

TRANSISTORS BIPOLAIRES PART V

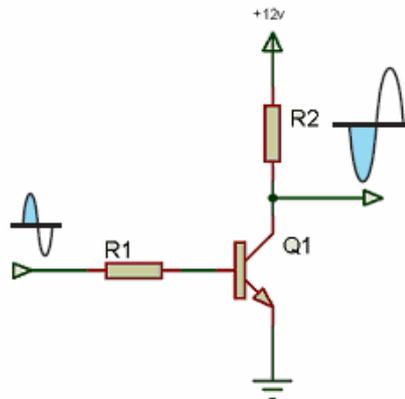
MONTAGE AMPLIFICATEUR

Nous avons déjà étudié le montage en commutation (tout ou rien, bloqué/conduisant).

Nous allons maintenant aborder le deuxième type de circuit pour un transistor : le circuit amplificateur. Nous amenons à l'entrée un petit signal, sinusoïdal par exemple, et nous recueillons en sortie le même signal (sans déformation), mais amplifié de x fois.

Nous travaillerons en montage émetteur commun (entrée sur la base et sortie sur le collecteur). De ce fait, et maintenant vous le savez par cœur, le signal de sortie sera déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée (signal inversé).

Le circuit le plus simple d'un étage amplificateur est celui-là :



Bon, on pressent tout de suite, même sans trop savoir pourquoi, que ce n'est le top top.

Nous allons donc voir comment améliorer la chose.

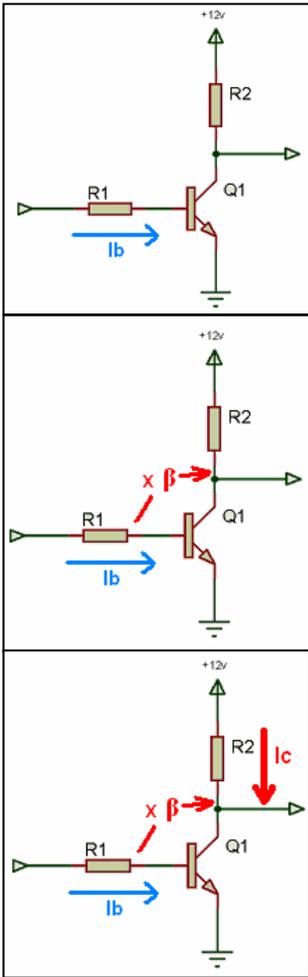
Dans ce chapitre, nous n'allons effectuer aucun calcul, ne donner aucune formule. Nous ne calculerons aucune valeur de composant.

Rien ne sera à apprendre par cœur, simplement devoir comprendre la logique de fonctionnement, le pourquoi on améliore.

Et une fois cela compris, tout le reste, y compris les calculs, couleront de source.

Et vous pourrez enfin dire : L'électronique ? Mais c'est très simple !

Un petit rappel...



Nous appliquons en entrée un signal (ou tension) qui crée un courant base.

Ce courant base est amplifié (multiplié) par le β (hfe) du transistor.

Qui nous donne le courant collecteur I_c , courant β fois le courant d'entrée I_b .

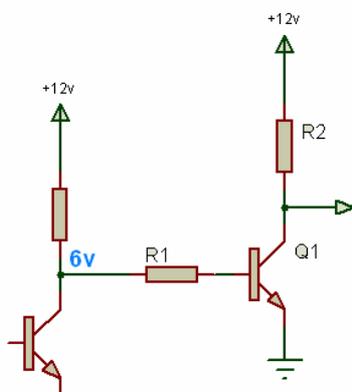
Grâce à la résistance R_2 , nous recueillons sur le collecteur un signal d'une amplitude égale à U_{r2} ($R_2 \times I_c$).

Notre amplification est réalisée.

Bon, c'est super, nous avons donc terminé puisqu'on vient de vérifier que ce circuit amplifie.

Ben... pas tout à fait.

