

## CONOSCERE I TRANSISTOR

Il **transistor** è il nome di un semiconduttore utilizzato in elettronica per amplificare qualsiasi tipo di segnale elettrico, cioè dalla **Bassa Frequenza** alla **Radio Frequenza**.

Per quanti manuali un **principiante** possa aver letto, difficilmente sarà riuscito a capire come realmente funzionino un **transistor** perché questo componente viene descritto in modo troppo teorico e con complesse **formule** matematiche.

In questa Lezione cercheremo di spiegarvi in modo completamente diverso e con molti esempi **elementari** che cos'è e come funziona questo semiconduttore chiamato **transistor**.

### IL TRANSISTOR

Questo componente può avere forme e dimensioni diverse (vedi fig.413).

In tutti gli **scemi elettrici** il transistor viene raffigurato con il simbolo grafico visibile nelle figg.414-415, cioè con un cerchio dal quale fuoriescono **3 terminali** contrassegnati dalle lettere **E - B - C**.

la lettera **E** indica l'**Emettitore**  
 la lettera **B** indica la **Base**  
 la lettera **C** indica il **Collettore**

Spesso però le lettere **E - B - C** non vengono riportate accanto al simbolo grafico dal momento che i tre terminali del transistor sono **facilmente** identificabili. Infatti:

– Il terminale **Emettitore** si riconosce perché sulla

sua barra inclinata è sempre **presente** una **freccia** rivolta verso l'interno o verso l'esterno.

– Il terminale **Collettore** si riconosce perché la sua barra inclinata **non ha** nessuna **freccia**.

– Il terminale **Base** si riconosce perché la sua barra ha la forma di una grossa **I**.

Questo stesso **simbolo** grafico si usa sia per i transistor di dimensioni **ridotte** sia per i transistor di dimensioni **maggiori** (vedi fig.413).

Solamente guardando il disegno **pratico** oppure la foto del montaggio è possibile stabilire le reali **dimensioni** del transistor.

Guardando il **simbolo grafico** del transistor è necessario fare molta attenzione alla direzione della **freccia** posta sul terminale **Emettitore**.

Se la **freccia** è rivolta verso la **Base**, il transistor è del tipo **PNP** (vedi fig.414).

Se la **freccia** è rivolta verso l'**esterno**, il transistor è del tipo **NPN** (vedi fig.415).

La differenza che esiste tra un **PNP** ed un **NPN** riguarda solo la **polarità** di alimentazione da applicare sul terminale **Collettore**.

Nei transistor **PNP** il terminale **Collettore** va sempre collegato alla tensione **negativa** di alimentazione (vedi fig.414).

[Avanti](#)

[Indietro](#)

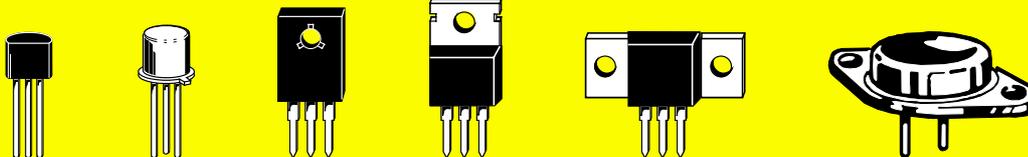
[Zoom](#)

[Zoom](#)

[Indice](#)

[Sommaria](#)

[Esci](#)



**Fig.413 I transistor possono avere forme e dimensioni diverse. Quelli più piccoli vengono usati nei preamplificatori e quelli più grandi negli amplificatori finali di potenza.**

Nei transistor **NPN** il terminale Collettore va sempre collegato alla tensione **positiva** di alimentazione (vedi fig.415).

Per ricordare quale **polarità** va collegata sul **Collettore** del transistor potete prendere come riferimento la lettera **centrale** delle sigle PNP ed NPN.

Nei transistor **PNP**, poiché la lettera **centrale** è una **N (negativo)**, dovete collegare il terminale **Collettore** al **Negativo** di alimentazione.

Nei transistor **NPN**, poiché la lettera **centrale** è una **P (positivo)**, dovete collegare il terminale **Collettore** al **Positivo** di alimentazione.

### I TERMINALI E - B - C

A volte identificare i tre terminali **E - B - C** che fuoriescono dal **corpo** di un transistor può risultare problematico anche per un tecnico esperto.

Infatti una Casa Costruttrice può disporli nell'ordine **E - B - C**, un'altra Casa nell'ordine **E - C - B**, un'altra ancora nell'ordine **C - B - E** (vedi fig.416).

Un serio schema elettrico dovrebbe sempre recare la **zoccolatura** dei transistor utilizzati, vista nor-

malmente da **sotto**, cioè dal lato in cui i terminali fuoriescono dal loro corpo (vedi fig.417).

Per evitare di leggere in senso inverso la disposizione dei piedini, sul corpo di questi componenti è sempre presente un **riferimento**.

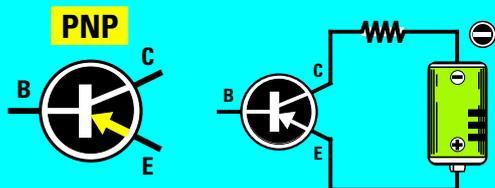
Nei piccoli transistor **plastici** il **riferimento** è costituito dal corpo a forma di **mezzaluna** (vedi fig.417), mentre nei piccoli transistor **metallici** da una minuscola **tacca** metallica che fuoriesce dal corpo in prossimità del terminale **E**.

Nei transistor **plastici** di **media potenza** questo **riferimento** è costituito da una piccola aletta **metallica** posta da un solo lato del corpo (vedi fig.418).

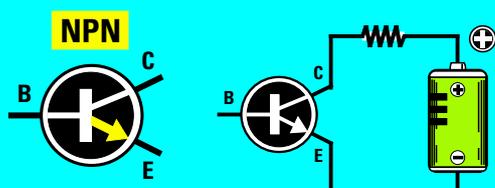
Nei transistor **metallici di potenza** (vedi fig.419) i **due** terminali **E - B** vengono sempre disposti più in **basso** rispetto alla linea **centrale** del corpo e con il terminale **E** posto sulla sinistra ed il **B** sulla destra. In terminale **C** è sempre collegato al corpo **metallico** del transistor.

### PER amplificare un SEGNALE

Nei **transistor** il segnale da **amplificare** viene quasi sempre applicato sul terminale **Base** e per farvi



**Fig.414 I transistor PNP si riconoscono dalla "freccia" posta sul terminale Elettore che risulta sempre rivolta verso la Base. In questi transistor il Collettore va collegato al Negativo di alimentazione.**



**Fig.415 I transistor NPN si riconoscono dalla "freccia" posta sul terminale Elettore che risulta rivolta verso l'esterno. In questi transistor il Collettore va sempre collegato al Positivo di alimentazione.**

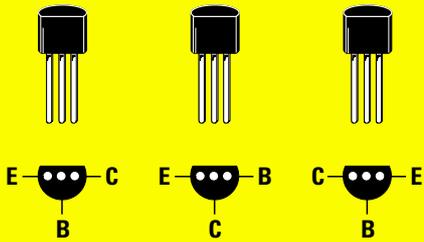


Fig.416 I tre terminali che fuoriescono dal corpo del transistor possono essere disposti E.B.C oppure E.C.B o anche C.B.E.

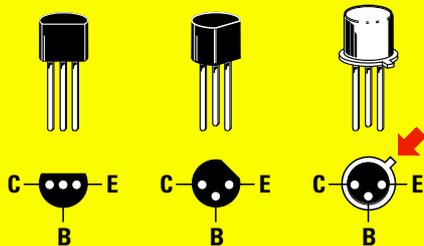


Fig.417 Per individuare i terminali E.B.C si prende come riferimento la forma a mezzaluna del corpo o la tacca metallica.



Fig.418 Nei transistor di media potenza si prende come riferimento la parte metallica posta sempre dietro al loro corpo.

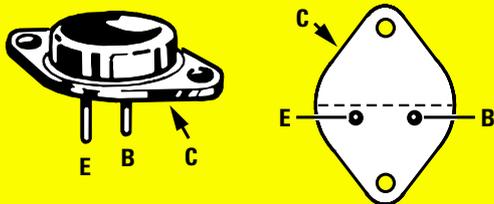


Fig.419 Nei transistor di potenza i terminali E-B sono collocati sotto alla linea centrale e il C sul metallo del corpo.

capire come questo terminale riesca a **controllare** il movimento degli **elettroni**, cioè ad aumentarli o a ridurli, paragoniamo un **transistor** ad un comune **rubinetto idraulico** (vedi fig.420).

La **leva** che comanda l'apertura e la chiusura del flusso dell'acqua può essere paragonata al terminale **Base** del transistor.

Se posizioniamo la **leva** del rubinetto a **metà corsa** da questo fuoriuscirà un flusso d'acqua di **media intensità**.

Se posizioniamo la **leva** verso il **basso** il flusso dell'acqua **cesserà**, mentre se la posizioniamo verso l'**alto** il flusso dell'acqua **aumenterà**.

Se pensate ad un **transistor** come quello disegnato in fig.421, cioè composto da un tubo di **entrata** chiamato **Collettore**, da un tubo di **uscita** chiamato **Emettitore** e da un **rubinetto centrale** chiamato **Base**, potete intuire subito come funzionano tutti i transistor.

Se la **leva** del rubinetto viene tenuta a **metà corsa** gli **elettroni** potranno passare al suo interno con **media intensità**.

Se la leva viene spostata verso il **basso** in modo da **chiudere** il rubinetto gli **elettroni** non potranno più passare.

Se la **leva** viene spostata verso l'**alto** in modo da **aprire** totalmente il rubinetto gli **elettroni** potranno passare con la **massima intensità**.

Per **amplificare** un segnale questo **rubinetto** non deve essere tenuto né tutto **chiuso** né tutto **aperto**, ma posizionato in modo da lasciare passare la **metà** degli **elettroni** che lo attraverserebbero se lo si aprisse **totalmente**.

Da questa **posizione**, se spostiamo la leva verso l'alto il flusso degli elettroni **aumenterà**, se la spostiamo verso il basso il flusso degli elettroni **diminuirà**.

Giunti a questo punto vi chiederete come si fa a regolare un **transistor** affinché questo lasci passare **metà** elettroni ed ancora come si fa a **chiuderlo** o ad aprirlo **totalmente**.

Guardando lo schema elettrico di uno stadio **amplificatore** che utilizza un transistor **NPN** (vedi fig.422) possiamo notare che:

– il terminale **Collettore** è collegato al **positivo** di alimentazione tramite la resistenza **R3**,

- Avanti
- Indietro
- Zoom
- Zoom
- Indice
- Sommario
- Esci

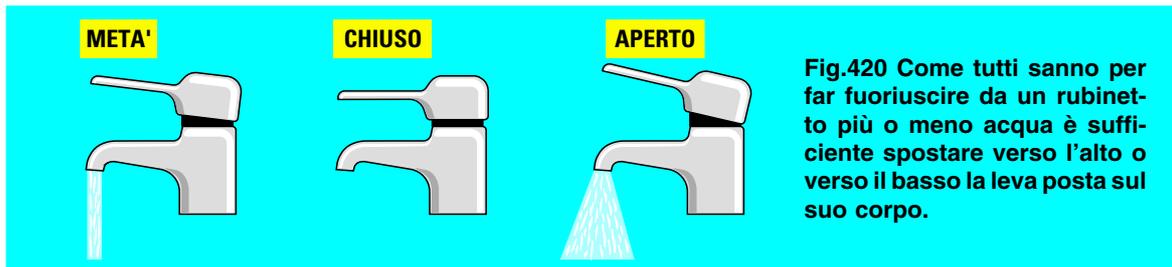


Fig.420 Come tutti sanno per far fuoriuscire da un rubinetto più o meno acqua è sufficiente spostare verso l'alto o verso il basso la leva posta sul suo corpo.

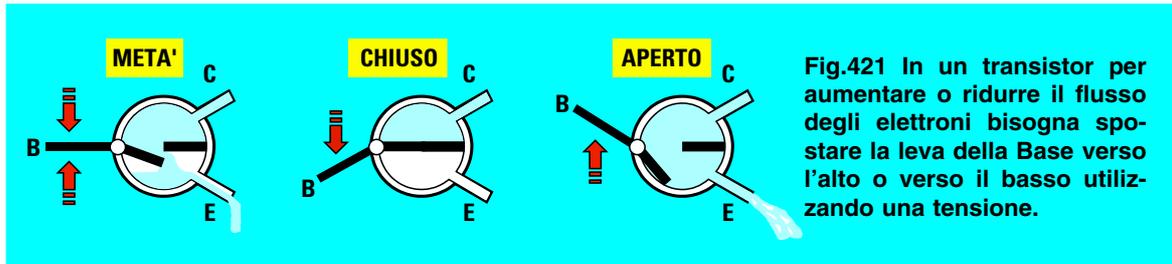


Fig.421 In un transistor per aumentare o ridurre il flusso degli elettroni bisogna spostare la leva della Base verso l'alto o verso il basso utilizzando una tensione.

