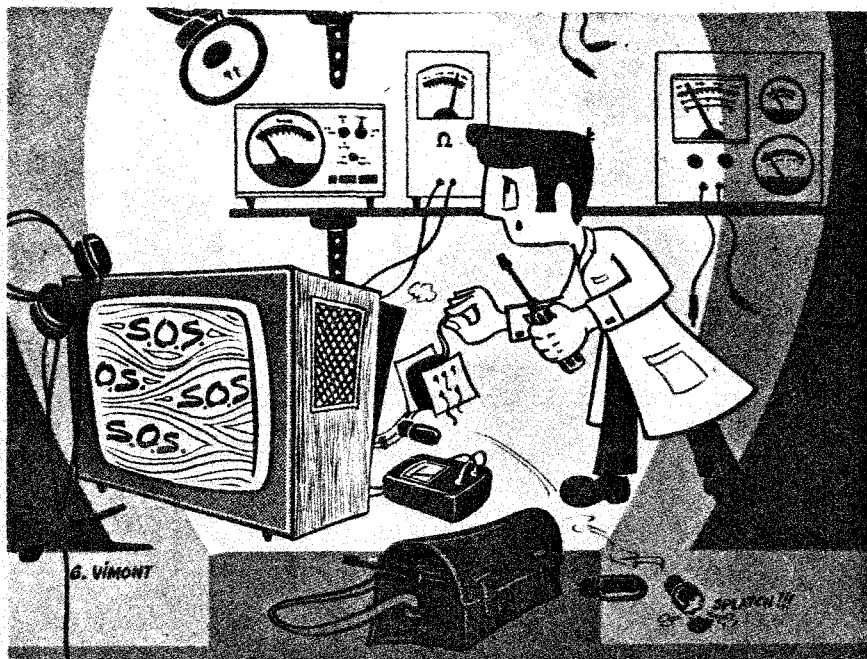


la tecnica delle riparazioni

a cura di Piero SOATI



AMPLIFICATORI BASSA FREQUENZA RESISTENZA D'INGRESSO E D'USCITA

Un radioriparatore si trova spesso a dover controllare o riparare degli amplificatori di bassa frequenza di cui può anche ignorare il valore della resistenza di entrata e di uscita. Pensiamo pertanto sia molto utile esaminare questo interessante argomento, precisando altresì che significano queste due espressioni.

alla somma delle correnti che passano attraverso i due resistori R_1 e R_2 (i_1 e i_2) e nella base del transistore (i_b), avremo cioè che:

$$I = i_1 + i_2 + i_b$$

Pertanto il generatore che ci fornisce la tensione di ingresso V_{ing} , sarà costretto

to ad erogare una quantità di corrente I attraverso la resistenza fittizia R_{ing} cioè:

$$R_{ing} = \frac{V_{ing}}{I}$$

Si dice che R_{ing} è la resistenza d'entrata dell'amplificatore.

RESISTENZA DI ENTRATA DI UN AMPLIFICATORE

Prendiamo in considerazione lo stadio d'ingresso di un amplificatore, ad esempio, del tipo indicato in figura 1, in cui il transistore Tr ha la base polarizzata dai due resistori R_1 e R_2 ed ammettiamo di applicare al suo ingresso una tensione sinusoidale V_{ing} .

Sappiamo che nei confronti di questa tensione alternata le polarità della tensione di alimentazione, positiva e negativa, possono essere considerate come entrambe collegate a massa, cioè che si vengano a trovare ad un potenziale costante. Anche l'emettitore del transistore Tr , praticamente è come fosse collegato a massa tramite il condensatore C_{em} e di conseguenza lo schema di figura 1 può essere rappresentato in maniera più elementare da quello illustrato in figura 2.

