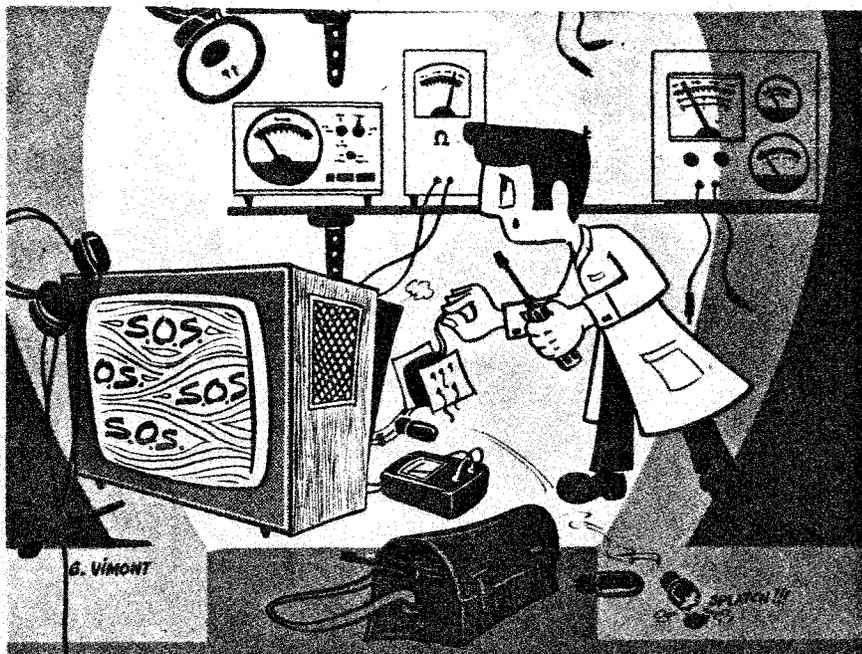


## la tecnica delle riparazioni

a cura di Piero SOATI



# AMPLIFICATORI BASSA FREQUENZA RESISTENZA D'INGRESSO E D'USCITA

**U**n 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

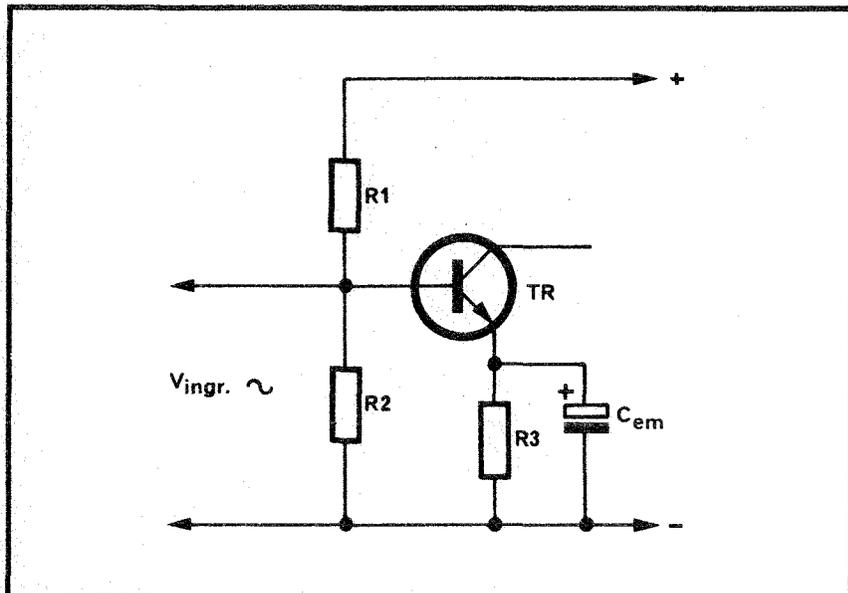


Fig. 1 - Sezione di ingresso di un amplificatore di bassa frequenza al quale si applica una tensione alternata sinusoidale.