- il terminale **Base** è collegato ad un partitore resistivo **R1 - R2** collegato tra il positivo ed il negativo di alimentazione,
- il terminale **Emettitore** è collegato a **massa** tramite la resistenza **R4**.

**Nota:** è ovvio che se questo transistor fosse stato un **PNP** avremmo dovuto collegare sul terminale **Collettore** la polarità **negativa** di alimentazione anziché la positiva (vedi fig.423).

Il **valore** di queste **quattro resistenze** viene calcolato in fase di progettazione per leggere tra i due

terminali **Collettore - Emettitore** un valore di tensione che risulti molto prossimo alla **metà** del valore di alimentazione.

Quindi se si alimenta il transistor con una tensione di **20 volt**, queste resistenze vanno calcolate in modo da rilevare tra il **Collettore** e l'**Emettitore** un valore di tensione dimezzato, cioè di soli **10 volt** (vedi fig.424).

Se lo stesso transistor si alimenta con una tensione di **12 volt** queste resistenze vanno calcolate in modo da rilevare tra il **Collettore** e l'**Emettitore** una tensione di **6 volt** (vedi fig.425).

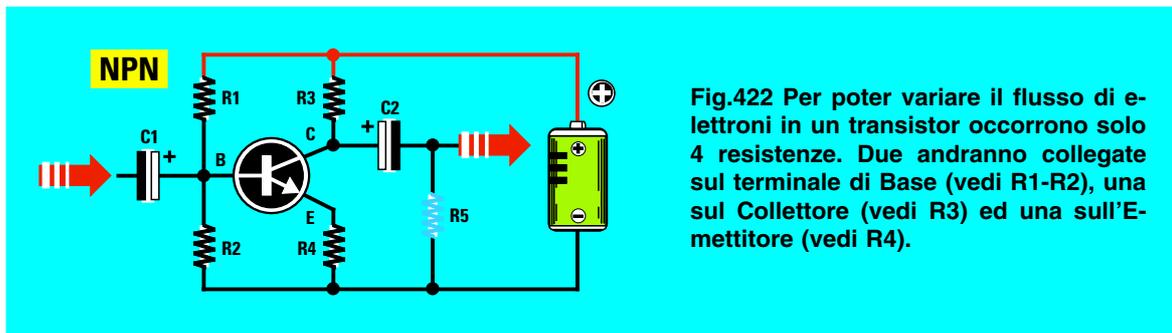


Fig.422 Per poter variare il flusso di elettroni in un transistor occorrono solo 4 resistenze. Due andranno collegate sul terminale di Base (vedi R1-R2), una sul Collettore (vedi R3) ed una sull'Emettitore (vedi R4).

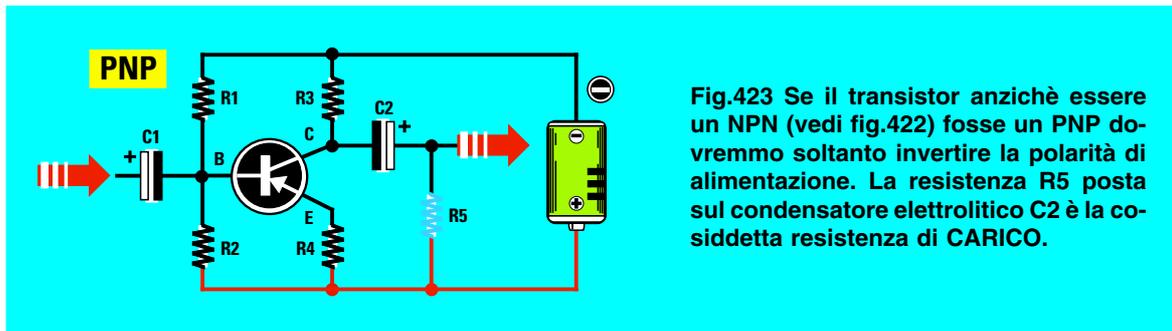
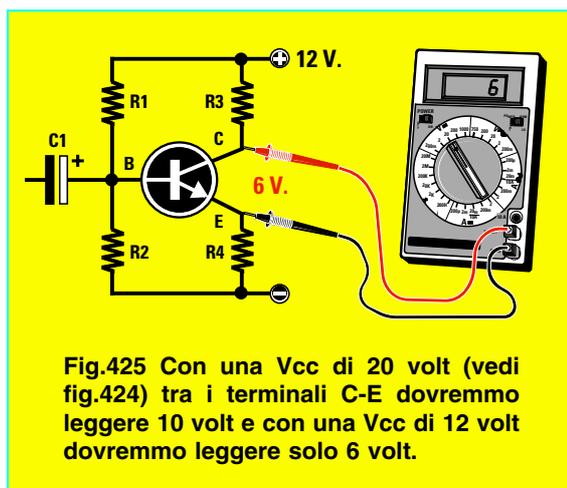
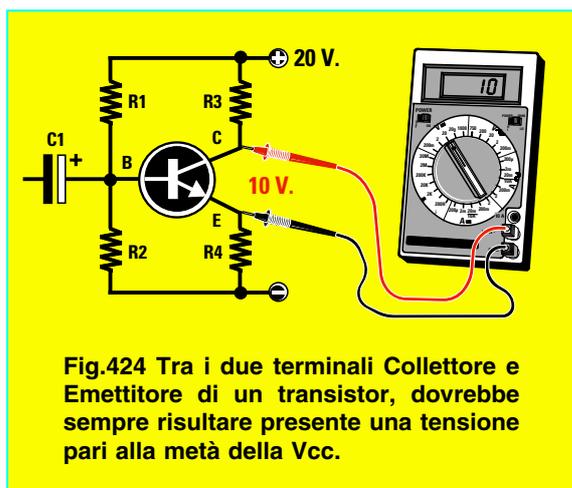


Fig.423 Se il transistor anzichè essere un NPN (vedi fig.422) fosse un PNP dovremmo soltanto invertire la polarità di alimentazione. La resistenza R5 posta sul condensatore elettrolitico C2 è la cosiddetta resistenza di CARICO.



Solo quando sul **Collettore** risulta presente **metà tensione** di alimentazione avremo **dimezzato** il flusso degli elettroni e solo in questa condizione riusciremo ad **amplificare** i segnali applicati sulla **Base** senza nessuna **distorsione**.

Per spiegarvi perché tra i due terminali **Collettore - Emittitore** deve risultare presente **metà tensione** di alimentazione simuliamo con alcuni disegni il funzionamento di una comune **leva** meccanica con il **fulcro** posto fuori centro (vedi fig.426).

Per il nostro esempio, il lato più **corto** sarà il terminale della **Base** ed il lato più **lungo** il terminale del **Collettore**.

Poiché il **Collettore** risulta più **lungo** della **Base** il suo **peso** lo farà appoggiare sul terreno.

Se ora proviamo a muovere la parte più **corta** verso il **basso**, la parte opposta si **alzerà** (vedi fig.427), ma se proviamo a muoverla verso l'**alto** la parte più **lunga** non potrà **scendere** perché appoggia già sul terreno (vedi fig.428).

Perché il lato **Collettore** possa muoversi liberamente sia verso l'**alto** sia verso il **basso** dobbiamo necessariamente collocare questa leva in posizione **orizzontale**.

Per portarla in posizione **orizzontale** basta applicare sul lato più **corto** (lato della **Base**) un **peso** in grado di sollevare il lato più **lungo** fino a **metà** altezza (vedi fig.429).

Ottenuto questo **equilibrio**, quando sulla **Base** giunge una tensione che la spinge verso il **basso** (vedi fig.430) l'opposta estremità si **alza**.

Quando sulla **Base** giunge una tensione che la

spinge verso l'**alto** (vedi fig.431) l'opposta estremità **scende**.

Poiché un piccolo spostamento sul lato **corto** della **Base** corrisponde ad un ampio spostamento del lato opposto più **lungo**, che altro non è che il **Collettore**, otterremo un movimento notevolmente **amplificato**.

Quindi per **amplificare** un qualsiasi segnale la **prima** operazione da compiere è quella di applicare sul lato **corto** della leva un **peso** idoneo a sollevare il lato più **lungo** in posizione perfettamente **orizzontale**.

In un transistor questo **peso** si ottiene applicando sul terminale **Base** un valore di **tensione** in grado di far scendere la tensione presente sul terminale **Collettore** ad un valore pari alla **metà** di quella di alimentazione.

Per comprendere perché la tensione sul **Collettore** deve risultare pari alla **metà** di quella di alimentazione prendete un foglio di carta a quadretti e su questo tracciate una **prima** linea in **basso** che corrisponde al terminale **Emittitore** ed una **seconda** linea in **alto** che corrisponde alla **tensione di alimentazione**.

Se la tensione di alimentazione risulta di **12 volt** distanziate le due linee di **12 quadretti** in modo da assegnare ad ogni quadretto il valore di **1 volt** (vedi fig.432).

Ammessi che il transistor risulti correttamente **polarizzato** in modo da rilevare sul suo **Collettore** una tensione di **6 volt**, tracciate una **terza** linea sul **6° quadretto**.

Se il transistor **amplifica** il segnale di **10 volte**, applicando sulla **Base** un segnale **sinusoidale** di **1,2**

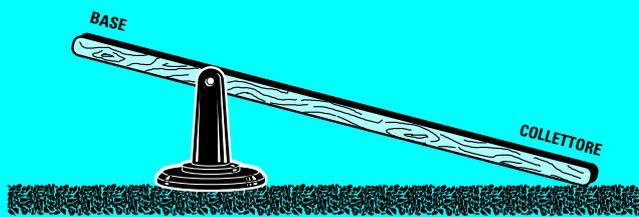


Fig.426 Per capire perchè sul Collettore deve risultare presente metà tensione di alimentazione possiamo paragonare il transistor ad una leva meccanica il cui lato corto è la Base ed il lato lungo il Collettore.

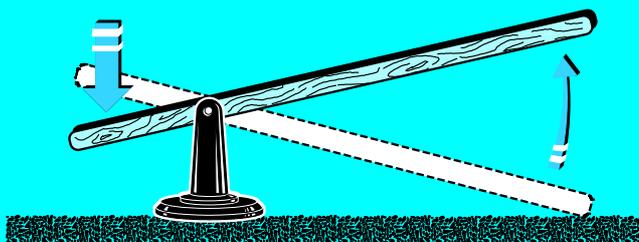


Fig.427 Se spingiamo verso il basso il lato della Base, la parte opposta del Collettore si alzerà. La differenza di spostamento tra la Base e il Collettore può essere paragonata all'amplificazione.

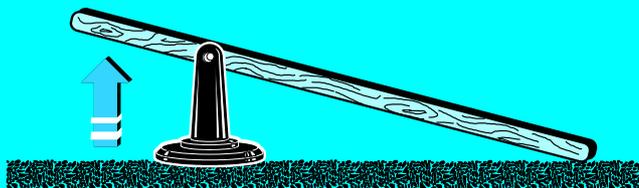


Fig.428 Se spingiamo verso l'alto il lato Base, la parte opposta non potrà scendere perchè poggia sul terreno. Per poterla muovere sia verso l'alto che verso il basso la leva dovrebbe trovarsi a "metà" altezza.

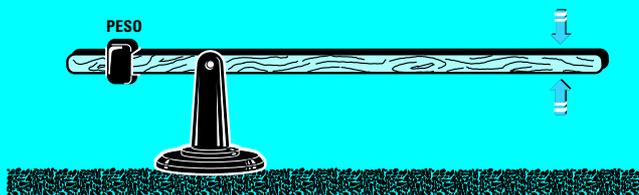


Fig.429 Per portare la leva in posizione orizzontale occorre applicare sulla Base un peso in grado di sollevare il Collettore a metà corsa. In un transistor questo peso si ottiene variando i valore di R1-R2.

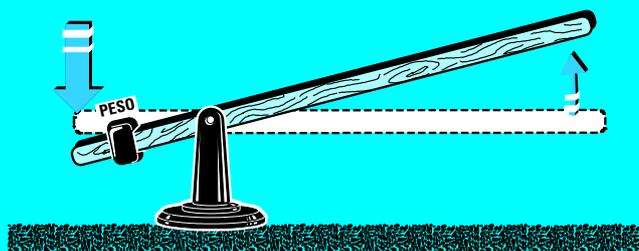


Fig.430 Una volta posto il Collettore in posizione orizzontale, se spingeremo verso il basso il lato Base, la parte opposta corrispondente al Collettore si alzerà fino a raggiungere l'altezza massima.

