

**biblioteca
tascabile
elettronica**

10

hanns-peter siebert

verifiche e misure elettroniche



franco muzzio & c. editore

**un piccolo manuale
per l'hobbysta**

biblioteca tascabile di elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

10

Volume doppio

franco muzzio & c. editore

Hanns-Peter Siebert

verifiche e misure elettroniche

Un piccolo manuale
per l'hobbysta

Con 58 disegni nel testo
e 7 foto su 4 tavole.

franco muzzio & c. editore

Copertina di Edgar Dambacher da una foto di Uwe Höch
58 disegni nel testo di cui 56 di Hans-Hermann Kropf su indicazioni
dell'autore. Le figure 4.6 e 4.7 sono state gentilmente messe a
disposizione della Gossen GmbH, Erlangen
7 foto su 4 tavole dell'autore

traduzione di Mauro Boscarol

© 1977 franco muzzio & c. editore
Piazza de Gasperi, 12 35100 Padova
© 1975 Franckh'sche Verlagshandlung, W. Keller & Co., Stuttgart
Titolo originale dell'opera: « Messen-Prüfen-Fehler finden »
Finito di stampare dall'Industria Grafica Moderna S.p.A. - Verona nel gennaio 1977
Tutti i diritti sono riservati

Verifiche e misure elettroniche

1. Introduzione	7
2. Misure e verifiche di grandezze elettriche	8
3. Continuità	10
3.1 Indicatore di continuità	10
3.2 Utilizzazioni dell'indicatore di continuità	13
4. Corrente	15
4.1 Verifica di corrente con mezzi di fortuna	15
4.2 La cuffia come rivelatore di corrente	17
4.3 Misura di corrente con strumenti indicatori	18
4.4 Multimetro in corrente continua	23
5. Tensione	26
5.1 Verifica di tensione con mezzi di fortuna	27
5.2 Semplici dispositivi per la misura di tensioni ...	28
5.3 Misura di tensione con strumenti indicatori	32
5.4 Multimetro in tensione continua	34
5.5 Puntale per alte tensioni	36
6. Polarità	38
7. Corrente e tensione alternata	40
8. Potenza	42
9. Resistenza	44
10. Capacità	51
11. Induttanza	55
12. Diodi	57

13. Transistori	59
14. Raddrizzatori	62
15. Tiristori	64
16. Triacs	66
17. Alta frequenza	69
17.1 Indicatori ad alta frequenza	69
17.2 Trasmettitori locali OM come sorgenti di segnali AF	71
17.3 Condensatore variabile tarato	72
17.4 Piccole capacità	74
17.5 Piccole induttanze	75
17.6 Capacità di bobine	76
17.7 Fattore di merito Q di bobine AF	76
18. Tabelle	78
19. Raccolta di formule usuali	80
20. Codice dei colori per resistenze e condensatori	89
21. Indice analitico	91

1. Introduzione

Gli elettronici dilettanti, professionalmente formati, in genere, in tutt'altre direzioni, dedicano gran parte del loro tempo libero a realizzazioni ritenute da molti particolarmente complicate.

Essi sanno bene che i loro mezzi sono relativamente limitati, ma chiamano in causa la loro inventiva e la loro immaginazione.

Talvolta, in verità, le difficoltà diventano così grandi che lo slancio iniziale ben presto svanisce. Ci riferiamo in particolare agli strumenti di misura, di cui il dilettante non abbonda.

Ora, molto spesso non si richiede alle misure di essere particolarmente esatte. I componenti elettronici più usati già presentano tolleranze del $\pm 5\%$, $\pm 10\%$ o anche più. E comunque i circuiti con essi costruiti funzionano sempre. Gli strumenti di misura di un dilettante, quindi, non occorre siano sempre esattissimi.

Partendo da queste considerazioni è possibile usare molti, talvolta non convenzionali, metodi di misura e verifica, il cui dispendio è minimo. Nel seguito descriviamo una serie di tali metodi, che permettono la realizzazione di misure delle più importanti grandezze elettroniche. Nella maggior parte dei casi si tratta di circuiti per le basse tensioni. Ma, per completezza, sono descritti anche alcuni dispositivi per alte tensioni, nell'utilizzare i quali converrà tener conto delle norme di sicurezza.

Naturalmente si possono variare i singoli circuiti oppure combinarli o renderli adatti a particolari esigenze. Per questo viene brevemente spiegato il funzionamento di ogni circuito e il suo dimensionamento.

2. Misure e verifiche di grandezze elettriche

I processi elettrici ed elettronici sfuggono ad un accertamento immediato dei nostri cinque sensi. Purtroppo, infatti, corrente e tensione, resistenza, capacità e induttanza ad esempio, non si possono vedere, sentire, gustare né odorare o toccare.

Anche la ben nota « scossa elettrica », che si prova toccando conduttori sotto alta tensione, è a stento considerabile come qualcosa che sottostà ai nostri sensi, se si astrae dai suoi possibili dannosi effetti per la nostra incolumità.

D'altra parte è possibile rilevare l'esistenza di elettricità rifacendosi ai numerosi e molteplici processi fisici in cui l'elettricità produce un effetto percettibile ai nostri occhi o alle nostre orecchie: per esempio trasformandosi in luce, in suono o in movimenti visibili. Le lampadine, per esempio, sono molto convenienti di prezzo e rendono possibili molte verifiche.

Anche la cara vecchia cuffia e la sua realizzazione moderna, l'auricolare, hanno i loro meriti: ci sarà facile procurarcene un esemplare anche non dei più raffinati.

Infine oggi si può venire in possesso di uno strumento indicatore con cifre relativamente modeste. A prezzi convenienti si trovano esemplari che permettono un'esattezza media di $\pm 2,5\%$. Verifiche e misure — premesse essenziali per un buon lavoro in elettronica — sono quindi possibili senza eccessivo dispendio finanziario.

Ancora qualcosa sui termini « verifica » e « misura »:

- * una *verifica* deve dimostrare se un apparecchio o una sua certa parte sotto controllo per un determinato compito, è utilizzabile o no. Una simile prova deve quindi essere appositamente predisposta per controllare determinate funzioni e per queste deve fornire una risposta univoca: usabile o non usabile;

* *una misura* al contrario fornisce un valore numerico. Il giudizio su questo valore numerico è lasciato al misuratore, che lo dovrà confrontare con un valore campione.

Così, per esempio, la *verifica* di continuità in un conduttore risponde alla domanda sulla possibilità per la corrente di fluire o meno per esso. Per quanto riguarda invece il valore della resistenza elettrica tra i capi del conduttore, solo una *misura* potrà fornire una risposta.

Riguardo alle misure bisogna tuttavia tener conto che esse comportano in genere un errore più o meno grande, dovuto sia all'imprecisione dello strumento impiegato, sia agli influssi esterni (temperatura, interferenze varie, ecc.) sia infine a colui che effettua la misura (errori, lettura imprecisa, ecc.). Di solito si dà in percentuale il valore dell'errore medio di una misura.

Per esempio una misura di tensione di $100\text{ V} \pm 5\%$ indica che il valore esatto sta con grande probabilità tra 95 V e 105 V , poiché il 5% di 100 V sono 5 V .

Una verifica precisa è spesso più significativa di una misura imprecisa. Data per esempio una misura di tensione di $8\text{ V} \pm 50\%$ si ha un'incertezza di misurazione di 4 V . Il giusto voltaggio sta quindi tra $(8\text{ V} - 4\text{ V} =) 4\text{ V}$ e $(8\text{ V} + 4\text{ V} =) 12\text{ V}$. In queste condizioni un campanello potrebbe probabilmente ancora funzionare; è però difficile che un circuito elettronico possa lavorare a questo voltaggio: una semplice verifica con una lampadina ad incandescenza avrebbe dato in questo caso un risultato più attendibile.

3. Continuità

La verifica di continuità è una delle più semplici ma nel contempo più importanti verifiche elettroniche; essa consiste nello stabilire se la corrente elettrica possa o meno fluire tra i due terminali di un componente. Ad esempio tra i terminali di un conduttore, dell'anima di un cavo, di una resistenza, di una bobina, dell'avvolgimento di un trasformatore, di un interruttore chiuso o dei contatti chiusi di un relè deve esistere un collegamento continuo, mentre tra i terminali di un condensatore, di un interruttore aperto o di un contatto a relè aperto un tale collegamento non deve esistere, la qual cosa non può essere lasciata al caso.

Un indicatore di continuità dovrebbe quindi essere presente in ogni attrezzatura di base.

3.1 Indicatore di continuità

Ogni indicatore di continuità consiste, secondo la Fig. 3.1, di una sorgente di corrente e di un indicatore o avvisatore. Chiudendo il

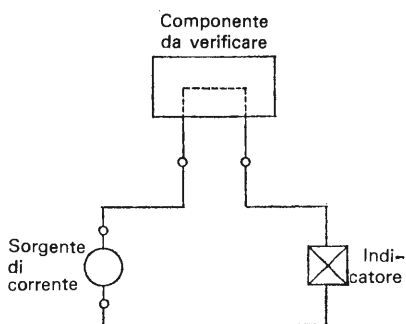


Fig. 3.1. Schema di un indicatore di continuità. L'indicatore reagisce solo quando il circuito si chiude su un componente conduttore.

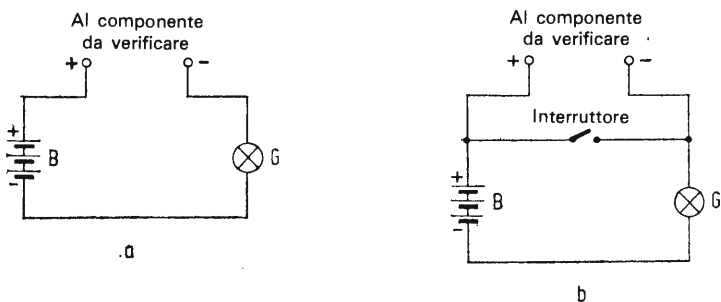


Fig. 3.2. Indicatore di continuità con lampadina e pila da torcia elettrica.

Elenco dei componenti per la Fig. 3.2

B Pila da 4,5 V

G Lampadina ad incandescenza 3,8 V/0,07 A con portalampadina

2 boccole

circuito sul componente da verificare, se quest'ultimo conduce lo strumento indicatore risponderà, in caso contrario non reagirà. Oltremodo semplice e versatile è un indicatore di continuità in corrente continua, costituito, come indicato in Fig. 3.2 a da una pila da 4,5 V e una lampadina 3,8 V/0,07 A. La foto 1 di tavola 1 ne mostra un esemplare, realizzato seguendo la figura 3.2 b, utilizzando una lampada tascabile. Per il collegamento con il componente da verificare si utilizza un cavetto bipolare con spinotto, la cui boccola è collegata in parallelo con le uscite dell'interruttore della lampada tascabile. Il piccolo apparecchio può in tal modo continuare a svolgere anche il suo ruolo di torcia elettrica, cosa molto utile per chi effettua lavori di installazione.

Se il componente da verificare è a bassa resistenza, per esempio un conduttore, un cavetto o un contatto, si può utilizzare, al posto della lampadina un campanello o un cicalino come indicatore.

In tal modo si può controllare la continuità anche senza concentrare la propria attenzione sulla lampadina: sarà il suono che avvertirà che il componente conduce. In tal caso la resistenza del componente da verificare dovrà essere di pochi Ohm, altrimenti

la caduta di tensione ai suoi capi sarà troppo grande, a causa dell'alto consumo di corrente del campanello, e l'avvisatore non reagirà. La lampadina ad incandescenza di Figura 3.2 invece si può utilizzare con resistenze fino a 50 Ω .

L'utilizzazione di una cuffia come indicatore permette di realizzare uno strumento di verifica oltremodo sensibile e quindi adatto per componenti ad alta resistenza, fino ad alcuni k Ω ; le cuffie più adatte sono quelle ad alta resistenza interna, per esempio 2 o 4 k Ω . In tal caso è sufficiente una pila da 1,5 V; altrimenti ne serve una più potente. C'è da dire che una cuffia non fornisce un suono persistente ma solo un botto all'apertura e alla chiusura del circuito, il che non è di per sé uno svantaggio. Occorre invece tener presente il fatto che i rapidi sbalzi di tensione che producono i botti alla cuffia vengono trasmessi anche capacitivamente; occorre fare attenzione a questo specialmente nella verifica di condensatori, bobine e trasformatori con alta capacità d'avvolgimento e anche con cavi con alta capacità tra le singole anime.

Un circuito verificatore di continuità molto sensibile che non presenta tali difetti è indicato in Figura 3.3. La lampadina nel circuito di collettore del transistor T può illuminarsi solo se la base riceve una corrente sufficiente. A causa dell'alta amplificazione di corrente del transistor (≥ 100) il componente da sottoporre a verifica viene caricato con una corrente molto piccola, minore di 3 mA. Con il circuito di Fig. 3.3 si possono quindi sottoporre a verifica componenti con alcuni k Ω di resistenza.

Per l'alimentazione di corrente è sufficiente una pila da 4,5 V. Non

Elenco dei componenti per la Fig. 3.3

T	Transistore 2 N 1711
B	Pila da 4,5 V
G	Lampadina ad incandescenza 3,8 V/0,07 A con portalampadina
R	Resistenza 1,5 k Ω /0,25 W

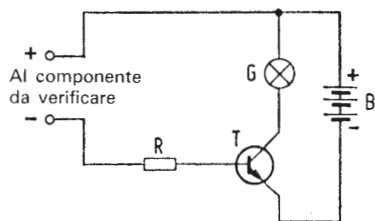


Fig. 3.3. Indicatore di continuità in corrente continua con transistor e indicatore a lampadina. Il componente da verificare non viene sovraccaricato.

è necessario un interruttore, poiché il transistor praticamente non consuma corrente quando il circuito base-collettore è aperto. Non si dovrebbero usare lampadine troppo potenti perché altrimenti il transistor potrebbe venir sovraccaricato dall'impulso di corrente causato dall'inserimento della lampadina. La resistenza da 1,5 k Ω protegge la base del transistor da correnti troppo alte.

3.2 Utilizzazioni dell'indicatore di continuità

Un cavo conduttore a una o più anime può essere conduttivo tra ogni coppia di terminali, ma non tra le diverse anime e la terra. Quindi è possibile non solo verificare la continuità, ma anche identificare le singole anime, se non sono contrassegnate.

Resistenze, bobine, i singoli avvolgimenti di un trasformatore devono essere conduttivi tra i loro terminali. I singoli avvolgimenti di una serie di bobine o trasformatori invece dovranno essere isolati tra loro. L'indicatore di continuità permette anche in questo caso l'identificazione di terminali d'avvolgimenti non contrassegnati. Per la verifica di componenti ad alta resistenza è particolarmente adatta la realizzazione indicata in Fig. 3.3.

I condensatori non devono lasciar passare corrente continua. Se mostrano invece di essere conduttivi significa che sono « forati » e quindi inutilizzabili. L'indicatore di continuità nella versione per alte resistenze permette di stabilire l'eventuale rottura o il cattivo isolamento fra le armature del condensatore. L'utilizzazione della cuffia non è indicata per ricerche sui condensatori a causa del fatto che i rapidi sbalzi di tensione che si producono all'apertura e chiusura del circuito vengono trasmessi anche capacitivamente cosicché si produce un botto tanto con condensatori difettosi come con quelli integri.

Due contatti chiusi devono essere conduttivi, quelli aperti, no. Per questo motivo è possibile scoprire complicati giochi di contatti e multiinterruttori, serie di tasti o relé.

I raddrizzatori devono lasciar passare la corrente in una direzione e bloccarla nell'altra. È possibile verificare i tipi per più di

100 mA con ognuno degli indicatori descritti, mentre i tipi per correnti più deboli dovranno essere verificate solo con gli strumenti ad alta resistenza. Munendo i terminali dell'indicatore di continuità con dei contrassegni per il polo positivo e negativo della pila è possibile anche verificare i terminali del raddrizzatore: viene rilevata conduttanza solo quando l'anodo del raddrizzatore è più positivo del suo catodo. Se si rileva conduttanza in ambo i sensi significa che si è in presenza di un cortocircuito mentre se la corrente non fluisce in nessuna delle due direzioni, allora il raddrizzatore è « aperto »; nei due casi è inutilizzabile.

4. Corrente

L'accertamento dell'esistenza di corrente in un circuito e la determinazione della sua grandezza, sono particolarmente importanti nello studio di processi elettrici. A tal scopo occorre, come indicato in Figura 4.1, interrompere il circuito da verificare in un determinato punto, introducendo uno strumento verifikatore.

Ora però, ogni strumento verifikatore o indicatore ha, come indicato in Figura 4.1, una determinata « resistenza interna » R_i , così che l'inserimento dello strumento eleva la resistenza totale del circuito. In conseguenza di ciò la corrente che fluisce nel circuito diminuisce e la corrente che si misura è sempre più piccola di quella che

si misurerebbe se non fosse stato inserito l'indicatore. Tuttavia, quanto più piccola è R_i rispetto al carico R_c , tanto minore è tale errore. Un indicatore di corrente è quindi tanto migliore quanto più piccola è la sua resistenza interna R_i .

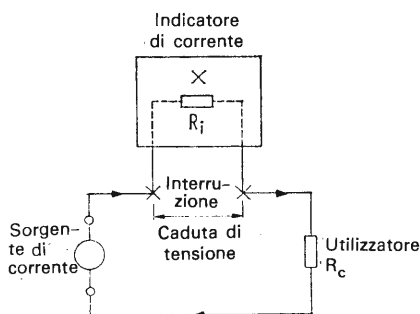


Fig. 4.1. Collegamento di un indicatore di corrente in un circuito. Alla resistenza interna dello strumento cade una determinata tensione.

4.1 Verifica di corrente con mezzi di fortuna

Una semplice verifica è possibile con un semplice bicchiere d'acqua in cui sia stato sciolto del sale da cucina (o aceto o un

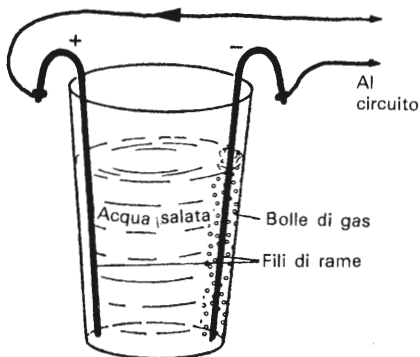


Fig. 4.2. Esperimento coll'acqua salata. All'elettrodo negativo si osservano le bolle di gas.

modo tale che non si tocchino. Collegando questo semplice dispositivo a un circuito a corrente continua, si osserveranno, vicino a quello dei due elettrodi che è collegato col polo negativo del circuito, delle bolle di gas. Se invece il circuito è a corrente alternata, il gas si troverà vicino a tutti e due gli elettrodi. Una tale « cella elettrolitica » presenta una resistenza interna di qualche Ohm e reagisce molto sensibilmente. Già con pochi mA si possono riconoscere, dopo qualche secondo, le bolle di gas, e con correnti molto alte l'acqua gorgoglia allegramente.

Anche una lampadina ad incandescenza il cui consumo di corrente sia circa uguale a quello della corrente che presumibilmente fluisce nel circuito, è un buon indicatore di corrente. Purtroppo il consumo di potenza di una tale lampadina è abbastanza alto e ai suoi capi cade una tensione dell'ordine di grandezza della tensione

d'esercizio del circuito. Le lampadine ad incandescenza sono usabili per l'accertamento di corrente per valori che stanno tra $1/4$ e tutto l'ammontare della corrente prevista per esse; con valori più alti si bruciano ben presto.

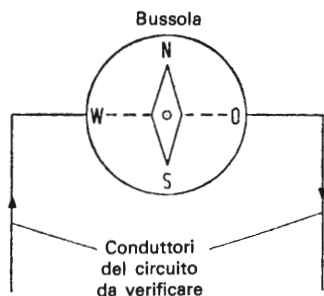


Fig. 4.3. Esperimento con la bussola. Al passaggio della corrente l'ago devia.

Chi possiede una bussola la può utilizzare per la verifica di corrente: si ponga, come indicato in Figura 4.3, il conduttore sotto la bussola in direzione Ovest-Est; allora una corrente che fluisce da Ovest a Est provoca una deviazione dell'ago in senso antiorario; una corrente in direzione opposta devia l'ago in senso orario. Una corrente dell'intensità di circa 100 mA fa in modo che l'ago si posizioni praticamente parallelamente al conduttore. Per la verifica di correnti di debole intensità si può avvolgere il conduttore alcune volte intorno alla bussola.

4.2 La cuffia come rivelatore di corrente

Uno strumento rivelatore di corrente straordinariamente sensibile è la cuffia. Per esempio, mediante una cuffia con resistenza interna di $2 \times 2000 \Omega$, sono udibili, con dei botti distinti, variazioni di corrente di solo $0,25 \mu\text{A}$ ($1 \mu\text{A} = 10^{-6} \text{ A} = 1$ milionesimo di Amper). D'altra parte raramente necessita una verifica di correnti tanto basse. Collegando allora, secondo la Figura 4.4, nel circuito da verificare una resistenza da 1Ω , la cuffia collegata reagisce (azio-

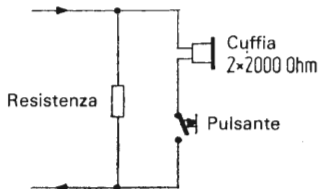


Fig. 4.4. Esperimento con la cuffia. Azionando il pulsante si sente un botto.

