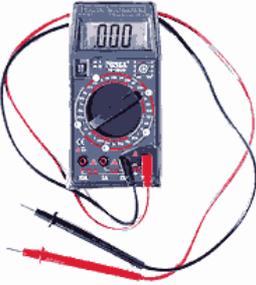
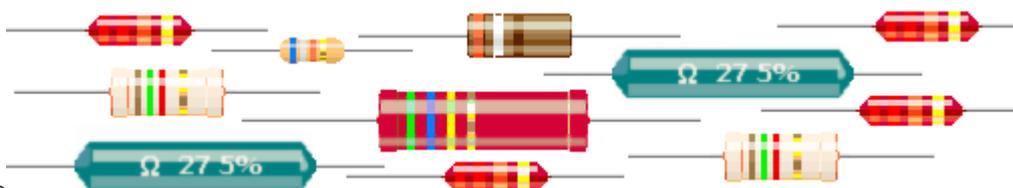


Le pagine di questo sito sono dedicate a coloro che, desiderando dedicarsi all'elettronica, cercano una guida facile e non troppo teorica che consenta di acquisire una prima conoscenza dei concetti fondamentali. Poichè sono convinto che l'elettronica si impari soprattutto mettendola in pratica, consiglio senz'altro, a chi vuol fare sul serio, di procurarsi un minimo di attrezzatura di base, necessaria per realizzare i circuiti sperimentali che si incontreranno man mano nelle pagine del sito. L'elettronica è un passatempo intelligente e gratificante: la sua conoscenza tornerà senz'altro utile in molte occasioni, non escluse le opportunità in campo professionale. A chi vorrà leggere queste pagine auguro pertanto di mettere a buon frutto il mio lavoro e di ricavarne divertimento e soddisfazioni.

CIO' CHE OCCORRE PER INIZIARE	
	<p>Un saldatore a stagno di circa 20 watt di potenza; vanno molto bene quelli cosiddetti a stilo, dalla punta sottile, adatta per saldare con precisione particolari molto piccoli. L'importante è che sia un saldatore per elettronica ottimamente isolato, considerando che eventuali dispersioni di corrente potrebbero risultare dannose per certi componenti particolarmente delicati.</p>
	<p>Una matassina di filo di stagno, di quello che già contiene al suo interno la pasta disossidante necessaria alla pulizia delle parti da saldare; scegliete un filo sottile, di circa 0,8 mm di diametro</p>
	<p>Una dotazione di attrezzi di uso comune, come forbici, cacciaviti, pinze, tronchesine ecc.</p>
	<p>Uno strumento molto utile, anzi direi indispensabile, è un piccolo tester digitale; oggi si trovano buoni apparecchi a poche decine di migliaia di lire, tanto non serve uno strumento da laboratorio. Non vi consiglio uno strumento analogico (quelli con l'indice che si muove sulla scala graduata, per capirci) poichè, a parità di prezzo, quello digitale risulta più preciso, oltre ad essere di lettura più immediata.</p>



Le resistenze

I primi componenti di cui parleremo sono le resistenze. In elettronica se ne usano tantissimi tipi, ma la loro funzione rimane sempre quella di determinare una caduta di tensione, e quindi di ottenere nei vari rami di un circuito le giuste correnti. Nel paragrafo che segue cercherò di illustrare meglio questi concetti. E' bene specificare subito che i valori in ohm delle resistenze non sono quasi mai scritti con dei numeri: esiste un codice basato su fascette colorate, che inizialmente può risultare un pò ostico, ma che col tempo e con la pratica si impara a leggere a colpo d'occhio. Tanto per abituarci, cominciamo subito a vedere il significato dei vari colori:

	NERO = 0
	MARRONE = 1
	ROSSO = 2
	ARANCIO = 3
	GIALLO = 4
	VERDE = 5
	BLU = 6
	VIOLA = 7
	GRIGIO = 8
	BIANCO = 9

Se osservate una resistenza, vedrete (da una estremità o dall'altra) una fascetta color oro; questo colore indica che la tolleranza rispetto al valore nominale è del 5%. Se la fascetta è color argento significa che la tolleranza è del 10% (valore meno preciso e resistenza di minore qualità). Disponete la resistenza davanti a voi con la fascetta dorata alla vostra destra (come in figura). Cominciate poi a leggere le tre fascette, da sinistra verso destra. Il colore della prima indica il primo numero; il colore della seconda fascetta indica il secondo numero; il colore della terza vi dice quanti zeri dovete aggiungere. Per la resistenza dell'esempio qui sopra abbiamo: rosso, viola, arancio, che corrispondono ai numeri 2, 7 e 3. Il valore è quindi 27 seguito da 3 zeri, cioè: 27000 ohm

RESISTENZE E CADUTE DI TENSIONE

Consideriamo il circuito di figura 1: una pila da 4,5 volt alimenta quattro resistenze che risultano collegate in serie; in seguito alla tensione della pila, nel circuito circola una corrente (indicata con i).

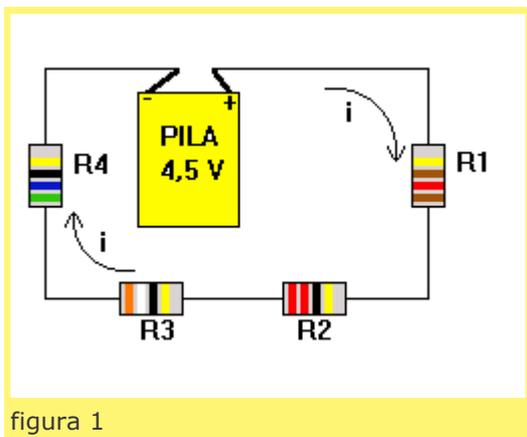


figura 1

Le resistenze, indicate come R1, R2, R3, R4, hanno i seguenti valori: R1 = 120 ohm; R2 = 22 ohm; R3 = 39 ohm; R4 = 56 ohm (intanto approfittate per esercitarvi a leggere i colori). La tensione della pila, nel mantenere in circuito la corrente i , deve vincere una dopo l'altra tutte e quattro le resistenze che incontra, vale a dire una resistenza totale di $120+22+39+56 = 237$ ohm. Quanta corrente circola? Basta dividere la tensione della pila per la somma delle resistenze:

$$i = 4,5 / 237 = 0,01899 \text{ ampere}$$

Osserviamo che siccome le correnti in elettronica sono in genere piuttosto deboli, è più conveniente misurarle non in ampere, ma in milliampere; in questo modo il numero che si ottiene è 1000 volte più grande e non contiene più tanti zeri: 0,01899 ampere sono uguali a 18,99 milliampere (si scrive abbreviato 18,99 mA). Diremo quindi che nel nostro circuito circola una corrente di 18,99 milliampere. E la tensione della pila che fine fa? Essa si ripartisce sulle varie resistenze, in modo proporzionale ai loro valori: in altre

parole, ai capi di una resistenza di valore più alto troveremo una tensione di valore più alto. Cercando di spiegare con parole semplici quello che succede nel circuito, diremo quanto segue: la corrente che circola è una sola, ed è la stessa che attraversa uno dopo l'altro tutti i componenti del circuito; non potrebbe essere altrimenti, perchè non esistono altre strade alternative. Questa corrente circola a spese di una tensione, che deve esercitare uno sforzo ogni volta che la corrente incontra una resistenza. Più grande è la resistenza, maggiore è lo sforzo richiesto per far passare la corrente attraverso quella resistenza: ecco che allora la tensione totale di 4,5 volt si suddivide fra le varie resistenze, assumendo un valore più alto proprio ai capi di quelle resistenze che, essendo di maggior valore, richiedono più sforzo. La tensione presente ai capi di ogni resistenza rappresenta la caduta di tensione relativa a quella resistenza.

Adesso analizziamo in pratica quello che succede nel nostro circuito, effettuando misure di tensione in due modi diversi.

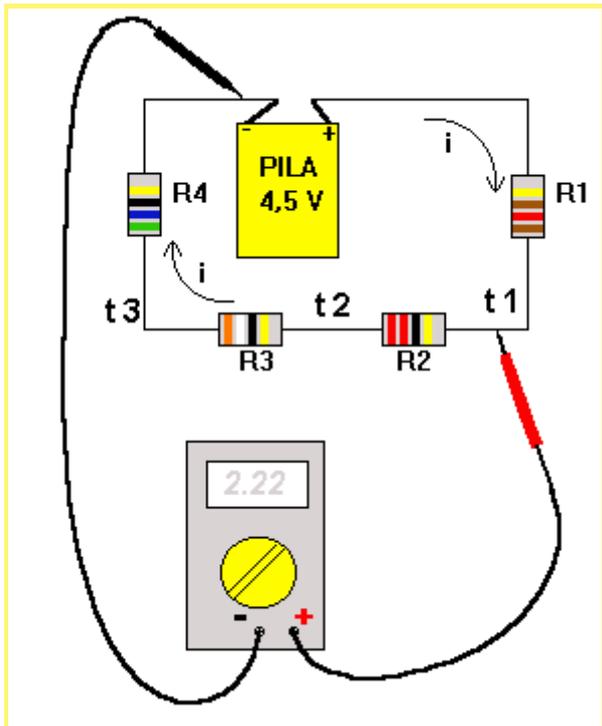


figura 2

1) Misura della tensione nei vari punti del circuito.

In questo caso il puntale negativo del tester (quello di colore nero) sarà sempre collegato al polo negativo della pila (figura 2), perchè ogni misura di tensione va riferita al punto del circuito a potenziale zero (che in questo caso è il polo "-" della pila). Portiamo il puntale positivo (quello di colore rosso) sul punto t1 (cioè tra la R1 e la R2); leggendo la tensione troveremo 2,22 volt. Vuol dire che la tensione presente sulla pila, e cioè 4,5 volt, si è ridotta a 2,22; questo è l'effetto della caduta di tensione sulla prima resistenza (R1). Spostiamo adesso il puntale positivo sul punto t2: leggeremo una tensione di 1,8 volt: la tensione si è ancora ridotta, per effetto della seconda caduta di tensione ai capi della resistenza R2. Per finire, spostiamo il puntale positivo sul punto t3: troveremo una tensione di 1,06 volt; questa tensione, che è quella residua dopo che la corrente ha attraversato le prime tre resistenze, è quella che permette alla corrente di compiere l'ultimo sforzo, ovvero di attraversare R4.

2) Misura delle cadute di tensione sulle singole resistenze.

Possiamo poi toglierci la curiosità di controllare come la tensione si ripartisce sulle varie resistenze, misurandola ai capi di ognuna di esse. In questo caso collegheremo i puntali del tester ai terminali della resistenza che ci interessa, facendo caso al verso della corrente (come si vede in figura 3): dal lato dove la corrente entra nella resistenza, collegheremo il puntale positivo (in genere di colore rosso); dal lato dove la corrente esce dalla resistenza, collegheremo il puntale negativo (di colore nero).

Misuriamo la tensione ai capi della resistenza R1; leggeremo 2,28 volt. Leggiamo poi la tensione ai capi di R2 (è la posizione che si vede nella figura); troveremo 0,4 volt. Ai capi di R3 leggeremo 0,74 volt ed ai capi di R4 leggeremo 1,06 volt. Se sommiamo tutti questi valori, otteniamo un'altra volta 4,5 volt, e cioè la tensione della pila.

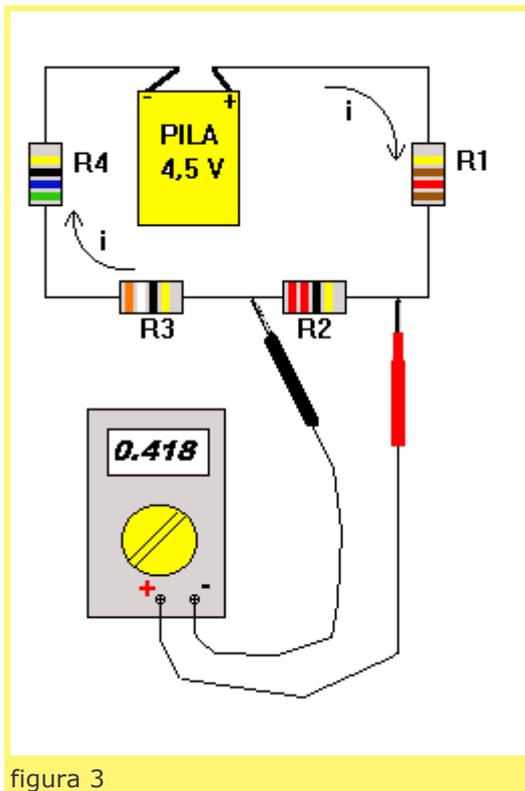


figura 3

Il circuito visto fin'ora può essere ridisegnato come nella figura sotto. La linea orizzontale in basso, collegata al polo negativo della pila, rappresenta il potenziale zero, detto anche "massa", del circuito; la linea orizzontale superiore, collegata al polo positivo, rappresenta la tensione di alimentazione. Nel disegno sono riportate le tensioni presenti nei punti di unione fra le varie resistenze, misurate, come abbiamo visto prima, rispetto al potenziale zero. In questo caso appare più evidente come la tensione vada calando man mano che dal polo positivo ci si avvicina alla massa (o polo negativo). Un simile circuito formato da più resistenze collegate in cascata (o, come si dice, "in serie"), costituisce quello che viene denominato "partitore di tensione".

Ma in genere le tensioni nei vari punti di un circuito vengono indicate semplicemente col valore numerico vicino al punto in questione (figure 4 e 5), poichè è sottinteso che tutte le tensioni sono sempre riferite alla massa del circuito. Quindi anche voi, quando misurerete una tensione in un punto del circuito, dovete sempre collegare uno dei puntali (il puntale negativo) del tester alla massa, intendendosi col termine "massa" tutti i punti del circuito che hanno potenziale zero.

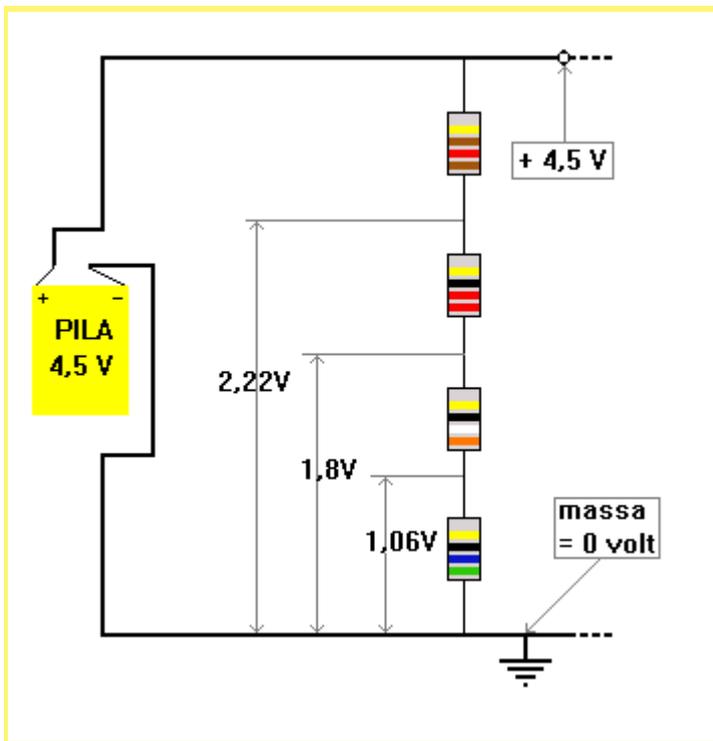


figura 4

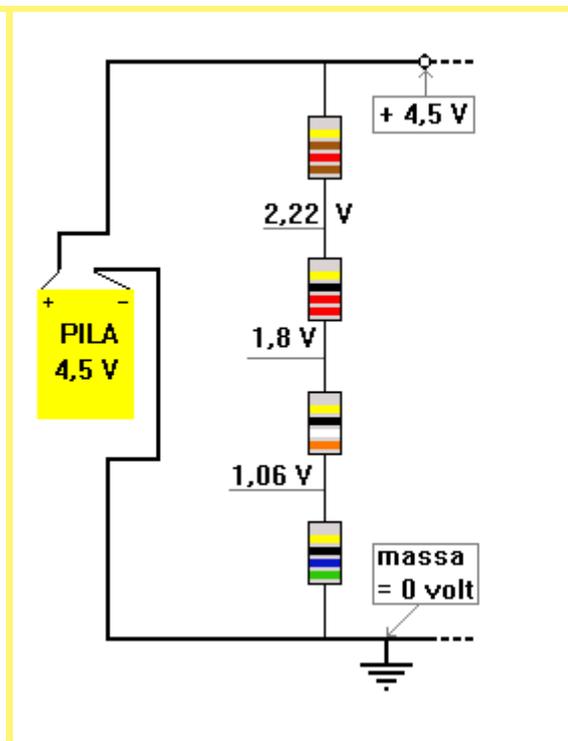


figura 5

Se avete già un saldatore e ve la sentite di trafficare un pò, provate a realizzare davvero il circuito della figura (vi occorre anche una pila piatta da 4,5 volt). Divertitevi a misurare le tensioni nei vari punti e nei vari modi che abbiamo visto; non sarà tempo perso e vi renderete conto di tante cose che non si possono apprendere con la sola lettura.

VALORI DELLE RESISTENZE IN COMMERCIO E LORO CODICE A COLORI

	10		100		1000		10k		100k		1M
	12		120		1200		12k		120k		1,2M
	15		150		1500		15k		150k		1,5M
	18		180		1800		18k		180k		1,8M
	22		220		2200		22k		220k		2,2M
	27		270		2700		27k		270k		2,7M
	33		330		3300		33k		330k		3,3M
	39		390		3900		39k		390k		3,9M
	47		470		4700		47k		470k		4,7M
	56		560		5600		56k		560k		5,6M
	68		680		6800		68k		680k		6,8M
	82		820		8200		82k		820k		8,2M

I valori sono espressi in ohm

La lettera "k" sta per 1000 (esempio: 120k = 120.000 ohm)

La lettera "M" sta per 1.000.000 (esempio: 1,2M = 1,2 milioni di ohm)

TESTER

Un tester digitale, di precisione più che sufficiente per l'appassionato di elettronica, si può acquistare oramai con pochi spiccioli: considerata l'utilità dello strumento, è un vero peccato non procurarsene uno. Molti di voi hanno chiesto istruzioni su come si debba usare un tester;



figura 1 - un comune tester digitale

credo che suggerimenti importanti circa la misura di tensioni si possano già ricavare dalla pagina "resistenze e cadute di tensione", che consiglio senz'altro di rivedere; in questa sede aggiungerò alcuni consigli pratici su come sia opportuno usare il tester nei vari tipi di misura.

Le parti principali di un tester (figura 1) sono il display, dove si leggono i valori misurati, un selettore, in genere di tipo rotante, che permette di scegliere la portata più adatta alla misura da effettuare, ed un paio di puntali, uno rosso (positivo) ed uno nero (negativo) che vanno inseriti nelle apposite boccole presenti sul tester. Tutto ciò che viene descritto in queste pagine si riferisce al tester che appare nelle illustrazioni ma, a parte piccole differenze, i metodi restano validi anche per altri tipi di tester.

Il display

In genere il display è del tipo a cristalli liquidi; un display di 3 cifre e mezzo può essere considerato sufficientemente preciso per uso hobbistico. Occorre scegliere per ogni misura la giusta portata, come vedremo in seguito, allo scopo di sfruttare tutte le cifre disponibili per la lettura del valore misurato.

Il selettore della misura

La manopola che si trova al centro del tester (figura 2) permette di scegliere, di volta in volta, sia il tipo di misura che si intende effettuare, sia la portata massima, ovvero il massimo valore misurabile. Come si vede, la rotazione è suddivisa in vari settori.

Partendo più o meno dalla posizione che hanno le ore 10 sull'orologio, troviamo le misure di resistenza, indicate dal caratteristico simbolo " Ω "; in funzione della resistenza che pensiamo di misurare, sceglieremo una delle portate indicate: 200 (ohm), 2k (2 kohm), 200k (200 kohm), 2M (2 megaohm), 20M (20 megaohm).



figura 2 - il selettore della misura

La scelta della giusta portata è importante per avere una misura precisa; supponiamo di voler misurare una resistenza di 250 ohm: se scegliamo come portata 2K, leggiamo sul display ".251" che significa 0,251 Kohm e, quindi, 251 ohm. Proviamo a scegliere la portata 20k: otteniamo come lettura "0.25", il che significa che abbiamo già perso la precisione corrispondente all'ultima cifra. Impostando come portata 200k, otteniamo addirittura sul display il valore "00.2", che non ha quasi più significato!

La prima posizione, contrassegnata dal simbolo della nota musicale, si usa per i controlli di continuità (per esempio per verificare se un cavo è interrotto): in caso di conduzione, il tester emette un segnale acustico.

Saltando il breve settore verde (hFE), troviamo poi le misure di tensioni continue, con le portate 200m (200 millivolt), 20, 200 e 1000 V. Anche per queste misure vale il principio di scegliere sempre la portata più vicina, ovvero immediatamente superiore, al valore che si intende misurare.

Successivamente, sempre continuando in senso orario, s'incontrano le misure di corrente alternata (settoro rosso), indicate da "A~" e quindi le misure di corrente continua (settoro verde), indicate da "A-".

Per ogni misura, occorre quindi posizionare la manopola all'interno del settore corrispondente, scegliendo la portata più vicina, come visto in precedenza.

Boccole per l'inserzione dei puntali



figura 3 - collegamento dei puntali per le misure di tensione e resistenza.



figura 4 - collegamento dei puntali per misure di corrente fino a 2 A.



figura 5 - collegamento dei puntali per misure di corrente fino a 10 A.

Nella parte bassa del tester, si trovano quattro boccole rosse, dove occorre inserire gli spinotti dei puntali; mentre il puntale nero va inserito sempre nella boccola contrassegnata con "COM", che sta per "comune", la posizione del puntale rosso cambia in funzione del tipo di misura. Per le misure di tensione e di resistenza (figura 3), il puntale rosso va inserito nella boccola contrassegnata "V/Ω". Per misure di corrente fino a 2 A, il puntale rosso va inserito nella boccola 2A (figura 4). Notare che la manopola del selettore di misura deve trovarsi sul 2 del settore verde se si tratta di corrente continua, oppure sul 2 del settore rosso se si deve misurare corrente alternata

Per misurare correnti fino a 10 A (figura 5), il puntale rosso va nella boccola "10A"; la manopola del selettore va posizionata sul 10 verde della corrente continua o sul 10 rosso della corrente alternata.

ISTRUZIONI PER L'EFFETTUAZIONE DELLE MISURE

Misure di tensione

Ci sono vari modi di misurare una tensione, soprattutto in considerazione del fatto che i valori di tensione non sono mai assoluti, ma hanno significato quando sono riferiti ad un certo potenziale.

Il riferimento nelle nostre misure si ottiene portando in contatto il puntale nero (negativo) col punto del circuito rispetto al quale si vuole effettuare la misura. Volendo per esempio misurare la tensione rispetto a massa in vari punti di un circuito, occorre collegare il puntale nero al negativo dell'alimentazione del circuito, oppure alla carcassa metallica, se anche questa è a potenziale zero. Altre volte interessa misurare la tensione che risulta presente ai capi di un componente del circuito, per esempio di una resistenza; in questo caso i puntali del tester vanno collegati uno per lato sui terminali della resistenza: se appare un segno "-" davanti al valore indicato, vuol dire che abbiamo disposto i puntali al contrario, ovvero che la tensione è più alta dove noi abbiamo collegato il puntale nero; invertendo i puntali, il segno meno scomparirà e potremo conoscere l'esatto valore e segno della caduta di tensione sulla resistenza.

Tenete presente che il terminale a potenziale più alto è sempre quello da cui la corrente entra!

Misure di corrente

Per misurare una corrente occorre che questa passi attraverso il tester; nell'esempio delle figure 6 e 7, un alimentatore (A) sta caricando una batteria (B): quanta corrente passa dall'alimentatore alla batteria? Per saperlo occorre staccare uno dei cavi (per esempio il rosso) e ricreare il collegamento usando il tester per unire l'alimentatore alla batteria.

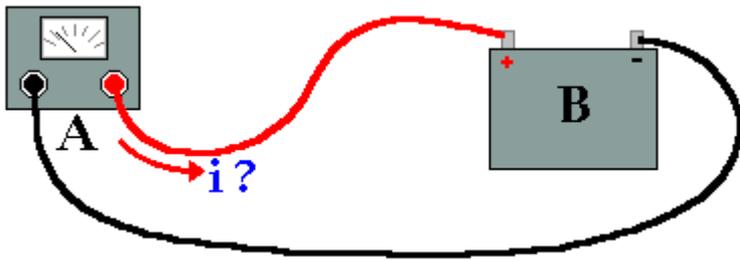


figura 6 - quanta corrente sta passando dall'alimentatore alla batteria?

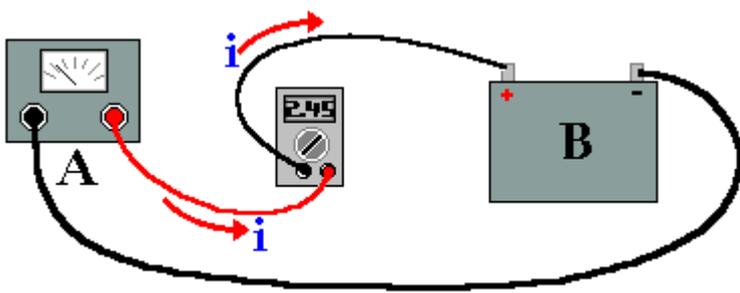


figura 7 - occorre staccare il collegamento esistente e ripristinarlo facendo scorrere la corrente attraverso il tester.

E' importante in queste misure fare molta attenzione a selezionare correttamente la portata, e ad inserire i puntali nelle boccole corrette; in caso contrario si rischia di danneggiare lo strumento di misura. Anche effettuando misure di corrente, se sul display si trova un valore preceduto dal segno "-", vuol dire che la corrente sta entrando nel tester dal puntale nero, invece che dal puntale rosso.

Misura di resistenze

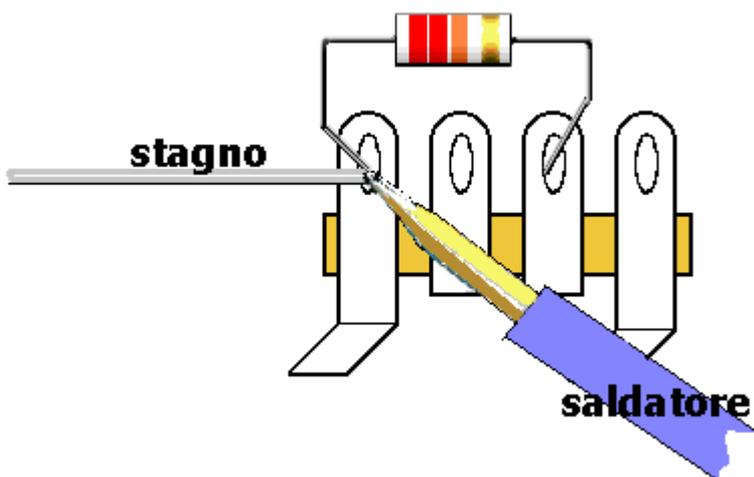
Quando si vuole misurare il valore di una resistenza, occorre che non ci siano altri componenti in parallelo alla resistenza stessa; se non se ne può essere sicuri, è necessario scollegare la resistenza almeno da una parte, altrimenti si rischia di misurare qualcosa che con la resistenza non ha niente a che fare.

