI



Diodo di potenza e relativo simbolo



Sezione alternatore trifase

A. morsetto +30

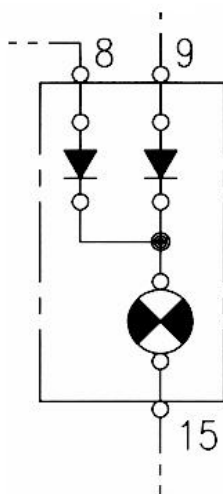
B. ponte raddrizzatore positivo

C. diodo di potenza

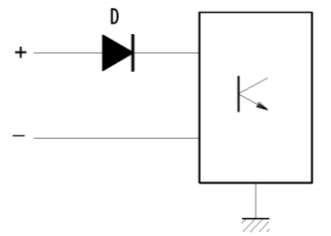
ALTRE APPLICAZIONI

Oltre al raddrizzamento della corrente alternata dell'alternatore, il diodo viene utilizzato anche come:

- singolo dispositivo unidirezionale
- protezione contro l'inversione di polarità
- limitatore di tensione.



A) Unidirezionale



B) Protezione di polarità

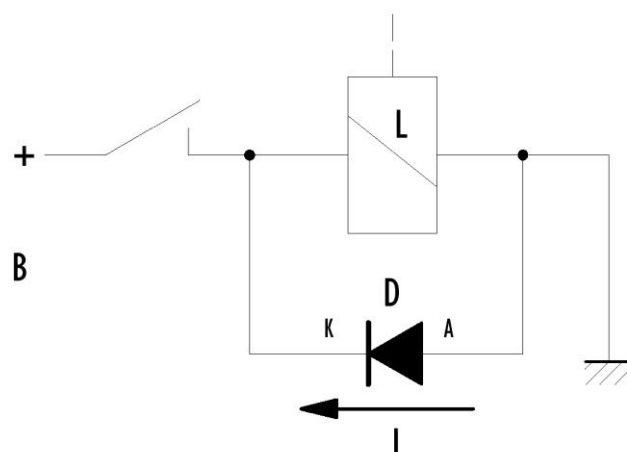
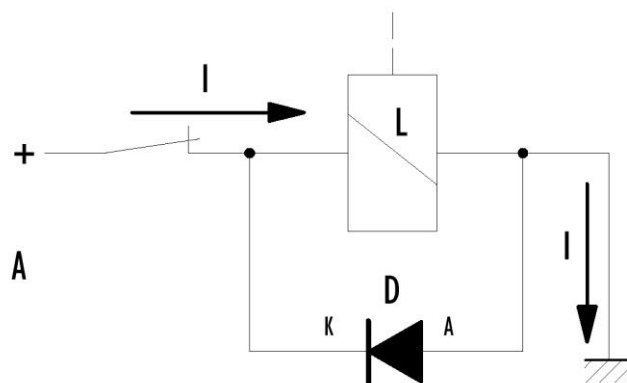
SINGOLO DISPOSITIVO UNIDIREZIONALE: impiegato come *singolo dispositivo unidirezionale* o antiritorno di corrente il diodo viene collegato in serie tra il comando e l'utilizzatore. Nell'esempio della figura A il comando della lampada fatto dal punto 8 non può interferire con il circuito di comando del punto 9 e viceversa. Questo evita ad esempio i problemi legati all'eventuale distacco della massa dell'utilizzatore.

PROTEZIONE DA INVERSIONE DI POLARITÀ: la figura B si riferisce ad un diodo collegato in polarizzazione diretta per la *protezione contro l'inversione della polarità* di alimentazione dei componenti.

LIMITATORE DI TENSIONE: all'interruzione dell'alimentazione sulla bobina del relè, il picco di tensione (che può raggiungere i 200V) generato dall'energia immagazzinata nel circuito induttivo è annullato dalla conduzione del diodo D.

L'extracorrente che si creerebbe in assenza del diodo potrebbe danneggiare i circuiti interni delle unità elettroniche di comando.

NOTA PER LE VERIFICHE: durante le verifiche elettriche di continuità delle bobine dei relè bisogna tenere in conto la presenza del diodo in quanto, a seconda della tensione di misura che il multimetro usa e della polarità, questo potrebbe essere in conduzione e mascherare una interruzione dell'avvolgimento della bobina.



A) Il diodo non conduce - B) Il diodo conduce l'extracorrente

8.3. IL DIODO ZENER

GENERALITÀ

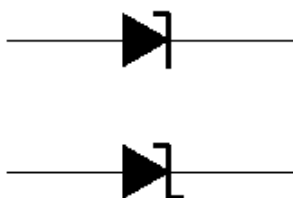
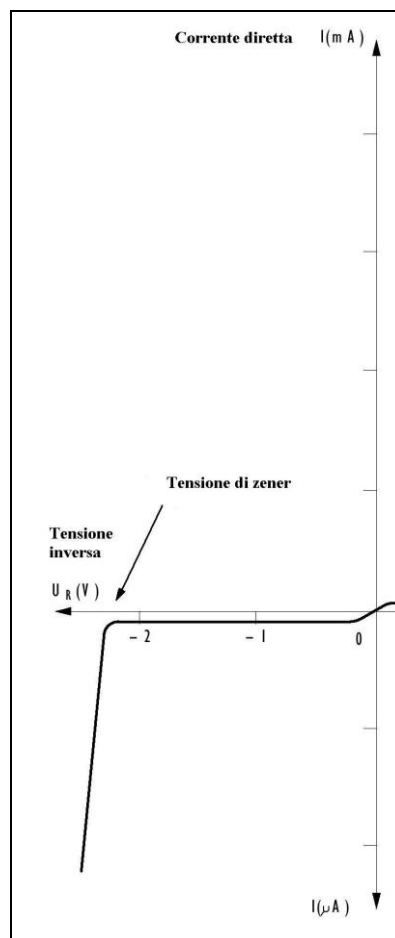
Il diodo Zener è un particolare diodo progettato per funzionare nella zona di POLARIZZAZIONE INVERSA.

La sua particolarità consiste proprio nel funzionare oltre quella che per un diodo normale è definita come tensione inversa massima (V_R).

CARATTERISTICHE

Sul grafico della caratteristica del diodo zener si può notare come all'aumentare della corrente inversa esiste una condizione nella quale la tensione ai capi del diodo rimane pressoché costante. Questa condizione, che per un diodo normale è distruttiva, per il diodo zener è distintiva. In altre parole si sfrutta proprio la CAPACITÀ DI MANTENERE COSTANTE LA TENSIONE AI SUOI CAPI (detta tensione di zener) nonostante possa essere percorso da una corrente che varia anche in modo significativo.

E' da notare come la corrente inversa sia di entità trascurabile (μA) fin quando la tensione non raggiunge la tensione di zener per poi aumentare repentinamente come un *dispositivo a scatto*.



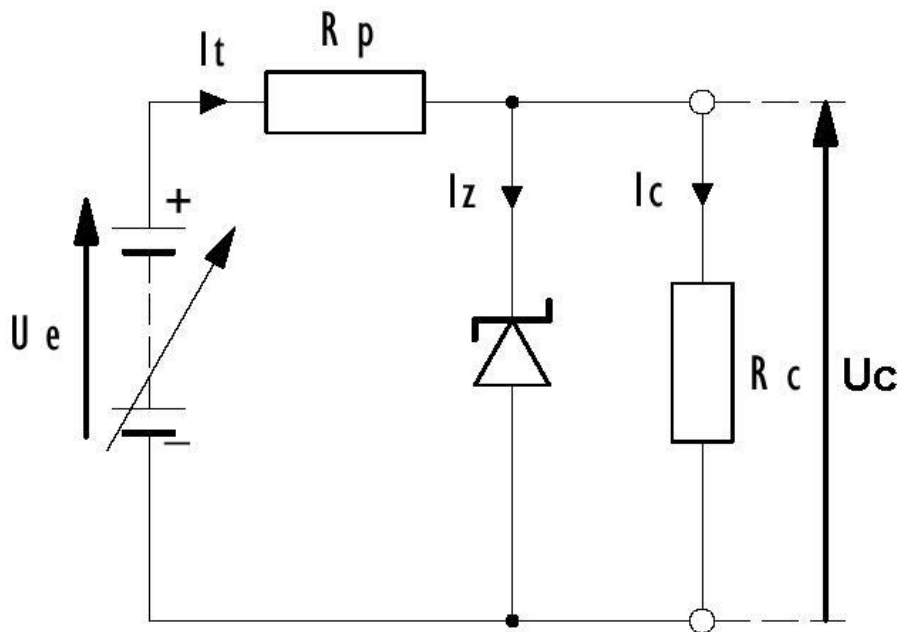
Simboli

CRITICITÀ

Quando la tensione di polarizzazione inversa applicata al diodo zener supera il valore V_z specifico di quel diodo esso si comporta come un interruttore chiuso lasciando passare tutta la corrente che può fino alla sua distruzione per surriscaldamento quando si supera la massima corrente inversa.

SOLUZIONE

Per evitare la distruzione al diodo zener viene abbinata una resistenza R_c per fissarne il campo di regolazione e quindi evitare di superare la corrente inversa massima caratteristica dello stesso diodo.



Circuito di esempio con diodo zener impiegato come stabilizzatore di tensione

PARAMETRI CARATTERISTICI

- la tensione di zener (V_z) espressa in Volt
- la potenza massima (P_z) espressa in Watt ($V_z \times I_{z \max}$)

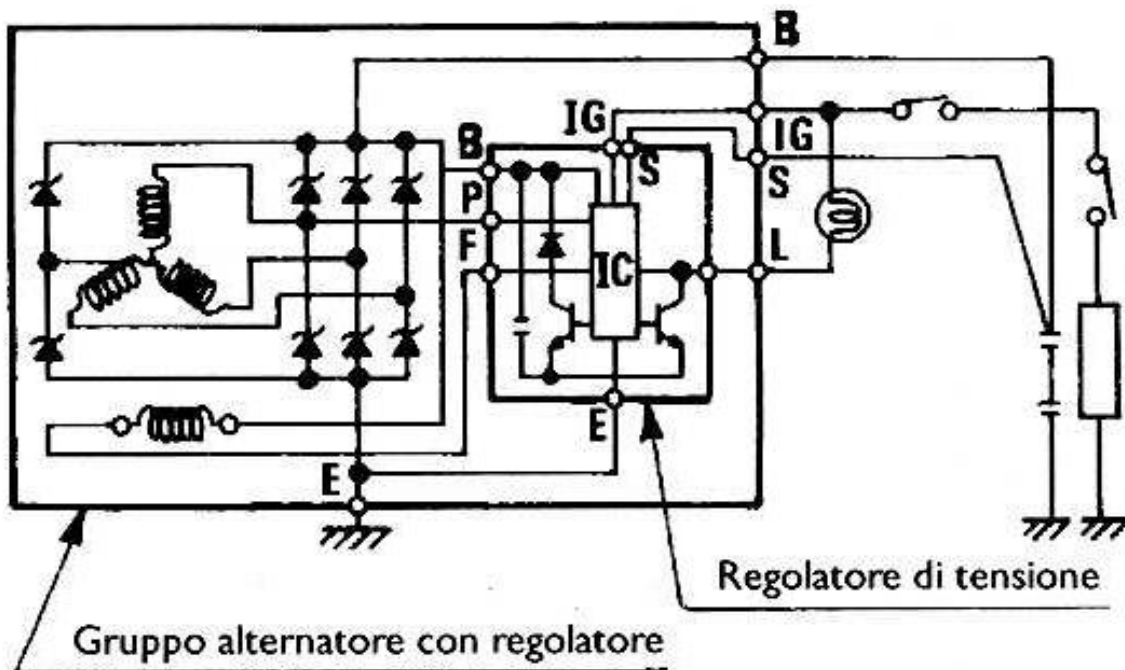
VERIFICA EFFICIENZA DEL DIODO ZENER

La verifica dell'efficienza del diodo zener è identica a quella per il diodo normale.

8.3.1. APPLICAZIONI DEL DIODO ZENER IN AUTOMOTIVE

Il diodo zener è correntemente utilizzato (integrato con altri componenti) nel regolatore elettronico di eccitazione dell'alternatore, detto anche regolatore di tensione.

Negli alternatori moderni si può trovare il ponte raddrizzatore costituito da zener in luogo dei diodi normali. In questo caso però il diodo è dimensionato per funzionare come raddrizzatore e attraverso l'effetto zener è possibile scaricare verso gli avvolgimenti dell'alternatore le eventuali sovratensioni transitorie sovrapposte alla tensione nominale di batteria salvaguardando i circuiti elettronici a bordo del veicolo.



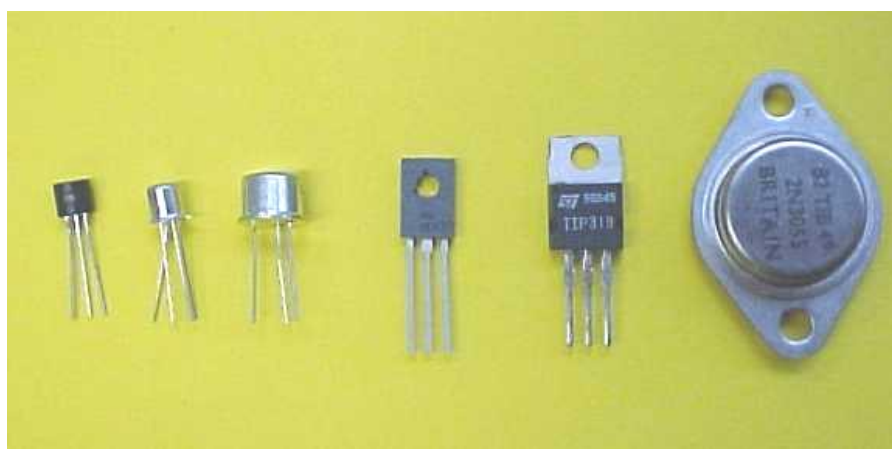
Esempio di schema di alternatore impiegante raddrizzatori con diodi zener

8.4. IL TRANSISTOR

PREMESSA: i transistor sono i componenti che maggiormente hanno determinato lo sviluppo dell'elettronica sia nella forma discreta (a componenti separati) sia in quella integrata (a componenti realizzati in un'unica piastrina di silicio).

I transistor hanno grandissima applicazione negli impianti elettrico/elettronici per automotive:

- come amplificatori del segnale fornito da sensori;
- come interruttori elettronici;
- nei regolatori di tensione elettronici;
- nelle accensioni elettroniche nelle centraline elettroniche di controllo motore;



Transistori per impieghi generici

TERMINALI

Il transistor è un componente elettronico a tre terminali denominati:

- collettore;
- base;
- emettitore;

Negli schemi elettronici il collettore è indicato con la lettera **C**, la base con la lettera **B** e l'emettitore con la lettera **E**.



COSTITUZIONE

Esistono diversi tipi di transistor, che si differenziano per il diverso tipo di tecnologia di costruzione.

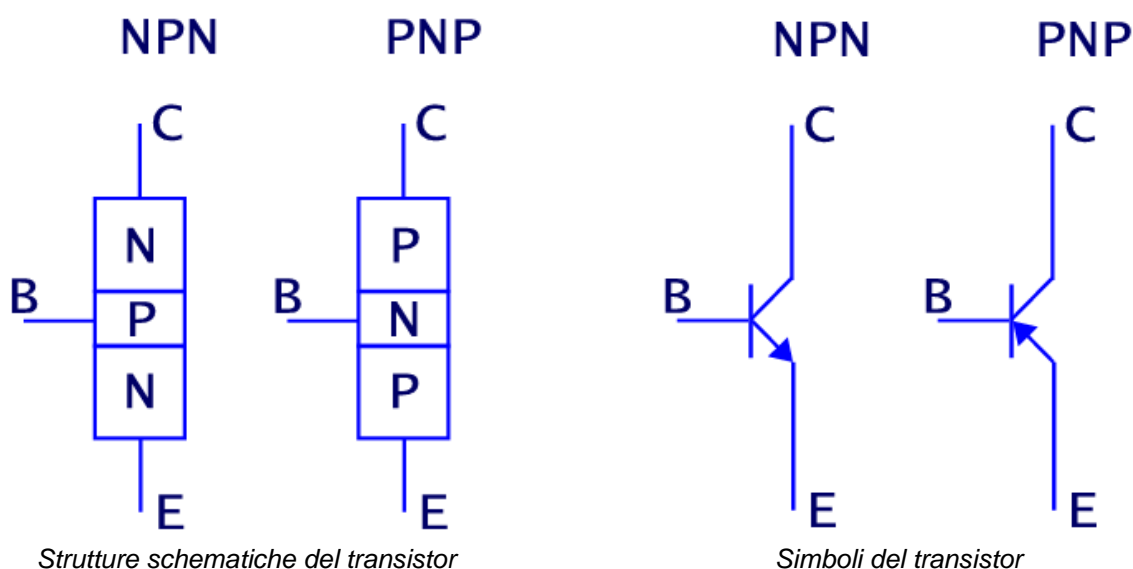
Quello maggiormente utilizzato nel settore automotive è il transistor a giunzione bipolare, chiamato anche transistor bipolare o **BJT** (Bipolar Junction Transistor), ottenuto ricavando sul medesimo supporto di silicio due giunzioni poste a distanza estremamente ridotta, dell'ordine del micron. Le giunzioni sono:

BE = giunzione base – emettitore;

BC = giunzione base – collettore;

A seconda del tipo di drogaggio della zona centrale il transistor è di tipo **NPN** o **PNP**.

Di seguito sono riportate le strutture ed i simboli relativi al BJT.