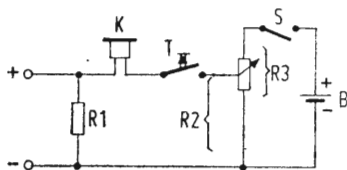


Fig. 4.5. Misura di corrente con la cuffia. I botti scompaiono quando al cursore del potenziometro cade la stessa tensione che cade su R1.

Elenco dei componenti per la Fig. 4.5

- B Batteria 1,5 V con portabatteria
- S Interruttore
- R1 Resistenza, secondo la gamma di misura $1 \Omega/5 \text{ W}$, $10 \Omega/0,5 \text{ W}$, $100 \Omega/0,25 \text{ W}$
- R3 Potenziometro, $1 \text{ k} \Omega$, lineare, con scala e manopola
- T Interruttore a tasto
- K Cuffia, circa $2 \times 2000 \Omega$
- 4 spinotti

nando l'interruttore a tasto) con correnti di almeno 1 mA; se $R = 0,1 \Omega$ allora la cuffia reagisce con correnti di almeno 10 mA e così via. La Figura 4.5 mostra lo schema di un circuito completo. La corrente fluisce tra i terminali positivo e negativo e sulla resistenza R_1 cade una ben determinata tensione. Azionando ora il tasto T a brevi intervalli si avverte un ticchettio nella cuffia. Si regoli ora il potenziometro R_3 fino a che i botti scompaiono: a questo punto su R_2 cade la stessa tensione che cade su R_1 . La corrente che passa per R_1 è data dalla

$$I = \frac{R_2 \cdot V_B}{R_1 \cdot R_3}$$

dove R_1 è la resistenza di portata utilizzata, R_2 la resistenza tra il cursore del potenziometro e il suo attacco negativo, R_3 la resistenza totale del potenziometro e V_B la tensione della pila. Utilizzando per esempio questi valori: $R_1 = 100 \Omega$, $R_3 = 1000 \Omega$ e $V_B = 1,5 \text{ V}$, si ha una gamma di misura di corrente da 0 a 15 mA. La foto 2 di tavola 1 mostra un pratico strumento di questo tipo. In questo caso la scala del potenziometro è stata tarata direttamente in mA; in tal modo ci si risparmia il conto ad ogni misurazione. Non avendo a disposizione uno strumento comparatore ci si dovrà aiutare con una suddivisione in 15 parti uguali, tenendo conto dei possibili errori di tolleranza del potenziometro. Con $R_1 = 10 \Omega$ si ottiene una gamma di misura fino a 150 mA; con $R_1 = 1 \Omega$ si possono misurare correnti fino a 1,5 A. Mediante l'interruttore S si disinnesta lo strumento. È naturalmente possibile montare una resistenza variabile anche per R_1 , magari una resistenza a 4 posizioni e con i valori 1Ω , 10Ω , 100Ω , 1000Ω . Si ottiene così uno strumento a 4 portate: 1,5 mA, 15 mA, 150 mA e 1,5 A.

4.3 Misura di corrente con strumenti indicatori

La maniera più comoda e più esatta per misurare correnti elettriche è quella di utilizzare uno strumento indicatore con scala tarata e verificata.

Tali strumenti sono disponibili in realizzazioni ad una o più portate. Il nucleo è in ogni caso costituito dal vero e proprio meccanismo di misurazione, che viene poi adattato ai diversi compiti, collegando opportune resistenze.

A seconda del principio fisico che causa lo spostamento dell'ago in corrispondenza al passaggio di corrente, esiste una serie completa di diversi strumenti di misura. Di loro, solo due tipi hanno ottenuto applicazioni in gran numero, cosicché parleremo solo di questi: si tratta dello strumento a bobina mobile e dello strumento a ferro mobile. Ambedue sono reperibili a basso prezzo.

Nello strumento a bobina mobile, come si vede schematicamente in Figura 4.6, una minuscola bobina di filo sottile è inserita in un alloggiamento opportunamente predisposto di un magnete permanente, in modo tale che le forze provocate dal flusso di corrente possano facilmente ruotarla. Il suo stato di riposo viene determinato da due sensibili molle a spirale, che contemporaneamente servono alla conduzione di corrente per la bobina mobile. La deviazione dell'indicatore è praticamente proporzionale alla corrente che fluisce attraverso la bobina, col che si ottiene una gradazione di scala lineare.

Gli strumenti a bobina mobile indicano solo corrente continua e per ottenere una deviazione nella direzione desiderata, occorre fare attenzione alle polarità dei terminali. Alcune realiz-

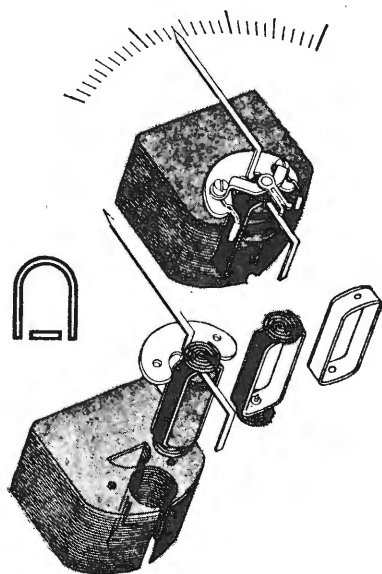


Fig. 4.6. Realizzazione di uno strumento indicatore a bobina mobile. La corrente che passa attraverso la bobina devia l'indicatore (Gossen).

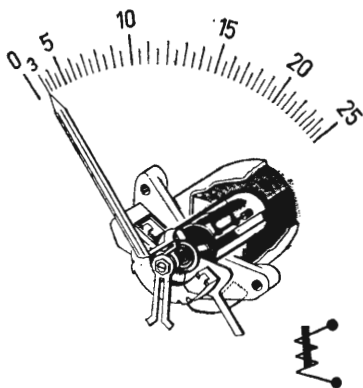


Fig. 4.7. Realizzazione di uno strumento indicatore a ferro mobile. Il flusso di corrente attira il ferro che aziona l'indicatore (Gossen).

zazioni speciali hanno lo zero nel centro della scala; permettono quindi l'indicazione nelle due direzioni di corrente. Le correnti alternate non vengono indicate dai sistemi a bobina mobile; se sono troppo forti possono

far vibrare l'indicatore o in casi estremi, romperlo.

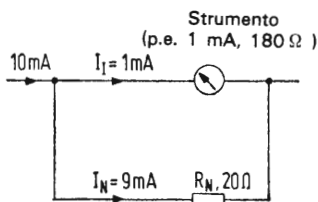
Negli strumenti a ferro mobile, come indicato in Figura 4.7, l'idea è di far attirare da una bobina in cui passa corrente un pezzetto di ferro dolce. Questa attrazione viene opportunamente trasferita ad un indicatore. In tal modo non si ottiene una gradazione lineare della scala: i valori bassi sono molto ravvicinati tra loro.

Gli strumenti a ferro mobile indicano sia corrente continua che corrente alternata. Purtroppo il loro consumo è notevolmente superiore rispetto agli strumenti a bobina mobile (circa un fattore 500) cosicché li si può montare solo dove il loro alto consumo non rechi pregiudizio.

Sovente si è di fronte al problema di uno strumento di misura la cui portata non è adatta ai nostri particolari scopi. In tali casi ci si può aiutare con una cosiddetta « resistenza di portata (shunt) », sempreché lo strumento a disposizione sia sufficientemente sensibile.

La Figura 4.8 indica il modo di procedere. Nel caso riportato in figura, devono essere misurate correnti fino a 10 mA con uno strumento da 1 mA di fondo scala: vi sono quindi 9 mA di troppo. Occorre dunque deviare dallo strumento questi 9 mA mediante la resistenza di portata R che si calcola nel modo seguente. Supponiamo che lo strumento abbia una resistenza interna $R_1 = 180 \Omega$. Con una corrente d'intensità 1 mA ai suoi capi cadono allora,

Fig. 4.8. Allargamento della portata di uno strumento indicatore per mezzo di una resistenza di portata.



secondo la legge di Ohm ($V = R \cdot I$) esattamente $V_I = 0,001 \cdot 180 = 0,18 \text{ V}$. Con questa caduta di tensione, la resistenza di portata R deve prelevare una corrente di 9 mA e quindi, sempre per la legge di Ohm ($R = V/I$) il suo valore dovrà essere $R = 0,18/0,009 = 20 \text{ } \Omega$.

Se lo stesso strumento dovesse servire per indicazioni di correnti d'intensità fino a 3 mA, la resistenza di portata dovrebbe deviare 2 mA e il suo valore dovrebbe essere $R = 0,18/0,002 = 90 \text{ } \Omega$. Per un massimo di 100 mA si ottiene alla stessa maniera una resistenza di portata $R = 0,18/0,099 = 1,818 \text{ } \Omega$. Si può determinare la resistenza adatta per ogni gamma di misura.

Talvolta con questo procedimento si arriva a valori « rotti » di resistenze, che non sono disponibili sul mercato. Se la variazione tra il valore calcolato e quello disponibile è minore dell'1% l'errore che si otterrà sarà trascurabile se si usa uno strumento con precisione d'indicazione del 2,5%. Altrimenti si cercherà di ottenere il valore voluto con un collegamento in serie o in parallelo di più resistenze. La Fig. 4.9 mostra i collegamenti e le relative formule.

L'utilizzazione di resistenze variabili è sconsigliata poiché il loro contatto a cursore è molto impreciso. In ogni caso la dissipazione di una resistenza di portata dovrà essere maggiore di $5 \cdot V_I \cdot I_R$ ($V_I =$

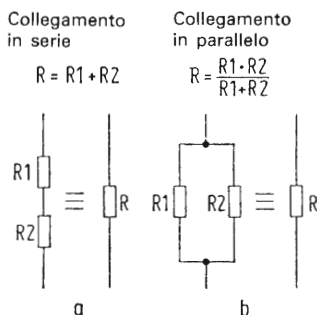


Fig. 4.9. Collegamento in serie (a) e in parallelo (b) di resistenze.

caduta di tensione con corrente massima, $I_R =$ corrente massima per R) perché la resistenza conservi nel tempo le sue caratteristiche.

Le resistenze fino a qualche centinaio di Ohm si possono anche avvolgere da sé usando del filo apposito, per esempio Costantana, una lega di rame e nickel o Manganina, una lega di manganese, rame e nickel. A tal scopo si determina dapprima la resistenza di 1 m di filo, si calcola quindi la lunghezza che produrrà la resistenza desiderata e si taglia un pezzo di filo lungo circa il 5% in più. Dopo averlo avvolto su di un supporto, si dovranno eseguire delle misure di resistenza tagliando via via vari pezzetti di filo fino a che non si raggiunge il valore desiderato. Infine si saldano i terminali. Le misurazioni si potranno effettuare anche direttamente con lo strumento. Occorre in tal caso fare attenzione a non interrompere la corrente attraverso la resistenza fino a che fluisce corrente per lo strumento perché altrimenti esso verrebbe di colpo sovraccaricato. Per ogni variazione della lunghezza del filo occorrerà quindi aprire il circuito in modo tale che lo strumento non sia sotto tensione.

Il calcolo della resistenza di portata per la variazione della gamma di misura di strumenti misuratori di corrente non presenta, come abbiamo visto, alcuna difficoltà se si conosce la resistenza interna dello strumento stesso. Spesso però questo valore non è noto. In tal caso lo si può facilmente determinare con un circuito come quello di Fig. 4.10.

Come batteria basta un elemento da 1,5 V. Per la resistenza variabile si sceglie un valore di circa $R_p = 3 \cdot V_B / I_p$ ($V_B =$ tensione della batteria, $I_p =$ corrente di fondo scala dello strumento). Per uno strumento da 1 mA di fondo scala si utilizzerà quindi una

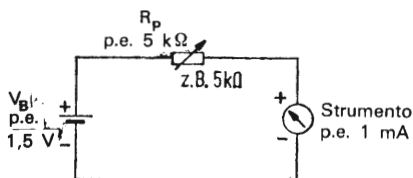


Fig. 4.10. Circuito per determinare la resistenza interna di uno strumento indicatore.

resistenza variabile con $R_p = 3 \cdot 1,5/0,001 = 4500 \Omega$ o circa 5000Ω (oppure $R_p = 500 \Omega$ per $I_p = 10 \text{ mA}$, $R_p = 50 \Omega$ per $I_p = 100 \text{ mA}$, ecc.).

Prima di collegare lo strumento, R_p viene regolata sul valore massimo. Quindi si chiude il circuito e si regola R_p con molta attenzione fino a che lo strumento indica esattamente metà portata. Dopo questa regolazione si scollega lo strumento e si misura la resistenza $R_{p/2}$. Si collega ancora lo strumento e si diminuisce nuovamente R_p fino a che lo strumento presenta la massima deviazione. Ora si scollega nuovamente lo strumento dal circuito e si determina il valore $R_{p/1}$ della resistenza d'ingresso. La resistenza interna R_I si ottiene a questo punto dalla semplice relazione

$$R_I = R_{p/2} - 2 \cdot R_{p/1}.$$

Se, con uno strumento da 1 mA , si ottiene per esempio $R_{p/2} = 2900 \Omega$ a $0,5 \text{ mA}$ e $R_{p/1} = 1400 \Omega$ a 1 mA , la resistenza interna di questo strumento è $R_I = 2900 - 2 \cdot 1400 = 2900 - 2800 = 100 \Omega$.

4.4 Multimetro in corrente continua

Il multimetro in corrente continua descritto qui di seguito è dotato di un commutatore rotante con cui si possono scegliere diverse resistenze di portata e quindi diverse portate. La portata più sensibile è di $50 \mu\text{A}$, mentre la corrente più forte con cui lo strumento può essere caricato è $1,5 \text{ A}$. Chi non utilizza correnti così alte può tralasciare le due gamme superiori arrivando con ciò fino a 150 mA .

I dati sulle resistenze di portata sono riportati nella tabella 1 del capitolo 18. Per la loro determinazione si è considerato uno strumento da 50 mA , poiché sono questi gli strumenti che oggi il mercato offre maggiormente e a modico prezzo. Tali strumenti presentano normalmente una resistenza interna R_I tra 1000Ω e 1500Ω . Per rendere omogenei i calcoli è stata collegata in serie allo

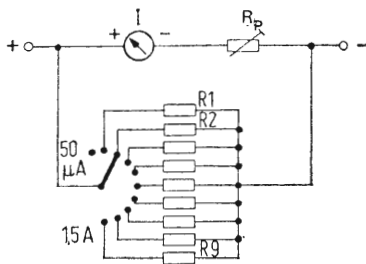


Fig. 4.11. Circuito del multimetro in corrente continua a 8 (10) portate.

Elenco dei componenti per la Fig. 4.11

I	Strumento indicatore a bobina mobile, 50 μ A, $R_1 = 1000 \dots 1500 \Omega$
R_p	Resistenza variabile a filo, 500 Ω
S	Commutatore a 1×8 (1×10) contatti, non interrompente
$R_1 \dots R_7$ (R_9)	Resistenze secondo la tabella 1, 1%, 0,5 W
	2 morsetti, rosso e nero
	Piccolo involucro plastico

strumento una resistenza variabile R_p da 500 Ω il cui valore dovrà essere regolato in modo tale che, assieme a quello di R_1 dello strumento utilizzato, dia 1500 Ω ($R_1 + R_p = 1500 \Omega$, eventualmente da determinare con un circuito come quello di Fig. 4.10).

La Fig. 4.11 mostra il circuito del multimetro in corrente continua adatto per un totale di 10 portate. La caduta di tensione ai terminali dello strumento ammonta per tutte le portate a 75 mV, e quindi è molto piccola e non ha in pratica influenza nelle gran parte delle misure.

Come commutatore bisogna sceglierne uno di buon valore, con contatti sicuri, poiché altrimenti la resistenza dei contatti, specialmente nelle gamme alte, può falsare le misure. Oltre a ciò occorre fare attenzione al fatto che il commutatore deve essere del tipo che « non interrompe », cioè ad ogni scatto il nuovo contatto deve essere già chiuso prima che il precedente si apra. Contrariamente, durante il seppur brevissimo attimo di interruzione, non vi è alcuna resistenza di portata in parallelo allo strumento, che quindi può venir sovraccaricato.

Per le resistenze si utilizzano componenti di precisione con tolleranza $\pm 1\%$ e dissipazione 0,5 W. Solo per la gamma 1,5 A e nel caso che la prevista resistenza da 0,05 Ω non venga realizzata con più resistenze, si dovrebbe usare un tipo da 1 W.

Gli strumenti indicatori del tipo detto hanno normalmente un errore di indicazione massimo del 2,5%. In considerazione della tolleranza dell'1% per le resistenze, ci si dovrà aspettare un errore totale massimo di $\pm 3,5\%$; una precisione più che sufficiente per gli scopi di un dilettante. Questa precisione tuttavia si ottiene solo quando tutte le resistenze corrispondono molto esattamente al valore teorico, la qual cosa, per alcune gamme, è possibile solo mediante un collegamento in serie o parallelo di 2 singole resistenze. Se non è necessaria la massima precisione possibile, si possono utilizzare resistenze col valore normato (valore previsto nelle serie convenzionali) più vicino, indicate nella corrispondente colonna della tabella 1. Lo strumento in tal caso avrà un errore minore di $\pm 8\%$ e sarà quindi sufficientemente esatto per molti scopi.

La costruzione meccanica non presenta problemi. La foto 3 di tavola 2 mostra una realizzazione con 8 gamme, costruita in un piccolo involucro plastico con le misure 188 \times 110 \times 60 mm. La costruzione interna è molto simile a quella del multimetro in tensione continua della foto 5 di tavola 3. Come supporto per il commutatore e per i punti di saldatura serve una lamiera di alluminio dello spessore di 3 mm su cui si è praticato un foro adatto per la parte dello strumento indicatore che sporge verso l'interno. Gli attacchi si trovano sulla parte posteriore.

5. Tensione

Mentre la misura di corrente è sempre accompagnata da qualche fastidio, in quanto occorre dapprima interrompere il circuito per inserire lo strumento (vedi Fig. 4.1), la misura di tensione non richiede alcun intervento nel circuito. Per questo motivo molti dilettanti preferiscono l'analisi della tensione all'analisi della corrente. Contrariamente ad un indicatore di corrente che, come si è detto nel capitolo 4, deve avere la resistenza più bassa possibile, un indicatore di tensione deve avere la resistenza più alta possibile. La Fig. 5.1 ne spiega il perché. Ogni sorgente di tensione presenta

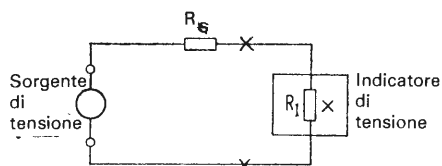


Fig. 5.1. Collegando un indicatore di tensione, alla resistenza interna della sorgente cade una determinata tensione.

una determinata resistenza interna R_s che si può immaginare connessa in serie alla sorgente di tensione « ideale ». Ogni corrente che l'indicatore di tensione, con la sua resistenza interna R_i , utilizza, deve fluire anche per R_s e produce qui una caduta di tensione: senza indicatore la sorgente di tensione presenta dunque ai suoi terminali un'altra tensione rispetto a quella che presenta con l'indicatore. Questo errore di misura è naturalmente tanto più piccolo quanto minor corrente l'indicatore di tensione utilizza — quanto quindi è maggiore la sua resistenza interna.

5.1 Verifica di tensione con mezzi di fortuna

Per verificare tensioni basse, fino ad un massimo di 4,5 V, può, all'occorrenza, servire la lingua. Se si toccano i due conduttori si sente, a causa della decomposizione elettrolitica della saliva, un sapore acido. Il procedimento non deve tuttavia essere attuato con tensioni maggiori. Già 9 V « pizzicano » molto spiacevolmente e a tensione di rete gli effetti non sarebbero prevedibili: nel migliore dei casi si dovrebbe fare i conti con forti scottature. Sicura, anche se non ideale, è l'utilizzazione di una lampadina adatta per la tensione che circa si prevede. Se la tensione sarà più alta la lampadina si brucerà velocemente, ma se sarà più bassa di quanto indicato nella stampigliatura sarà idonea per la verifica di tensione, prescindendo dal suo consumo di corrente relativamente alto. Così per esempio una lampadina 18 V/0,1 A già a 2 V presenta una debole luce, meglio osservabile attraverso un vetro rosso (portalampada con cappa rossa). L'alto consumo di corrente limita però il procedimento alle sorgenti di tensione a bassa resistenza e quindi caricabili in maniera relativamente forte, come batterie, trasformatori, sezioni rete, ecc.

Un sensibile indicatore di tensione è la cuffia. I modelli ad alta impedenza danno distinti botti già con variazioni di tensione di 1 mV ($1 \text{ mV} = 10^{-3} \text{ V} = 1$ millesimo di Volt). Per la verifica di tensioni nella gamma di qualche Volt, deve venir collegata alla cuffia una resistenza di circa 100 k Ω , come si vede in Fig. 5.2. Il consumo di una cuffia è dell'ordine dei μ A e quindi molto piccolo. La si può dunque usare quasi universalmente.