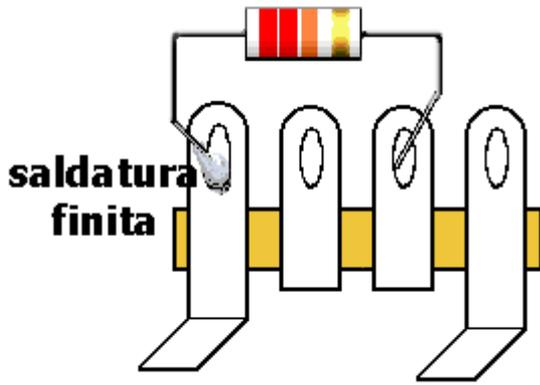
E' molto importante che il circuito non sia alimentato, e che i condensatori eventualmente presenti siano stati scaricati, cortocircuitandoli.

La saldatura a stagno è il metodo usato in elettronica per collegare fra loro i diversi componenti di un circuito; essa ha due funzioni:

- 1) quella di realizzare la continuità elettrica;
- 2) quella di fissare meccanicamente i pezzi.

Si tratta di una tecnica molto semplice, ma che va praticata con cura se si vogliono evitare problemi che alla lunga diventano dei veri e propri rompicapo. Una saldatura mal fatta, o, come suol dirsi, "fredda", può causare malfunzionamenti di cui risulta poi difficile scoprire la causa. Supponiamo di voler saldare una resistenza sulla basetta portacontatti che si vede in figura.





Per prima cosa, allo scopo di avere le mani libere, infiliamo negli appositi fori i terminali della resistenza, dopo averli un pò piegati, in modo che rimangano da soli nella giusta posizione. Prendiamo poi il filo di stagno, di quello che all'interno contiene la pasta disossidante: la perfetta pulitura delle parti da saldare è fondamentale per una buona riuscita. Tenendo il filo di stagno a contatto con le parti da saldare, accostiamo il saldatore in modo da fondere lo stagno: la pasta liquida colerà sulle parti e contemporaneamente lo stagno andrà a depositarsi, ricoprendole. A questo punto, non abbiate fretta di scappare: insistete qualche secondo in più, fino a quando vedrete lo stagno perfettamente fuso e lucido. Non muovete assolutamente i pezzi mentre lo stagno si sta raffreddando, per non dare origine a crepe che potrebbero in seguito determinare un falso contatto

fra i pezzi saldati. Non sempre è possibile disporre i pezzi nella giusta posizione e poi saldare; anzi, forse il più delle volte, è la stessa saldatura che tiene a posto i pezzi. Occorre allora imparare a tenere con due mani i pezzi da saldare, lo stagno e il saldatore! Buon divertimento.

Un componente elettronico dal comportamento molto particolare è il diodo. Abbiamo visto che applicando una certa tensione ad una resistenza, la corrente che la attraversa corrisponde al rapporto fra la tensione applicata ed il valore della resistenza stessa; questa legge non vale per il diodo.

Dal punto di vista fisico-strutturale, il diodo (figura 1, in alto) è costituito da una giunzione "p-n", ovvero da un semiconduttore contenente, adiacenti l'una all'altra, due regioni, drogate una con impurità di tipo "p" ed una con impurità di tipo "n".

La regione P, essendo drogata con atomi in difetto di elettroni, tende a catturare elettroni: come si dice, presenta delle buche o lacune.

La regione N, essendo drogata con atomi in eccesso di elettroni, tende a perdere gli elettroni in eccesso.

Quando la giunzione PN è polarizzata inversamente (figura 1, al centro), ovvero al lato P risulta applicata una tensione negativa ed al lato N una positiva, sia le lacune della zona P che gli elettroni liberi della zona N vengono attirati dal campo elettrico applicato, per cui la zona centrale si svuota; in tale zona, che viene detta "zona di deplezione", si crea una barriera di potenziale che impedisce il passaggio della corrente; circola soltanto una debolissima corrente dovuta a cariche minoritarie, detta "corrente di drift". Tale corrente è dell'ordine di qualche μA per i diodi al germanio, e di qualche nA per i diodi al silicio.

Quando la giunzione PN è polarizzata direttamente (figura 1, in basso), le lacune della zona P vengono sospinte verso la zona centrale della giunzione dalla polarità positiva applicata; analogamente, gli elettroni liberi della zona N vengono sospinti verso la zona centrale della giunzione dalla polarità negativa; se la tensione è sufficiente a vincere la barriera di potenziale esistente, le buche e gli elettroni si combinano fra loro, dando origine ad una corrente, detta corrente di diffusione, che può anche diventare molto intensa. La tensione necessaria per innescare il flusso di tale corrente è di 0,2 - 0,3 V nel caso di giunzioni al Germanio e di 0,5 V nel caso di giunzioni al Silicio.

Il diodo realizzato con una giunzione PN come appena descritto, viene rappresentato col simbolo che si vede in figura 2 al centro: il lato corrispondente alla zona P viene chiamato "anodo"; il lato corrispondente alla zona N viene chiamato "catodo". Sotto al simbolo è riportata l'immagine di un diodo reale: la fascia argentea indica il catodo; nell'uso normale del diodo, la corrente nel diodo fluisce dall'anodo verso il catodo

Nel suo impiego pratico, il comportamento del diodo è rappresentato nel grafico della figura 3.

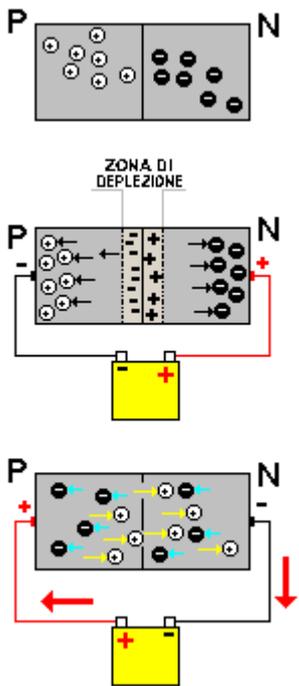


Figura 1

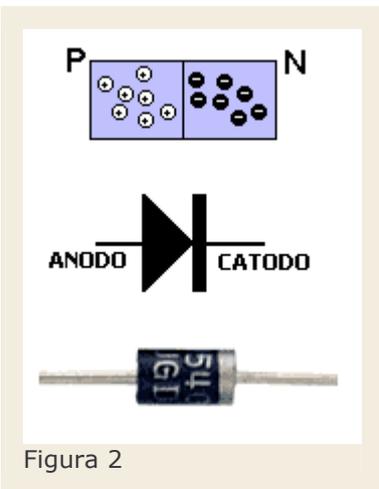


Figura 2

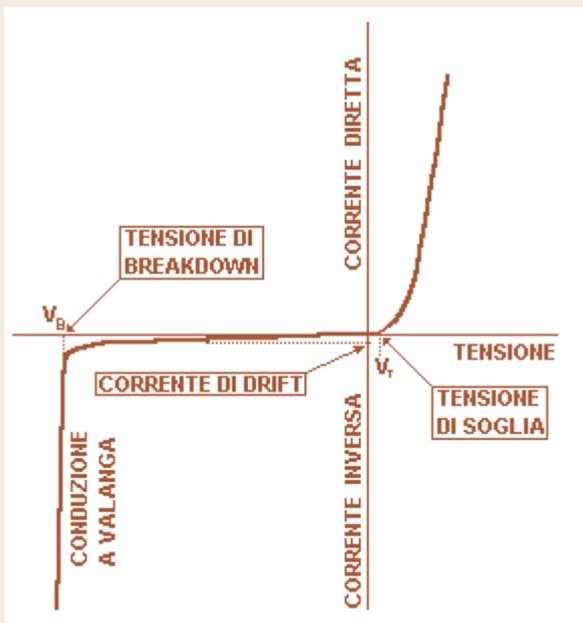


Figura 3

La tensione applicata al diodo si legge sull'asse X (quello orizzontale), mentre sull'asse Y (quello verticale) si legge la corrente che lo attraversa. Con polarizzazione diretta, ovvero quando all'anodo è applicata una tensione positiva rispetto al catodo, si osserva che non passa corrente fino al valore di tensione V_T , detto valore di soglia; se la tensione applicata al diodo viene aumentata oltre tale valore, si verifica il passaggio di una corrente tanto più alta quanto maggiore è la tensione applicata.

Se il diodo viene polarizzato inversamente, e cioè si applica all'anodo una tensione negativa rispetto al catodo, in pratica non passa corrente, se si esclude una debolissima corrente detta di "drift"; se però si supera un determinato valore di tensione, detto valore di "breakdown", la resistenza del diodo cede improvvisamente, ed ha luogo una conduzione senza limiti, detto "effetto valanga". Poiché normalmente un diodo non viene costruito per funzionare nella regione di break-down, occorre evitare che questo accada, pena la distruzione irreversibile del diodo, dovuta al brusco aumento della potenza dissipata.

Grazie alle caratteristiche fin qui descritte, il diodo risulta utilissimo nel funzionamento come "raddrizzatore"; inserendo per esempio un diodo in un circuito percorso da corrente alternata sinusoidale, si verifica che la corrente passa nel circuito solo quando ha la giusta polarità, mentre viene bloccata ogni volta che la polarità si inverte. In pratica, tutte le semionde negative della corrente alternata vengono eliminate, per cui, a valle del

diodo, si ottiene una tensione costituita dalle sole semionde positive (tale tensione viene detta "pulsante"). Il passaggio dalla corrente alternata alla corrente continua viene descritto in modo dettagliato in altre pagine di questo sito.

I diodi raddrizzatori vengono prodotti per una vasta gamma di applicazioni; variando le tecniche di costruzione, la percentuale di drogaggio del chip e le sue dimensioni, si possono ottenere diodi in grado di sopportare una corrente massima che varia da 1 A a decine e centinaia di ampere, adatti a tensioni di lavoro da qualche decina a varie centinaia di volt.

Le principali grandezze che caratterizzano un diodo sono:

- Maximum reverse voltage: la massima tensione inversa che il diodo può sopportare, senza che si verifichi l'effetto valanga
- Rated forward current: la massima corrente (valore medio) che può attraversare il diodo senza distruggerlo; dipende dalla grandezza del chip, e dalla sua capacità di trasmettere all'esterno il calore prodotto
- Maximum forward voltage drop: è la massima caduta di tensione ai capi del diodo e dipende dalla corrente che lo attraversa (in senso diretto)
- Maximum leakage current: è la corrente di dispersione che fluisce nel diodo quando viene collegato (polarizzato) in senso inverso (purché la tensione applicata non sia abbastanza elevata da causare l'effetto valanga)
- Maximum reverse recovery time: è il tempo che occorre al diodo per passare dallo stato ON allo stato OFF, e cioè dalla conduzione alla non conduzione; è in pratica la "switching speed", cioè la velocità di commutazione, e dipende dalle dimensioni e dalle caratteristiche del chip.

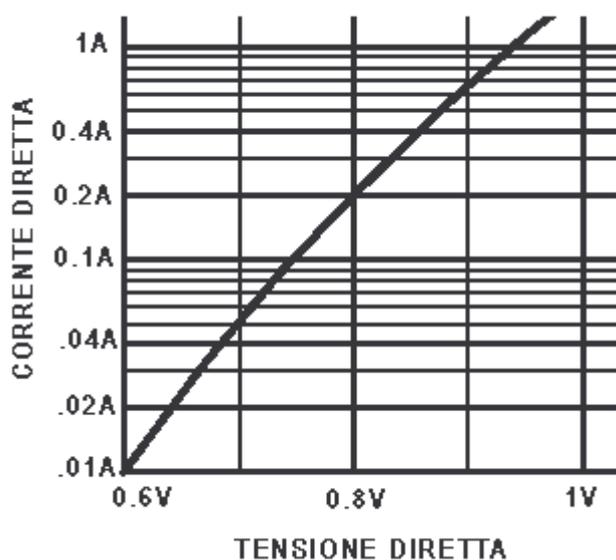


Figura 4

La tensione che cade ai capi del diodo quando questo conduce in senso diretto (maximum forward voltage drop), dipende dal valore della corrente che fluisce nel diodo: come si vede nel grafico a lato, tale caduta di tensione vale circa 0,6V nel momento in cui il diodo comincia a condurre ($I=0,01A$) e diventa, per esempio, di 0,9V quando la corrente che passa nel diodo è $I=0,75A$

Tensione di lavoro e massima corrente diretta di alcuni diodi di uso comune		
tipo di diodo	massima tensione inversa	massima corrente diretta
1N4001	50 V	1 A
1N4002	100 V	1 A
1N4003	200 V	1 A
1N4004	400 V	1 A
1N4005	600 V	1 A
1N4006	800 V	1 A
1N4007	1000 V	1 A
1N5401	100 V	3 A
1N5404	400 V	3 A
6A4	400 V	6 A

I DIODI LED

Il termine "LED" è un acronimo che sta per "Light Emitting Diode", ovvero "diodo che emette luce". I led sono costituiti da una giunzione P-N realizzata con arseniuro di gallio o con fosforo di gallio, entrambi materiali in grado di emettere radiazioni luminose quando siano attraversati da una corrente elettrica; il valore di tale corrente è compreso fra 10 e 30 mA.

Il funzionamento del led si basa sul fenomeno detto "elettroluminescenza", dovuto alla emissione di fotoni (nella banda del visibile o dell'infrarosso) prodotti dalla ricombinazione degli elettroni e delle lacune allorché la giunzione è polarizzata in senso diretto.

I led hanno un terminale positivo ed uno negativo, e per funzionare devono essere inseriti in circuito rispettando tale polarità; in genere il terminale positivo è quello più lungo, ma lo si può individuare con certezza osservando l'interno del led in controluce: come si vede in figura, l'elettrodo positivo è sottile, a forma di lancia, mentre il negativo ha l'aspetto di una bandierina.

Quando si utilizza un led, è necessario disporre sempre una resistenza in serie ad esso, allo scopo di limitare la corrente che passa ed evitare che possa distruggersi; la caduta di tensione ai capi di un led può variare da 1,1 a 1,6 V, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione emessa (a lunghezze d'onda minori corrisponde una caduta di tensione più alta).

Diversamente dalle comuni lampadine, il cui filamento funziona a temperature elevatissime ed è caratterizzato da notevole inerzia termica, i led emettono luce fredda, e possono lampeggiare a frequenze molto alte, superiori al Mhz; se si considera anche che la luce emessa è direttamente proporzionale alla corrente che li attraversa, i led risultano particolarmente adatti alla trasmissione di segnali tramite modulazione dell'intensità luminosa. Uno dei tanti impieghi del led è ad esempio quello di iniettori di segnali nelle reti a fibre ottiche.

I led più comuni emettono luce rossa, arancio, gialla o verde. In tempi relativamente recenti si è riusciti a produrre un led caratterizzato dall'emissione di luce blu chiara, utilizzando il Nitrato di Gallio (GaN); la disponibilità di un led a luce blu è molto importante poichè consente di ricreare, insieme alle radiazioni rossa e verde, una sorgente di luce bianca.

UN PO' DI FISICA

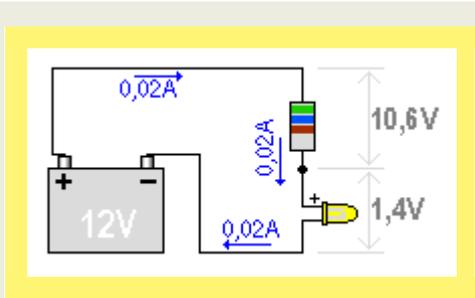
Quando, per effetto della tensione di polarizzazione diretta, gli elettroni e le lacune vengono guidati nella regione attiva compresa fra il materiale di tipo N e quello di tipo P, l'energia può essere convertita in fotoni, infrarossi oppure visibili. Questo implica che le coppie elettrone-lacuna passino a uno stato di maggiore stabilità, rilasciando un'energia dell'ordine di alcuni eV (elettroni volt) tramite emissione di un fotone: il rosso all'estremo dello spettro visibile, corrispondente a 700 nm, richiede, per l'emissione di un fotone, il rilascio di un quanto di energia pari a 1,77 eV; all'estremo opposto il violetto, avente lunghezza d'onda di 400 nm, richiede 3,1 eV.

La caduta di tensione ai capi del led e la lunghezza d'onda della radiazione emessa sono correlati all'esistenza di un intero intervallo di livelli energetici proibiti, meglio noto come "Energy gap" e indicato con E_g , nel quale l'elettrone o la lacuna non possono stare: i portatori vanno dunque ad occupare solo i livelli di energia permessi, i quali formano le cosiddette "bande energetiche". La "bandgap energy", o E_g , viene definita in base alla relazione: $E_g = hc/\lambda = 1240 \text{ eV} / \lambda$ essendo h la costante di Planck (pari a $4,13 \times 10^{-15} \text{ eV}\cdot\text{s}$), c la velocità della luce ($2,998 \times 10^8 \text{ m/s}$) e λ la lunghezza d'onda in nm.

Di seguito sono riportate le caratteristiche principali dei materiali comunemente usati come emettitori di luce:

Materiale	Formula	Energy Gap	Lunghezza d'onda
Fosforo di Gallio	GaP	2.24 eV	550 nm
Arseniuro di Alluminio	AlAs	2.09 eV	590 nm
Arseniuro di Gallio	GaAs	1.42 eV	870 nm
Fosforo di Indio	InP	1.33 eV	930 nm
Arseniuro di Alluminio-Gallio	AlGaAs	1.42-1.61 eV	770-870 nm
Fosforo-Arseniuro di Indio-Gallio	InGaAsP	0.74-1.13 eV	1100-1670 nm

Come si calcola la resistenza in serie al led



Abbiamo già detto che in serie al led occorre inserire una resistenza per limitare il passaggio di corrente; il valore di tale resistenza può essere calcolato con la legge di Ohm:

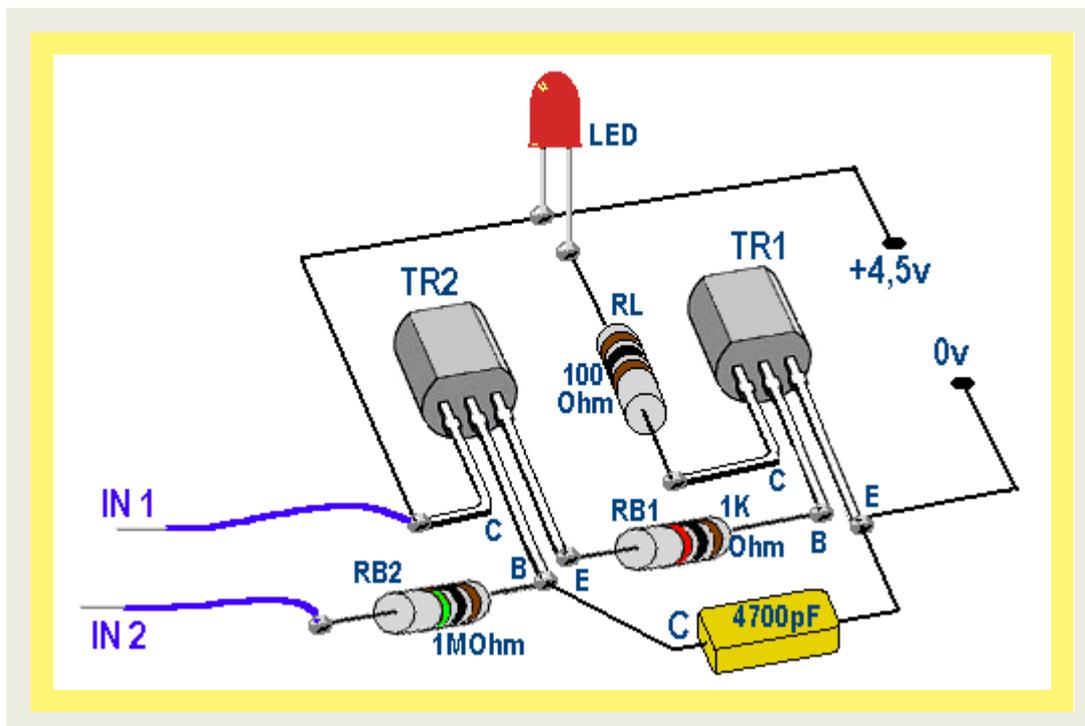
- indichiamo con V_s la tensione di alimentazione cui vogliamo collegare il nostro led
 - indichiamo con V_l la caduta di tensione presente ai capi del led (per esempio di 1,4 V)
 - indichiamo con I il valore della corrente che vogliamo far passare nel led
- Per calcolare il valore della resistenza basterà fare la differenza fra V_s e V_l e dividere il risultato per I (il cui valore può variare, come detto, da 20 a 40 mA)

Esempio (vedere figura): vogliamo far funzionare un led con una tensione di 12 V, limitando la corrente a 20 mA (e cioè a 0,02 A)

$R = (12 - 1,4) : 0,02 = 530 \text{ ohm}$ (poichè tale valore non esiste in commercio, useremo il valore standard più vicino, ad esempio 470 oppure 560 ohm)

Un semplice circuito per controllare l'isolamento

Con un led e due transistor si può costruire un semplice circuito utile per verificare l'isolamento di parti elettriche o per controllare il buono stato dei condensatori di piccola capacità (vedere figura in basso). I transistor sono due NPN di piccola potenza (tipo BC547 o equivalenti); si nota che sulla base di TR1 arriva la corrente proveniente dall'emettitore di TR2: questo tipo di collegamento viene definito "configurazione Darlington" e permette di ottenere un elevato guadagno di corrente.



In breve, una debolissima corrente sulla base di TR2 è in grado di far accendere il Led che si trova sul collettore di TR1; se per esempio provate a toccare con una mano l'ingresso IN1 e con l'altra l'ingresso IN2, vedrete che il led si accende, e si accende tanto di più quanto più stringete i fili fra le dita. In effetti il led si accende grazie alla debolissima corrente proveniente dal polo positivo, che attraversa il vostro corpo (da una mano all'altra) ed arriva alla base di TR2 attraverso la resistenza RB2.

Il condensatore C da 4700 pF serve ad inviare a massa eventuali disturbi che potrebbero essere captati dall'ingresso, a causa della sua alta impedenza.

Allo stesso modo, se con i due fili di entrata IN1 e IN2 toccate qualunque altro materiale od oggetto, potrete verificare il grado di isolamento esistente: se il led rimane completamente spento, l'isolamento è totale.

Analogamente è possibile verificare il buon funzionamento dei piccoli condensatori, di capacità fino a qualche migliaio di pF. Collegando il condensatore ai due fili di entrata, il led si accenderà per un breve istante, quindi si spegnerà, più o meno rapidamente a seconda della capacità del condensatore; se il led rimane acceso, anche debolmente, vuol dire che il condensatore è in dispersione. Tanto per avere un'idea, con condensatori di qualche migliaio di pF il led farà solo un breve lampo; con condensatori da 0,1 μ F in su il led rimarrà acceso alcuni secondi, per spegnersi poi gradualmente.

Potete far funzionare il circuito con una pila da 4,5 V; fate attenzione a collegare il led in modo che il terminale positivo corrisponda al positivo dell'alimentazione.

COMPONENTI DEL CIRCUITO E LORO FUNZIONI		
COMPONENTE	VALORE	FUNZIONE
TR1	TRANS. NPN TIPO BC547	Pilota LED
TR2	TRANS. NPN TIPO BC547	amplificatore di corrente
RL	Resistenza 100 Ohm	limita la corrente nel LED
RB1	Resistenza 1kOhm	limita la corrente di base di TR1
RB2	Resistenza 1MOhm	limita la corrente di base di TR2
C	Condensatore 4700 pF	soppressione disturbi

Un alimentatore serve a far funzionare con l'energia elettrica di rete tutte quelle apparecchiature che non possono essere collegate direttamente alla presa a 220V, ma necessitano di una tensione diversa, in genere molto più bassa, simile a quella fornita dalle pile.

Per fare in modo che la tensione alternata disponibile nelle prese di casa diventi uguale a quella di una pila, l'alimentatore utilizza diversi componenti, ciascuno con una specifica funzione: vedremo quali sono questi componenti, esaminando la realizzazione del più semplice degli alimentatori.

Chi desidera approfondire l'argomento può andare alla pagina "Dalla corrente alternata alla corrente continua"

IL TRASFORMATORE

Il trasformatore ha il compito di abbassare la tensione di rete; esso è composto in genere da due avvolgimenti distinti: uno, di entrata, detto primario, che viene collegato a 220V; uno di uscita, detto secondario, che fornisce una tensione più bassa di quella in entrata, adatta alle esigenze dell'utilizzatore, cioè dell'apparecchio che si vuole alimentare. A seconda dei tipi, il trasformatore può avere uno o due avvolgimenti secondari; vedremo come sfruttare nel modo migliore sia un tipo che l'altro.

IL RADDRIZZATORE

La tensione che esce dal trasformatore non può alimentare un apparecchio fatto per funzionare con delle pile; mentre le pile hanno infatti una tensione continua, la tensione che esce dal trasformatore è ancora una tensione alternata, il che vuol dire che cambia di polarità continuamente (per l'esattezza: 50 volte al secondo). Occorre allora "raddrizzare" tale tensione, per ottenere che all'utilizzatore arrivi un flusso costante di corrente, sempre diretto nello stesso verso. Il compito di bloccare la corrente nei momenti in cui il flusso si inverte è affidato al diodo; si possono usare uno, due o quattro diodi, secondo vari circuiti che presto vedremo.

IL CONDENSATORE DI LIVELLAMENTO

La tensione alternata che arriva dal trasformatore viene resa monodirezionale tramite i diodi, ma ancora non ha un valore costante: il suo valore cambia continuamente, passando da zero a un valore massimo, e questo accade, come si è detto prima, cinquanta volte in un secondo. Il condensatore che si aggiunge al circuito funziona come un serbatoio di riserva: immagazzina energia quando la tensione è massima e la restituisce quando la tensione tende a scendere.

Il grafico che segue raffigura, in alto, la forma d'onda della tensione di rete a 220V applicata al trasformatore; al centro e in basso la tensione che si ottiene in uscita dopo averla raddrizzata con uno o con quattro diodi.