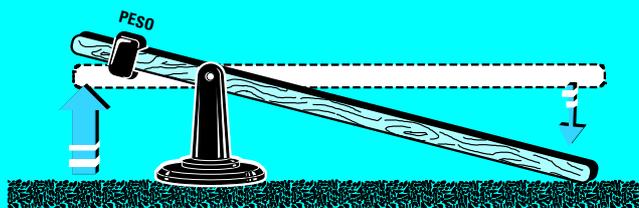


Fig.431 Se spingeremo verso l'alto il lato della Base, la parte opposta del Collettore si abbasserà fino a toccare il terreno e oltre a questa posizione non potrà più scendere.

- Avanti
- Indietro
- Zoom
- Zoom
- Indice
- Sommario
- Esci

**volt picco/picco**, vale a dire composto da una **semionda positiva** che raggiunge un massimo di **0,6 volt** ed una **semionda negativa** che raggiunge un minimo di **0,6 volt**, sul terminale **Collettore** ritroveremo la stessa sinusoide **amplificata di 10 volte** (vedi fig.432), ma **invertita** di polarità.

Infatti ritroviamo la **semionda positiva di 0,6 volt** applicata sulla **Base** che farà **scendere** la tensione sul **Collettore** di:

$$0,6 \times 10 = 6 \text{ volt}$$

mentre ritroviamo la **semionda negativa di 0,6 volt** applicata sulla **Base** che farà **salire** la tensione sul **Collettore** di:

$$0,6 \times 10 = 6 \text{ volt}$$

Questa **inversione** di polarità rispetto al segnale applicato sulla **Base** si ottiene perché, come già vi abbiamo dimostrato con l'esempio della **leva meccanica** (vedi figg.430-431), se spingiamo verso il **basso** il lato della **Base** si **alza** il lato del **Collettore**, e se spingiamo verso l'**alto** il lato della **Base** si **abbassa** il lato del **Collettore**.

Poiché la tensione sul **Collettore** diventa **6 volt** più **negativa** e **6 volt** più **positiva** rispetto ai **6 volt** presenti su questo terminale, la semionda che **scende** assumerà un valore di:

$$6 - 6 = 0 \text{ volt}$$

e la semionda che **sale** un valore di:

$$6 + 6 = 12 \text{ volt}$$

Come potete vedere in fig.432 la nostra sinusoide amplificata rimane all'**interno** del tracciato.

Se sulla **Base** applichiamo un segnale **sinusoidale** che raggiunge un massimo di **0,8 volt positivi** e di **0,8 volt negativi** (vedi fig.433), amplificando questo segnale di **10 volte** si dovrebbe in teoria prelevare sul **Collettore** un segnale di:

$$0,8 \text{ volt} \times 10 = 8 \text{ volt negativi}$$

$$0,8 \text{ volt} \times 10 = 8 \text{ volt positivi}$$

In realtà poiché la tensione presente sul **Collettore** è di **6 volt**, l'onda amplificata verrà **tosata** su entrambe le estremità (vedi fig.433) perché le due semionde **negativa** e **positiva** supereranno le due linee del tracciato.

Quindi se alimentiamo un transistor con una tensione di **12 volt** ed amplifichiamo un segnale di **10**

**volte** non potremo applicare sulla **Base** un segnale maggiore di **1,2 volt picco/picco**.

**Nota:** un segnale di **1,2 volt picco/picco** è composto da una **semionda negativa di 0,6 volt** e da una **semionda positiva di 0,6 volt**.

Se alimentiamo il transistor con una tensione di **20 volt** ed amplifichiamo il segnale sempre di **10 volte** potremo applicare sulla **Base** un segnale di **2 volt picco/picco**.

Infatti, bisogna sempre tenere presente che il segnale amplificato può **salire** fino al **massimo** della tensione di alimentazione e **scendere** fino ad un **minimo di 0 volt**.

Quindi con una tensione di alimentazione di **12 volt** noi potremo **amplificare** un segnale che abbia un'ampiezza di **1,2 volt picco/picco** fino a:

$$12 : 1,2 = 10 \text{ volte massimo}$$

Con una tensione di alimentazione di **20 volt** noi potremo **amplificare** un segnale che abbia un'ampiezza di **1,2 volt picco/picco** fino a:

$$20 : 1,2 = 16,6 \text{ volte massimo}$$

Dobbiamo far presente che il segnale verrà **tosato** anche quando la tensione presente tra **Collettore** ed **Elettore** non risulta esattamente pari alla **metà** di quella di alimentazione.

Supponiamo che la tensione presente tra i due terminali **Collettore - Elettore** risulti di **8 volt** anziché di **6 volt** (vedi fig.434).

Se sulla **Base** applichiamo un segnale **sinusoidale** di **1,2 volt picco/picco** e lo amplifichiamo di **10 volte**, in teoria dovremmo prelevare sul **Collettore** due **semionde** con questi valori:

$$0,6 \times 10 = 6 \text{ volt positivi}$$

$$0,6 \times 10 = 6 \text{ volt negativi}$$

Se **sommiamo** i **6 volt positivi** agli **8 volt** presenti sul **Collettore** otteniamo un valore di:

$$8 + 6 = 14 \text{ volt positivi}$$

Poiché la semionda **positiva** supera i **12 volt positivi** di alimentazione la sinusoide **positiva** verrà **tosata** sul valore di **12 volt** (vedi fig.434).

Se **sottraiamo** i **6 volt negativi** agli **8 volt** presenti sul **Collettore** otteniamo una tensione di:

$$8 - 6 = 2 \text{ volt positivi}$$

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

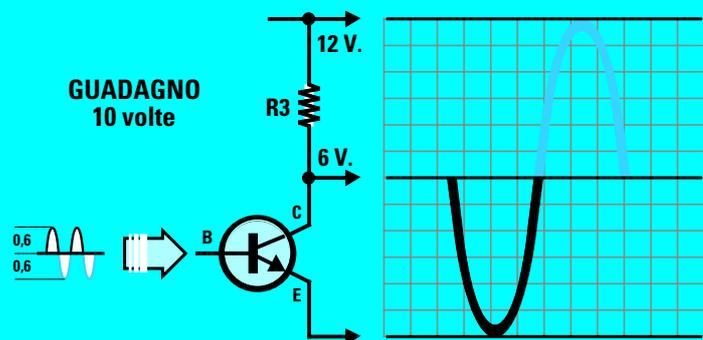


Fig.432 Se sul Collettore del transistor è presente “metà” tensione  $V_{cc}$ , potremo amplificare di 10 volte una sinusoide composta da una semionda positiva ed una negativa di 0,6 volt perchè il segnale amplificato rimarrà entro ai 12 quadretti.

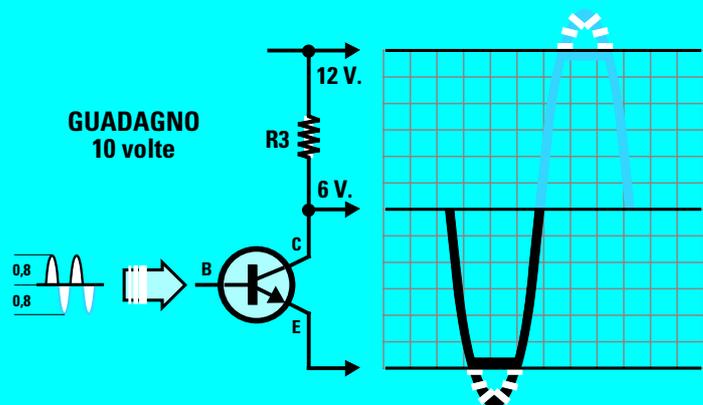


Fig.433 Se amplifichiamo di 10 volte una sinusoide composta da una semionda positiva ed una negativa di 0,8 volt, il segnale amplificato, superando alle due estremità i 12 quadretti, verrà “tosato” e il segnale amplificato risulterà distorto.

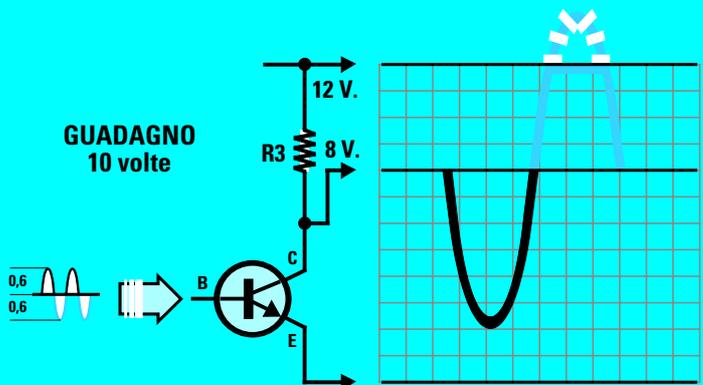


Fig.434 Se sul Collettore del transistor fosse presente una tensione di 8 volt anzichè di 6 volt, amplificando di 10 volte una sinusoide di 0,6+0,6 volt, verrebbe “tosata” la sola semionda superiore che supera i 12 volt di alimentazione.

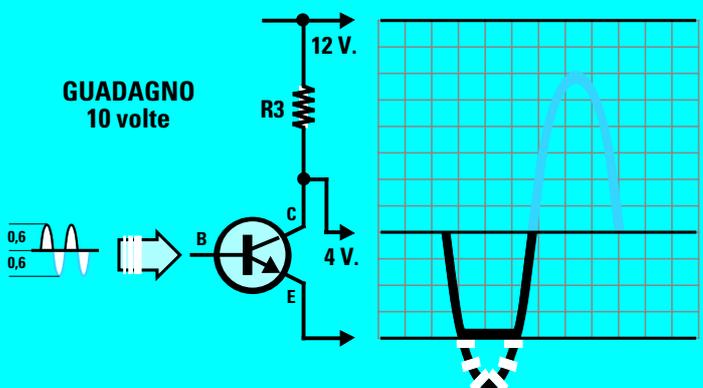


Fig.435 Se sul Collettore del transistor fosse presente una tensione di 4 volt anzichè di 6 volt, amplificando di 10 volte una sinusoide di 0,6+0,6 volt, verrebbe “tosata” la semionda inferiore che non potrà mai scendere sotto agli 0 volt.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

Amnesso che sul **Collettore** risulti presente una tensione di **4 volt** anziché di **6 volt** (vedi fig.435), come già vi abbiamo spiegato con l'esempio della **leva** la semionda **negativa** non potrà scendere sotto agli **0 volt**, quindi la sua estremità verrà **tosata** di **2 volt** circa.

A causa delle **tolleranze** delle **resistenze**, **difficilmente** si riesce ad ottenere tra i due terminali **Collettore - Emittitore** una tensione pari alla **metà** di quella di alimentazione.

Per evitare che le due estremità della **sinusoide** vengano **tosate** generando una **distorsione** si può utilizzare una di queste soluzioni:

**1°** – Si applicano sulla **Base** dei segnali la cui ampiezza risulti **minore** rispetto al **massimo** accettabile.

Quindi anziché applicare sull'ingresso un segnale di **1,2 volt picco/picco** potremo applicare dei segnali di **0,8 volt picco/picco** (vedi fig.436).

Amplificando questo segnale di **10 volte** dal **Collettore** preleveremo due **semionde** che potranno raggiungere un'ampiezza **massima** di:

**0,4 volt x 10 = 4 volt positivi**  
**0,4 volt x 10 = 4 volt negativi**

Quindi anche se la tensione sul Collettore risulta di **8 volt** oppure di **4 volt** la nostra **sinusoide** non verrà mai **tosata** (vedi figg.437-438).

**2°** – Se il segnale da applicare sulla **Base** non può **scendere** sotto il valore di **1,2 volt picco/picco** (vi ricordiamo che un segnale indicato **volt picco/picco** è sempre composto da una semionda **positiva** ed una **negativa** pari alla **metà** dei volt **massimi**) è sufficiente ridurre il **guadagno** del transistor portandolo da **10 volte** a sole **6 volte**.

Con un **guadagno** di **6 volte**, sul **Collettore** del transistor si preleverà un segnale **amplificato** che potrà raggiungere un massimo di:

**0,6 volt x 6 = 3,6 volt negativi**  
**0,6 volt x 6 = 3,6 volt positivi**

Quindi anche se la tensione sul **Collettore** risultasse di **8 volt** la nostra **sinusoide** non verrebbe mai **tosata**, perché la semionda **negativa** scenderebbe a:

**8 – 3,6 = 4,4 volt**

e la **positiva** salirebbe a:

**8 + 3,6 = 11,6 volt**

quindi rimarrebbe sempre all'interno del tracciato.