Per alte tensioni, più di 100 V, sono usabili, come indicatori, piccole lampadine spia luminescenti. A causa della loro particolare

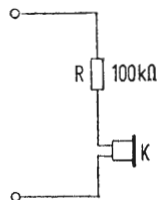


Fig. 5.2 Verifica di tensione con la cuffia.

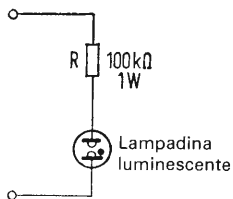


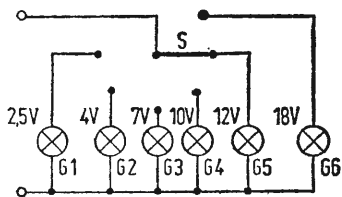
Fig. 5.3. Verifica di alte tensioni con lampadina luminescente.

curva corrente-tensione occorre prevederle in ogni caso con una resistenza d'ingresso. I tipi con indicazione di tensione (per esempio 110 V, 220 V) contengono una tale resistenza d'ingresso già nello zoccolo; agli altri tipi si collega, come indica la Fig. 5.3, una resistenza di 100 k Ω /1 W.

Tali « indicatori a lampada luminescente » (ce ne sono anche da comperare già pronti, un esempio molto conosciuto è il cacciavite provatensione) sono adatti per tensioni continue tra 100 e 300 V circa, mentre alle tensioni alternate sono perfino più sensibili. Il loro consumo di corrente ammonta, secondo la tensione, a qualche milliampere.

5.2 Semplici dispositivi per la misura di tensioni

Per la stima approssimata delle tensioni di sorgenti a bassa resistenza come batterie o trasformatori può servire il semplice indicatore a lampadine di Fig. 5.4; consiste di diverse lampadine con portalampada, che vengono collegate mediante un commutatore. Per ogni misura di tensione si sceglie dapprima la lampadina con



Elenco dei componenti per la Fig. 5.4

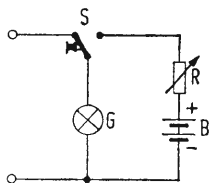
- G1...G6 lampadine ad incandescenza
2,5 V/0,2A; 4 V, 7V, 10 V e 18
V/0,1 A con portalampade
- S Commutatore 1 \times 6 contatti
- 2 boccole

Fig. 5.4. Semplice circuito per stimare le basse tensioni con lampadine ad incandescenza.

Fig. 5.5. Semplice circuito per stimare le basse tensioni mediante il confronto di luminosità di una lampadina.

Elenco dei componenti per la Fig. 5.5

- G Lampadina ad incandescenza 18 V/0,1 A con portalampada
- B 2 batterie da 9 V, Pertrix 439 o simili, oppure trasformatore di rete, primario 220 V, 50 Hz, secondario 18 V, 0,1 A
- R resistenza variabile 500 Ω /5 W
- S Interruttore a tasto
- 2 boccole



la maggior tensione d'esercizio, commutando poi scalarmente sulle lampadine con tensioni d'esercizio minori, fino a che una di loro brilla « normalmente »: la tensione continua o alternata ignota ha allora circa il valore della tensione d'esercizio di questa lampadina.

Con il circuito di Fig. 5.5 si ha la possibilità di determinare approssimativamente, con l'aiuto di una sola lampadina, basse tensioni. Mediante il tasto commutatore la lampadina luminescente G viene alternativamente collegata alla tensione da misurare e, su una resistenza variabile, alla batteria; la resistenza viene posizionata in modo tale che nei due casi si abbia la stessa luminosità.

Poiché l'occhio reagisce molto sensibilmente alle variazioni di luminosità, le regolazioni sono facilmente eseguibili, specialmente se si osserva la lampadina attraverso un ricoprimento rosso. Alla resistenza variabile viene applicata una scala, che si può tarare con l'aiuto di tensioni note (batterie da 1,5 V, 3 V, 4,5 V, trasformatori con tensione al secondario di 4 V, 6,3 V, 12,6 V). Anche questo piccolo apparecchio è adatto per tensioni continue o alternate, ma utilizza una quantità di corrente molto alta.

Con il circuito di Fig. 5.6 si possono determinare tensioni alternate di circa 60 V e tensioni continue di circa 100 V. Come indicatore serve una lampadina spia luminescente. Per la misura viene attentamente regolato il potenziometro R2 fino a che la lampada si accende. Al potenziometro è applicata una scala, eventualmente

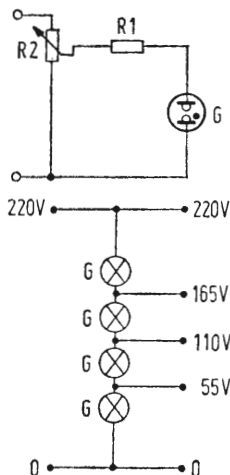


Fig. 5.6. Strumento di misura per alte tensioni con lampadina luminescente.

Elenco dei componenti per la Fig. 5.6

- G Piccola lampadina luminescente senza resistenza d'ingresso, con portalampada
- R1 resistenza 200 k Ω /1 W
- R2 Potenziometro 100 k Ω /2 W
- 2 boccole

Elenco dei componenti per la Fig. 5.7

- G 4 lampadine ad incandescenza, 220 V, 40 W con portalampada
- 7 boccole

Fig. 5.7. Sorgente di tensione campione ottenuta per partizione della tensione di rete con quattro lampadine uguali.

tarata con l'aiuto di uno strumento di misura. Un taratore per tensioni alternate si può realizzare all'occorrenza anche con un circuito partitore di tensione costituito, come indicato in Fig. 5.7, da 4 lampadine ad incandescenza 220 V/40 W alimentate dalla rete a 220 V. Si ottengono con esso quattro punti di taratura da 55, 110, 165 e 220 V. I corrispondenti valori di tensione continua della scala dovranno essere più grandi di un fattore 1,4. Con il dimensionamento dei componenti di Fig. 5.7 si possono misurare tensioni continue fino a circa 300 V e tensioni alternate fino a circa 220 V; il consumo di corrente è al massimo di 4,5 mA.

Molto sensibile è lo strumento di misura di tensioni continue di Fig. 5.8, in cui ci si serve, come indicatore di tensione, di una cuffia K. Con l'interruttore a tasto si può generare, nella maniera già descritta, un botto nella cuffia. Si regola ora il potenziometro R in modo tale da far scomparire il botto; a questo punto la tensione al cursore del potenziometro è uguale alla tensione da misurare che quindi si può ricavare dalla relazione

$$V_x = \frac{R_1}{R_p} \cdot V_B$$

Elenco dei componenti per la Fig. 5.8

- T Interruttore a tasto unipolare
 - K Cuffia ($2 \times 2000 \Omega$)
 - R Potenzimetro $1 \text{ k}\Omega/0,5 \text{ W}$
 - S Interruttore
 - B Batteria $1,5 \text{ V}$ con portabatteria
- 4 boccole

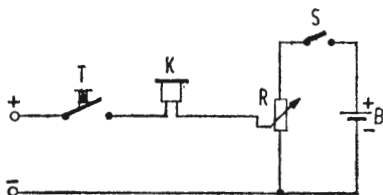


Fig. 5.8. Misura di tensioni con la cuffia. Il botto nella cuffia sparisce quando la tensione al cursore del potenziometro è uguale alla tensione da misurare.

R_1 è la resistenza tra il cursore e l'attacco negativo del potenziometro, R_p la sua resistenza totale e V_B la tensione della batteria. Con una variazione lineare della resistenza del potenziometro R si ottiene una scala lineare che, se non ci sono altri mezzi a disposizione, si può suddividere in intervalli uguali anche « ad occhio ». Ad una estremità del potenziometro corrisponderà la tensione 0 , all'altra la tensione di batteria V_B ; con $V_B = 1,5 \text{ V}$ si può suddividere la scala in 15 parti uguali ognuna delle quali corrisponderà quindi ad $1/10 \text{ V}$.

Le gamme di misura più alte si possono raggiungere con tensioni di batteria corrispondentemente più alte e con potenziometri a valore più alto. Un circuito con batteria da $4,5 \text{ V}$ e potenziometro da $5 \text{ k}\Omega$ abbraccia la gamma da 0 a $4,5 \text{ V}$, con una batteria da 9 V e un potenziometro da $10 \text{ k}\Omega$ si possono misurare fino a 9 V . Nello stato d'equilibrio l'oggetto da misurare non sottrarrà corrente cosicché sono possibili misure ad alta resistenza. All'occorrenza la batteria dovrebbe essere staccata con un interruttore affinché non si scarichi.

Elenco dei componenti per la Fig. 5.9

- R Potenzimetro $100 \text{ k}\Omega/1 \text{ W}$
 - T Interruttore a tasto unipolare
 - K Cuffia ($2 \times 2000 \Omega$)
 - B Batteria $1,5 \text{ V}$ con portabatteria
- 4 boccole

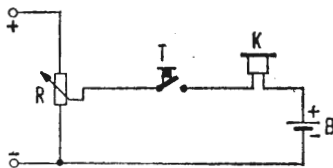


Fig. 5.9. Misura di tensioni con la cuffia. Il botto sparisce quando la tensione al cursore del potenziometro è uguale alla tensione della batteria.

Volendo misurare tensioni alte quanto la tensione di batteria ci si può servire del circuito di Fig. 5.9 in cui viene ripartita non la tensione di batteria ma la tensione da misurare. Il funzionamento è analogo a quello del precedente circuito. Il consumo di corrente dipende dalla tensione da misurare, e ammonta, con i valori dati e alla tensione massima di 30 V, a 0,3 mA.

I due circuiti a cuffia sono adatti solo per misure di tensioni continue. Il modo più semplice di tararli consiste nell'utilizzare uno strumento di misura o batterie che forniscano multipli di 1,5 V (1,5 V, 3 V, 4,5 V). Le batterie usate per la taratura dovranno essere il più possibile nuove.

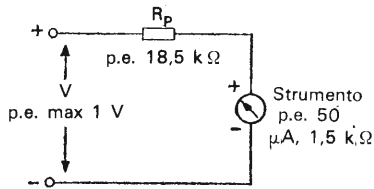
5.3 Misura di tensione con strumenti indicatori

Il modo più comodo ed esatto per misurare tensioni è naturalmente fare uso di uno strumento indicatore. In teoria sono adatti allo scopo — a parte altri tipi poco diffusi — sia strumenti a ferro mobile che strumenti a bobina mobile. A causa del consumo limitato, nella maggior parte dei casi si preferisce uno strumento a bobina mobile.

Ci si deve rendere conto che ogni strumento a bobina o a ferro mobile, in teoria, non indica la tensione, ma sempre la corrente che fluisce per esso. Le due grandezze sono legate dalla legge di Ohm che in questo caso è conveniente scrivere $I = V/R$. Poiché la deviazione dello strumento dipende solo dalla corrente, questa relazione ci mostra che dipende, in modo indiretto, dalla tensione. Si deve dunque, eventualmente con l'aiuto di una resistenza d'ingresso adatta, fare in modo che, con la più alta tensione da misurare, fluisca per lo strumento la corrente esattamente necessaria per una completa deviazione dell'ago.

Se per esempio viene utilizzato uno strumento a bobina mobile da 50 μA per misurare tensioni nella gamma 0-1 V, dovranno fluire per lo strumento esattamente 50 μA a 1 V. Nel circuito di Fig. 5.10 la resistenza totale deve quindi essere $R = V/I = 1/0,00005 = 20.000 \Omega$. Se lo strumento presenta una resistenza interna R_1 di

Fig. 5.10. Misura di tensioni con strumento indicatore. La resistenza d'ingresso R_p viene dimensionata in modo tale che l'indicatore segni il fondo scala con la massima tensione da misurare.



1500 Ω , occorre connettere altri 18.500 Ω (la differenza tra 20.000 e 1500) e il voltmetro per la portata 1 V è pronto; la sua scala richiede esclusivamente di essere tarata nei corrispondenti valori di tensione.

In modo corrispondente si può calcolare, note le caratteristiche dello strumento indicatore, la resistenza d'ingresso per ogni gamma di tensione. Senza resistenza d'ingresso lo strumento detto ha un fondo scala di $V = I \cdot R = 0,00005 \cdot 1500 = 0,075$ V e quindi è molto sensibile. Per una portata di 10 V serve una resistenza d'ingresso $R_p = (10/0,00005) - 1500 = 200.000 - 1500 = 198.500$ Ω , mentre per una portata di 100 V, $R_p = (100/0,00005) - 1500 = 1.998.500$ Ω . Il valore di R_p dipende naturalmente dai dati dello strumento. Per uno strumento con $R_I = 150$ Ω e 1 mA di fondo scala, serve, per esempio per la portata 1 V, una $R_p = (1/0,001) - 150 = 1000 - 150 = 850$ Ω e per la portata 10 V, $R_p = 9850$ Ω .

I calcoli fatti presuppongono che, dello strumento indicatore, siano noti sia la resistenza interna R_I che il valore della corrente di fondo scala. In caso contrario la resistenza interna si può determinare con un circuito come quello di Fig. 4.10. Lo stesso circuito permette anche la determinazione della corrente di fondo scala I , se la tensione di batteria è nota con esattezza. Essa vale

$$I = \frac{V_B}{R_{p/1} + R_I}$$

I simboli corrispondono a quelli di Fig. 4.10. Con ciò sono noti tutti i dati dello strumento.

Per non caricare troppo l'oggetto da misurare, il consumo di corrente dello strumento dovrà essere il più piccolo possibile. Molto adatti sono strumenti indicatori con fondo scala $50 \mu\text{A}$, usabili anche strumenti con fondo scala $100 \mu\text{A}$. Realizzazioni meno sensibili possono causare, con oggetti ad alta resistenza, errori di misura.

Nei voltmetri commerciali viene data in generale, non il consumo di corrente, bensì la resistenza interna per volt. Così supponiamo per esempio che su uno strumento da $50 \mu\text{A}$ fondo scala ci sia la stampigliatura $20 \text{ k } \Omega/\text{V}$. Nella gamma 1 V la sua resistenza interna (compresa la resistenza d'ingresso) è $20 \text{ k } \Omega$, nella gamma 10 V è $200 \text{ k } \Omega$, nella gamma 100 V è $2 \text{ M } \Omega$ e così via. Un voltmetro con « $10 \text{ k } \Omega/\text{V}$ » è dotato di strumento di misura da $100 \mu\text{A}$ e carica l'oggetto da misurare con una corrente doppia. Quanto più è alta la resistenza interna di un voltmetro meno viene caricato l'oggetto da misurare.

5.4 Multimetro in tensione continua

La Fig. 5.11 mostra il circuito di un multimetro in tensione continua con otto portate. Nella gamma più sensibile il valore di fondo scala è 150 mV ; la gamma più alta permette di misurare fino a 500 V . Chi non lavora con valori superiori a 150 V può tralasciare la gamma 500 V e può invece prevedere una gamma specialmente sensibile di 75 mV di fondo scala.

Lo strumento si vede nella foto 5 di tavola 3. Qui l'apparecchio è aperto. Si riconosce la parte superiore con lo strumento indicatore, la piastra di alluminio con il commutatore a 8 posizioni che serve anche per il fissaggio delle diverse resistenze e la parte inferiore dell'involucro con i morsetti sulla parte posteriore. Come involucro si utilizza un tipo in plastica, per piccoli strumenti, con le dimensioni $188 \times 110 \times 60 \text{ mm}$. Come indicatore serve uno strumento da $50 \mu\text{A}$ con resistenza interna tra 1000Ω e 1500Ω , facilmente reperibile in commercio. Le differenze nel valore della resistenza interna si possono eliminare con l'aiuto di una

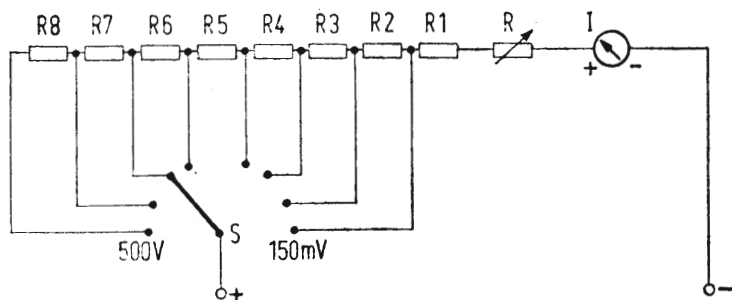


Fig. 5.11. Circuito del multimetro in tensione continua a 8 (9) portate.

Elenco dei componenti per la Fig. 5.11

I	Strumento a bobina mobile, $50 \mu\text{A}$, $R_1 = 1000 \dots 1500 \Omega$
R	Resistenza variabile, 500Ω
S	Commutatore 1×8 (9) contatti
R1 ... R7 (R8)	Resistenze secondo la tabella 2, 1%, 0,5 W
2 morsetti, rosso e nero	
Piccolo involucro plastico	

resistenza d'ingresso variabile di 500Ω . Le resistenze R1-R8 per le diverse portate sono di precisione con tolleranza $\pm 1\%$, così che utilizzando uno strumento indicatore di classe 2,5 (cioè con errore d'indicazione minore del 2,5%) si avrà un errore massimo del 3,5% sul valore di fondo scala.

La taratura è molto semplice. La si fa per una portata e poi vale per tutte le altre. Il modo più semplice è naturalmente il confronto con uno strumento di misura comparatore collegato in parallelo. Se non ci è possibile farci prestare un tale strumento, basta anche il collegamento ad una sorgente di tensione possibilmente ben nota, magari ad un elemento nuovo da 1,5 V la cui esatta tensione può essere misurata dal rivenditore. Nel tragitto dal negozio a casa la tensione senz'altro non varierà sensibilmente.

La sorgente di tensione nota viene collegata con il volmetro commutato sulla gamma di misura corrispondente, e quindi si regola la resistenza d'ingresso R fino a che viene indicato l'esatto valore

di tensione. Con ciò la taratura per tutte le portate è finita. Come esempio per il calcolo delle resistenze può servire la tabella 2. Può essere utile quando si vuole costruire un multimetro a tensione continua con uno strumento di misura le cui caratteristiche variano da quelle qui considerate. Naturalmente, dovranno essere fissati i dati di questo strumento, come nel paragrafo 5.3.

5.5 Puntale per alte tensioni

Per misurare tensioni molto alte, fino a 25 kV (1kV = 1000 V) occorre solo prevedere uno strumento a bobina mobile – magari lo strumento del multimetro in tensione continua – con una resistenza d'ingresso di valore tale che con 25.000 V fluisca esattamente la tensione che provoca la completa deviazione dell'ago dello strumento.

Per il multimetro in tensione continua del paragrafo- 5.4 sono necessari a ciò 50 μ A (così come per la portata più sensibile del multimetro in corrente continua del paragrafo 4.4). Questa resistenza d'ingresso sarà quindi di

$$R = 25.000/0,00005 = 500.000.000 \Omega = 500 \text{ M}\Omega$$

(Rispetto ad una resistenza così alta i 1500 Ω dello strumento indicatore sono senz'altro trascurabili). La resistenza d'ingresso non solo deve avere questo valore così alto, ma deve anche essere adatta per una tensione di 25 kV.

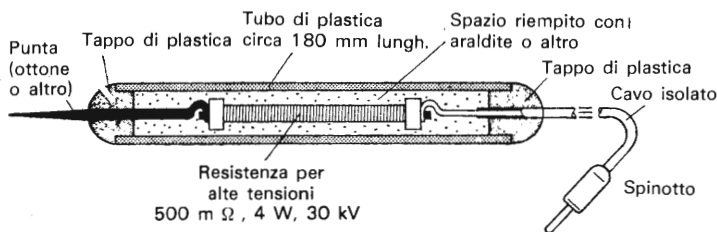
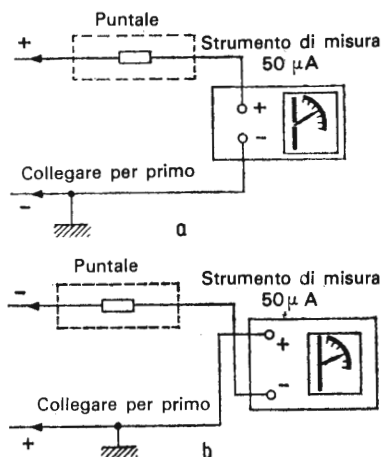


Fig. 5.12. Costruzione del puntale per alte tensioni. L'isolamento deve essere previsto per più di 25 kV.

Fig. 5.13. Collegamento del puntale per alte tensioni all'alta tensione positiva (a) e negativa (b). Occorre sempre collegare dapprima il terminale di massa.



La costruzione di un puntale per alte tensioni è molto delicata. Soprattutto occorre predisporre un isolamento scrupoloso e sufficiente, poiché 25 kV non sono una tensione da campanello. La Fig. 5.12 mostra uno schema di costruzione. Sarà bene spargere dopo la costruzione su tutto il puntale una resina sintetica adatta, per esempio Araldite.