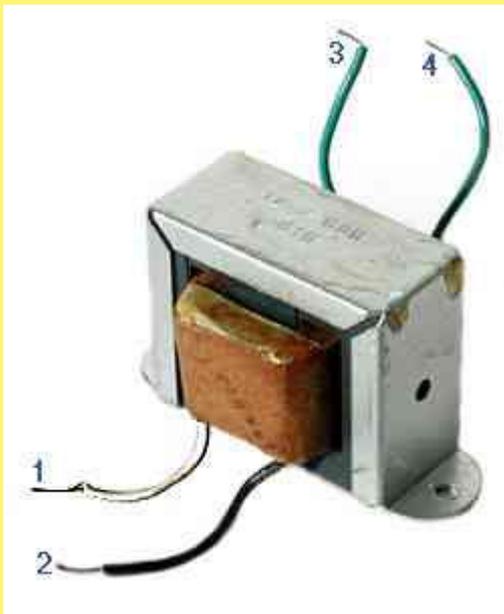


Figura 1a - Trasformatore a secondario unico: la tensione di rete viene collegata ai fili 1 e 2; la tensione ridotta si ritrova ai capi del secondario (fili 3 e 4)

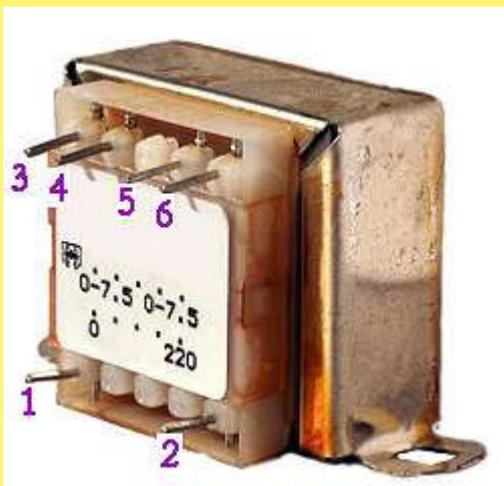


Figura 1b - Trasformatore a due secondari: la tensione di rete entra sui pin 1 e 2; la tensione ridotta si ritrova ai capi sia di un secondario (pin 3 e 4) che dell'altro (pin 5 e 6)



Figura 2 - Diodo: l'anello in colore chiaro indica il lato da cui la corrente esce (catodo)

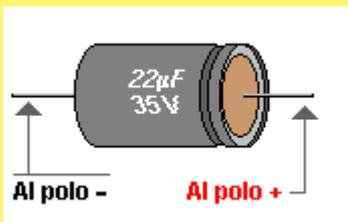


Figura 3 - Per il livellamento si usa un condensatore di tipo elettrolitico, che permette di avere grandi valori di capacità con ingombri ridotti

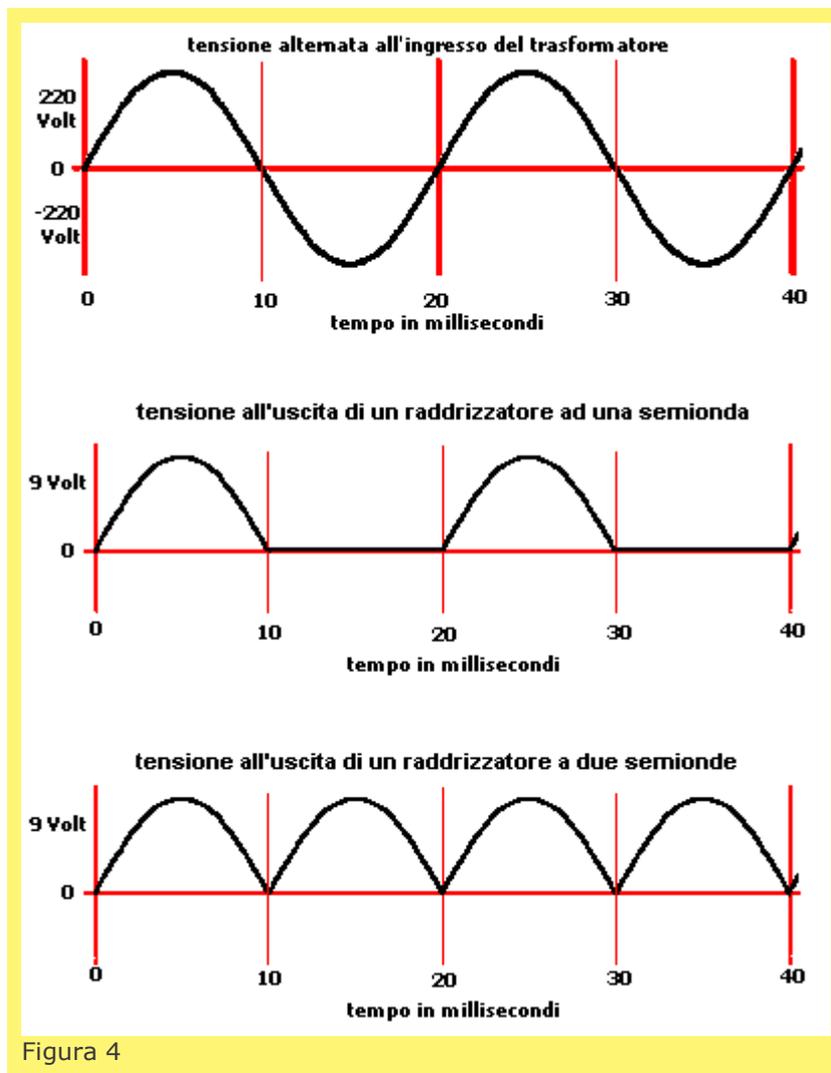


Figura 4

TRE CIRCUITI PER UN ALIMENTATORE

Il circuito da usare dipende dal trasformatore di cui si dispone.

Se il trasformatore ha un solo avvolgimento secondario (come quello di figura 1a) è possibile realizzare lo schema di figura 5, che usa un solo diodo, o quello di figura 6, che ne usa quattro.

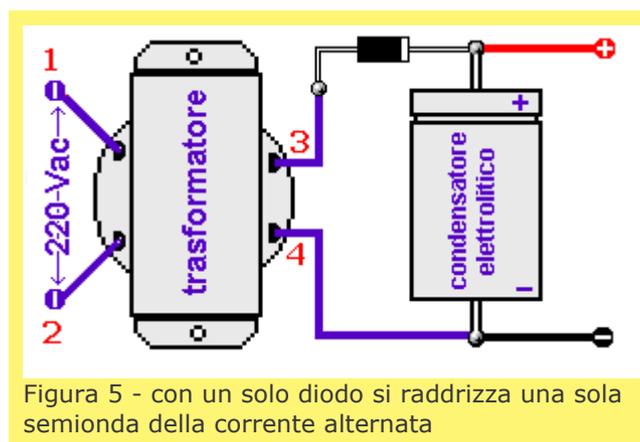


Figura 5 - con un solo diodo si raddrizza una sola semionda della corrente alternata

Il circuito di figura 5 è più semplice, ma siccome sfrutta una sola semionda della tensione alternata è più adatto per utilizzatori che assorbono poca corrente (non più di 50 mA).

Quando occorre una corrente più forte è bene utilizzare lo schema con quattro diodi (figura 6), che sfrutta entrambe le semionde e quindi permette un migliore livellamento della tensione in uscita.

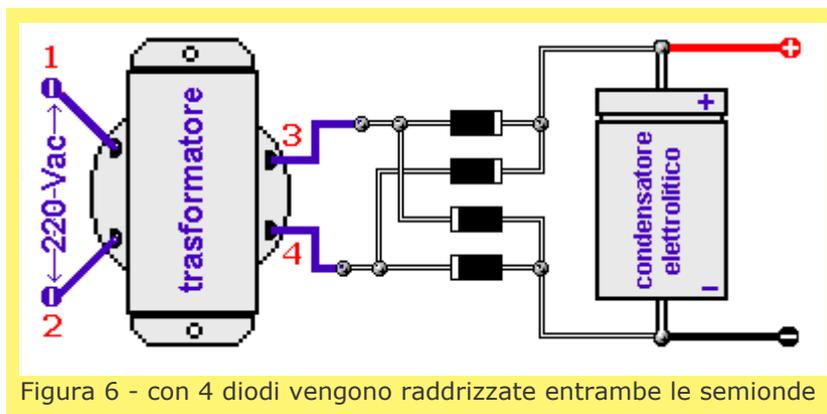


Figura 6 - con 4 diodi vengono raddrizzate entrambe le semionde

Se il trasformatore è dotato di un avvolgimento secondario doppio, cioè con presa centrale (come il trasformatore della figura 1b), è possibile raddrizzare entrambe le semionde della corrente alternata usando due soli diodi (circuitto di figura 7). Nel caso della figura 1b, i diodi vanno collegati ai pin 3 e 6, mentre la presa centrale si ottiene collegando insieme i pin 4 e 5.

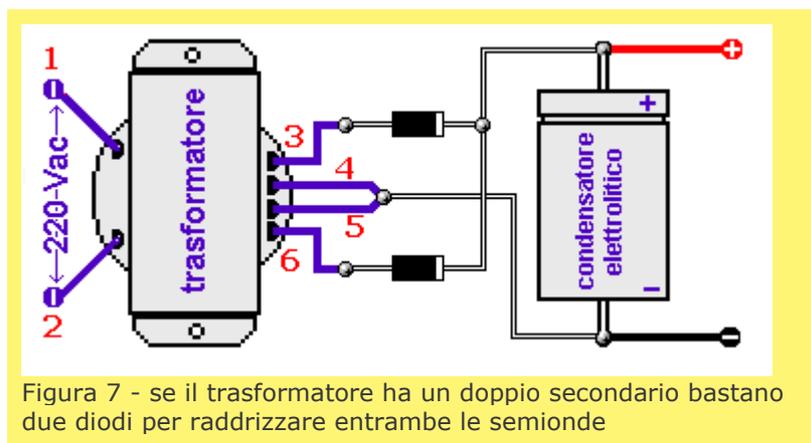


Figura 7 - se il trasformatore ha un doppio secondario bastano due diodi per raddrizzare entrambe le semionde

L'alimentatore descritto è molto semplice, per cui non dispone di un sistema di regolazione della tensione che arriva all'utilizzatore; per ottenere in uscita la tensione desiderata, l'unico modo è quello di usare un trasformatore il cui secondario dia una tensione ben precisa. Vediamo allora come va calcolata la tensione secondaria del trasformatore:

- chiamiamo V_U la tensione che deve arrivare all'utilizzatore
- aggiungiamo 1 al valore di V_U per tenere conto della caduta di tensione nei diodi raddrizzatori
- dividiamo il valore ottenuto per 1,41 per passare dal valore massimo al valore efficace
- moltiplichiamo il valore ottenuto per 1,1 per tenere conto della caduta di tensione nel trasformatore durante il funzionamento sotto carico

Con questi calcoli si ottiene V_S e cioè il valore della tensione che deve avere il secondario del trasformatore; chi non ha voglia di fare conti, nella tabella a destra trova i valori già calcolati. Occorre tenere presente che i valori indicati sono approssimativi, anche perchè, a meno di non farlo avvolgere appositamente, difficilmente si riuscirà a trovare un trasformatore con le tensioni esatte. Il trasformatore deve poi essere adatto alla potenza richiesta: occorre moltiplicare la tensione di funzionamento dell'utilizzatore per la corrente che esso richiede; il valore ottenuto va maggiorato di circa il 20% se l'alimentatore deve funzionare saltuariamente, oppure del 40% nel caso di funzionamento prolungato o continuo. Esempio pratico: un apparecchio deve funzionare a 12 V ed assorbe una corrente di 1,5 A; la potenza del trasformatore è:

- $12 \times 1,5 \times 1,2 = 21,6$ VA (per funzionamento saltuario)
- $12 \times 1,5 \times 1,4 = 25,2$ VA (per funzionamento prolungato)

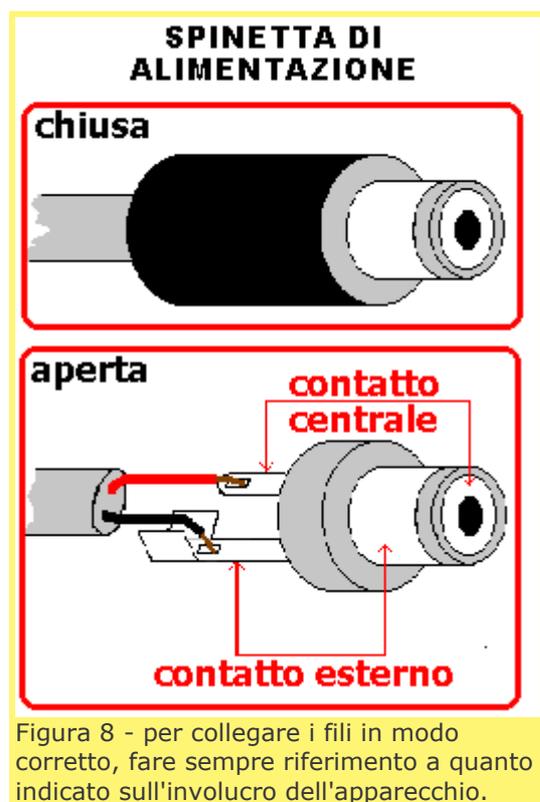
tensione in uscita dall'alimentatore	trasformatore da usare
4,5	220/4,5
6	220/5,5
9	220/8
12	220/10,5
15	220/12,5
18	220/15
24	220/20

I diodi vanno scelti in base alla tensione ed alla corrente che li attraversa. Per la tensione non ci sono problemi, considerato che qualunque diodo raddrizzatore può funzionare tranquillamente fino a tensioni di almeno 50V. La corrente va calcolata in previsione del fatto che, al momento dell'accensione, i diodi sono attraversati dal forte picco di corrente che va a caricare il condensatore elettrolitico completamente scarico; per tale motivo è bene utilizzare diodi in grado di sopportare correnti maggiori di quelle richieste dall'utilizzatore, e ciò tanto più quanto maggiore è la capacità del condensatore di livellamento. In particolare, nel raddrizzatore a un solo diodo, occorre considerare che la corrente passa nel diodo stesso solo per metà del tempo di funzionamento, per cui il suo flusso risulta discontinuo, con picchi di valore doppio.

La tabella a lato descrive i diodi raddrizzatori di uso più comune.

Il condensatore deve essere adatto alla tensione di uscita dell'alimentatore; in merito alla sua capacità, questa dipende sia dalla corrente richiesta dall'utilizzatore, sia dal circuito utilizzato: con un raddrizzatore ad una semionda, per esempio, occorre un condensatore di capacità doppia rispetto ad un raddrizzatore a due semionde. Il calcolo del condensatore è piuttosto complesso, e tiene anche conto della percentuale di ondulazione residua che si è disposti ad accettare in uscita; per tale motivo consiglio allora di procedere per via sperimentale, usando per esempio un valore di capacità iniziale di circa 1000 µF. In certi casi ci si accorge che tale valore è insufficiente: per esempio, usando l'alimentatore per far funzionare una radiolina, si avverte nell'altoparlante un certo ronzio; in tal caso è senz'altro possibile passare gradualmente a valori più alti, come 2200, 3300 o 4700 µF (si noterà che man mano il ronzio diminuisce).

niente	Diodo	Tensione di lavoro	Corrente massima
	1N4001	50 V	1 A
	1N4002	100V	1 A
	1N4003	200 V	1 A
	1N5400	50 V	3 A
	1N5401	100 V	3 A
	1N5402	200 V	3 A
	6A4	400 V	6 A



Molte volte, gli apparecchi che funzionano a pile hanno una presa prevista appositamente per il collegamento ad un alimentatore da rete; si tratta quasi sempre di una presa coassiale, nelle cui vicinanze, sull'involucro dell'apparecchio, è contrassegnata la polarità dei fili da collegare (positivo sul contatto centrale, negativo sul contatto esterno - o viceversa). Per collegarci a tale presa, dobbiamo dotare il nostro alimentatore della spina corrispondente (figura 8), facendo attenzione a collegare nel modo corretto i fili positivo e negativo.

Nella sezione dedicata alla costruzione dell'alimentatore si è visto come sia possibile trasformare la corrente alternata di rete in corrente continua adatta ad alimentare apparecchiature a bassa tensione che in genere funzionano a pile. Qualcuno avrà notato che, volendo realizzare un alimentatore con 12 V di uscita, si è detto di procurarsi un trasformatore con secondario a 9 V;

Figura 8 - per collegare i fili in modo corretto, fare sempre riferimento a quanto indicato sull'involucro dell'apparecchio.

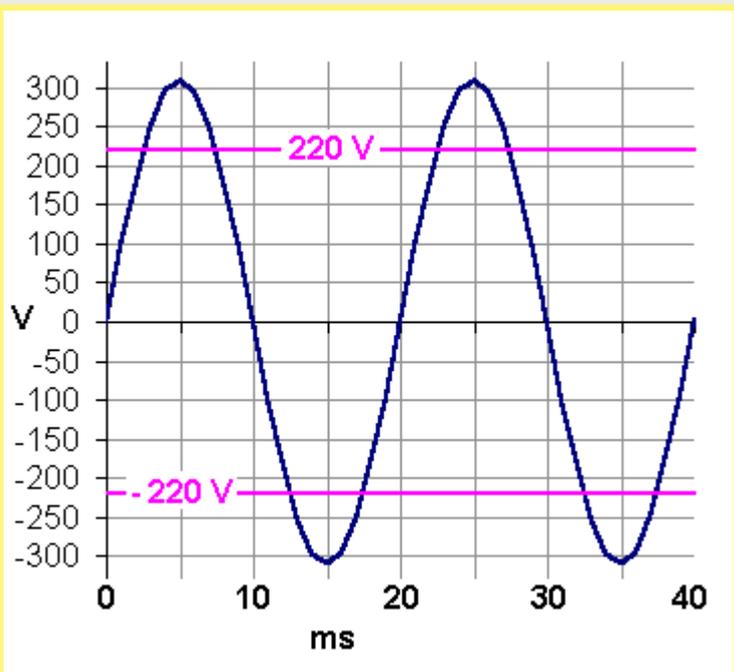


figura 1

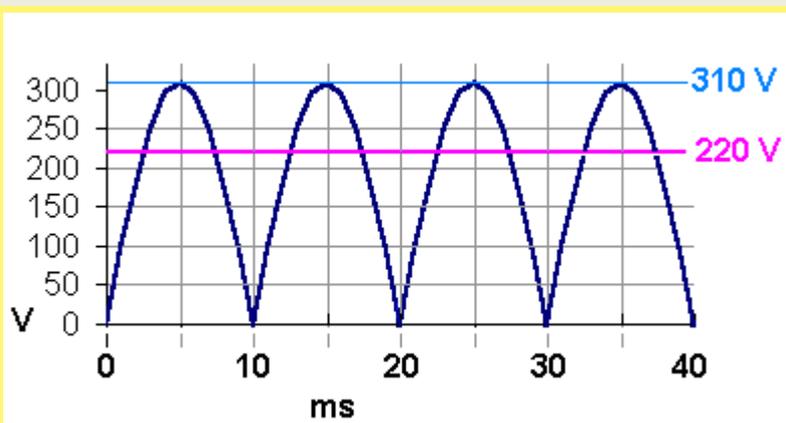


figura 2

la cosa può in effetti apparire strana, ma leggendo quanto segue dovrebbe risultare tutto più chiaro. Il problema fondamentale è quello di capire cosa si intende quando si dice che una tensione alternata ha un certo valore. Consideriamo, per esempio, la solita "tensione di rete" a 220 V che arriva nelle nostre case. In figura 1 vediamo la raffigurazione grafica di tale tensione:

il valore cambia da un istante all'altro; facendo riferimento al tempo, indicato in basso in ms (millisecondi), si rileva che, partendo da un valore zero, la tensione sale e, dopo 5 ms, raggiunge un valore massimo (che supera 300 V). Poi la tensione torna a scendere, per ridiventare zero all'istante 10 ms; successivamente assume valori negativi, cioè al di sotto dello zero, fino al valore limite inferiore, di poco oltre i - 300 V. Poi torna ancora a salire ed arriva a zero, esattamente dopo che sono passati 20 ms dall'inizio.

A questo punto diciamo che la tensione ha compiuto un ciclo completo, assumendo tutti i valori che doveva assumere; da ora in poi si ripeteranno altri cicli tutti uguali a quello descritto. Come si è visto, un ciclo dura 20 ms: poichè un secondo è fatto di 1000 ms, nello spazio di un secondo si ripeteranno $1000:20$ cicli, e cioè 50 cicli; per tale motivo si dice che la tensione di rete ha una frequenza di 50 Hz (hertz).

Perchè una tensione come quella che abbiamo appena descritto viene detta "a 220 V"? Per il semplice motivo che ciò che interessa di una tensione alternata non è il suo valore massimo, ma la sua capacità di sviluppare energia; si è così convenuto di indicarne quello che viene definito "valore efficace", ovvero il valore che dovrebbe avere una tensione continua per produrre lo stesso effetto termico. Guardando la figura 2 si può comprendere meglio questo concetto: si tratta della stessa tensione di figura 1, ma che adesso è stata raddrizzata; le semionde negative sono state ribaltate, e per tale motivo la tensione non scende più sotto lo zero. Nei punti più alti essa raggiunge un valore di circa 310 V, ma in altri scende a zero. Se con tale tensione alimentiamo per esempio una stufa, si produrrà un certo riscaldamento; con esperimenti pratici si rileva che per ottenere lo stesso

riscaldamento utilizzando una tensione continua occorre utilizzare una tensione del valore di 220 V. Tale valore viene detto "valore efficace" della tensione alternata che abbiamo descritto.

Tornando adesso al trasformatore usato per l'alimentatore, quando diciamo che il suo secondario genera una tensione di 9 V, in realtà la tensione prodotta è quella che si vede in figura 3.

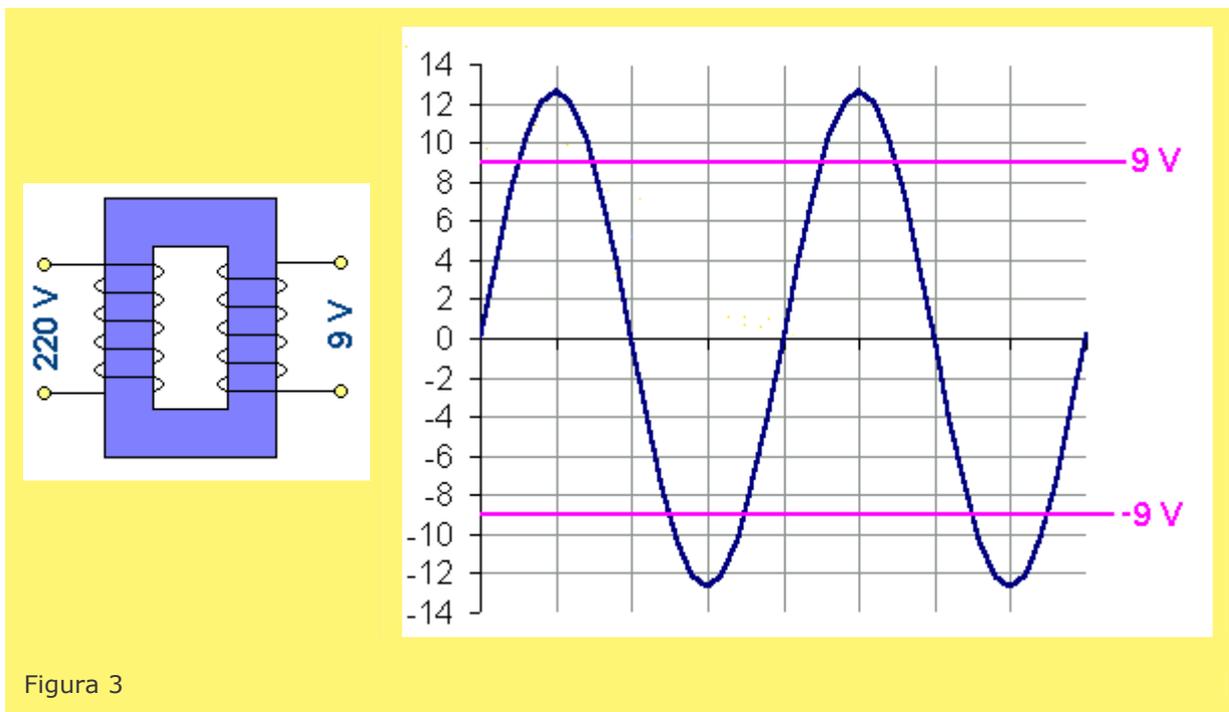


Figura 3

Tale tensione, dopo essere stata raddrizzata, assume l'aspetto che si vede in figura 4.

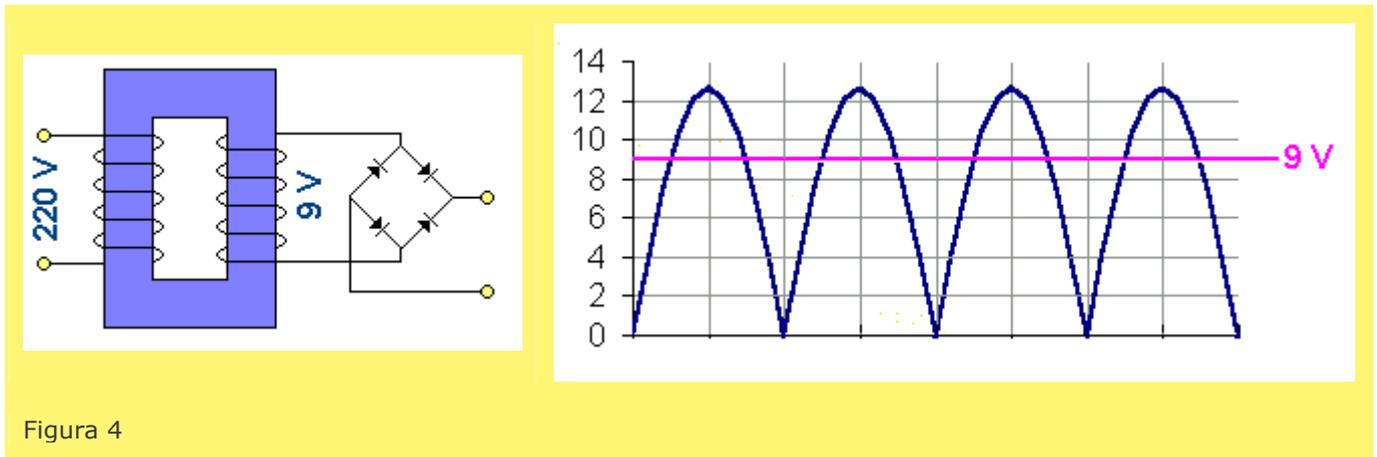


Figura 4

Con l'aggiunta di un condensatore, che si carica in corrispondenza dei valori più alti, si ottiene una tensione quasi continua, di valore medio prossimo a 12 V, come indica il tracciato evidenziato in azzurro nella figura 5.