Lo stesso dicasi se la tensione sul **Collettore** risultasse di **4 volt** perché la semionda **negativa** scenderebbe a:

**4 – 3,6 = 0,4 volt**

e la **positiva** salirebbe a:

**4 + 3,6 = 7,6 volt**

Anche in questo caso rimarrebbe sempre all'interno del tracciato.

**3°** – Come terza soluzione si può **umentare** il valore della tensione di alimentazione portandola da **12 volt** a **15 volt**.

Quindi anche se **amplifichiamo** di **10 volte** un segnale che raggiunge un'ampiezza massima di **1,2 volt picco/picco** non supereremo mai il valore della tensione di alimentazione, infatti:

**1,2 x 10 = 12 volt**

Con una tensione di alimentazione di **15 volt** non ci dovremmo più preoccupare se sul **Collettore** non fosse presente **metà** tensione di alimentazione, vale a dire **7,5 volt**, perché se fossero presenti **8 volt** o **6 volt** non correremmo mai il rischio di **tosare** le estremità delle due semionde.

## La TENSIONE sul COLLETTORE

Per ottenere sul **Collettore** una tensione che si avvicini il più possibile alla **metà** di quella di alimentazione dobbiamo applicare sui tre terminali **Collettore - Base - Emittitore** delle resistenze di valore appropriato.

Prima di insegnarvi come calcolare queste resistenze dobbiamo ricordarvi che la **metà** della tensione di alimentazione di un **transistor** va sempre misurata tra i due terminali **Collettore - Emittitore** (vedi figg.424-425) e non tra il **Collettore** e la **massa** come spesso molti fanno.

Se misurassimo questa tensione tra il **Collettore** e la **massa** commetteremmo un grossolano **errore** perché non terremmo conto della **caduta** di **tensione** introdotta dalla resistenza **R4** presente tra l'**Emittitore** e la **massa**.

Quindi il valore di alimentazione di un transistor è

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

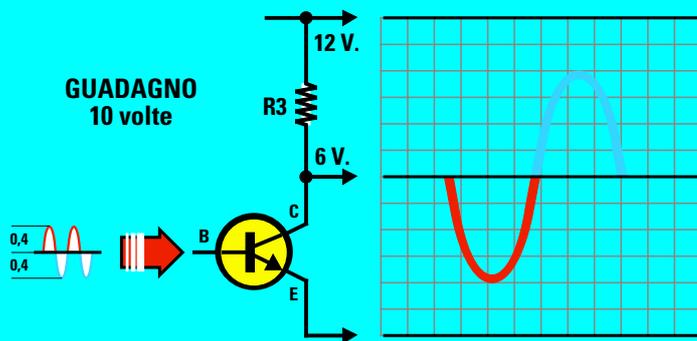


Fig.436 Per evitare che l'onda sinusoidale fuoriesca dal Collettore "tosata" su una delle due estremità, sarà sufficiente applicare sulla Base un segnale minore, ad esempio di 0,4+0,4 volt anzichè di 0,6+0,6 volt come abbiamo riportato in fig.432.

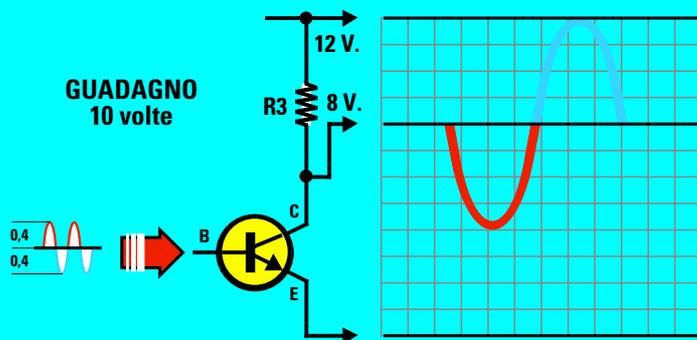


Fig.437 Se sul Collettore del transistor fosse presente una tensione di 8 volt anzichè di 6 volt, amplificando di 10 volte una sinusoide di 0,4+0,4 volt la semionda superiore non verrà tosata perchè non riuscirà a superare i 12 volt di alimentazione.

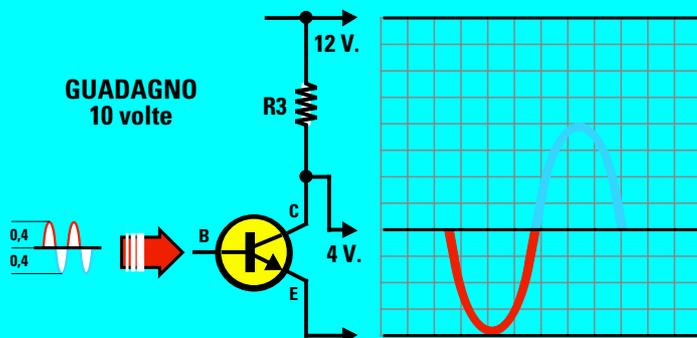


Fig.438 Se sul Collettore del transistor fosse presente una tensione di 4 volt anzichè di 6 volt, amplificando di 10 volte una sinusoide di 0,4+0,4 volt, la semionda inferiore non verrà tosata perchè non riuscirà mai a scendere sotto agli 0 volt.

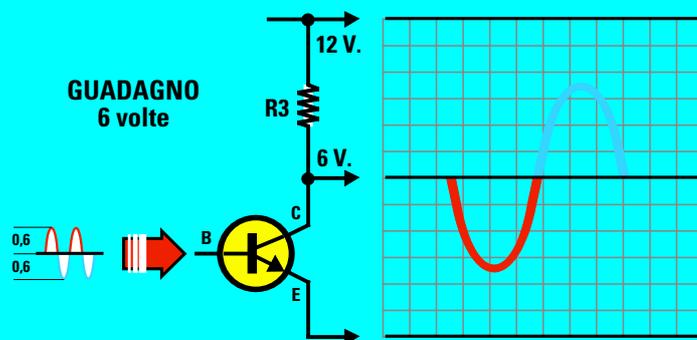


Fig.439 Se l'ampiezza del segnale che applicheremo sulla Base non riesce a scendere sotto agli 0,6+0,6 volt, per non correre il rischio di tosare le estremità delle due semionde dovremo ridurre il Guadagno portandolo da 10 volte a 6 volte.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

quello che risulta presente tra **Collettore** ed **E-mettitore** e di conseguenza è su questo valore che dovremo calcolare **metà** tensione.

Supponiamo di alimentare un transistor con una tensione di **12 volt** e che la resistenza di **Emettitore** siglata **R4** provochi una caduta di tensione di **1,4 volt**.

In queste condizioni il transistor **non** risulterà alimentato, come erroneamente si potrebbe supporre, da una tensione di **12 volt** ma da una di soli:

$$12 - 1,4 = 10,6 \text{ volt}$$

Perciò sul **Collettore** non dovrà risultare presente un valore di tensione di:

$$12 : 2 = 6 \text{ volt}$$

ma un valore pari alla **metà** di quello presente tra **Emettitore** e **Collettore**, cioè:

$$10,6 : 2 = 5,3 \text{ volt}$$

Ad ogni modo non soffermatevi con troppa pignoleria su questo valore di **metà tensione**, perché **non** riuscireste mai ad ottenerlo, quindi se in un montaggio qualsiasi rileverete una differenza di qualche **volt** in più o in meno **non** preoccupatevi. In fase di progettazione si tiene sempre conto di queste differenze di tensione che possono verificarsi per colpa delle **tolleranze** delle **resistenze** ed anche dello stesso **transistor**.

Sarebbe anche **inutile** correggerla perché se un domani doveste sostituire il **transistor** con un altro della stessa Casa Costruttrice e con la **stessa** sigla, vi ritrovereste sempre con un diverso valore di tensione.

### Le CARATTERISTICHE di un TRANSISTOR

Anche se le **caratteristiche** di un transistor sono reperibili su quasi tutti i **manuali**, ad un principiante questi dati **non** servono a molto.

Tanto per portare un esempio prendiamo un **ipotetico** transistor ed andiamo a leggere le sue caratteristiche:

**VCB = 45 volt max**  
**VCE = 30 volt max**  
**VEB = 6 volt max**  
**IC = 100 mA max**  
**Ptot = 300 milliwatt**  
**Hfe = 100 - 200**  
**Ft = 50 MHz**

**VCB** – indica che questo transistor può accettare tra il **Collettore** e la **Base** una tensione massima di **45 volt**.

**VCE** – indica che la **massima** tensione che possiamo leggere tra i due terminali **Collettore** ed **E-mettitore** non dovrà mai raggiungere i **30 volt**. Questo dato ci è utile per sapere qual è il valore **massimo** di tensione a cui possiamo alimentare questo transistor.

Un transistor che ha una **VCE** di **30 volt** può essere utilizzato in tutti quei circuiti che vengono alimentati con tensioni di **28 - 24 - 18 - 20 - 12 - 9 - 4,5 volt**, ma non in circuiti che vengono alimentati con tensioni di **30 volt** o maggiori.

**VEB** – indica il valore della **massima** tensione **inversa** che è possibile applicare tra il terminale **Base** e l'**Emettitore**.

Ammetto che l'**Emettitore** risulti collegato a **massa**, l'ampiezza **totale** del segnale **alternato** che possiamo applicare sulla **Base** non potrà mai superare il **doppio** della tensione **VEB**.

Nel nostro esempio, con una **VEB** di **6 volt** potremo applicare sulla **Base** una tensione alternata che non superi mai i:

$$6 + 6 = 12 \text{ volt picco/picco}$$

**Nota:** la **VEB**, che è una tensione **inversa**, non va confusa con la tensione **diretta** indicata con la sigla **VBE** che per ogni transistor risulta fissa su un valore compreso tra **0,6** e **0,7 volt**.

**IC** – indica la corrente **massima** che possiamo far scorrere sul **Collettore** per **brevissimi** istanti, quindi questa corrente non può essere mai considerata come **normale corrente** di lavoro.

**Ptot** – indica la **potenza** massima che il transistor può dissipare ad una temperatura di **25 gradi**. All'atto pratico questa potenza si **riduce** notevolmente perché quando il transistor lavora, la **temperatura** del suo corpo **aumenta** considerevolmente, specie nei transistor di **potenza**.

**Hfe** – indica il rapporto che esiste tra la **corrente** di **Collettore** e quella di **Base**.

Dato che questo valore è quasi identico al **Beta** (amplificazione di un segnale nella configurazione ad **Emettitore comune**) viene anche chiamato **guadagno**.

Il valore **100-200** riportato nel nostro esempio sta ad indicare che, a causa delle **tolleranze**, questo transistor è in grado di amplificare un segnale non **meno di 100 volte** e non **più di 200 volte**.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

Non c'è quindi da stupirsi se in possesso di **tre identici** transistor, uno amplifica **105 volte**, uno **160 volte** ed un altro **195 volte**.

**Ft** – significa **frequenza di taglio** ed indica il valore di frequenza **massima** che il transistor riesce ad amplificare.

Il transistor preso in esame riesce ad amplificare qualsiasi frequenza fino ad un massimo di **50 Megahertz** circa, ma non frequenze maggiori.

## SIGNIFICATO delle SIGLE

Nelle formule che vi riportiamo per calcolare il valore delle quattro resistenze **R1 - R2 - R3 - R4** troverete delle **sigle** delle quali diamo di seguito il significato:

**Vcc** = valore della tensione di **alimentazione**.

**Vce** = valore della **tensione** presente tra i due terminali **Collettore - Emittitore**.

Questo valore nella maggioranza dei casi corrisponde a **Vcc : 2**.

**Vbe** = valore che per **tutti** i tipi di transistor si aggira sui **0,6 - 0,7 volt**. Nei calcoli si utilizza il valore **medio** cioè **0,65 volt**.

**Vb** = valore della **tensione** presente tra il terminale di **Base** e la **massa**. Questo valore corrisponde alla tensione presente ai capi della resistenza **R4**.

**VR4** = valore dei **volt** presenti ai capi della resistenza **R4** collegata tra l'**Emittitore** e la **massa**.

**R1** = valore della resistenza che occorre applicare tra la **Base** ed il **positivo** di alimentazione.

**R2** = valore della resistenza che occorre applicare tra la **Base** e la **massa**.

**R3** = valore della resistenza che occorre applicare tra il terminale **Collettore** e la tensione **positiva** di alimentazione.

**R4** = valore della resistenza che occorre applicare tra l'**Emittitore** e la **massa**.

**ib** = valore della **corrente** di **Base** in **mA**.

**ie** = valore della **corrente** di **Emittitore** in **mA**.

**ic** = valore della **corrente** di **Collettore** in **mA**.

**Hfe** = è il rapporto che esiste tra la **corrente** di **Collettore** e la **corrente** di **Base**.

Applicando sulla **Base** una determinata corrente, sul **Collettore** otterremo una corrente **maggiore** che risulterà pari alla corrente di **Base** moltiplicata per il valore dell'**Hfe**.