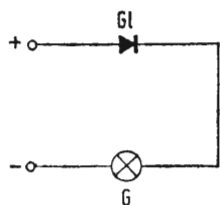
Il collegamento del puntale per alte tensioni si vede in Fig. 5.13, sia per la misura di alte tensioni positive che per la misura di alte tensioni negative. In ogni caso occorre prima collegare il polo a terra dell'oggetto da misurare e quindi mettere il puntale in contatto con l'alta tensione. A questo punto si può eseguire la misura. Come indicatore può servire ogni strumento con 50 μA di fondo scala, quindi anche il mutimetro in tensione continua predisposto nella gamma 150 mV o il multimetro in corrente continua posizionato nella gamma 50 μA .

6. Polarità

Lavorando con tensione continua è in molti casi importante sapere quale dei due poli è il positivo e quale il negativo. Se si utilizza uno strumento a bobina mobile, la verifica è semplice. Sullo strumento è infatti indicata la polarità necessaria per farlo deviare dalla parte giusta; con una polarità sbagliata l'indicatore devia dalla parte sbagliata. Solo quando il positivo dello strumento è collegato al positivo della tensione e il negativo al negativo si ottiene una giusta deviazione.

Se non si ha a disposizione uno strumento, ci si può aiutare, per basse tensioni, con un circuito come quello di Fig. 6.1, che consiste di un raddrizzatore G1 e una lampadina G. Il raddrizzatore lascia passare la corrente solo quando l'anodo è più positivo del catodo. Mediante i simboli dei terminali dell'indicatore si ha perciò la possibilità di determinare la polarità di una tensione. La lampadina G dovrebbe utilizzare la minor corrente possibile (0,07 A oppure 0,1 A) e dovrebbe avere una tensione d'esercizio di circa la metà della più alta tensione da misurare. Per tensioni fino a 15 V, per esempio, si userà una lampadina 7 V/0,1 A.

Il raddrizzatore dovrà avere una tensione d'esercizio uguale alla più alta delle tensioni da misurare e una corrente uguale a quella consumata dalla lampadina. Per tensioni fino a 30 V è adatto per esempio il tipo E 30 C 200 previsto per correnti fino a 200 mA.



Elenco dei componenti di Fig. 6.1

- G1 Piccolo raddrizzatore E 30 C 200 o simile
- G Lampadina ad incandescenza 18 V/0,1 A con portalampada
- 2 boccole

Fig. 6.1. Verifica di polarità con raddrizzatore e lampadina.

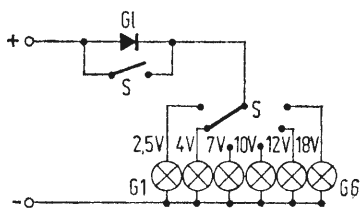
Fig. 6.2. Indicatore di polarità e tensione: modifica dell'indicatore per basse tensioni di Fig. 5.4.

Elenco dei componenti per la Fig. 6.2

Come per la Fig. 5.4, a cui va aggiunto

G1 Piccolo raddrizzatore E 30 C 200
o simile

S Interruttore



Munendo il dispositivo prova-tensione di Fig. 5.4 di un raddrizzatore cortocircuitato su un interruttore, come è indicato in Fig. 6.2, si ottiene un verificatore di tensione e polarità molto versatile, per tensioni continue. Nel collegamento del raddrizzatore occorre fare attenzione alla giusta polarità; secondo i tipi, il catodo è contrassegnato da un punto, un anello o un segno più. Ad alte tensioni si può determinare la polarità con l'aiuto di una lampadina luminescente con resistenza d'ingresso, come in Fig. 5.3. L'elettrodo collegato col polo negativo della sorgente di tensione scintillerà. Le lampade di tipo lungo sono molto adatte a questo scopo perché con esse si può facilmente associare l'elettrodo al terminale. Con tensione alternata scintillano ambo gli elettrodi.

Un indicatore di polarità molto sensibile si può realizzare anche con un piccolo raddrizzatore D e una cuffia K, come indicato in Fig. 6.3. In effetti con questo circuito si sente un botto anche con la polarità invertita; tale botto è però sensibilmente più debole rispetto a quello che si sente con la giusta polarità, e quindi facile da distinguere. Come raddrizzatore basta un piccolo diodo universale; con ciò si possono verificare le polarità di praticamente tutte le tensioni dei circuiti transistorizzati. La tensione alternata si può identificare perché produce un ronzio.

Elenco dei componenti di Fig. 6.3

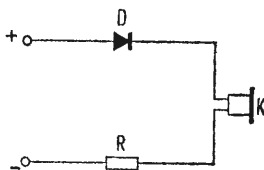
D Diodo universale al silicio BA 221 o simile

K Cuffia ($2 \times 2000 \Omega$)

R Resistenza $50 \text{ k} \Omega/0,5 \text{ W}$

4 boccole

Fig. 6.3. Indicatore di polarità con cuffia.



7. Corrente e tensione alternata

Mentre gli indicatori come la lampada incandescente o luminescente e lo strumento a ferro mobile sono adatti sia per correnti continue che alternate, con il miglior strumento a nostra disposizione, cioè lo strumento a bobina mobile, si possono misurare solo correnti continue. Ora, correnti e tensioni continue sono in effetti le grandezze più importanti per il dilettante, tuttavia può essere necessario misurare anche correnti e tensioni alternate.

Anche per tali compiti si può utilizzare lo strumento a bobina mobile se lo si collega, come è indicato in Fig. 7.1a, con un adatto raddrizzatore. Il circuito raddrizzatore qui indicato è un cosiddetto « circuito a ponte » e consiste di quattro componenti raddrizzatori D1-D4; lo si può trovare già pronto in commercio, sotto forma di un singolo componente. Il funzionamento di un tale raddrizzatore a ponte è spiegato nelle Figg. 7.1b e 7.1c; con la polarità di Fig. 7.1b la corrente può fluire attraverso D1, quindi attraverso lo strumento a bobina mobile nella giusta direzione, e infine attraverso il raddrizzatore D3. In Fig. 7.1c la polarità è esattamente invertita (e quindi vale per l'altra semionda di una corrente alternata): ora la corrente passa attraverso il raddrizza-

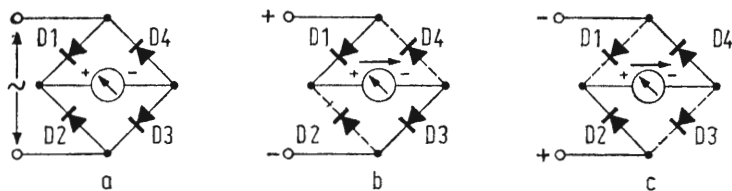


Fig. 7.1. Circuito (a) e funzionamento (b, c) di un raddrizzatore a ponte. Ogni semionda passa per lo strumento nella giusta direzione.

tore D2, quindi ancora attraverso lo strumento sempre nella direzione giusta, e infine attraverso il raddrizzatore D4. Con ambedue le semionde quindi lo strumento a bobina mobile viene attraversato nella direzione dal positivo al negativo e quindi fornisce una giusta indicazione. In effetti con ciò si perde il vantaggio della scala lineare (che c'è con corrente continua) e si deve effettuare una particolare taratura che dipende dalle caratteristiche dello strumento indicatore e anche da quelle del raddrizzatore. La cosa migliore è utilizzare uno strumento comparatore; all'occorrenza il secondario di un trasformatore, collegato con un adatto partitore di tensione, fornisce utili punti di taratura.

I multimetri in corrente e tensione alternata si progettano e costruiscono in teoria come quelli in corrente continua descritti nei paragrafi 4.4 e 5.4, con l'unica differenza del raddrizzatore. Dettagliate indicazioni di costruzione per multimetri in corrente alternata porterebbero via troppo spazio, perché, col collegamento del raddrizzatore e conforme il tipo, i dati dello strumento possono variare entro limiti abbastanza vasti, cosicché non è possibile un calcolo valido in generale. La resistenza d'ingresso e le resistenze per le portate devono essere determinate per ogni combinazione strumento-raddrizzatore, il che si può sempre fare facilmente con la indicazioni dei paragrafi 4.3 e 5.3, che sono tuttora valide.

In ogni caso un raddrizzatore diminuisce notevolmente la resistenza interna dello strumento di misura. Se ci si vuole costruire uno strumento universale, capace di misurare grandezze di corrente continua e corrente alternata non si potranno in generale usare le stesse resistenze.

8. Potenza

Se pure la misurazione della potenza non ha, per il dilettante, la stessa importanza delle misure di corrente e tensione, vengono qui descritti, per completezza, alcuni semplici procedimenti.

Per potenza P s'intende il prodotto della tensione V per l'intensità di corrente I :

$$P = V \cdot I$$

e viene misurata in Watt (W). I semplici metodi descritti nel seguito valgono per correnti continue. Sono usabili per correnti alternate solo se l'utilizzatore (il carico) è puramente resistente, cioè consiste esclusivamente di una resistenza. Per motivi di spazio non potremo, in questa sede, parlare dei metodi, fondamentalmente più complicati, per carichi capacitivi o induttivi come motori in corrente alternata o elettromagneti.

Se la tensione V , con cui viene alimentato un carico R_C , è costante, per la determinazione della potenza è sufficiente misurare la corrente I_C che passa per il carico, come indica la Fig. 8.1.

La potenza P_C utilizzata da R_C sarà quindi data dal prodotto della tensione V per la corrente I_C :

$$P_C = V \cdot I_C$$

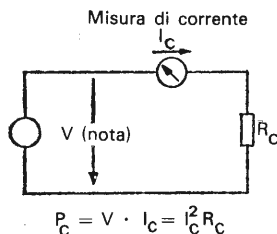
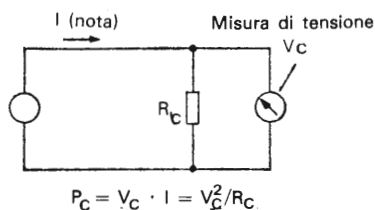


Fig. 8.1. Misura di potenza, determinando la corrente I_C a tensione nota V o carico noto R_C .

Fig. 8.2. Misura di potenza, determinando la tensione V_C a corrente nota I o carico noto R_C .



Se al contrario il carico R_C viene attraversato da una corrente di intensità costante I , occorre determinare la tensione V_C che cade su R_C , dopo di che si può ricavare P_C dalla stessa formula, come si vede anche in Fig. 8.2:

$$P_C = V_C \cdot I.$$

Se non è nota né la tensione V né la corrente I , con un circuito come quello di Fig. 8.3 si possono determinare entrambe. La potenza dissipata in R_C è poi data da

$$P_C = V_C \cdot I_C.$$

Nel caso che la resistenza di carico R_C sia nota, ma non la tensione né la corrente, basterà una sola misura. Utilizzando la legge di Ohm nella forma

$$V = I \cdot R \quad \text{o} \quad I = V/R$$

la definizione si può scrivere

$$P = V \cdot I = (I \cdot R) \cdot I = I^2 \cdot R$$

oppure

$$P = V \cdot I = V \cdot (V/R) = V^2/R$$

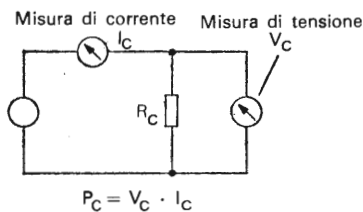


Fig. 8.3. Misura di potenza, determinando la corrente I_C e la tensione V_C .

9. Resistenza

Normalmente sulle resistenze vi sono stampigliature o codici a colori, in modo da poterne determinare il valore. Se però la stampigliatura è illeggibile oppure il significato ignoto, il valore della resistenza si può ricavare solo con una misurazione.

Una verifica con l'indicatore di continuità può già dare dei chiarimenti. Se per esempio una resistenza che dovrebbe essere di basso valore non presenta conduttanza, sarà presumibilmente danneggiata. Con resistenze del tutto incognite l'indicatore di continuità offre la possibilità di una stima grossolana e cioè permette di decidere se il valore della resistenza è alto o basso.

Se tuttavia si vuole determinare il *valore* della resistenza è necessaria una misura. Un semplice procedimento è indicato in Fig. 9.1. Si utilizza una batteria possibilmente nuova e uno strumento di misura in corrente continua con bassa resistenza, se possibile un multimetro. Secondo la legge di Ohm la corrente che passa nel circuito dipende solo dalla tensione di batteria V_B e dal valore della resistenza totale del circuito. In Fig. 9.1 tale resistenza totale è la somma di R_I e R_X , dove R_I è la resistenza interna dello strumento per la portata scelta e R_X la resistenza incognita. Si ha allora

$$I = \frac{V_B}{R_I + R_X}$$

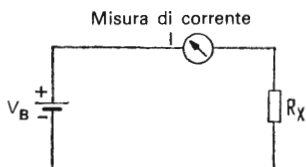


Fig. 9.1. Determinazione di una resistenza mediante misura di corrente (a tensione di batteria V_B nota).

Se si risolve questa relazione in R_x si ottiene

$$R_x = \frac{V_B}{I} - R_I$$

che è una semplice formula con cui si può calcolare la resistenza incognita dall'intensità di corrente.

Se per esempio il multimetro in corrente continua del paragrafo 4.4 collegato ad una batteria da 1,5 V fornisce, nella portata 5 mA ($R_I = 15 \Omega$), per una resistenza incognita R_x , nel circuito di Fig. 9.1, un valore di 4 mA, allora si ottiene per R_x :

$$R_x = \frac{15}{0,004} - 15 = 375 - 15 = 360 \Omega.$$

Per proteggere lo strumento dai sovraccarichi, in pratica si connette sempre dapprima la portata più alta, e poi si scala sulle gamme più basse fino a che non si raggiunge una portata adatta. Il procedimento descritto è molto semplice, ma presenta ancora una fonte di insicurezza: se cioè la batteria non ha esattamente la tensione prevista, la misura viene falsata. Più sicuro è quindi il metodo di Fig. 9.2, con cui contemporaneamente si misura anche la tensione V_B . Il calcolo della resistenza incognita R_x si effettua poi con la stessa formula usata per il metodo di Fig. 9.1. In questo caso vi è tuttavia lo svantaggio di dover usare due strumenti di misura.

Tale svantaggio si supera con un circuito come quello di Fig. 9.3. Qui si utilizza un misuratore di tensione, per esempio quello del paragrafo 5.4. La misura avviene in due stadi. Dapprima si determina la tensione di batteria V_B , collegando direttamente, e cioè

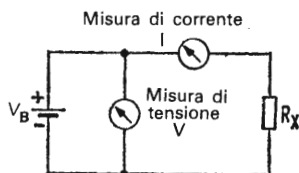


Fig. 9.2. Determinazione di una resistenza mediante misure di corrente e tensione.

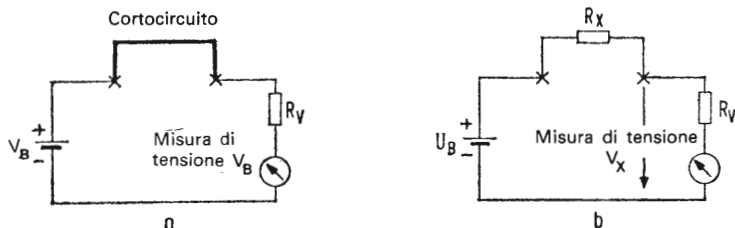


Fig. 9.3 Determinazione di una resistenza col voltmetro. (a) misura della tensione di batteria V_B , (b) determinazione della caduta di tensione alla resistenza incognita.

senza la resistenza incognita R_X , lo strumento alla tensione. Quindi, in un secondo tempo, si connette R_X in serie al misuratore di tensione. Essa si comporta come se la resistenza d'ingresso R_P venisse aumentata del valore R_X . Quindi per lo strumento può fluire una minor quantità di corrente e dunque esso indica un valore minore, diciamo V_X .

Come si può ricavare dal calcolo della resistenza d'ingresso per misuratori di corrente del paragrafo 5.3, per R_X vale questa relazione:

$$R_X = \frac{R_M \cdot V_B}{V_X} - R_M.$$

Qui R_M è la resistenza interna totale dello strumento per la portata scelta ($R_M = R_P + R_I$, con R_P = resistenza di portata per la portata scelta, R_I = resistenza interna dello strumento), V_B la tensione della batteria precedentemente determinata e V_X la tensione misurata quando si collega R_X .

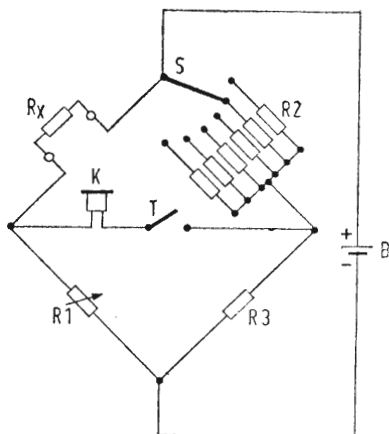
Come esempio, consideriamo il multimetro in tensione continua del paragrafo 5.4 e supponiamo che nella portata 5 V (resistenza interna $R_M = R_P + R_I = 100.000 \Omega$) esso fornisca una tensione di batteria $V_B = 4,5$ V, mentre con R_X inserita $V_X = 3$ V. Allora per R_X si ha:

$$R_X = \frac{100.000 \cdot 4,5}{3} - 100.000 = 150.000 - 100.000 = 50.000 \Omega.$$

Fig. 9.4. Ponte di Wheatstone a sei portate, per la misura esatta di resistenze tra 1 Ω e 1 M Ω .

Elenco dei componenti per la Fig. 9.4

- B Batteria 1,5 V con portabatteria
 S Commutatore, 1 \times 6 contatti
 K Cuffia (2 \times 2000 Ω)
 T Resistenza variabile 1 k Ω /0,5 W con scala e manopola
 R2 6 resistenze, 10 Ω , 100 Ω , 1 k Ω , 10 k Ω , 100 k Ω , 1 M Ω , 1%, 0,5 W
 6 boccole



Secondo il principio qui descritto, lavorano anche i cosiddetti « ohmmetri diretti ». In essi la resistenza fissa d'ingresso è scelta in modo tale che V_B provochi una deviazione completa dell'indicatore. La loro scala si lascia poi tarare direttamente in Ohm; tali strumenti devono tuttavia essere previsti con un dispositivo di regolazione che permetta un livellamento delle variazioni della tensione di batteria. Simili dispositivi di regolazione devono tuttavia essere adattati allo strumento usato, così che una trattazione generale non è possibile.

Con il circuito di Fig. 9.4 si ottengono misure di resistenza molto esatte. Tale circuito prende il nome di « ponte di Wheatstone » e, nella forma qui data, ha il vantaggio di non richiedere uno strumento di misura; come indicatore serve una cuffia K con tasto interruttore T. Premendo il tasto, nella cuffia si avverte il solito botto, che sparisce quando al collegamento fra R_X e R_1 e a quello fra R_2 e R_3 cade la stessa tensione. Ciò avviene quando

$$\frac{R_X}{R_1} = \frac{R_2}{R_3}$$

oppure, risolvendo in R_x

$$R_x = \frac{R_2}{R_3} \cdot R_1$$

In Fig. 9.4 la resistenza variabile R_1 e la resistenza fissa R_3 sono ognuna di 1000Ω , mentre R_2 può venir scelta, mediante un commutatore, tra sei diverse resistenze (10Ω , 100Ω , $1 \text{ k}\Omega$, $10 \text{ k}\Omega$, $100 \text{ k}\Omega$ e $1 \text{ M}\Omega$). Scegliendo R_2 e posizionando R_1 , è quindi possibile misurare tutte le resistenze R_x comprese tra meno di 1Ω e $1 \text{ M}\Omega$. La resistenza variabile verrà prevista con una scala, come indica la foto 4 di tavola 2, che si potrà tarare direttamente, collegando resistenze note. Scegliendo per R_1 un tipo a variazione lineare, la scala potrà venir suddivisa in 10 intervalli uguali; naturalmente errori nella corsa della resistenza variabile si traducono in errori di misura. Un grande vantaggio del ponte di Wheatstone è la completa insensibilità alle variazioni della tensione di alimentazione; una batteria usata produrrà un botto più debole, ma la determinazione del valore di R_x non ne risentirà.

Se si dispone di una sorgente di frequenze sonore comprese fra 400 e 1000 Hz , la si può usare al posto della batteria; in tal caso il tasto può essere eliminato poiché il suono sarà ugualmente percettibile. L'uso di 50 Hz è in teoria possibile con una buona cuffia che riproduca questa bassa frequenza. A causa della scarsa sensibilità dell'orecchio umano per questa frequenza è tuttavia possibile un bilanciamento sufficientemente esatto solo fino a valori di R_x di $50 \text{ k}\Omega$, $100 \text{ k}\Omega$.



Foto 1. Indicatore di continuità: a sinistra la lampada tascabile e a destra il circuito elettronico di Fig. 3.3, da collocare in un involucro a piacimento

Tavola 1

Foto 2. Dispositivo per la misura di corrente di Fig. 4.5, con una cuffia come indicatore



Foto 3. Multimetro in corrente continua con otto portate, secondo la Fig. 4.11



Tavola 2

Foto 4. Ponte per la misura di resistenze, secondo la Fig. 9.4, con una cuffia come indicatore.



