





- Théorème de Miller et la réponse en fréquence d'un émetteur commun.
- Amplificateur Cascode.
- Amplificateur suiveur en tension.
- Etages de sortie (*Push-Pull*).

Electronique II

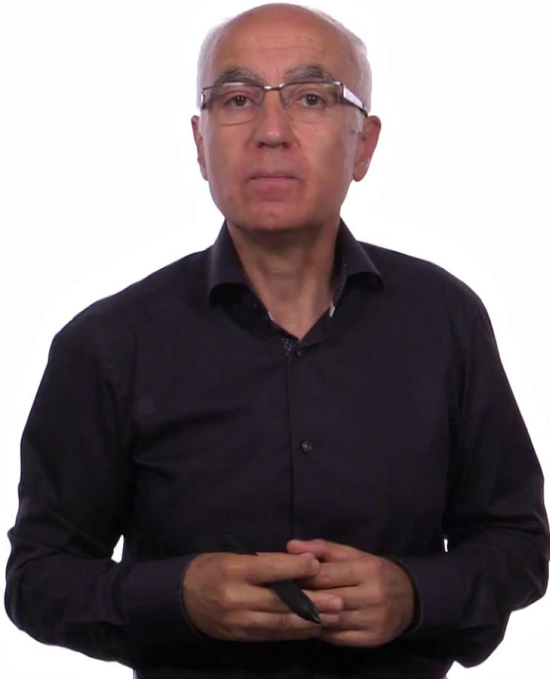
Alors on va poursuivre l'étude les amplificateurs de tension donc on a analysé les montages qui vont faire des gains en tension puis on s'est rendu compte c'est principalement le montage émetteur commun on avait vu que la base commune fait la même chose mais vous allez voir aujourd'hui on va essayer de mettre les 2 ensembles pour faire la chose suivante C'est que dans cette partie de ce cours on va se rendre compte qu'il y a une limitation et ces limitations sont principalement des limitations de fréquence. Une, on le fait nous-même, c'est quand on coupe la composante continue cette limitation en fréquence basse quand on met les capacités de couplage et de découplage et là on va se rendre compte qu'il y a une limitation de fréquence haute et ses fréquences sont limitées par une capacité parasite. On va d'abord introduire le phénomène ou le théorème de Miller qui explique qu'une capacité parasite entre l'entrée et la sortie va avoir un certain effet haute fréquence pour les montages émetteur commun et nous allons améliorer le montage émetteur commun en passant vers un montage qu'on a déjà étudié et c'est les montage Cascode.

Notes

Summary



0m 05s



- Théorème de Miller et la réponse en fréquence d'un émetteur commun.
- Amplificateur Cascode.
- Amplificateur suiveur en tension.
- Etages de sortie (*Push-Pull*).

Electronique II

Donc on va passer à travers le montage Cascode qui en réalité est la mise en série d'un montage émetteur commun et base commune et on va finir l'ensemble par l'analyse de ce qu'on appelle les étages de sortie. C'est comment prendre un amplificateur dont le rôle n'est pas d'amplifier la tension, mais c'est surtout de faire un tampon entre un étage de tension et une charge externe et éviter de devoir dégrader le gain d'un montage émetteur commun ou un montage qui réalise du gain. Vous verrez ça va être le montage collecteur commun qui va jouer le rôle d'un amplificateur de puissance par excellence ça va être un suiveur en tension, il suit la tension mais il va amplifier le courant et baisser l'impédance de sortie. Et nous terminons par une amélioration ou quelques montages supplémentaires qui suivent le montage collecteur commun qu'on appelle le "Push-Pull", vous allez voir ce que c'est c'est un tout petit peu un collecteur commun légèrement amélioré pour une dynamique supérieure de ce genre de montage.

Notes

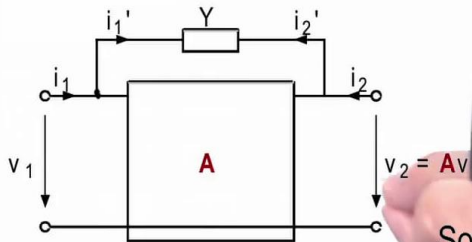
Summary



1m 11s

# Théorème de Miller

$$Y = \frac{1}{Z}$$

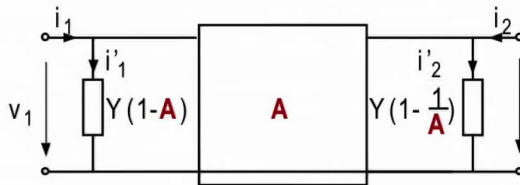


Entrée:

Sortie:

$$i_1' = Y(v_1 - v_2) = Y v_1 (1 - A)$$

$$i_2' = -i_1' = -Y(v_1 - v_2) = -Y v_2 \left( \frac{1}{A} - 1 \right)$$



Electronique II

Pour commencer, je vais aborder ce théorème de Miller. Le théorème de Miller est une idée simple, si vous prenez un amplificateur et le hasard fait qu'il y a une impédance une admittance ici je parle d'une admittance donc une admittance je vous rappelle c'est simplement  $Y=1/Z$ , c'est l'inverse d'une impédance. Si vous avez une impédance qui est entre l'entrée et la sortie où il y a un composant qui vient entre l'entrée et la sortie, on va le ramener à l'entrée et on va voir que ce composant qui apparaît ici il pourrait être présenté comme étant une charge à l'entrée. Et une charge équivalente à l'entrée et à la sortie qui est proportionnelle à cette admittance et proportionnelle au gain. Nous pouvons le voir simplement en analysant ce qui se passe avec le courant dans ce nœud-là. Si vous prenez le nœud ici et vous verrez que dans le quadripôle qui est votre ampli, il y a une tension d'entrée et un courant d'entrée dont une composante de ce courant va passer à travers votre admittance. Et va continuer son chemin vers la sortie. Mais on a un gain entre les deux. C'est-à-dire la tension de sortie  $V_2$ , elle est bien plus grande que la tension d'entrée  $V_1$  parce que il y a le gain qui multiplie la tension  $V_1$ .