In pratica questo aumento corrisponde al **guadagno statico** di **corrente** del transistor.

Se non riuscite a reperire il valore **Hfe** in nessun **manuale**, lo potrete ricavare realizzando il semplice **provatransistor** che vi presentiamo in questa Lezione.

**Gain** = indica di quante **volte** viene **amplificato** il segnale applicato sulla **Base**.

## CALCOLO delle resistenze in uno stadio PREAMPLIFICATORE BF

Per calcolare il valore delle **quattro** resistenze **R1 - R2 - R3 - R4** di uno stadio **preamplificatore** in configurazione **Common Emitter** (vedi fig.441) dobbiamo necessariamente conoscere questi tre parametri:

- il valore **Vcc** della tensione di **alimentazione**,
- il valore **Hfe** del transistor,
- il **Guadagno**, cioè sapere di quante volte desideriamo **amplificare** il segnale.

AmMESSO di avere a disposizione questi dati:

tensione di alimentazione	= 12 volt
valore medio della Hfe	= 110
guadagno richiesto	= 10 volte

se ricercherete in un qualsiasi testo che insegni a **calcolare** i valori delle resistenze necessarie a polarizzare correttamente questo o altri transistor, vi troverete subito in difficoltà perché avrete a disposizione solo delle **complesse** formule matematiche e pochi esempi pratici.

Il metodo che vi insegnamo, anche se **elementare**, vi permetterà di ricavare tutti i valori richiesti per le resistenze **R1 - R2 - R3 - R4**.

Non fate mai l'**errore** che tutti commettono di calcolare il valore delle resistenze in modo da far **guadagnare** il transistor per il suo **massimo**.

In pratica per avere la certezza che il segnale **amplificato** che preleveremo dal suo **Collettore** non venga mai **tosato** (vedi figg.432), conviene sempre lavorare con **guadagni** molto **bassi**, ad esempio **5 - 10 - 20 volte**, poi se l'amplificazione risulta **insufficiente** è sempre consigliabile utilizzare un secondo **stadio preamplificatore**.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

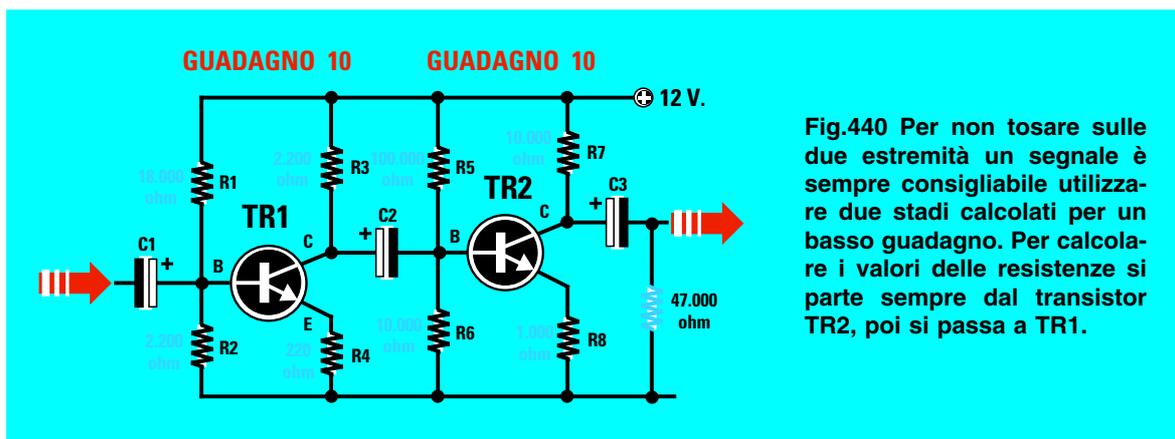


Fig.440 Per non tosare sulle due estremità un segnale è sempre consigliabile utilizzare due stadi calcolati per un basso guadagno. Per calcolare i valori delle resistenze si parte sempre dal transistor TR2, poi si passa a TR1.

Volendo ad esempio amplificare un segnale di **100 volte** conviene sempre utilizzare **due** stadi (vedi fig.440) e calcolare le loro resistenze di polarizzazione in modo da ottenere un **guadagno** per ogni stadio di circa **10 volte**.

In questo modo si ottiene un guadagno **totale** di:

$$10 \times 10 = 100 \text{ volte}$$

Si potrebbe anche calcolare il primo stadio **TR1** per un guadagno di **20 volte** ed il secondo stadio **TR2** per un guadagno di **5 volte**, ottenendo così un guadagno **totale** di:

$$20 \times 5 = 100 \text{ volte}$$

Quindi per ottenere delle **elevate** amplificazioni è sempre consigliabile usare **più stadi** amplificatori per evitare tutti i rischi in cui si incorrerebbe amplificando per il suo **massimo** un **solo transistor**.

Limitando il **guadagno** di un transistor si ottengono tutti questi vantaggi:

- Si evita la **distorsione**. Se amplifichiamo un segnale con un solo transistor in modo esagerato, i picchi delle **semionde positive** e **negative** verranno quasi sempre **tosati** quindi il nostro segnale **sinusoidale** si trasformerà in un'onda **quadra** generando una notevole **distorsione**.

- Si riduce il **fruscio**. Più un transistor amplifica più aumenta il **fruscio** prodotto dagli **elettroni** in movimento e ascoltare della **musica** con del **fruscio** non è gradevole.

- Si evitano **autooscillazioni**. Facendo amplificare un transistor per la sua **massima amplificazione** questo può facilmente **autooscillare** generando così delle frequenze ultrasoniche, cioè non **udibili**, che farebbero **surriscaldare** il transistor al punto da **distruggerlo**.

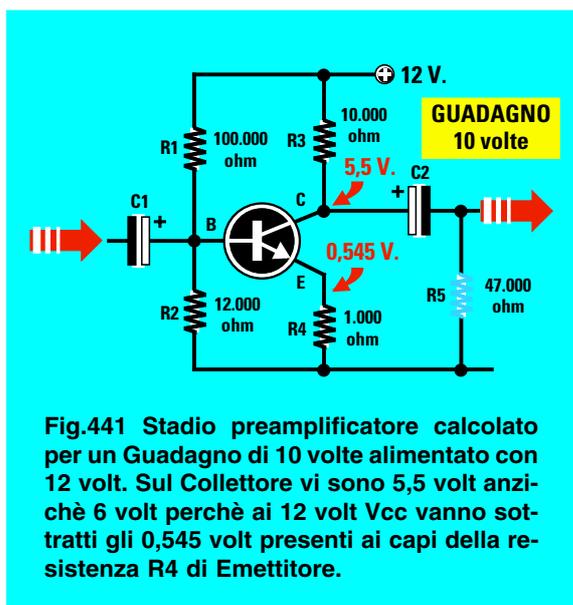


Fig.441 Stadio preamplificatore calcolato per un Guadagno di 10 volte alimentato con 12 volt. Sul Collettore vi sono 5,5 volt anziché 6 volt perchè ai 12 volt Vcc vanno sottratti gli 0,545 volt presenti ai capi della resistenza R4 di Emittitore.

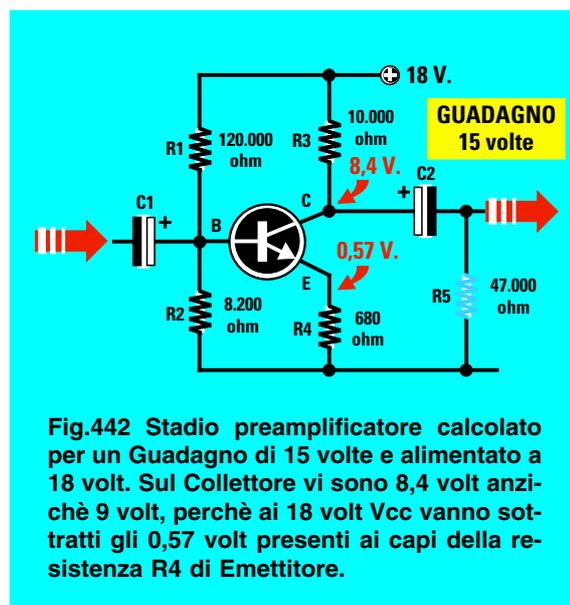


Fig.442 Stadio preamplificatore calcolato per un Guadagno di 15 volte e alimentato a 18 volt. Sul Collettore vi sono 8,4 volt anziché 9 volt, perchè ai 18 volt Vcc vanno sottratti gli 0,57 volt presenti ai capi della resistenza R4 di Emittitore.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

– Si evita che il **corpo** del transistor si **surriscaldi**. In pratica, più **aumenta** la **temperatura** del suo corpo, più **aumenta** automaticamente la **corrente** di **Collettore** e quando questa corrente **aumenta** proporzionalmente **aumenta** anche la **temperatura**. In queste condizioni s'innesca un fenomeno di **reazione incontrollata** chiamato **effetto valanga** che porta il transistor alla **distruzione**.

Per ridurre questo rischio sul corpo dei **soliti** transistor **finali** di **potenza** si applica un'**aletta** di **raffreddamento** per dissipare il più **velocemente** possibile il **calore** del loro corpo.

– Non si riduce la **banda passante**. Infatti più risulta elevato il **guadagno** più si restringe la **banda passante**. Questo significa che in un preamplificatore **BF Hi-Fi** se facciamo amplificare il transistor non più di **20 - 30 volte** noi riusciamo ad amplificare tutta la gamma delle **frequenze acustiche** partendo da un **minimo** di **25 hertz** circa fino ad arrivare ad un **massimo** di **50.000 hertz**.

Al contrario se lo facciamo guadagnare **100 volte** o più, non riuscirà più ad amplificare per il suo massimo tutte le frequenze delle note **Acute** superiori a **10.000 hertz**.

Dopo questa premessa possiamo proseguire spiegandovi quali operazioni occorre effettuare per ricavare il valore delle resistenze **R1 - R2 - R3 - R4** per uno stadio preamplificatore **BF** che utilizza un solo transistor (vedi fig.441).

#### CALCOLARE il valore di R3

Per ricavare il valore da assegnare alla resistenza **R3**, da collegare sul **Collettore**, dobbiamo anzitutto conoscere il valore **ohmico** della resistenza di **carico** sulla quale verrà applicato il segnale amplificato.

Nell'esempio raffigurato in fig.441 il **carico** è costituito dal valore della resistenza **R5** collegata, dopo il condensatore elettrolitico **C2**, tra il **Collettore** e la **massa**.

In pratica il valore ohmico della resistenza **R3** deve sempre risultare **inferiore** al valore della resistenza **R5**. A tal proposito c'è chi consiglia di scegliere un valore **minore** di **6 - 7 - 8 volte**, ma all'atto pratico si può utilizzare un valore **minore** di **5 volte** ed anche meno.

Ammessi che il valore della resistenza **R5** sia di **47.000 ohm**, per ricavare il valore della resistenza **R3** dovremo eseguire questa semplice divisione:

$$\text{ohm } R3 = R5 : 5$$

$$47.000 : 5 = 9.400 \text{ ohm}$$

Poiché questo valore non è **standard** utilizziamo il valore commerciale più prossimo, che nel nostro caso è **10.000 ohm**.

#### CALCOLARE il valore di R4

Scelto il valore della resistenza **R3** sui **10.000 ohm** possiamo eseguire la seconda operazione che ci permette di ricavare il valore ohmico della resistenza **R4** utilizzando la formula:

$$R4 = R3 : \text{Guadagno}$$

Poiché, come abbiamo già spiegato, non conviene mai scegliere dei **guadagni** superiori a **10 - 20 volte**, noi sceglieremo il **minimo** cioè **10 volte**.

Avendo scelto per **R3** un valore di **10.000 ohm**, la resistenza **R4** deve avere un valore ohmico di:

$$10.000 : 10 = 1.000 \text{ ohm}$$

#### CALCOLARE la IC (corrente Collettore)

Come terza operazione dovremo calcolare il valore della **corrente** che scorre nel **Collettore** usando la formula:

$$Ic \text{ mA} = [(Vcc : 2) : (R3 + R4)] \times 1.000$$

**Nota:** il numero **1.000** che troviamo alla fine di questa formula non è il valore di **R4**, ma un moltiplicatore che ci consente di ottenere un valore di corrente espresso in **milliamper**.

Inserendo i nostri dati nella formula otteniamo:

$$[(12 : 2) : (10.000 + 1.000)] \times 1.000 = 0,545 \text{ mA}$$

Quindi nel **Collettore** scorre una corrente **Ic** di **0,545 milliamper**.