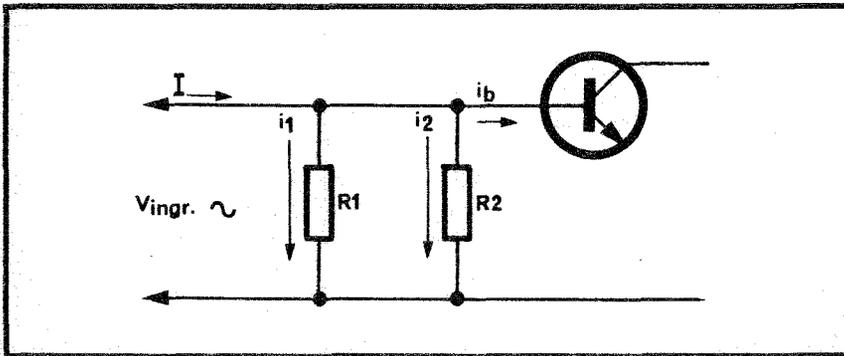


Fig. 2 - Lo stesso circuito di cui alla figura 1 come in effetti si comporta.

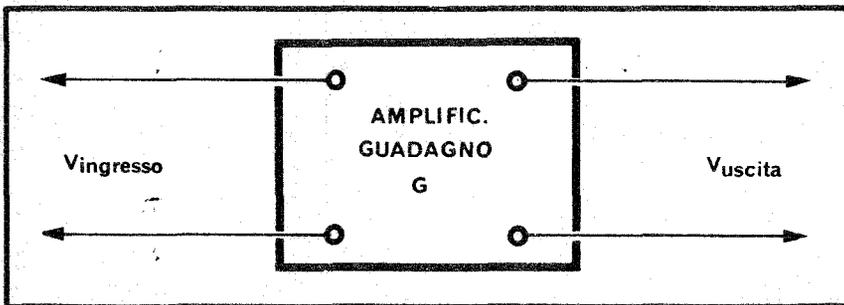


Fig. 3 - Amplificatore di bassa frequenza avente un guadagno «G».

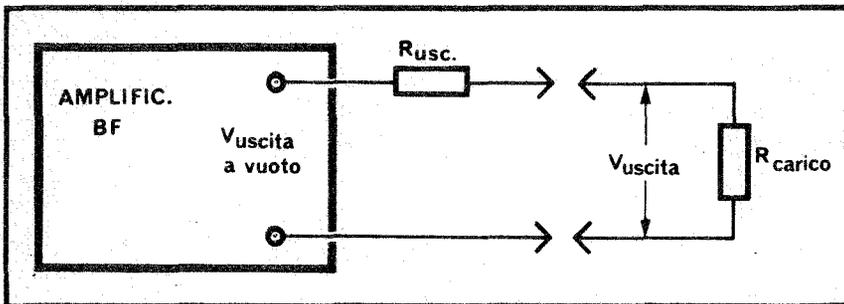


Fig. 4 - Disposizione circuitale dell'amplificatore BF per definire la resistenza di uscita.

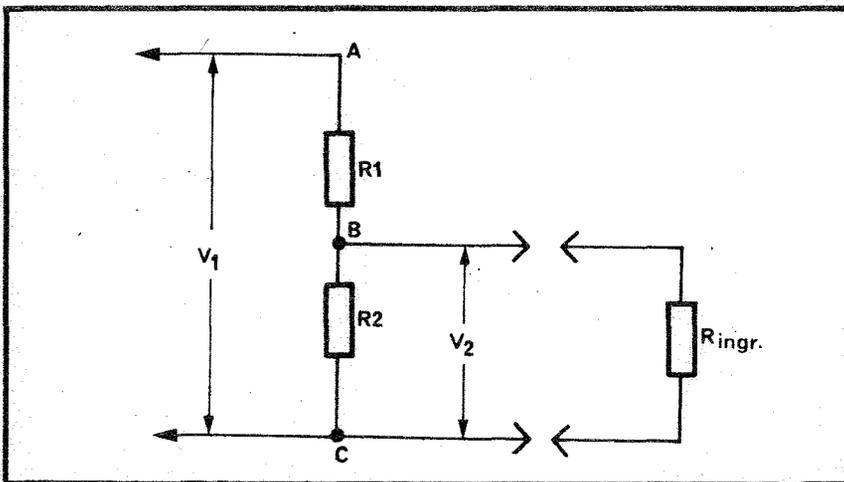


Fig. 5 - Disposizione circuitale atta a mettere in evidenza l'importanza della nozione di resistenza d'entrata.