Notes

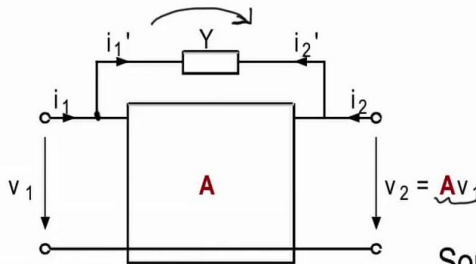
Summary



2m 20s

# Théorème de Miller

$$Y = \frac{1}{Z}$$

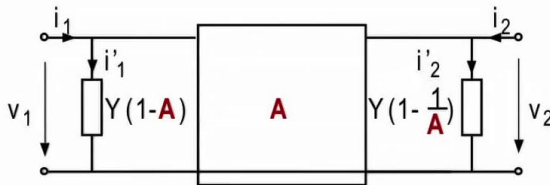


Entrée:

Sortie:

$$i_1' = Y(v_1 - v_2) = Yv_1(1 - A)$$

$$i_2' = -i_1' = -Y(v_1 - v_2) = -Yv_2\left(\frac{1}{A} - 1\right)$$



Electronique II

Donc la tension ici et la tension là sont liées par ce A qui est entre les deux. On va écrire ceci : c'est à dire le courant qui traverse cette admittance on l'appelle I' c'est la valeur de l'admittance qui multiplie la différence de tension V1 - V2 donc V1 - V2 c'est ce vecteur là que vous voyez ici. Donc si vous remplacez la valeur de V2 par la relation qu'on a là donc je remplace V2 par A x V1 et bien on tombe sur ça : on peut prendre V1 en évidence il va nous dire que l'admittance que vous voyez entre l'entrée et la sortie va multiplier la tension et votre impédance plutôt votre tension elle sera multipliée par 1 - A. Donc en réalité, il faut le voir comme ça, c'est comme si on a pris l'admittance qui est là et on a remplacé sa valeur par ceci, Donc vous avez l'équivalent de ce qui se trouve entre l'entrée et la sortie mais multiplié par 1 - A et A est un gain. Un gain par définition est une valeur élevée donc si ce gain, on va prendre un exemple, vous avez un gain qui est de l'ordre de 1000, vous avez 1 - 1000, le 1 par rapport à ce 1000 on peut le négliger, vous allez vous trouver avec -A qui multiplie la valeur de Y.

Notes

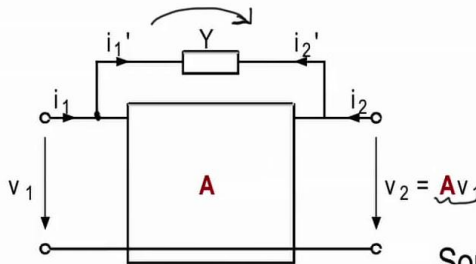
Summary



3m 40s

# Théorème de Miller

$$Y = \frac{1}{Z}$$

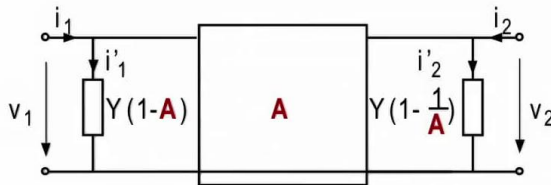


Entrée:

Sortie:

$$i_1' = Y(v_1 - v_2) = Yv_1(1 - A)$$

$$i_2' = -i_1' = -Y(v_1 - v_2) = -Yv_2\left(\frac{1}{A} - 1\right)$$



Electronique II

Alors on va continuer notre réflexion si par hasard A est un gain négatif, c'est comme l'exemple d'un émetteur commun, donc vous allez vous retrouver avec Y moins moins quelque chose ça va vous donner l'impédance ou l'admittance qui va être multipliée par un gain et ce signe moins va disparaître. Alors on va voir ça concrètement. Avant de le regarder concrètement j'aimerais simplement montrer que vous refaites la même chose à la sortie vous verrez cette expression donc à la sortie vous exprimer le courant I'2 qui est écrit ici en fonction de la différence de tension V1 - V2, vous verrez que c'est -YV2 qui multiplie (1/A)-1.