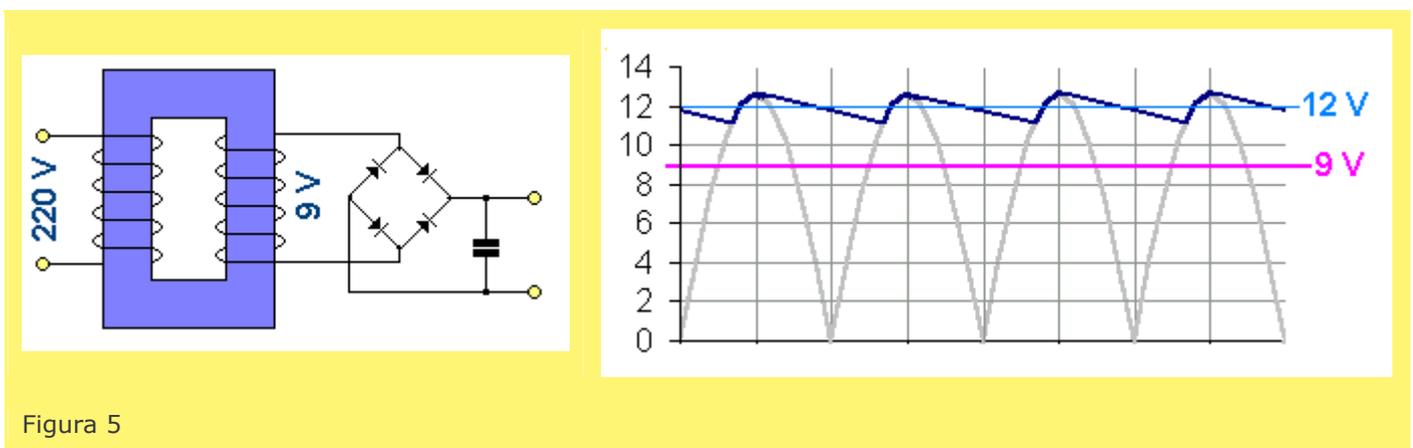
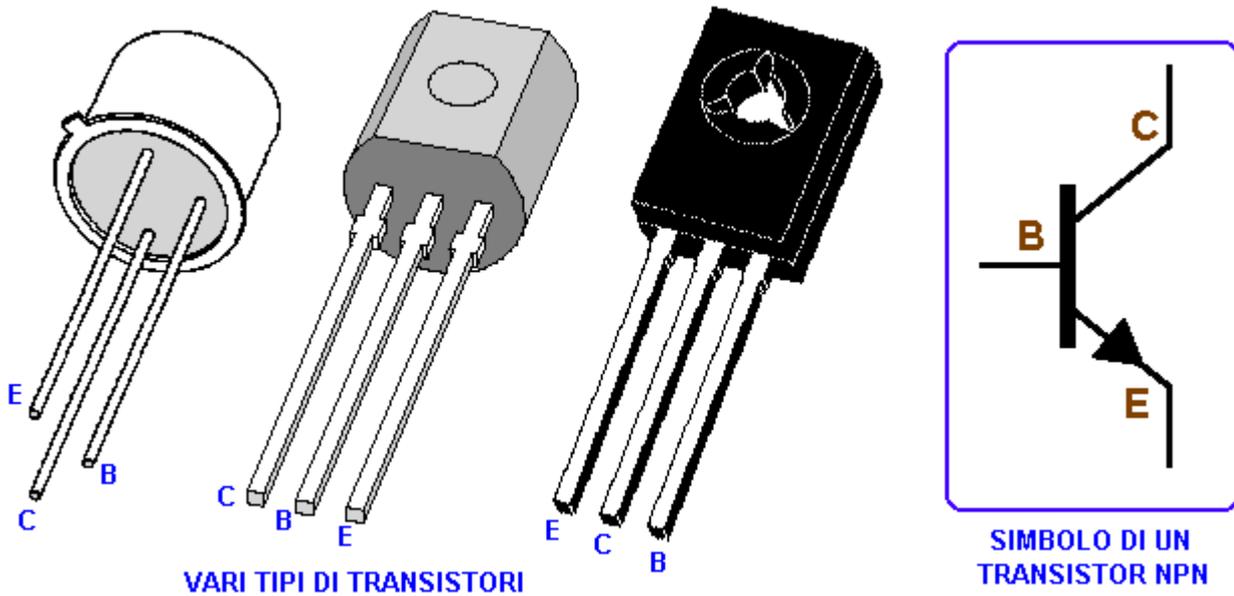


Figura 5

Per concludere si può osservare come, passando dalla forma d'onda della figura 1 a quella della figura 2, non solo siano spariti i valori negativi, ma sia anche variata la frequenza: mentre prima un ciclo intero si svolgeva in 20 ms, nella figura 2 vediamo che le semionde si ripetono uguali a distanza di 10 ms una dall'altra. Questo significa che la frequenza della pulsazione è passata da 50 hz a 100 hz, e quindi è raddoppiata.

Il transistor è alla base dell'elettronica dei nostri tempi. Anche se come componente singolo viene usato molto meno che in passato, è sempre opportuno ed utile conoscere le caratteristiche principali ed il funzionamento di questo minuscolo dispositivo a stato solido.



Un transistor può avere diversi aspetti, a seconda del fabbricante e del tipo di applicazioni per cui è previsto; in ogni caso, i terminali o punti di contatto che permettono di inserirlo in un circuito sono tre, e sono sempre gli stessi: collettore, emettitore e base. I transistor di bassa potenza, il cui scopo è principalmente l'amplificazione dei segnali, hanno in genere l'aspetto di uno dei primi due a sinistra: da un piccolo corpo più o meno cilindrico, metallico o di materiale plastico, fuoriescono tre zampe, nella forma di fili o di linguette, che sono i tre elettrodi ai cui si parlava poco fa. La disposizione di questi elettrodi può variare da un tipo all'altro, e va quindi determinata disponendo delle informazioni tecniche relative (i famosi "data sheet"). Per certi transistori di vecchio tipo, sul corpo cilindrico era marcato un puntino colorato che indicava il collettore; in altri è presente sull'involucro metallico una minuscola linguetta, in corrispondenza della quale si trova l'emettitore.

Una prima divisione nel mondo dei transistor riguarda la polarità degli elettrodi; senza scendere troppo nei particolari, almeno per il momento, sarà sufficiente sapere che esistono transistori NPN e transistori PNP. La differenza principale è che il funzionamento in circuito è invertito: mentre per un NPN il collettore deve essere collegato al polo positivo e l'emettitore al negativo, nel caso di un PNP le polarità sono di segno opposto. L'esistenza di queste due famiglie di transistori torna molto utile, perchè permette di realizzare circuitazioni particolari, sfruttando le diverse polarità. In base all'impiego, i transistori presentano altre caratteristiche, che possono variare anche molto da un tipo all'altro. Vediamo in breve le principali:

- Caratteristiche limite di funzionamento, superando le quali il transistor si distrugge:

V_{ce} - è la massima tensione che può essere applicata fra il collettore e l'emettitore
 V_{be} - è la massima tensione che può essere applicata fra la base e l'emettitore
 I_c - è la massima corrente che può attraversare il circuito di collettore
 I_b - è la massima corrente che può attraversare il circuito di base

- Frequenza di taglio:

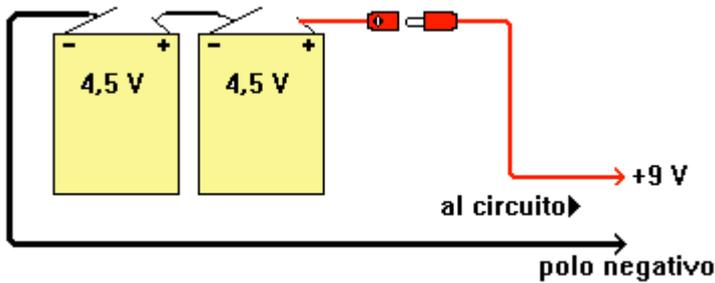
È la frequenza oltre la quale la capacità di amplificazione del transistor discende rapidamente. Qualunque transistor può lavorare con segnali all'interno di una certa banda di frequenze. Se, per esempio, dobbiamo costruire un amplificatore audio, quello della frequenza di taglio non sarà certo un problema, visto che qualunque transistor può funzionare ben al di là dei 20.000 hertz delle frequenze acustiche. Se invece si intende amplificare segnali ad alta frequenza (per esempio onde radio a modulazione di frequenza) occorre prestare molta attenzione a scegliere un transistor che presenti un buon guadagno a frequenze di 100 megahertz ed oltre. Lo stesso dicasi per realizzare ad esempio un generatore di funzioni, in grado di produrre una reale onda quadra: in questo caso è opportuno ricorrere a quei tipi definiti "transistori per commutazione", che sono caratterizzati da tempi di salita e discesa molto brevi e quindi si adattano alle tecniche impulsive.

- Guadagno:

definisce la capacità di amplificazione del transistor e viene indicato in db (decibel); per quelli che hanno qualche conoscenza di matematica, si può aggiungere che il decibel è il logaritmo di un rapporto: nel nostro caso, indicando con dI_b una qualsiasi variazione della corrente di base e con dI_c la corrispondente variazione della corrente di collettore, il guadagno risulta dalla formula: $g = 20 \log (dI_c / dI_b)$
Il guadagno è legato alla frequenza del segnale; rimane praticamente costante fino ad un certo valore, oltre il quale comincia a diminuire rapidamente: tale valore viene appunto definito frequenza di taglio.

Dopo queste considerazioni noiose, passiamo a qualcosa di più pratico e interessante: mettiamo in circuito il primo transistor. Dobbiamo naturalmente procurarcene uno, insieme ad un pò di altro materiale. Ecco allora una piccola lista della spesa da portare al nostro paziente (speriamo!) negoziante:

- Un transistor NPN tipo BC107, BC108, BC208, 2N1711, BC237 o equivalenti
- Un diodo LED
- Due resistenze da 1/2 watt, del valore rispettivamente di 220 ohm e 1,5 Kohm



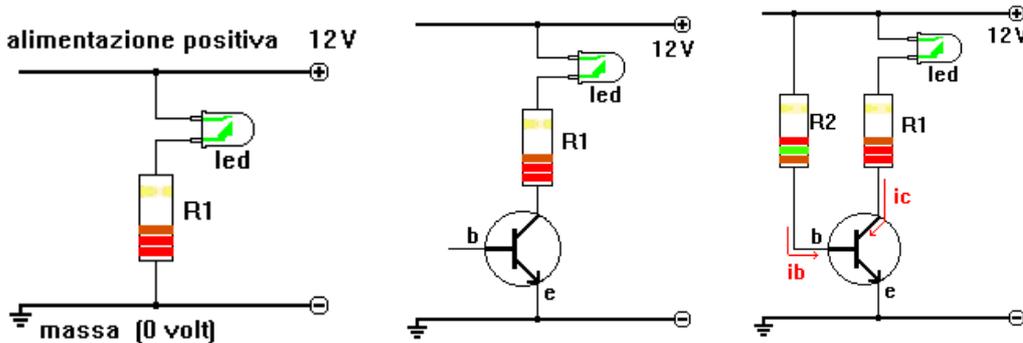
Usando le pile, risulta comodo servirsi di una coppia di spinette maschio/femmina (come quelle di colore rosso in figura) per collegare e scollegare le pile dal circuito, mentre tutti gli altri fili rimangono permanentemente saldati, una volta per tutte

Per alimentare il nostro circuito useremo l'alimentatore che abbiamo costruito seguendo le indicazioni delle lezioni precedenti; in sua mancanza, vanno bene anche due pile piatte collegate in serie, in modo da ottenere 9 volt (vedi riquadro a fianco).

Cominciamo parlando del diodo LED; oltre ad essere un vero e proprio diodo, nel senso che si lascia attraversare dalla corrente solo in un verso, presenta la caratteristica di essere luminoso: quando viene collegato alla giusta tensione (di circa 1,5 volt) esso si accende come una minuscola lampadina, ed emette una luce il cui colore dipende dal tipo di diodo (può essere rossa, gialla, verde, ecc.).

Essendo un diodo a tutti gli effetti, il LED va inserito in circuito nel verso giusto; se osservate un LED per trasparenza, noterete al suo interno che i due elettrodi sono diversi (come si vede in figura): il più piccolo dei due è quello che va collegato al polo positivo; l'altro va

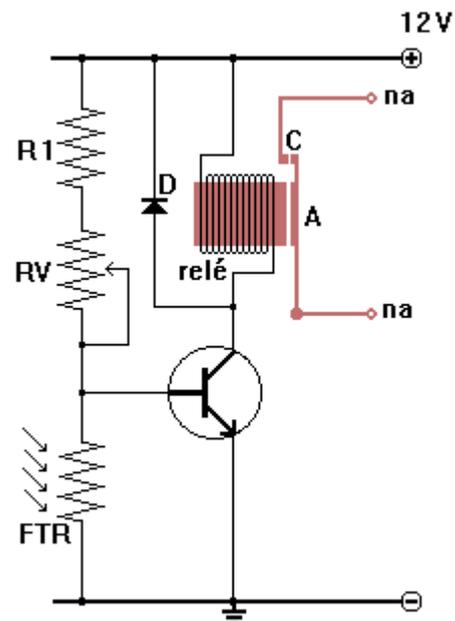
collegato al negativo.



Nel nostro caso, siccome vogliamo alimentare il LED con l'alimentatore a 12 volt, non possiamo collegarlo direttamente, perchè si brucerebbe. Come si vede in figura, inseriremo in serie al LED una resistenza, del valore di 220 ohm, per limitare la corrente che passa. Adesso possiamo attaccare il tutto all'alimentatore o alle pile: il diodo led deve accendersi. Raggiunto questo primo risultato, possiamo passare ad inserire il transistor. Dopo aver identificato con sicurezza i tre piedini (eventualmente chiedete al vostro fornitore) collegate l'emettitore al polo negativo o massa. Lasciate scollegata, per il momento, la base del transistor. Al collettore collegate la resistenza da 220 ohm, quella che proviene dal diodo LED, realizzando il circuito della figura qui a sinistra. Quando accendete l'alimentatore, il diodo led non deve accendersi; la corrente, infatti, non può passare, essendo presente il transistor che la blocca. Collegiamo adesso in circuito anche la base del transistor, cioè il piedino che avevamo lasciato scollegato. Vi salderemo la resistenza da 1,5 kohm che a sua volta sarà collegata al polo positivo. Se adesso ridiamo corrente al circuito, vedremo che il diodo LED si accende.

Cosa è cambiato nel transistor? Attraverso la resistenza R2, una debole corrente, indicata in figura con i_b , circola nel circuito di base; questa corrente innesca il passaggio di una corrente più forte nel circuito di collettore (indicata con i_c) e così il LED si accende. Osserviamo quindi che con una corrente di pochi milliampere (la corrente che entra in base) possiamo comandare una corrente di alcune centinaia di milliampere nel circuito di collettore: è questo il principio del transistor, che risulta essere pertanto un "amplificatore di corrente".

Non siate delusi; questa era solo una semplice applicazione dimostrativa, utile anche per prendere confidenza col montaggio dei componenti. Cercate quindi di ottenere il funzionamento descritto; se il LED non si accende, o si accende quando non dovrebbe, controllate bene: qualche componente è collegato male; provate e riprovate, prima di procedere con le prossime applicazioni.



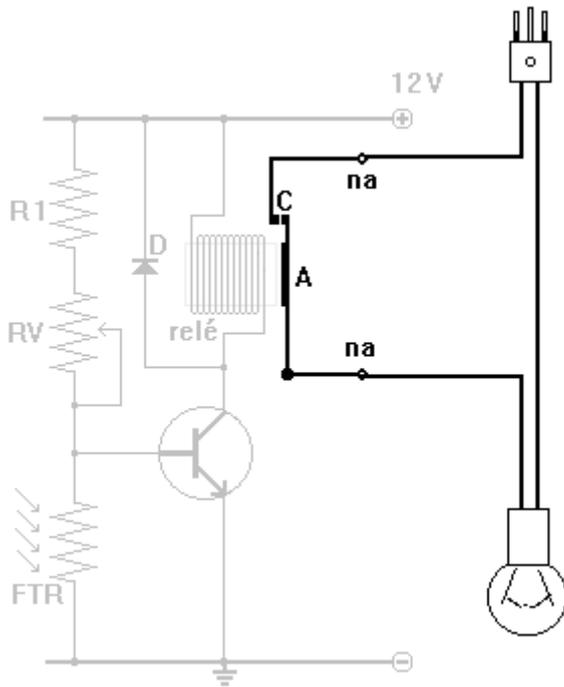
Comandare con la

Il circuito che automatismo, sia comandare un fare qualche lampade si sotto di un certo motore o qualsiasi tensione e



una fotoresistenza

via di minor resistenza, comincia a entrare nella base del transistor. Il transistor passa così in conduzione, cioè, come



fotoresistenza, indicata con FTR, fa parte del circuito di base del transistor; finché c'è luce sufficiente, il valore di FTR rimane basso, per cui la corrente proveniente dal polo positivo attraverso R1 ed RV passa nella fotoresistenza e ritorna a massa, senza interessare il transistor. Quando la luce diminuisce, il valore della fotoresistenza aumenta, fino al momento in cui la corrente proveniente da RV, trovando una

luce

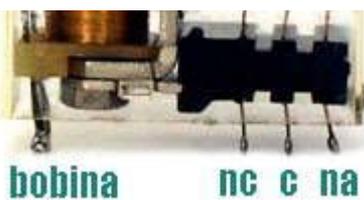
analizzeremo questa volta costituisce un pure nella sua forma più semplice, in grado di evento in funzione della luce ambiente. Tanto per esempio, è possibile ottenere che una o più accendano quando la luce naturale si abbassa al di livello, oppure azionare un segnale acustico, un altro dispositivo elettrico, funzionante a qualsiasi qualunque sia la potenza da esso assorbita.

Le fotoresistenze

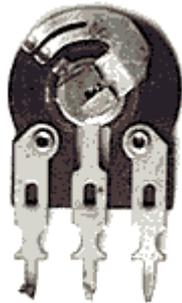
L'elemento che rileva la luminosità è in questo caso una fotoresistenza:

si tratta di una resistenza particolare, il cui valore cambia sensibilmente in funzione della luce che la investe. A seconda del tipo, una fotoresistenza può misurare ad esempio circa 1 megaohm al buio e solo poche decine di kilo-ohm in piena luce. Il modo di impiegare una fotoresistenza è semplice: come si vede nello schema a destra, la

Cos'è e come funziona un relè due tipi di resistenze variabili



nc c na



Un relè è sostanzialmente un interruttore, cioè un dispositivo in grado di aprire e chiudere un circuito. A differenza dell'interruttore però, il relè non viene azionato a mano, ma da un elettromagnete, costituito da una bobina di filo avvolto intorno ad un nucleo di materiale magnetico. Quando passa corrente nella bobina di filo, si crea un campo magnetico che attira l'ancoretta secondo la freccia rossa verticale; l'ancoretta ruota e spinge il contatto centrale C verso destra, secondo la freccia orizzontale. In questo modo, il collegamento tra il contatto centrale e quello di sinistra (nc) si apre, mentre si chiude il collegamento tra il contatto centrale e quello di destra (na). Il contatto di sinistra viene definito nc, cioè normalmente chiuso, perché è tale quando il relè è a riposo. Allo stesso modo l'altro contatto, aperto quando il relè non è eccitato, viene definito na, cioè normalmente aperto.

abbiamo visto nella lezione precedente, lascia passare corrente nel suo circuito di collettore. La bobina del relè viene quindi attraversata dalla corrente di collettore del transistor, ed il relè scatta, cioè chiude il contatto C. Quando la luce ambiente aumenta, la corrente di base ricomincia a passare nella FTR, la cui resistenza è tornata bassa; il transistor non conduce più ed il relè si diseccita, riaprendo il contatto C.

ANALIZZIAMO IN DETTAGLIO I SINGOLI COMPONENTI DEL CIRCUITO

La resistenza RV che si trova nel circuito di base del transistor, è una resistenza variabile, detta anche trimmer. Nella pratica può avere l'aspetto di uno dei tipi che si vedono nella figura a sinistra; si tratta comunque di una resistenza il cui valore può essere regolato tra zero e il massimo (che è il valore indicato sulla resistenza stessa) facendo ruotare con un cacciavite un contatto strisciante che scorre su una superficie di materiale ad alta resistività. La resistenza variabile è stata inserita per poter regolare con precisione il punto d'intervento, ovvero determinare con che luminosità il relè si chiude e mette in funzione ciò che vi è collegato. Supponiamo che il vostro circuito si ecciti, cioè il relè si chiuda ed accenda le lampade, quando c'è ancora abbastanza luce; se volete che il circuito intervenga quando è più buio, ruotate la RV così da aumentarne il valore: in questo modo, affinché la corrente che entra sulla base del transistor riesca a portarlo in conduzione, occorrerà che la FTR abbia un valore più alto, e cioè che sia più buio. La resistenza R1 serve per proteggere il transistor nel caso che si regoli la RV su valori troppo bassi: se non ci fosse R1, potrebbe entrare nella base del transistor una corrente troppo alta e distruggerlo.

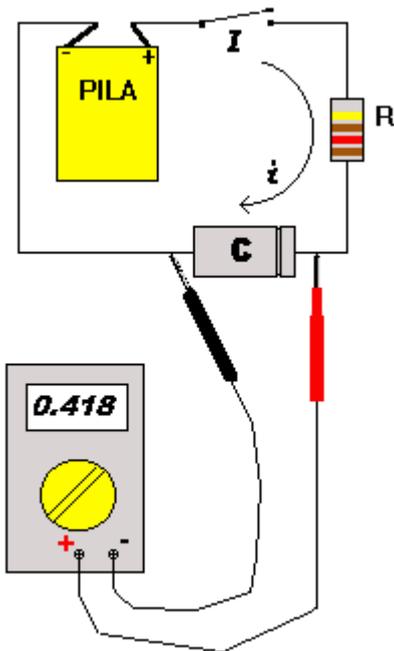
Il vantaggio del relè è che i due circuiti, cioè quello di comando e quello di utilizzazione, sono completamente separati, e possono quindi funzionare con tensioni diverse. L'importante è che il circuito di comando invii alla bobina la

giusta corrente, e che il circuito di utilizzazione faccia uso di contatti in grado di sopportare la corrente richiesta dal carico collegato. Questo significa che se col relè voglio accendere e spegnere una lampadina da 100 watt a 220 volt, saranno

sufficienti contatti per 1 ampere; se invece voglio comandare, supponiamo, una serie di 10 faretti, ciascuno con lampada da 500 watt, avrò bisogno di un relè ben più robusto, con contatti adeguati ad una corrente di circa 30 ampere. In effetti sarebbe possibile fare a meno di un relè, e comandare altri utilizzatori, come lampade, allarmi, ecc, usando soltanto componenti elettronici; l'uso del relè è tuttavia più semplice e permette la massima libertà di utilizzo, senza vincoli di carico o di tensioni. Nell'immagine a fianco è evidenziato il modo di utilizzare questo circuito, ovvero come deve essere collegato un utilizzatore esterno perchè venga comandato dal relè. Nell'esempio si vede una normale lampadina di quelle che usiamo nelle nostre case collegandole alla rete a 220 V. Partendo dalla spina, un filo arriva direttamente alla lampada, mentre l'altro passa attraverso i contatti del relè, che è quindi in grado di accendere e spegnere la lampadina. I due terminali sono indicati con na, perchè si tratta di un contatto normalmente aperto, cioè di un contatto che si chiude solo quando il relè si eccita.

La funzione del diodo D

Tutte le volte che ci troviamo ad avere a che fare con avvolgimenti di filo intorno a nuclei metallici, possiamo parlare di carichi induttivi. Senza scendere troppo nei dettagli, diciamo che ci sono importanti differenze tra gli effetti di un carico induttivo e quelli di una normale resistenza inseriti in circuito. Se noi applichiamo tensione ai capi di una resistenza, questa viene subito percorsa da corrente; quando stacchiamo tensione, la corrente cessa. Se invece applichiamo tensione a un carico induttivo, come la bobina di eccitazione del relè (o elettrocalamita), la corrente non circola immediatamente, ma dopo un certo intervallo di tempo. Successivamente, nel momento in cui tentiamo di staccare la tensione, la corrente tende a circolare ancora per qualche istante, per cui si creano extra correnti di apertura e tensioni di segno inverso. I transistori possono essere danneggiati da tensioni troppo elevate o di segno contrario a quello richiesto dalla loro polarità, e quindi occorre proteggerli dagli effetti pericolosi dei carichi induttivi.



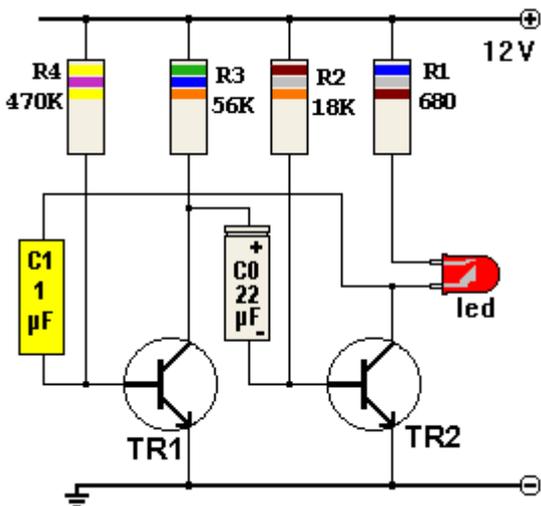
A questo provvede il diodo D, che risulta collegato in parallelo alla bobina del relè, col polo positivo rivolto verso il positivo della alimentazione. Normalmente nel diodo D non passa alcuna corrente, poichè esso è collegato in senso contrario rispetto all'alimentazione del circuito; quando però ai capi della bobina del relè tende a formarsi una tensione inversa, il diodo passa subito in conduzione e praticamente annulla la tensione pericolosa.

I componenti per questo circuito:

- Un relè la cui bobina funzioni a 9 volt in corrente continua, e che sia dotato di almeno un contatto normalmente aperto; i contatti dovranno essere adeguati alla potenza dell'utilizzatore che volete collegarvi
- FTR: fotoresistenza avente un valore di circa 1 Mohm al buio e di qualche Kohm alla luce
- RV: trimmer (resistenza variabile) da circa 47 Kohm
- R1: resistenza da 2,2 Kohm - Un transistor NPN tipo BC108 o equivalenti
- D: diodo tipo 1N4001 o equivalenti

Condensatori e multivibratori

Argomento di questa lezione saranno i condensatori, di cui analizzeremo un uso pratico realizzando un circuito particolare, detto "multivibratore". Nelle precedenti lezioni abbiamo già confrontato il comportamento delle resistenze con quello dei carichi induttivi (gli avvolgimenti), concludendo che il comportamento di questi ultimi è piuttosto particolare e richiede appositi accorgimenti. Allo stesso modo, i condensatori sono componenti elettronici dalle caratteristiche un po' speciali: per esempio il loro effetto si manifesta soltanto quando una tensione tende a variare; con una tensione continua, cioè di segno e valore costanti, la presenza del condensatore passa completamente inosservata. Guardiamo la figura a fianco: si tratta di un condensatore C collegato ad una sorgente di alimentazione, attraverso una resistenza R. Se chiudiamo l'interruttore I, nel circuito inizia a passare una corrente, che nei primi istanti può essere anche molto elevata. Misuriamo la tensione ai capi del condensatore: vedremo che essa, dapprima molto bassa, crescerà lentamente fino a raggiungere quella dell'alimentatore. Cosa è successo in pratica? Il condensatore può essere paragonato ad un recipiente vuoto: all'inizio, pur passando in circuito una forte corrente, esso risulta scarico (la tensione è quasi zero); man mano che si carica, la tensione presente ai suoi capi sale, così come salirebbe l'acqua in un recipiente, mentre la corrente in circuito diminuisce, fino a quando esso risulta completamente pieno. A questo punto in circuito non passa più alcuna corrente. Il tempo impiegato a caricarsi dipende da due fattori: innanzitutto dalla capacità del condensatore, che non è altro che la sua



attitudine ad immagazzinare corrente (come la capacità di un contenitore: più è grande, più materiale contiene); in secondo luogo, dal valore della resistenza R: più grande è la resistenza, meno corrente passa e quindi più tempo impiega il condensatore a caricarsi.