Se applichiamo una tensione alternata sinusoidale V_{ing} ai morsetti d'ingresso A B , in cui A rappresenta il punto caldo e B la massa, nel circuito circolerà una corrente alternata I che corrisponderà

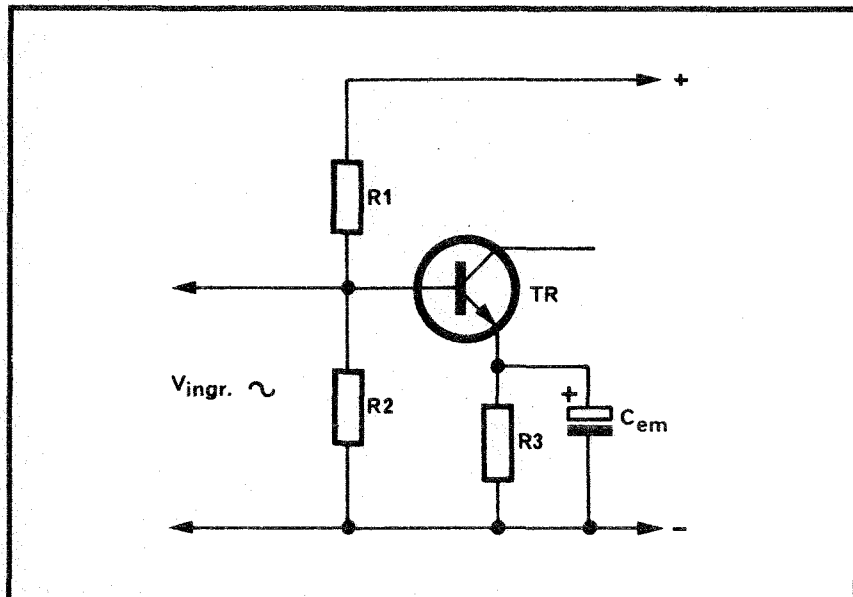


Fig. 1 - Sezione di ingresso di un amplificatore di bassa frequenza al quale si applica una tensione alternata sinusoidale.

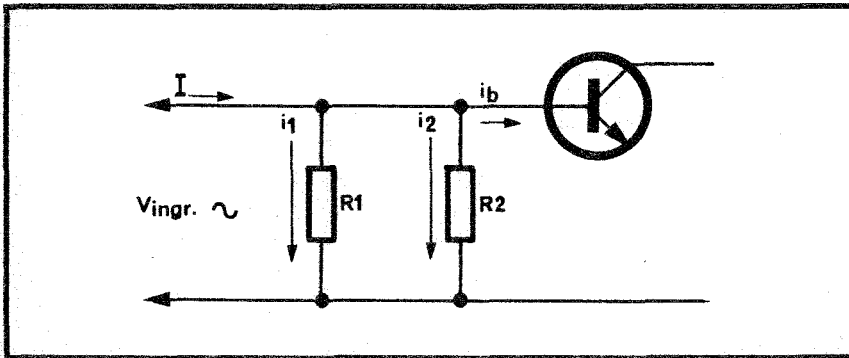


Fig. 2 - Lo stesso circuito di cui alla figura 1 come in effetti si comporta.

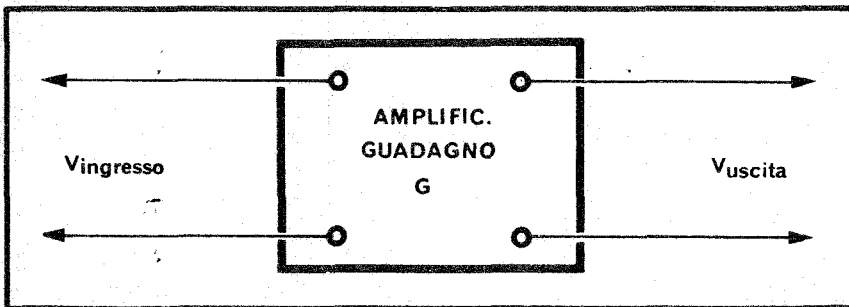


Fig. 3 - Amplificatore di bassa frequenza avente un guadagno «G».