Notes

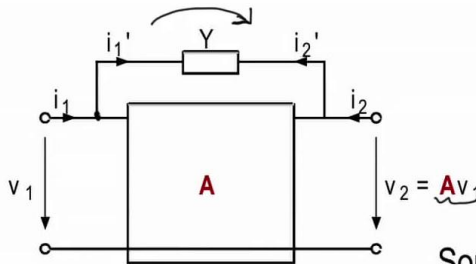
Summary



5m 02s

# Théorème de Miller

$$Y = \frac{1}{Z}$$

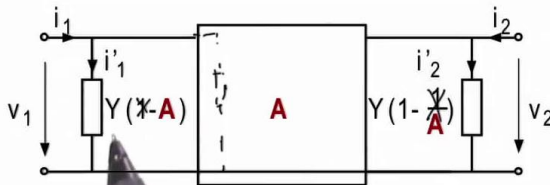


Entrée:

Sortie:

$$i_1' = Y(v_1 - v_2) = Yv_1(1 - A)$$

$$i_2' = -i_1' = -Y(v_1 - v_2) = -Yv_2\left(\frac{1}{A} - 1\right)$$



Electronique II

Si A est élevé, ça ça tend vers 0, vous aller vous retrouver avec le moins et le moins ici qui vont s'annuler donc ça va vous donner un signe positif et quand vous vous retrouvez avec votre admittance qui apparaît à la sortie multipliée par ce facteur c'est comme si l'équivalent de votre admittance a basculé il apparaît à la sortie avec sa propre valeur en parallèle avec l'impédance de sortie, n'oubliez pas qu'à l'intérieur de ce quadripôle vous allez avoir une impédance d'entrée et une impédance de sortie bien sûr et que cette impédance d'entrée elle est toujours ici on la voit pas on la dessine ici, mais vous allez voir que en réalité à l'entrée c'est assez délicat à la sortie c'est la valeur même, plus ou moins, pourtant à l'entrée c'est la valeur multiplié par -A donc votre admittance avait un signe d'abord positif, normal c'est un composant passif il va se trouver avec signe négatif. A la sortie, c'est l'admittance propre qui se trouve à la sortie, donc c'est ça qui est plus dangereux parce que là il y a un gain. Donc on a boosté la valeur d'un composant qu'on a ajouté entre l'entrée et la sortie par le gain plus on augmente le gain, plus ce facteur A augmente avec, plus la valeur de cette admittance se retrouve augmentée par la valeur du gain qu'on est en train d'augmenter avec.

Notes

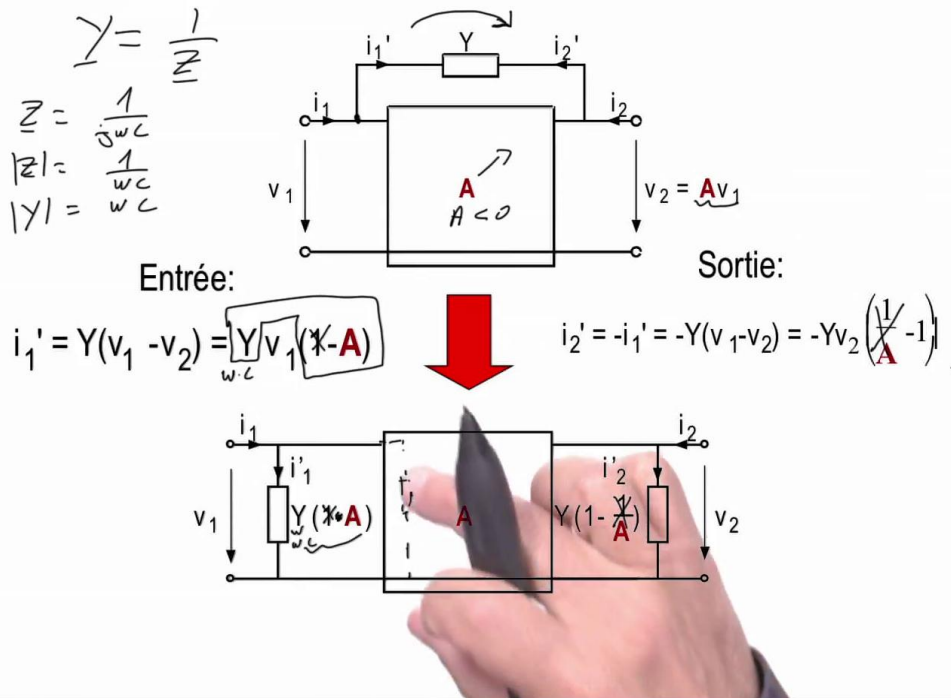
Summary



5m 45s



# Théorème de Miller



Electronique II

Alors je vais prendre un exemple d'une impédance capacitive. Je vous rappelle l'impédance d'une capacité : c'est  $1/j\omega C$ , si vous cherchez le module de  $Z$  vous retrouvez c'est  $1/\omega C$ , donc l'admittance  $Y$  et 1 est égale à  $\omega C$ . Imaginez-vous que vous avez une capacité qui se trouve entre l'entrée et la sortie et cette capacité, son admittance c'est  $\omega \times C$  et que ce  $Y$  là vous l'écrivez ici  $\omega \times C$  et que votre gain  $A$  est négatif si votre gain est négatif vous allez vous retrouver avec moins moins le gain négatif donc vous allez avoir ici l'équivalent de  $A$  fois ce  $\omega C$ . Donc c'est comme si votre capacité a été multiplié par un gain. C'est  $A \times C$  pour la pulsation à laquelle vous appliquez une tension à l'entrée qui a une variation qui possède une pulsation donnée mais alors votre composant passif qui s'est retrouvé entre l'entrée à la sortie que vous l'aurez ajouté ou il s'est retrouvé comme composant parasite, il a été multiplié par un gain égal à  $A$ . Et plus vous augmentez le gain, plus votre capacité devient de plus en plus grande. Imaginez que là vous avez une valeur ou une résistance d'entrée et votre capacité vient en parallèle avec cette résistance et vous vous retrouvez avec une capacité en parallèle avec une résistance et ça, c'est le schéma équivalent.