Questo tempo di carica è di fondamentale importanza, ed è molto sfruttato in elettronica. Senza ricorrere ad astruse dimostrazioni teoriche, osserveremo solo che il prodotto R per C costituisce quella che viene definita "costante di tempo"; moltiplicando il valore in ohm della resistenza per il valore in farad del condensatore si ottiene esattamente un tempo in secondi.

La capacità infatti si misura in farad; questa unità di misura risulta però troppo grande per gli usi dell'elettronica (come se un modellista costruisse modellini misurando i pezzi con una rotella metrica da 25 metri), ed allora si usano dei sottomultipli, molto più piccoli, che sono il microfarad (si scrive μF), ed il picofarad (si scrive pF). Ma adesso passiamo ad una applicazione pratica; avremo occasione di conoscere meglio i condensatori nelle prossime lezioni.

Il circuito a fianco utilizza proprio la caratteristica dei condensatori di caricarsi attraverso una resistenza, impiegando un tempo ben determinato. Si tratta di un multivibratore, ovvero di un circuito per sua natura instabile, dove due transistori passano continuamente, alternandosi, dallo stato di conduzione allo stato di interdizione (interdizione significa che il transistor non conduce corrente, cioè equivale ad un interruttore aperto). Come vedete il circuito è molto semplice, essendo formato solo da due transistori (vanno bene due transistori qualsiasi NPN, tipo BC108 o equivalenti), da quattro resistenze (i cui valori sono $R_1=680$ ohm; $R_2=18$ kilo-ohm; $R_3=56$ kilo-ohm; $R_4=470$ kilo-ohm) e da due condensatori (C0, cioè C zero, da 22 microfarad, e C1 da 1 microfarad).

Il circuito pilota un normale diodo LED che funge quindi da lampeggiatore

Supponiamo che inizialmente sia in conduzione TR1: questo vuol dire che il suo collettore è sceso a tensione zero; ma allora anche la base di TR2, collegata al collettore di TR1 tramite il condensatore C0, è necessariamente scesa a tensione zero. In effetti TR2 non conduce, ed il LED risulta spento. Un pò alla volta, tuttavia, il condensatore C0 si carica con la corrente che fluisce attraverso la resistenza R2, e così la tensione di base di TR2 comincia a salire: quando raggiunge un valore sufficiente, il transistor passa in conduzione; a questo punto il LED si accende, la tensione di collettore va a zero e, tramite il condensatore C1, porta a zero anche la tensione di base di TR1, che passa in interdizione, cioè non conduce più. Ma anche questa condizione è solo momentanea, perchè il condensatore C1 inizia a caricarsi attraverso la R4; quando la tensione di base diventa abbastanza alta, il transistor passa in conduzione e torna a bloccare il transistor TR2 (e quindi a spegnere il LED). Il ciclo si ripete all'infinito, e per tale motivo il circuito viene definito multivibratore.

E' possibile intervenire a piacere sui tempi di conduzione dei due transistori; un modo è quello di usare condensatori di valore diverso. Ho chiamato C0 (C zero) il condensatore da 22 microfarad, perchè è quello che determina il tempo in cui il LED è spento: se volete che stia spento più a lungo, usate un condensatore di maggiore capacità, per esempio di 33 o 47 microfarad; in caso contrario, usatene uno di minore capacità (10 o 4,7 microfarad). C1 determina il tempo in cui il LED è acceso: con valori più alti, il LED sta acceso più a lungo, e viceversa.

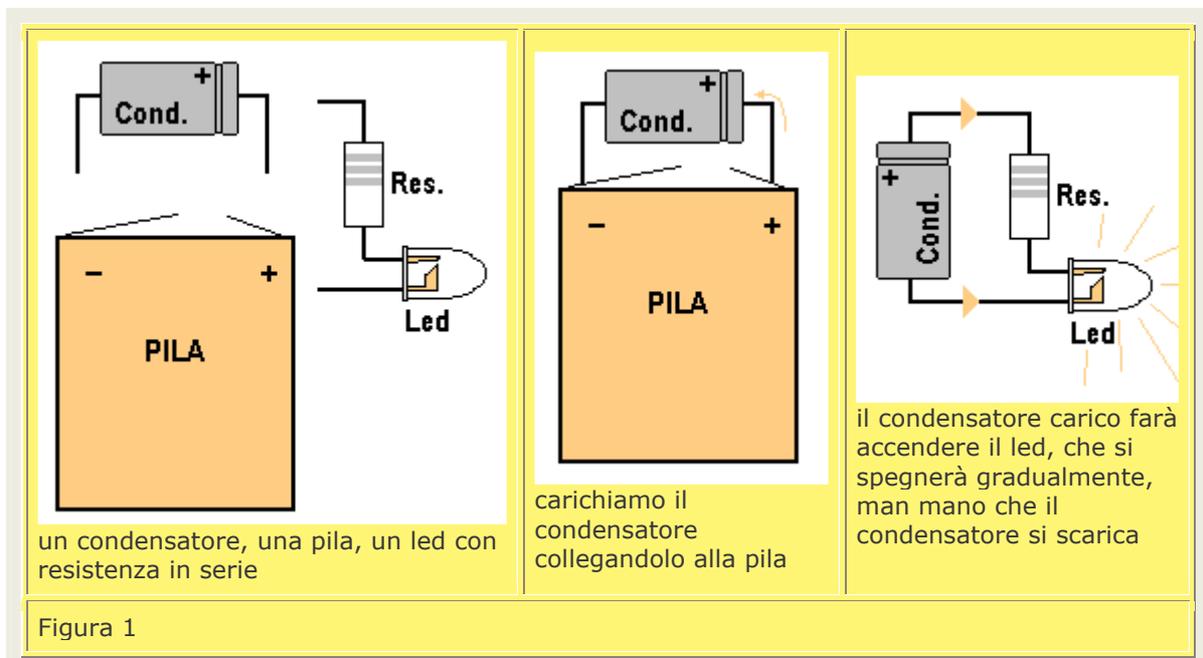
Questo circuito è fatto per funzionare a 12 volt, quindi può essere adatto come lampeggiatore in auto, per esempio per simulare un antifurto; è comunque possibile farlo funzionare anche a tensioni diverse (addirittura con una pila da soli 1,5 volt), cambiando opportunamente i valori delle resistenze. Buon divertimento.

I CONDENSATORI VISTI DA VICINO

I condensatori sono fra i componenti più utilizzati nei circuiti elettronici. In funzione della tecnologia costruttiva e degli impieghi specifici, i condensatori si presentano nelle forme più diverse, dai grossi contenitori cilindrici degli elettrolitici da 10.000 e più μF alle minuscole pastiglie dei condensatori ceramici o alla forma a goccia di quelli al tantalio. Nelle righe che seguono vengono descritte brevemente le caratteristiche elettriche di un condensatore, i tipi di uso più comune e qualche metodo pratico per verificarne l'efficienza.

CHE COS'E' UN CONDENSATORE

Il condensatore è un dispositivo in grado di immagazzinare energia elettrica. Possiamo vederlo praticamente con un semplice esperimento, per cui basta procurarsi una pila da 4,5 V, un condensatore elettrolitico da circa 1000 μF ed un led cui aggiungeremo in serie una resistenza da 100 ohm (figura 1).



- 1- colleghiamo il condensatore alla pila, facendo attenzione alla polarità (il segno "+" del condensatore deve corrispondere al segno "+" della pila); dopo pochi secondi il condensatore si sarà caricato
- 2- stacciamo adesso il condensatore carico dalla pila e lo colleghiamo al led, facendo attenzione alla giusta polarità dei terminali ed interponendo la resistenza da 100 Ω: per qualche istante il led si illuminerà, come se lo avessimo collegato alla pila, spegnendosi gradualmente man mano che il condensatore si scarica.

La resistenza serve per far scorrere la corrente più lentamente durante la scarica, altrimenti il led farebbe solo un rapido lampo di luce, rischiando anche di bruciarsi.

Usando condensatori di maggiore capacità, il led rimarrà acceso più a lungo.

La quantità di energia che si accumula in un condensatore dipende dalla sua capacità e dalla tensione di lavoro: se indichiamo con Q la quantità di carica, con C la capacità e con V la tensione, vale la formula $Q = C \times V$. Dal punto di vista fisico, un condensatore è costituito da due superfici metalliche (ovvero conduttrici), dette armature, separate da un isolante, che prende il nome di dielettrico; l'isolante può essere anche la semplice aria, il che equivale a dire che le due superfici metalliche si trovano una di fronte all'altra ma senza toccarsi. Quanto più sono estese le due superfici, tanto maggiore è la capacità; analogamente, la capacità è maggiore quanto più le due superfici sono vicine. La capacità dipende poi anche dall'isolante che si trova fra le due superfici: il valore più basso si ha quando c'è solo l'aria; se il dielettrico è costituito da altri materiali, la capacità aumenta in funzione del materiale, secondo una grandezza caratteristica di ciascun materiale, che viene detta "costante dielettrica relativa".

Tale costante si indica col simbolo ϵ_r ed è stabilito per convenzione che il suo valore per l'aria sia uguale a 1; se un condensatore le cui armature sono separate dall'aria ha una certa capacità, interponendo al posto dell'aria un dielettrico come la mica, la capacità del condensatore aumenta di circa 5 volte: si dice allora che la costante dielettrica relativa della mica ha valore 5. Nella pratica i condensatori si realizzano avvolgendo insieme due sottili lamine metalliche, separate da un film plastico dello spessore di alcuni decimi di micron; quando si richiedono capacità molto elevate, invece del film plastico si usa come dielettrico uno strato di ossido, formato direttamente su una superficie metallica, ed un elettrolita come secondo elettrodo. Di seguito sono descritte brevemente le caratteristiche dei condensatori di uso più frequente.

CONDENSATORI Elettrolitici

Sono i più comuni. Il valore della capacità e della tensione di lavoro sono in genere stampigliati chiaramente sull'involucro; la precisione dei valori è approssimativa, essendo ammessa una tolleranza di circa $\pm 20\%$.

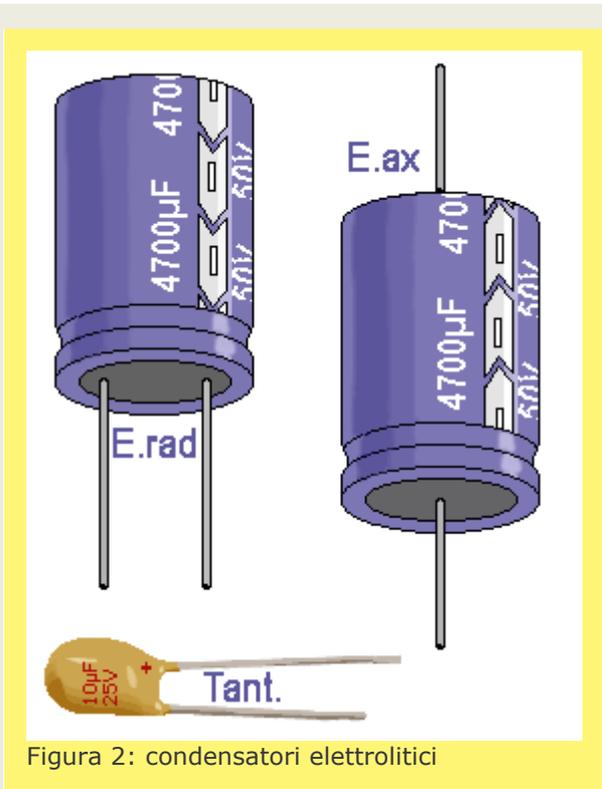


Figura 2: condensatori elettrolitici

Nei condensatori elettrolitici il dielettrico è un sottilissimo strato di ossido, fatto formare direttamente sul metallo (l'alluminio) che fa da armatura e costituisce l'anodo; il tutto è immerso in un elettrolita che, essendo un sale disciolto, risulta conduttore. Il caratteristico involucro metallico di forma cilindrica che fa da contenitore, diventa, ai fini del collegamento elettrico, il terminale negativo ovvero il catodo. Proprio a causa della loro costituzione, i condensatori elettrolitici sono "polarizzati", il che vuol dire che devono necessariamente essere collegati ad una tensione continua, rispettando le polarità, positiva e negativa, indicate sull'involucro. Collegando il condensatore al contrario, esso si distrugge rapidamente e rischia di esplodere. Anche l'applicazione di una tensione superiore a quella di lavoro può causare l'esplosione del condensatore.

Come gli altri tipi di condensatori, gli elettrolitici possono essere di tipo radiale (fig.2: E.rad), con entrambi i terminali che escono dallo stesso lato, adatti ad un montaggio in verticale, oppure di tipo assiale (fig.2: E.ax), con un terminale per lato, adatti al montaggio orizzontale. Una banda laterale indica la polarità di almeno uno degli elettrodi.

Gli elettrolitici sono condensatori di grande capacità, in grado di accumulare notevoli quantità di energia; per tale motivo trovano impiego principalmente negli alimentatori, per il livellamento della tensione e la riduzione del "ripple" (ovvero delle ondulazioni residue).

CONDENSATORI AL TANTALIO

Sono anch'essi dei condensatori polarizzati, ma in essi il dielettrico è costituito da pentossido di tantalio (fig.2: Tant.). Sono superiori ai precedenti come stabilità alla temperatura ed alle frequenze elevate; sono tuttavia più costosi e la loro capacità non raggiunge valori molto elevati. Come i precedenti, devono essere montati in circuito osservando la polarità indicata in prossimità dei terminali.

ALTRI TIPI DI CONDENSATORI

Tranne i condensatori elettrolitici e quelli al tantalio, tutti gli altri condensatori non sono polarizzati, per cui possono essere montati indifferentemente in circuito in un verso o nell'altro, e funzionare anche in assenza di una tensione continua di polarizzazione.



figura 3: altri tipi di condensatori

Esistono tanti tipi di condensatori, realizzati con tecnologie e dielettrici diversi. In figura 3 ne sono illustrati alcuni:

- a- radiale in poliestere (mylar)
- b- ceramico a disco
- c- assiale in polipropilene
- d- in poliestere metallizzato

- I condensatori in poliestere vengono prodotti fino a capacità di qualche μF e per tensioni di lavoro fino a 1000 V; sono più adatti per l'impiego in bassa frequenza.

- I condensatori in poliestere metallizzato sono di buona qualità e stabilità rispetto alla temperatura.

- I condensatori in polipropilene consentono valori di capacità più precisi, con tolleranze di circa l'1%; sono adatti ad un campo di frequenze fino a 100kHz.

- I condensatori con dielettrico in policarbonato si trovano con valori

di capacità fino a 10 μF e per tensioni di circa 400 V; presentano una capacità molto costante, per cui possono essere vantaggiosamente utilizzati nei circuiti oscillanti.

- Sempre indicati per l'uso in circuiti oscillanti sono i condensatori in polistirolo, caratterizzati dal valore costante di capacità e reperibili per valori fino ad 1 μF

- I condensatori ceramici sono utilizzati in genere per le alte frequenze. Possono essere del tipo ad elevata costante dielettrica, così da consentire di ottenere alte capacità con ingombro limitato, oppure del tipo a bassa costante dielettrica, caratterizzati dalla capacità stabile e da perdite molto basse; per tale motivo vengono impiegati nei circuiti oscillanti di precisione. In merito all'aspetto, possono presentarsi nella classica forma a disco, o nella vecchia forma di un tubetto con i terminali alle due estremità. I ceramici a disco sono molto usati in parallelo agli elettrolitici, per fugare a massa le alte frequenze.

- I condensatori a mica argentata sono altamente stabili ed hanno un buon coefficiente di temperatura; sono utilizzati per applicazioni di precisione, nei circuiti risonanti, nei filtri di frequenze e negli oscillatori ad alta stabilità.

COME SI DETERMINA LA CAPACITÀ DI UN CONDENSATORE

(Quanto segue si riferisce ai condensatori non polarizzati, di capacità compresa fra pochi picofarad e qualche μF ; non si applica pertanto ai condensatori elettrolitici classici né a quelli al tantalio)

Capita abbastanza spesso di trovarsi fra le mani un condensatore di cui non si riesce a leggere il valore, o perchè i caratteri si sono cancellati (cosa che capita spesso), o perchè il valore è indicato con un codice che ci lascia piuttosto dubbiosi; se non vogliamo gettare il condensatore nel cestino, possiamo provare a determinarne noi la capacità. Il metodo più semplice è quello per confronto. Poichè in corrente continua i condensatori rappresentano solo un contatto aperto, per eseguire la

misura che ci interessa ci serviremo di una corrente alternata. Occorre procurarsi un qualsiasi trasformatore, anche di piccola potenza, adatto ad essere collegato alla rete 220 V ca, e che dia in uscita una bassa tensione, compresa più o meno fra 8 e 24 V



ATTENZIONE: TUTTA LA PARTE ALTA TENSIONE, DALLA SPINA AL TRASFORMATORE, MORSETTI DI ENTRATA COMPRESI, DEVE ESSERE PERFETTAMENTE ISOLATA - NESSUN PUNTO A TENSIONE DI RETE DEVE RIMANERE SCOPERTO

Il circuito da realizzare è quello di figura 4: sull'uscita del trasformatore collegheremo il condensatore di cui non conosciamo la capacità, e che quindi chiameremo C_x , ed in serie ad esso un secondo condensatore, di cui conosciamo il valore, che useremo come riferimento, e che chiameremo C_r .

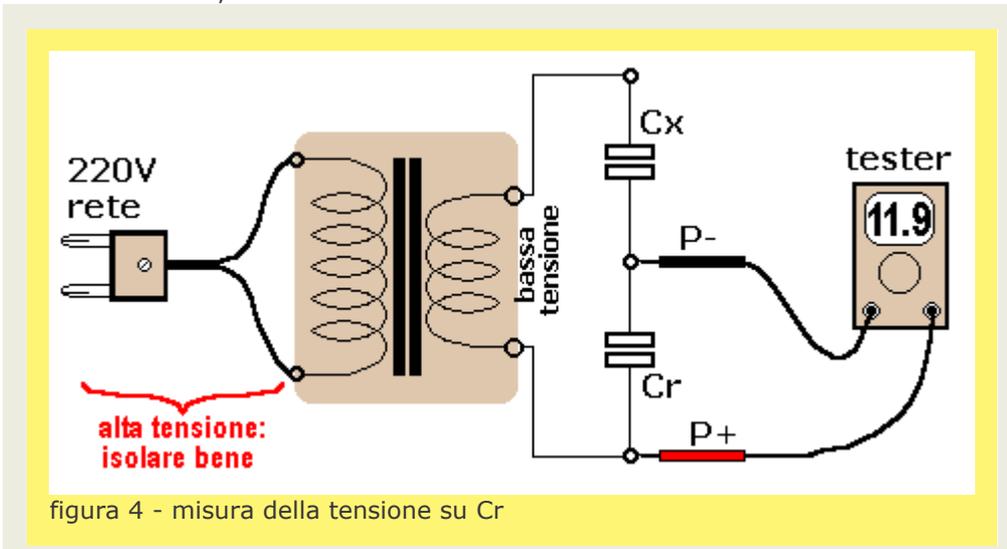


figura 4 - misura della tensione su C_r

Con un tester predisposto per la misura di tensioni alternate misureremo la tensione ai capi di C_r ; successivamente, spostando il puntale rosso dall'altra parte (figura 5), misureremo la tensione ai capi di C_x .

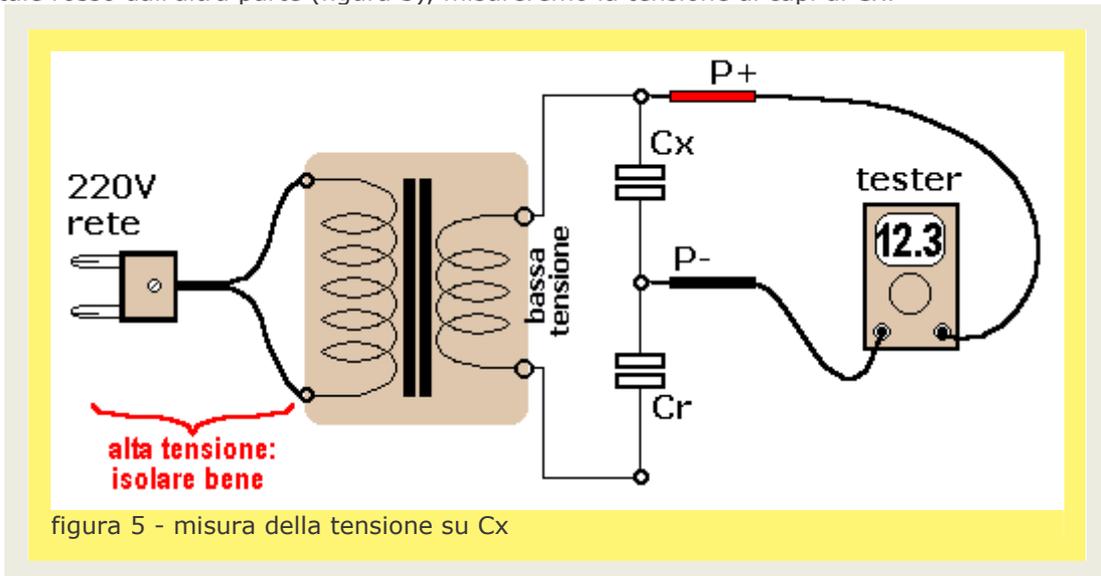


figura 5 - misura della tensione su C_x

Se le due tensioni sono uguali, vuol dire che i condensatori sono uguali; in caso contrario, dovrete divertirvi a sostituire C_r con condensatori di altro valore, finché le due tensioni risulteranno uguali.

Dobbiamo ricordare a proposito che i condensatori si comportano con la corrente alternata un pò come le resistenze con la corrente continua; una corrente alternata che attraversa un condensatore, incontra maggiore difficoltà se la capacità del condensatore è piccola, e quindi si determina una maggiore caduta di tensione ai capi del condensatore. Nel fare le vostre misure, tenete presente questo aspetto; se trovate che la tensione ai capi di C_r è maggiore di quella su C_x , dovete provare ad usare un C_r di maggiore capacità.

Ricordate poi che nel caso dei condensatori non è quasi mai necessaria una grande precisione, per cui è sufficiente che troviate due tensioni abbastanza vicine per considerare terminata la misura.

Tanto per fare l'esempio che si vede nelle figure, se trovate 11,9 su C_r e 12,3 su C_x potete ben dichiarare che i due condensatori sono uguali!

DUE PAROLE SUL CONTROLLO DEI CONDENSATORI ELETTROLITICI

Gli elettrolitici sono condensatori di elevata capacità e, per la loro tecnologia costruttiva, sono maggiormente soggetti ad alterazioni delle caratteristiche elettriche. Quando si vuole utilizzare un elettrolitico che ha già lavorato in circuito per un certo tempo, o che comunque è piuttosto vecchio, è sempre bene procedere ad un controllo, sia pure veloce, del suo stato di salute.

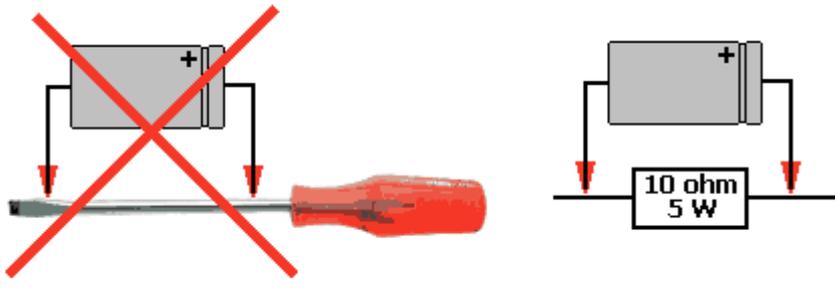


figura 6 - come va scaricato un condensatore

Prima di procedere a qualsiasi controllo, ricordate sempre di scaricare il condensatore, specialmente se lo avete smontato da una apparecchiatura utilizzata di recente. Il condensatore va scaricato collegando fra i due terminali una resistenza da 2 o più watt, del valore di qualche decina di ohm; non è opportuno mettere in corto i terminali servendosi di un oggetto metallico, poichè, a causa dell'elevato picco di corrente, la scarica istantanea con relativa scintilla potrebbe danneggiare il condensatore. Indicazioni abbastanza significative sullo stato di un condensatore elettrolitico si possono ottenere in modo semplice: basta collegare per pochi

secondi il condensatore ad una tensione un pò più bassa di quella di lavoro (che risulta scritta sull'involucro), sempre facendo attenzione alla giusta polarità. Staccato il condensatore, si misura col tester la tensione sui terminali: tranne una breve discesa iniziale di pochi volt, il valore della tensione immagazzinata tende a conservarsi nel tempo. Per fare un esempio, se si applica al condensatore una tensione di 20 V, procedendo ad una misura dopo vari minuti si trova più o meno una tensione prossima a 18 o 17 V; dopo un'ora, tale tensione sarà scesa a circa 13 V. In teoria, nel caso di un condensatore ideale, la tensione dovrebbe mantenersi indefinitamente al valore applicato durante la carica; nel condensatore reale, tuttavia, la resistenza fra i due elettrodi non è infinita, per cui esiste sempre una corrente di fuga o di dispersione che lentamente determina la scarica del condensatore: maggiore è questa corrente, più velocemente il condensatore si scarica. In ogni caso, se notiamo che il condensatore in prova si scarica dopo pochi secondi, o addirittura non trattiene alcuna carica, possiamo tranquillamente gettarlo senza alcun rimpianto.

CONDENSATORI IN PARALLELO ED IN SERIE

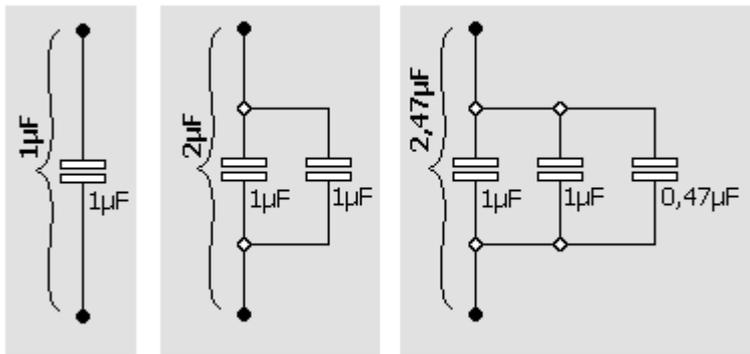


figura 7 - condensatori in parallelo

Se occorre una capacità più alta di quella che ci può offrire un solo condensatore, è possibile usare più condensatori collegati uno di fianco all'altro, e cioè in parallelo; in questo modo la capacità totale equivale alla somma delle singole capacità.

Come si vede in figura 7, affiancando due condensatori da $1\mu\text{F}$ si ottiene una capacità complessiva di $2\mu\text{F}$; aggiungendone un altro da $0,47\mu\text{F}$, la capacità totale arriva a $2,47\mu\text{F}$.