#### CALCOLARE il valore di VR4

Proseguendo nei nostri calcoli dobbiamo ora calcolare il valore dei **volt** presenti ai capi della resistenza **R4**, collegata tra l'**Emettitore** e la **massa**, utilizzando la formula:

$$\text{Volt su } R4 = (Ic \times R4) : 1.000$$

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

Eseguendo la nostra operazione otteniamo:

$$(0,545 \times 1.000) : 1.000 = 0,545 \text{ volt}$$

### CALCOLARE il valore di R2

Il valore della resistenza **R2** è legato al valore della resistenza **R4** ed al valore **Hfe medio** del transistor che vogliamo polarizzare.

La formula da utilizzare per ricavare il valore della resistenza **R2** è la seguente:

$$R2 = (Hfe \text{ medio} \times R4) : 10$$

Inserendo nella formula i dati che già conosciamo otteniamo:

$$(110 \times 1.000) : 10 = 11.000 \text{ ohm}$$

Poiché questo valore non è **standard** dobbiamo ricercare il valore più prossimo che nel nostro caso potrebbe essere **10.000** o **12.000 ohm**.

Nel nostro esempio scegliamo per la **R2** il valore più alto cioè **12.000 ohm**.

### CALCOLARE il valore di R1

Trovato il valore della resistenza **R2** possiamo ricavare il valore della resistenza **R1** usando questa formula:

$$R1 = [(Vcc \times R2) : (Vbe + VR4)] - R2$$

I dati da inserire in questa formula li conosciamo già, infatti:

$$\begin{aligned} Vcc &= 12 \text{ volt} \\ R2 &= 12.000 \text{ ohm} \\ Vbe &= 0,65 \text{ volt} \\ VR4 &= 0,545 \text{ volt} \end{aligned}$$

**Nota:** poiché la **Vbe** di un transistor potrebbe risultare di **0,7 volt** oppure di **0,6 volt** conviene sempre scegliere il valore **medio** pari a **0,65 volt**.

Inserendo i dati nella formula otteniamo:

$$[(12 \times 12.000) : (0,65 + 0,545)] - 12.000$$

Come prima operazione eseguiamo la moltiplicazione:

$$12 \times 12.000 = 144.000$$

poi sommiamo la **Vbe** con la **VR4**:

$$0,65 + 0,545 = 1,195$$

Proseguendo **dividiamo** il primo risultato per il secondo:

$$144.000 : 1,195 = 120.500$$

A questo numero sottraiamo il valore di **R2**:

$$120.000 - 12.000 = 108.000 \text{ ohm}$$

Poiché questo valore non è **standard** possiamo utilizzare per **R1** il valore commerciale più prossimo che ovviamente è **100.000 ohm**.

Se ricordate quando abbiamo calcolato il valore di **R2** potevamo scegliere tra due valori **standard** cioè **10.000** oppure **12.000 ohm** e noi abbiamo scelto il secondo valore.

Possiamo ora controllare, sempre con la formula sopra riportata, quale valore avremmo dovuto scegliere per la resistenza **R1** se avessimo scelto per **R2** un valore di **10.000 ohm**.

$$R1 = [(12 \times 10.000) : (0,65 + 0,545)] - 10.000$$

$$[(120.000) : (1,195)] - 10.000 = 90.418 \text{ ohm}$$

poiché questo valore non è **standard** dobbiamo necessariamente scegliere il valore commerciale più prossimo, che potrebbe essere **82.000 ohm** oppure **100.000 ohm**.

### CALCOLARE il Guadagno

Poiché in questi calcoli abbiamo arrotondato diversi valori di resistenze vogliamo conoscere di quante volte questo transistor **amplificherà** il segnale applicato sulla sua **Base**.

Per conoscere il **guadagno** possiamo usare questa semplice formula:

$$\text{Guadagno} = R3 : R4$$

Poiché abbiamo scelto per la resistenza **R3** di Collettore un valore di **10.000 ohm** e per la resistenza **R4** di Elettore un valore di **1.000 ohm** il transistor **amplificherà** di:

$$10.000 : 1.000 = 10 \text{ volte}$$

Se anziché usare per la resistenza **R4** un valore di **1.000 ohm** avessimo usato un valore di **820 ohm** il transistor avrebbe **amplificato** il segnale di:

$$10.000 : 820 = 12,19 \text{ volte}$$

Se avessimo invece usato un valore di **1.200 ohm**

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

il transistor avrebbe **amplificato** di:

$$10.000 : 1.200 = 8,33 \text{ volte}$$

Con questo esempio vi abbiamo dimostrato che in uno **stadio amplificatore** è sufficiente **variare** il valore della resistenza **R4** per aumentare o ridurre il suo **guadagno**.

**Nota:** la formula **R3 : R4** è valida solo se **non risulta** inserito in parallelo alla **R4** nessun **condensatore** elettrolitico come visibile in fig.447.

#### MASSIMO segnale sulla Base

Conoscendo il **guadagno** ed il valore della tensione di alimentazione **Vcc** possiamo calcolare il **segnale massimo** da applicare sulla **Base** per poter prelevare dal **Collettore** un segnale **non distorto** utilizzando la formula:

$$\text{Volt Base} = (V_{cc} \times 0,8) : \text{guadagno}$$

Con un guadagno di **10 volte** noi potremo applicare sulla **Base** un segnale la cui **ampiezza** non dovrà mai superare il valore di:

$$(12 \times 0,8) : 10 = 0,96 \text{ volt picco/picco}$$

Con un guadagno di **12,19 volte** potremo applicare sulla **Base** un segnale la cui **ampiezza** non dovrà mai superare il valore di:

$$(12 \times 0,8) : 12,19 = 0,78 \text{ volt picco/picco}$$

**Nota:** il fattore di moltiplicazione **0,8** si utilizza per evitare di **tosare** il segnale sulle due estremità nel caso la tensione presente sul **Collettore** risulti leggermente maggiore o minore rispetto al richiesto (vedi figg.434-435) per colpa della **tolleranza** delle resistenze.

#### CALCOLO per un GUADAGNO di 15 volte alimentando il transistor con 18 VOLT

Nell'esempio precedente abbiamo preso in considerazione una tensione di alimentazione **Vcc di 12 volt** ora vorremmo conoscere quali valori utilizzare per le resistenze **R1 - R2 - R3 - R4** se lo stesso transistor venisse alimentato con una tensione di **18 volt** (vedi fig.442) e volessimo **amplificare** un segnale di **15 volte**.

#### CALCOLARE il valore di R3

AmMESSO che la resistenza **R5** di **carico** risulti sempre di **47.000 ohm** potremo scegliere per la re-

sistenza **R3** uno di questi tre valori **8.200 - 10.000 - 12.000 ohm**.

#### CALCOLARE il valore di R4

Scelto per la resistenza **R3** un valore di **10.000 ohm**, possiamo eseguire la seconda operazione per ricavare il valore ohmico della resistenza **R4** utilizzando la formula che già conosciamo, cioè:

$$R4 = R3 : \text{Guadagno}$$

Per ottenere un **guadagno** di **15 volte** la resistenza **R4** deve avere un valore di:

$$10.000 : 15 = 666 \text{ ohm}$$

Sapendo che questo valore non è **standard** utilizziamo quello più prossimo cioè **680 ohm**.

#### CALCOLARE Ic (corrente Collettore)

Come terza operazione calcoliamo il valore della **corrente** che scorre nel **Collettore** usando la formula:

$$I_c \text{ in mA} = [(V_{cc} : 2) : (R3 + R4)] \times 1.000$$

A questo punto possiamo eseguire la nostra operazione per ricavare il valore **Ic**:

$$[(18 : 2) : (10.000 + 680)] \times 1.000 = 0,8426 \text{ mA}$$

Quindi nel **Collettore** di questo transistor scorrerà una corrente di **0,8426 milliamper**.

#### CALCOLARE il valore della VR4

Ora possiamo calcolare il valore della **tensione** che ritroveremo ai capi della resistenza **R4** collegata tra l'**Emettitore** e la **massa**, cioè il valore **VR4**, utilizzando la formula:

$$VR4 = (I_c \times R4) : 1.000$$

Eseguendo la nostra operazione otteniamo:

$$(0,8426 \times 680) : 1.000 = 0,5729 \text{ volt}$$

#### CALCOLARE il valore di R2

Il valore della resistenza **R2** è legato al valore della resistenza **R4** ed al valore **Hfe medio** del transistor che vogliamo correttamente polarizzare.

$$R2 = (H_{fe} \text{ medio} \times R4) : 10$$

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

Utilizzando i dati che già conosciamo otteniamo:

$$(110 \times 680) : 10 = 7.480 \text{ ohm}$$

Poiché questo valore non è **standard** dobbiamo ricercare per **R2** il valore più prossimo che nel nostro caso potrebbe risultare di **6.800 ohm** oppure di **8.200 ohm**.

#### CALCOLARE il valore di R1

AmMESSO di scegliere per **R2** un valore di **8.200 ohm** per ricavare il valore della resistenza **R1** usiamo la formula che già conosciamo, cioè:

$$R1 = [(V_{cc} \times R2) : (V_{be} + VR4)] - R2$$

I dati che dobbiamo inserire in questa formula sono tutti conosciuti, infatti:

$$\begin{aligned} V_{cc} &= 18 \text{ volt} \\ R2 &= 8.200 \text{ ohm} \\ V_{be} &= 0,65 \text{ volt} \\ VR4 &= 0,5729 \text{ volt} \end{aligned}$$

quindi avremo:

$$[18 \times 8.200] : (0,65 + 0,5729) - 8.200$$

Come prima operazione eseguiamo la moltiplicazione:

$$18 \times 8.200 = 147.600$$

Poi sommiamo la **Vbe** con la **VR4**:

$$0,65 + 0,5729 = 1,2229$$

Proseguendo **dividiamo** il primo risultato per il secondo:

$$147.600 : 1,2229 = 120.696$$

A questo numero sottraiamo il valore di **R2**:

$$120.696 - 8.200 = 112.496 \text{ ohm}$$

Poiché questo valore non è **standard** utilizziamo per **R1** il valore commerciale più prossimo che ovviamente è **120.000 ohm**.

#### CALCOLARE il Guadagno

Poiché abbiamo arrotondato i valori di diverse resistenze vogliamo conoscere se questo stadio **amplificherà** di **15 volte** il segnale applicato sulla **Base** utilizzando la formula:

$$\text{Guadagno} = R3 : R4$$

Poiché il valore della resistenza **R3** applicata sul terminale Collettore è di **10.000 ohm** ed il valore della resistenza **R4** applicata sul terminale Emittore è di **680 ohm**, questo stadio **amplificherà** un segnale di:

$$10.000 : 680 = 14,7 \text{ volte}$$

cioè un valore molto prossimo a **15 volte**.

Questo guadagno di **14,7 volte** è comunque **teorico** in quanto non tiene conto della **tolleranza** delle resistenze.

AmMESSO che la resistenza **R3** abbia un valore **reale** di **10.450 ohm** e la **R4** un valore **reale** di **675 ohm** noi otterremo un guadagno di:

$$10.450 : 675 = 15,48 \text{ volte}$$

Se la resistenza **R3** avesse un valore **reale** di **9.600 ohm** e la **R4** un valore **reale** di **689 ohm** otterremo un guadagno di:

$$9.600 : 689 = 13,93 \text{ volte}$$

A causa delle **tolleranze** delle resistenze dobbiamo sempre considerare che il **guadagno calcolato** può variare di un **5%** in **più** o in **meno**.