10. Capacità

I condensatori non possono lasciar passare corrente continua. Si può verificare questa proprietà con l'indicatore di continuità: se esso mostra che esiste conducibilità, il condensatore è « perforato » e quindi inutilizzabile. Naturalmente questa verifica deve essere condotta solo con un indicatore di continuità in corrente continua. Nemmeno l'indicatore di continuità a cuffia è adatto in questo caso, perché i veloci salti di tensione all'apertura e chiusura del circuito possono venir trasmessi capacitivamente. La misura della capacità di un condensatore non è purtroppo così semplice come quelle di corrente, tensione e resistenza.

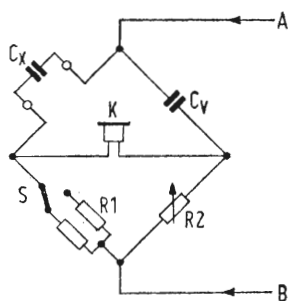
Anche i cosiddetti « metodi di fortuna » esigono in generale strumenti di cui i dilettanti sono raramente in possesso, come voltmetri a valvole o transistori, oscilloscopi o generatori BF. Nel seguito verranno perciò descritti solo due esperimenti, che possono venir condotti senza tali costosi « mezzi di fortuna ».

Seguendo la Fig. 10.1 si può realizzare un circuito a ponte, che rassomiglia a quello di Fig. 9.4. Anche il funzionamento è simile, solo che in questo caso viene determinata la reattanza della capacità incognita C_X .

Elenco dei componenti di Fig. 10.1

K	Cuffia ($2 \times 2000 \Omega$)
R1	2 resistenze 10Ω , $1 \text{ k} \Omega$, $1\%/0,5 \text{ W}$
R2	Resistenza variabile $10 \text{ k} \Omega/0,5 \text{ W}$ con scala e manopola
S	Commutatore
CV	Condensatore plastico $1 \mu\text{F}$, 30 V

Fig. 10.1. Ponte di capacità a due portate, per la misura di condensatori da 1 nF a $1000 \mu\text{F}$.



Il ponte viene alimentato ai punti A e B con tensione alternata e mediante la resistenza variabile R2 lo si equilibra fino alla scomparsa del rumore. Col ponte in equilibrio, si può calcolare C_x così:

$$C_x = \frac{R_2}{R_1} \cdot C_v.$$

Qui R_1 è la resistenza fissa (in Fig. 10.1 si può scegliere tra 10Ω e 1000Ω), R_2 il valore della resistenza variabile necessario per l'equilibrio del ponte e C_v una capacità di paragone. Coi valori dati per R_1 , una resistenza variabile di $10 \text{ k}\Omega$ e una capacità di paragone C_v di $1 \mu\text{F}$ si ottengono le gamme $0,1 \dots 1000 \mu\text{F}$ e $1 \text{ nF} \dots 10 \mu\text{F}$.

I migliori risultati si ottengono alimentando il ponte con una tensione alternata di circa 1000 Hz . Chi ha una cuffia con una riproduzione dei bassi sufficientemente buona, può lavorare con l'alimentazione dal secondario di un trasformatore da campanello. La cosa migliore è tuttavia costruirsi un piccolo alimentatore come indicato in Fig. 10.2, in cui un trasformatore da campanello alimenta, attraverso il secondario da 3V , un raddrizzatore a ponte. Di questo segnale d'uscita, interessa qui tuttavia, non la componente in tensione continua, ma quella in tensione alternata, relativamente ricca di armoniche. Essa viene filtrata dal condensatore da $1000 \mu\text{F}$ e portata ai punti A e B del ponte per la misura di capacità. Le armoniche sono poi ben percepibili, anche con cuffie molto semplici.

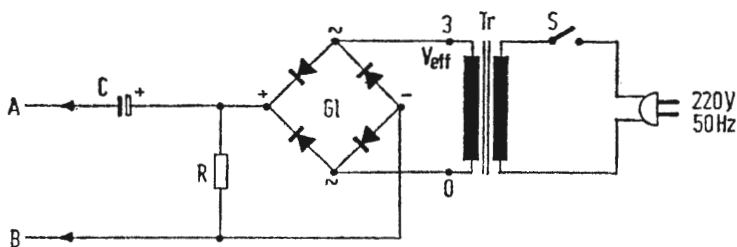


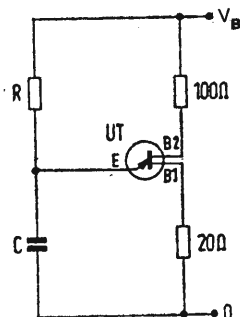
Fig. 10.2. Alimentatore per il ponte di capacità di Fig. 10.1.

Elenco dei componenti di Fig. 10.2

Tr	Trasformatore da campanello 220 V, 50 Hz con cavo e spina
S	Interruttore di rete
Gl	Raddrizzatore B 30 C 1000 o simile
R	Resistenza 10 Ω /10 W
C	Condensatore elettrolitico 1000 μ F, 15 V

2 boccole

Fig. 10.3. Circuito di un oscillatore con transistore unigiunzione. La frequenza di oscillazione viene determinata da R e C.



Lo schema di un altro semplice circuito per determinare la capacità è indicato in Fig. 10.3. Si tratta di un circuito oscillatore con un transistore unigiunzione (a giunzione unica) in cui, dalla tensione di batteria V_B attraverso la resistenza R viene caricata una capacità C. Quando la tensione d'emettitore raggiunge un determinato valore, il tratto tra l'emettitore E e la base B1 diventa conduttivo e C si scarica molto velocemente sulla resistenza di B1. Quindi comincia la ricarica di C e il gioco si ripete. In questo modo si forma un'oscillazione monostabile la cui frequenza dipende da R e C.

La Fig. 10.4 mostra un circuito completo progettato su questa idea. La resistenza R è qui sostituita da una cuffia ($2 \times 2000 \Omega$) che rende udibile la frequenza sonora generata. Un tasto interruttore S2 permette di collegare al circuito d'emettitore, alternativamente, la capacità incognita C_x ed una capacità sostituibile di confronto C_v . Ora si cambia il valore di C_v fino a che nelle due posizioni di S2 si sente lo stesso suono. A questo punto C_x ha lo stesso valore di C_v . Il procedimento appare al primo momento un po' lungo, ma in effetti si può eseguire abbastanza velocemente; chi vuole lavorare più comodamente può collegare, invece della capacità sostituibile C_v , una serie di valori fissi che possono venir selezionati mediante un apposito commutatore.

Un secondo interruttore, in Fig. 10.4 permette di collegare in serie alla cuffia una resistenza di 100 k Ω . In questo modo si ottiene

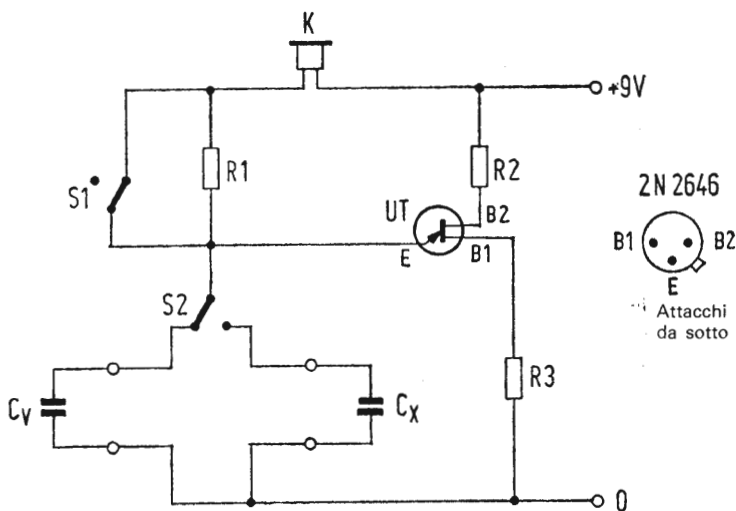


Fig. 10.4. Circuito per il confronto di capacità con transistore unigiunzione. Con le due portate si possono determinare capacità tra 1 nF e 3 μ F.

Elenco dei componenti di Fig. 10.4

UT	Transistore unigiunzione 2 N 2646
K	Cuffia ($2 \times 2000 \Omega$)
S1	Interruttore
S2	Commutatore
R1	Resistenza $100 \text{ k} \Omega/0,25 \text{ W}$
R2	Resistenza $100 \Omega/0,25 \text{ W}$
R3	Resistenza $20 \Omega/0,25 \text{ W}$
8 boccole	

una seconda portata. Se è connessa solo la cuffia, si ottengono suoni udibili con valori di capacità tra 30 nF e 3 μ F, con la resistenza da 100 k Ω collegata, la portata è da circa 1 nF fino a 50 nF.

Per l'uso pratico del circuito di Fig. 10.4 vale questa regola: se il suono di paragone è troppo alto, occorre aumentare C_V , se è troppo basso occorre diminuirlo. Il valore giusto si trova poi velocemente.

11. Induttanza

Come le misure di capacità, anche le misure di induttanza presentano, per il dilettante, che praticamente non dispone di strumenti di misura, alcune difficoltà. Le grandi induttanze, che si possono determinare in maniera relativamente semplice, sono poco interessanti per il dilettante, mentre per le più importanti gamme dei medi e piccoli valori servono strumenti di non facile accessibilità.

La verifica più importante su una induttanza è tuttavia molto semplice: con l'indicatore di continuità si può stabilire se l'avvolgimento tra i suoi terminali è conduttivo o interrotto. Lo strumento a ciò più adatto è un indicatore di continuità in corrente continua per alte resistenze, poiché le induttanze più grandi consistono, per la maggior parte, di diversi avvolgimenti di filo sottile così che la resistenza può arrivare fino ad alcuni kilohm.

Per la misura di induttanze può servire il ponte di Maxwell di Fig. 11.1, realizzabile con semplici mezzi. Esso viene equilibrato, come i ponti precedentemente descritti, in modo tale che il segnale acustico nella cuffia scompare. Per l'induttanza incognita L_x vale poi la relazione

$$L_x = R_1 \cdot R_2 \cdot C_v.$$

Il circuito completo di Fig. 11.2 presenta una resistenza fissa $R_1 = 1 \text{ k}\Omega$ e una resistenza variabile $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$. Per C_v si possono scegliere, mediante un commutatore, due diversi valori: con $C_v = 10 \text{ nF}$ si ottiene per L_x una gamma $1 \text{ mH} \dots 0,1 \text{ H}$, con $C_v = 1 \mu\text{F}$ si può misurare L_x tra $0,1 \dots 10 \text{ H}$.

Il ponte di Maxwell di Fig. 11.2 lavora nel migliore dei modi se viene alimentato ai punti A e B con una frequenza sonora di 1000 Hz . All'occorrenza può lavorare anche con una tensione da 50 Hz fornita dal secondario di un trasformatore da campanello, ma in

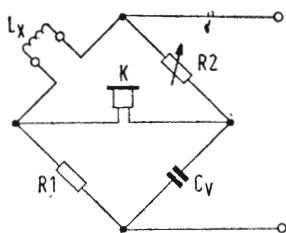


Fig. 11.1. Circuito del ponte di Maxwell semplificato per la misura di induttanze.

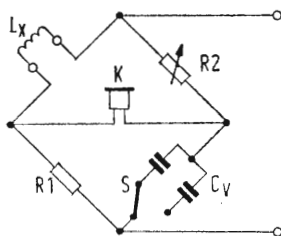


Fig. 11.2. Ponte di Maxwell semplificato con due portate per 1 mH-10 H.

Elenco dei componenti di Fig. 11.2

K	Cuffia ($2 \times 2000 \Omega$)
R1	Resistenza $1 \text{ k} \Omega/0,25 \text{ W}$
R2	Resistenza variabile $10 \text{ k}\Omega/0,5 \text{ W}$ con scala e manopola
S	Commutatore
Cv	2 condensatori 10 nF , $1 \mu\text{F}$, 15 V
	6 boccole

tal caso deve essere utilizzata una cuffia con sufficiente riproduzione dei toni bassi.

È qui da notare che a causa della resistenza in corrente continua degli avvolgimenti, inevitabile con le induttanze, nel circuito semplificato del ponte di Maxwell di Fig. 11.2, in generale non può essere possibile un completo bilanciamento; un certo segnale rimarrà udibile in cuffia. Occorrerà quindi bilanciare sul più basso volume e tener conto dell'errore di misura a ciò collegato. I ponti di Maxwell in cui questo effetto può venir compensato, sono fondamentalmente più complicati ed anche più difficilmente bilanciabili.

12. Diodi

I diodi semiconduttori sono in teoria piccoli raddrizzatori per correnti relativamente basse. Essi dunque devono lasciar passare la corrente in una direzione ma non nell'altra. In teoria si può utilizzare per una simile verifica un indicatore di continuità in corrente continua; esso deve però lavorare solo con piccole tensioni per non caricare troppo il componente da verificare. Col semplice circuito di Fig. 12.1 per il diodo da verificare può fluire una corrente di 1 mA al massimo, un carico sopportabile da ogni tipo. Se il componente è collegato nel modo indicato, lo strumento deve deviare completamente, cogli attacchi invertiti invece no. Se si ha flusso di corrente nelle due direzioni, il diodo è cortocircuitato; se non lo si ha in nessuna direzione è « aperto ». Nei due casi è inutilizzabile.

Si può realizzare l'indicatore di Fig. 12.1 sostituendo lo strumento e la resistenza d'ingresso con un voltmetro per 1,5 V, magari il multimetro in tensione continua del paragrafo 5,4, predisposto per la portata 1,5 V.

Senza strumento indicatore si può realizzare il circuito per la verifica di diodi di Fig. 12.2. Nel verso di conduzione del diodo la

Elenco dei componenti di Fig. 12.1

- I Strumento indicatore a bobina mobile 1 mA
- R Resistenza 1,5 k Ω /0,25 W
- B Batteria 1,5 V con portabatteria 2 morsetti

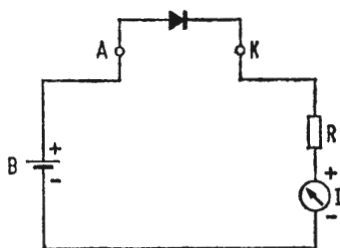


Fig. 12.1. Tester per diodi con strumento indicatore a bobina mobile.

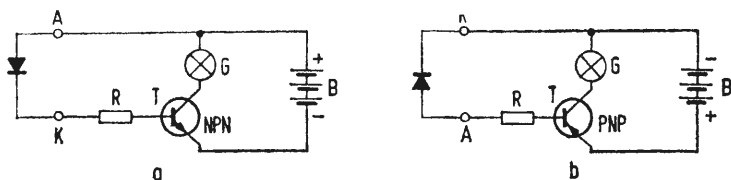


Fig. 12.2. Tester per diodi con lampadina indicatrice. Il componente da verificare viene debolmente caricato. (a) con transistore NPN e (b) con transistore PNP.

Elenco dei componenti di Fig. 12.2

T	Transistore NPN 2 N 1711 o transistore PNP 2 N 2905
G	Lampadina a incandescenza 3,8 V/0,07 A con portalamпада
B	Batteria 4,5 V con portabatteria
R	Resistenza 3,9 k Ω /0,25 W
2 Morsetti	

base del transistore T viene polarizzata e la lampadina G nel circuito di collettore si illumina. Con polarità invertita non può passare corrente e la lampadina non si illumina. Il circuito è indicato sia per transistori NPN (a) che per transistori PNP (b). Come lampadina spia occorre usare un tipo da 0,07 A al massimo, poiché una lampadina fredda presenta circa 1/10 della resistenza che si ha quando il filamento è caldo, e quindi se la corrente è maggiore l'impulso relativamente forte provocato dall'accensione può sovraccaricare il transistore. Anche in questo caso il componente da verificare viene caricato con non più di 1 mA, poiché il transistore usato presenta un'amplificazione di corrente $B = 100$. Se i contrassegni dei terminali di un diodo non sono più riconoscibili, il tester per diodi darà utili informazioni. Il passaggio di corrente in un diodo è possibile solo se l'anodo è più positivo del catodo e quindi, nel circuito qui sopra, solo se l'anodo è collegato con A e il catodo con K.

13. Transistori

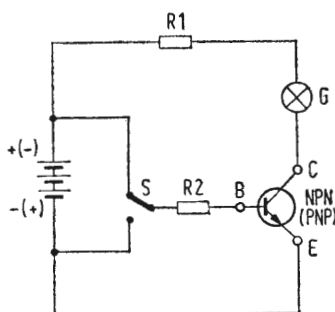
Col circuito di Fig. 13.1 si può decidere molto facilmente se un transistoro è utilizzabile. Se nel circuito, qui realizzato per un transistoro NPN, la resistenza di base da $680\text{ k}\Omega$ R2 è collegata al polo positivo della batteria, la base del transistoro riceve una corrente sufficiente a far accendere la lampadina del circuito di collettore. Nell'altra posizione dell'interruttore S, al contrario, non vi è corrente di base, e la lampadina rimane spenta. Se la lampadina non si accende mai, oppure è sempre accesa, il componente è difettoso. I transistori PNP si possono verificare con lo stesso circuito, dopo aver cambiato la polarità della batteria.

La lampadina spia è stata prevista da $3,8\text{ V}/0,07\text{ A}$, in modo tale che, con il circuito di Fig. 13.1, si possono verificare praticamente tutti i transistori universali e di potenza. Per verificare tipi caricabili molto debolmente, come certi transistori AF, piccoli transistori per apparecchi per sordi, sarà meglio scegliere il circuito modificato di Fig. 13.2 in cui la lampadina è sostituita da un semplice strumento indicatore, con lo zero a centro scala. Tali sem-

Elenco dei componenti di Fig. 13.1

B	Batteria 6 V con portabatteria
S	Commutatore
R1	Resistenza $27\ \Omega/0,25\text{ W}$
R2	Resistenza $680\ \Omega/0,25\text{ W}$
G	Lampadina ad incandescenza $3,8\text{ V}/0,07\text{ A}$ con portalamпада
Zoccolo per transistori oppure 3 boccole	

Fig. 13.1. Tester per transistori con lampadina indicatrice. Le indicazioni tra parentesi valgono per transistori PNP.



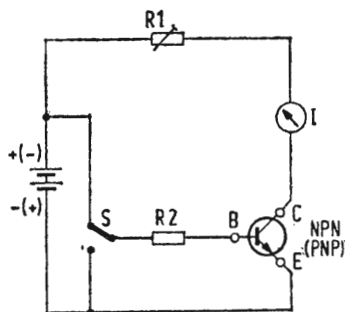


Fig. 13.2. Tester per transistori per tipi caricabili solo debolmente.

Elenco dei componenti di Fig. 13.2

- | | |
|--|---|
| B | Batteria 3 V con portabatteria |
| S | Commutatore |
| R1 | Resistenza variabile 100 k Ω /0,25 W |
| R2 | Resistenza 27 k Ω /0,25 W |
| I | Strumento indicatore a bobina mobile con zero in centro-scala per esempio 50-0-50 μ A |
| Zoccolo per transistori oppure 3 boccole | |

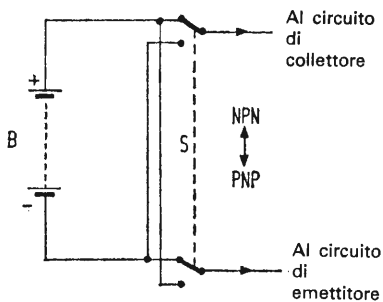
plici strumenti si trovano a buon prezzo sul mercato e servono come indicatori per apparecchi ricevitori FM; consumano una frazione di mA. Il transistore viene così caricato molto debolmente.

La resistenza variabile R1 del circuito di collettore permette di usare strumenti con caratteristiche molto diverse in modo da poter usare tipi da 30-0-30 μ A fino a 1-0-1 mA. Prima di mettere il circuito sotto tensione, R1 viene posizionata sul suo massimo valore. Quindi si cortocircuitano i terminali di collettore e emettitore (C e E) e si posiziona R1 in modo che, con una batteria nuova, l'indicatore indichi il fondo scala. Dopo aver collegato il transistore, l'indicatore resterà un po' sotto il fondo scala.

Il funzionamento del circuito di Fig. 13.2 è in teoria lo stesso del circuito di Fig. 13.1. Anche in questo caso si possono verificare transistori PNP, cambiando la polarità della batteria; lo strumento devierà dalla parte opposta.

Chi ritiene noioso il cambio della polarità, quando si passa da transistori PNP a NPN o viceversa, può realizzare un commutatore di polarità come in Fig. 13.3. Contrassegnando opportunamente le due posizioni dell'interruttore si ha poi la possibilità, molto comoda, di determinare, in casi dubbi, se il componente è NPN o PNP.