Maggiormente complicato è invece calcolare la capacità di più condensatori in serie; nel caso più semplice, quando cioè si collegano in serie due condensatori uguali, la capacità risultante è uguale alla metà di quella di ciascun condensatore (figura 8).

Quando i condensatori in serie hanno valori diversi, la capacità risultante (che è sempre più piccola della più bassa fra le capacità dei vari condensatori collegati) si

calcola come l'inverso della somma degli inversi delle singole capacità.

Facciamo un esempio pratico: abbiamo tre condensatori con capacità di 100pF , 220pF e 470pF ;

- l'inverso di 100 è $1:100 = 0,01$
- l'inverso di 220 è $1:220 = 0,00455$
- l'inverso di 470 è $1:470 = 0,00213$
- la somma degli inversi è $0,01+0,0045+0,00213 = 0,01667$
- il risultato finale è l'inverso di tale somma, ovvero $1:0,01667 = 59,9768$

Si vede quindi che collegando in serie tre condensatori da 100, 220 e 470 pF si ottiene un valore risultante di 59 pF, che è più piccolo del più piccolo fra i tre condensatori collegati (che era 100 pF).

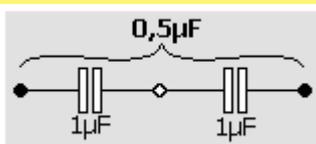


figura 8 - condensatori in serie

I circuiti integrati

L'avvento dei circuiti integrati ha senz'altro cambiato il modo di pensare, ovvero di progettare un circuito elettronico. Quando si lavora con componenti singoli, detti "discreti", ci si preoccupa di determinare per ognuno di essi le giuste condizioni di funzionamento, in termini di tensioni e correnti, e quindi di collegare un componente all'altro in modo da ottenere un corretto comportamento d'insieme. Con i circuiti integrati, invece, si ragiona a "blocchi", ovvero a funzioni logiche.

Un circuito integrato contiene al suo interno un numero elevatissimo di componenti: principalmente transistor, ma anche resistenze, diodi ed altro.

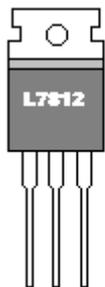


Un amplificatore operazionale u741

Naturalmente non si tratta di transistori confezionati nel loro involucro e dotati di zampe di collegamento, come quelli visti nelle lezioni precedenti; occorre infatti pensare che il cuore di un transistor non è altro che una minuscola particella di silicio (o altro materiale semiconduttore) opportunamente trattato, e che realizzando i collegamenti con procedimenti studiati al microscopio è possibile ottenere su una piastrina di pochi millimetri quadrati un circuito completo formato da migliaia di transistori.

Non è pensabile cercare di capire come funziona un circuito integrato al suo interno, anche avendone uno schema dettagliato. La complessità di alcuni di essi è infatti notevole, tra l'altro per il motivo che certi componenti, facilmente disponibili nei circuiti tradizionali (ad esempio i condensatori), non possono essere realizzati in spazi così ridotti ed allora si ricorre a circuitazioni che sostituiscono determinate funzioni a spese di un notevole aumento del numero di componenti di altro tipo, più facilmente realizzabili con quelle tecnologie.

Si faccia tuttavia attenzione a non abusare dei circuiti integrati: a volte è molto più semplice usare tre o quattro transistor, piuttosto che cercare l'integrato che svolga quella particolare funzione; inoltre, mentre lavorando con componenti discreti (cioè componenti sfusi, come quelli usati fino ad ora) si consegue una migliore comprensione, il circuito integrato si presenta come una magica scatola nera! Per concludere: usiamoli soltanto quando non se ne può fare a meno.



Gli amplificatori operazionali

Ma facciamo qualche esempio pratico: un circuito integrato molto diffuso è il cosiddetto "amplificatore operazionale". Fondamentalmente si tratta di un circuito caratterizzato da una grande sensibilità, ovvero da un elevato fattore di amplificazione. Uno dei suoi impieghi più caratteristici consiste nel confrontare due tensioni, applicate ai suoi ingressi, che sono due (uno detto invertente ed uno non invertente): in funzione di tali tensioni, l'uscita dell'amplificatore operazionale assume generalmente un valore limite, vale a dire zero o massimo.

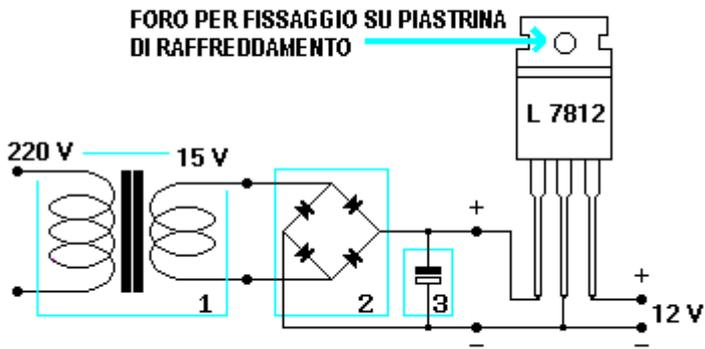
Vedremo in seguito questi componenti in maniera più dettagliata, esaminandone qualche applicazione pratica.

I regolatori di tensione

Atri circuiti integrati sono i regolatori di tensione. Una volta, per costruire un alimentatore stabilizzato, cioè in grado di fornire in uscita una tensione ben stabile, indipendentemente dalla corrente assorbita, era necessario mettere insieme diversi componenti, realizzando uno schema più o meno complesso; adesso, con un apposito circuito integrato che ha solo 3 piedini da collegare, chiunque può costruirsi con estrema facilità un ottimo alimentatore di elevate caratteristiche. Per cominciare faremo uso proprio di un integrato appartenente alla famiglia dei regolatori di tensione, della serie L7800. Il suo aspetto è quello che si vede in figura: ci sono solo 3 piedini di collegamento, ovvero un ingresso, un'uscita ed il collegamento di massa, che in inglese viene chiamato "ground". Il suo impiego è piuttosto semplice, e noi lo useremo in abbinamento all'alimentatore descritto nelle parti 2 e 3 di questo corso. In funzione della tensione che vogliamo ottenere in uscita, dovremo comprare un diverso integrato, come si vede nella tabella. Naturalmente, se ci occorre in uscita una tensione superiore a 9 volt, non potremo utilizzare l'alimentatore così come descritto nelle parti 2 e 3, poichè in quel caso si prevedeva una tensione di uscita di circa 12 volt, ma senza stabilizzazione. Questi circuiti integrati sono in grado di regolare perfettamente la tensione, nel senso che la abbassano con precisione al valore richiesto, ma se la tensione che ricevono in ingresso non è abbastanza alta, non possono certo funzionare. Occorre quindi utilizzare per il nostro alimentatore un trasformatore che dia sul secondario una tensione più alta, pari a circa una volta e mezzo quella di uscita. Ad esempio, per un' uscita di 12 volt, useremo l'integrato L 7812 con un trasformatore che fornisce da 15 a 18 volt; per un'uscita di 18 volt useremo l'integrato L 7818 con un trasformatore che fornisce da 24 a 27 volt, e così via. I circuiti integrati della serie L7800 sono in grado di erogare una corrente di 1 ampere; quindi per sfruttare in pieno le loro caratteristiche occorre che anche il trasformatore usato nell'alimentatore possa dare tale corrente senza surriscaldarsi. Tutti i dati necessari sono comunque riassunti nella tabella qui sotto.

tensione in uscita	sigla del circuito integrato	tensione del trasformatore	potenza del trasformatore
5 volt	L 7805	circa 7 volt	circa 8 watt
7,5 volt	L 7875	circa 10 volt	circa 12 watt
9 volt	L 7809	circa 13 volt	circa 15 watt
12 volt	L 7812	circa 15 volt	circa 20 watt
15 volt	L 7815	circa 18 volt	circa 25 watt
18 volt	L 7818	circa 24 volt	circa 30 watt
24 volt	L 7824	circa 30 volt	circa 40 watt

FORO PER FISSAGGIO SU PIASTRINA DI RAFFREDDAMENTO



Lo schema illustra il modo di impiegare il circuito integrato, in unione all'alimentatore visto nelle lezioni precedenti. In pratica l'uscita dell'alimentatore arriva all'integrato, sul piedino di sinistra, mentre il piedino centrale è collegato alla massa del circuito. Sul piedino di uscita (quello di destra) sarà disponibile la tensione di uscita, perfettamente stabile, e di valore corrispondente a quella nominale dell'integrato (in figura è stato scelto, come esempio, un regolatore per 12 volt di uscita). Se intendete far funzionare il circuito alla massima potenza e per tempi lunghi è consigliabile provvedere al raffreddamento del circuito integrato; esso è infatti

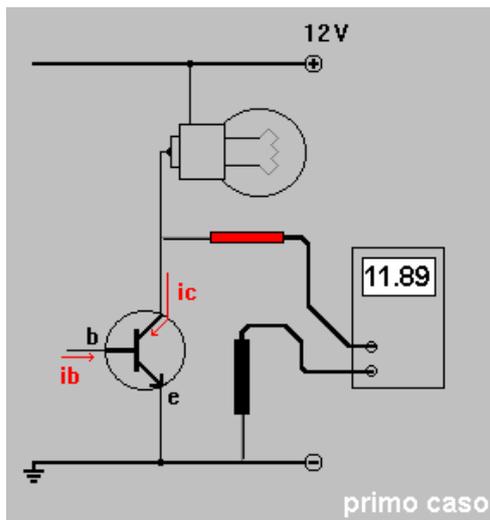
dotato di un apposito foro che permette di fissarlo, tramite vite con dado, su una piastrina metallica, di alluminio o di rame, atta a dissipare il calore. Fate attenzione che tale piastrina non vada a toccare i piedini dell'integrato stesso nè altre parti del circuito, perchè potrebbe creare contatti accidentali e causare danni a qualche componente.

I transistor - seconda parte

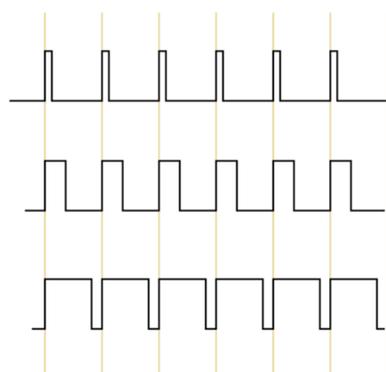
In questa lezione cercheremo di capire cosa succede quando un transistor si trova a pilotare un carico di potenza non trascurabile.

Il transistor come amplificatore di segnale

Il transistor, impiegato come amplificatore di segnale, genera in uscita una tensione che riproduce, amplificata, quella in ingresso. Lo fa controllando la corrente che scorre nel collettore e nella resistenza ad esso collegata, che è in genere almeno di qualche migliaio di ohm. La corrente che passa è quindi comunque piccola e non crea problemi per quanto riguarda la potenza che il transistor può sopportare.



in figura). La lampada è spenta. La potenza ottenuta moltiplicando la tensione ai suoi capi attraversa è praticamente nulla, perchè in queste debolissime (milionesimi di ampere).



LAMPADA QUASI SPENTA

LAMPADA A 1/3 DI LUCE

LAMPADA QUASI COMPLETAMENTE ACCESA

Il transistor nel controllo di potenza

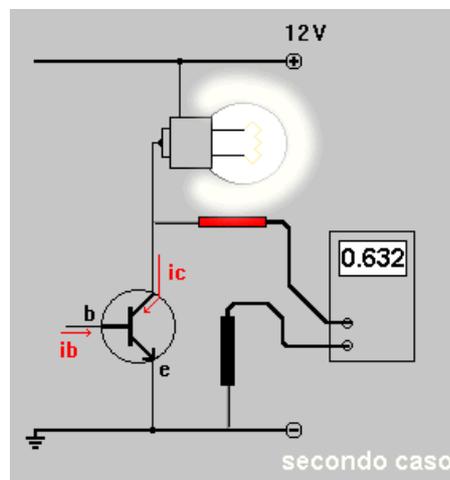
Altra cosa è il transistor impiegato per pilotare un carico caratterizzato da una bassa resistenza, come potrebbe essere una lampadina di cui si vuole regolare la luminosità. Analizzeremo adesso alcuni casi e faremo due conti, per meglio capire come vanno le cose.

Consideriamo uno stadio come quello in figura, alimentato a 12 volt, dove un transistor comanda sul collettore una lampadina da 12 volt e della potenza di 6 watt.

Primo

bassa,

tutta ai



caso: la tensione sulla base del transistor è nulla o molto per cui il transistor non conduce e la tensione di alimentazione si trova quasi ai suoi capi (come indica il tester dissipata dal transistor, per la corrente che lo attraversa in queste condizioni passa una corrente

Secondo caso: la tensione sulla base del transistor è tale da portarlo in completa conduzione. La lampada è completamente accesa e la tensione di alimentazione è presente quasi tutta ai suoi capi. La tensione ai capi del transistor è molto bassa, pari a circa 0,6 volt. La corrente che

attraversa il transistor è quella che attraversa la lampada, e cioè 0,5 ampere. La potenza dissipata dal transistor è quindi $0,6 \times 0,5 = 0,3$ watt. Si tratta di una potenza piuttosto bassa, ma che è già al limite di quella che può essere sopportata da transistori come i BC107, BC108, BC109 e simili (la cui potenza massima è proprio di

0,3 w).

Terzo caso: la tensione sulla base ha un valore intermedio, per cui la lampada è accesa a metà. In questo caso la tensione di alimentazione si dividerà fra la lampada ed il transistor, in percentuali diverse da caso a caso. Supponiamo che dei 12 volt totali, siano presenti 7 volt sulla lampada e 5 volt sul transistor, e che passi una corrente di 0,25 ampere. La potenza dissipata dal transistor diventa $5 \times 0,25 = 1,25$ watt. Tale potenza richiederebbe già l'impiego di transistori relativamente robusti e adeguatamente raffreddati, quelli che vengono definiti "transistori di potenza". Bisogna pensare che stiamo parlando di pilotare una lampada di soli 6 W. Se al suo posto ce ne fosse stata una da 60 W, in analoghe condizioni il transistor si sarebbe trovato a dover dissipare una potenza di 12 w e oltre.

La tecnica ad impulsi

Come abbiamo visto analizzando i tre casi precedenti, controllare un carico di potenza regolando gradualmente la corrente che passa nella base e quindi nel collettore del transistor, risulta poco consigliabile: c'è infatti un notevole spreco di potenza che porta tra l'altro a surriscaldare il transistor, col rischio di distruggerlo. Una soluzione è quella del funzionamento in regime impulsivo. Considerando che i casi in cui il transistor è meno sollecitato si verificano quando la lampadina è tutta accesa o tutta spenta, noi faremo lavorare il transistor sempre in tali condizioni, senza mai ricorrere a situazioni intermedie. Ma come si può allora fare in modo che la lampadina si accenda di più o di meno? Semplicemente accendendola e spegnendola tantissime volte in sequenza, a intervalli così vicini che la luce sembri sempre accesa. Se i tempi in cui la lampada è spenta saranno più lunghi di quelli in cui è accesa, la luce media sarà più bassa, e così via. Nella figura vediamo un esempio del tipo di impulsi che devono arrivare sulla base del transistor per ottenere la regolazione della luce: notiamo che gli impulsi si susseguono sempre con la stessa frequenza (cioè alla stessa distanza); quello che cambia è la lunghezza del periodo di tempo in cui ogni impulso si mantiene a livello alto (cui corrisponde la lampada accesa). Vedremo in una prossima lezione come produrre tali impulsi.

Altro su http://digilander.libero.it/nick47/ind_el.htm

Come aggiungere trombe e fanali all'automobile

Capita spesso, anche su auto di una certa classe, di trovare avvisatori acustici il cui suono è tutt'altro che soddisfacente; molti pertanto decidono di sostituire il clacson montato dalla fabbrica, aggiungendo un bel paio di trombe bitonali dal suono squillante e armonioso. Tra l'altro è possibile trovare tali trombe perfettamente funzionanti anche presso demolitori, dove si possono acquistare con somme davvero ridicole.

Montare le trombe sull'auto in modo funzionale non è impresa da ingegneri, ma per chi non ha alcuna pratica con i circuiti elettrici possono nascere senz'altro delle difficoltà. In questa pagina si cercherà di illustrare in modo semplice le operazioni necessarie.

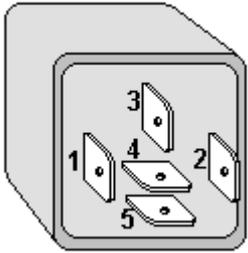


Figura 1: un tipo di relè per automobile

Quasi sempre il clacson montato dalla fabbrica assorbe una corrente modesta, per cui è comandato direttamente dal contatto presente sul volante o in sua prossimità. Le trombe invece hanno bisogno di una corrente più forte: se comandiamo questa corrente col contatto che prima azionava il clacson, rischiamo di far bruciare in poco tempo le lamelle del contatto stesso, che smetterà di funzionare. La soluzione consiste nell'utilizzare un relè: i contatti del relè si faranno carico di interrompere la corrente che arriva alle trombe, mentre noi, col comando dal cruscotto, azioneremo unicamente la bobina del relè, che assorbe una corrente minima.

Esternamente un relè si presenta come una scatola metallica completamente chiusa, dotata sul fondo di un certo numero di piedini, aventi la forma di lamelle (figura 1); per usare correttamente il relè è necessario individuare la funzione di tali piedini. Il sistema migliore è quello di usare un tester, disposto per la misura di resistenze: toccando con i puntali del tester i piedini del relè a due per volta, troveremo in certi casi resistenza zero, in altri resistenza infinita, ovvero circuito aperto. Solo in un caso troveremo una resistenza di valore prossimo a 60 o 70 ohm: occorre allora prendere nota di questi due piedini, perchè sono quelli a cui fa capo la bobina del relè.

Osserviamo che per collegare i cavi ai piedini del relè occorrerà fare uso di appositi morsetti di attacco detti "faston": si trovano presso i negozi di elettrauto o di elettronica in genere, e sono di tipo maschio e femmina; per collegarci al relè useremo attacchi "femmina".

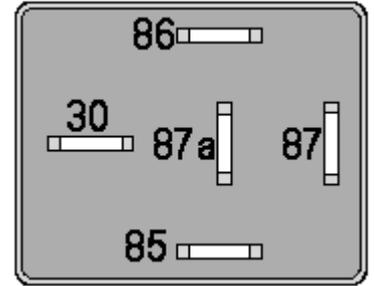


Figura 1b - in alcuni tipi di relè i piedini sono contrassegnati con numeri che ne indicano la funzione: 85 e 86 corrispondono alla bobina, mentre 30 e 87 fanno capo al contatto che si chiude con relè eccitato.

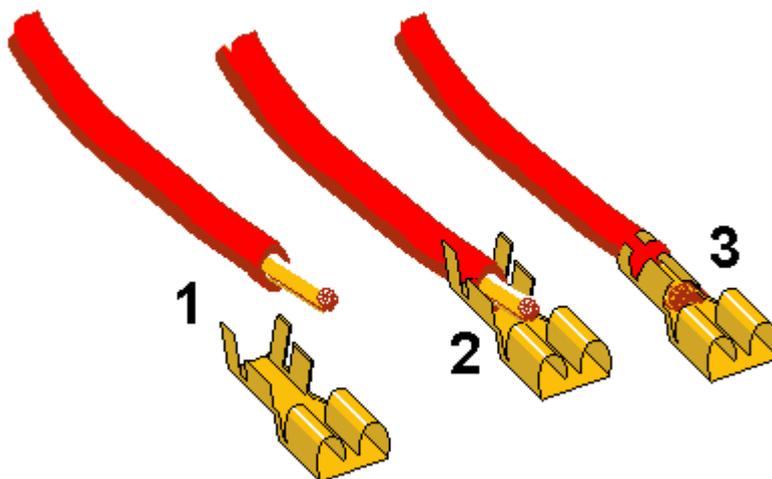


Figura 2: come attaccare un faston al cavo di rame

Il cavo deve essere spellato per mettere a nudo il rame, quindi vi si blocca il faston usando una pinza per ripiegare e bloccare le alette (figura 2). Se vogliamo controllare che il relè funzioni regolarmente, possiamo collegare la bobina del relè alla batteria ed ascoltare il caratteristico scatto dei contatti che si chiudono (figura 3).

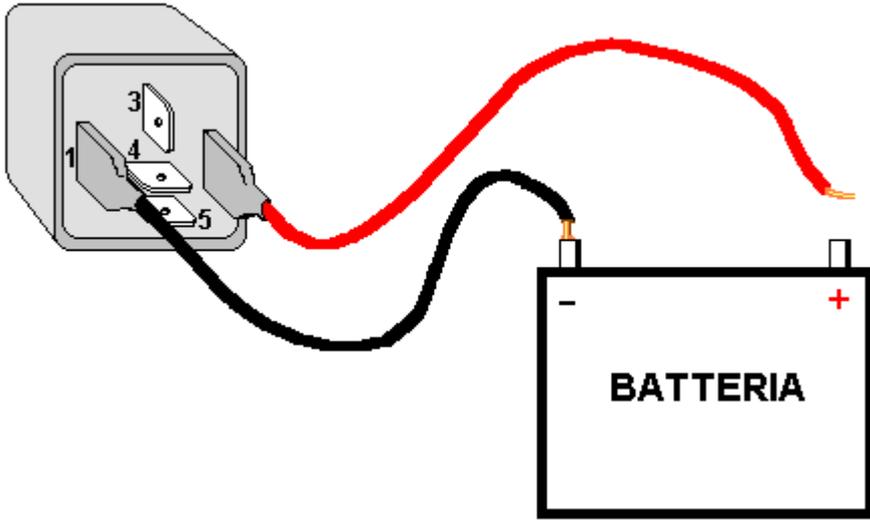


Figura 3: collegando alla batteria la bobina del relè, si sente uno scatto caratteristico

avviene, vuol dire che i piedini non sono quelli giusti.

Il circuito che dovremo realizzare è illustrato nel suo insieme nella figura 4. In tratto sottile si vede il circuito di comando: partendo dal polo "+" della batteria, la corrente arriva al pulsante posto sul volante, da dove giunge alla bobina del relè (piedino 2); il circuito si chiude collegando l'uscita (piedino 1) alla massa, ovvero ad una parte metallica della carrozzeria (osserviamo che molte parti elettriche dell'auto funzionano utilizzando come ritorno la carrozzeria metallica, cui risulta collegato anche il polo "-" della batteria).

Il circuito in tratto più spesso è quello attraversato dalla corrente che alimenta le trombe: anch'esso parte dal polo "+" della batteria, viene interrotto dai contatti 3 e 4 del relè e quindi arriva alle trombe. Anche questo circuito si chiude poi verso massa.

Nella figura dell'esempio la bobina corrisponde ai morsetti 1 e 2; è probabile, ma non sicuro, che anche il vostro relè presenti la stessa configurazione di piedini.

Ad ogni scatto del relè corrisponde l'apertura e la chiusura del contatto contenuto all'interno dell'involucro; occorre quindi individuare quali sono i piedini che fanno capo a questo contatto. Usando ancora il tester, sempre in posizione "resistenza", con i puntali toccheremo i piedini 3 e 4: se sono quelli giusti, sul tester leggeremo resistenza infinita, ovvero "circuito aperto". Faremo poi scattare il relè, tenendolo collegato alla batteria: a questo punto, toccando con i puntali del tester i due piedini, dovremmo trovare resistenza zero, ovvero "contatto chiuso". Se questo non

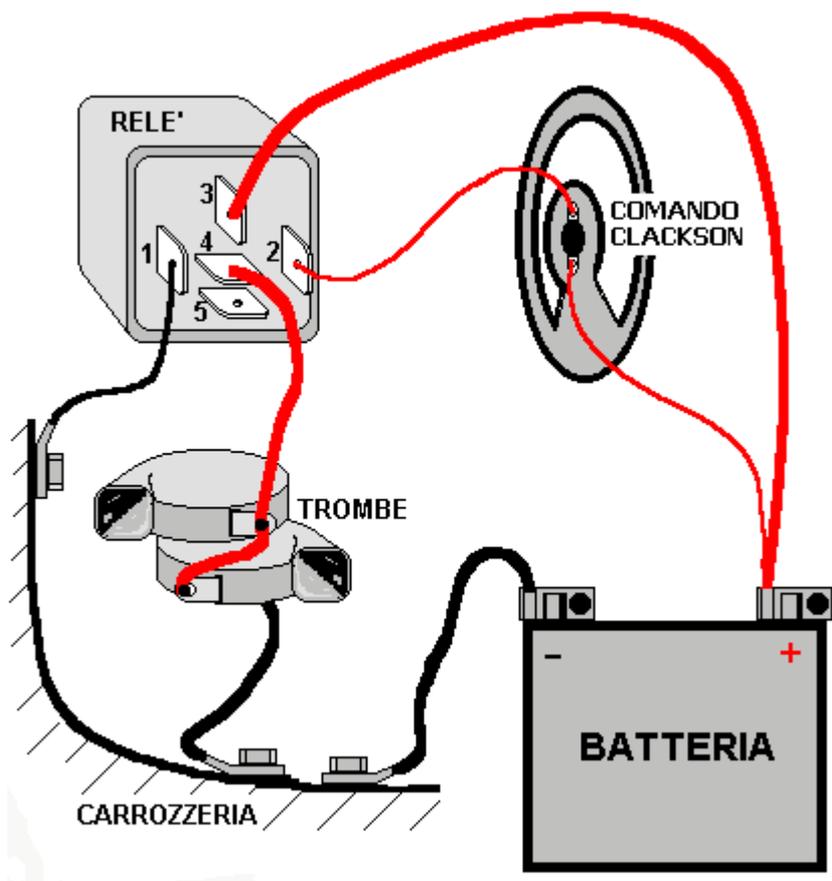


Figura 4: schema complessivo dell'installazione

Precisiamo che alcune trombe presentano un solo morsetto di collegamento, che va al polo positivo: l'altro contatto corrisponde alla parte metallica dell'involucro, per cui è lo stesso supporto metallico che sostiene le trombe a garantire il contatto col polo negativo. Se invece è presente un secondo morsetto, allora questo va normalmente collegato alla carrozzeria, come si vede in figura. Per la realizzazione pratica provvederemo a montare le trombe in prossimità della parte frontale dell'auto, tramite un'apposita staffetta metallica; alla stessa staffa possiamo anche ancorare il relè. Se decidiamo di rimuovere definitivamente il clacson originale, possiamo utilizzare il filo che vi era collegato: basterà staccarlo dal clacson e collegarlo al piedino 2 del relè. In tal modo, quando premiamo il pulsante sul volante, facciamo arrivare corrente alla bobina del relè, che chiude i contatti. Naturalmente dovremo avere un pò di capacità di arrangiarci, per esempio per collegare i nuovi cavi al morsetto "+" della batteria (potrebbe essere necessario aggiungere un morsetto da avvitare a quelli già presenti)

Quanto si è detto vale allo stesso modo per collegare ad esempio dei nuovi fanali (fendinebbia, ecc.); il procedimento è lo stesso: naturalmente, al posto delle trombe collegheremo i fanali, mentre il filo di comando della bobina del relè (piedino 2) dovrà provenire da un nuovo interruttore che avremo appositamente installato sul cruscotto.