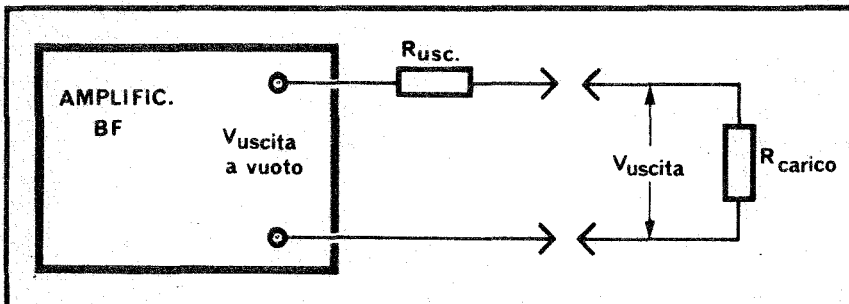


Fig. 4 - Disposizione circuitale dell'amplificatore BF per definire la resistenza di uscita.

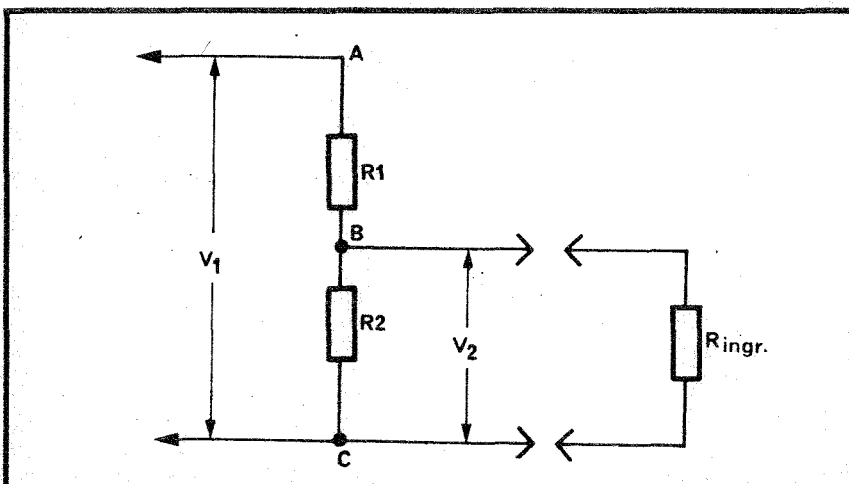


Fig. 5 - Disposizione circuitale atta a mettere in evidenza l'importanza della nozione di resistenza d'entrata.

RESISTENZA DI USCITA DI UN AMPLIFICATORE

Prendiamo adesso in esame un amplificatore il cui guadagno in tensione sia G , alla cui entrata si applichi una tensione V_{ent} , come mostra la figura 3.

Se in uscita non applichiamo alcun carico otterremo una tensione di uscita V_{usc} che sarà data da:

$$V_{usc} = G \times V_{ent}$$

la quale ci dice che la tensione di uscita è uguale alla tensione di entrata (o di ingresso che è la stessa cosa) moltiplicata per il guadagno G dell'amplificatore.

Se invece carichiamo l'uscita con una resistenza R (detta resistenza di carico o più semplicemente carico), la tensione di uscita V_{usc} diminuirà sensibilmente, purché si mantenga costante la tensione di entrata.

Essa sarà tanto più bassa quanto minore sarà la resistenza di carico.

Il circuito si comporta cioè come se in serie all'amplificatore fosse inserita una resistenza R_{usc} , come mostra la figura 4.

Pertanto il valore della tensione di uscita sarà dato dalla relazione:

$$V_{usc} = V_{usc} \frac{R}{R + R_{usc}}$$

tensione che, come abbiamo detto sarà tanto più bassa quanto più basso è il valore della resistenza di carico.

La resistenza R_{usc} è detta resistenza d'uscita dell'amplificatore.

CONSIDERAZIONE SULLA RESISTENZA D'ENTRATA E DI USCITA DI UN AMPLIFICATORE

In questo paragrafo metteremo in evidenza l'importanza della resistenza d'entrata e della resistenza di uscita.