Car cela dépend beaucoup du signal d'entrée.



Supposons par exemple que l'étage précédent soit aussi un montage amplificateur comme le notre, le signal recueilli sur son collecteur.

Nous verrons par la suite pourquoi, la tension sur le collecteur est égale à la moitié de la tension d'alimentation, donc ici 6v.

Et ces 6v (avec plus ou moins l'amplitude de notre signal) sont donc envoyés à l'entrée de notre ampli qui va, normal, amplifier.

Le grand problème est que je veux bien amplifier mon signal mais pas du tout ces 6v !

Car supposons que notre amplificateur amplifie de 5 fois... cela voudrait

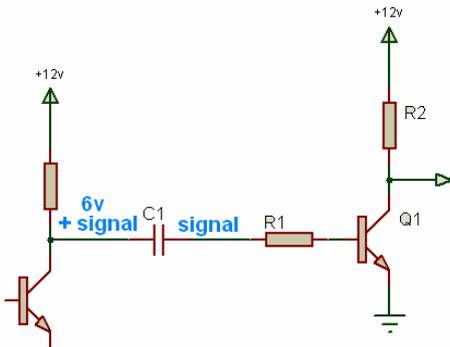
dire que nous aurions en sortie un signal de $6v \times 5 = 30v$!

Pas facile avec une alimentation de seulement 12v !

Il nous faut donc supprimer cette tension continue.

Comment faire ?

Fastoche, et vous le savez, en insérant un condensateur.
 Car une des propriétés du condensateur est de s'opposer à toute tension continue.

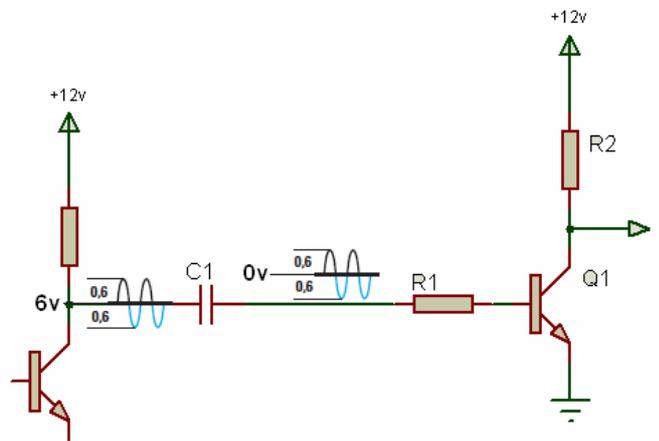


Grâce au condensateur C1 nous récupérons à l'entrée de notre ampli le signal débarrassé de la composante continue de l'étage précédent.

Bon, là on a bien avancé quand même non ?

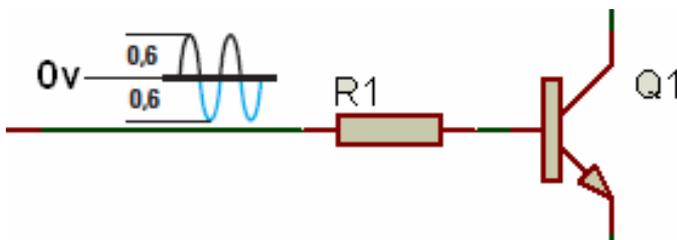
Intéressons nous maintenant de plus près à notre signal d'entrée...

Supposons que l'amplitude de notre signal soit de 1,2v crête crête.