Introduzione

Questo corso ha un fine soprattutto pratico: non vi si tratteranno formule e teorie più o meno astratte, ma si discuterà nel modo più semplice possibile di fatti concreti, di immediata utilità, nell'intento di consentire a chiunque di impadronirsi di quelle poche nozioni di base, indispensabili per utilizzare l'energia elettrica con consapevolezza e con quindi con maggiori vantaggi, ed anche, diciamo la verità, con la soddisfazione di capirci qualcosa di più.

Cominciamo quindi a parlare della corrente elettrica.

Come dice la parola stessa, corrente è qualcosa che scorre, che fluisce. La corrente elettrica è in breve un flusso di cariche elettriche che ha luogo all'interno di alcuni materiali. Tali materiali, proprio perché permettono alla corrente di attraversarli, vengono definiti conduttori. Altri materiali, attraverso i quali la corrente non riesce a passare, vengono definiti isolanti.

I materiali conduttori che più ci interessano sono i metalli (ad esempio il rame, l'argento e l'alluminio, che vengono usati per costruire i cavi elettrici) ed i tessuti organici, vale a dire il nostro corpo (purtroppo anche noi siamo dei conduttori!). Tra i materiali isolanti ricordiamo il vetro, il marmo, la plastica, la gomma, il sughero, il legno e la carta (se sono ben asciutti).

È importante osservare che la corrente che scorre all'interno di un corpo, non è qualcosa che viene dall'esterno: ogni corpo è fatto di atomi, e sono proprio gli elettroni degli atomi che, per effetto di una forza applicata dall'esterno (chiamata forza elettromotrice o tensione o differenza di potenziale), cominciano a spostarsi da un atomo all'altro, dando origine al flusso di cariche chiamato corrente elettrica.

La corrente elettrica può essere debolissima, come quella che, all'interno degli organismi viventi, trasmette gli impulsi nervosi; può essere abbastanza forte, come quella che accende la lampadina della nostra stanza, e può essere fortissima, come quella che fonde i metalli in un altoforno o fa camminare un treno a 150 km all'ora.

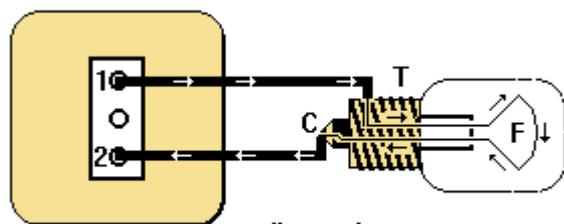


figura 1

Sappiamo bene che oggi senza la corrente elettrica si fermerebbe tutto, a cominciare dal computer dove stiamo leggendo queste parole. Dove troviamo la corrente in casa nostra? Naturalmente nelle prese, le comunissime prese di corrente. Occorre però fare una precisazione: nelle prese non c'è la corrente, ma c'è la tensione, ovvero quella forza che spinge gli elettroni a muoversi, dando origine alla corrente. Questa forza ha un valore ben preciso, che si indica con un numero, abbinato ad una unità di misura: il volt; come diciamo Elisa è alta 168 centimetri, possiamo dire che la tensione disponibile nelle prese di casa nostra misura 220 volt.

Osservando bene una presa, vedremo che in essa ci sono tre fori: lasciamo perdere per il momento il foro centrale, che ha solo una funzione di sicurezza, e parliamo dei due fori laterali. La forza elettromotrice, o tensione, di 220 volt, è presente in realtà solo in uno dei fori. Per semplificare, possiamo immaginare che in uno dei fori sia presente la forza che serve a spingere le cariche elettriche e che l'altro serva solo per ricevere le cariche che hanno terminato il loro percorso utile e se ne vanno.

La tensione presente sulla presa, non produce alcun effetto finché niente vi viene inserito; nel momento in cui vi inseriamo una spina, per esempio la spina di una lampada, non facciamo altro che creare un collegamento tra il foro che spinge e quello che risucchia: nel filo della lampada comincia a scorrere una corrente elettrica, che ha come effetto l'accensione della lampadina. In figura 1 è stato evidenziato con un tratto continuo tutto il percorso seguito dalla corrente, supponendo che essa si sposti nel verso indicato dalle piccole frecce bianche. Si vede che la corrente esce dal foro della presa contrassegnato col numero 1, percorre il filo di collegamento ed arriva alla lampadina. Il punto di contatto tra il filo e la lampadina è rappresentato in questo caso dalla parte filettata, o torso, indicata con T; il torso è a sua volta collegato col filamento e così, come si vede in figura, la corrente prosegue il suo percorso, attraversando il filamento della lampada (che si accende) ed uscendo dall'altro punto di contatto, rappresentato dal bottone metallico situato sul fondo della lampadina, indicato con C. Da qui la corrente, percorrendo il filo di ritorno, arriva nuovamente alla presa, dove entra nel foro numero 2 e se ne va.

E' bene adesso spendere qualche parola sulla lampadina: come mai alcune lampade fanno tanta luce ed altre ne fanno molto poca, pur essendo tutte ugualmente collegate alla stessa presa dove, abbiamo visto, ci sono 220 volt? La spiegazione risiede nella quantita' di corrente che passa nella lampadina. Quelle che fanno poca luce vengono attraversate da poca corrente; quelle che fanno molta luce vengono attraversate da una corrente piu' forte.

Abbiamo visto che la corrente scorre per effetto di una forza detta forza elettromotrice o tensione; c'e' pero' qualcosa che contrasta di più o di meno questa forza e tende a frenare lo scorrere degli elettroni: questa forza frenante, che dipende dalla natura del materiale attraversato, viene detta resistenza elettrica.

Maggiore e' questa resistenza e minore e' la corrente che riesce a passare (abbiamo visto che in certi materiali, detti isolanti, la corrente non passa per niente). Le lampadine che fanno piu' luce sono costruite in modo tale che il loro filamento, cioe' quel filo che si scalda e diventa incandescente, abbia una resistenza bassa e possa quindi far passare piu' corrente. Questo risultato si puo' ottenere in vari modi:

- 1- si puo' usare un materiale che per sua natura abbia una minore resistenza elettrica e quindi presenti una maggior attitudine ad essere attraversato dalla corrente
- 2- scelto un certo materiale, si puo' usare un filo piu' grosso: piu' e' grosso il filo, maggiore e' la corrente che riesce a passare
- 3- si puo' fare in modo che la lunghezza del filo sia minore: piu' corto e' il filo, piu' corrente passa.

Riepilogando possiamo dire che:

Un materiale puo' essere attraversato da corrente se e' conduttore.

La corrente che passa in un materiale dipende da due fattori:

- 1- dalla forza elettromotrice, o tensione, applicata
- 2- dalla resistenza del materiale

Con riferimento ad un conduttore di determinate dimensioni, se indichiamo con V la tensione applicata, con I la corrente che attraversa il conduttore e con R la sua resistenza, possiamo esprimere matematicamente la relazione che esiste fra le tre grandezze:

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

Aggiungiamo che la tensione si misura in Volt (lo abbiamo gia' visto), la corrente si misura in Ampere e la resistenza si misura in Ohm.

In pratica questo vuol dire che conoscendo il valore di due delle tre grandezze in gioco, e' possibile calcolare la terza. Se io ho un utilizzatore la cui resistenza R e' di 44 ohm e lo collego ad una tensione V di 220 volt, posso dire subito che nel mio utilizzatore passera' una corrente di 5 ampere, perche' $220 : 44$ mi da' come risultato 5.

Quando una lampada assorbe più corrente di un'altra e quindi fa piu' luce, si dice che e' di maggiore potenza: cerchiamo allora di definire esattamente che cos'è la potenza. E' intuitivo dire che la potenza dipende dalla corrente assorbita, ma non basta, perchè se io faccio funzionare la stessa lampada con una tensione più alta, ottengo una luce ancora più forte (e magari la lampada mi si brucia). Ciò significa che per parlare di potenza devo considerare non solo la corrente assorbita, ma anche la tensione a cui la lampada assorbe una certa corrente: questo porta a concludere che, dal punto di vista numerico, la potenza si calcola moltiplicando la tensione per la corrente.



Figura 2

Per chiarire meglio quanto affermato, consideriamo le due lampadine illustrate in figura 2: quella a sinistra è una lampadina per fari di automobili, ed è progettata per funzionare con la batteria da 12 volt; quella di destra è una comune lampada per l'illuminazione casalinga a 220 V. Pur essendo

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

diverse nella forma e nella tensione di funzionamento, le due lampade sono progettate per assorbire la stessa potenza di 40 W; infatti, la prima, collegata alla batteria dell'auto, assorbe

una corrente di 3,3 A mentre la seconda, collegata alla presa da 220 V, assorbe una corrente di 0,18 A. Calcoliamo la potenza nei due casi: per la lampada da auto abbiamo $P = 12 \times 3,3 = 39,6$ watt; per la lampada di tipo domestico abbiamo $P = 220 \times 0,18 = 39,6$ watt. Come si vede, a parità di potenza, più

bassa è la tensione di funzionamento, più alta è la corrente assorbita.

Tutti i dispositivi che funzionano con la corrente elettrica, sono chiamati utilizzatori. La nostra casa è piena di esempi di utilizzatori: frigorifero, lavatrice, asciugacapelli, televisione, stufette elettriche, tutti i dispositivi di illuminazione (piantane, lampadari, ecc.) e tanti altri. Se avete in casa il contatore, quella scatola nera con un disco che gira e che misura l'energia consumata, divertitevi a vedere come il disco gira con velocità diverse a seconda degli utilizzatori che accendete; noterete che girerà piano quando attaccate per esempio un frullatore o un ventilatore, ma girerà molto più velocemente se attaccate alla corrente una stufetta o il forno elettrico. In pratica la velocità di rotazione del disco dipende dalla corrente che in quel momento sta passando negli utilizzatori che voi avete collegato alla rete elettrica. Ogni utilizzatore è caratterizzato da due dati: la tensione di funzionamento e la potenza che assorbe quando funziona a quella tensione. La tensione di funzionamento deve essere assolutamente rispettata, pena la distruzione dell'utilizzatore stesso; attualmente, come abbiamo già visto, la tensione nelle nostre case ha il valore unificato di 220 volt, e quindi è poco probabile che un utilizzatore venga collegato ad una tensione errata. La potenza può variare, anche di molto, da un apparecchio all'altro; un televisore da 14 pollici assorbe circa 50 W, un trapano elettrico circa 450 W, un forno può assorbire più di 1500 W. Non è possibile in genere far funzionare in casa utilizzatori di potenza superiore a circa 3000 W, altrimenti scatta la protezione di sovraccarico e si resta al buio. Naturalmente il discorso vale anche per più utilizzatori di potenza minore, ma fatti funzionare contemporaneamente: una lampada da 250 w, accesa mentre si usa un asciugacapelli da 1500 w, e mentre magari ci si scalda con una stufetta da 750 w, equivale ad una potenza totale assorbita di $250+1500+750$, e cioè 2500 w. Una volta era comune trovare nelle case più di una tensione: non solo 220, ma anche 160 e 110 volt. Qualcuno si divertiva a prendere una lampada del tipo a 160 volt e la collegava a 220. La lampada faceva una bella luce vivida, molto più bianca e forte di quella normale, ma dopo poche ore era bella che bruciata! Questo succede perché, a causa della forza elettromotrice (o tensione) troppo elevata, nella lampada passa una corrente superiore a quella che il filamento può sopportare senza distruggersi. Se la stessa lampada fosse stata progettata per funzionare a 220 volt, il suo filamento sarebbe stato costruito con filo più sottile e sarebbe stato più lungo, in modo da opporre una maggiore resistenza alla corrente che cerca di passare sotto la spinta di una tensione più elevata. Questo ragionamento trova conferma nelle tre formule che abbiamo visto prima: una di esse ci dice che la corrente è pari al valore della tensione diviso il valore della resistenza; è chiaro quindi che se una lampadina deve funzionare ad una tensione più alta, deve essere maggiore anche la sua resistenza. Ma è possibile calcolare quanto vale la resistenza di un filo? Certamente, è possibile calcolare la resistenza di qualsiasi corpo o materiale, in base alle sue dimensioni ed alla sua composizione chimica e fisica.

Tanto per gradire, anche la resistenza elettrica si calcola con una formula:

Forse non tutti conoscono quella lettera che sembra un nove allo specchio: si tratta di una lettera greca, e si chiama ρ . Con questa strana lettera ρ (ma si potrebbe usare qualsiasi altra lettera) si indica la resistività, cioè una caratteristica fisica che è specifica di ciascun materiale: il rame, per esempio, ha una resistività minore del ferro e quindi è più adatto a far passare la corrente. Il nichelcromo ha una resistività elevata, pari a circa 60 volte quella del rame, e così risulta adatto per

la costruzione di resistenze elettriche, cioè apparecchiature che sono utili proprio perché presentano una resistenza elevata.

Come esempio, proviamo a calcolare la resistenza di un filo di nichelcromo avente una sezione di 0,2 mm quadrati e una lunghezza di 10 metri. Occorre conoscere quanto vale la resistività del nichelcromo; cercando in un apposito manuale si trova

resistività del nichelcromo = 0,9 ohm mmq/m

il che significa 0,9 ohm di resistenza per ogni metro di lunghezza, quando la sezione misura 1 millimetro quadrato. Moltiplico il valore della resistività (0,9) per la lunghezza del mio filo, che era 10 (metri) e poi divido per la sezione, che era 0,2 (millimetri quadrati)

$$R = \rho \frac{l}{s} \quad \text{ohm} = \frac{\text{ohm mmq}}{\text{m}} \frac{\text{m}}{\text{mmq}}$$

figura 3

valore della resistenza in ohm. Nella parte 1ª abbiamo parlato di tensione, corrente e resistenza, facendo sempre riferimento alle prese di corrente che si trovano nelle nostre case: l'elettricità che vi arriva è prodotta in apposite centrali elettriche e viaggia attraverso linee lunghe anche centinaia di chilometri. Esistono comunque altre sorgenti di elettricità, ciascuna con caratteristiche proprie e, come vedremo, molto diverse l'una dall'altra. Tutti noi ci siamo serviti almeno qualche volta delle pile, le comuni pile dette anche, impropriamente, batterie; le abbiamo usate magari per far funzionare la radiolina o il walkman.

Quelle cilindriche, per esempio, esistono in vari formati (ministilo, stilo, mezzatorcia, torcia), ma forniscono tutte la stessa tensione: 1,5 volt. Che differenza c'è allora tra una pila e l'altra? La risposta più intuitiva è: la quantità di energia che essa contiene. Se ad una di queste pile colleghiamo una piccola lampadina da torcia elettrica, adatta a funzionare a 1,5 volt, la lampadina si accenderà nello stesso identico modo con ciascuna pila; vedremo, però, che con una pila grande la lampadina rimarrà accesa più a lungo. Tale durata, che è tanto maggiore quanto più grande è la pila, è determinata da quella che viene definita "capacità" della pila. La capacità è una grandezza che tiene conto sia della corrente erogata, sia del tempo per cui la pila riesce ad erogare tale corrente; per questo motivo, la capacità si calcola moltiplicando la corrente per le ore, e si misura in Ah (cioè: amper-ora). Per fare un esempio, con la stessa pila possiamo far accendere per due ore una lampadina che assorbe una corrente di 0,5 A, oppure per quattro ore una lampadina che assorbe 0,25 A (cioè metà corrente della precedente); se calcoliamo la capacità, abbiamo nel primo caso: $0,5 \times 2 = 1 \text{ Ah}$ e nel secondo caso: $0,25 \times 4 = 1 \text{ Ah}$. La capacità è in ogni caso di 1Ah. Occorre comunque precisare che, a parte ciò che si è detto sulla diversa capacità, le dimensioni della pila determinano anche la massima corrente che questa può fornire: proprio a causa delle diverse caratteristiche costruttive, una pila piccola non potrà mai fornire la corrente che è in grado di erogare una pila grande, nemmeno per un istante brevissimo. Quanto si è detto fino ad ora, vale per quegli altri generatori di energia elettrica, come gli accumulatori o le batterie che troviamo nelle nostre auto o nei telefonini cellulari. A differenza delle pile, questi sono ricaricabili, sono cioè in grado di incamerare nuovamente l'energia che hanno fornito e possono quindi essere usati per parecchio tempo. Una batteria per auto, come molti sapranno, ha una tensione caratteristica di 12 volt, mentre la capacità può variare da circa 35 Ah a 70 od 80 Ah o più. Quella raffigurata a lato ha una capacità di 60 Ah: può fornire, ad esempio, 1 A per 60 ore, oppure 5 A per 12 ore, o ancora 10 A per 6 ore. Più alta è la capacità della batteria e più forte è la corrente che essa può fornire: in certi



Quattro tipi di pile, tutte con la stessa tensione di 1,5V; da sinistra a destra: ministilo, stilo, mezza torcia, torcia.

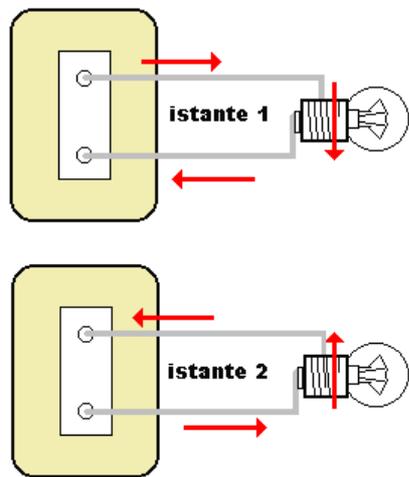


Batteria da 12V per auto; questa nella foto ha una capacità di 60 Ah

istanti, per esempio all'avviamento del motore, la batteria eroga, sia pure per tempi brevissimi, una corrente detta di spunto che può arrivare ad alcune centinaia di ampere: è chiaro quindi che una batteria di maggiore capacità facilita l'avviamento del motore anche in condizioni sfavorevoli.

Ma esiste una grande differenza fra la tensione di una batteria (o pila o accumulatore) e quella che noi troviamo nelle prese di casa nostra.

Non parlo del diverso valore, e cioè dei 220 volt di casa o dei 12 volt della batteria dell'auto, ma di una proprietà caratteristica che comporta tutta una serie di vantaggi e svantaggi, che cercheremo di analizzare per sommi capi. Tornando alla nostra pila, la comune pila a stilo per esempio, osserviamo che essa viene utilizzata tramite due contatti metallici, che si trovano sulle due estremità opposte. Da un lato troviamo un bottoncino metallico largo pochi millimetri che sporge al centro di una superficie di plastica; in genere in sua corrispondenza è disegnato un "+". Dall'altra parte troviamo il fondo della pila, completamente in metallo, che è quello che in genere viene a contatto con una molla, quando la pila viene inserita nell'apparecchiatura ove deve funzionare. I due punti di contatto che abbiamo visto vengono chiamati "poli". Per la precisione uno, quello dove c'è il bottoncino piccolo contrassegnato col "+", viene detto polo positivo; l'altro, il fondo metallico della pila, è il polo negativo. La corrente fornita da una pila (o da una batteria o accumulatore che dir si voglia) esce sempre dal polo positivo, attraversa l'utilizzatore (per esempio la lampadina) e rientra dal polo negativo. Finché la pila è carica ed eroga corrente, questa fluisce sempre nella stessa direzione e con un valore praticamente costante: una corrente con tali caratteristiche viene definita "corrente continua".



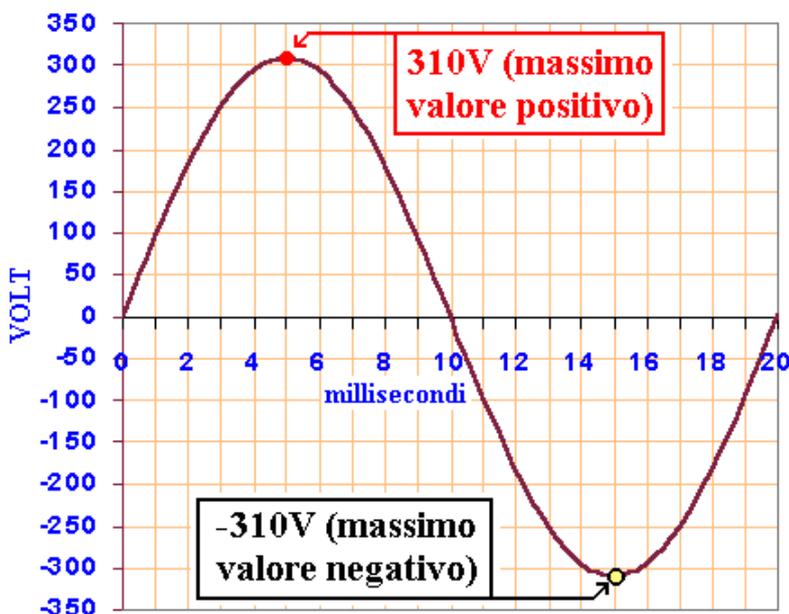
LA CORRENTE ALTERNATA

Ben diversa è la corrente che usiamo in casa prelevandola dalle prese, e che è detta corrente di rete. Tanto per farci un'idea del suo comportamento, possiamo supporre che per un breve tempo la corrente esca da un foro della presa e rientri in quell'altro (vedi figura: istante 1); subito dopo immaginiamo che la stessa corrente cominci ad uscire dal foro in cui prima rientrava, per rientrare in quello da cui prima usciva (istante 2).

Supponiamo poi che, dopo un altro breve intervallo di tempo, la situazione si inverta ancora, e così via all'infinito. Nel caso specifico delle reti elettriche in Italia, la corrente cambia effettivamente direzione (o, meglio, "polarità") 50 volte al secondo; ciò vuol dire che nel breve intervallo di un cinquantesimo di secondo, la corrente scorre in un verso per la prima metà (e quindi per un centesimo di secondo) e nel verso opposto per l'altra metà (l'altro centesimo di secondo). Ma non basta: oltre a cambiare direzione, la corrente fluisce con un valore che non è costante, ma varia da zero ad un massimo e poi di nuovo a zero. Una corrente con tali caratteristiche viene definita "corrente alternata", ed è quella che più usiamo nella vita di tutti i giorni, senza renderci conto di come essa sia "inquietata".

Per chi ama i grafici ed ha un pò di confidenza con essi, la corrente alternata si può

rappresentare come nella figura che segue.



Proviamo ad analizzare il grafico; in orizzontale è rappresentato il tempo, con valori che vanno da 0 a 20 millisecondi, mentre sull'asse verticale, a sinistra, si trovano i valori di tensione. Vediamo che, a partire dal tempo 0, il valore della tensione cresce e, a 5 millisecondi dall'inizio, raggiunge un valore massimo di 310 volt. La tensione comincia poi a scendere, ed arriva a zero quando sono passati 10 millisecondi dall'inizio.

Si vede poi che la tensione scende al di sotto del valore 0, per raggiungere nel punto più basso un valore di -310 volt. Cosa significa il meno davanti al numero? Niente di particolare; una tensione di -310 volt è esattamente uguale ad una di 310 volt: l'unica differenza è che la corrente scorre in senso contrario. La tensione riprende poi a salire e, a 20 millisecondi dall'inizio, torna a zero.

Da questo momento ricomincia un altro ciclo,

esattamente uguale a quello appena visto. Come abbiamo detto, questi cicli completi si ripetono 50 volte in un secondo, e

con la stessa successione di valori: per tale motivo, si dice che la corrente alternata ha una frequenza di 50 hertz, ed è una grandezza periodica; per essere più precisi, la tensione di rete è una grandezza "sinusoidale", poiché i valori che assume nell'ambito di un ciclo corrispondono esattamente ai valori della funzione matematica chiamata "seno".

Ci sono ancora altre osservazioni da fare, ma credo di avervi annoiato a sufficienza. Non so quanti di voi saranno arrivati a leggere fin qua. Per chi ce l'ha fatta, appuntamento con la Parte 3^a.



Figura 1 - tester o multimetro



Figura 2 - Come funzionerebbe una lampada se la corrente alternata di rete avesse una frequenza troppo bassa

Nella parte 2^a abbiamo detto che la corrente disponibile nelle prese delle nostre case è in realtà una corrente alternata, il cui valore varia in continuazione, passando da zero a un massimo e addirittura invertendo il senso di scorrimento. Siamo tutti abituati ad indicare la tensione di rete come "tensione a 220 V", ed in effetti tutti gli apparecchi nati per funzionare con la corrente di rete riportano come tensione di funzionamento il valore 220; perchè allora si usa attribuire questo valore ad una tensione che, in realtà (come si è visto nel grafico della lezione precedente) raggiunge valori max anche di 310 volt ?

La spiegazione è questa: il valore comunemente indicato di 220 V è il cosiddetto "valore efficace" (una specie di valore medio), e, come dice il nome, è il valore che esprime la reale efficacia di una tensione sinusoidale. Tale valore viene determinato in base all'effetto termico che una certa corrente è in grado di produrre: supponiamo per esempio di alimentare con la nostra tensione alternata una stufetta; essa produrrà una certa quantità di calore, raggiungendo una certa temperatura, di cui prenderemo nota. Stacciamo poi la stessa stufetta dalla rete a corrente alternata ed alimentiamola con una tensione continua; misuriamo il calore prodotto dalla stufa mentre, poco alla volta, aumentiamo il valore della tensione continua. Nel momento in cui ci accorgiamo che il calore prodotto è lo stesso che ottenevamo con la corrente alternata, abbiamo trovato quello che cercavamo: il valore che ha in quell'istante la tensione continua corrisponde esattamente al valore efficace della tensione alternata da cui siamo partiti.

Anche quando si prova a leggere il valore della tensione alternata con un apposito strumento (detto tester o multimetro: figura 1), la lettura che esso ci fornisce è sempre 220 volt, ovvero il valore efficace.

Uguualmente, se noi accendiamo una lampadina collegandola alla presa di 220 volt, la lampada fa la stessa luce che farebbe se funzionasse con una tensione continua di 220 volt. Questo succede perchè il filamento della lampadina, grazie alla sua inerzia termica, non può seguire le rapide variazioni dei valori di tensione, nè quando diventano zero, nè quando sono massimi, e quindi emette una luce media costante. Se la tensione di rete avesse una frequenza più bassa, per esempio inferiore ad 1 Hz, le nostre lampade si comporterebbero come quella di figura 2 (in effetti non sarebbe troppo confortevole!)

La corrente alternata ha dei pregi e dei difetti. E' facile per esempio da una tensione alternata ottenerne una di valore completamente diverso, più alto o più basso, a seconda delle necessità di utilizzazione: basta fare uso di un trasformatore (figura 3), un dispositivo di costruzione abbastanza semplice e dal rendimento elevato.

Così se voglio servirmi di un motore che funziona a 48 volt, e voglio utilizzare la tensione di rete a 220 volt, mi basta procurarmi un trasformatore 220/48 V, e il problema è risolto. D'altra parte, la tensione (e quindi la corrente) alternata non è adatta, per esempio, a far funzionare apparecchiature audio. Se una tensione alternata arriva ad un altoparlante, questo comincia immediatamente a produrre un caratteristico rombo, ovvero un suono a bassa frequenza, continuo, che non permette di udire altro. Quindi per alimentare un registratore, uno stereo, o qualunque apparecchiatura musicale, devo prima trasformare la corrente di rete in una corrente continua, che avendo un flusso lineare e costante non produce rumore e permette il regolare funzionamento dei circuiti audio, così come di qualunque apparecchiatura elettronica.

