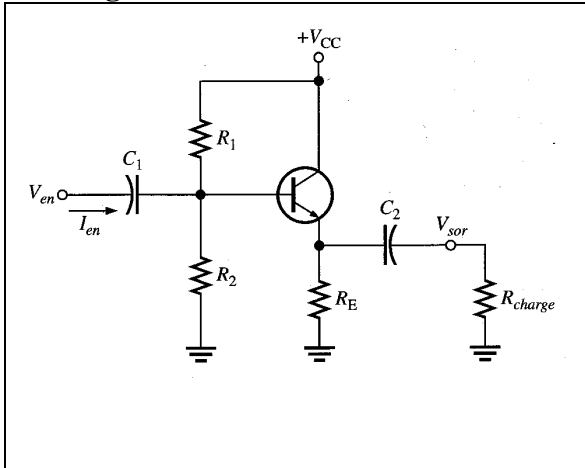


# La page de l'aide mémoire - (ON5HQ)

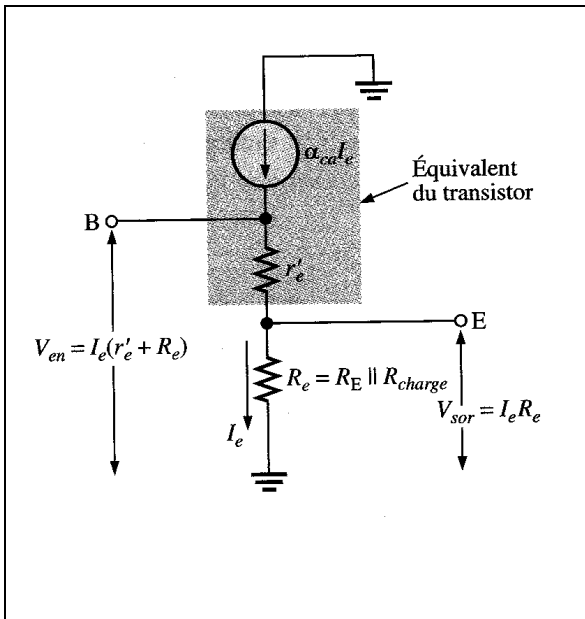
## Montage collecteur commun.



L'amplificateur à collecteur commun est habituellement appelé amplificateur à émetteur-suiveur. L'entrée est appliquée à la base à travers un condensateur de couplage et la sortie est recueillie à l'émetteur. Le gain en tension d'un amplificateur à collecteur commun est approximativement égal à 1. Ses principaux avantages sont une résistance d'entrée élevée et son gain en courant élevé.

Un circuit à émetteur-suiveur polarisé par diviseur de tension est illustré à la figure 6-29. Notez que l'entrée est couplée par condensateur à la base, que la sortie est couplée par condensateur à l'émetteur et que le collecteur est relié à la masse au point de vue c.a.

## Gain en tension



Comme pour tout autre amplificateur, le gain en tension est égal à  $A_v = V_{sor} / V_{en}$  (présume que les réactances capacitives sont négligeables à la fréquence d'opération. Pour l'émetteur-suiveur, tel qu'illustré par le modèle équivalent c.a. à la figure 6-30,

$$V_{sor} = I_e \cdot R_e \quad \text{et} \quad V_{en} = I_e (r'_e + R_e)$$

Par conséquent, le gain en tension est :

$$A_v = \frac{I_e \cdot R_e}{I_e \cdot (r'_e + R_e)}$$

Les termes  $I_e$  s'annulent et l'expression du gain entre la base et

$$\text{l'émetteur se simplifie : } A_v = \frac{R_e}{(r'_e + R_e)}$$

où  $R_e$  est la combinaison parallèle de  $R_E$  et de  $R_{charge}$ . S'il n'y a pas de charge, alors  $R_e = R_E$ . Notez que le gain est toujours inférieur à 1. Si  $R_e \gg r'_e$ , on peut alors formuler l'approximation suivante:  $A_v \cong 1$

Puisque la tension de sortie est recueillie à l'émetteur, elle est en phase avec la tension à la base et il n'existe aucune inversion entre l'entrée et la sortie. N'étant pas inversée et le gain en tension étant approximativement égal à 1, la tension de sortie suit de près la tension d'entrée, à la fois en phase et en amplitude, d'où le terme émetteur-suiveur.