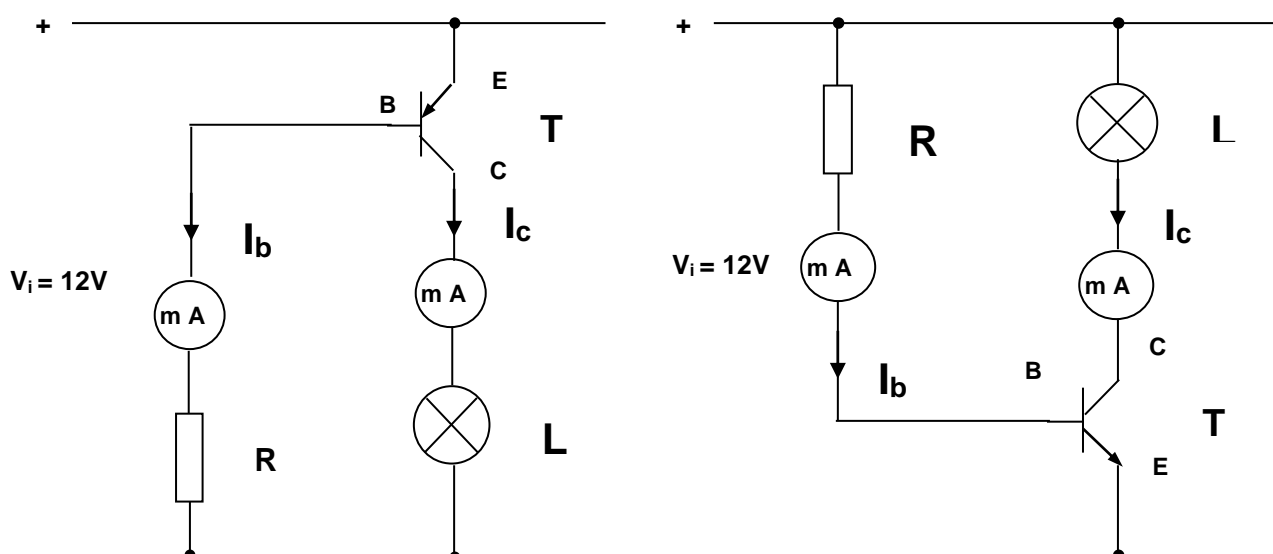
NOTA

La differenza tra il transistor NPN e quello PNP consiste unicamente nel verso della corrente che, come suggerisce il simbolo stesso, è uscente dall'emettitore nel tipo NPN ed entrante nel tipo PNP.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO: per il suo funzionamento il transistor deve essere alimentato in corrente continua, ricorrendo a componenti esterni, prevalentemente resistori, opportunamente connessi.

Descriviamo il comportamento del transistor nei confronti della corrente, facendo soprattutto riferimento alle applicazioni nel settore automotive.

Solitamente, parlando di questo componente elettronico, si utilizzano i termini di ingresso e di uscita per far riferimento al flusso della corrente attraverso il transistor. Per meglio comprendere il funzionamento del BJT facciamo riferimento alla figura seguente.



FUNZIONAMENTO: come detto in precedenza, tra la base e l'emettitore c'è una giunzione. Affinché il transistor possa essere attraversato da corrente si deve polarizzare direttamente questa giunzione, come accade per i due BJT nei circuiti di figura. Per effetto di questa polarizzazione diretta, si avrà una corrente di base I_b entrante nella base per il transistor NPN ed uscente dalla base per il transistor PNP, come appare in figura. Tale corrente, per un fenomeno fisico chiamato **effetto transistor**, determina il controllo della corrente di collettore I_c che risulta molto più elevata. Si potrebbe avere, ad esempio, $I_b = 2\text{mA}$ e $I_c = 200\text{mA}$.

AMPLIFICAZIONE: per il motivo appena visto il transistor è considerato un *amplificatore di corrente* ed un parametro che lo caratterizza è il *coefficiente di amplificazione di corrente* indicato con h_{FE} e definito dalla relazione:

$$h_{FE} = I_c / I_b$$

Se si fa variare I_b (ad esempio variando il valore del resistore R_b) varia anche I_c , in proporzione diretta.

FUNZIONAMENTO IN ZONA LINEARE: facendo diminuire il valore di R_b la corrente I_b aumenta e, con essa, aumenta pure I_c , per l'effetto transistor, come detto in precedenza.

FUNZIONAMENTO IN ZONA NON LINEARE: continuando a diminuire il valore di R_b , I_b continua ad aumentare mentre I_c raggiungerà un valore limite, imposto dal valore resistivo dell'utilizzatore L . Quando lavora in questa condizione, si dice che il transistor è in **saturatione**; in questa situazione la resistenza fra collettore ed emettitore è bassissima e viene assimilata ad un cortocircuito.

Al contrario aumentando il valore di R_b , I_b diminuisce e di conseguenza anche la I_c diminuisce fino a quando il transistor va in **interdizione**; in questa situazione il collegamento tra collettore ed emettitore può essere assimilato ad un circuito aperto.

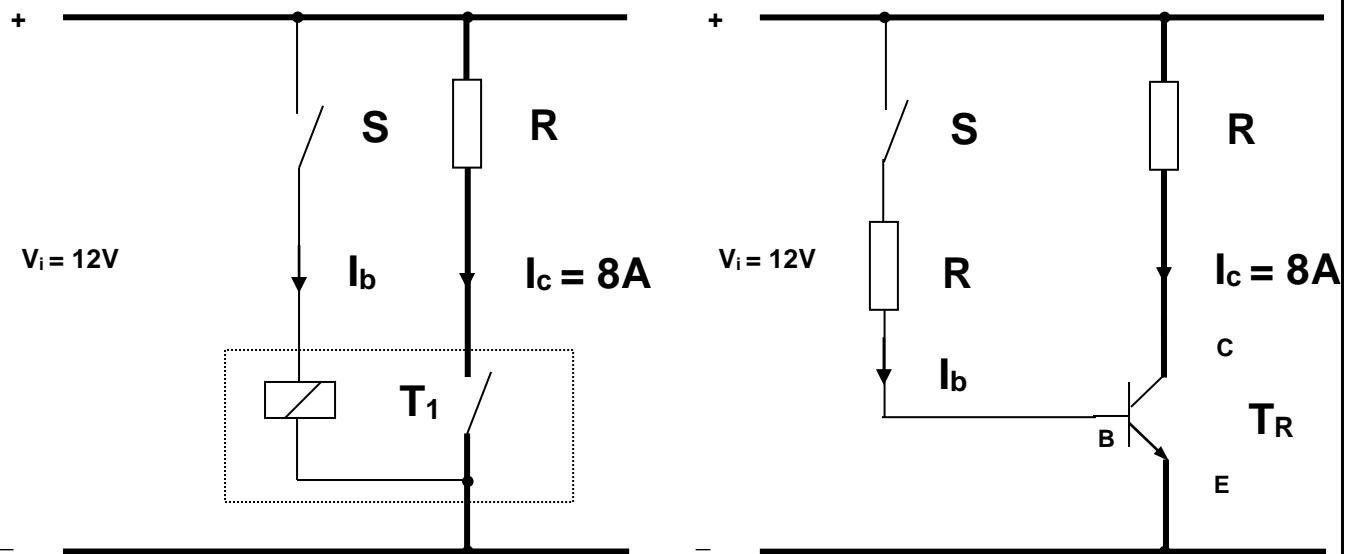
FUNZIONAMENTO ON/OFF: nella maggior parte delle applicazioni automotive il transistor lavora in regime **on/off**. Nella situazione **on** il transistor è in saturazione e presenta, fra collettore ed emettitore, una resistenza bassissima prossima a zero ohm.

Nella situazione **off** il transistor è interdetto e presenta, fra collettore ed emettitore, una resistenza molto grande, considerabile infinita. In regime on/off il transistor ha un comportamento simile a quello di un teleruttore.

ANALOGIA CON TELERUTTORE: rispetto al teleruttore il transistor presenta il vantaggio di non avere parti in movimento, di effettuare interruzioni molto più rapide e di durare molto più a lungo.

Nella figura seguente sono riportati due circuiti, uno con teleruttore, l'altro con transistor, che presentano un'evidente analogia di comportamento.

In entrambi viene alimentato un carico che assorbe una corrente di 8A e si possono individuare un circuito di potenza ed uno di comando: il circuito di potenza è evidenziato col grassetto.



VALUTAZIONE FUNZIONALE

In riferimento al circuito con teleruttore, quando si chiude l'interruttore S, nella bobina circola una corrente, ad esempio di 0,2 A, che provoca la chiusura del contatto nel circuito di potenza, facendo circolare nel carico una corrente di 8A. Si può quindi sostenere che *con una debole corrente di comando si controlla una corrente molto maggiore*.

In riferimento al circuito con transistore, quando si chiude l'interruttore S, nel circuito di comando circola una corrente, ad esempio di 0,2A, attraverso la giunzione emettitore - base. La corrente di base permette la conduzione tra emettitore - collettore (bassa resistenza) e quindi lo scorrimento nel carico di una corrente di 8 A. Il comportamento risulta quindi analogo al circuito con il teleruttore.

DATI TECNICI

I dati tecnici del transistore, sono forniti dal costruttore tramite apposita manualistica. I dati utilizzati più frequentemente sono:

- $I_{c \max}$** = corrente massima di collettore
- V_{BE}** = tensione base-emettitore
- $V_{CE \max}$** = tensione massima tra collettore ed emettitore
- P_{\max}** = potenza massima
- h_{FE}** = coefficiente di amplificazione di corrente

APPLICAZIONI

In automotive il transistor non lo si trova impiegato singolarmente ma lo si trova integrato con altri componenti e racchiuso in contenitori inaccessibili per le riparazioni come ad esempio le cosiddette centraline elettroniche.

Le centraline elettroniche costituiscono il cuore dei sistemi elettronici del veicolo che, rispetto al passato, sono aumentati come funzioni controllate e complessità di gestione.

Per avere un'idea dell'entità numerica dei transistor a bordo di una vettura basta considerare che in un processore di una unità elettronica ve ne è un numero variabile dell'ordine di alcuni milioni.

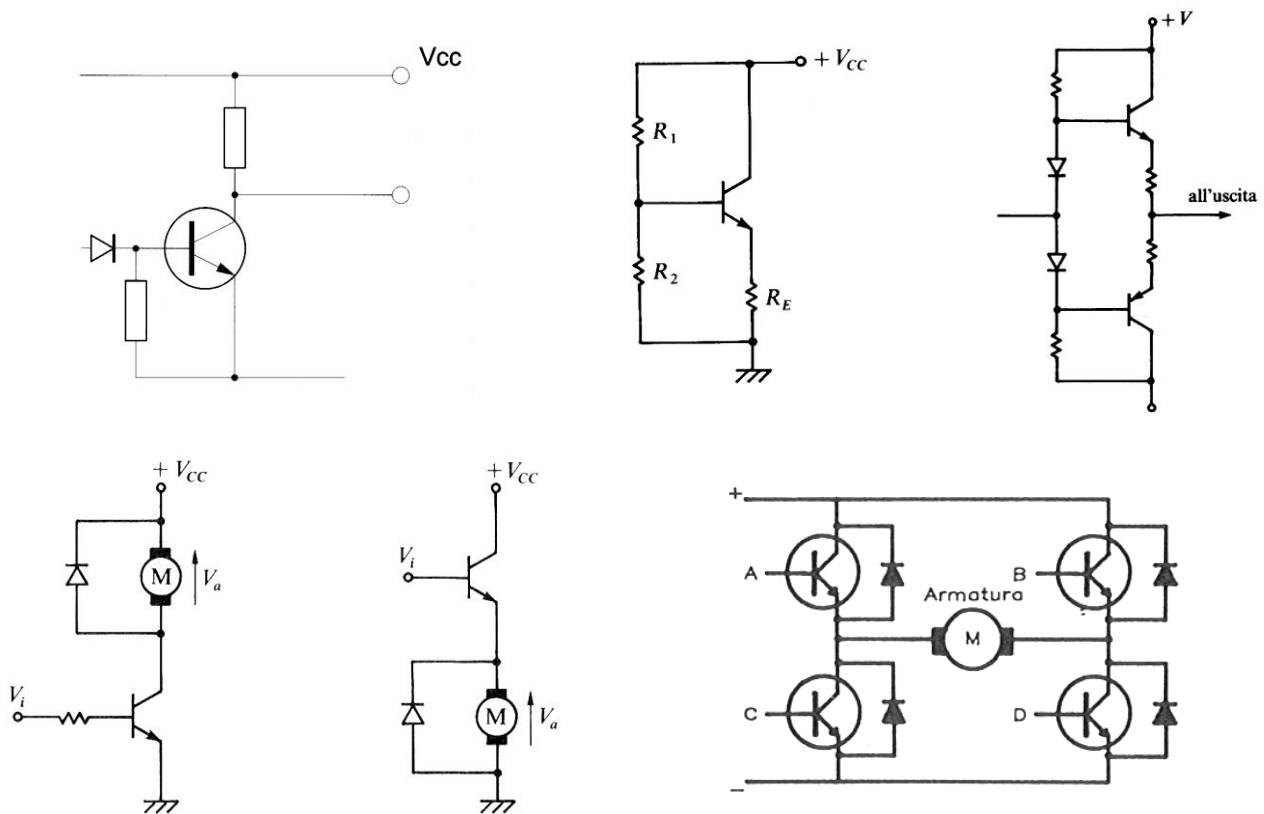
Naturalmente in questo caso i vari transistor non sono assemblati come parti separate ma realizzati contemporaneamente sullo stesso pezzo di silicio. In questo modo e con le moderne tecnologie realizzative è possibile avere transistor integrati realizzati su una superficie pari alla sezione di un comune capello.

CRITICITÀ

Dal punto di vista diagnostico quindi non è possibile controllare i singoli componenti ma bisogna considerare il funzionamento logico di tutto l'insieme tenendo presente che nonostante le centraline possiedano protezioni intrinseche può risultare relativamente facile danneggiarle, ad esempio tramite:

- errati collegamenti
- falsi contatti sulle connessioni o sui collegamenti in generale
- diagnosi senza strumenti appropriati
- derivazioni elettriche non previste dal progetto
- saldature ad arco svolte sul veicolo senza aver staccato i collegamenti

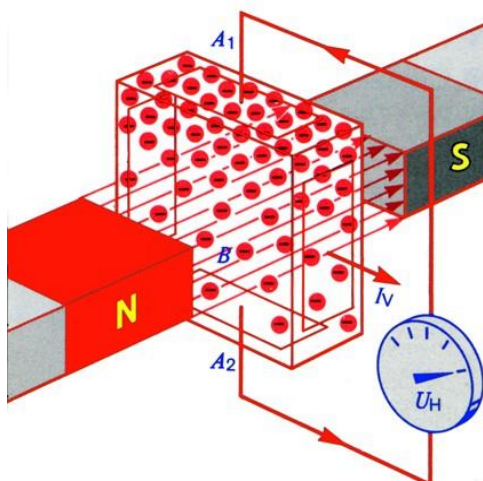
Di seguito sono riportate alcune configurazioni di principio che impiegano transistori come stadi d'uscita (porte di comando) per circuiti elettronici come le centraline. La configurazione dello stadio d'uscita è definita in funzione del tipo di dispositivo da comandare. Si può osservare come il carico non è sempre collegato verso massa e come collegamenti errati possono danneggiare proprio il o i transistor d'uscita compromettendo la funzionalità di tutto l'apparato.



8.5. EFFETTO HALL

PREMESSA

L'effetto Hall è un particolare fenomeno che si manifesta in alcuni materiali semiconduttori. Quando un cubo di questo materiale è attraversato da una corrente (I_v) e da un campo magnetico (B) secondo due diverse direzioni dello spazio produce nella terza direzione una tensione (U_h) proporzionale.

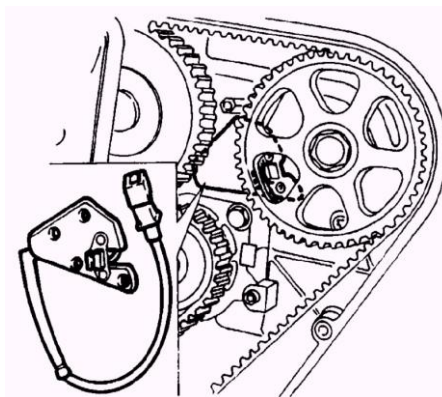


Rappresentazione dell'effetto HALL

APPLICAZIONI PRATICHE DEL FENOMENO

Quindi un sensore ad effetto Hall avrà solitamente un magnete permanente che viene nascosto o meno al materiale semiconduttore.

Oppure avrà il materiale semiconduttore che viene interessato dal campo magnetico solo in alcuni istanti.