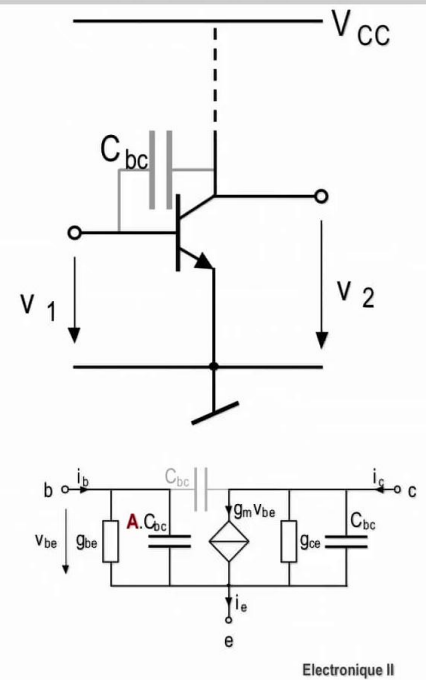
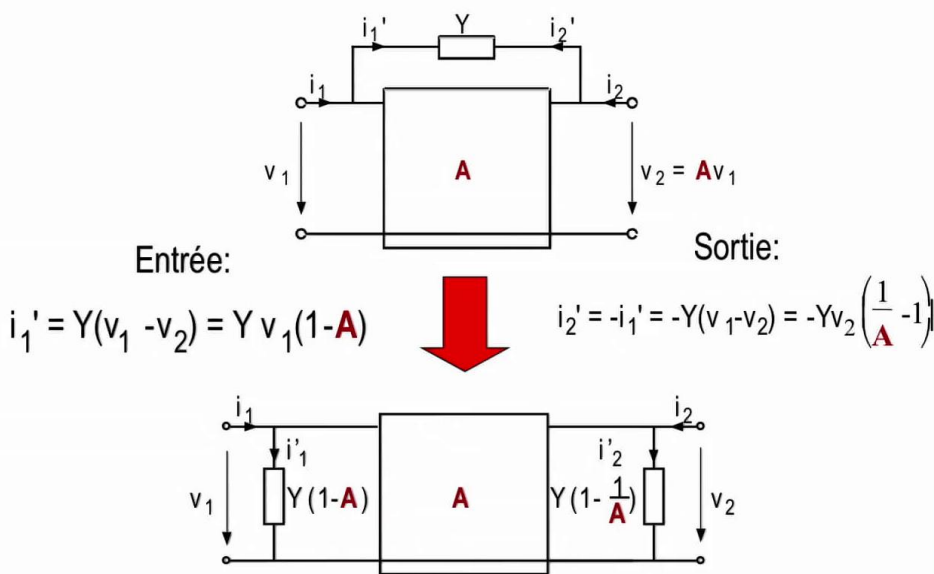
Notes

Summary





# Théorème de Miller & émetteur commun



La capacité elle vaut  $\Omega C$ , elle se retrouve ici à  $\Omega C \times A$  donc votre capacité devient énorme multiplié par le gain. Donc, vous vous retrouvez avec ce fameux problème que le théorème de Miller cherche à l'exprimer que attention, il y a une relation entre les composants qui sont en contre-réaction entre l'entrée et la sortie et le gain que vous voulez réaliser. C'est vrai que c'est pas très important à la sortie malgré quand même que votre composant il apparaît à la sortie mais à l'entrée, votre gain il va contribuer à ceci. Et c'est le cas d'un montage émetteur commun. Voyons voir ceci. Voilà ce que je viens d'expliquer, et voilà votre émetteur commun. L'émetteur commun a une capacité entre base et collecteur. en réalité votre transistor possède des capacités parasites. Il y en a une entre base et collecteur, une entre base et émetteur et une entre collecteur et émetteur. Ça c'est la réalité de tous les composants électroniques il y a des capacités d'une valeur donnée qui ne sont pas voulues mais ce sont des capacités parasites, donc c'est pas des capacités qu'on a ajouté nous-même, ils se retrouvent dans le composant lui-même indépendamment de sa valeur.