Nous avons donc ça :

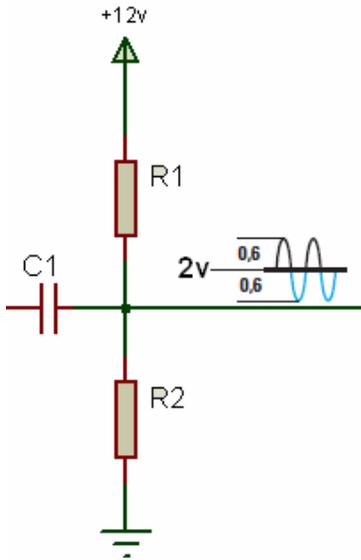
Et c'est là que les ennuis commencent 



En effet, l'alternance positive du signal a une amplitude de 0,6v et pour commencer à faire conduire Q1 il est nécessaire d'appliquer sur sa base un signal d'amplitude de 0,65v minimum. *Quand à l'alternance négative, on n'en parle même pas.*

Il faut donc augmenter la tension, rajouter une composante continue qui permettra de commander Q1 avec notre signal.

Composante continue bien sûr plus faible que 6v sinon le rajout de C1 est inutile.



Et le moyen le plus simple de générer une tension est d'employer un pont diviseur : R1 et R2.

Ici 2 volts uniquement à titre d'exemple. Cette tension sera définie par la suite lorsque nous aborderons les calculs réels.

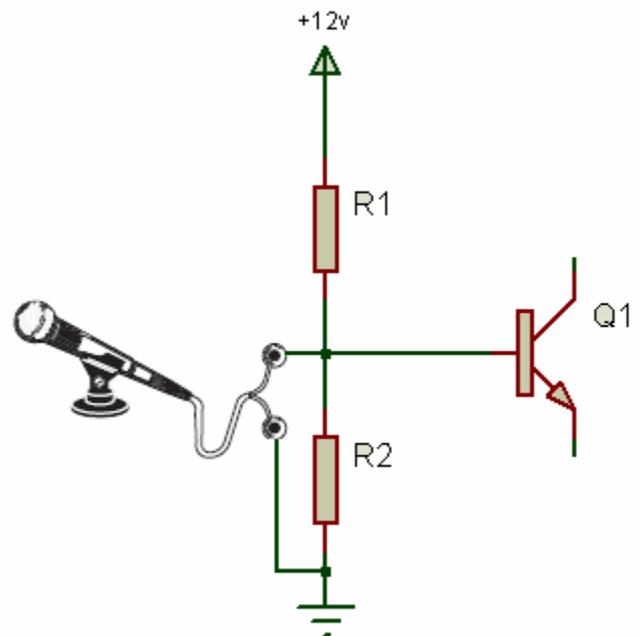
Un dernier point concernant l'entrée de notre amplificateur :

En général C1 est de forte valeur donc un électrochimique.
Mais comment le placer ? Comment placer sa borne + ?

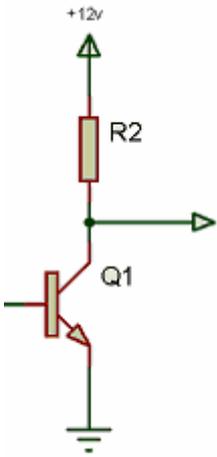
Là encore c'est la logique qui doit parler : du côté où la tension est la plus élevée.

Et toujours mettre C1 même si nous devons amplifier les signaux issus d'un micro par exemple (donc sans composante continue).

Car si aucun condensateur n'est inséré sur la base de Q1, l'impédance du microphone se trouvera en parallèle avec R2 et court-circuitera cette dernière à la masse.



L'étage d'entrée de notre amplificateur étant réglé, intéressons-nous maintenant à la sortie.



Là aussi encore un petit problème à résoudre.

Pour un courant base donné, notre transistor fournira un courant collecteur amplifié (multiplié) par le β (h_{fe}) du transistor.