9. OPTOELETTRONICA

DEFINIZIONE

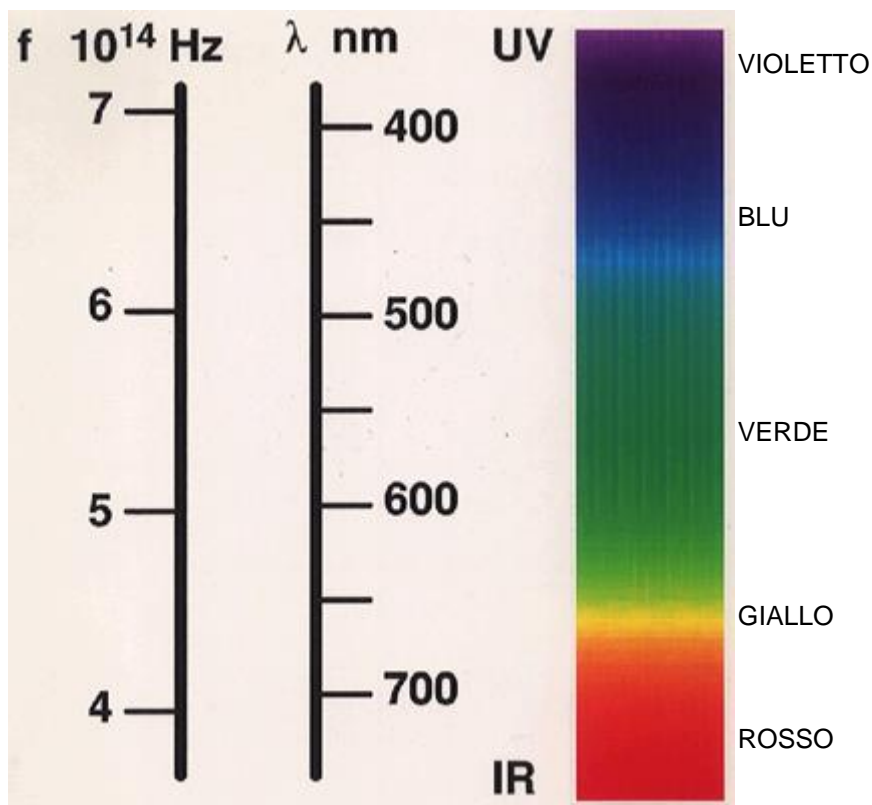
L'optoelettronica, è quel ramo dell'elettronica che si occupa di studiare le interazioni tra luce ed elettricità ovvero sulla conversione di elettroni in fotoni e viceversa. Queste interazioni possono avvenire secondo due diverse modalità:

- il dispositivo elettronico genera emissioni di luce (fotoemissione);

- la luce che colpisce il dispositivo elettronico genera una reazione elettrica (fotosensibilità).

FOTOEMISSIONE

È la caratteristica dei dispositivi optoelettronici che irradiano luce. Sfruttano la caratteristica della giunzione PN di alcuni semiconduttori, la quale se polarizzata direttamente irradia energia elettromagnetica di frequenza tale da coincidere con lo spettro delle frequenze luminose riportate in figura.



*Spettro delle frequenze luminose in funzione della lunghezza d'onda
UV. Ultravioletto - IR. Infrarosso*

FOTOSENSIBILITÀ

Se la giunzione PN, polarizzata inversamente, viene colpita da luce esterna (raggi luminosi), aumenta la corrente inversa, che nei semiconduttori normali è molto piccola.

In questo caso il componente risulta sensibile alla luce e l'intensità della sua corrente inversa dipende dall'intensità dell'illuminazione e dalla lunghezza d'onda della luce.

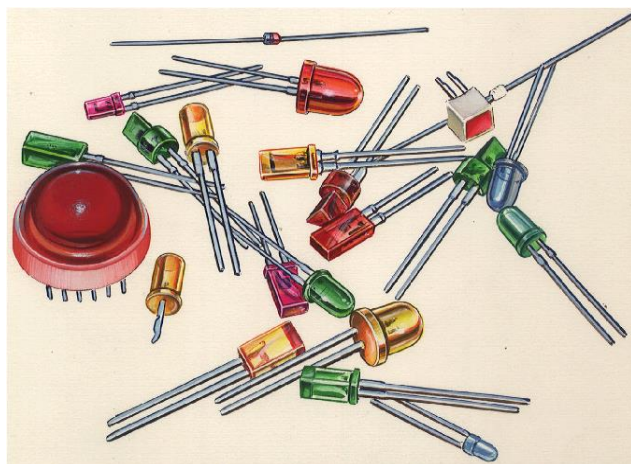
COMPONENTI OPTOELETTRONICI

Secondo le tecnologie utilizzate, i componenti optoelettronici si possono classificare come:

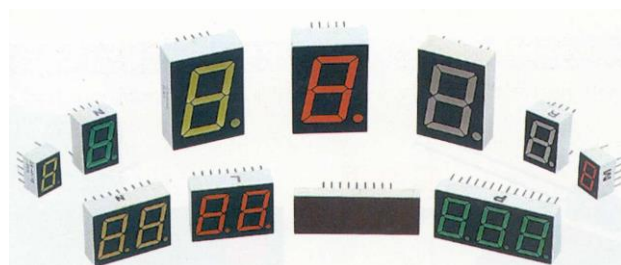
- a) *Componenti fotoemittenti*
- b) *Componenti fotosensibili*

COMPONENTI FOTOEMITTENTI

I *componenti fotoemittenti* sono componenti elettroluminescenti o LED (Light Emetting Diode), ovvero diodi generalmente realizzati in arseniuro di gallio (GaAs) oppure in fosforo di gallio (GaP), i quali convertono la potenza elettrica in potenza ottica come suddetto. Grazie a tale caratteristica i LED sono impiegati come segnalatori, convertitori elettro-ottici nei sistemi a trasmissione tramite fibre ottiche, nonché come rivelatori di stato dei circuiti logici.



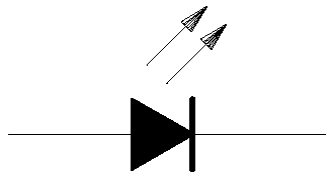
LED vari



Visualizzatori (o display) a LED multipli

SIMBOLO DEL LED

La figura sopra illustra il simbolo del diodo elettroilluminescente o LED. È importante notare che i LED emettono luce sia nelle frequenze visibili: verde, giallo, rosso, sia nelle frequenze infrarosse (I.R.) non percettibili dall'occhio umano.



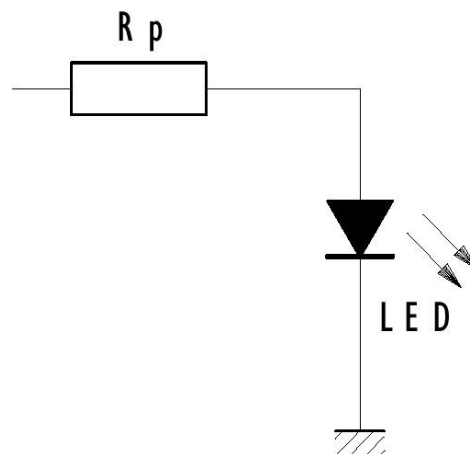
Simbolo grafico del diodo LED

POLARIZZAZIONE DEL LED

La figura sopra illustra un circuito dove il diodo LED è percorso da corrente, dunque attivato, quando il livello logico, a monte della resistenza R_p è alto. La resistenza R_p collegata in serie nel circuito limita la corrente al valore di esercizio.

È importante notare che i LED, benchè segnalino la presenza o no di una tensione, sono comandati in corrente (mA).

I LED, per poter funzionare, devono essere polarizzati direttamente considerando che la caduta di tensione diretta (V_F) può valere da 1,5V a 3V circa e la corrente (I_F) da 10 mA a 100 mA, in funzione della loro dimensione e colore di emissione.



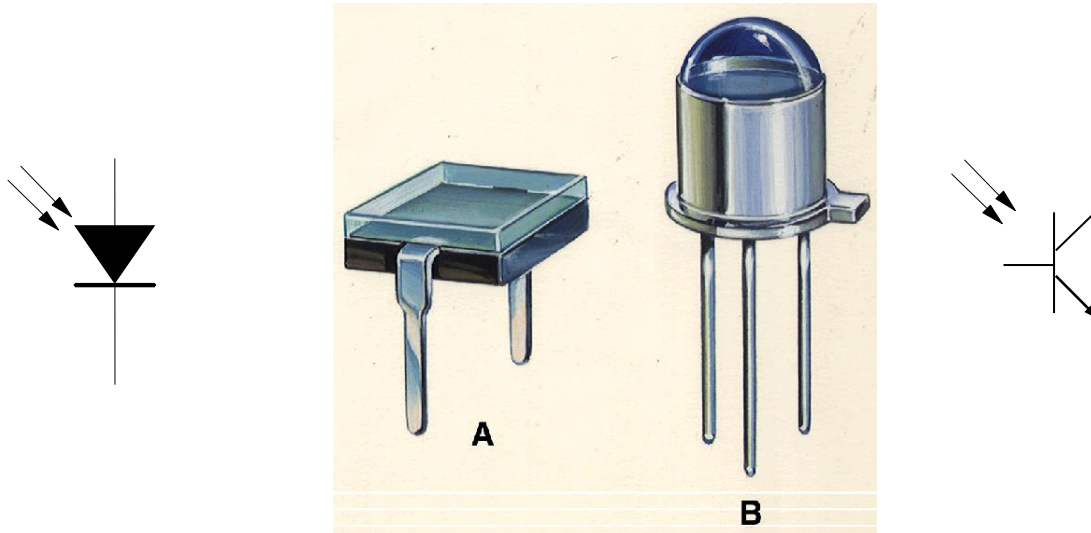
*Circuito di funzionamento per un LED.
Rp . Resistore di protezione.*



COMPONENTI FOTOSENSIBILI

I *componenti fotosensibili* sono diodi o transistori che sfruttano il fenomeno fisico della sensibilità della giunzione PN ai raggi luminosi.

Sotto l'effetto di una tensione inversa, una corrente I si genera attraverso la giunzione PN. Questa corrente varia linearmente al variare del flusso luminoso incidente sulla giunzione



Componenti fotosensibili e loro simboli grafici

A. Fotodiodo - B. Fototransistore

NOTE

La figura illustra i simboli del diodo e del transistore fotosensibile. Nella realizzazione pratica, il fotodiodo ed il transistore sono inseriti in contenitori trasparenti o dotati di una lente trasparente che permette alla luce di illuminare la giunzione PN. È importante notare che in assenza di luce, i componenti fotosensibili non conducono.

I componenti descritti sono impiegati come deflettori di luce, ma possono essere impiegati come generatori, previo adeguata tecnologia. Infatti, se la giunzione PN è di grande superficie (2mm o 2cm) ed è esposta a una fonte luminosa, si stabilisce ai capi del componente una forza elettromotrice di circa 0,5 V. Tale componente fotosensibile prende il nome di cella voltaica o solare. Collegando in serie-parallelo delle celle voltaiche, collegate a loro volta generalmente ad un generatore elettrochimico, esse forniscono corrente unidirezionale. Valori tipici sono intorno a qualche decina di mA/lux.

9.1.1. LED PARTICOLARI

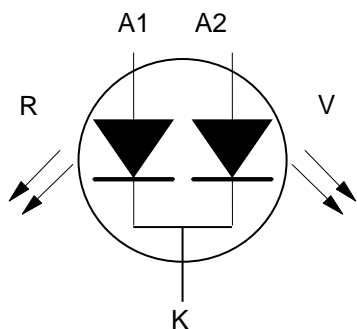
LED BICOLORE.

Sono due LED con colore di emissione differente (solitamente rosso e verde) racchiusi di un singolo contenitore. I terminali sono tre: due anodi ed un catodo in comune ad entrambi i diodi.

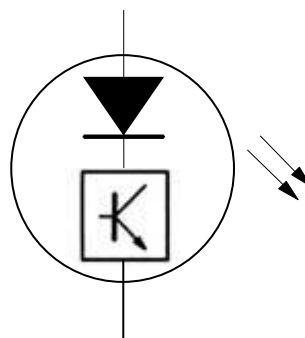
La particolarità di questo componente consiste nel segnalare non solo attraverso la semplice condizione acceso/spento ma dalla condizione acceso distinguere due o tre stati attraverso il colore (acceso rosso, acceso verde e in qualche caso acceso rosso e verde).

LED INTERMITTENTE.

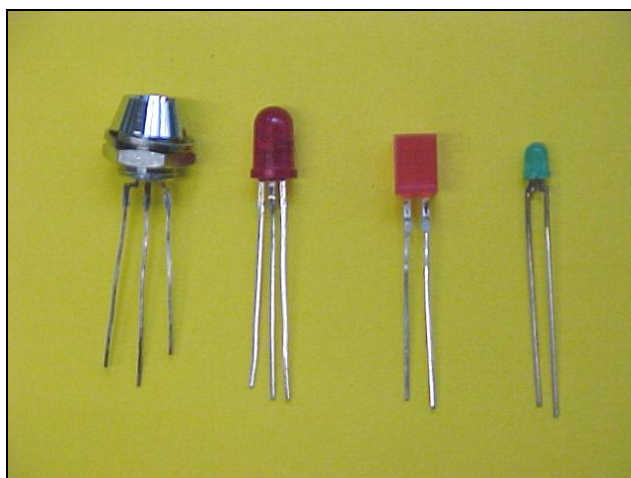
È un LED che racchiude nel contenitore tipico anche un circuito miniaturizzato che funziona da intermittenza. In altre parole blocca o lascia passare la corrente di polarizzazione del LED vero e proprio realizzando così il lampeggiamento del diodo.



LED bicolore



LED intermittente



9.1.2. DISPLAY A CRISTALLI LIQUIDI

Allo scopo di ridurre ulteriormente la potenza consumata da un display a LED (che nel caso di un display a 7 segmenti può arrivare tutto acceso a 100 mA), si è utilizzata, prima sugli apparecchi portatili poi su larga scala, la tecnologia dei cristalli liquidi o LCD (Liquid Cristal Display).

TECNOLOGIA LCD

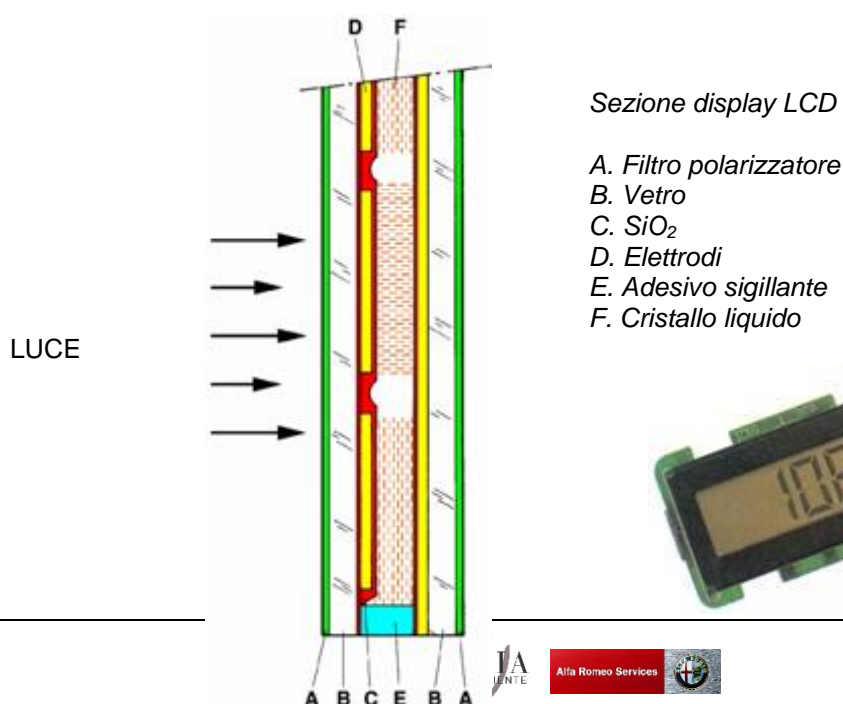
Questa tecnologia consiste nell'utilizzo di sostanze chimiche di origine organica le quali sottoposte ad un campo elettrico reagiscono cambiando la loro struttura molecolare; più precisamente, viene variato l'orientamento dei cristalli.

FUNZIONAMENTO

È importante notare che secondo l'orientamento dei cristalli liquidi, questi lasciano passare la luce e sono dunque trasparenti, cioè invisibili, oppure riflettono la luce e sono di conseguenza visibili.

VANTAGGI

Il loro principale pregio è proprio quello relativo al ridottissimo consumo di energia; rispetto ai display a LED richiedono meno di un centesimo di energia.



VARIANTI COSTRUTTIVE

Le possibili realizzazioni di un display LCD seguono principalmente due tecniche diverse che ne caratterizzano impiego e funzionamento.

LCD NORMALI

Nei display LCD normali una superficie riflettente viene posta sotto ai cristalli. Quando il cristallo è orientato la luce lo attraversa liberamente e dopo essersi riflessa torna verso l'osservatore, invece quando il cristallo non è orientato la luce non passa e l'osservatore vede il segmento annerito.

Naturalmente la luce ambiente è necessaria per vedere il display realizzato con questa tecnica.

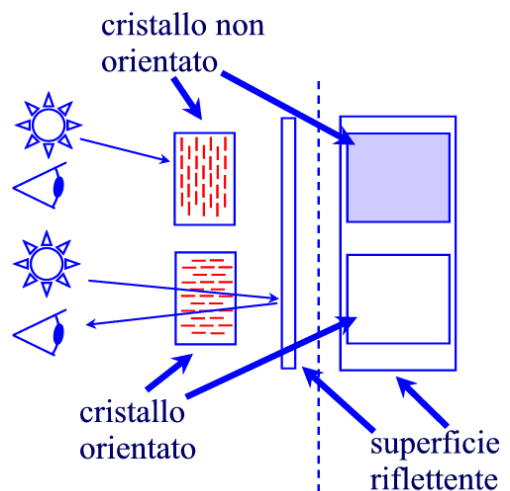
LCD RETROILLUMINATI

Nei display LCD retroilluminati la luce generata dalla retroilluminazione viene fatta passare dal cristallo orientato che risulta così invisibile o nascosta dal cristallo non orientato che risulta così visibile.

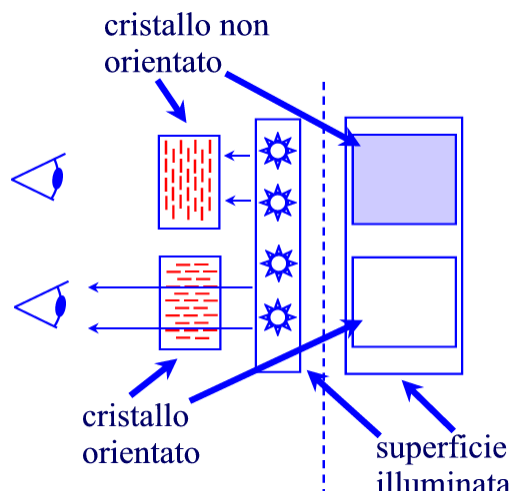
Il vantaggio di questa tecnica realizzativa è che la visualizzazione è possibile anche senza luce ambiente, mentre lo svantaggio è il maggiore consumo energetico richiesto dalla retroilluminazione.