## 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.

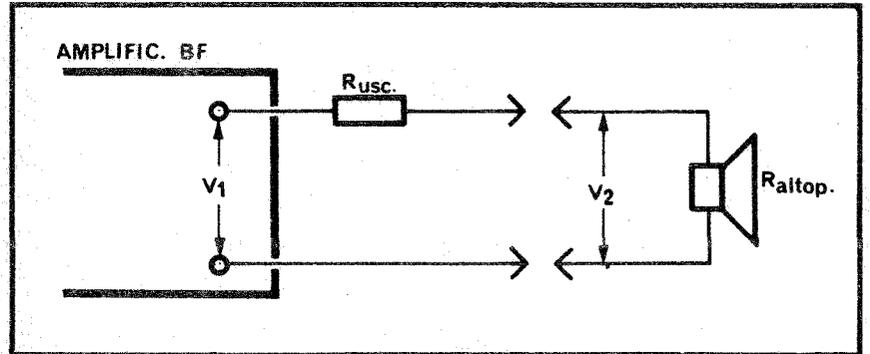


Fig. 6 - Disposizione circuitale atta a mettere in evidenza l'importanza della nozione di resistenza d'uscita.

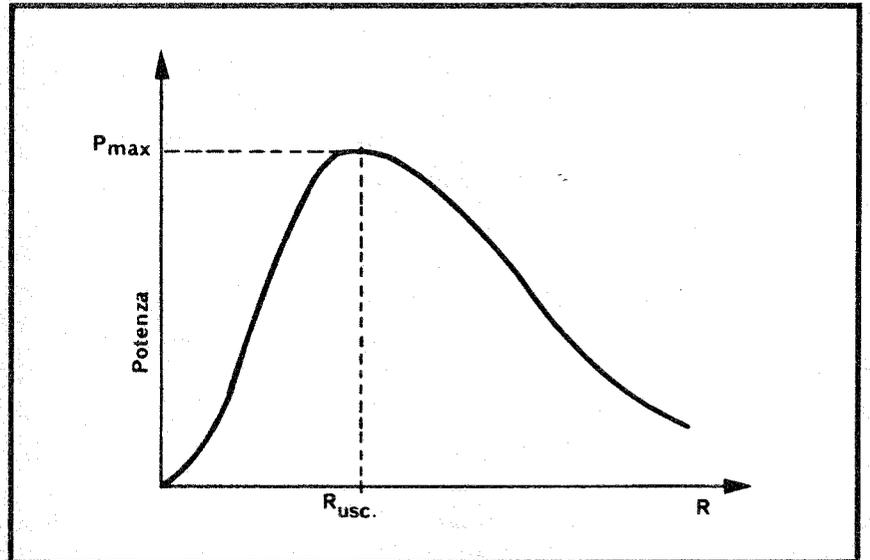


Fig. 7 - Curva caratteristica che mostra come si ottiene la massima potenza di uscita quando si hanno le condizioni di adattamento di impedenza fra la resistenza di uscita e quella dell'altoparlante.

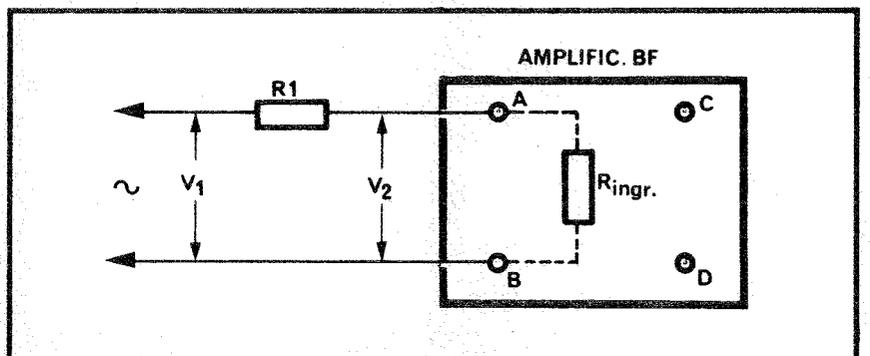


Fig. 8 - Disposizione circuitale classica per eseguire la misura della resistenza d'entrata o d'ingresso di un amplificatore di BF.