## Résistance d'entrée

L'émetteur-suiveur se caractérise par une résistance d'entrée élevée. Cette qualité en fait un circuit pratique d'utilisation: on peut l'utiliser comme circuit tampon afin de minimiser les effets de chargement lorsqu'un circuit actionne une charge de faible résistance. Vue à partir de la base, la dérivation autour de la résistance d'entrée, de l'amplificateur à collecteur commun est similaire à celle à émetteur commun. Cependant, dans un circuit à collecteur commun, la dérivation n'est jamais appliquée autour de la résistance à l'émetteur puisque la sortie est recueillie aux bornes de  $R_e$ .

$$R_{en(base)} = \frac{V_{en}}{I_{en}} = \frac{V_b}{I_b} = \frac{I_e \cdot (r'_e + R_e)}{I_b}$$

$$\text{Puisque : } I_e \cong I_c = \beta_{ca} \cdot I_b \quad \rightarrow \quad R_{en(base)} \cong \frac{\beta_{ca} \cdot I_b (r'_e + R_e)}{I_b}$$

Les termes  $I_b$  s'annulent; par conséquent :  $R_{en(base)} \cong \beta_{ca} (r'_e + R_e)$

Si  $R_e \gg r'_e$ , l'expression pour la résistance d'entrée à la base se simplifie pour donner :

$$R_{en(base)} \cong \beta_{ca} \cdot R_e$$

Vues à partir de l'entrée, les résistances de polarisation (figure 6-29) se présentent en parallèle avec  $R_{en(base)}$ . Comme dans le circuit à émetteur commun, la résistance d'entrée totale est :

$$R_{en(tot)} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{en(base)}$$

### Résistance de sortie

Lorsqu'on retire la charge du circuit, la résistance de sortie d'un amplificateur à émetteur-suiveur vue à partir de l'émetteur se résume par l'approximation suivante:  $R_{sor} \cong \left( \frac{R_s}{\beta_{ca}} \right) \parallel R_E$

$R_s$  est la résistance de la source à l'entrée. La dérivation de cette expression est relativement complexe et suppose plusieurs facteurs de simplification, dont les détails sont expliqués à l'annexe B. La résistance de sortie est très faible; c'est la raison pour laquelle l'émetteur-suiveur est utile pour actionner des charges de faible résistance.

### Gain en courant.

Le gain total pour l'émetteur-suiveur (figure 6-29) est  $I_e/I_{en}$ . On peut calculer  $I_{en}$  avec  $V_{en}/R_{en(tot)}$ . Si la valeur de résistance de la combinaison parallèle de  $R_1$  et  $R_2$  du diviseur de tension est beaucoup plus élevée que  $R_{en(base)}$ , la grande partie du courant circule vers la base. Le gain en courant de l'amplificateur est donc sensiblement égal au gain en courant du transistor,  $\beta_{ca}$ , égal à  $I_c/I_b$ . Cette situation s'explique par une très faible déviation du courant du signal vers les résistances de polarisation. En termes simplifiés, si :  $R_1 \parallel R_2 \gg \beta_{ca} \cdot R_e$

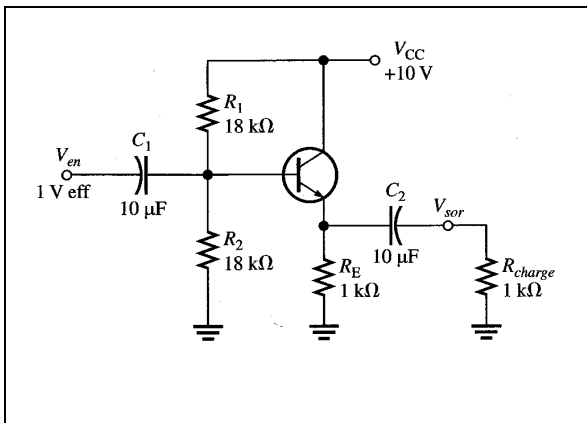
$$\begin{aligned} \text{alors :} & \quad A_i \cong \beta_{ca} \\ \text{sinon,} & \quad A_i = \frac{I_e}{I_{en}} \end{aligned}$$

$\beta_{ca}$  représente le gain en courant maximal pouvant être atteint pour les amplificateurs à collecteur commun et à émetteur commun.

### Gain en puissance.

Le gain en puissance de l'amplificateur à collecteur commun est le produit des gains en tension et en courant. Pour l'émetteur-suiveur, le gain en puissance total est à peu près égal au gain en courant puisque le gain en tension est approximativement égal à 1 ;  $A_p = A_v \cdot A_i$

Puisque  $A_v \cong 1$ , le gain en puissance total est :  $A_p \cong A_i$



Proposons nous de déterminer la résistance d'entrée totale de l'émetteur-suiveur à la figure 6-31.

Calculez le gain en tension, le gain en courant et le gain en puissance, en termes de puissance fournie vers  $R_{charge}$ .