NOTE

Naturalmente è anche possibile adottare una tecnica mista ottenendo così display LCD utilizzabili in entrambi i modi, ovvero con luce naturale quando disponibile e con retroilluminazione notturna quando necessario.



Display LCD realizzato con la tecnica della riflessione della luce naturale.



Display LCD realizzato con la tecnica della retroilluminazione.

9.1.3. IMPIEGO DEI COMPONENTI OPTOELETTRONICI

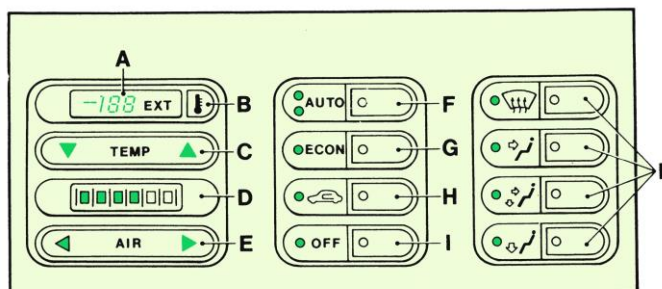
LED

Nei veicoli le applicazioni usuali dei LED sono quelle a luce visibile (verde, giallo, rosso), almeno per ciò che riguarda le *spie* ed i *visualizzatori* che si trovano sulla plancia portastrumenti.

I LED sostituiscono vantaggiosamente le lampade a incandescenza miniaturizzate (indicatori ottici e spie), in quanto la loro affidabilità è molto alta: oltre dieci anni di esercizio continuativo, basso consumo di energia, grande velocità di risposta, ridotte dimensioni e grande resistenza meccanica alle vibrazioni, agli urti ecc.

LCD

Le normali applicazioni dei display LCD a bordo vettura riguardano sempre maggiormente i vari dispositivi di rappresentazione virtuale degli strumenti indicatori, nonché i dispositivi di aiuto alla guida quali navigatore satellitare e/o radiotelefono.



Visualizzatore (o display) alfanumerico a LED



*Display LCD per la gestione del climatizzatore
Dual Zone di Fiat Stilo*

10. I MATERIALI PIEZOELETTRICI

GENERALITÀ: i materiali piezoelettrici rappresentano un'altra grande categoria di materiali molto usati nella realizzazione di dispositivi elettronici.

Le caratteristiche elettromeccaniche che questi materiali presentano li rendono estremamente utili in molti settori applicativi che vanno dalla sensoristica alle telecomunicazioni. In questa sede saranno descritte solo le caratteristiche che rendono utili questi materiali nel settore veicolistico accennando brevemente alle altre.

CARATTERISTICHE ELETTROMECCANICHE: la caratteristica di base dei materiali piezoelettrici è quella di poter trasformare una deformazione elastica in una grandezza elettrica proporzionale e viceversa.

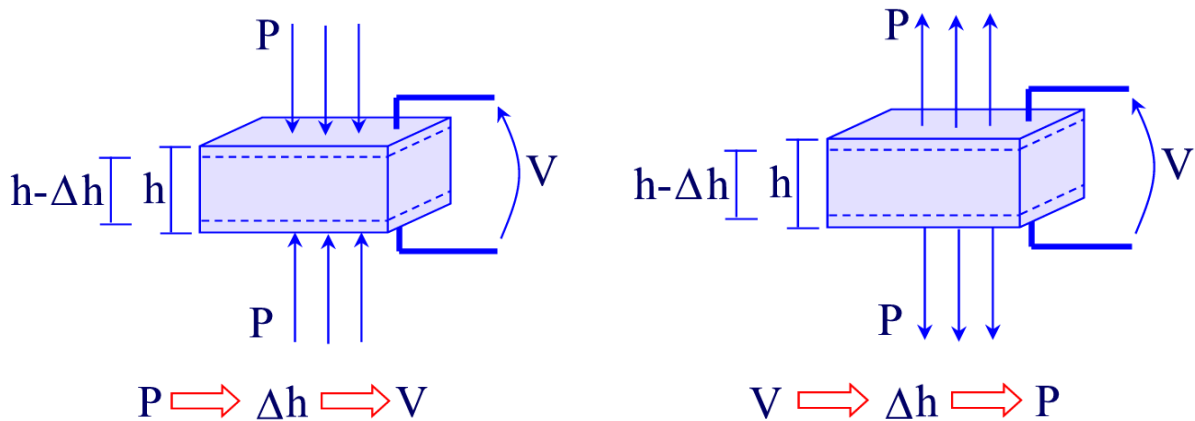
Se si sottopone a pressione un cubo di materiale piezoelettrico si ha in pratica una differenza di potenziale elettrico tra le due facce interessate alla pressione.

Analogamente se si impone una differenza di potenziale tra due facce di un cubo di materiale piezoelettrico si avrà una deformazione elastica lungo la congiungente queste due facce.

La velocità di risposta del materiale è elevatissima sia in un senso della trasformazione che nell'altro, inoltre alcuni di questi materiali piezoelettrici hanno la particolarità di poter oscillare come dimensione solo ad una ben precisa frequenza.

CONSIDERAZIONI: viste queste particolari proprietà dei materiali piezoelettrici è facile immaginare la vastità dei campi di applicazione che essi hanno potuto avere nel settore elettromeccanico.

Ad esempio è stato possibile realizzare microfoni ad alta fedeltà, sensori di pressione di altissima precisione, oscillatori ad altissima stabilità per telecomunicazioni e per calcolatori elettronici, ecc.



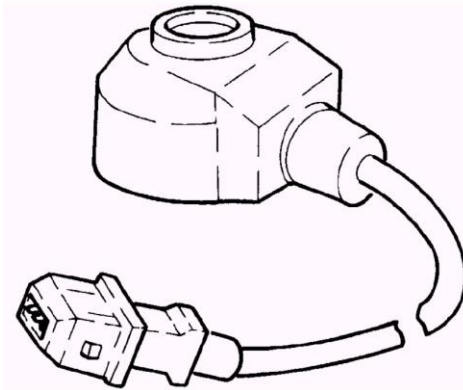
RECIPROCIÀ DI FUNZIONAMENTO: nelle due figure precedenti è schematizzato il funzionamento reciproco dei materiali piezoelettrici, ovvero:

- applicando una pressione P alle due facce si ha una deformazione elastica del pezzo pari a Δh ed una tensione elettrica pari a V ;
- analogamente applicando la stessa tensione V alle due facce del pezzo, con la stessa polarità, si ha una uguale deformazione Δh e quindi una uguale pressione esercitata verso l'esterno.

VELOCITÀ DI DEFORMAZIONE: applicando una tensione alternata alle due facce si avrà quindi una analoga deformazione alternata del pezzo. Una delle particolarità di questi materiali è la frequenza con cui queste oscillazioni meccaniche possono avvenire. Infatti a seconda delle caratteristiche costruttive e fisiche del pezzo si avrà un'unica frequenza a cui il pezzo può oscillare.

APPLICAZIONI: nel settore automotive questi materiali sono impiegati per entrambe queste particolarità di comportamento. Nei sensori di battito ad esempio si rileva l'entità delle vibrazioni della testata motore grazie alla tensione generata da un pezzo di materiale piezoelettrico.

Nelle unità elettroniche si sfruttano le proprietà di stabilità in frequenza delle oscillazioni meccaniche per sincronizzare le varie operazioni di calcolo e di scambio dati con altre unità elettroniche.

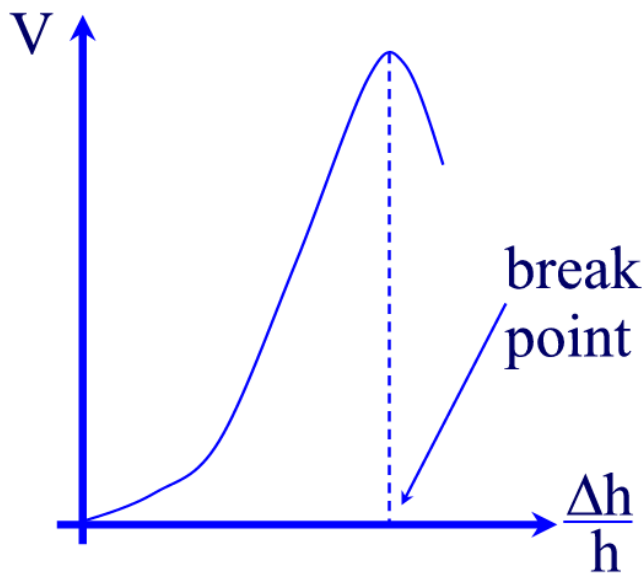


Sensore piezoelettrico di detonazione.

RELAZIONE TRA TENSIONE E DEFORMAZIONE: il grafico riportato di seguito mostra un possibile andamento della curva che lega la tensione prodotta a seguito di una certa deformazione percentuale di un pezzo di materiale piezoelettrico.

Notare il punto “**break point**” oltre il quale non ha più senso parlare di tensione piezoelettrica. Oltre questo livello infatti la deformazione del pezzo assume le caratteristiche di deformazione plastica e non più elastica. Questo vuol dire che oltre questo punto il pezzo rilasciato libero non torna più alle sue normali dimensioni iniziali ma resta deformato.

Nel caso di un sensore questo segna la sua irrimediabile rottura. Per questo, ad esempio nel caso della centralina AirBag che contiene dei sensori di urto piezoelettrici, bisogna stare attenti a non far cadere l'unità elettronica e bisogna comunque sostituirla dopo un urto che abbia richiesto l'attivazione dei moduli gonfiabili.



Relazione tra deformazione percentuale e tensione prodotta.

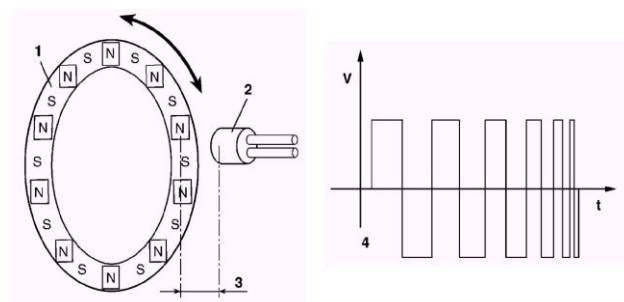
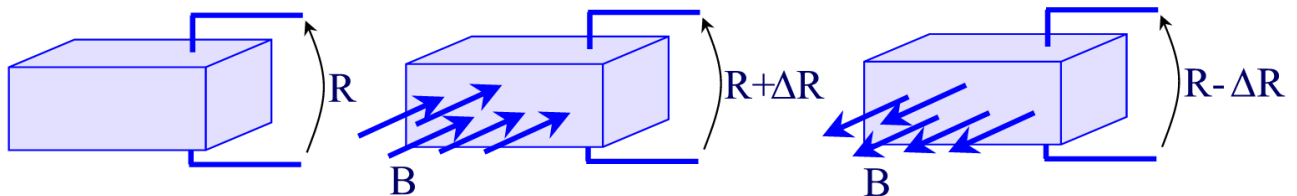
11. I MATERIALI MAGNETORESISTIVI

GENERALITÀ: un'altra famiglia di materiali usata per realizzare sensori elettronici a bordo degli autoveicoli è quella dei materiali magnetoresistivi.

La particolarità di cui godono questi materiali è fondamentalmente quella di avere una resistenza variabile con il campo magnetico che li investe.

FUNZIONAMENTO: considerando un blocchetto di materiali magnetoresistivo si potrà avere una certa resistenza elettrica al passaggio di corrente. Sottoponendo questo blocchetto ad un campo magnetico B si avrà una variazione di questa resistenza. Il verso della variazione, positivo o negativo, dipenderà esclusivamente dal verso del campo magnetico che investe il materiale.

APPLICAZIONI: nel settore veicolistico questi materiali vengono impiegati principalmente come sensori di prossimità o di giri. Realizzando infatti un anello con delle estensioni polari magnetiche alternate lungo il bordo e facendolo girare davanti ad un sensore magnetoresistivo si avrà un segnale alternato in uscita di frequenza proporzionale alla velocità di rotazione dell'anello.



1. anello con estensioni polari alternate
2. sensore magnetoresistivo
3. distanza tra anello e sensore
4. segnale prodotto dal sensore

MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE

1. CONCETTO DI MISURA

PREMESSA: prima di analizzare tutto quello che riguarda le misure elettriche ed elettroniche relative all'impianto elettrico di un autoveicolo diamo un rapido cenno al significato stesso di "misura".

IL "METRO DI MISURA": ogni volta che ci poniamo di fronte al problema di quantificare una certa grandezza la prima scelta che di solito facciamo è quella del "metro di misura" ovvero del **campione di riferimento**.

In pratica quello che si fa è di scegliere una grandezza paragonabile a quella da misurare e che abbia un valore prestabilito e noto a tutti.

Infatti lo scopo di una misura è quello di trasmettere ad altri la quantificazione usando dei numeri senza ogni volta trasmettere anche il metro usato.

Ad esempio è chiaro che la quantità di acqua contenuta in una bottiglia va misurata in litri e non in metri.

In questo caso il metro di misura è il "litro". In pratica basterà confrontare il contenuto della bottiglia in esame con una di capacità nota pari ad 1 litro.

LA SCALA DI MISURA: per poter trasmettere in modo efficace una misura, oltre a scegliere il giusto metro di comparazione, bisogna anche scegliere la scala di tale metro.

In pratica si vuole dire che non ha senso misurare ad esempio la larghezza di un tavolo in chilometri, è meglio usare il metro o il centimetro.

MISURE DIRETTE ED INDIRETTE: quando si esegue una misurazione spesso non è sufficiente leggere il valore dallo strumento di misura ma bisogna anche eseguire delle operazioni di calcolo.

MISURA DIRETTA: permette di ottenere il risultato della misura direttamente dalla lettura dello strumento utilizzato senza ricorrere ad altro.

MISURA INDIRETTA: il risultato della misura è ottenuto dalla combinazione dei risultati di altre misure.

Ad esempio per conoscere il volume di un recipiente a base rettangolare si misurano prima le lunghezze dei tre spigoli e poi si moltiplicano tra loro.

1.1. INCERTEZZA ED ERRORE DI MISURA

PREMESSA

Tutti i risultati di una misura sono affetti da una incertezza. Ad esempio la misura della lunghezza di un tavolo potrà essere indicata in:

$$L = 1.5 \text{ m} \pm 0.1 \text{ cm}$$

La quantità 0.1cm rappresenta l'incertezza della misura effettuata.

La conoscenza dell'incertezza di misura è importante per capire se la misura effettuata ha un senso. Quando l'incertezza è paragonabile al valore misurato tale valore non ha un senso pratico perché il campo di incertezza relativo è troppo grande.

CAUSE DI INCERTEZZA

Le cause che provocano incertezza nella misura di una grandezza sono molteplici, ma possono essere inquadrare nei seguenti gruppi:

- imperfezione strutturale degli strumenti utilizzati (incertezza strumentale).
- inadeguatezza del campione di riferimento (utilizzo di uno strumento non adeguato al valore della grandezza da misurare).
- limitatezza del sistema di visualizzazione dello strumento (errore di lettura).
- scarsa attenzione da parte dell'operatore (errore di misura umano).
- imperfezioni del metodo di misura indiretto utilizzato (nel caso di misure indirette le incertezze sui valori di base si propagano e si amplificano in base ai calcoli che si effettuano).
- perturbazione del misurando da parte dello strumento (lo strumento di misura influenza il funzionamento del sistema in esame perturbando anche il valore che si sta misurando).

ERRORE ED INCERTEZZA

In realtà questi due concetti sono abbastanza diversi tra loro.

- **errore** è ciò che si compie durante la misurazione, dunque ignoto e non quantificabile (si escludono errori grossolani dovuti a disattenzione dell'operatore).
- **incertezza** è una stima dell'errore che si può aver commesso nell'eseguire la misurazione. In pratica chi esegue la misura assicura una fascia di tolleranza percentuale intorno al valore fornito come misura.

L'INCERTEZZA STRUMENTALE

Tra i dati di targa di ogni strumento di misura sono riportati alcuni parametri circa l'incertezza che quello strumento assicura sul valore misurato.

- Questi parametri sono:
- **sensibilità**
- **risoluzione**
- **classe di precisione**

LA SENSIBILITÀ

Rappresenta il rapporto tra la variazione dell'indicazione dello strumento e la variazione della grandezza da misurare.

Indica di solito la più piccola grandezza che lo strumento può misurare.

LA RISOLUZIONE

Rappresenta la minima variazione della grandezza di ingresso apprezzabile dallo strumento. In genere è legata alla modalità rappresentativa dello strumento, cioè ad esempio alla rappresentazione analogica o digitale.

LA CLASSE DI PRECISIONE

Rappresenta l'errore percentuale introdotto dallo strumento definito rispetto al valore del fondo scala.

Tale valore percentuale permette di valutare, all'interno del campo di valori fissato dal fondo scala, il campo che offre una adeguata precisione. Di solito si assume che la misura vada eseguita nel campo tra 2/3 del fondo scala e il fondo scala stesso.

ESEMPIO DI CLASSE DI UNO STRUMENTO

Supponiamo di avere a disposizione uno strumento di classe 2 con un fondo scala pari a 100. (Non si definisce l'unità di misura in litri, metri, ecc. per focalizzare l'attenzione solo sul dato numerico)

In questo caso effettuando una misura l'incertezza che si dovrà indicare sarà pari al 2% del fondo scala, cioè pari a 2, a prescindere dal valore misurato.