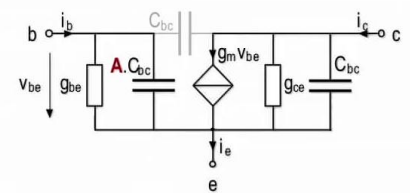
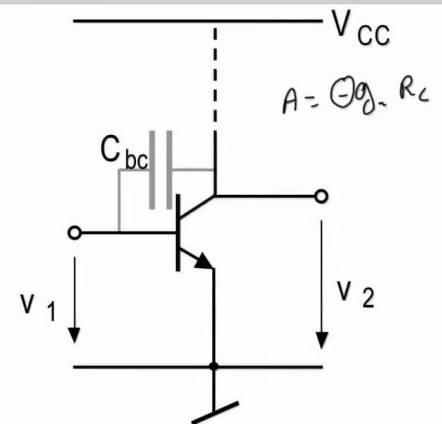
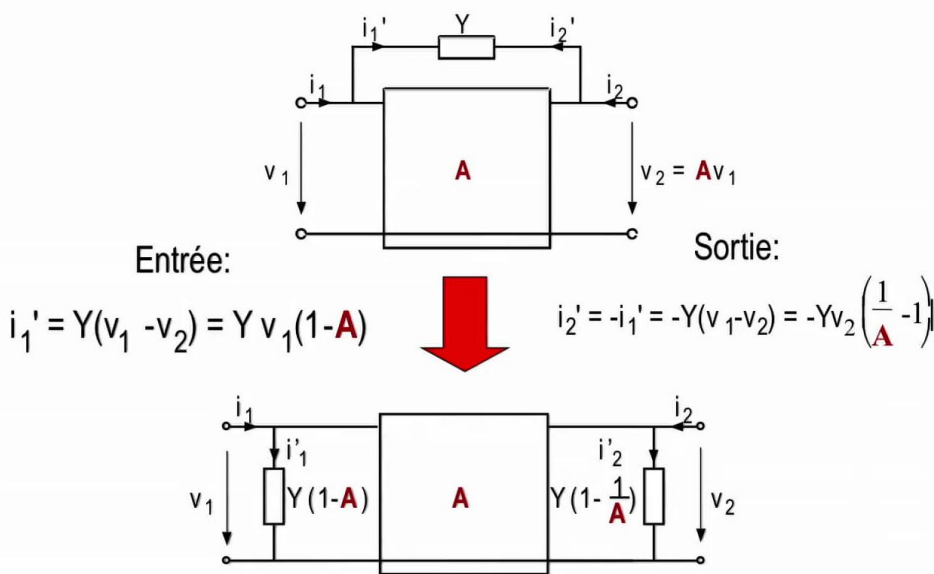
Notes

Summary



8m 54s

# Théorème de Miller & émetteur commun



Electronique II

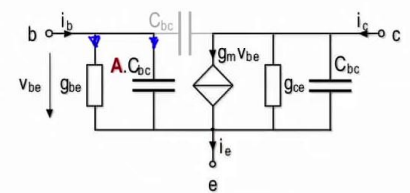
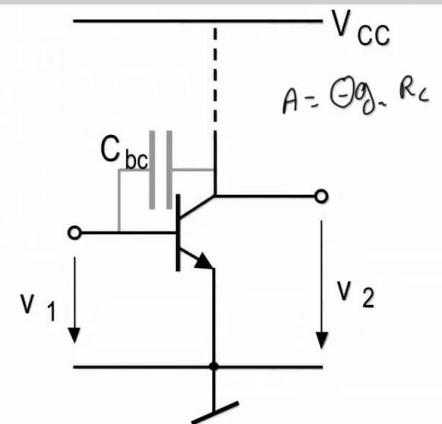
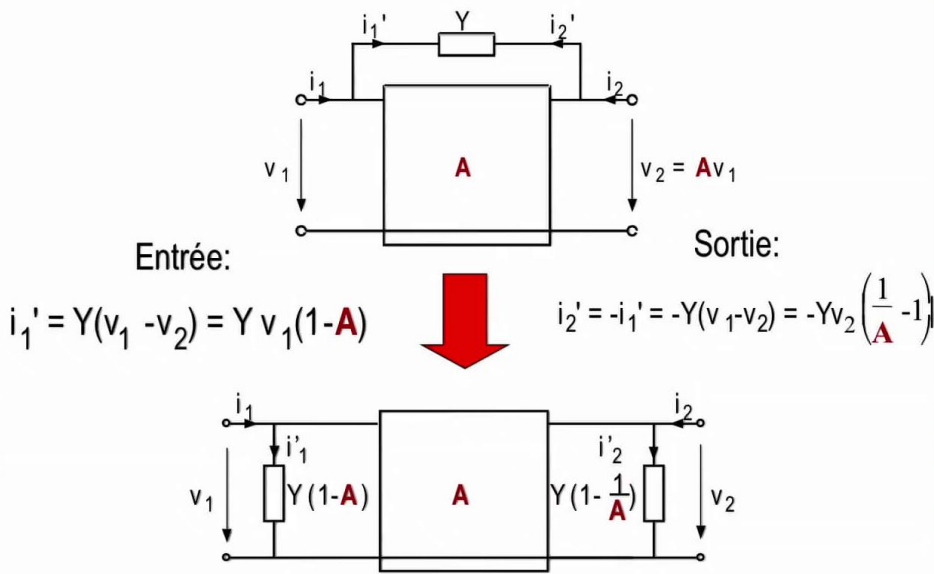
Quand vous prenez votre émetteur commun et vous allez mettre une charge ici, cette charge je la présente pas ici, c'est simplement pour dire elle va servir à me donner un gain  $A = -G_N$  fois la résistance de charge. Si cette résistance de charge est très élevée, typiquement une source de courant, donc ça peut être infini donc vous allez avoir un gain extrêmement élevé, et bien votre capacité parasite qui est là elle est bel et bien entre l'entrée et la sortie et entre l'entrée et la sortie : voilà  $V_1$ , voilà  $V_2$ , voilà  $V_1$ , voilà  $V_2$ . Cet équivalent de cette capacité, selon Miller, va apparaître à l'entrée multiplié par le gain de l'ampli et le gain de l'ampli est négatif. Donc vous allez multiplier un composant passif non-visible, parasite, par un gain et le gain c'est votre vœu à vous lorsque vous réalisez l'ampli mais ce composant, il apparaît en parallèle avec l'impédance d'entrée de l'émetteur commun qui est en réalité une résistance d'une valeur  $1 / G_{BE}$ .