Supposez que  $\beta_{ca} = 175$  et que les réactances capacitives sont négligeables à la fréquence d'opération.

Calculons la résistance c.a. à l'émetteur externe au transistor :  $R_e = R_E \parallel R_{charge} = 1 \text{ k}\Omega \parallel 1 \text{ k}\Omega = 500 \Omega$ .

Vue à partir de la base, la résistance approximative est :

$$R_{en(base)} \cong \beta_{ca} \cdot R_e = 175 \times 500 = 87\,500 \Omega = 87,5 \text{ k}\Omega$$

La résistance d'entrée totale est :  $R_{en(tot)} = R_1 \parallel R_2 \parallel R_{en(base)}$

$$R_{en(tot)} = 18 \text{ k}\Omega \parallel 18 \text{ k}\Omega \parallel 87,5 \text{ k}\Omega = 8,16 \text{ k}\Omega$$

Le gain en tension est  $A_v \cong 1$ . En utilisant  $r_e'$ , on peut déterminer une valeur plus précise pour  $A_v$ , si nécessaire.

$$V_E = \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right) V_{CC} - V_{BE} = (0,5 \times 10) - 0,7 = 4,3 \text{ V}$$

Par conséquent,  $V_E = 4,3 \text{ V}$       $I_E = \frac{V_E}{R_E} = \frac{4,3 \text{ V}}{1 \text{ k}\Omega} = 4,3 \text{ mA}$

et :      $r_e' \cong \frac{0,025 \text{ V}}{I_E} = \frac{0,025}{4,3 \cdot 10^{-3}} = 5,8 \Omega$

Donc :

$$A_v = \frac{R_c}{r_e' + R_c} = \frac{500}{505,8} = 0,989$$

La légère différence calculée pour  $A_v$  en tenant compte de  $r_e'$  est sans signification dans la plupart des cas.

Le gain en courant est  $A_i = I_e / I_{en}$ . Les calculs sont les suivants:

$$I_e = \frac{V_e}{R_e} = \frac{A_v \cdot V_b}{R_e} \cong \frac{1}{500} = 2 \cdot 10^{-3} \text{ A} = 2 \text{ mA}$$

$$I_{en} = \frac{R_{en}}{R_{en(tot)}} = \frac{1}{8,16 \cdot 10^{-3}} = 0,123 \cdot 10^{-3} = 123 \mu\text{A}$$

$$A_i = \frac{I_e}{I_{en}} = \frac{2}{0,123} = 16,3$$

Le gain en puissance total est :  $A_p \cong A_i = 16,3$

Puisque  $R_{charge} = R_E$ , la moitié de la puissance totale est dissipée dans  $R_{charge}$ . Donc, en termes de puissance fournie vers la charge, le gain en puissance vaut la moitié du gain en puissance total.

$$A_{p(charge)} = \frac{A_p}{2} = \frac{16,3}{2} = 8,15$$

### La paire de Darlington

Nous avons vu que  $\beta_{ca}$  est le facteur le plus important pour déterminer la résistance d'entrée d'un amplificateur. Le  $\beta_{ca}$  du transistor limite la résistance d'entrée pouvant être atteinte par un circuit à émetteur-suiveur donné.

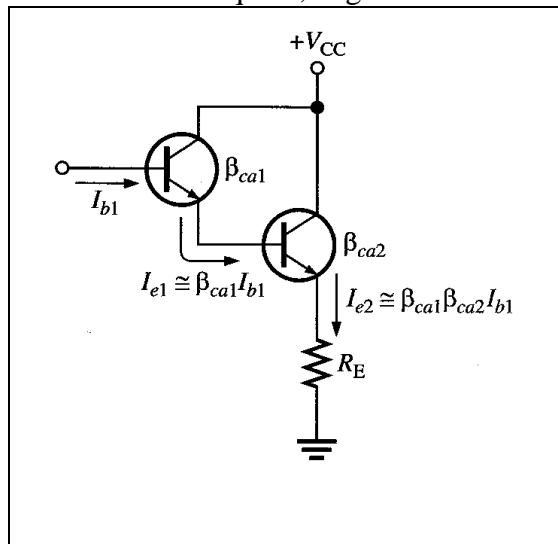
Une des façons permettant d'augmenter la résistance d'entrée est l'utilisation de la paire de Darlington (figure 6-32). Les collecteurs des deux transistors sont branchés ensemble, pendant que l'émetteur du premier actionne la base du second. Cette configuration fournit une multiplication en  $\beta_{ca}$  comme le démontrent les étapes suivantes.