Quindi misurando un valore pari a 100 si scriverà: 100 ± 2 , mentre misurando un valore pari a 10 si scriverà: 10 ± 2 .

Si può quindi capire perché è meglio eseguire misure che cadano oltre i 2/3 del fondo scala.

GLI ERRORI DI MISURA

Come già detto gli errori di misura non sono fissi quindi non se ne può dare una valutazione numerica precisa.

Oltre a questo bisogna distinguere tali errori in due classi:

- **errori sistematici**
- **errori accidentali**

	ERRORI SISTEMATICI	ERRORI ACCIDENTALI
descrizione	Influiscono sempre allo stesso modo sulla misura.	Assumono valori diversi ogni volta che si esegue la misura.
causa	<ul style="list-style-type: none"> • difettosa calibrazione degli strumenti • errori di lettura • condizioni in cui si svolge la misura • metodo di misura 	<ul style="list-style-type: none"> • errori di valutazione • variazioni ambientali ed atmosferiche • disturbi collaterali

NOTA: vista l'impossibilità di dare una valutazione quantitativa degli errori di misura accidentali l'unico metodo a disposizione per ridurre l'influenza è quello di ripetere più volte la procedura e di calcolare la media tra i valori ottenuti.

PERTURBAZIONE DEL MISURANDO: ai problemi delle incertezze e degli errori di misura bisogna anche aggiungere il fatto che quando si interviene per eseguire una misura di solito si perturba il sistema. Ad esempio quando si misura una portata d'acqua in un canale inserendo uno strumento sicuramente si influenza il flusso del fluido.

Uno degli aspetti più importanti che caratterizza la bontà di uno strumento è proprio quello di minimizzare questi effetti di disturbo.

ERRORE DI CONSUMO DELLO STRUMENTO: solitamente in questo caso si parla di errore di consumo in quanto lo strumento di misura assorbe una parte della grandezza da misurare. Ad esempio una misura di pressione presuppone il prelievo di una parte di fluido e il suo dirottamento verso l'elemento sensibile.

1.2. CONFRONTO TRA MISURE

PREMESSA: spesso ci si trova di fronte al confronto tra misure effettuate usando strumenti diversi che quindi hanno introdotto delle diverse incertezze strumentali.

Quindi prima di affermare che due misure coincidono o che sono differenti è bene effettuare un controllo anche sull'incertezza che accompagna i valori.

Notare che spesso anche effettuando la stessa misura con lo stesso strumento e nelle stesse condizioni si rileva un valore differente. Anche in questo caso è bene controllare l'incertezza.

ESEMPIO: si supponga di aver effettuato la misura di una stessa grandezza elettrica con strumenti diversi e di aver ottenuto tutte le volte un valore diverso.

Indichiamo i valori ottenuti accompagnati dalla loro incertezza:

$$A_1 = 55 \pm 1$$

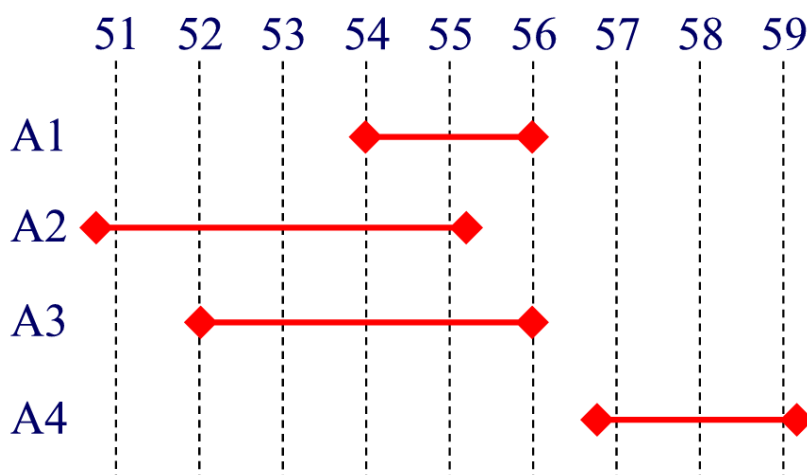
$$A_2 = 53 \pm 4\%$$

$$A_3 = 54 \pm 2$$

$$A_4 = 58 \pm 2\%$$

Notare le diverse rappresentazioni dei valori di incertezza.

Rappresentiamo questi valori su un grafico indicando anche i loro range di incertezza.



Rappresentazione grafica di un confronto tra misure

CONFRONTO

Le quattro misure rappresentate rientrano nei seguenti campi numerici:

$$A_1 = 54 \div 56$$

$$A_2 = 50.88 \div 55.12$$

$$A_3 = 52 \div 56$$

$$A_4 = 56.84 \div 59.16$$

Dal grafico è evidente che solo le prime tre di queste misure hanno dei valori comuni tra loro mentre la quarta risulta totalmente dissociata.

Questo porta a concludere che le prime tre misure, pur essendo leggermente diverse, sono tra loro compatibili, mentre la quarta è sicuramente frutto di un errore.

Notare che senza una rappresentazione grafica il confronto sarebbe risultato abbastanza complesso.

1.3. CARATTERISTICHE DEGLI STRUMENTI DI MISURA

PREMESSA: come tutti gli strumenti anche quelli di misura hanno dei dati di targa. La corretta interpretazione dei dati di targa consente, ad esempio in fase di acquisto dello strumento di misura, di effettuare una scelta oculata.

Infatti non è detto che uno strumento molto sofisticato e quindi costoso sia adeguato all'utilizzo per cui è stato acquistato.

Alcuni dei parametri riportati sui dati di targa sono già stati illustrati parlando degli errori strumentali, vediamo ora quelli legati alle caratteristiche di uso dello strumento.

PORTATA: rappresenta il limite superiore del campo di misura di uno strumento. In particolare rappresenta il valore della grandezza di ingresso che non deve mai essere superato al fine di non deteriorare le prestazioni dello strumento.

Spesso gli strumenti di misura offrono la possibilità di scegliere tra più portate in modo da utilizzare sempre quella più adatta alla grandezza in esame. Ricordare infatti quanto è stato detto a proposito della classe di uno strumento.

STABILITÀ: è un parametro che esprime la capacità dello strumento di mantenere inalterate le proprie qualità di misura nel tempo, ovvero di riprodurre, a distanza di tempo più o meno lunga, il medesimo valore per la stessa grandezza.

LINEARITÀ: è la capacità dello strumento di dare luogo, in ogni punto del suo campo di valori, allo stesso incremento di indicazione in corrispondenza di uno stesso incremento della grandezza di ingresso.

1.4. TIPOLOGIA DI RAPPRESENTAZIONI

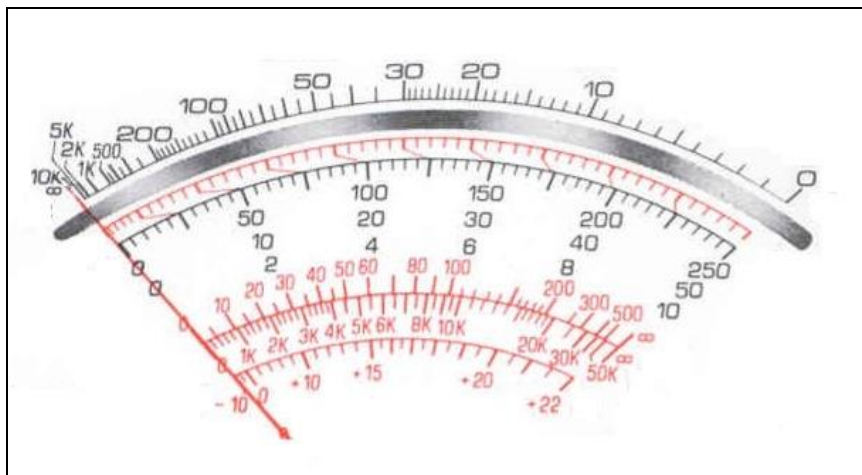
PREMESSA: un altro aspetto molto importante nella misura di una grandezza tramite uno strumento è la rappresentazione che tale strumento offre.

Dalle modalità di rappresentazione dipende una buona parte della qualità dello strumento.

Le varie modalità di rappresentazione possono essere divise in due grandi categorie:

- **rappresentazione analogica**
- **rappresentazione digitale**

RAPPRESENTAZIONE ANALOGICA: la rappresentazione analogica è solitamente realizzata con una scala graduata disegnata su un quadrante e con un indicatore meccanico che scorre su di essa e che con la sua posizione indica il valore della misura.



Esempio di rappresentazione analogica

RAPPRESENTAZIONE DIGITALE: la rappresentazione digitale è solitamente realizzata tramite display numerico. Il numero di cifre può essere molto variabile a seconda della qualità dello strumento.



Esempio di rappresentazione digitale.

RAPPRESENTAZIONE	PREGI	DIFETTI
ANALOGICA	<p>Immediatezza della lettura. Valutazione immediata del valore rappresentato confrontato con il fondo scala.</p>	<p>Necessità di operare su piani orizzontali. Lettura precisa molto difficile. Necessità di effettuare moltiplicazioni per ottenere il valore misurato.</p>
DIGITALE	<p>Possibilità di impiego anche in ambienti particolari. Velocità di lettura del dato numerico. Lettura diretta della misura.</p>	<p>Assenza di una valutazione ottica della grandezza rispetto al fondo scala.</p>

NOTE: non bisogna confondere la rappresentazione con la misura stessa. Infatti uno strumento può eseguire la misura in modalità digitale e rappresentarne il valore in modalità analogica.

Per quanto riguarda le modalità di misura digitali saranno approfondite nel seguente paragrafo.

PRECISIONE ED AFFIDABILITÀ: su quale dei due metodi sia più preciso non è possibile dare una valutazione. Sicuramente il sistema digitale è molto più affidabile di quello analogico soprattutto perché non presenta delle parti meccaniche in movimento che potrebbero essere soggette ad usura o malfunzionamenti.

Inoltre nella rappresentazione analogica l'approssimazione del dato numerico è lasciata all'occhio dell'operatore mentre in quella digitale è lo strumento che esegue tutti i calcoli e fornisce direttamente il valore numerico.

Gli strumenti con rappresentazione digitale possono essere usati praticamente in tutte le posizioni e le condizioni ambientali mentre quelli analogici hanno bisogno di un piano orizzontale e dell'assenza di vibrazioni.

2. STRUMENTI PER MISURE ELETTRICHE ED ELETTRONICHE

PREMESSA

Come si è già avuto modo di comprendere ogni grandezza fisica ha bisogno, per essere quantificata, di un adeguato “metro di misura”. In altre parole ogni grandezza ha bisogno di un apposito strumento per essere misurata.

Nel caso delle grandezze elettriche fondamentali gli strumenti utilizzati sono i seguenti:

- **IL MULTIMETRO**
- **L'OSCILLOSCOPIO**

IL MULTIMETRO

Il multimetro è uno strumento di misura multifunzione in quanto può svolgere più funzioni agendo su un semplice commutatore.

Tra le funzioni più importanti che il multimetro può svolgere si ricorda:

- ohmetro
- voltmetro in continua ed in alternata
- amperometro in continua ed in alternata
- prova diodi

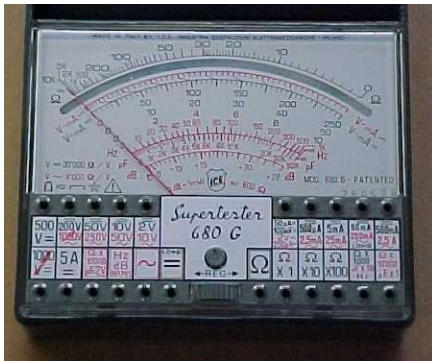
L'OSCILLOSCOPIO

L'oscilloscopio è uno strumento di misura grafico in quanto è in grado di rappresentare su un monitor il segnale in ingresso. Raramente usato per rilevare il valore numerico di una grandezza elettrica, il suo vero scopo è quello di fornire una chiara rappresentazione della grandezza in esame e di confrontarla eventualmente con un'altra dello stesso tipo.

2.1. IL MULTIMETRO

PREMESSA

In commercio si trovano ormai quasi esclusivamente multimetri di tipo digitale come quelli rappresentati nelle seguenti figure, perciò si farà riferimento solo ad essi nel resto di questa trattazione.



Esempio di multimetro analogico.



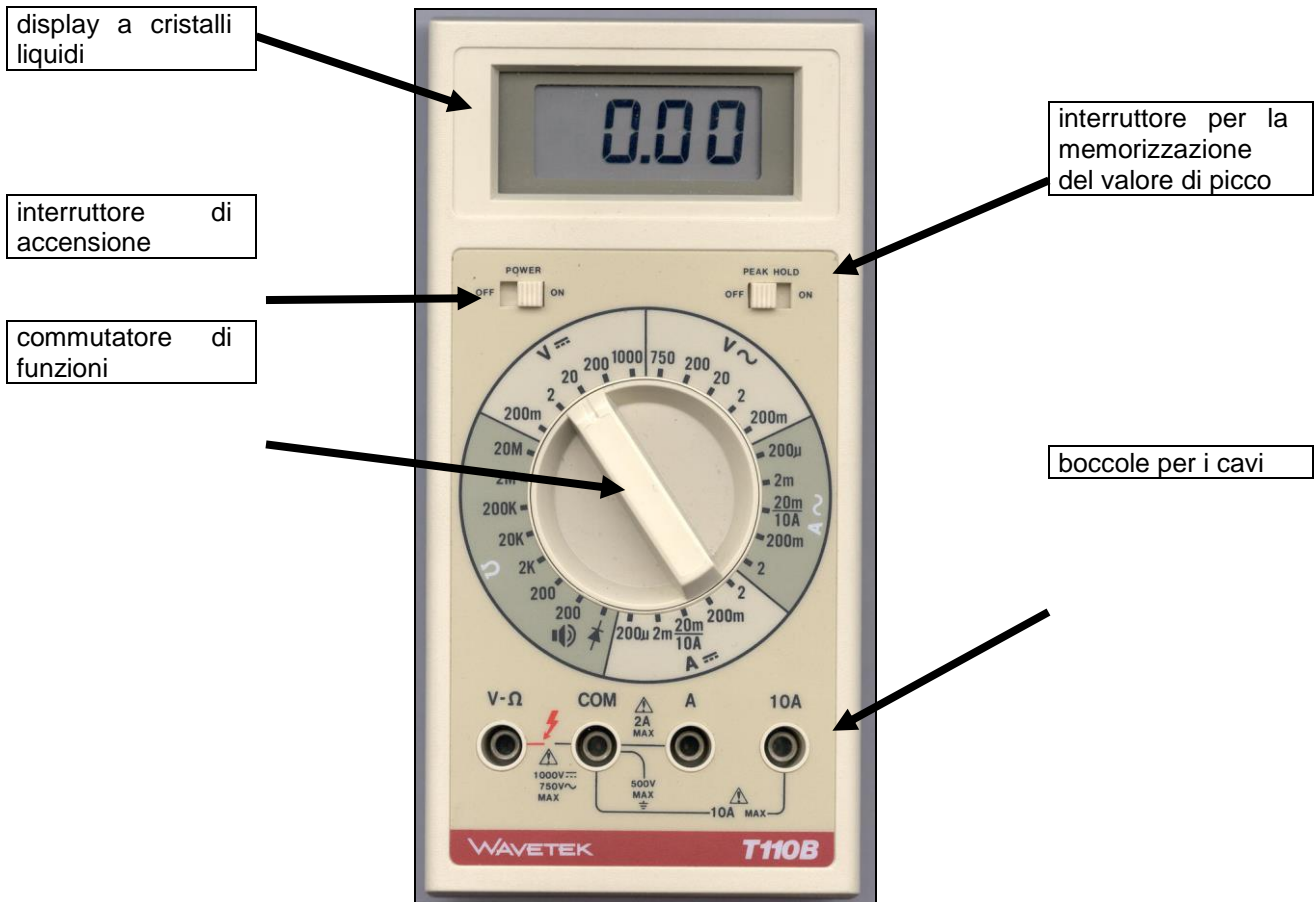
Esempi di multimetri digitali.

IL MULTIMETRO DIGITALE

Lo strumento è portatile ed è alimentato da una pila (solitamente a 9 volt) posta al suo interno ed ha in dotazione due cavi di collegamento (uno rosso ed uno nero) che servono per il collegamento al punto dove effettuare la misura.

Come è già stato detto il multimetro digitale oltre ad essere molto più pratico e maneggevole di quello analogico è anche di più veloce lettura.

COMANDI DEL MULTIMETRO: sul pannello frontale del multimetro sono posizionati tutti i comandi a disposizione oltre naturalmente al display per la lettura dei dati.