Notes

Summary



# Théorème de Miller & émetteur commun



Electronique II

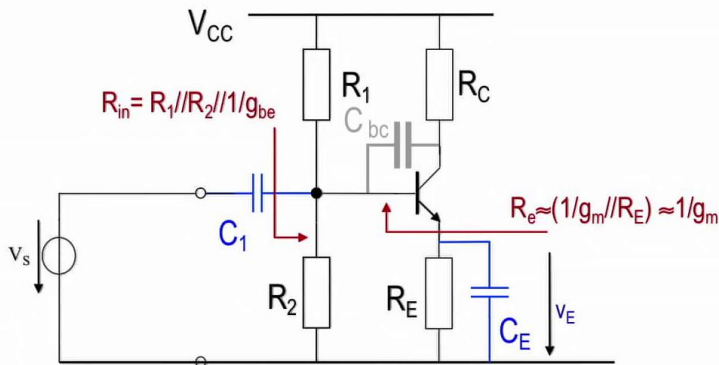
Donc si vous injectez un courant ici il se retrouve sur un chemin il peut aller dans le  $1 / G_{BE}$ , une résistance et il va vouloir passer aussi dans cette capacité dont la valeur de la capacité parasite peut-être c'est un pico, mais multiplié par un gain peut-être d'un gain égal à 1000 il va se retrouver multiplié par 1000 fois le 1 pico donc vous allez avoir une capacité équivalente à l'entrée dans les nanofarads parallèles avec une résistance. Donc le courant qui passera à travers la capacité va augmenter dû à cette valeur qui a été boosté par le gain et vous aller limiter la bande passante de votre signal, parce que cette impédance va tirer vers le bas le niveau de tension, donc vous vous retrouvez avec un amplificateur qui a un pôle qui apparaît vers les hautes fréquences et plus on augmente le gain plus cette capacité va sévir, elle va nous baisser la bande passante de notre amplificateur et nous ne pouvons rien faire avec le montage tel qu'il est parce que c'est pas nous qui avons ajouté ceci. C'est lié au composant lui-même. J'ai parlé de limitation haute fréquence donc l'effet Miller va agir sur un pôle haute fréquence qui est égale à  $1 / G_{BE}$  parallèle à  $A \times C_{BC}$  et  $C_{BC}$  c'est la capacité parasite entre l'entrée et la sortie que vous retrouvez qui est donné par le fabriquant.

Notes

Summary



# Réponse basse fréquence d'un émetteur commun



Il y a deux pôles basses fréquences :

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = \frac{1}{2\pi C_1 \left( \frac{1}{g_{be}} || R_2 || R_1 \right)}$$

$$f_{p2} \approx \frac{1}{2\pi C_E \left( \frac{1}{g_m} || R_E \right)} \approx \frac{g_m}{2\pi C_E}$$



Electronique II

Alors je vais aller voir les capacités basse fréquence, on va regarder maintenant l'effet basse fréquence, il y a deux capacités qu'on a ajouté nous-même éventuellement même une troisième si on va regarder ce qui se passe de ce côté-là et on va imaginer qu'on a mis notre charge ici et on a ajouté une capacité. Le rôle de cette capacité est en effet créer une limitation pour les fréquences basses parce qu'on aimerait bien contacter un signal AC et découpler la composante DC, donc la composante qui a une fréquence nulle on aimerait bien la couper, donc on a ajouté cette capacité. Si vous regardez ce montage émetteur commun complet maintenant, avec cette capacité tenant le rôle d'amener l'émetteur à la masse et cette capacité de coupler la composante AC, j'ai considéré que la résistance de source est égale à 0 alors cette capacité elle va avoir quoi ? si je pose ma main sur tout le montage de ce côté-là et je considère que cette capacité déjà est en train d'agir, donc elle a court-circuité la résistance, ce montage on a déjà calculé son impédance d'entrée et on a vu que l'impédance d'entrée c'est cette expression là, c'est la mise en parallèle de R1 parallèle avec R2 parallèle avec 1 / GBE que je vois depuis ici.

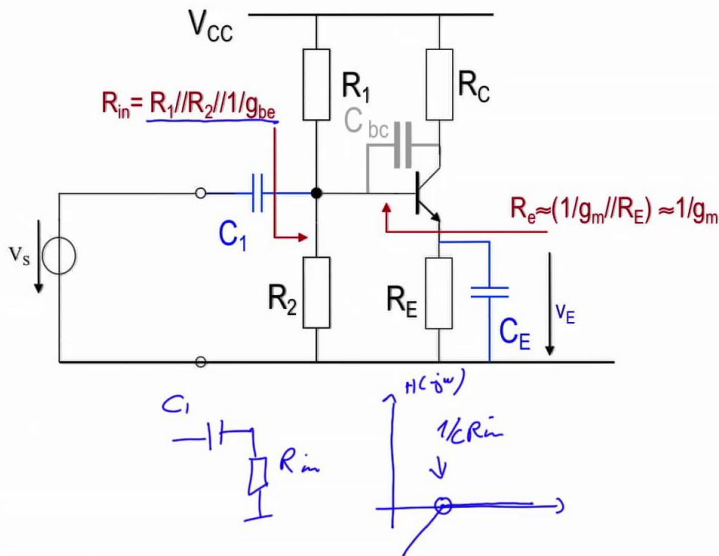
Notes

Summary



12m 45s

# Réponse basse fréquence d'un émetteur commun



Il y a deux pôles basses fréquences :