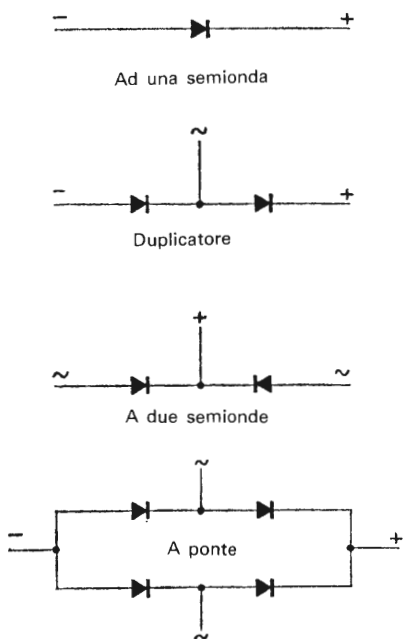
Fig. 13.3. Circuito per la comoda commutazione del tester per transistori di Fig. 13.1 e 13.2 da NPN a PNP.



Per il fissaggio dei transistori sarà opportuno o prevedere uno zoccolo per transistori o usare dei conduttori con morsetti a cocodrillo.

14. Raddrizzatori

Tutti i raddrizzatori devono lasciar passare la corrente solo in una direzione. Essi quindi sono da verificare in ogni caso con strumenti in corrente continua. Certe cautele si devono poi avere con i tipi in miniatura e con raddrizzatori di misura, perché questi sono adatti solo per correnti di qualche mA. Per la loro verifica si debbono perciò usare solo strumenti a bassa resistenza come l'indicatore di continuità di Fig. 3.3 o il tester per diodi di Fig. 12.1 e 12.2. In generale, possono esserci difficoltà solo per quanto riguarda i diversi contrassegni dei terminali. In Fig. 14.1 sono quindi raccolti



i tipi più usati di raddrizzatori e i loro contrassegni. Nei tipi con più rami raddrizzatori nello stesso involucro (duplicatore, a due semionde, a ponte) la miglior cosa è verificare le caratteristiche di conduzione e bloccaggio di ogni ramo.

Fig. 14.1 Realizzazione dei diversi raddrizzatori con corrispondenti contrassegni dei terminali.

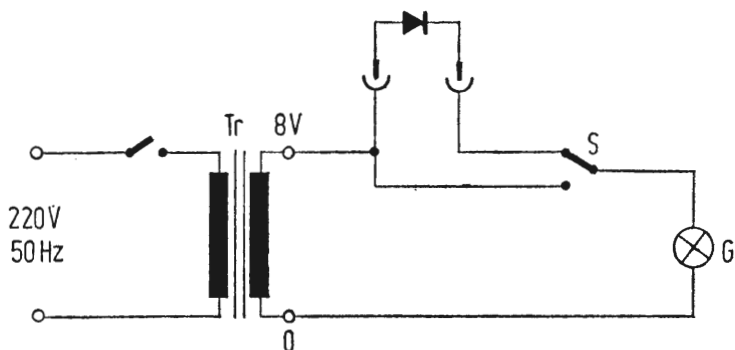


Fig. 14.2. Tester per raddrizzatori con alimentazione da rete e lampadina indicatrice.

Elenco dei componenti di Fig. 14.2

- Tr Trasformatore da campanello, 220 V, con cavo, interruttore e spina
 S Commutatore
 G Lampadina a incandescenza 10 V/0,1 A con portalampada
 2 boccole

Se non si ha a disposizione un indicatore di continuità, si possono verificare i raddrizzatori per più di 100 mA (come sono quasi tutti i tipi usati) con il circuito di Fig. 14.2.

Come sorgente di tensione serve un trasformatore da campanello a 8 V. Collegato alle boccole un raddrizzatore (o un ramo di un raddrizzatore multiplo), la lampadina G deve, a raddrizzatore inserito (posizione superiore dell'interruttore S) dare una luminosità che sia circa la metà rispetto a quella che si ha con il collegamento diretto al trasformatore (posizione inferiore dell'interruttore S). Se si ottiene la stessa luminosità con le due posizioni dell'interruttore il raddrizzatore presenta un cortocircuito; se nelle due posizioni dell'interruttore la lampadina è spenta, il raddrizzatore è « aperto ». Nei due casi è inutilizzabile.

15. Tiristori

I tiristori, detti anche raddrizzatori controllati, si comportano in teoria come normali raddrizzatori e quindi devono lasciar passare la corrente solo in un verso. Contrariamente ai soliti raddrizzatori, però, essi presentano un elettrodo di comando aggiuntivo, il cosiddetto Gate. Solo quando attraverso questo Gate è passato un certo impulso (di accensione) potrà passare corrente tra anodo e catodo, altrimenti il tiristore rimane bloccato nelle due direzioni. Se il catodo è positivo rispetto all'anodo, un tiristore sano non può lasciar passare corrente in quantità degna di nota.

La Fig. 15.1 mostra un semplice strumento di verifica per tiristori. È adatto per tipi fino a circa 35 A di corrente di conduzione e quindi per tutti i tipi utilizzati dai dilettanti. La tensione d'alimen-

Elenco dei componenti di Fig.15.1

Tr	Trasformatore da campanello 220 V, con cavo, interruttore e spina
L	Lampadina ad incandescenza 12 V, 5 W con portalampana
R	Resistenza 180 Ω /1 W
S	Commutatore, 1 \times 3 contatti
6 boccole	

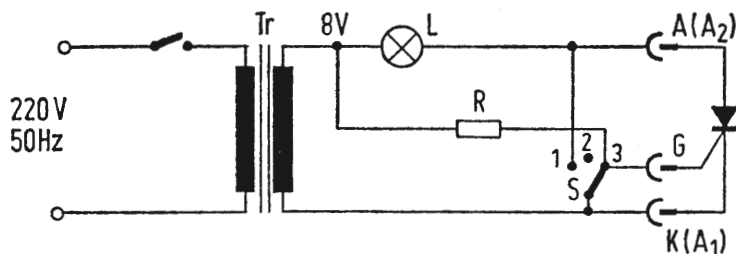


Fig. 15.1. Tester per tiristori e triacs con alimentazione da rete e lampadina indicatrice.

tazione anche in questo caso viene prelevata dal secondario ad 8 V di un trasformatore Tr. Nella posizione 1 del commutatore il tiristore è cortocircuitato e la lampadina L è completamente illuminata (serve per confronto). Se il commutatore è in posizione 2 il Gate del tiristore riceve una corrente di comando sufficiente e per ogni semionda positiva tra anodo A e catodo K il tiristore si deve accendere; la lampadina deve presentare una luminosità dimezzata. Se, con il commutatore in questa posizione, la lampadina o non si accende o si accende completamente, il tiristore è inutilizzabile. Nella posizione 3 del commutatore, la corrente di comando del Gate viene cortocircuitata; un tiristore sano deve bloccarsi e la lampadina deve stare spenta. Se si accende, il componente non ha l'azione di comando ed è difettoso.

16. Triacs

I triacs sono componenti semiconduttori che, con correnti alternate, si comportano come interruttori elettronici pilotabili. In teoria li possiamo immaginare molto semplicemente come due tiristori con lo stesso elettrodo di comando, collegati antiparallelamente. Applicando un impulso di tensione al Gate G il triac va in conduzione, altrimenti è interdetto nelle due direzioni. Come indicato in Fig. 16.1 i tre terminali di un triac vengono detti « anodo 1 » (A1), « anodo 2 » (A2) e « Gate » (G).



Fig. 16.1. Simbolo e contrassegni di un triac.

Per verificare un triac può sempre venir utilizzato il circuito di Fig. 15.1, e quindi in questo sono stati riportati tra parentesi i contrassegni dei terminali di un triac. Nella posizione di commutatore 1 la lampadina è completamente illuminata (per controllo).

In posizione 2 lo stesso, perché il triac, innescato dall'impulso del Gate, lascia fluire corrente nei due sensi. Solo in posizione 3 un triac deve lasciar spenta la lampadina perché ora l'impulso non ha luogo. Se la lampadina rimane ora accesa, oppure se si illumina in posizione 2, il componente è difettoso. Il circuito di Fig. 15.1 è adatto per verificare triacs con corrente di conduzione fino a circa 6 A.

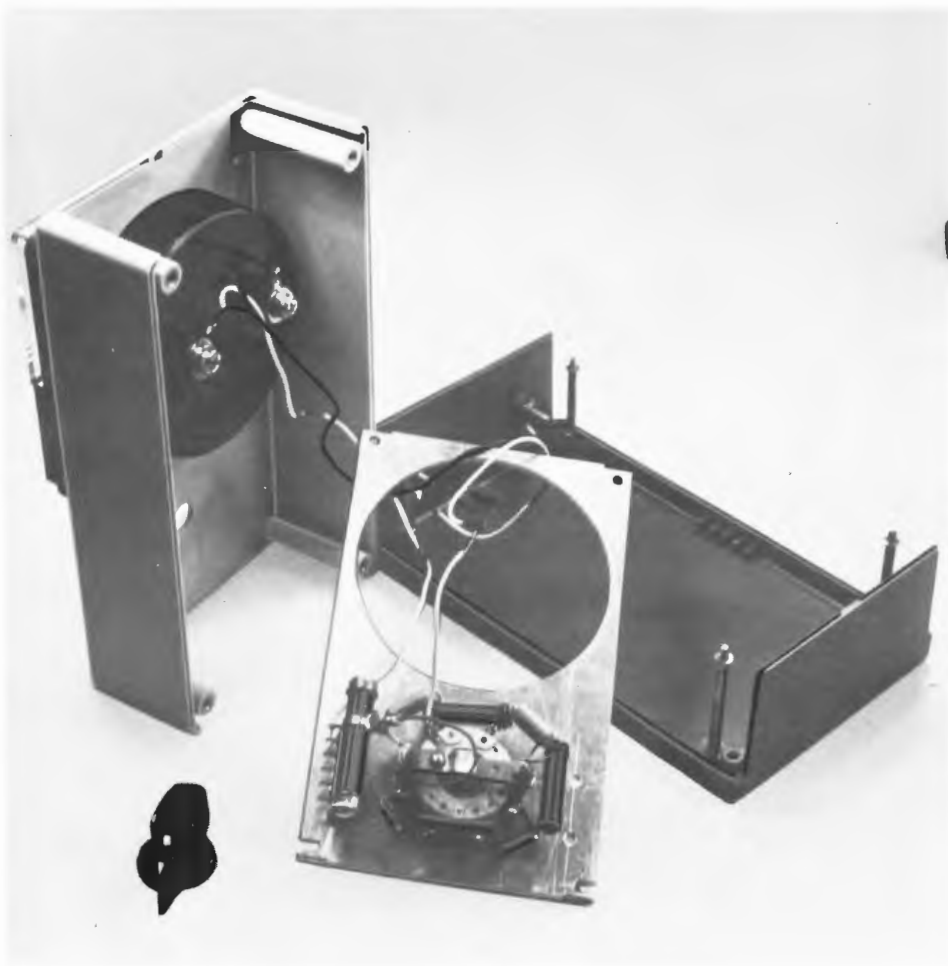


Tavola 3

Foto 5. Multimetro in tensione continua secondo la Fig. 5.11 con otto portate, aperto

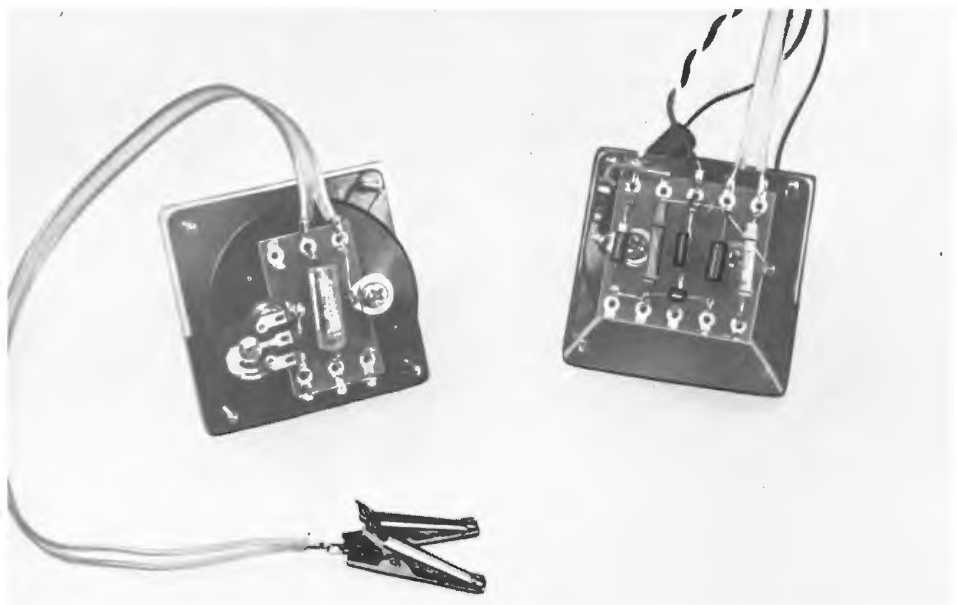
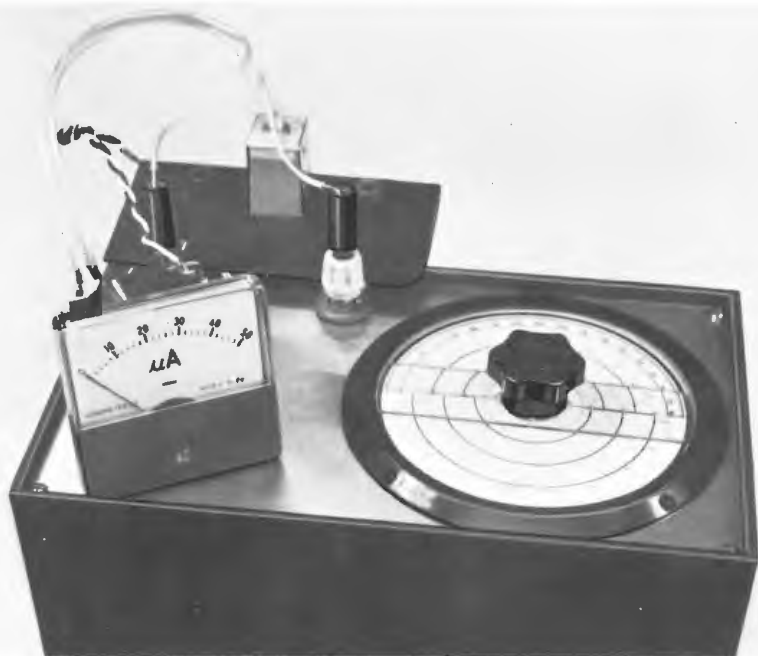


Foto 6. Indicatori AF secondo Fig. 17.1 (sinistra) e Fig. 17.2 (destra)

Tavola 4

Foto 7. Condensatore variabile tarato con bobina e indicatore AF.



17. Alta frequenza

Le verifiche in alta frequenza presentano, per il dilettante, alcune difficoltà, a causa del fatto che gli strumenti di misura e verifica in suo possesso sovraccaricano spesso l'oggetto della misura. Così per esempio, la piccola capacità aggiuntiva che si ottiene collegando ad un circuito oscillante un puntale, provoca uno « sfasamento » relativamente forte di questo circuito. Una sottrazione di energia, per esempio quella necessaria per l'indicatore, produce inoltre un forte smorzamento.

Nell'utilizzazione dei circuiti descritti in seguito, occorre tener conto di queste considerazioni. È tuttavia chiaro che anche con mezzi limitati, sono possibili interessanti e istruttivi esperimenti alle alte frequenze.

17.1 Indicatori ad alta frequenza

Un indicatore AF molto sensibile è indicato in Fig. 17.1. Il segnale ad alta frequenza viene accoppiato capacitivamente mediante C_K , raddrizzato con un diodo al germanio a bassa resistenza D e por-

Elenco dei componenti di Fig. 17.1

I	Strumento indicatore a bobina mobile $50 \mu\text{A}$
C_K	Condensatore $100 \text{ pF} \dots 5 \text{ nF}$, 500 V
D	Diodo al germanio AA 112 o simile
R_V	Resistenza variabile $50 \text{ k}\Omega/0,25 \text{ W}$

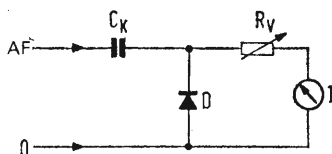


Fig. 17.1. Semplice indicatore AF con raddrizzatore e strumento a bobina mobile.

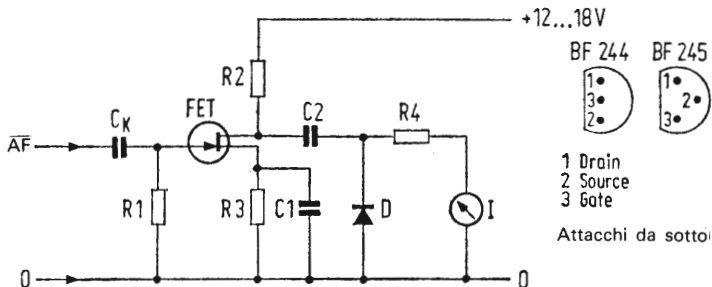


Fig. 17.2. Indicatore AF migliorato. Lo stadio separatore col transistore ad effetto di campo riduce notevolmente lo smorzamento e il carico capacitivo dell'oggetto da misurare.

Elenco dei componenti di Fig. 17.2

FET	Transistore ad effetto di campo BF 244 B, BF 245 B
D	Diodo al germanio AA 112 o simile
C_K	Condensatore 100 pF, ceramico, 500 V
C1	Condensatore 50 nF, 15 V
C2	Condensatore 5 nF, 15 V
R1	Resistenza 2 M Ω /0,25 W
R2	Resistenza 2 k Ω /0,25 W
R3	Resistenza 1 k Ω /0,25 W
R4	Resistenza 4,7 k Ω /0,25 W
I	Strumento indicatore a bobina mobile 50 μ A

tato ad un microamperometro I con resistenza d'ingresso variabile R_V . Possono venir misurate tensioni AF dell'ordine di grandezza del Volt e nella gamma di frequenza 100 kHz... 30 MHz; il confine inferiore è circa 100 mV_{eff}; per tensioni d'entrata maggiori è predisposta la resistenza variabile d'ingresso R_V .

L'impedenza d'ingresso di questo circuito è molto bassa ed è compresa, secondo il posizionamento di R_V , fra 500 Ω e 2 k Ω . Gli oggetti da misurare ad alta resistenza, come i circuiti oscillanti, vengono perciò fortemente caricati. Avendo a disposizione tensioni più alte bisognerebbe dunque diminuire il più possibile la capacità d'accoppiamento C_K .

Un caricamento sensibilmente più piccolo dell'oggetto da misurare si ha con il circuito di Fig. 17.2, poiché il transistore ad

effetto di campo FET ha una alta impedenza d'ingresso e una piccola capacità d'ingresso. Esso provoca anzitutto una separazione tra l'ingresso e il raddrizzatore a bassa resistenza, ma oltre a ciò offre nella gamma di frequenza fra 100 KHz e 30 MHz una triplice amplificazione. Per l'alimentazione del piccolo amplificatore serve una sorgente di tensione con 12 V, il consumo di corrente ammonta a solo 1,75 mA.

17.2 Trasmettitori locali OM come sorgenti di segnali AF

Per la verifica e la misura di piccole capacità, di bobine AF e così via, è necessario un generatore di segnali AF, che tuttavia non è solitamente a disposizione di un dilettante. Tuttavia quasi ovunque è udibile un trasmettitore ad onde medie, che si può utilizzare come sorgente di segnali AF.

Collegando prima dell'indicatore AF di Fig. 17.2 il circuito oscillante di Fig. 17.3 — costituito da un buon condensatore variabile C di circa 500 o 550 pF isolato ad aria e da una bobina di circa 165 μH — si può abbracciare tutta la gamma delle onde medie e ricevere almeno il trasmettitore locale più vicino.

Elenco dei componenti di Fig. 17.3

Sp Bobina 165 μH
 C Condensatore variabile 550 pF o 1000 pF isolato ad aria
 2 boccole, 2 morsetti
 Manopola con scala

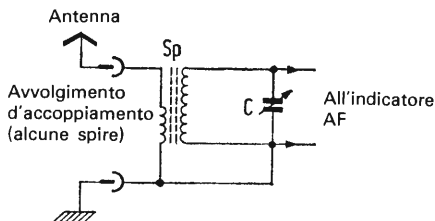


Fig. 17.3. Schema di un circuito oscillante OM per ricevere il trasmettitore locale, coll'aiuto del quale si può tarare il condensatore variabile.

La bobina del prototipo era realizzata con 72 spire di cordoncino AF 20 × 0,05 mm. Naturalmente, usando un nucleo qualunque, il numero di spire dovrà essere tale che l'induttanza della bobina sia di 165 μ H.

Come bobina d'accoppiamento per l'antenna bastano alcune spire di filo di rame sottile avvolto in seta; l'esatto numero di spire dipende dall'intensità del campo del ricevitore e dall'antenna usata. 5... 15 spire sono sufficienti nella maggior parte dei casi. Quanto più piccolo è l'avvolgimento d'accoppiamento, tanto minore è lo smorzamento del circuito oscillante provocato dall'antenna, e quindi tanto migliore è la selettività. D'altra parte con un debole accoppiamento d'antenna anche la tensione al circuito oscillante diventa più piccola, cosicché bisogna trovare un giusto compromesso.