Ammettiamo che lo schema di cui alla figura 1 si riferisca allo stadio amplificatore d'entrata di un voltmetro elettronico che utilizzeremo per misurare la tensione V_2 che esiste nei punti «B» e «C» del circuito di cui alla figura 5, nel quale la tensione V_1 è applicata invece alle estremità del circuito e cioè in «A» ed in «C».

In assenza dello strumento di misura tale tensione (cioè fra B e C) sarà uguale a:

$$V_2 = V_1 \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

Collegando al circuito il voltmetro elettronico equivale a sostituire la resistenza R_2 con una resistenza di valore diverso R_3 per il fatto che in parallelo alla R_2 viene posta la resistenza dello strumento che indicheremo R_{ent} , e precisamente:

$$R_3 = \frac{R_2 R_{ent}}{R_2 + R_{ent}}$$

Per cui R_3 sarà tanto più bassa quanto più bassa sarà la resistenza R_{ent} dello strumento.

Pertanto la tensione esistente fra i due punti «B» e «C», che indicherà lo strumento e che chiameremo V_{2a} , sarà in

questo caso uguale a:

$$V_{2a} = \frac{R_1}{R_1 + R_3}$$

un valore certamente inferiore a quello di V_2 di cui alla relazione precedente. Ciò ci permette di affermare che in relazione alla sua resistenza d'entrata il voltmetro elettronico da una misura che non corrisponde alla realtà. Ed è questo il motivo per cui allo scopo di ridurre tale differenza di indicazione è indispensabile impiegare un amplificatore la cui resistenza d'ingresso sia la più alta possibile.

Lo schema di figura 6 si riferisce invece al caso della resistenza di uscita. Supponiamo che si tratti di un amplificatore di bassa frequenza alla cui uscita si debba collegare un altoparlante.

Sia R_{usc} la sua resistenza di uscita e R_{alt} l'impedenza caratteristica dell'altoparlante.

Se indichiamo con V_1 la tensione di uscita a vuoto dell'amplificatore collegando il carico R_{alt} (cioè l'altoparlante), avremo una nuova tensione di uscita V_2 che sarà data dalla seguente relazione:

$$V_2 = V_1 \frac{R_{alt}}{R_{usc} + R_{alt}}$$

da cui deriva che la potenza fornita dall'altoparlante sarà legata alla relazione:

$$P = \frac{(V_2)^2}{R_{alt}} = \frac{(V_1)^2 R_{alt}}{(R_{usc} + R_{alt})^2}$$

Ciò in pratica ci dice che la potenza di uscita è legata alla resistenza R_{alt} . Lo svolgimento matematico di questa relazione ci permette di tracciare la rappresentazione grafica, che riportiamo in figura 7, dalla quale è messo in evidenza come la potenza massima P_{max} si ottenga quando l'impedenza dell'altoparlante è identica alla resistenza di uscita dell'amplificatore cioè quando vi è adattamento d'impedenza.

LA MISURA DELLA RESISTENZA D'ENTRATA

Da quanto abbiamo detto nei paragrafi precedenti risulta evidente l'importanza di conoscere le caratteristiche di resistenza d'ingresso e di uscita di un amplificatore e che di conseguenza quando esse siano sconosciute sia necessario calcolarle.

La misura della resistenza d'entrata è piuttosto facile da calcolare ed a questo scopo è sufficiente realizzare un circuito di misura simile a quello indicato in figura 8.

Applicando all'ingresso dell'amplificatore una tensione V_1 attraverso una resistenza R_1 di valore noto, la tensione V_2 che si avrà ai morsetti di entrata «A» e «B» dell'amplificatore sarà data dalla relazione:

$$V_2 = V_1 \frac{R_{ent}}{R_1 + R_{ent}}$$

in cui R_1 è la resistenza di valore conosciuto mentre R_{ent} è la resistenza d'entrata dell'amplificatore.