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = \frac{1}{2\pi C_1 \left( \frac{1}{g_{be}} \parallel R_2 \parallel R_1 \right)}$$

$$f_{p2} \approx \frac{1}{2\pi C_E \left( \frac{1}{g_m} \parallel R_E \right)} \approx \frac{g_m}{2\pi C_E}$$

Electronique II

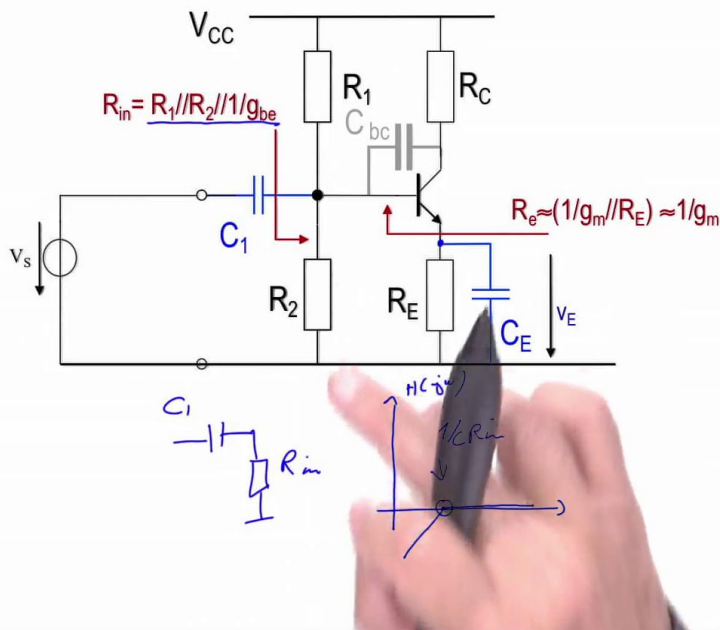
Donc tout mon montage, il devient une résistance équivalente. Alors si je dessine dessous mon circuit équivalent, je vais me trouver avec une capacité  $C_1$  et une résistance d'entrée et cette résistance d'entrée est  $R_{in}$ . Et ça c'est un circuit RC de nature passe haut, donc dans un diagramme de Bode il va me créer un  $H(j\omega)$  qui a un pôle qui va apparaître à  $1 / CR_{in}$ . Donc je me trouve avec cette pulsation qui me crée justement la limitation en basse fréquence. Est ce que c'est l'unique capacité ? Non, il y a une deuxième. Cette capacité-ci, son expression est là, donc on voit que l'impédance d'entrée c'est ce que j'ai noté ici, donc le  $R_{in}$  c'est ce qu'on a calculé. Bien-sûr j'ai considéré qu'à ce moment-là que la capacité  $C_E$  est en train d'agir, donc j'ai mis l'émetteur à la masse sinon j'aurais dû écrire en plus que... que l'expression  $1 / G_{BE} R_1$  parallèle avec  $R_2$  parallèle à  $\beta I / G_{BE} + \beta R_E$  mais j'ai considéré qu'il n'y pas de composante dans la résistance  $R_E$  que c'est déjà court-circuité par la capacité. Nous avons l'habitude de faire ça c'est-à-dire, on découple quand on résout ce genre de problème, l'effet de deux capacités qui est bien-sûr une approximation parce que si les deux fréquences de coupure sont proches il y a la contribution de l'une des capacités par rapport à l'autre.

Notes

Summary



# Réponse basse fréquence d'un émetteur commun



Il y a deux pôles basses fréquences :

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = \frac{1}{2\pi C_1 \left( \frac{1}{g_{be}} || R_2 || R_1 \right)}$$

$$f_{p2} \approx \frac{1}{2\pi C_E \left( \frac{1}{g_m} || R_E \right)} \approx \frac{g_m}{2\pi C_E}$$

Electronique II

Etant donné que nous nous sommes intéressés quand on fait ce genre d'amplificateur à la partie plate de ces caractéristiques, c'est quand on a le gain donc on considère que aussi bien l'effet de cette résistance et cette capacité ou bien toute cette résistance et cette capacité on l'assimile comme si l'une a déjà agi et on calcule pour l'autre et on superpose les deux effets dans un diagramme de Bode. Maintenant si je dois appliquer la même chose et je regarde l'effet de cette capacité. Pareil ! Je pose mon doigt là où j'ai le nœud de ma capacité et tout le reste de mon circuit je le transforme en une résistance équivalente. Donc je dois regarder la résistance équivalente que je vois depuis ici. En ayant bien sûr le montage ou le schéma équivalent à AC, je sais que sans la résistance  $R_E$  ce que je vois depuis ici c'est approximativement de l'ordre de  $1 / G_m$ , sinon il y a le  $R_1$  parallèle avec  $R_2$  divisé par... pardon,  $R_1$  parallèle avec  $R_2$  multiplié par  $\beta$  qui vont me donner aussi une résistance qui vient en parallèle?