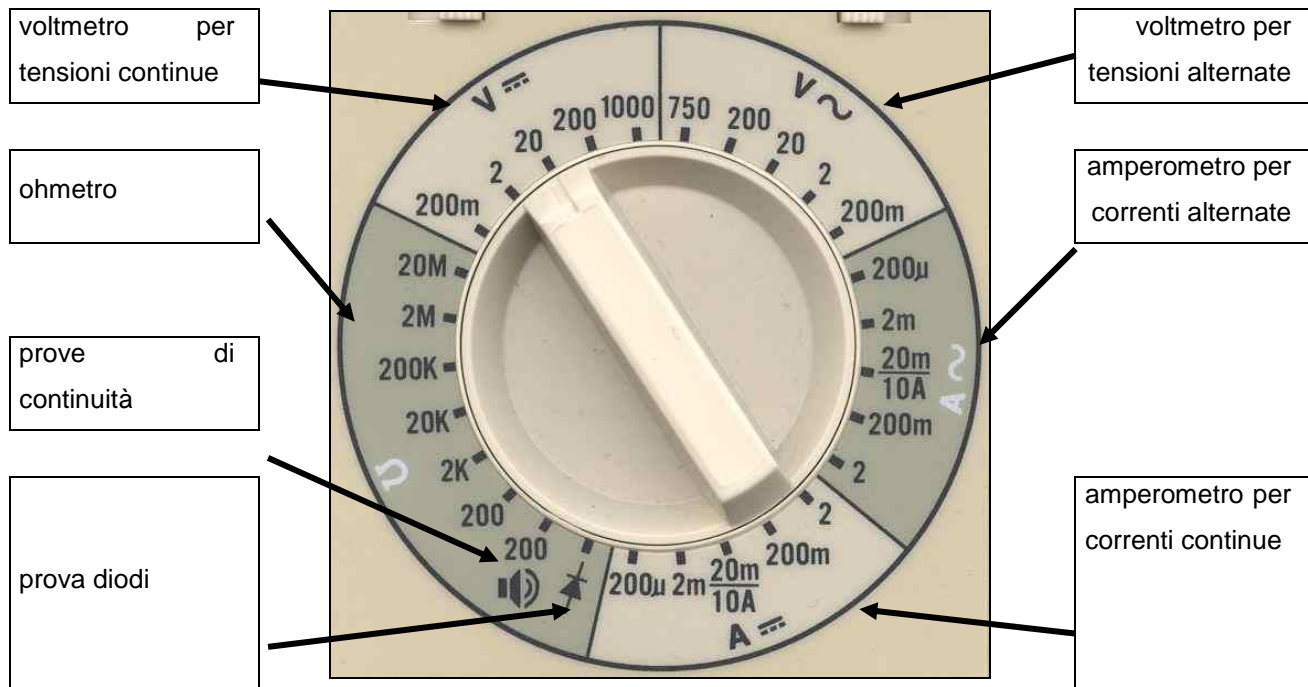
Si noti come il commutatore di funzioni del multimetro svolga anche il compito di selettore dei valori massimi misurabili nelle varie funzioni.

FUNZIONI DEL MULTIMETRO: il multimetro digitale è uno strumento che racchiude molte funzioni anche abbastanza diverse tra loro.

Tra le funzioni comuni praticamente a tutti i multimetri oggi in commercio ricordiamo le seguenti:

- (Ω) ohmetro
- (V=) voltmetro per tensioni continue
- (V~) voltmetro per tensioni alternate
- (A=) amperometro per correnti continue
- (A~) amperometro per correnti alternate
- prova diodi

Solitamente la scelta della funzione che si vuole utilizzare avviene agendo su di una manopola presente sullo strumento. Su questa manopola le varie funzioni sono evidenziate dal simbolo riportato tra parentesi nell'elenco sopra.

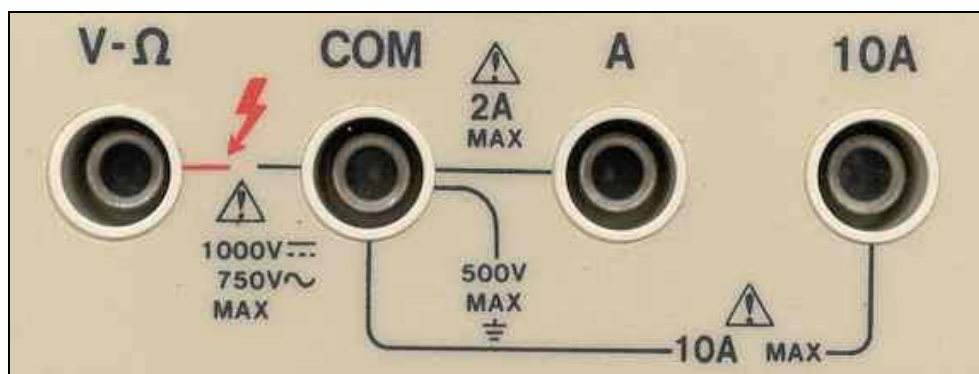


Esempio di commutatore di un multimetro digitale.

BOCCOLE DEL MULTIMETRO

Le boccole del multimetro consentono il collegamento dei due cavi che accompagnano lo strumento e che consentono di effettuare la misura.

Solitamente una delle boccole è di colore rosso e comunque tutte sono contrassegnate da lettere e/o numeri.



Esempio di boccole di un multimetro digitale.

SIGNIFICATO DELLE SIGLE

COM rappresenta il terminale comune o “freddo” per svolgere tutti i tipi di misura.

V Ω rappresenta il terminale a cui si collega il cavo “caldo” (spesso di colore rosso) per svolgere le misure di tensione e di resistenza.

A rappresenta il terminale a cui si collega il cavo “caldo” per svolgere le misure di corrente fino a 2A.

10A rappresenta il terminale a cui si collega il cavo “caldo” per svolgere le misure di corrente fino a 10A.

IL DISPLAY DEL MULTIMETRO

Il display del multimetro è in pratica l'interfaccia che lo strumento ha per poterci trasmettere tutte le informazioni in suo possesso.

In alcuni modelli sul display sono anche indicate alcune informazioni circa le impostazioni correnti dello strumento. Nella figura a destra si può notare le indicazioni **V** e **DC** che ci informano circa l'impostazione per la misura di tensioni continue.

Per quanto riguarda la rappresentazione del valore numerico della misura si notino le differenze tra i due display raffigurati. In quello di sinistra vi sono 3 cifre, mentre in quello di destra ve ne sono quattro. Questo implica una differenza sostanziale di precisione nella rappresentazione del risultato della misura.

Si noti infine che il punto decimale non ha una posizione fissa ma può spostarsi per lasciar posto alle cifre intere o decimali. Nel caso in figura a sinistra lo strumento era impostato per un fondo scala di 20 Vdc quindi la parte intera della rappresentazione può al massimo raggiungere il valore di 20. Quando però il punto decimale si sposta verso destra per lasciar posto alla seconda cifra intera si perde una cifra decimale, quindi mentre il valore di 5 volt è rappresentato con i centesimi di volt quello di 15 volt è rappresentato solo con i decimi.



Esempi di schermi di multimetri con rappresentazione digitale.

2.2. PINZA AMPEROMETRICA

Oltre ai cavi con i puntali già illustrati il multimetro può essere corredato con altri accessori. Tra questi accessori quello di maggiore interesse in campo veicolistico è certamente la **PINZA AMPEROMETRICA**.

La pinza amperometrica è uno strumento in grado di rilevare l'intensità di corrente che fluisce in un conduttore senza toccare fisicamente il conduttore stesso. Per effettuare la rilevazione essa misura il campo magnetico che si genera intorno al cavo a causa del passaggio di corrente.

Naturalmente il campo magnetico generato ha il verso che dipende da quello della corrente nel cavo, quindi la pinza riporta anche una indicazione positiva per il verso della corrente attraverso l'anello.



Pinza amperometrica (vista frontale e profilo)

FUNZIONAMENTO

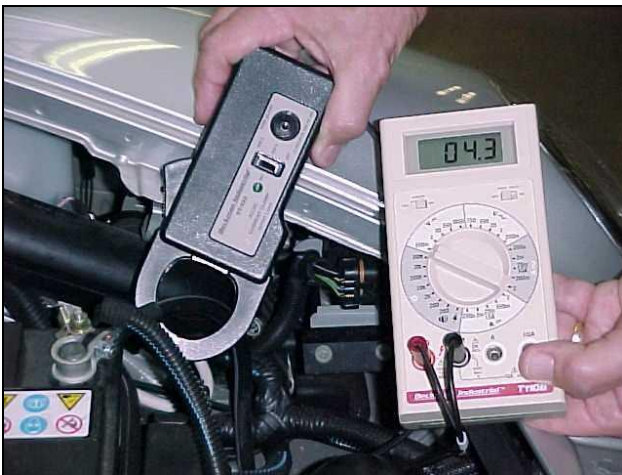
Quello che si deve fare è solo far passare il cavo di cui si vuole misurare l'intensità di corrente che sta circolando all'interno dell'anello della pinza. Le linee di campo magnetico generate sono catturate dall'anello dove si induce una tensione proporzionale alla corrente da misurare.

DATI DI TARGA

Questa proporzionalità tra la corrente da misurare e la tensione in uscita dalla pinza è indicata nei dati di targa dello strumento. Un esempio di questi dati di targa è riportato in figura.

In questo caso i dati ci indicano che la pinza fornisce 1mV per ogni ampère che passa attraverso l'anello. Inoltre ci informa anche del limite massimo di corrente (700A) che la pinza riesce a misurare senza andare in saturazione.

Il segno positivo o negativo della tensione generata ci indica se la corrente che si sta misurando scorre nel verso della freccia indicata sul dorso dello strumento o in verso contrario.



Inserzione della pinza amperometrica e suoi dati di targa.

3. FUNZIONI DEL MULTIMETRO

PREMESSA

Dopo aver illustrato le varie funzioni di un multimetro analizziamone ora il corretto utilizzo per eseguire le varie fasi di una misura.

Analizzeremo le funzioni di:

- **ohmetro**
- **voltmetro**
- **amperometro**
- **continuità**
- **prova diodi**

3.1. MISURE DI RESISTENZA - OHMETRO

ACCORGIMENTI

Per effettuare misure di resistenza bisogna impostare il multimetro su una delle portate indicate con il simbolo (Ω) e collegare i due puntali come indicato nella seguente figura .

Se il componente fa parte di un circuito bisogna fare attenzione che non sia alimentato e che almeno uno dei suoi terminali sia staccato dal resto dell'impianto.



Configurazione per misure di resistenze.

NOTE: in realtà lo strumento sottopone la resistenza in esame ad una tensione solitamente pari a quella della sua batteria interna e misura la corrente che circola.

Quindi questa misura pur appearing di tipo diretto in realtà avviene in maniera indiretta da parte dello strumento.

DATI DI TARGA DELLO STRUMENTO: un multimetro come quello in figura quando è impostato per funzionare come multimetro può avere i seguenti parametri circa gli errori strumentali introdotti.

Fondo scala	Incertezza
200 Ω	0.25%
2k Ω - 200k Ω	0.15%
2M Ω	0.25%
20M Ω	1.0%

NOTA: l'incertezza strumentale indicata nella precedente tabella è da intendersi come percentuale del fondo scala.

Se ad esempio si imposta lo strumento sulla portata di 2k Ω e si legge sul display un valore di 1.48k Ω la maniera corretta per esprimere questa misura è:

$$1.48 \text{ k}\Omega \pm (0.15\% \text{ di } 2\text{k}\Omega) \text{ oppure } 1.48 \text{ k}\Omega \pm 3\Omega$$

Lo strumento infatti ci fornisce solo due cifre decimali perché non garantisce sulla precisione della terza cifra decimale, quella degli ohm.

CARATTERISTICHE: ogni multimetro usa una particolare simbologia per indicare alcune situazioni particolari. Nel caso del multimetro usato come ohmetro sul display può essere visualizzata la scritta "OL" (over load) oppure "1".

Solitamente con queste sigle si vuole indicare il circuito aperto tra i due puntali o meglio una resistenza infinita.

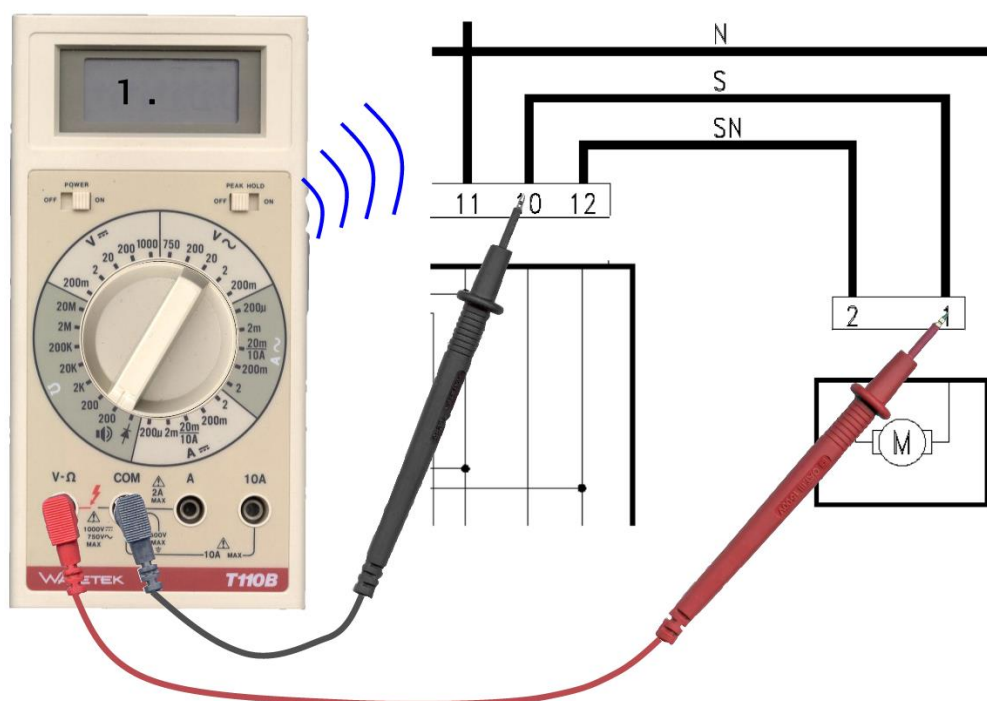
3.2. MISURE DI CONTINUITÀ

PREMESSA: una delle operazioni di verifica che si esegue più spesso su un impianto elettrico di un veicolo o semplicemente su di un componente è la prova di continuità.

Prima di tutto è necessario dare una definizione di continuità ohmica.

DEFINIZIONE: per continuità ohmica solitamente si intende un collegamento tra due punti di un conduttore che non presenti complessivamente una resistenza superiore ai 200ohm.

Quindi lo strumento di misura in realtà funziona sempre da ohmetro solo che in questo caso fornisce un segnale acustico (buzzer) quando rileva una resistenza inferiore ai 200ohm.



Prova di continuità di un cablaggio.

ATTENZIONE: Come è stato anche evidenziato nella figura precedente, quando si esegue una prova di continuità di un tratto di cavo è necessario staccare uno dei due estremi dal resto dell'impianto perché altrimenti si rischia di non rilevare se il cavo è interrotto quando c'è una via alternativa per la corrente.

3.3. VOLTMETRO - MISURE DI TENSIONE

PREMESSA

Per le misure di tensione solitamente i multimetri mettono a disposizione due possibili funzionalità:

- **misura di tensioni continue**
- **misura di tensioni alternate**

Solitamente in campo veicolistico si eseguono misure di tensioni continue. Per quanto riguarda le misure di tensioni alternate bisogna prestare attenzione a come interpretare la misura fornita dallo strumento.

MISURE DI TENSIONE ALTERNATA

Teoricamente lo strumento fornisce il valore efficace della tensione alternata. Questo è vero solo se:

- **la tensione alternata è perfettamente sinusoidale**

oppure se:

- **il voltmetro è a vero valore efficace**

In tutti gli altri casi vi sono delle forti approssimazioni da tenere presente.

CRITICITÀ DELLE MISURE IN ALTERNATA

Il valore efficace di una tensione alternata può essere misurato o calcolato in vari modi. Il modo più semplice è quello di misurare il valore di picco del segnale e poi applicare la formula:

$$V_{\text{rms}} = \frac{V_p}{\sqrt{2}}$$

Questa formulazione è valida però solo per le forme d'onda perfettamente sinusoidali. Per tutte le altre si dovrebbero usare dei coefficienti di divisione diversi e da calcolare di volta in volta.

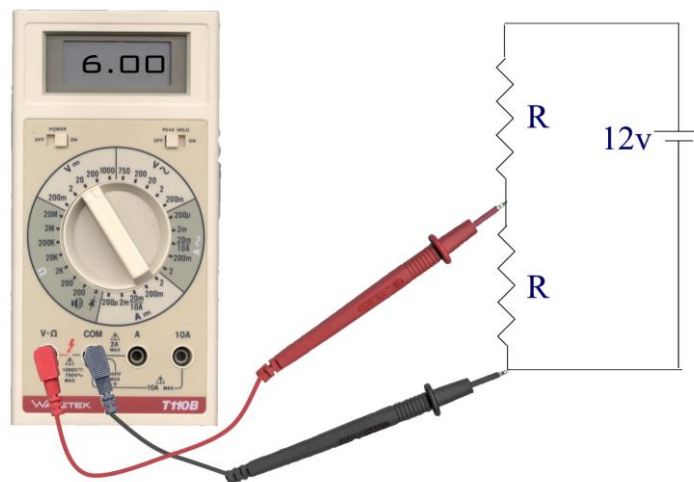
Ricordiamo che il valore efficace di una tensione elettrica esprime il suo valore energetico. Essa corrisponde infatti al valore che una tensione continua dovrebbe avere per produrre gli stessi effetti energetici su uno stesso carico resistivo.

Per misurare questa grandezza senza conoscere i vari coefficienti di divisione è possibile usare i cosiddetti **voltmetri a vero valore efficace** che invece di eseguire il calcolo sopra esposto valutano effettivamente il contenuto energetico della tensione.

3.3.1. MISURE DI TENSIONE CONTINUA

Per effettuare una misura di tensione continua ovvero di differenza di potenziale elettrico tra due punti di un circuito bisogna prima di tutto impostare lo strumento nel settore indicato con il simbolo (V=).

È consigliabile impostare lo strumento prima sul fondo scala maggiore per evitare danni nel caso di tensioni inaspettate per poi scendere fino al valore che consente una migliore precisione di misura.



Esempio di misura di una tensione continua.

NOTE: per effettuare una misura di tensione bisogna inserire lo strumento in parallelo al circuito o al componente ai cui capi si vuole controllare la caduta di tensione.