#### MASSIMO segnale sulla Base

Conoscendo il **guadagno** ed il valore della tensione di alimentazione **Vcc** possiamo conoscere quale **segnale massimo** applicare sulla **Base** in modo da prelevare dal **Collettore** un segnale privo di **distorsione** utilizzando la formula:

$$\text{Volt Base} = (V_{cc} \times 0,8) : \text{guadagno}$$

Con un guadagno di **15 volte** ed una tensione di alimentazione di **18 volt** possiamo applicare sulla **Base** dei segnali la cui **ampiezza** non deve mai superare un valore di:

$$(18 \times 0,8) : 15 = 0,96 \text{ volt picco/picco}$$

#### Se il TRANSISTOR avesse una diversa Hfe?

Nell'esempio di fig.442 abbiamo calcolato i valori delle resistenze **R1 - R2 - R3 - R4** prendendo come esempio una **Hfe media** di **110**, ma ammesso che si sostituisca questo transistor con uno che ab-

Avanti

Indietro

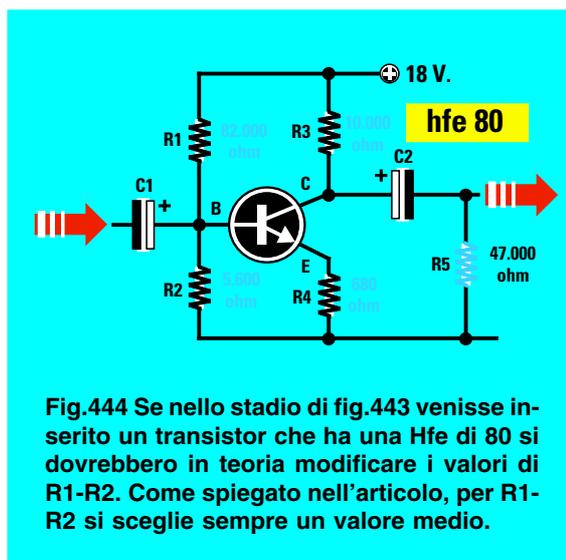
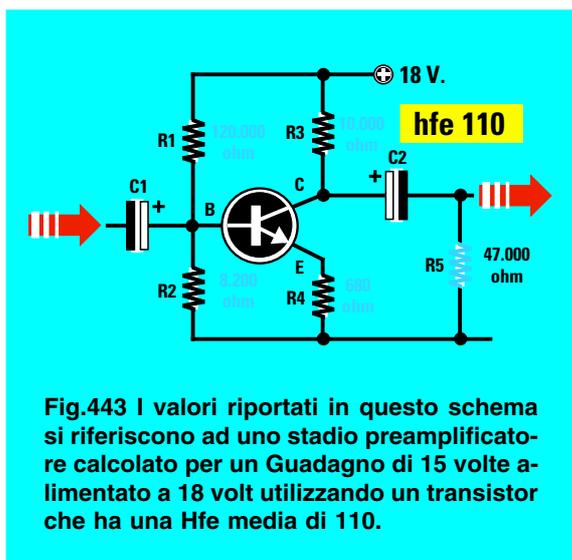
Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci



bia la **stessa sigla**, ma che presenti una **Hfe di 80** quello che potrebbe cambiare nel circuito sarebbero i **sol**i valori delle resistenze **R1 - R2**. Infatti la **Hfe** viene utilizzata solo nelle formule che servono per calcolare la **R2** e la **R1**.

$$R2 = (Hfe \text{ medio} \times R4) : 10$$

$$R1 = [(Vcc \times R2) : (Vbe + VR4)] - R2$$

Se inseriamo in queste formule i valori che già conosciamo otterremo questi dati:

$$(80 \times 680) : 10 = 5.440 \text{ ohm per la } R2$$

poiché questo valore non è **standard** usiamo il valore più prossimo cioè **5.600 ohm**.

$$R1 = [(18 \times 5.600) : (0,65 + 0,5729)] - 5.600$$

Eseguendo prima tutte le operazioni racchiuse nelle parentesi otteniamo:

$$(100.800) : (1,2229) - 5.600 = 76.827 \text{ ohm}$$

Quindi per la resistenza **R1** si dovrebbe usare un valore di **76.827 ohm**, ma poiché non è **standard** dovremo scegliere il valore commerciale più prossimo cioè **82.000 ohm**.

Ora se facciamo un confronto tra un transistor che abbia una **Hfe** di **110** ed uno che abbia una **Hfe** di **80** (vedi figg.443-444) noteremo queste differenze:

Hfe di 110	Hfe di 80	Valore medio
R1 120.000 ohm	82.000 ohm	100.000 ohm
R2 8.200 ohm	5.600 ohm	6.800 ohm

Come potete notare se il transistor ha una **Hfe minore** occorre solo abbassare il valore delle due resistenze **R1 - R2**.

Poiché sarebbe praticamente impossibile variare in un circuito i valori delle resistenze **R1 - R2** ogni volta che si cambia un transistor, in quanto non si sa se quello che si va a sostituire ha una **Hfe** di **60 - 80 - 100 - 110 - 120** e nemmeno si possono controllare una infinità di transistor per riuscire a trovarne uno con la **Hfe** richiesta, per risolvere questo problema si fa una media tra il valore che risulterebbe necessario per una **bassa Hfe** e per una **elevata Hfe**.

Nel nostro esempio per la resistenza **R1** si potrebbe scegliere un valore medio di:

$$(120.000 + 82.000) : 2 = 101.000 \text{ ohm}$$

e poiché questo valore non è **standard** si userà un valore di **100.000 ohm**.

Per la resistenza **R2** si potrebbe scegliere un valore medio pari a:

$$(8.200 + 5.600) : 2 = 6.900 \text{ ohm}$$

e poiché anche questo valore non è **standard** si userà un valore di **6.800 ohm**.

Con questo esempio avrete già compreso perché in molti schemi **identici** che utilizzano lo **stesso** transistor possiamo trovare dei valori notevolmente diversi di resistenze.

L'abilità di un tecnico progettista non è quella di prendere un **solo** transistor e polarizzarlo nel mi-

gliore dei modi, ma calcolare i valori delle resistenze in modo che senza apportare al circuito nessuna modifica si possa inserire un transistor con una diversa Hfe.

### CALCOLO per amplificare segnali d'ampiezza molto elevata (fig.445)

Negli esempi precedenti abbiamo preso in considerazione dei guadagni di **10 - 15 volte** per **preamplificare** dei segnali molto **deboli**, ma ammesso che il segnale da applicare sulla **Base** abbia un'ampiezza di **2 volt picco/picco** dovremo amplificare molto **meno** per evitare di **tosare** le due semionde.

Se usiamo una tensione di alimentazione di **12 volt** possiamo calcolare il **massimo guadagno** che si può raggiungere utilizzando la formula:

$$\text{max Guadagno} = (V_{cc} \times 0,8) : \text{volt segnale}$$

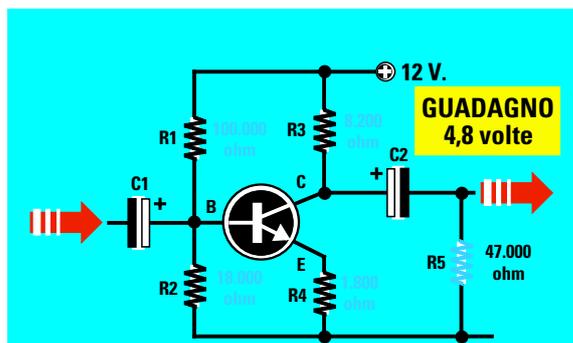
quindi non potremo **amplificare** più di:

$$(12 \times 0,8) : 2 = 4,8 \text{ max Guadagno}$$

Partendo con questi dati:

tensione di alimentazione	12 volt
valore medio della Hfe	110
guadagno da ottenere	4,8

noi dovremo rifare tutti i nostri calcoli per conoscere quali valori utilizzare per **R1 - R2 - R3 - R4**.



**Fig.445** Se dovete amplificare dei segnali che hanno delle ampiezze molto elevate, per evitare di **tosare** le due estremita' delle semionde come visibile in fig.433, dovete ricalcolare tutti i valori delle resistenze **R1-R2-R3-R4** in modo da ridurre il guadagno. Con il valore riportato in questo schema e con una **VCC** di 12 volt si ottiene un guadagno di circa 4,8 volte.

### CALCOLARE il valore di R3

Ammesso di scegliere per **R3** un valore di **8.200 ohm** proseguiamo con i successivi calcoli.

### CALCOLARE il valore di R4

Conoscendo il valore ohmico di **R3** possiamo eseguire la seconda operazione per ricavare il valore ohmico della resistenza **R4** utilizzando la formula:

$$R4 = R3 : \text{Guadagno}$$

Poiché ci occorre un **guadagno** di **4,8 volte** la resistenza **R4** dovrà avere un valore di:

$$8.200 : 4,8 = 1.708 \text{ ohm}$$

Non essendo questo un valore **standard** utilizziamo quello più prossimo cioè **1.800 ohm**.

### CALCOLARE la Ic (corrente Collettore)

Come terza operazione dobbiamo calcolare il valore della **corrente** che scorre nel **Collettore** usando la formula:

$$Ic \text{ in mA} = [(V_{cc} : 2) : (R3 + R4)] \times 1.000$$

A questo punto possiamo eseguire la nostra operazione per ricavare il valore **Ic**:

$$[(12 : 2) : (8.200 + 1.800)] \times 1.000 = 0,6 \text{ mA}$$

Quindi nel **Collettore** di questo transistor scorrerà una corrente di **0,6 milliamper**.

### CALCOLARE il valore della VR4

Possiamo ora calcolare i volt presenti ai capi della resistenza **R4** collegata tra l'**Emettitore** e la **masa**, cioè il valore **VR4**, utilizzando la formula:

$$VR4 = (Ic \times R4) : 1.000$$

eseguendo la nostra operazione otteniamo:

$$(0,6 \times 1.800) : 1.000 = 1,08 \text{ volt}$$

### CALCOLARE il valore di R2

Per calcolare il valore della resistenza **R2** usiamo la solita formula:

$$R2 = (Hfe \text{ medio} \times R4) : 10$$

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

Inserendo i dati che già conosciamo nella formula otteniamo:

$$(110 \times 1.800) : 10 = 19.800 \text{ ohm per la } R2$$

Poiché questo valore non è **standard** dobbiamo ricercare il valore commerciale più prossimo che potrebbe essere **18.000 ohm**.

#### CALCOLARE il valore di R1

Ammessi di scegliere per **R2** il valore di **18.000 ohm** per ricavare il valore della resistenza **R1** usiamo la formula che già conosciamo:

$$R1 = [(V_{cc} \times R2) : (V_{be} + VR4)] - R2$$

I dati da inserire in questa formula li conosciamo già, infatti:

**V<sub>cc</sub>** = 12 volt  
**R2** = 18.000 ohm  
**V<sub>be</sub>** = 0,65 volt  
**VR4** = 1,08 volt

Quindi avremo:

$$[(12 \times 18.000) : (0,65 + 1,08)] - 18.000$$

Come prima operazione eseguiamo la moltiplicazione:

$$12 \times 18.000 = 216.000$$

poi sommiamo la **V<sub>be</sub>** con la **VR4**:

$$0,65 + 1,08 = 1,73$$

proseguendo **dividiamo**:

$$216.000 : 1,73 = 124.855$$

a questo numero sottraiamo il valore di **R2**:

$$124.855 - 18.000 = 106.855 \text{ ohm}$$

Poiché questo valore non è **standard** utilizziamo il valore commerciale più prossimo che ovviamente è **100.000 ohm**.



*Resistenza di Collettore*  $R3 \text{ (ohm)} = R5 : 5$   
*Resistenza di Emittitore*  $R4 \text{ (ohm)} = R3 : \text{Guadagno}$   
*Corrente di Collettore*  $IC \text{ (mA)} = \frac{V_{cc} : 2}{R3 + R4} \times 1.000$   
*Volt ai capi di R4*  $VR4 = (Ic \times R4) : 1.000$   
*Resistenza di base*  $R2 \text{ (ohm)} = (hfe \times R4) : 10$   
*Resistenza di base*  $R1 \text{ (ohm)} = \frac{V_{cc} \times R2}{0,65 + VR4} - R2$   
*Max segnale in ingresso* =  $(V_{cc} \times 0,8) : \text{Guadagno}$   
*Massimo Guadagno* =  $(V_{cc} \times 0,8) : \text{Volt segnale}$

Fig.446 In questa lavagna sono riportate tutte le formule richieste per poter calcolare i valori delle resistenze R1-R2-R3-R4. Per il calcolo della corrente di Collettore IC abbiamo volutamente riportato  $V_{cc} : 2$ , anziché  $V_{ce} : 2$ , perchè le piccole differenze che si ottengono non potranno mai influenzare il risultato finale.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci

## CALCOLARE il Guadagno

Poiché sul Collettore abbiamo una **R3** da **8.200 ohm** e sull'Emettitore una **R4** da **1.800 ohm** questo stadio **amplificherà** un segnale di:

$$8.200 : 1.800 = 4,55 \text{ volte}$$

cioè un valore molto prossimo a **4,8 volte**.

Questo guadagno di **4,55 volte** è comunque **teorico** in quanto non tiene conto della **tolleranza** delle resistenze, quindi sapendo che questo valore può variare di un **5% in più** o in **meno** non è da escludere che questo stadio amplifichi un segnale di **4,32 volte** oppure di **4,78 volte**.

## IL CONDENSATORE sull'EMETTITORE

In molti schemi di stadi preamplificatori è normalmente inserito in **parallelo** alla resistenza **R4** di **Emettitore** un **condensatore elettrolitico** (vedi fig.447) e logicamente vi chiederete a cosa serve.