Partendo da questa relazione si può facilmente calcolare il valore sconosciuto cioè la R_{ent} nel seguente modo:

$$R_{ent} = \frac{V_2}{V_1 - V_2} R_1$$

Naturalmente nell'eseguire la misura della tensione ai morsetti «A» e «B» occorre avere l'accortezza di usare un voltmetro che abbia una resistenza d'ingresso molto elevata in modo cioè che la sua resistenza sia molto superiore al valore di resistenza che si deve misurare.

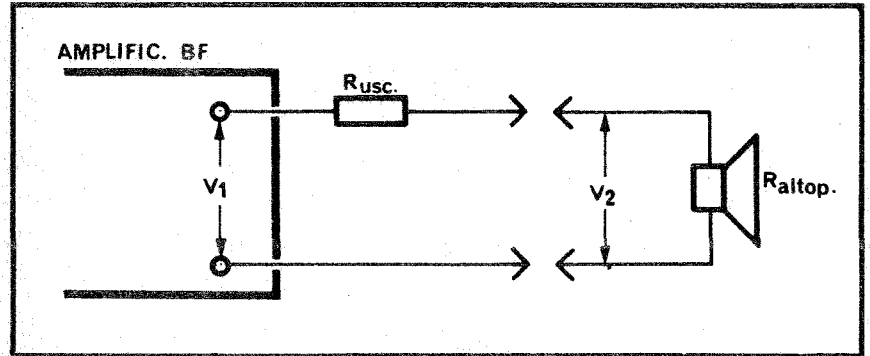


Fig. 6 - Disposizione circuitale atta a mettere in evidenza l'importanza della nozione di resistenza d'uscita.

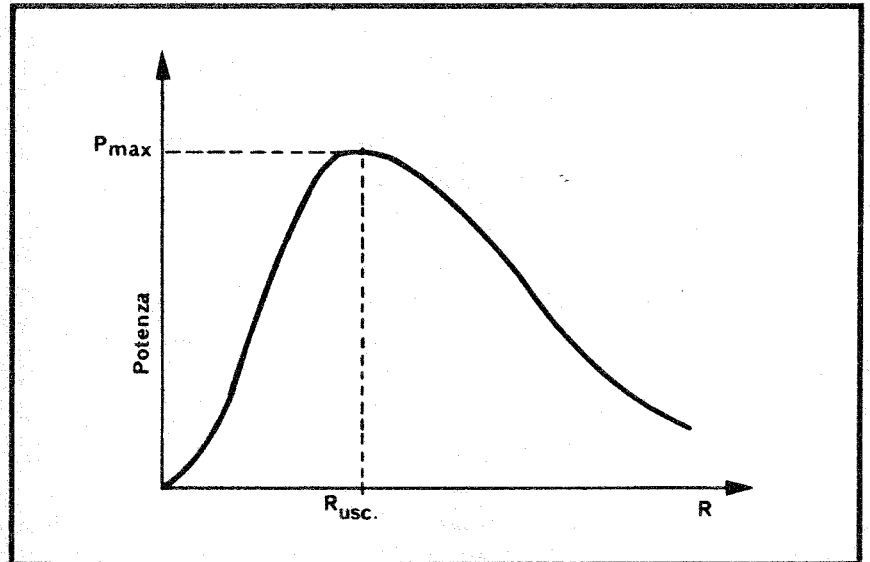


Fig. 7 - Curva caratteristica che mostra come si ottiene la massima potenza di uscita quando si hanno le condizioni di adattamento di impedenza fra la resistenza di uscita e quella dell'altoparlante.