Idealmente lo strumento misura la tensione tra i puntali senza perturbare il funzionamento del circuito in esame.

ASSORBIMENTO DELLO STRUMENTO: in realtà lo strumento di misura presenta un certo **assorbimento** che viene identificato con il suo valore di resistenza interna.

Questo valore di resistenza interna non è fisso ma può dipendere dal fondo scala impostato, valori tipici di questa grandezza possono essere:

20.000 ohm/volt

10 Mohm

Il primo valore (20000 ohm/V), relativo solitamente a multimetri analogici di vecchia generazione, è riferito al fondo scala, cioè alla portata di 20V si ha una resistenza di ingresso pari a 400kohm.

Invece il secondo (10Mohm), relativo ad un multimetro digitale, è fisso ed indipendente dal fondo scala impiegato.

ESEMPIO

Per chiarire il problema dell'assorbimento da parte dello strumento di misura riconsideriamo l'esempio riportato nella figura precedente.

Supponendo una resistenza di ingresso dello strumento di 400kohm si ha un parallelo tra la resistenza da 10kohm e quella da 400kohm.

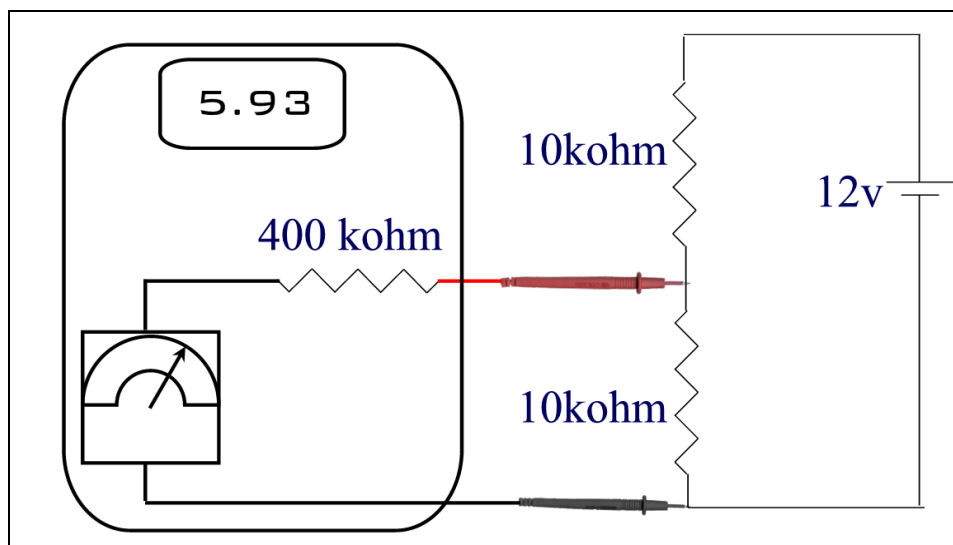
$$\frac{1}{\frac{1}{10k} + \frac{1}{400k}} = 9.756k$$

Quindi il partitore risulterà sbilanciato e la tensione ai capi dei puntali sarà:

$$12V \cdot \frac{9.756k\Omega}{10k\Omega + 9.756k\Omega} = 5.93V$$

La differenza rispetto ai 6V teorici è abbastanza evidente perché la resistenza interna dello strumento (400kohm) è paragonabile a quella su cui si è eseguita la misura (10kohm).

Naturalmente con una resistenza di ingresso da 10Mohm (multimetro digitale) il problema sarebbe stato molto meno evidente.



Rappresentazione dell'assorbimento di un voltmetro.

DATI DI TARGA DEL VOLTMETRO

Un esempio di dati di targa relativi alle incertezze strumentali di un voltmetro sono riportati nella seguente tabella.

Notare la completa differenza tra l'incertezza della misura di tensione continua da quella di tensione alternata. Il motivo di questa enorme differenza risiede nella differente tecnica di misura.

Infatti in questo caso il multimetro fornisce la misura del vero valore efficace della tensione alternata e tale misura viene effettuata con metodi di tipo energetico.

Impostazione	Fondo scala		
Vdc	200mV – 1000V	0.05%	Incertezza
	200 mV	10 μ V	Risoluzione
Vac	200mV – 200V	1.0%	Incertezza
	200 mV	10 μ V	Risoluzione

NOTA

Notare che nell'impostazione Vac l'incertezza della portata piú bassa (1% di 200mV) risulta di 2mV quindi l'indicazione della risoluzione è solo da considerare come numero di cifre decimali (due in questo caso) che appaiono sul display ma non è pensabile poter misurare una grandezza di 10 μ V.

3.4. AMPEROMETRO – MISURE DI CORRENTE

ACCORDIMENTI

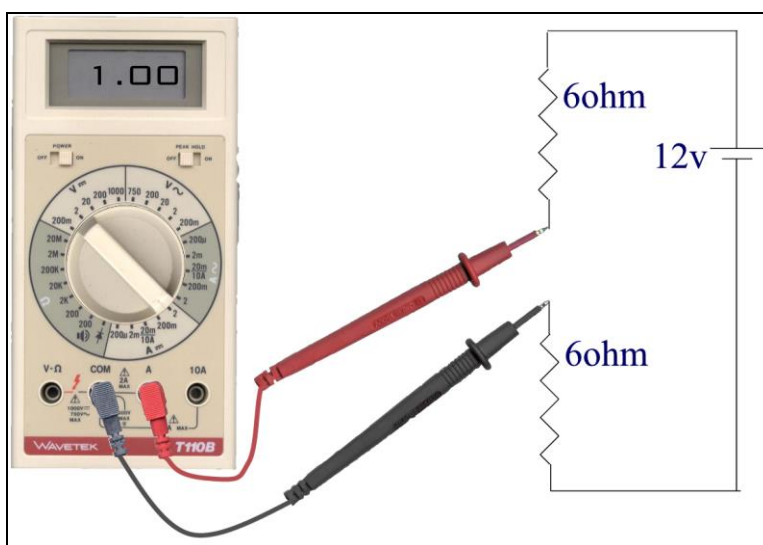
Per effettuare una misura di corrente, oltre ad impostare lo strumento nel settore contrassegnato dalle sigle (A=) o (A~), bisogna anche interrompere la maglia elettrica in un punto.

Infatti per misurare la corrente bisogna inserire lo strumento in serie nella maglia di cui si vuole conoscere la corrente circolante.

Naturalmente il cavo nero del multimetro questa volta andrà collegato alla boccia contrassegnata con la lettera (A) o con quella (10A) a seconda dell'intensità di corrente che si intende misurare.

CRITICITÀ

Un accidentale inserzione in parallelo dello strumento impostato per misure di corrente può causarne seri danni in quanto, contrariamente alla predisposizione per misure di tensione, in questa impostazione la resistenza interna dello strumento è molto bassa.

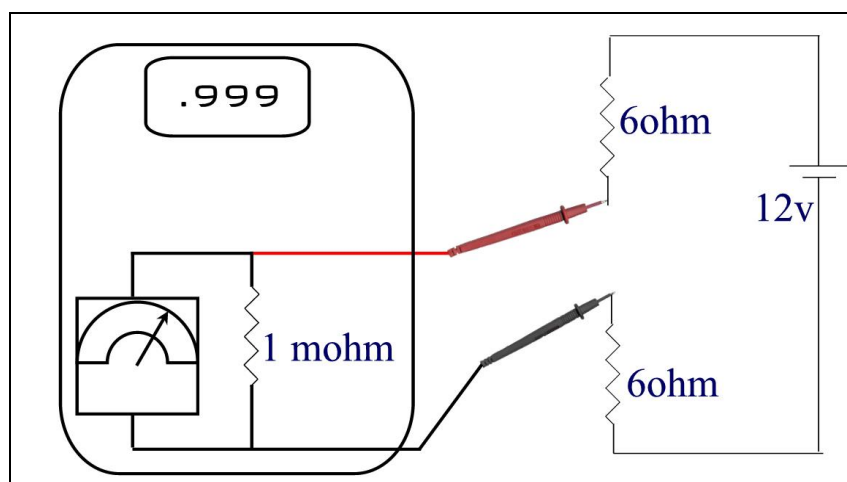


Esempio di misura di corrente continua.

ASSORBIMENTO DELL'AMPEROMETRO

Inserendo l'amperometro in serie nella maglia elettrica idealmente non dovrebbe succedere nulla. In realtà lo strumento presenta una piccola resistenza interna che perturba il normale funzionamento del circuito.

La qualità di un amperometro dal punto di vista del consumo è infatti valutata in base al valore più o meno basso di questa resistenza interna.



Schema di assorbimento dell'amperometro.

Impostazione	Fondo scala		
Adc	200μA	-	Incertezza
	200mA	0.5%	
	20A	2.0%	Risoluzione
Aac	200μA	-	Incertezza
	200mA	0.8%	
	20A	2.5%	Risoluzione
	200μA	10nA	

Dati di targa reali di un amperometro.

3.5. PROVA DI EFFICIENZA DEL DIODO

DESCRIZIONE: predisponendo il commutatore nella posizione mostrata in figura (posizione prova diodi) si può controllare l'efficienza di un diodo. La prova consiste nel verificare il suo comportamento sia in polarizzazione diretta che in polarizzazione inversa.

Particolare del multimetro con il commutatore in posizione Prova diodi



FUNZIONAMENTO

La prova eseguita dal multimetro consiste nell'applicare una piccola tensione al diodo, solitamente pari a quella delle batterie interne del multimetro (1,5V o 3V), e nel misurare la corrente che scorre e la tensione.

ATTENZIONE

È assolutamente errato eseguire la prova di efficienza di un diodo nella modalità ohmetro del multimetro. Anche se concettualmente si potrebbero eseguire le stesse verifiche la tensione che il multimetro applica ai puntali durante le misure di resistenze non è sufficiente per polarizzare il diodo.

In questo caso si avrebbero dei riscontri di efficienza o inefficienza non validi.

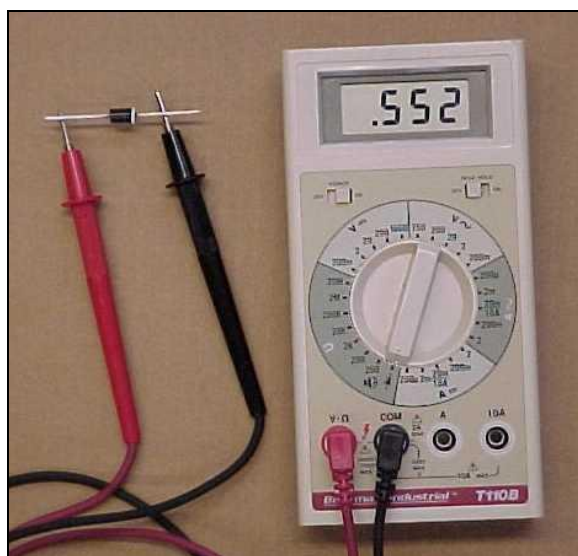
3.5.1. VERIFICA DI POLARIZZAZIONE DIRETTA

Lo strumento si predispose automaticamente per far circolare un predeterminata corrente e rilevare la caduta di tensione del diodo in prova.

E' importante rispettare la polarità dei puntali come rappresentato nelle figure.

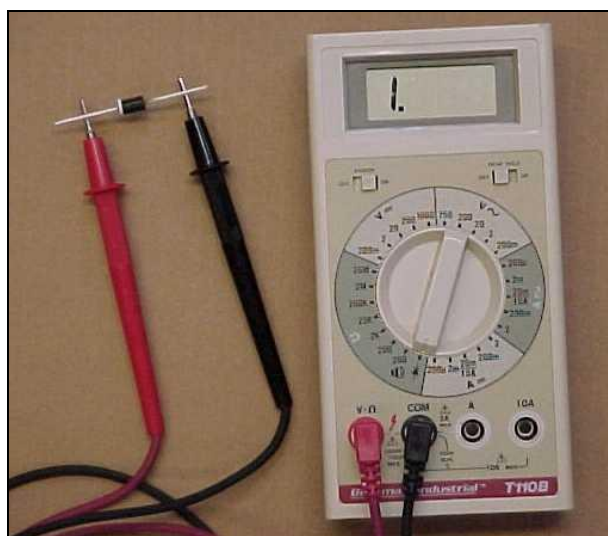
Se il diodo è efficiente, si legge un valore corrispondente alla tensione di soglia, ad esempio **.552** (0,552V). Se il diodo è in corto circuito, si legge **.000** (0V).

Se il diodo è interrotto, si legge **1** oppure **OL**, (circuito aperto) in funzione del modello di multimetro.



3.5.2. VERIFICA DI POLARIZZAZIONE INVERSA

Se il diodo è efficiente, si legge **1** oppure **OL**, (over load, circuito aperto) in funzione del modello di multimetro. Se il diodo è in cortocircuito, si legge **.000** (0V).



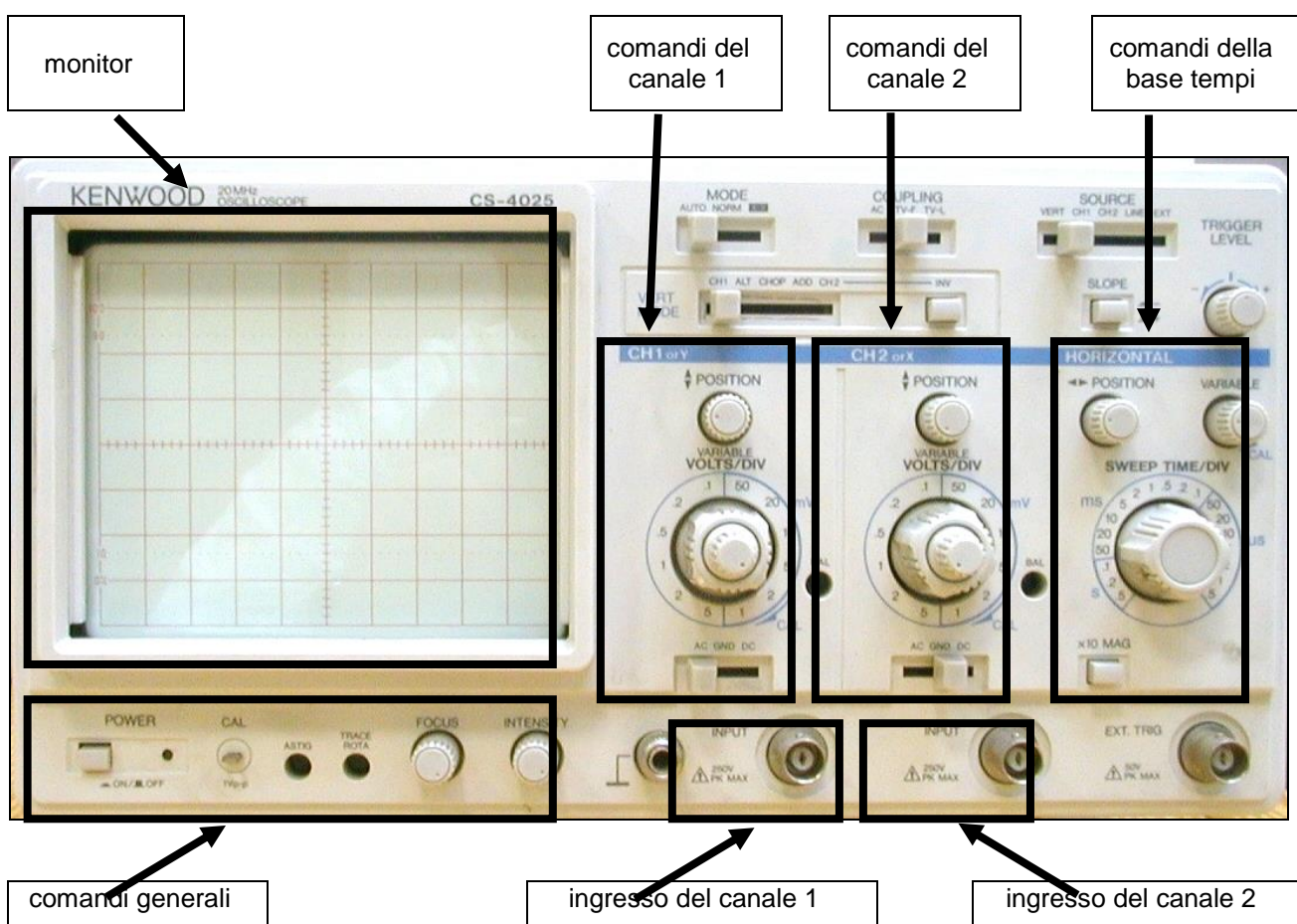
4. L'OSCILLOSCOPIO

PREMESSA

L'oscilloscopio è uno strumento di misura molto particolare perché consente di "vedere" quello che si sta misurando.

Infatti attraverso il monitor presente sullo strumento si ha una rappresentazione sia in ampiezza che nel tempo della tensione che entra attraverso i cavi di misura.

Commercialmente esistono molti tipi di oscilloscopi progettati spesso per scopi molto diversi. In questa trattazione ci limiteremo ad illustrare i comandi comuni praticamente a tutti i tipi di oscilloscopi in commercio.