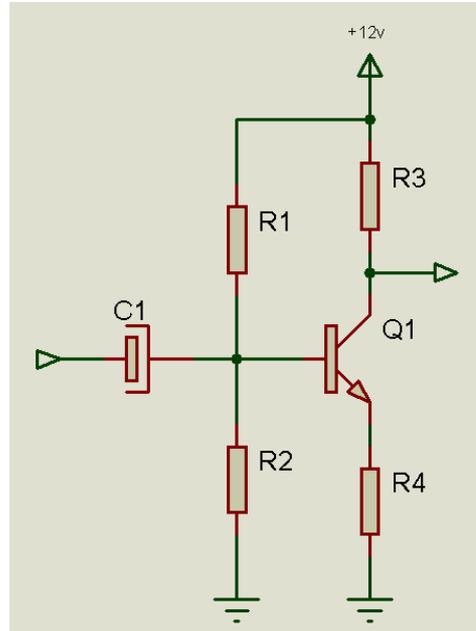
L'inconvénient est que pour tous les transistors bipolaires, ce coefficient d'amplification (β) n'est pas fixe.

Il fluctue en permanence essentiellement à cause de la température du transistor qui chauffe en travaillant.

Imaginez-vous en train d'écouter votre musique préférée sur votre chaîne hi fi et que le son augmente ou diminue sans arrêt sans que vous ayez touché la télécommande.

Ça pourrait devenir rapidement désagréable non ?

Nous allons donc contrôler tout ça en rajoutant une résistance sur l'émetteur (R4) :

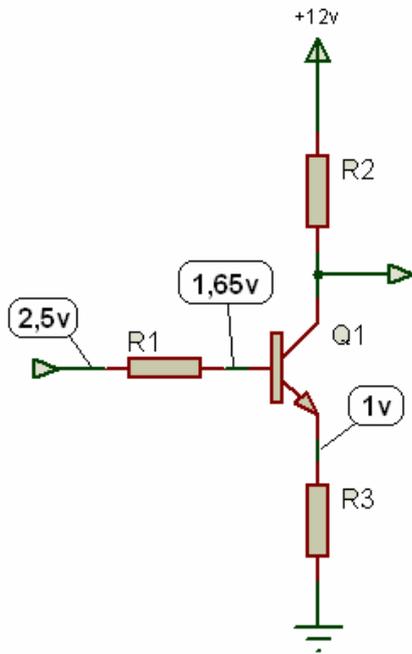


Cela va nous apporter deux avantages :

Et aussi un troisième implicite car si l'émetteur restait connecté à la masse (sans R4 donc), cela reviendrait à mettre une diode (jonction base/émetteur de Q1) en parallèle sur R2 et le pont diviseur R1/R2 aurait un peu de mal à remplir son rôle.

Premier avantage

Nous allons nous affranchir complètement des variations du β du transistor.



Pour simplicité d'explication mais surtout de compréhension j'ai remplacé le pont diviseur R1/R2 par une seule résistance de base (R1).

Le fonctionnement et le raisonnement est le même avec le pont diviseur bien sûr.

Supposons un signal à l'entrée d'une amplitude de 2,5v et que, avec notre polarisation, il y ait une amplitude de 1v sur l'émetteur.

Tensions totalement fictives, uniquement données à titre d'exemple.

Nous avons donc un courant base qui est égal à :

$$(2,5v - 1,65v) / R1 = 0,85v / R1$$

Ce même courant base est amplifié de β fois pour donner le courant collecteur I_c .

Le courant émetteur est égal à $I_c + I_b$ et c'est ce I_e qui, avec la valeur de R3, nous donne les 1v sur l'émetteur ($U_{r3} = R3 \times I_e$).

Supposons donc qu'à un moment donné, le β de notre transistor préféré augmente.

L'amplitude du signal d'entrée ne varie pas.

Cette augmentation va immédiatement être répercutée sur I_c qui lui aussi augmentera.

Si I_c augmente.... I_e aussi dans les mêmes proportions, normal.

Mais si I_e augmente, loi d'ohm toujours en vigueur, la tension émetteur va aussi augmenter.

Si la tension émetteur augmente (allez, disons qu'elle passe à 1,1v) la tension base va aussi augmenter (de 1,65v à 1,75v) puisque la liaison base émetteur est une diode.

Et si la tension base passe à 1,75v le courant base va diminuer puisqu'il ne circulera dans R1 qu'un courant égal à $(2,5v - 1,75v) / R1$ soit $0,75v / R1$ (au lieu des $0,85v/R1$ précédents).