Le considerazioni del seguito si riferiscono ad un trasmettitore nella gamma OM. In teoria, tuttavia, tutti i circuiti valgono anche per OL e, con buone condizioni di ricezione, anche per OC.

17.3 Condensatore variabile tarato

Se il trasmettitore locale, con un circuito come quello del paragrafo 17.2, offre un segnale sufficiente, sono possibili diverse interessanti misure. È tuttavia necessario tarare il condensatore variabile del circuito oscillante, prevedendolo con una scala su cui siano indicati i corrispondenti valori di capacità.

Dopo aver dimensionato il circuito oscillante come in Fig. 17.3 il trasmettitore locale viene ricevuto in qualche posto tra l'inizio e la fine della scala. Per poter usare il condensatore variabile in tutta la sua corsa sarà ora bene dimensionare la bobina in modo tale che il trasmettitore locale venga ricevuto esattamente con il condensatore variabile del tutto girato a sinistra. Essa perciò verrà gradatamente svolta finché si raggiunge questa condizione. L'ultima finezza si ottiene con il bilanciamento del nucleo di ferrite. Alla fine di questo lavoro la bobina presenterà, secondo la frequenza dell'emettitore, un numero di spire tra 24 e 72.

Se la capacità C_e del condensatore variabile è ben nota, la taratura è ora molto semplice: una dopo l'altra si collegano in parallelo al condensatore variabile diverse C_p comprese tra 10 pF e 550 pF, posizionandolo ogni volta in modo da sintonizzare nuovamente il trasmettitore, il che accadrà senz'altro in un diverso punto della scala. Ognuno di questi punti verrà marcato e previsto con una duplice indicazione: si segnerà sia il valore C_p del condensatore collegato sia il valore $C = C_e - C_p$. Quanto maggiore sarà la capacità collegata, più avanti si dovrà posizionare il condensatore variabile per ricevere nuovamente il trasmettitore.

In questo modo si ottiene una doppia suddivisione della scala: sulla prima si può leggere quale valore C_p si è connesso in più al condensatore variabile per poter ricevere il trasmettitore locale in questo punto della scala, l'altra dà direttamente la capacità C del condensatore variabile, corrispondente alla posizione della manopola. Le due suddivisioni saranno naturalmente tanto più esatte quanti più punti di taratura si useranno.

Se la capacità C_e del condensatore variabile non è nota, occorrerà condurre la taratura in due fasi. Dapprima verrà creata la suddivisione C_p , aumentando C_p a piccoli passi, fino a che il trasmettitore apparirà esattamente all'altra fine della scala, cioè con il condensatore completamente girato. (Eventualmente si aggiunge un valore C_p già quasi sufficiente, e quindi si collegano delle piccole capacità aggiuntive da 20, 10, 5 o 2 pF fino a che si raggiunge il giusto valore, che si otterrà poi con una semplice addizione della capacità collegate: $C_{pa} = C1 + C2 + \dots$). La capacità finale C_e del condensatore variabile si potrà poi calcolare circa uguale a $C_e = C_{pa} + 20$ pF, dove C_{pa} è la capacità parallela con cui il trasmettitore appare proprio alla fine della scala, cioè con il condensatore del tutto girato, e i 20 pF aggiunti tengono conto della probabile capacità iniziale. Questo procedimento non è naturalmente molto esatto ma è pur sempre un utile aiuto.

Con ciò si può poi determinare la suddivisione C del condensatore. Corrispondentemente alla capacità C_p usata per la taratura si otterranno dei valori di C e C_p « rotti ». In pratica però si segneranno 2 suddivisioni per esempio coi valori 50 pF, 150 pF, 200

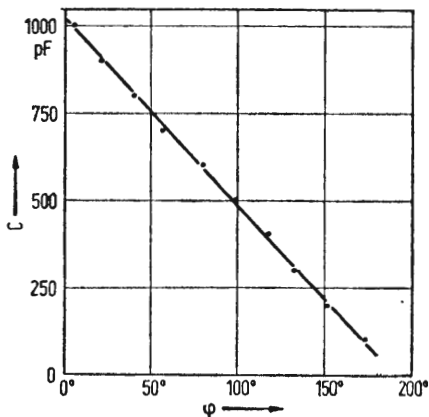


Fig. 17.4. Curva di taratura di un condensatore variabile da 1000 pF con andamento lineare.

pF, ... 500 pF. La foto 7 di tavola 4 mostra un tale condensatore variabile tarato in involucro. Per la costruzione è stato usato un

condensatore variabile con 1000 pF di capacità finale e andamento lineare.

17.4 Piccole capacità

Collegando in parallelo al condensatore variabile, tarato come descritto nel paragrafo 17.3, con la bobina predisposta per il trasmettitore locale e l'indicatore AF, una capacità incognita, si può determinare molto facilmente il suo valore leggendo il valore C_p a cui ora si riceve il trasmettitore locale.

Questo procedimento è in effetti, solo il contrario della taratura: la suddivisione C_p è stata ottenuta collegando capacità note, ora da essa vengono lette corrispondenti capacità incognite.

Con un condensatore variabile da 550 pF si possono determinare capacità incognite fino a circa 500 pF. Volendo misurare valori fino a 1000 pF si può usare un condensatore variabile da 1000 pF che si può ottenere da un duplice condensatore variabile 2×500 collegando in parallelo i due componenti. Costruzione e taratura sono simili a quelle precedenti, solo il numero di spire della bobina dovrà essere inferiore di un fattore 0,707; quindi sarà di 16 . . . 50 spire e potrà essere usato filo più forte, per esempio $30 \times 0,05$.

17.5 Piccole induttanze

Il condensatore variabile tarato si può utilizzare anche per la misura approssimata di piccole induttanze. Sostituendo la bobina (adatta al trasmettitore locale) del precedente paragrafo con la induttanza incognita, prevista con un piccolo avvolgimento d'accoppiamento d'antenna, il trasmettitore apparirà, se si tratta di una bobina da onde medie, ad un altro punto della scala. L'induttanza della bobina incognita si potrà poi ricavare leggendo la scala C, cioè il valore della capacità del condensatore variabile corrispondente al punto, e usando la formula di Thomson per la frequenza di risonanza di un circuito oscillante:

$$L_x = \frac{1}{(2\pi f)^2 \cdot C}$$

Qui, f è la frequenza del trasmettitore locale, il cui valore è in generale noto e comunque si può ricavare dalle tabelle pubblicate sui giornali specializzati, $\pi = 3,1415$ e C è la capacità del condensatore variabile letta sulla scala. Occorre notare che la grandezza f deve essere espressa in Hz ($1\text{ kHz} = 10^3\text{ Hz}$, $1\text{ MHz} = 10^6\text{ Hz}$), C in F ($1\text{ pF} = 10^{-12}\text{ F}$) e L_x si ottiene quindi in H ($1\text{ mH} = 10^{-3}\text{ H}$, $1\ \mu\text{H} = 10^{-6}\text{ H}$).

Per sicurezza ci si dovrebbe accertare che il trasmettitore ricevuto con L_x sia proprio il trasmettitore locale. A tal scopo si sostituisce, nell'indicatore AF, lo strumento indicatore con una cuffia, e si confronta il programma con quello di un altro ricevitore sintonizzato sul trasmettitore locale.

Con bobine costituite da pochi avvolgimenti, si possono ricevere all'indicatore forti trasmettitori OC mentre con bobine costituite da molte spire trasmettitori OL. La relazione per L_x conserva in tal caso la sua validità; al posto di f dovrà essere sostituita la frequenza del trasmettitore via via sintonizzato, ricavabile dai giornali specializzati in programmi radio.

17.6 Capacità di bobine

Se oltre al trasmettitore locale si riceve un altro trasmettitore, con il condensatore variabile tarato si possono determinare non solo le induttanze ma anche le capacità di avvolgimento di bobine incognite. Se un trasmettitore di frequenza nota f_1 fornisce una indicazione C_1 al condensatore tarato e l'altro, di frequenza f_2 , una capacità C_2 , si ricava la capacità di avvolgimento della bobina incognita dalla formula:

$$C_L = \frac{(f_1/f_2)^2 \cdot C_1 - C_2}{1 - (f_1/f_2)^2}$$

mentre il valore esatto dell'induttanza è:

$$L_x = \frac{1}{(2\pi f_2)^2 \cdot (C_2 + C_L)}$$

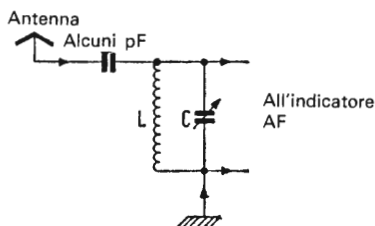
Nei due casi occorre sostituire la frequenza in Hz e la capacità in F; C_L si ottiene poi in F, L_x in H.

17.7 Fattore di merito Q di bobine AF

Con un forte trasmettitore locale e una buona antenna si ottiene una buona indicazione all'indicatore AF anche con un accoppiamento d'antenna estremamente debole, costituito cioè da una o due spire d'accoppiamento o da una capacità d'accoppiamento di pochi (1-5) pF (Fig. 17.5). Perciò con il condensatore tarato si possono condurre anche verifiche di rendimento per bobine AF. La bobina da verificare viene prevista con l'accoppiamento molto lento, collegata al posto della bobina effettiva e il circuito oscillante viene regolato sul trasmettitore locale. Il valore ottenuto per C viene indicato con CO.

Si regola poi il condensatore prima in una direzione e poi nell'altra finché l'indicatore non indica 0,707 volte il valore indicato per CO. Si otterranno due valori di C, il più grande dei quali lo si

Fig. 17.5. Accoppiamento capacitivo d'antenna.



indichi con C_1 e il più piccolo con C_2 . A questo punto dalla definizione di fattore di merito si ottiene

$$Q_L = \frac{CO}{C_1 - C_2}$$

Qui si possono sostituire tutti i valori in pF. I valori Q così determinati sono sempre un po' più bassi perché gli smorzamenti dell'antenna e del condensatore variabile vengono trascurati, ma rappresentano buone indicazioni. Quanto più debole è l'accoppiamento d'antenna tanto minore sarà l'errore.

Se per esempio il trasmettitore locale fornisce l'indicazione di $24\mu\text{A}$ a $CO = 350$ pF e si determinano C_1 e C_2 , a $24 \times 0,707 = 16,95 = 17\mu\text{A}$, in 356 pF e 334 pF, allora

$$Q_L = \frac{350}{356 - 334} = \frac{35}{12} = 29,16$$

Un tale valore è molto basso per una bobina OM. La misura ha indicato che la bobina dovrebbe essere migliorata.

18. Tabelle

Dati dello strumento indicatore: Fondo scala $I_I = 50 \mu A$

Resistenza interna (con res. d'ingresso) $R_I = 1500 \Omega$

Caduta di tensione allo strumento (con res. d'ingresso): $V_I = I_I \cdot R_I = 0,00005 \cdot 1500 = 0,075 V$

Resistenza di portata per la gamma I_B : $R_{SB} = V_I / (I_B - I_I)$

Gamma N.	Fondo scala I_B (mA)	R_{SB} teorica (Ω)	Valore nominato più vicino a R_{SB} (Ω)	Variazione (%)	Più esatta approssimazione con valori normati (Ω)	Variazione (%)	
1	0,05	—	—	0	—	0	
2	0,15	750	750 *	0	—	0	
3	0,50	166,66	160 *	4,17	160+6,8=166,8	0,084	
4	1,50	51,72	51 *	1,41	91 120=51,75	0,058	
5	5,00	15,15	15 *	1,00	20 62=15,12	0,2	
6	15,0	5,017	5 **	0,34	—	—	
7	50,0	1,5015	1,5 *	1,65	5,1 270=5,0054	0,2	
8	150,0	0,5001	—	0,01	1 1=0,5 oppure realizzata da sé	-0,01 0,02	
9	500	0,150	Collegamento in parallelo $10 \times 1,5 = 0,15$ oppure realizzata da sé				0
10	1500	0,05	Collegamento in parallelo $20 \times 1 = 0,05$ oppure realizzata da sé				0

* Serie internazionali

** Serie DIN

**Tabella 1. Determinazione delle resistenze di portata per il multi-
metro in corrente continua**

**Tabella 2. Determinazione delle resistenze d'ingresso per il multi-
metro in tensione continua**

Dati dello strumento indicatore: Fondo scala $I_1 = 50 \mu A$
 Resistenza interna (con res. d'ingresso) $R_1 = 1500 \Omega$
 Resistenza totale necessaria per la gamma $V_B : R_B = V_B : I_1$
 Resistenza d'ingresso necessaria per la gamma V_B (tenendo conto della resistenza già esistente
 nel circuito per la portata più bassa): $R_{VB} = R_B - \Sigma R_{Bn}$

Gamma N.	Fondo scala V_B (V)	Resi- stenza totale R_B (k Ω)	Somma delle re- sistenze per le portate più basse ΣR_{Bn} (k Ω)	Resistenza d'ingresso R_{VB} (k Ω)	Resistenza interna totale R_B (k Ω)
1	0,075	1,5	0	0	1,5
2	0,150	3,0	1,5	1,5 *	3,0
3	0,500	10,0	3,0	7,0 **	10,0
4	1,50	30,0	10,0	20,0 *	30,0
5	5,00	100,0	30,0	70,0 **	100,0
6	15,0	1000,0	300,0	700,0 **	1000,0
8	150,0	3000,0	1000,0	2000,0 *	3000,0
9	500,0	10000,0	3000,0	7000,0 **	10000,0

* Serie internazionali

** Se non disponibile, realizzare con i valori delle serie internazionali 4,3 + 2,7, 43 + 27, 430 + 270 e così
 via.

19. Raccolta di formule usuali

Tensione, unità di misura fondamentale: V (Volt)

1 kV (kilovolt)	= 1000 V		= 10^3 V
1 mV (millivolt)	= 1/1000 V	= 0,001 V	= 10^{-3} V
1 μ V (microvolt)	= 1/1 000 000 V	= 0,000 001 V	= 10^{-6} V
1 V	= 1/1000 kV	= 0,001 kV	= 10^{-3} kV
1 V	= 1000 mV		= 10^3 mV
1 V	= 1 000 000 μ V		= 10^6 μ V

Corrente, unità di misura fondamentale: A (Ampere)

1 mA (milliampere)	= 1/1000 A	= 0,001 A	= 10^{-3} A
1 μ A (microampere)	= 1/1 000 000 A	= 0,000 001 A	= 10^{-6} A
1 A	= 1000 mA		= 10^3 mA
1 A	= 1 000 000 μ A		= 10^6 μ A

Potenza, unità di misura fondamentale: W (Watt)

1 kW (kilowatt)	= 1000 W		= 10^3 W
1 mW (milliwatt)	= 1/1000 W	= 0,001 W	= 10^{-3} W
1 W	= 1/1000 kW	= 0,001 kW	= 10^{-3} kW
1 W	= 1000 mW		= 10^3 mW

Resistenza, unità di misura fondamentale: Ω (Ohm)

1 M Ω (megaohm)	= 1 000 000 Ω		= 10^6 Ω
1 k Ω (kiloohm)	= 1000 Ω		= 10^3 Ω
1 Ω	= 1/1 000 000 M Ω	= 0,000 001 M Ω	= 10^{-6} M Ω
1 Ω	= 1/1000 k Ω	= 0,001 k Ω	= 10^{-3} k Ω

Capacità, unità di misura fondamentale: F (Farad)

1 μ F (microfarad)	= 1/1 000 000 F	= 0,000 001 F	= 10^{-6} F
1 nF (nanofarad)	= 1/1000 000 000 F	= 0,000 000 001 F	= 10^{-9} F
1 pF (picofarad)	= 1/1 000 000 000 000 F		= 10^{-12} F
	= 0,000 000 000 001 F		= 10^{-12} F
1 F	= 1 000 000 μ F		= 10^6 μ F
1 F	= 1 000 000 000 nF		= 10^9 nF
1 F	= 1 000 000 000 000 pF		= 10^{12} pF

Induttanza, unità fondamentale: H (Henry)

1 mH (millihenry)	= 1/1000 H	= 0,001 H	= 10^{-3} H
1 μ H (microhenry)	= 1/1 000 000 H	= 0,000 001 H	= 10^{-6} H
1 H	= 1000 mH		= 10^3 mH
1 H	= 1 000 000 μ H		= 10^6 μ H

Frequenza, unità fondamentale: Hz (Hertz)

1 MHz (megahertz)	= 1 000 000 Hz		= 10^6 Hz
1 kHz (kilohertz)	= 1000 Hz		= 10^3 Hz
1 Hz	= 1/1 000 000 MHz	= 0,000 001 MHz	= 10^{-6} MHz
1 Hz	= 1/1000 kHz	= 0,001 kHz	= 10^{-3} kHz

Tempo, unità fondamentale: sec (secondo)

1 h (ora)	= 3600 sec		= $3,6 \cdot 10^3$ sec
1 min (minuto)	= 60 sec		= $6 \cdot 10^1$ sec
1 msec (millisecondo)	= 1/1000 sec	= 0,001 sec	= 10^{-3} sec
1 sec	= 1/3600 h	= 0,000 278 h	= $2,78 \cdot 10^{-4}$ h
1 sec	= 1/60 min	= 0,0166 min	= $1,666 \cdot 10^{-2}$ min
1 sec	= 1000 msec		= 10^3 msec
1 sec	= 1 000 000 μ sec		= 10^6 μ sec
1 μ sec (microsecondo)	= 1/1 000 000 sec	= 0,000 001 sec	= 10^{-6} sec

La legge di Ohm indica la relazione tra la tensione V, l'intensità di corrente I e la resistenza R. Essa si esprime in tre modi:

$$V = R \cdot I \quad (1a)$$

$$I = V/R \quad (1b)$$

$$R = V/I \quad (1c)$$

e fornisce, date due di tali grandezze, la terza.

Esempi:

- * Una resistenza $R = 100 \Omega$ viene percorsa da una corrente d'intensità $I = 10$ mA. Qual'è la caduta di potenziale ai capi di R? Dalla (1a) si ha:

$$V = R \cdot I = 10 \text{ mA} \cdot 100 \Omega = 0,01 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 1 \text{ V.}$$

- * La caduta di potenziale ai capi di una resistenza $R = 1$ k Ω è $V = 9$ V. Qual'è l'intensità della corrente per R? Dalla (1b) si ha:

$$I = V/R = 9 \text{ V} : 1 \text{ k}\Omega = 9 \text{ V} : 1000 \Omega = 0,009 \text{ A} = 9 \text{ mA.}$$

- * Una resistenza R deve essere percorsa da una corrente d'intensità $I = 7,5 \text{ mA}$ mentre la caduta di potenziale ai capi di R deve essere $V = 15 \text{ V}$. Quanto deve valere R ? Dalla (1c) si ha:
 $R = V/I = 15 \text{ V} : 7,5 \text{ mA} = 15 \text{ V}/0,0075 \text{ A} = 2000 \Omega = 2 \text{ k}\Omega$

La potenza elettrica è definita da

$$P = V \cdot I \quad (2a)$$

Sono utili anche le relazioni equivalenti

$$V = P/I \quad (2b)$$

$$I = P/V \quad (2c)$$

Esempi:

- * Un apparecchio elettrico preleva da una sorgente di tensione di 12 V una corrente d'intensità $I = 150 \text{ mA}$. Qual'è la sua potenza? Dalla (2a) si ottiene:

$$P = 12 \text{ V} \cdot 150 \text{ mA} = 12 \text{ V} \cdot 0,15 \text{ A} = 1,8 \text{ W}$$

- * Una lampadina ad incandescenza porta l'indicazione: 12 V , 50 W . A quanto ammonta il consumo di corrente? Dalla (2c):

$$I = 50 \text{ W} : 12 \text{ V} = 4,166 \text{ A}$$

- * Una resistenza, predisposta per una dissipazione max $P = 1 \text{ W}$ deve essere percorsa da una corrente d'intensità $I = 100 \text{ mA}$. Quale sarà la caduta di tensione ai suoi capi? Dalla (2b) si ottiene:

$$V = 1 \text{ W} : 100 \text{ mA} = 1 \text{ W} : 0,1 \text{ A} = 10 \text{ V}.$$

Se la resistenza di carico R_C (= resistenza interna dell'utilizzatore) è nota, si possono usare le seguenti relazioni, ottenute sostituendo (1a) e (1b) nella (2a):

$$P = I^2 R_C \quad (2d)$$

$$P = V^2/R_C \quad (2e)$$

Esempi:

- * Una resistenza $R_C = 1 \text{ k}\Omega$ viene percorsa da una corrente d'intensità $I = 150 \text{ mA}$. Per quale dissipazione deve essere dimensionata? Dalla (2d):

$$P = (150 \text{ mA})^2 \cdot 1 \text{ k}\Omega = (0,15 \text{ A})^2 \cdot 1000 \Omega = 0,0225 \text{ A}^2 \cdot 1000 \Omega = 22,5 \text{ W}$$

Occorre dunque scegliere un tipo da 25 W.