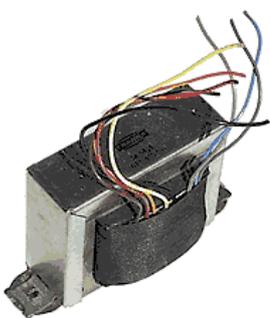
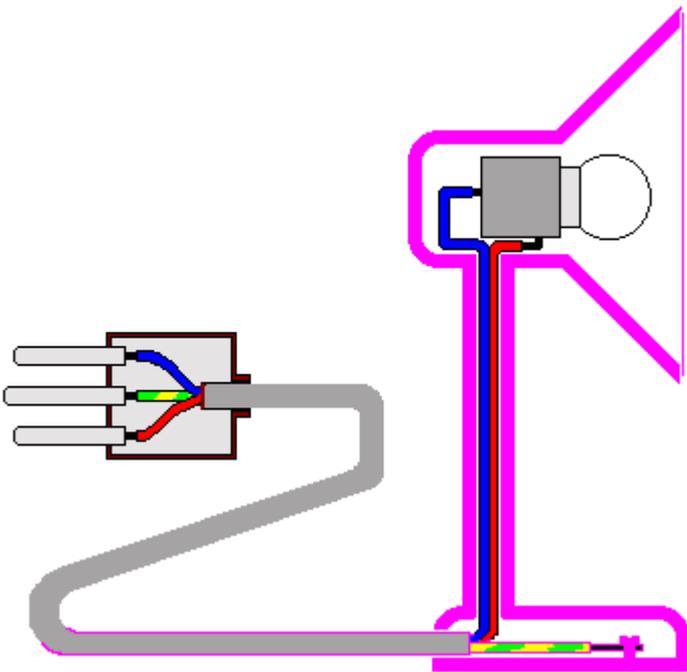


Figura 3 - piccolo trasformatore per elettronica

rumore e permette il regolare funzionamento dei circuiti audio, così come di qualunque apparecchiatura elettronica.

Adesso facciamo un piccolo passo indietro: riguardo le prese di corrente, ad esempio, non abbiamo parlato della funzione del foro centrale. Nell'impianto elettrico, il foro centrale delle prese risulta, come si dice comunemente, collegato "a terra" o "a massa". In realtà l'espressione è abbastanza vicina al vero; non si sbaglia dicendo che c'è un filo (cioè un cavo elettrico unico o unipolare) che parte dal foro centrale di ogni presa e va a finire nel terreno, proprio la terra dei giardini, quella dove camminiamo e piantiamo i fiori. Non si tratta di un filo semplicemente infilato nel terreno come una pianta e magari concimato, ma di qualcosa di molto vicino; in realtà si allestisce quella che viene chiamata "presa di terra", facendo uno scavo che viene riempito di sostanze in grado di ridurre la resistività del terreno e quindi di favorire la dispersione dell'elettricità. Abitualmente in questo filo, che parte dal foro centrale della presa, e che è quasi sempre di colore giallo e verde, non passa alcuna corrente; infatti si è detto che la corrente che alimenta i nostri utilizzatori esce da un foro della presa e rientra in quell'altro. Questo è vero quando tutto funziona regolarmente; ma supponete che, per esempio, all'interno di un ferro da stiro, un filo che porta la corrente si spelli o si bruci, perdendo anche in un solo



punto lo strato esterno che lo isola. Se il filo di rame viene a contatto con la carrozzeria del ferro da stiro, la tensione di 220 V della presa viene ad essere presente su tutte le parti metalliche del ferro. A questo punto la povera stiratrice che tocca il ferro, magari con le mani bagnate, offre senza saperlo una nuova strada al passaggio della corrente: la corrente, invece di rientrare nel secondo foro della presa dopo aver attraversato le resistenze del ferro da stiro, trova magari più semplice attraversare il corpo della povera donna per continuare il suo percorso attraverso il pavimento. Se questo succede, ed in quale misura, dipende da tanti fattori: per esempio dal tipo di scarpe indossate dalla vittima e dal tipo di pavimento; si tratta comunque di un rischio da evitare. Come? Usando un terzo filo che collega l'involucro metallico del ferro da stiro col foro centrale della presa di corrente. In questo modo, se per disgrazia la tensione di rete viene ad essere presente sulle parti metalliche del ferro da stiro, la corrente sceglie per scaricarsi la strada più facile, ovvero quella di minore resistenza. Se l'impianto di terra a cui abbiamo collegato i fori centrali delle nostre prese è ben costruito, la sua resistenza sarà abbastanza bassa, per cui in presenza di dispersioni, una eventuale corrente sceglierà di scaricarsi attraverso di essa, e non più attraverso il corpo della povera casalinga che stira.

Quindi, se vi capita di sostituire o riparare il cavo di alimentazione di qualche apparecchiatura, specialmente se questa può essere usata con mani umide, prestate la massima attenzione a collegare correttamente il cavo di terra; anzi collegatelo per primo. Nei cavi di uso comune ci sono tre conduttori: in genere uno è blu, uno marrone e uno giallo-verde. E' il filo giallo-verde che dovete collegare alle parti metalliche dell'apparecchio (in genere c'è un morsetto da avvitare) e al contatto centrale della spina.

I CAVI CHE PARTONO DAI CONTATTI LATERALI DELLA SPINA NON DEVONO MAI ESSERE COLLEGATI ALLE PARTI METALLICHE DEGLI ELETTRODOMESTICI !

Nella figura viene illustrato il modo di collegare il cavo di alimentazione ad una lampada da tavolo: si utilizza un cavo (nella figura è di colore grigio) detto "tripolare", cioè che contiene al suo interno tre cavetti di diverso colore; per esempio: blu, marrone e giallo/verde. Quello giallo-verde deve essere collegato da una parte al contatto centrale della spina e, arrivato alla lampada, deve essere stretto sotto una vite, in modo da risultare a diretto contatto con le parti metalliche della lampada stessa (che nella figura sono colorate in viola). Gli altri due cavetti andranno collegati ai contatti laterali della spina, non importa da quale parte il blu e da quale il marrone, ed al portalampana, cioè a quel componente della nostra lampada da tavolo, dove avviamo la lampadina.



LE NOZIONI FORNITE IN QUESTE PAGINE HANNO UNO SCOPO PURAMENTE INFORMATIVO - NON SI CONSIGLIA, A CHI NON ABBA LA NECESSARIA ESPERIENZA, DI EFFETTUARE RIPARAZIONI O MODIFICHE SU APPARECCHIATURE ELETTRICHE DESTINATE A FUNZIONARE CON LA TENSIONE DI RETE !

Nella lezione precedente abbiamo visto che i trasformatori consentono di trasformare il valore della tensione, purchè si tratti di una tensione alternata; cercheremo adesso di capire più da vicino, sia pure sommariamente, come è fatto e come funziona un trasformatore elettrico.

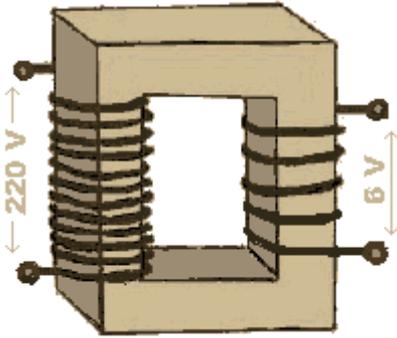


Figura 1 - Un trasformatore è composto da due avvolgimenti di filo conduttore intorno ad un nucleo magnetico

Fondamentalmente (figura 1) esso è costituito da un nucleo metallico, chiuso ad anello, la cui grandezza può variare anche di molto, in funzione della potenza erogata. Intorno a questo nucleo si realizzano due avvolgimenti, con filo di rame smaltato, proprio avvolgendo il filo come si vede in figura: da una parte si realizza l'avvolgimento che sarà collegato alla tensione più alta (quello di sinistra, con tante spire, che collegheremo per esempio a 220 volt); dall'altra parte si realizza l'avvolgimento con meno spire, quello che fornirà una tensione più bassa (per esempio 12 V). Naturalmente non avvolgeremo il filo direttamente sul ferro, perchè l'isolamento del filo stesso potrebbe deteriorarsi e quindi la tensione di rete sarebbe pericolosamente presente sul ferro del trasformatore. I due avvolgimenti saranno eseguiti su appositi cartocci isolanti; le estremità di ciascun avvolgimento verranno poi portate all'esterno, facendo capo eventualmente ad appositi terminali, in modo da poter essere facilmente collegati. Se noi, stando ai valori citati come esempio, colleghiamo alla rete i due capi dell'avvolgimento a 220 V, dall'altra parte (ai capi dell'avvolgimento con poche spire) troveremo una tensione di 12 V. Ma come fa la corrente a passare dal primo avvolgimento al secondo, se questi sono completamente isolati?

In effetti la corrente non passa, ma succede un'altra cosa, che cercherò di spiegare in modo molto semplificato. Noi abbiamo collegato alla rete (le famose prese di corrente di casa) l'avvolgimento con molte spire: in questo avvolgimento quindi passa una corrente, che da un capo entra e dall'altro esce; passando nelle spire, la corrente produce un effetto: crea un campo magnetico, cioè il nucleo di ferro del trasformatore diventa una specie di calamita. Infatti, se avvicinate al nucleo una lametta da barba, sentirete che la lametta vibra, per effetto del campo magnetico che vi si induce. Attenzione: a differenza della calamita che attrae a sé e basta, il campo magnetico del trasformatore è un campo magnetico alternato, così come è alternata la corrente che lo crea, e le vibrazioni che avvertite nella lametta sono esattamente a 50 hertz, ovvero la frequenza della corrente di rete. È proprio questo campo magnetico continuamente variabile che, attraversando tutto il nucleo metallico del trasformatore, dà origine ad una corrente indotta nell'altro avvolgimento, e ci permette di prelevare da quest'ultimo una tensione, anche se non esiste nessun collegamento elettrico. Occorre infatti sottolineare questo aspetto fondamentale: il trasformatore, oltre a consentire di variare il valore della tensione, permette di ottenere in uscita un circuito completamente isolato da quello principale, e quindi sicuro anche per chi dovesse accidentalmente venire a contatto con i fili ad esso collegati.

Attenzione: Talvolta, col nome di TRASFORMATORI, si trovano in commercio apparecchi che sono in realtà AUTOTRASFORMATORI.

I vari avvolgimenti di un autotrasformatore NON sono isolati fra loro: si tratta di un unico avvolgimento con varie prese, dove tutti i terminali risultano direttamente COLLEGATI ALLA RETE - occorre quindi la massima attenzione nell'uso di tali apparecchi.

Per concludere, aggiungiamo che i due avvolgimenti del trasformatore, quello di entrata e quello di uscita, si chiamano rispettivamente primario e secondario. Ciascuno di essi è composto da un numero di spire che naturalmente non è casuale: le spire sono esattamente proporzionali alle diverse tensioni, e dipendono inoltre dalla potenza del trasformatore. Il rapporto fra il numero di spire primarie ed il numero di spire secondarie è esattamente uguale al rapporto fra le tensioni dei



due avvolgimenti e viene definito "rapporto di trasformazione"

Ma i trasformatori sono importantissimi anche per un altro motivo: essi rendono possibile il trasporto dell'energia elettrica dai luoghi di produzione a quelli di utilizzazione. La quantità di energia che richiede la nostra società è inimmaginabile; centinaia e centinaia di megawatt (1 megawatt = 1 milione di watt) viaggiano di continuo sulle linee elettriche che, effettivamente poco piacevoli, attraversano le nostre campagne. Come sarebbe possibile far viaggiare tali enormi potenze? La corrente sarebbe così forte che per consentirne il passaggio occorrerebbero cavi grossi come tronchi d'albero!

Per fortuna (vedere parte 1^a) la potenza è uguale al prodotto della corrente per la tensione; ciò significa che la potenza in gioco non cambia se la corrente diminuisce ma nel frattempo aumenta proporzionalmente la tensione. Ecco allora che per trasportare l'energia elettrica a distanza, senza usare cavi giganteschi, conviene aumentare notevolmente la tensione in modo da ottenere che la corrente nella linea sia più bassa e quindi possa viaggiare su cavi di dimensioni accettabili. La tensione che si usa è effettivamente alta (varie decine di migliaia di volt) e la si avverte anche a distanza; se siete in campagna e passate sotto uno di questi elettrodotti fermatevi e fate silenzio: sentirete il classico crepitio dell'alta tensione, come aria che frigge, e vi renderete conto di quale campo elettrico si generi intorno a tali linee! Grazie a trasformatori enormi (ben più sofisticati del semplice esempio visto prima) la tensione viene elevata prima di essere instradata sulle linee per il trasporto. All'arrivo, un altro trasformatore realizza l'operazione opposta: riabbassa la tensione, portandola ai valori adatti alle applicazioni comuni.

Tutto questo non sarebbe possibile con la corrente continua, poichè essa non è in grado di dare origine ad un campo magnetico variabile e quindi non permette di usare i trasformatori.

Carichi resistivi e carichi induttivi.

I vari utilizzatori che funzionano con la corrente elettrica possono differenziarsi, oltre che per la tensione e per la potenza richiesta, anche per il loro comportamento nei confronti della corrente stessa. Ci sono infatti utilizzatori, detti appunto carichi resistivi, che sono costituiti unicamente da una resistenza, cioè un filo realizzato con materiale di resistività elevata che, come abbiamo visto, viene percorso da corrente e si riscalda; utilizzatori di questo tipo sono, ad esempio, il forno di casa, la stufetta e le sempre presenti lampadine: in effetti delle lampadine a noi interesserebbe di più la luce, ma il calore, purtroppo, è sempre presente, e non è neppure poco.

Ci sono però altri utilizzatori (anche fra i comuni elettrodomestici) che non sono delle resistenze; un ventilatore, per esempio, o un frullatore, fanno uso di un motore che è prevalentemente costituito da avvolgimenti (come i trasformatori), ed abbiamo visto che un avvolgimento produce campi magnetici. E' proprio l'effetto di questi campi magnetici che permette al motore di girare e produrre energia meccanica. In questi casi si parla di carichi induttivi. La principale caratteristica di un carico induttivo è quella di opporsi alle variazioni rapide della corrente: se si applica tensione a un induttore, la corrente non inizia a passare subito, ma dopo un certo tempo ed aumentando gradualmente. Analogamente, nel momento in cui si toglie tensione, la corrente in un induttore non può cessare di colpo, ma tende ad estinguersi con ritardo. Questo è il motivo per cui, quando si stacca alimentazione ad un'apparecchiatura di tipo induttivo, si vede scoccare una scintilla fra i contatti dell'interruttore: è la corrente che stava circolando fino ad un attimo prima e che, non potendo cessare istantaneamente, cerca di continuare a scorrere attraversando anche lo spazio d'aria fra i contatti dell'interruttore aperto. La scintilla si verifica poichè l'interruzione improvvisa di un circuito induttivo determina anche la nascita di una sovratensione, cioè di una tensione più elevata di quella di normale funzionamento, che permette alla corrente di vincere anche la resistenza dell'aria. Mentre gli utilizzatori di tipo resistivo possono funzionare indifferentemente sia con una tensione alternata che con una continua, purchè dello stesso valore, gli utilizzatori di tipo induttivo devono assolutamente funzionare col tipo di tensione per cui sono stati progettati; e tale tensione deve avere non solo il giusto valore in volt, ma anche la giusta frequenza. Un trasformatore progettato ad esempio per funzionare con una tensione di 220V a 60Hz, può surriscaldarsi (ed anche andare incontro ad avaria) se viene fatto funzionare con una tensione di 220V ma a 50Hz.

Collegamenti in parallelo e in serie.

Volendo collegare alla rete diverse lampadine,

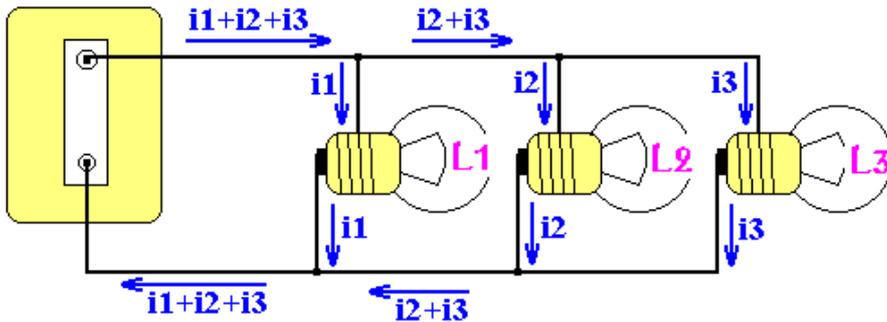


Figura 1 - Collegamento in parallelo: la tensione è la stessa per tutti gli utilizzatori; ogni utilizzatore assorbe la sua corrente

questo caso? La corrente che esce dalla presa attraversa una dopo l'altra tutte le lampadine; si tratta dell'unica corrente che circola, essendo solo uno il circuito possibile.

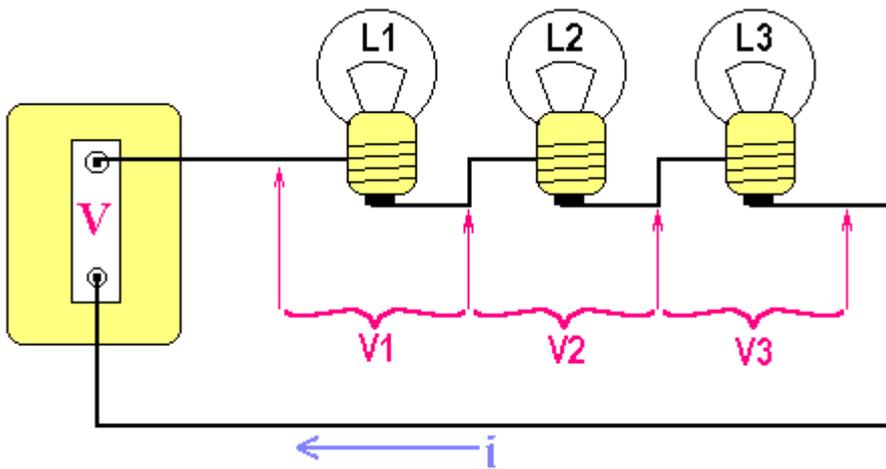


Figura 2 - Collegamento in serie: tutti gli utilizzatori sono attraversati dalla stessa corrente; la tensione si ripartisce sui vari utilizzatori

La corrente che esce dalla presa attraversa una dopo l'altra tutte le lampadine; si tratta dell'unica corrente che circola, essendo solo uno il circuito possibile.

Quanta corrente passa? La tensione di 220 volt della presa risulta applicata a tutta la fila di lampadine, quindi per far passare corrente deve vincere la resistenza non di una sola, ma di tutte le lampadine, una dopo l'altra; la resistenza che incontra è equivalente quindi alla somma di tutte le resistenze. La tensione di 220 volt si suddividerà allora tra le varie lampadine, e su ogni lampadina sarà presente la tensione che occorre perchè la corrente in circuito possa superare la resistenza di quella lampadina. Se supponiamo di collegare in fila 10 lampadine identiche, troveremo che su ogni lampada

sarà presente una tensione di 22 volt. Un simile collegamento si chiama collegamento in serie.

Esempio caratteristico di collegamento in serie sono le lampadine dell'albero di natale. Una serie è costituita da 10 o più lampadine colorate, tutte aventi le stesse caratteristiche elettriche. Se una di esse venisse collegata da sola alla rete a 220 volt, scoppierebbe immediatamente; insieme alle altre invece essa sopporta solo una piccola parte della tensione di rete e può funzionare senza bruciarsi.

Potenza ed energia.

Vorrei spendere qualche parola su due concetti che spesso sono oggetto di confusione: quelli di potenza e di energia. Per essere più chiaro, farò un esempio pratico: abbiamo un carico di materiali che pesano 400 kg e che noi vogliamo portare su un solaio che si trova all'altezza di 20 metri. Supponiamo di sollevare questo peso con un paranco elettrico, e che il paranco, girando lentamente, impieghi 50 secondi per portare il carico a 20 metri. Se facciamo due conti, vediamo che il paranco ha compiuto un lavoro pari a 8000 kgm (chilogrammetri). Per compiere questo lavoro ho consumato una certa quantità di energia elettrica. Supponiamo ora di rifare lo stesso lavoro, usando un paranco di potenza doppia; questo mi solleverà il peso in 25 secondi, ma avrà compiuto lo stesso lavoro dell'altro e consumato la stessa quantità di energia: si tratta dell'energia che corrisponde a quel determinato lavoro, e non ha niente a che fare col tempo impiegato a compierlo. Il paranco dotato di motore più potente è in grado di sollevare il peso più velocemente; rimane attaccato alla corrente per meno tempo ma in quel tempo assorbe una corrente più alta. Il paranco meno potente solleva il peso lentamente, e assorbe una corrente più bassa per un tempo più lungo: la quantità di energia è la stessa. E infatti l'energia si misura in kwh (chilowattora), una unità di misura che corrisponde al prodotto di una potenza per un tempo!

è possibile collegarle come si vede nella prima delle figure a lato; in tal modo ognuna delle lampade risulta collegata a 220 volt ed assorbe la corrente che il suo filamento lascia passare. Un simile collegamento si chiama collegamento in parallelo.

Sarebbe poi possibile fare una cosa più originale: collegare le lampade non una di fianco all'altra, ma una in fila all'altra, in modo che l'uscita di una sia collegata all'entrata di quella che segue, così come si vede nella seconda figura. Cosa succede in



Molto spesso si parla indifferentemente di "spine" o di "prese" senza rendersi conto della differenza sostanziale che invece esiste fra le une e le altre; occorre poi considerare che esistono non pochi tipi di prese e relative spine, per cui la confusione diventa anche maggiore. Cerchiamo allora di capire meglio le differenze tra un tipo e l'altro, in modo da usare possibilmente sempre l'accessorio più adatto alle varie esigenze che possono presentarsi quotidianamente nell'ambito della vita domestica.

La prima distinzione da fare è la seguente:

Le prese sono quelle dotate di soli fori, da dove la corrente esce: parliamo quindi delle prese di corrente che si trovano sulle pareti delle nostre case.

Le spine sono quelle dotate di perni metallici che possono essere infilati nei fori delle prese; pertanto, ogni apparecchiatura che deve funzionare con la corrente elettrica è dotata di un cavo che termina con una spina.

A questo punto osserviamo che è piuttosto ovvio che, dove la corrente è sempre presente, si usi un dispositivo dotato di fori; immaginate cosa succederebbe se la corrente fosse presente su dei perni sporgenti come quelli delle spine: sarebbe sufficiente sfiorare per errore uno dei perni per restare folgorati da una scarica elettrica!

Naturalmente, sui perni delle spine dei nostri elettrodomestici non c'è corrente, quindi non si corre pericolo a toccarli: solo quando essi vengono inseriti in una presa, la corrente vi entra ed attraverso il cavo arriva all'elettrodomestico.

A tutti noi è capitato più volte di dover collegare alla corrente un'apparecchiatura e di non poterlo fare perchè la sua spina non entrava nella presa di cui disponevamo! Questo succede perchè, a seconda di dove l'apparecchiatura è costruita, il cavo viene dotato della spina in uso in quel certo paese; vediamo allora alcune di queste spine, perlomeno le più comuni.

Tutti conosciamo le spine di standard italiano (figura 1), con tre perni (o spinotti) allineati: i due laterali presentano il metallo in vista solo nelle estremità, mentre per il resto della lunghezza risultano coperti da un materiale plastico isolante (che nell'immagine è di colore rosso); lo spinotto centrale, il cui metallo è tutto scoperto, garantisce il collegamento della "terra" e quindi la sicurezza dell'utilizzatore (i due spinotti laterali sono parzialmente ricoperti con isolante per evitare che, mentre si infila la spina nella presa, le dita dell'utente possano venire a contatto di uno spinotto quando su questo è già presente la tensione di rete).



Figura 1 - Spine di standard italiano, da 10A e da 16A

Le spine di destra, dette "a squadra", grazie al minor spessore ed al filo che esce di lato, sono utili nei casi in cui alla parete deve essere addossato un mobile, perchè questo rimanga scostato il meno possibile

Queste spine si trovano nelle versioni da 10 ampere e da 16 ampere: fra un tipo e l'altro cambia sia la distanza fra gli spinotti che lo stesso diametro degli spinotti. Una spina del tipo da 10 ampere può essere usata per utilizzatori la cui potenza non superi 1500 W; anche se viene proposta per potenze maggiori, in pratica è bene prevedere un certo margine di sicurezza, per evitare che, nei punti di contatto con la presa, la spina possa surriscaldarsi e fondere. Per potenze superiori ai 1500 W è bene quindi usare una spina da 16 A, che ha spinotti più grossi e quindi può meglio sopportare il passaggio di correnti più forti.

Un'altra spina utilizzata su molti apparecchi è quella di tipo tedesco/francese, detta anche "Shuko" (figura 2). Tale spina ha due spinotti che, pur essendo distanziati fra loro come quelli della spina italiana da 10 A, sono più grossi e quindi non entrano nelle prese di tipo italiano; il collegamento con la terra avviene tramite due linguette laterali.



Figura 2
Spina "Shuko" (standard franco/tedesco)

Per tali motivi queste spine richiedono apposite prese a "pozzetto", dotate di contatti laterali per la terra; in alternativa, le spine tedesche possono essere collegate ad una normale presa italiana da 16 ampere, usando un adattatore come quello di figura 3.

Già che si parla di adattatori, è bene considerare che ne esistono tanti, ma che solo alcuni possono essere usati in condizioni di sicurezza. Tanto per fare un esempio, mentre può essere utile, e tollerabile, usare un adattatore che consente di collegare una spina da 10 A ad una presa più grossa, da 16 A (figura 3),



Figura 3 - Adattatori: quello a sinistra per collegare una spina tedesca ad una presa italiana da 16 A; quello a destra consente di collegare ad una presa da 16 A una spina italiana sia da 16 A che da 10 A

è assolutamente da evitare l'uso di adattatori da piccolo a grande, ovvero di quelli che consentono di collegare una spina grande ad una presa piccola, poichè la corrente elevata, passando nei contatti incerti della spina e dell'adattatore, può facilmente portare alla fusione delle varie parti, con pericolo di incendio.

In considerazione delle tante spine che esistono, conviene disporre nelle nostre case di prese di vario tipo; si trovano poi in commercio delle prese multistandard, che si adattano a diversi tipi di spine.



Figura 4 - Prese a parete di vario tipo

In figura 4 si vede per esempio un allestimento di prese da parete, formato, a sinistra, da due prese adatte a spine italiane sia da 10 che da 16 ampere, e a destra da una presa a pozzetto per spine shuko franco-tedesche; è senz'altro consigliabile attrezzare bene le prese a parete, piuttosto che ricorrere ad una serie di adattatori, magari infilati uno nell'altro.