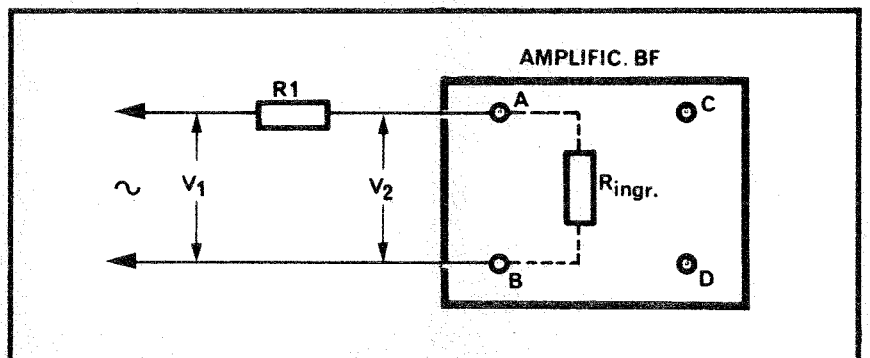


Fig. 8 - Disposizione circuitale classica per eseguire la misura della resistenza d'entrata o d'ingresso di un amplificatore di BF.

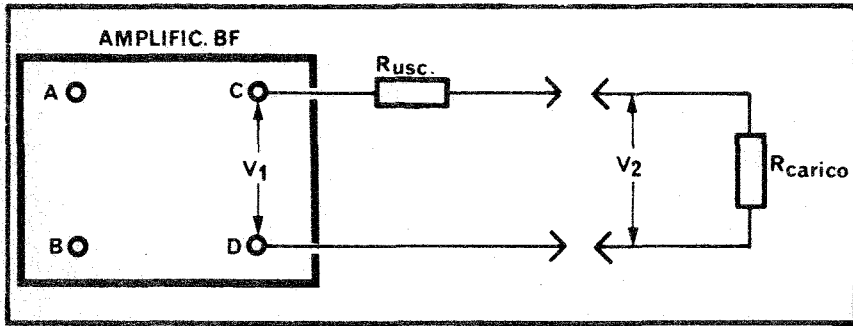


Fig. 9 - Disposizione circuitale classica per eseguire la misura della resistenza d'uscita di un amplificatore di BF.

MISURA DELLA RESISTENZA DI USCITA DI UN AMPLIFICATORE

Per misurare la resistenza di uscita di un amplificatore di bassa frequenza in pratica si deve realizzare un circuito simile a quello indicato in figura 9.

Quando nessun carico, come abbiamo già spiegato nel dare la definizione di resistenza di uscita, è collegato in uscita la V_1 è uguale alla V_2 ; se invece all'uscita «C» «D» si collega un carico «R» di valore noto si avrà che:

$$V_2 = V_1 \frac{R}{R + R_{usc}}$$

in cui R come detto corrisponde al carico, R_{usc} alla resistenza di uscita. Da tale relazione ne deriva l'altra che permette di calcolare per l'appunto la resistenza di uscita:

$$R_{usc} = \frac{V_1 - V_2}{V_2} R$$

Anche in questo caso le due misure, con carico e senza carico, dovranno es-

sere effettuate con un voltmetro di elevata resistenza rispetto al valore della resistenza di uscita allo scopo di non alterare il significato delle misure.

MISURATORE D'IMPEDENZA T.E.S. Modello MI 471

Il misuratore d'impedenza della T.E.S. modello MI 471, è uno strumento portatile alimentato a pile e di semplice manovra che permette di eseguire la misura diretta di impedenza da $0,2 \Omega$ a $50 k\Omega$ alla frequenza di 1 kHz, con oscillatore incorporato, oppure fino a 100 kHz, con oscillatore esterno. E' possibile eseguire anche la misura di impedenze che siano percorse da corrente continua, che dovrà essere fornita da un alimentatore esterno. Con tale strumento, il cui schema elettrico è visibile in figura 10 è possibile eseguire la misura di tensioni alternate da 10 mV a 100 V con banda passante da 10 Hz a 200 kHz.

Si tratta pertanto di un apparecchio che è molto utile per controllare il comportamento di impedenze, od anche di resistenze impure, in funzione della frequenza, per la verifica del carico su amplificatori di bassa frequenza e per altre innumerevoli misure di laboratorio, sempre nel campo della bassa frequenza.