- * Una resistenza $R_C = 2,2 \text{ k}\Omega$ deve essere collegata alla rete il cui voltaggio è 220 V. Essa è predisposta per una potenza di 10 W. Verrà sovraccaricata? Dalla (2e):

$$P = (220 \text{ V})^2 : 2,2 \text{ k}\Omega = 48\,400 \text{ V}^2 : 2200 \Omega = 22 \text{ W}$$

La resistenza verrà dunque caricata più di due volte il massimo consentito.

Confrontando le (2d) e (2e) si ottengono le

$$I = \sqrt{P/R_C} \quad (2f)$$

$$V = \sqrt{P \cdot R_C} \quad (2g)$$

$$R_C = P/I^2 \quad (2h)$$

$$R_C = V^2/P \quad (2i)$$

Esempi:

- * Un amplificatore Hi-Fi con potenza 80 W viene collegato ad un altoparlante con $R_C = 4 \Omega$. Per quale intensità di corrente devono essere dimensionati i cavi di collegamento? Dalla (2f) abbiamo:

$$I = \sqrt{80 \text{ W} / 4 \Omega} = \sqrt{20} \text{ A} = 4,472 \text{ A}$$

- * Una resistenza di riscaldamento $R_C = 100 \Omega$ deve fornire una $P = 1 \text{ kW}$. Con quale tensione deve essere alimentata? Dalla (2g):

$$V = \sqrt{1 \text{ kW} \cdot 100 \Omega} = \sqrt{1000 \text{ W} \cdot 100 \Omega} = \sqrt{100\,000 \text{ V}} = 316,23 \text{ V}$$

con la rete da 220 V non si ottiene nulla.

- * Quanto dev'essere la resistenza R_C del precedente esempio affinché possa dare la desiderata potenza di 1 kW con 220 V? Dalla (2i):

$$R_C = (220 \text{ V})^2 : 1 \text{ kW} = 48\,400 \text{ V}^2 : 1000 \text{ W} = 48,4 \Omega$$

Il collegamento in serie di più resistenze R_1, R_2, R_3, \dots fornisce una resistenza totale di

$$R_{\text{ser}} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots \quad (3)$$

Esempio:

- * Qual'è la resistenza totale quando le resistenze $R_1 = 1 \text{ M}\Omega$, $R_2 = 560 \text{ k}\Omega$, $R_3 = 270 \text{ k}\Omega$ e $R_4 = 2,7 \text{ M}\Omega$ vengono collegate in serie? Dalla (3) si ha:

$$\begin{aligned} R_{\text{ser}} &= 1 \text{ M}\Omega + 560 \text{ k}\Omega + 270 \text{ k}\Omega + 2,7 \text{ M}\Omega = \\ &= 1\,000\,000 \Omega + 560\,000 \Omega + 270\,000 \Omega + 2\,700\,000 \Omega = \\ &= 4\,530\,000 \Omega = 4,53 \text{ M}\Omega. \end{aligned}$$

Il collegamento in parallelo di due resistenze R_1 e R_2 fornisce una resistenza totale

$$R_{\text{par}} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (4)$$

Esempio:

- * Qual'è la resistenza totale che si ottiene collegando in parallelo $R_1 = 1,3 \text{ M}\Omega$ e $R_2 = 560 \text{ k}\Omega$? Dalla (4) si ha:

$$\begin{aligned} R_{\text{par}} &= \frac{1,3 \text{ M}\Omega \cdot 560 \text{ k}\Omega}{1,3 \text{ M}\Omega + 560 \text{ k}\Omega} = \frac{1300 \text{ k}\Omega \cdot 560 \text{ k}\Omega}{1300 \text{ k}\Omega + 560 \text{ k}\Omega} \\ &= \frac{728\,000}{1860} \text{ k}\Omega = 391,4 \text{ k}\Omega \end{aligned}$$

Il collegamento in parallelo di due resistenze uguali $R_1 = R_2 = R$ fornisce una resistenza totale

$$R_{\text{par},2} = \frac{R}{2} \quad (4a)$$

Esempio:

- * Due resistenze, ciascuna di $R = 680 \Omega$ vengono collegate in parallelo. Qual'è la resistenza totale risultante? Dalla (4a):

$$R_{\text{par},2} = \frac{680}{2} \Omega = 680 \Omega : 2 = 340 \Omega$$

Il collegamento in parallelo di più di due resistenze fornisce una resistenza totale che si ottiene applicando più volte la (4). Dapprima si calcola il valore $R_{\text{par}}(R_1, R_2)$ per R_1 e R_2 , poi, con questo risultato e con R_3 , il valore $R_{\text{par}}(R_1, R_2, R_3)$ e così via.

Il collegamento in parallelo di N resistenze uguali $R_1 = R_2 = \dots = R_N = R$ fornisce una resistenza totale:

$$R_{\text{par},N} = \frac{R}{N} \quad (4b)$$

Esempio:

* Sei resistenze uguali da 1Ω vengono collegate in parallelo. A quanto ammonta la resistenza totale? Dalla (4b) si ha:

$$R_{\text{par},6} = 1 \Omega / 6 = 1 \Omega : 6 = 0,16666 \Omega$$

La reattanza di una capacità C per una frequenza f è data da

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot C} \quad (5)$$

Esempio:

* Qual'è la reattanza di un condensatore con $C = 10 \mu\text{F}$ per la frequenza di rete di $f = 50 \text{ Hz}$? Dalla (5) col valore arrotondato di $\pi = 3,10$ si ha:

$$X_C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 0,00001} = 318,5 \Omega$$

* Che capacità deve avere un condensatore di filtro che per la frequenza di 465 kHz presenta una reattanza di 10Ω ? Dalla (5) si ha:

$$C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot f \cdot X_C} \quad (5a)$$

$$C = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 465\,000 \cdot 10} = 0,000\,000\,034\,3 \text{ F} = 34,3 \text{ nF}$$

Il collegamento in parallelo di più capacità C_1, C_2, C_3, \dots fornisce una capacità complessiva di

$$C_{\text{par}} = C_1 + C_2 + C_3 + \dots \quad (6)$$

Esempio:

* Un condensatore $C_1 = 1 \text{ nF}$ viene collegato con un secondo condensatore $C_2 = 560 \text{ pF}$. Qual'è la capacità totale se il collegamento è effettuato in parallelo? Dalla (6) si ha:

$$\begin{aligned} C_{\text{par}} &= 1 \text{ nF} + 560 \text{ pF} = 1000 \text{ pF} + 560 \text{ pF} = \\ &= 1560 \text{ pF} = 1,56 \text{ nF} \end{aligned}$$

Il collegamento in serie di due capacità C_1 e C_2 fornisce una capacità risultante

$$C_{\text{ser}} = \frac{C_1 \cdot C_2}{C_1 + C_2} \quad (7)$$

Gli esempi si possono ricavare corrispondentemente alla (4): collegamento in parallelo di due resistenze. In particolare vale per il *collegamento in serie di due capacità uguali $C_1 = C_2 = C$ la*

$$C_{\text{ser},2} = C/2 \quad (7a)$$

e per il *collegamento in serie di N capacità uguali $C_1 = C_2 = \dots = C_N = C$ la*

$$C_{\text{ser},N} = C/N \quad (7b)$$

La reattanza di un'induttanza L per una frequenza f è data da

$$X_L = 2 \cdot \pi \cdot f \cdot L \quad (8)$$

Esempio:

* Qual'è la reattanza di una bobina di $L = 10 \text{ H}$ per la componente 100 Hz di una corrente fornita da un raddrizzatore a ponte? Dalla (8) con $\pi = 3,14$ si ha:

$$X_L = 2 \cdot 3,14 \cdot 100 \cdot 10 = 6,28 \cdot 1000 = 6280 = 6,28 \text{ k}\Omega$$

Il collegamento in serie di più induttanze L_1, L_2, L_3, \dots fornisce

una induttanza risultante di

$$L_{\text{ser}} = L_1 + L_2 + L_3 + \dots \quad (9)$$

Gli esempi sono simili a quelli relativi alla (3): collegamento in serie di resistenze.

Il collegamento in parallelo di due induttanze L_1 e L_2 fornisce una induttanza totale di

$$L_{\text{par}} = \frac{L_1 \cdot L_2}{L_1 + L_2} \quad (10)$$

Gli esempi sono simili a quelli relativi alla (4): collegamento in parallelo di due resistenze. In particolare vale per il *collegamento in parallelo di due induttanze uguali $L_1 = L_2 = L$ la*

$$L_{\text{par},2} = L/2 \quad (10a)$$

e per il *collegamento in parallelo di N induttanze uguali $L_1 = L_2 = \dots = L_N = L$ la*

$$L_{\text{par},N} = L/N \quad (10b)$$

La frequenza di risonanza di un circuito oscillante costituito da una induttanza L e una capacità C è data dalla formula di Thomson

$$f = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \sqrt{L \cdot C}} \quad (11)$$

Esempio:

* Un circuito oscillante AF consiste dell'induttanza $L = 580 \mu\text{H} = 5,8 \cdot 10^{-4} \text{ H}$ e della capacità $C = 200 \text{ pF} = 2 \cdot 10^{-10} \text{ F}$. Qual'è la sua frequenza di risonanza? Dalla (11) con $\pi = 3,14$ si ha

$$f = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \sqrt{5,8 \cdot 10^{-4} \cdot 2 \cdot 10^{-10}}} = 4,67 \cdot 10^{-5} = 467 \text{ kHz}$$

Dalla (11) si ottengono le due relazioni

$$L = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot C} \quad (11a)$$

$$C = \frac{1}{4 \cdot \pi^2 \cdot f^2 \cdot L} \quad (11b)$$

Se si vuole costruire un circuito oscillante avente una determinata frequenza di risonanza f , essendo in possesso di una capacità C , occorrerà usare un'induttanza L la cui grandezza è data dalla (11a). Se al contrario si ha a disposizione una certa induttanza L si userà la (11b).

Esempio:

- * Per la costruzione di un trasmettitore da 9 kHz è disponibile un'induttanza $L = 30$ mH. Quale dovrà essere il valore di C ?
Dalla (11b) si ha

$$C = \frac{1}{4 \cdot 3,14^2 \cdot (9 \cdot 10^3)^2 \cdot 3 \cdot 10^{-2}} = 1,043 \cdot 10^{-8} \text{ F} = 10,43 \text{ nF}$$

20. Codice dei colori per resistenze e condensatori

I moderni componenti elettronici sono così piccoli che molto spesso sul loro involucro non vi è spazio per una iscrizione che ne indichi il valore. Si sono perciò previsti particolari codici colorati, che permettono di individuare i dati elettrici. Il seguente codice è di uso internazionale.

Colore	1° e 2° anello o punto = 1° e 2° cifra	3° anello o punto = numero degli zeri	4° anello o punto = tolleranza in %	5° anello o punto = tensione in V
Nero	0	0	—	—
Marrone	1	1	1	100
Rosso	2	2	2	200
Arancio	3	3	3	300
Giallo	4	4	4	400
Verde	5	5	5	500
Blu	6	6	6	600
Viola	7	7	7	700
Grigio	8	8	8	800
Bianco	9	9	9	900
Oro	—	×0,1	5	1000
Argento	—	×0,01	10	2000
senza colore	—	—	20	500

(solo condensatori)

Esempio:

Una resistenza con anelli rosso/viola/arancio/argento è di $27/000/10\% = 27000 \Omega \pm 10\%$.

21. Indice analitico

- Accoppiamento d'antenna 71
Alta frequenza 69
Araldite 37
Armoniche 52
- Bobina mobile 19
Bussola 17
- Capacità
Capacità di bobine 76
Collegamento in parallelo 21
Collegamento in serie 21
Commutatore 24
Continuità 10
Corrente 15
Costantana 22
Cuffia come indicatore 12, 17,
27, 30, 39, 47
- Diodi 57
Dissipazione 21
- Errore di indicazione 25
- Fattore di merito 76
Ferro mobile 20
- Generatore AF 71
Generatore BF 51
- Indicatore AF 69
Indicatore di continuità 10, 44
Indicatore di continuità in c. c.
11, 55, 57
Indicatore di corrente 15
Indicatore di polarità 39
Indicatore di tensione, 26, 30
Induttanza 55
- Lampada tascabile 11
Lampadina luminescente 27,
28
- Manganina 22
Misura 9
Multimetro in c.a. 41
Multimetro in c. c. 23
Multimetro in t. a. 41
Multimetro in t. c. 34
- Ohmmetro diretto 47
Oscilloscopio 51
- Piccole capacità 74
Piccole induttanze 75
Polarità 38
Ponte di capacità 51
Ponte di Maxwell 55
Ponte di Wheatston 47, 48

Potenza 42	Strumento indicatore a bobina mobile 19, 32
Puntale 36	Strumento indicatore a ferro mobile 20, 32
Raddrizzatore 13, 38, 40, 57, 62	Taratura 35
Raddrizzatore a due semionde 62	Tensione 26
Raddrizzatore a una semionda 62	Tensione alternata 40
Raddrizzatore a ponte 40, 62	Terminali dei raddrizzatori 62
Raddrizzatore controllato 64	Tiristori 64
Raddrizzatore duplicatore 62	Transistore 58, 59
Resistenza 25, 44	Transistore AF 59
Resistenza di portata 20	Transistore FET 71
Resistenza interna 15, 33	Transistore unigiunzione 53
Sale da cucina 15	Trasmettitori locali 71
Scala lineare 41	Triacs 66
Scossa 8	Verifica 8
Shunt 20	Voltmetro 35
Strumento indicatore 18, 23, 32	Watt 42

biblioteca tascabile di elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

1 hanns-peter siebert

L. 2.000

l'elettronica e la fotografia

Si tratta di un libro dedicato ai fotoamatori. Essi possono trovarvi una serie di apparecchiature e strumenti, con dettagliate indicazioni di costruzione e funzionamento, indispensabili per la ripresa fotografica e il lavoro in camera oscura. Il lettore è portato dalla costruzione di un semplice esposimetro, alla realizzazione di temporizzatori elettronici, fino alla costruzione di un dispositivo servoflash. Per ogni realizzazione sono consigliati i componenti più adatti, gli involucri più pratici, gli usi più convenienti. Completano il volume un comodo codice a colori per il riconoscimento dei valori dei resistori, una «guida all'acquisto» e una bibliografia.

2 richard zierl

L. 2.000

come si lavora con i transistori

prima parte: i collegamenti

In una collana di questo tipo non poteva mancare un piccolo corso pratico di introduzione alla tecnica dei transistori. Esso è infatti presente in due volumetti, il primo dei quali presenta i collegamenti fondamentali di uno stadio a transistori. Come è caratteristica dei libri di questa collana, la trattazione è sempre svolta su di un piano di immediata utilizzazione pratica: le proprietà dei transistori sono spiegate proprio attraverso esperienze dirette che portano tra l'altro alla realizzazione di utili apparecchiature.

3 heinrich stöckle

L. 2.000

come si costruisce un circuito elettronico

Questo libro tratta un argomento fondamentale per la realizzazione di qualsiasi esperimento elettronico: la costruzione di un circuito. Esso descrive il modo più opportuno per farlo, iniziando con il semplice circuito a tavoletta per finire con la tecnica di incisione di un circuito stampato. Mostra le possibilità che si offrono ad un hobbysta, parla dei vantaggi e degli svantaggi di determinati modi di lavorare, delle difficoltà, delle fonti di errore, del modo di evitarli, e così via. Vari e pratici consigli, per esempio sugli attrezzi adatti, sul giusto modo di saldare, sugli strumenti di misura, arricchiscono questo libro. Una bibliografia e una « guida all'acquisto » completano le informazioni facendo del libro un aiuto prezioso per chi desideri iniziarsi all'elettronica o approfondirne le conoscenze.

4 heinz richter

L. 2.000

la luce in elettronica

La fotoelettricità, nei suoi aspetti più evidenti, è una tecnica molto nota al giorno d'oggi. Questo libro ha lo scopo di esemplificare le numerose applicazioni della fotoelettricità, servendosi di esperimenti fatti con componenti di facile reperibilità e tuttavia dalle caratteristiche significative. La prima parte è destinata ad una trattazione teorica dei fondamenti della fotoelettricità, con indicazioni per l'esecuzione di alcuni esperimenti che illuminano sul significato del legame tra luce ed energia. La seconda parte tratta di semplici ed interessanti esperimenti che portano alla realizzazione di molto utili strumenti: barriere luminose, contagiri elettronici, regolatori automatici, e molti altri.

5 richard zierl

L. 2.000

Come si costruisce un ricevitore radio

Oggi giorno, nell'area del transistor, la realizzazione di un ricevitore è impresa relativamente facile, se si è confortati da una guida sicura ed attendibile. Questo volume vuole essere, per il principiante, un punto di riferimento e nello stesso tempo un invito alla costruzione di circuiti radioriceventi. Esso offre una trattazione dettagliata dei principi su cui si fonda la ricezione radio, presentando, contemporaneamente e parallelamente, una serie di realizzazioni che vanno dal semplice circuito oscillante ad un ricevitore d'onde corte. In tal modo il dilettante è portato ad effettuare esperimenti concreti mentre realizza un ricevitore a diodo, un ricevitore a transistor autoalimentato, un ricevitore a diodo con amplificatore FET, un ricevitore d'onde medie ed un ricevitore d'onde corte.

6 richard zierl

L. 2.000

come si lavora con i transistori

seconda parte: l'amplificazione

Sono senz'altro le proprietà di amplificazione che hanno procurato al transistor quella posizione centrale che esso occupa nell'elettronica moderna. Lo scopo di questo volumetto — seconda parte di un piccolo corso pratico di introduzione ai transistori — è appunto quello di esemplificare tali proprietà, trattando di amplificatori, tester, generatori, ricevitori e molti altri strumenti e apparecchi. L'hobbysta viene con ciò introdotto alla tecnica dell'amplificazione in maniera pratica, rendendogli possibile nel contempo l'arricchimento del proprio corredo di strumenti elettronici.

7 helmuth tünker

L. 2.000

Strumenti musicali elettronici

Un numero sempre maggiore di dilettanti si dedica alla costruzione di strumenti musicali elettronici. In questo libro vengono presentati i concetti fondamentali di questa tecnica mediante semplici e poco costosi esperimenti, che tuttavia conducono il lettore alla realizzazione di veri e propri strumenti musicali elettronici, fra cui un piccolo organo. Dopo la realizzazione di tutti i circuiti di questo libro, il lettore è in condizione di costruirsi qualunque strumento musicale elettronico. Questo volume può perciò considerarsi una affascinante introduzione al mondo della musica elettronica.

8 heinrich stöckle

L. 3.200

strumenti di misura e di verifica tester universali, voltmetri ed altri strumenti di misura

Nessun elettronico dilettante può praticare a lungo il proprio hobby senza strumenti di misura e verifica. Questo volume descrive i più importanti fra essi. Per ogni strumento viene data una esauriente descrizione e vengono forniti tutti gli schemi necessari alla realizzazione, compreso quello del circuito stampato e quello relativo all'allestimento della piastrina.

La costruzione di tester, voltmetri, decadi di resistenze e capacità, sorgenti di tensione campione è così resa possibile a chiunque, anche grazie a completi elenchi dei componenti che completano ogni circuito.

biblioteca tascabile elettronica

coordinata da Mauro Boscarol

Verifiche e misure elettroniche

In elettronica le possibilità di misura e verifica sono importanti presupposti per un lavoro serio e competente. Non è tuttavia necessario possedere ad ogni costo strumenti molto costosi. Per le misure e verifiche più diverse si possono usare metodi anche curiosi ed in parte non convenzionali, realizzabili in maniera molto economica ma che tuttavia rendono possibile un giudizio sufficientemente preciso sulla grandezza oggetto di misurazione.

Nel presente volume l'autore ha riassunto le molteplici possibilità per la determinazione delle più importanti grandezze e proprietà elettriche e elettroniche.

La maggior parte delle realizzazioni riguardano le basse tensioni, nel cui ambito si muovono generalmente i dilettanti, ma non mancano circuiti di verifica per le alte tensioni.

Naturalmente i diversi metodi sperimentati dall'autore in molti anni di pratica, possono combinarsi l'un l'altro, rendendoli adatti a compiti particolari. Ogni dilettante potrà trarre da questo libro numerosi suggerimenti per il proprio hobby.

- 1 Hanns-Peter Siebert L'elettronica e la fotografia (L. 2.000)
- 2 Richard Zierl Come si lavora con i transistori (L. 2.000)
Prima parte: i collegamenti
- 3 Heinrich Stöckle Come si costruisce un circuito elettronico (L. 2.000)
- 4 Heinz Richter La luce in elettronica (L. 2.000)
- 5 Richard Zierl Come si costruisce un ricevitore radio (L. 2.000)
- 6 Richard Zierl Come si lavora con i transistori (L. 2.000)
Seconda parte: l'amplificazione
- 7 Helmut Tünker Strumenti musicali elettronici (L. 2.000)
- 8 Heinrich Stöckle Strumenti di misura e di verifica (L. 3.200)
- 9 Heinrich Stöckle Sistemi d'allarme (L. 2.000)
- 10 Hanns-Peter Siebert Verifiche e misure elettroniche (L. 3.200)
- 11 Richard Zierl Come si costruisce un amplificatore audio (L. 2.000)
- 12 W. Baitinger Come si costruisce un tester (L. 2.000)