Questo condensatore applicato in **parallelo** alla **R4** serve per aumentare il **guadagno** di circa **10 volte** rispetto a quello **calcolato**.

Quindi se abbiamo un transistor che in condizioni normali amplifica un segnale di **4,55 volte**, collegando sull'**Emettitore** questo condensatore il segnale verrà **amplificato** di circa:

$$4,55 \times 10 = 45,5 \text{ volte}$$

Questo **condensatore** si usa solo quando occorre amplificare **notevolmente** un segnale utilizzando un **solo** transistor.

Applicando in **serie** a questo **elettrolitico** una **resistenza** (vedi fig.448) noi possiamo **ridurre** il massimo **guadagno** di **10 volte** su valori **inferiori**, ad esempio su valori di **7 - 6 - 5 - 4 - 2 volte**.

Più **alto** è il valore ohmico della resistenza posta in **serie** a questo condensatore, più ridurremo il suo **massimo guadagno**.

Amesso che serva un esatto **guadagno** di **35 volte** la soluzione più semplice per conoscere il valore ohmico da utilizzare è quello di collegare in **serie** all'**elettrolitico** un **trimmer**.

Inserendo un segnale nella **Base** si ruoterà il cursore di questo **trimmer** fino a quando non otterremo l'esatto **guadagno** richiesto.

A questo punto si misurerà il valore **ohmico** del **trimmer** poi lo si sostituirà con una resistenza di identico valore.

Negli stadi preamplificatori in cui il condensatore risulta inserito in **parallelo** alla resistenza **R4**, tutte le resistenze di polarizzazione, cioè **R1 - R2 - R3 - R4**, vengono calcolate per un guadagno massimo di **2 - 3 volte** onde evitare che il segnale amplificato fuoriesca distorto.

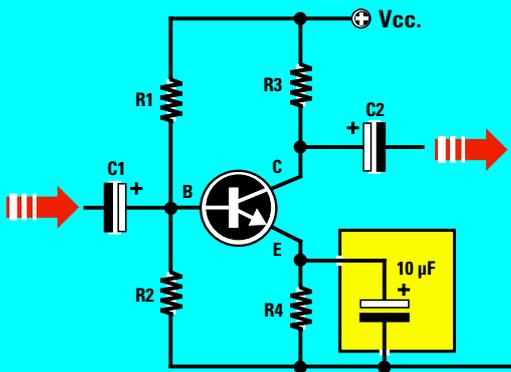


Fig.447 Applicando in parallelo alla resistenza R4 di Emettitore un condensatore elettrolitico da 1 a 22 microfarad riusciremo ad aumentare il Guadagno dello stadio preamplificatore di circa 10 volte rispetto a quanto da noi calcolato.

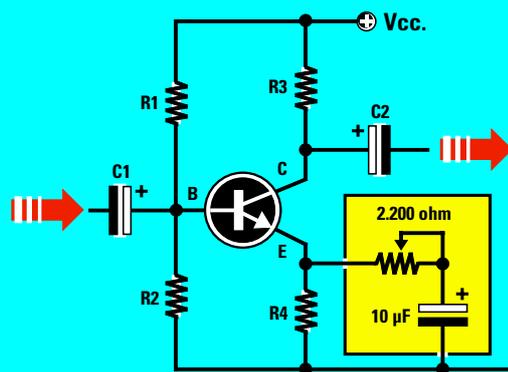


Fig.448 Per evitare che con un eccesso di guadagno il segnale fuoriesca dal suo Collettore tosato (vedi fig.433) è sufficiente collegare in serie al condensatore elettrolitico un trimmer o una resistenza calcolata in modo da ridurre il suo guadagno.

Avanti

Indietro

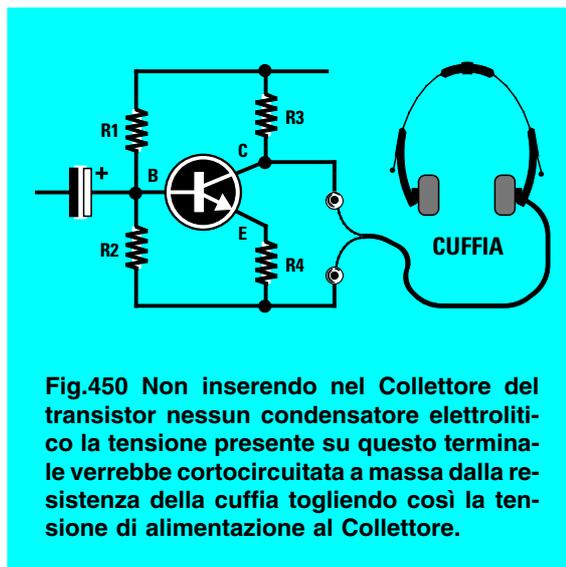
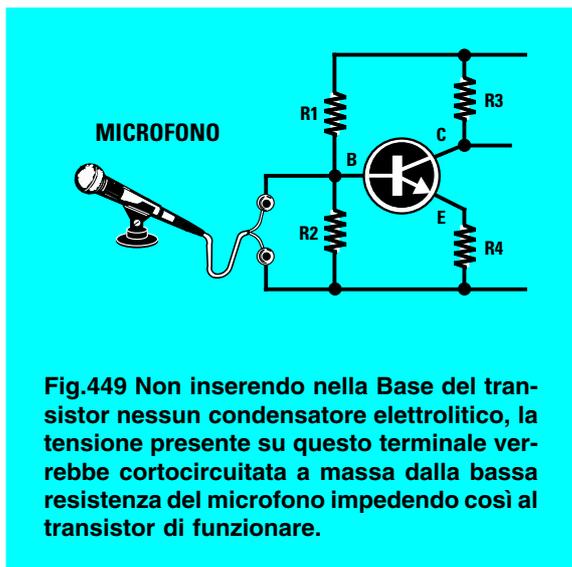
Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci



### IL CONDENSATORE d'ingresso e d'uscita

In tutti gli stadi amplificatori c'è sempre sull'ingresso di **Base** e sull'uscita di **Collettore** un condensatore elettrolitico.

Questi due condensatori vengono posti per lasciar passare il solo **segnale alternato** verso la **Base** o per prelevarlo dal suo **Collettore** così da applicarlo allo stadio successivo senza modificare il valore della **tensione continua** presente su questo terminale perché, come saprete, i condensatori non lasciano passare la **tensione continua**.

Senza questo **condensatore** se applicassimo sulla **Base** un **microfono** che abbia una resistenza di **600 ohm** (vedi fig.449) questo valore posto in parallelo alla resistenza **R2** andrebbe a modificare il valore della tensione presente sulla **Base**.

Se applicassimo direttamente tra il **Collettore** e la **massa** una **cuffia** con una resistenza di **32 ohm** (vedi fig.450) tutta la tensione **positiva** presente sul Collettore verrebbe **cortocircuitata** verso **massa** dalla **bassa** resistenza della cuffia.

### MASSIMO segnale sulla Base

Conoscendo il **guadagno** e il valore della tensione di alimentazione  $V_{cc}$ , potremo conoscere il **segnale massimo** applicabile sulla **Base** in modo da prelevare dal suo **Collettore** un segnale privo di **distorsione**, utilizzando la formula:

$$\text{Volt Base} = (V_{cc} \times 0,8) : \text{guadagno}$$

Con un guadagno di **4,8 volte** e una tensione di a-

limentazione di **12 volt** (vedi fig.445) potremo applicare sulla Base dei segnali la cui **ampiezza** non dovrà mai superare un valore di:

$$(12 \times 0,8) : 4,8 = 2 \text{ volt picco/picco}$$

Se il segnale da applicare sulla **Base** avesse un'ampiezza maggiore di **2 volt**, potremo risolvere il problema aumentando il valore della resistenza **R4**, portandola dagli attuali **1.800 ohm** ad un valore superiore, cioè sui **2.200 ohm**.

In questo modo, il **guadagno** del transistor scenderà sul valore di:

$$8.200 : 2.200 = 3,72 \text{ volte}$$

quindi sulla Base potremo applicare un segnale che potrà raggiungere un valore anche di:

$$(12 \times 0,8) : 3,72 = 2,58 \text{ volt picco/picco}$$

### LE 3 CLASSICHE CONFIGURAZIONI

Tutti penseranno che il segnale da **amplificare** si debba necessariamente applicare sul terminale di **Base** e prelevare dal terminale **Collettore**.

Come ora vedrete, il segnale amplificato si può anche applicare sull'**Emettitore** e prelevare dal suo **Collettore**, oppure applicare sulla **Base** e prelevare dal suo **Emettitore**.

Questi tre diversi modi di utilizzare un transistor come stadio amplificatore vengono chiamati:

#### Common Emitter o Emittitore comune

In questa configurazione il segnale da amplificare si applica sulla **Base** ed il segnale **amplificato** si

- Avanti
- Indietro
- Zoom
- Zoom
- Indice
- Sommario
- Esci

preleva dal **Collettore** (vedi fig.451).

Nel **Common Emitter** una piccola variazione di **corrente** sulla **Base** determina un'ampia variazione della **corrente di Collettore**.

Il segnale amplificato che si preleva dal **Collettore** risulta **sfasato di 180 gradi** rispetto a quello applicato sulla **Base** vale a dire che la **semionda positiva** si trasforma in **negativa** e la **semionda negativa** in **positiva**.

#### Common Collector o Collettore comune

In questa configurazione (vedi fig.452) il segnale da amplificare si applica sulla **Base** ma si preleva dall' **Emettitore** anzichè dal Collettore.

Poiché questa configurazione **non amplifica** viene normalmente utilizzata come stadio **separatore** per convertire un segnale ad **alta impedenza** in un segnale a **bassa impedenza**.

Il segnale che si preleva dal suo **Emettitore** non risulta sfasato, vale a dire che la **semionda positiva** applicata sulla **Base** rimane **positiva** sull'uscita dell'**Emettitore** e la **semionda negativa** applicata sulla **Base** rimane **negativa** sull'**Emettitore**.

#### Common Base o Base Comune (vedi fig.453)

In questa configurazione il segnale da amplificare si applica sul terminale **Emettitore** ed il segnale **amplificato** si preleva dal **Collettore**.

Nel **Common Base** una piccola variazione di **corrente** sull'**Emettitore** determina una **media** variazione di **corrente** sul **Collettore**.

Il segnale che si preleva dal **Collettore** non risulta sfasato, vale a dire che la **semionda positiva** e la **semionda negativa** che entrano nell'**Emettitore** si prelevano nuovamente **positiva** e **negativa** sul terminale **Collettore**.

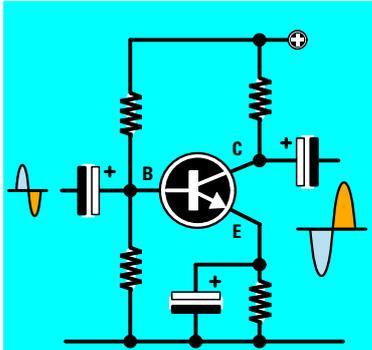


Fig.451 Common Emitter.

Il segnale viene applicato sulla **Base** e prelevato dal terminale **Collettore**.

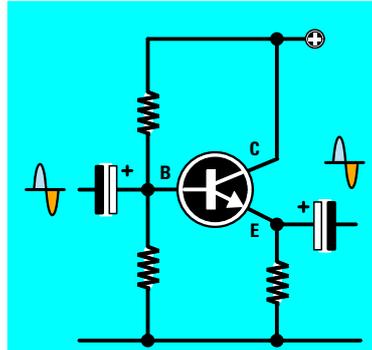


Fig.452 Common Collector.

Il segnale viene applicato sulla **Base** e prelevato dal terminale **Emettitore**.

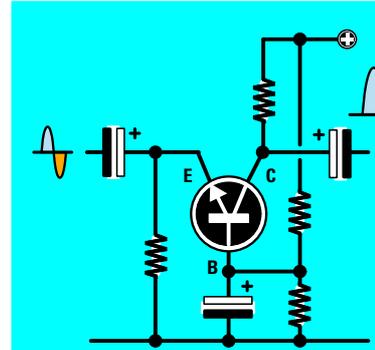


Fig.453 Common Base.

Il segnale viene applicato sull'**Emettitore** e prelevato dal terminale **Collettore**.

	Common Emitter	Common Collector	Common Base
Guadagno in tensione	medio	nullo	elevato
Guadagno in corrente	medio	medio	nullo
Guadagno in potenza	alto	basso	medio
Impedenza d'ingresso	media	elevata	bassa
Impedenza d'uscita	elevata	bassa	elevata
Inversione di fase	SI	NO	NO

In questa Tabella sono indicate le differenze che si ottengono nelle tre diverse configurazioni.

Avanti

Indietro

Zoom

Zoom

Indice

Sommario

Esci