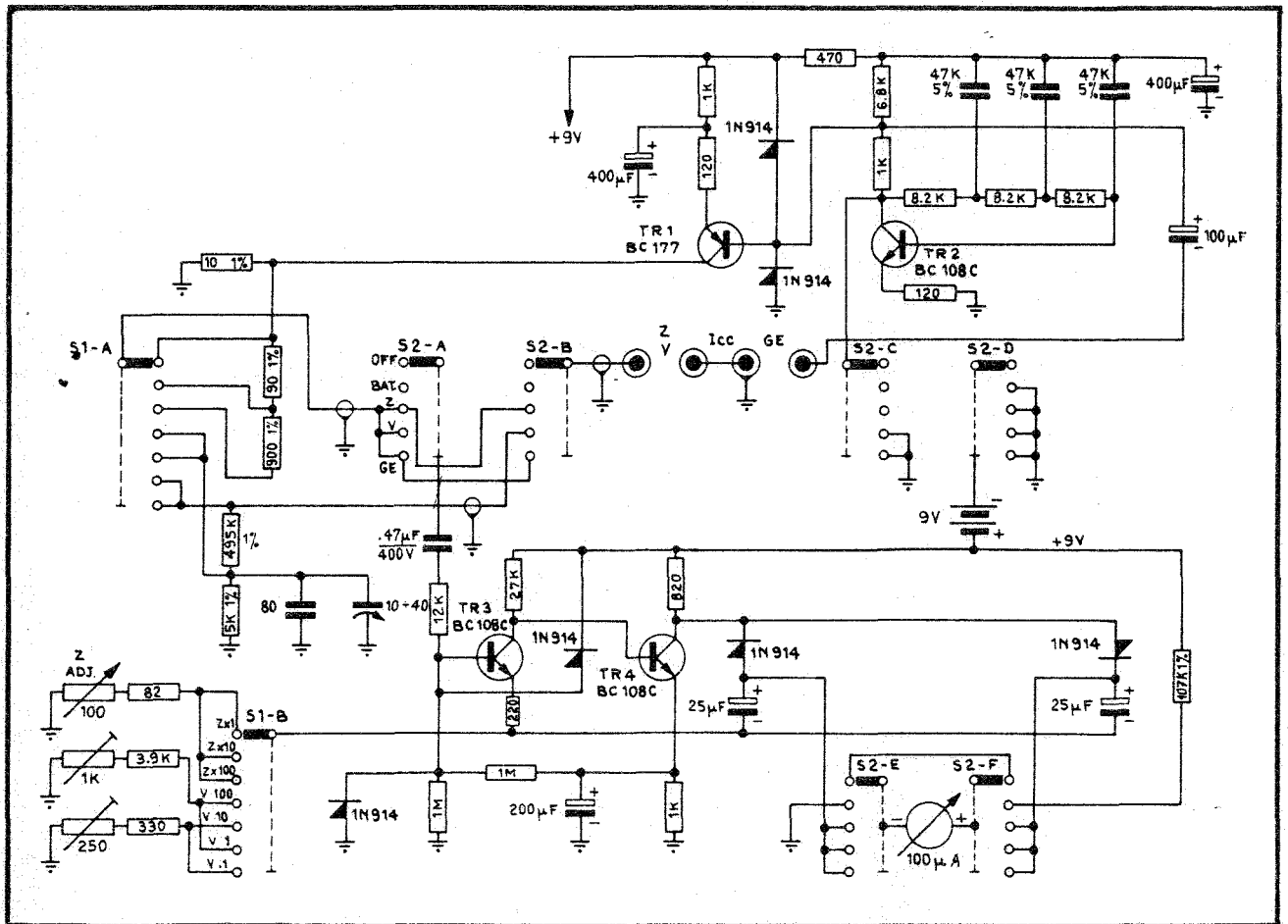


Fig. 10 - Schema elettrico del misuratore d'impedenza della Tecnica Elettronica System, TES modello MI 471 per misure di impedenza da $0,2 \Omega$ a $50 k\Omega$.