Courant base qui diminue, parfait ! Car le courant collecteur aussi.

Tout rentre dans l'ordre. **Youppie !**

C'est pour cette raison que la résistance d'émetteur est une résistance de contre réaction.

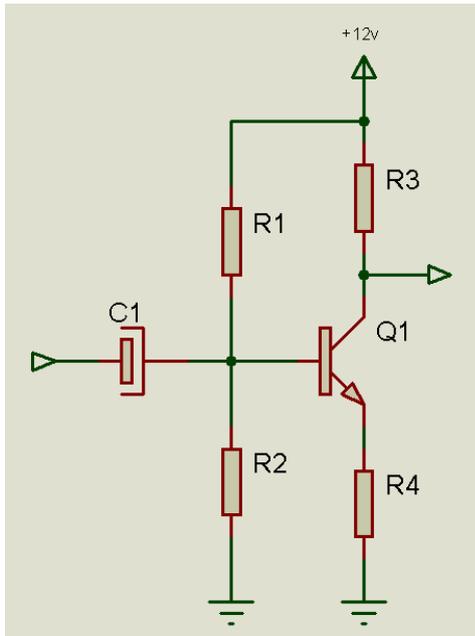
Deuxième avantage

Nous allons pouvoir régler de façon précise et durable le gain de notre étage.

Le gain est défini par le β du transistor.

Mais en plus qu'il soit changeant, le plus grand problème est que nous ne le connaissons pas exactement.

Il est bien sûr indiqué sur les datas sheet mais toujours dans une fourchette assez large, trop large d'ailleurs.



Hé bien avec notre résistance émetteur (R4) nous allons définir le gain de notre montage.

Explications :

Le gain d'un étage amplificateur est le rapport entre la tension de sortie sur la tension d'entrée.

Supposons que par notre polarisation (valeurs des résistances), il y ait 2v sur la base. Il y aura donc $2v - 0,65v = 1,35v$ sur l'émetteur.

Un signal arrive d'une amplitude de 0,5v par exemple.

Sur la base nous aurons $2v + 0,5v = 2,5v$.

Et sur l'émetteur nous aurons 1,85v, soit 0,5v de plus, qui correspond à l'amplitude du signal d'entrée.

Nous constatons donc que l'amplitude du signal d'entrée est "reproduite" exactement sur l'émetteur.

Revenons à notre gain...

Il est égal **$U_{\text{sortie}} / U_{\text{entrée}}$**

On peut calculer U_{sortie} qui est égale à $R3 / I_c$

Et $U_{\text{entrée}}$ est, comme nous venons de le voir, la tension présente sur l'émetteur donc $R4 / I_e$.

Le gain est donc égal à **$(R3 / I_c) / (R4 / I_e)$** .

I_c étant égal à I_e , après simplification nous obtenons :

$$\mathbf{G = R3 / R4}$$

Le gain de notre circuit amplificateur ne dépend maintenant que de la valeur des deux résistances, collecteur et émetteur, en s'affranchissant complètement du β du transistor.

En réalité le gain obtenu n'est pas exactement donné par ce rapport.

Car I_e n'est jamais égal à I_c . Il y a le courant base en plus.

Mais généralement ce courant base est très faible par rapport à I_c et on n'en tient pas compte.

Droits d'utilisation

Le présent document peut être librement diffusé, mais toujours dans son intégralité.

Tous les droits sur le contenu de ce document, textes et schémas qui l'accompagnent, demeurent la propriété exclusive de *Génération Hydrogène*.

De ce fait, toute reproduction partielle est strictement interdite.

L'auteur ne pourra être tenu pour responsable d'aucune conséquence directe ou indirecte résultant de la lecture et/ou de l'application décrite dans le présent document.

Toute utilisation commerciale est interdite sans l'accord express de l'administrateur de *Génération Hydrogène*.