Le courant à l'émetteur du premier transistor est :

$$I_{e1} \cong \beta_{ca1} \cdot I_{b1}$$

Ce courant à l'émetteur devient le courant à la base pour le deuxième transistor, produisant un deuxième courant à l'émetteur de :  $I_{e2} \cong \beta_{ca2} \cdot I_{e1} = \beta_{ca1} \cdot \beta_{ca2} \cdot I_{b1}$

Par conséquent, le gain en courant réel de la paire de Darlington est :  $\beta_{ca} = \beta_{ca1} \cdot \beta_{ca2}$



Si l'on néglige  $r_e'$ , en supposant que sa valeur est minime comparativement à celle de  $R_E$ , la résistance d'entrée est :

$$R_{en} = \beta_{ca1} \cdot \beta_{ca2} \cdot R_E$$

Application : L'émetteur-suiveur peut être utilisé comme interface entre un circuit possédant une résistance de sortie élevée et une charge de faible résistance. Dans une telle application, l'émetteur-suiveur est appelé un circuit tampon.

Supposons par exemple qu'un amplificateur à émetteur commun possédant une résistance au collecteur de 1 k $\Omega$  (résistance de sortie) doit actionner une charge de faible résistance, comme un haut-parleur 8 n de faible puissance. Si le haut-parleur est couplé par condensateur à la sortie de l'amplificateur, la charge de 8  $\Omega$  apparaît, au point de vue du signal c.a., en parallèle avec la résistance au collecteur de 1 k $\Omega$ . La résistance c.a. au collecteur est

donc :  $R_e = R_c \parallel R_{charge} = 1000 \Omega \parallel 8 \Omega = 7,94 \Omega$

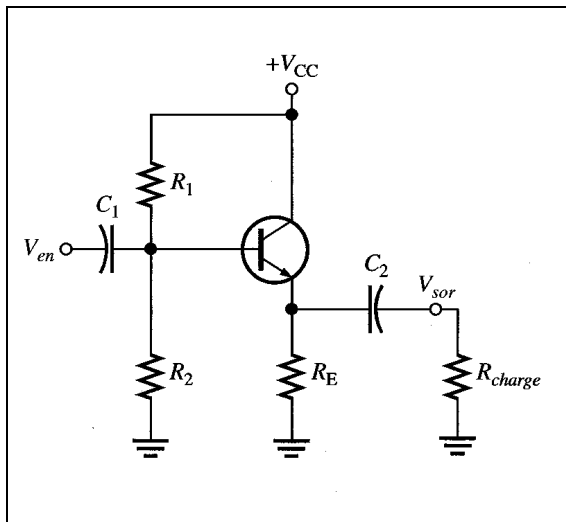
Ce résultat n'est évidemment pas acceptable puisqu'une grande partie du gain en tension est perdue : ( $A_v = R_c / r_e'$ ). Par exemple, si  $r_e' = 5 \Omega$ , le gain en tension est réduit de :

$$A_v = \frac{R_c}{r_e'} = \frac{1000}{5} = 200 \quad \text{sans charge}$$

$$\text{à :} \quad A_v = \frac{R_c}{r_e'} = \frac{7,94}{5} = 1,59 \quad \text{avec la charge du haut-parleur de } 8 \Omega.$$

Un émetteur-suiveur utilisant une paire de Darlington peut être choisi pour agir comme interface entre l'amplificateur et le haut-parleur (figure 6-33).

## Résumé de l'amplificateur à collecteur commun.



- L'entrée est sur la base, la sortie est sur l'émetteur
- Il n'y a pas d'inversion de phase entre entrée et sortie
- La résistance d'entrée est élevée, la résistance de sortie est faible
- Le gain en tension maximal est égal à 1
- Le collecteur est branché à la masse au point de vue du courant alternatif
- La réactance des condensateurs doit être négligeable à la fréquence de travail

## Circuits équivalents et formules.

<p>Équivalent c.c.</p>	<p><b>Formules c.c. :</b></p> $V_B = \left( \frac{R_2 // \beta_{CC} \cdot R_E}{R_1 + R_2 // \beta_{CC} \cdot R_E} \right) V_{CC}$ $V_E = V_B - V_{BE}$ $I_E = \frac{V_E}{R_E}$ $V_C = V_{CC}$
<p>Équivalent c.a.</p>	<p><b>Formules c.a. :</b></p> $r_e' = \frac{25mV}{I_E}$ $R_{en(base)} = \beta_{ca} \cdot (r_e' + R_E)$ $R_{sor} = \left( \frac{R_s}{\beta_{ca}} \right) // R_E$ $A_v = \frac{R_E}{r_e' + R_E}$ $A_i = \frac{I_e}{I_{en}}$ $A_p = A_i$