4.1.1. IL MONITOR

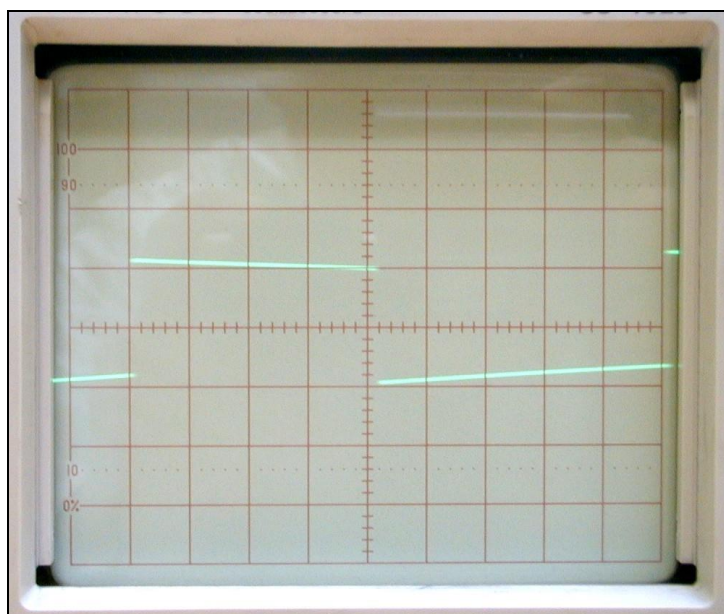
Il monitor dell'oscilloscopio ha forma solitamente quadrangolare e riporta una griglia di riferimento suddivisa in orizzontale in 10 riquadri e in verticale in 8 o 10 riquadri.

Il significato di questa griglia sarà più chiaro in seguito dopo aver descritto i comandi di ampiezza verticale e di temporizzazione orizzontale dello strumento.

Il segnale è disegnato sul monitor da sinistra verso destra con una velocità che dipende dalle regolazioni temporali di scansione. Mentre il pennello elettronico si sposta da sinistra verso destra esso viene spostato in alto e in basso dal segnale che si sta misurando permettendone quindi la visualizzazione dell'andamento nel tempo.

Dopo aver compiuto una scansione completa il pennello di elettroni si riposiziona a sinistra pronto per ridisegnare (possibilmente) la stessa scia luminosa.

Quando la scia luminosa ridisegna sempre la stessa forma d'onda l'immagine sullo schermo appare nitida e ferma, altrimenti sembra che si muove avanti o indietro.



Monitor dell'oscilloscopio

4.1.2. COMANDI GENERALI

I comandi generali di solito comprendono:

- **interruttore generale (power)** per l'accensione dello strumento.
- **comando di messa a fuoco (focus)** per rendere la traccia sul monitor più o meno sfuocata.
- **comando di intensità (intensità)** per variare l'intensità della traccia sul monitor a seconda della luce ambiente.
- **comando di illuminazione**, non sempre presente, serve per variare l'illuminazione della griglia disegnata sul monitor.



Comandi generali dell'oscilloscopio

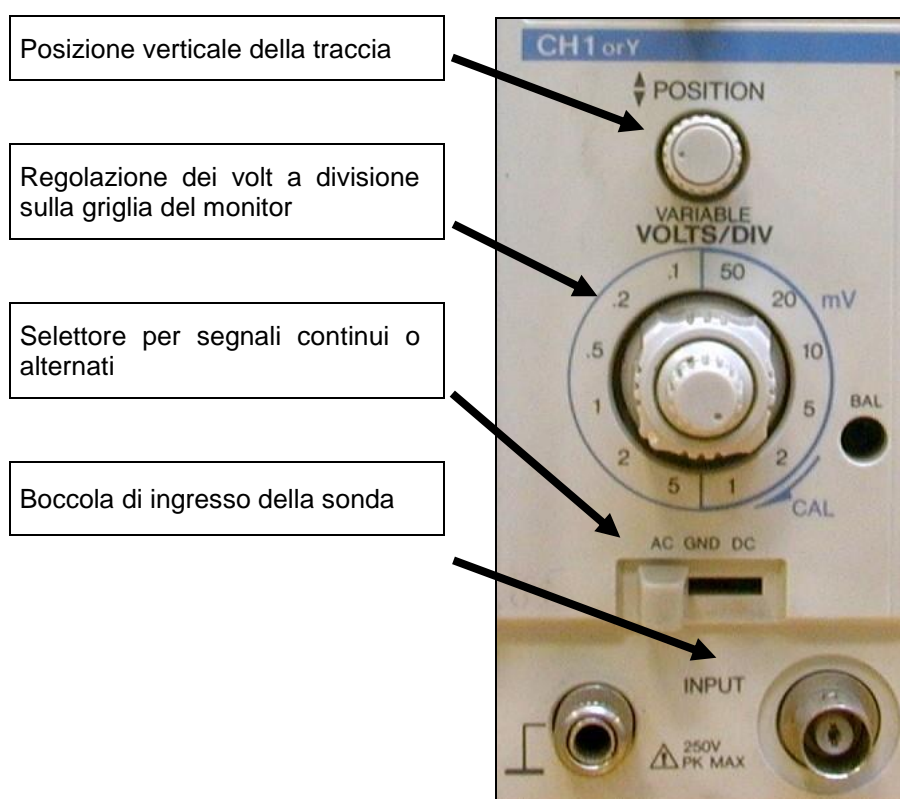
NOTA

Sul pannello dei comandi generali riportato in figura è presente anche l'uscita per la calibrazione delle sonde. In corrispondenza di questa uscita (CAL) è riportata anche la scritta (1V_{p-p}) che indica l'ampiezza picco picco che si deve visualizzare sul monitor se la calibrazione della sonda è a posto.

4.1.3. COMANDI DI INGRESSO DEL SEGNALE

Solitamente l'oscilloscopio permette di visualizzare due segnali contemporaneamente sul monitor. Ognuno di questi due segnali in ingresso può essere regolato separatamente in ampiezza tramite le due sezioni di comandi presenti sullo strumento.

Analizziamo naturalmente solo una di queste due sezioni illustrandone le varie funzioni.



Comandi del canale 1

FUNZIONAMENTO

La manopola **POSITION** regola la posizione in verticale della traccia sul monitor. In pratica agendo su di essa si vede la traccia luminosa traslare in verticale.

La manopola più importante è sicuramente quella siglata **VARIABLE VOLT/DIV**. Tramite questa regolazione è possibile variare l'ampiezza verticale della traccia sullo schermo. In pratica consente di stabilire il valore che ogni suddivisione verticale ha sullo schermo.

Ad esempio impostando 1Volt/Div con una griglia da 8 suddivisioni si potranno visualizzare segnali con estensione picco – picco di 8V. Questi 8V possono poi essere traslati in verticale per visualizzare da – 4V a 4V oppure da 0V a 8V o altro.

Il **SELETTORE DI INGRESSO** ha tre posizioni possibili:

- ingresso in alternata (**AC**)
- ingresso verso massa (**GND**)
- ingresso in continua (**DC**)

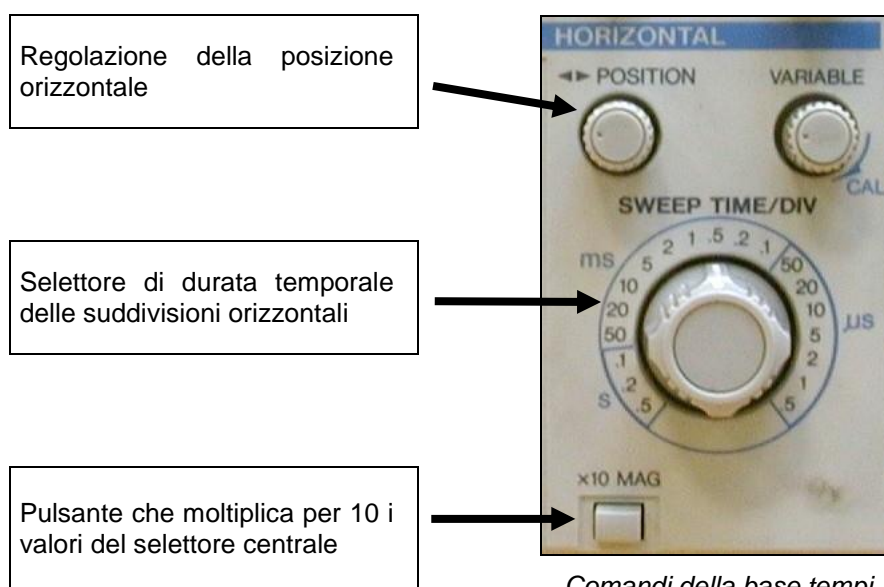
La posizione (**GND**) consente di regolare la posizione verticale della traccia sullo schermo. In questa impostazione infatti l'ingresso è collegato a massa e sullo schermo si vede una traccia perfettamente orizzontale che l'operatore può posizionare in basso (se vuole poi visualizzare segnali solo positivi) o al centro (se vuole visualizzare ad esempio segnali alternati a valor medio nullo).

La posizione (**DC**) consente di visualizzare direttamente sullo schermo il segnale in ingresso, mentre la posizione (**AC**) consente di visualizzare solo la componente alternata. In questa impostazione infatti viene interposto un condensatore tra la sonda e i circuiti di rappresentazione verticale che elimina le tensioni continue ovvero elimina il valor medio del segnale riportandolo a zero.

4.1.4. COMANDI DELLA BASE TEMPI

Con i comandi della base tempi è possibile stabilire la durata di ogni singola scansione e quindi la porzione temporale di segnale da visualizzare.

Agendo sulla manopola TIME/DIV si stabilisce quindi il valore temporale di ognuna delle dieci suddivisioni orizzontali dello schermo.

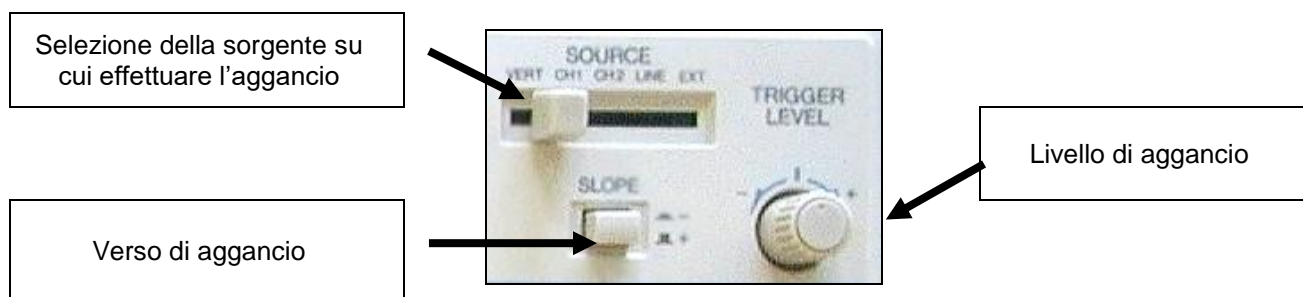


NOTE

Aumentando il valore di **TIME/DIV** impostato si visualizza sullo schermo un tratto temporalmente più esteso di segnale ma si perdono i dettagli perché la risoluzione della traccia resta sempre la stessa.

4.1.5. COMANDI DI AGGANCIO DEL SEGNALE

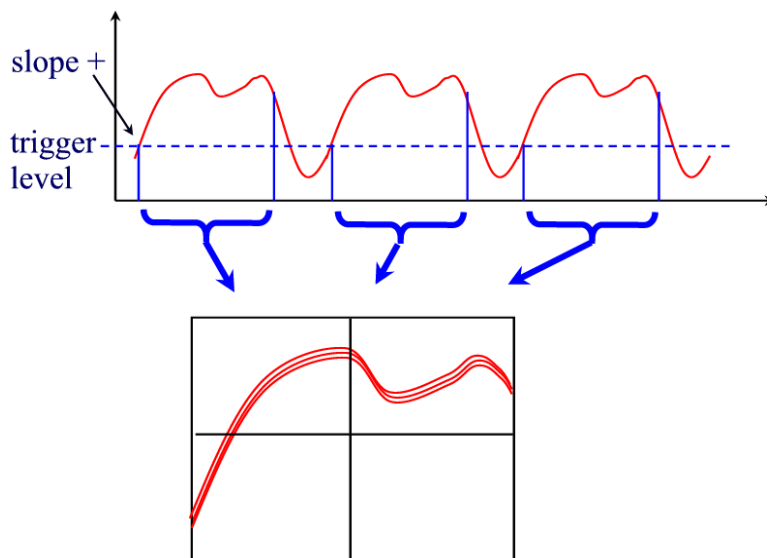
Per consentire al fascio di elettroni di ridisegnare sempre lo stesso segnale bisogna fissare un livello ed un verso di aggancio in modo che la traccia parta ogni volta che si ripresentano tali valori e non a caso.



NOTE

Il selettore della sorgente (SOURCE) su cui effettuare l'aggancio è molto utile quando si devono visualizzare due segnali che abbiano periodi di ripetizione diversi tra loro e non multipli. In questo caso agganciando lo strumento su uno dei due questo apparirà stabile sullo schermo mentre l'altro sembrerà scorrere avanti o indietro.

Inoltre questo selettore consente anche di agganciare lo strumento alla linea di alimentazione (LINE) della rete elettrica per verificare se il segnale che si sta visualizzando è "sporcato" da disturbi elettromagnetici dovuti all'alimentazione degli strumenti stessi.



Esempio di sovrapposizione sul monitor di più tracce agganciate.

NOTE

La traccia sul monitor parte dal punto in cui lo strumento rileva le condizioni di trigger (LEVEL e SLOPE) e va avanti per una durata pari al TIME/DIV fissato.

Dopo la prima traccia lo strumento riposiziona a sinistra il pennello elettronico ed attende ancora le condizioni di trigger per ridisegnare la stessa traccia.

Molto spesso quindi lo strumento non disegna tutto quello che gli arriva in ingresso ma solo alcuni tratti.

È bene quindi stare molto attenti alle impostazioni dei comandi sullo strumento per evitare di considerare presente solo quello che si sta visualizzando, molto spesso vi sono delle parti nascoste di segnale non visualizzato.

Nell'immagine precedente, sullo schema del monitor, sono state rappresentate tre tracce leggermente diverse solo per evidenziare il fatto che lo strumento cerca sempre di ridisegnare lo stesso tratto. In condizioni ottimali di aggancio l'immagine appare fissa e nitida altrimenti diventa sfocata e traslante.

4.1.6. COMANDI DELLA MODALITÀ VERTICALE

Tramite questi comandi è possibile selezionare cosa si vuole visualizzare sul monitor. Le possibili scelte consentono di:

- **CH1** visualizzare solo quello che arriva dalla sonda collegata con il canale 1 secondo le impostazioni relative del canale.
- **CH2** visualizzare solo quello che arriva dalla sonda collegata con il canale 1 secondo le impostazioni relative del canale.
- **ALT** visualizza alternativamente le tracce relative ai due canali.
- **CHOP** visualizza contemporaneamente le tracce relative ai due canali.
- **ADD** visualizza un'unica traccia ottenuta per somma di quelle dei singoli canali.



Comandi della modalità verticale.

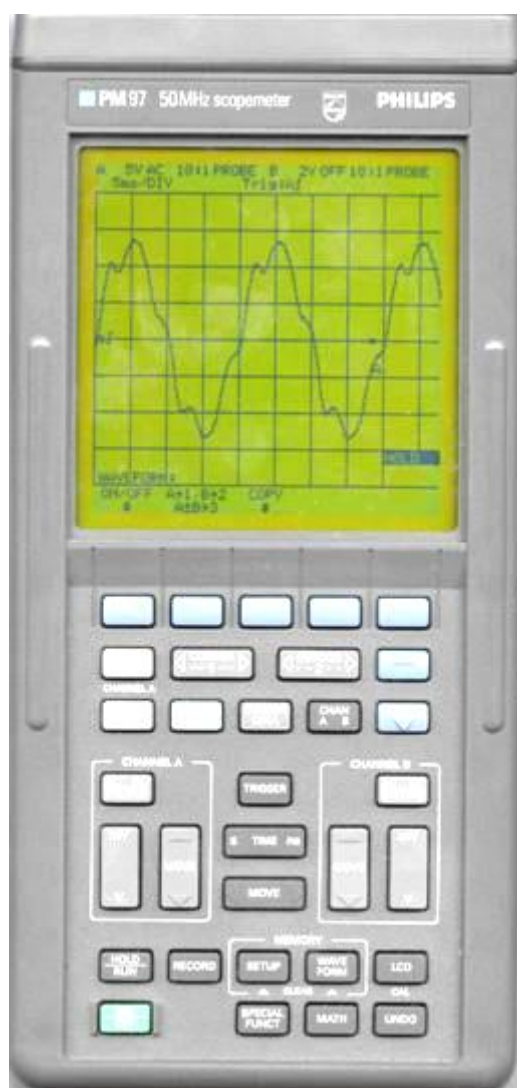
NOTE

Le impostazioni ALT e CHOP sono utili quando i segnali da visualizzare sono molto lenti oppure agganciati in maniera non ottimale.

4.2. L'OSCILLOSCOPIO DIGITALE

I moderni oscilloscopi digitali presentano notevoli vantaggi rispetto a quelli analogici. Pur avendo praticamente gli stessi comandi e gli stessi ingressi hanno il grande vantaggio di poter essere usati come strumenti portatili.

Inoltre effettuando la visualizzazione su un display a cristalli liquidi questo ne permette la memorizzazione delle schermate per una successiva analisi.



Esempio di oscilloscopio digitale

VANTAGGI

Una delle funzionalità che è presente in questo tipo di oscilloscopio e che non era possibile ottenere con quelli analogici è quella di visualizzare segnali impulsivi e non periodici.

Questa funzione è ora possibile grazie alla tecnica digitale che consente di acquisire prima il segnale, di memorizzarlo e successivamente di visualizzarlo sul display a cristalli liquidi.

Quindi non è più necessario avere un segnale ripetitivo in modo da farlo apparire fermo sul tubo catodico ridisegnandolo continuamente ma è possibile visualizzare anche una singola apparizione del segnale.

FUNZIONAMENTO COME MULTIMETRO

Inoltre questo tipo di strumento incorpora anche tutte le funzioni di un multimetro digitale permettendo quindi di effettuare praticamente tutti i tipi di misure con il vantaggio di poter memorizzare tutti i dati.



Funzionamento da multimetro dell'oscilloscopio digitale.