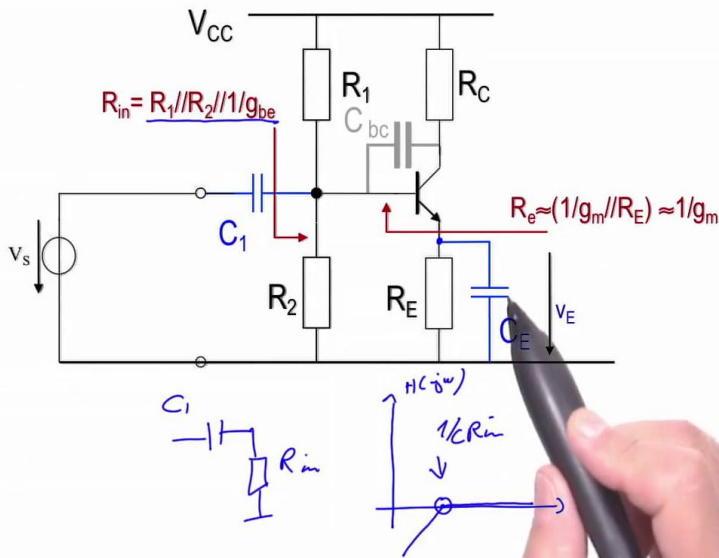
Notes

Summary



15m 41s

# Réponse basse fréquence d'un émetteur commun



Il y a deux pôles basses fréquences :

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = \frac{1}{2\pi C_1 \left( \frac{1}{g_{be}} // R_2 // R_1 \right)}$$

$$f_{p2} \approx \frac{1}{2\pi C_E \left( \frac{1}{g_m} // R_E \right)} \approx \frac{g_m}{2\pi C_E}$$

Electronique II

mais on considère que le  $1 / G_M$  c'est la plus petite résistance-là et quand vous mettez une résistance  $R_E$  en parallèle il faut en tenir compte donc si il y a  $R_E$  parallèle avec  $1 / G_M$  parallèle avec l'effet de ces 2 résistances et bien vous allez trouvé une résistance équivalente ici Et ça je pense que un étudiant qui a suivi le cours jusqu'ici sait calculer la résistance équivalente AC en un nœud. Dans cet exemple là, c'est l'approximation nous ramène à  $1 / G_M$  parallèle avec  $R_E$  et j'ai négligé  $R_E$  parce que assez souvent, c'est une résistance beaucoup plus élevée que le  $1 / G_M$  donc ce qui domine c'est la résistance la plus petite c'est  $1/G_M$ . Donc de nouveau, j'ai ici la contribution de  $1/G_M$  et la capacité  $C_E$  et je vais trouver avec un deuxième pôle le  $G_M / 2 \times \pi / E \times C_E$  et je trouve ici un effet pour la basse fréquence, ici un autre effet pour la basse fréquence, je ramène ça dans mon diagramme de Bode et ça va me montrer à partir de quel pôle je commence à avoir dans le diagramme asymptotique la partie qui est plate, donc à partir d'où mon amplificateur agit comme un amplificateur émetteur commun avec limitation en basse fréquence due à ce nœud là et ce nœud-là et une limitation haute fréquence qui est due à cette capacité parasite qu'on vient de voir avant.

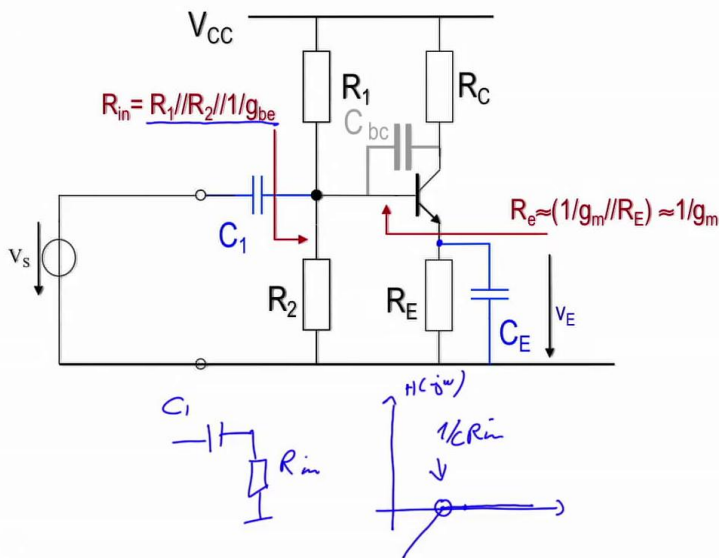
Notes

Summary





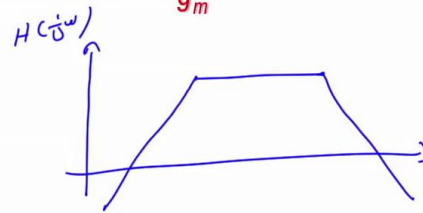
# Réponse basse fréquence d'un émetteur commun



Il y a deux pôles basses fréquences :

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = \frac{1}{2\pi C_1 \left( \frac{1}{g_{be}} \parallel R_2 \parallel R_1 \right)}$$

$$f_{p2} \approx \frac{1}{2\pi C_E \left( \frac{1}{g_m} \parallel R_E \right)} \approx \frac{g_m}{2\pi C_E}$$



Electronique II

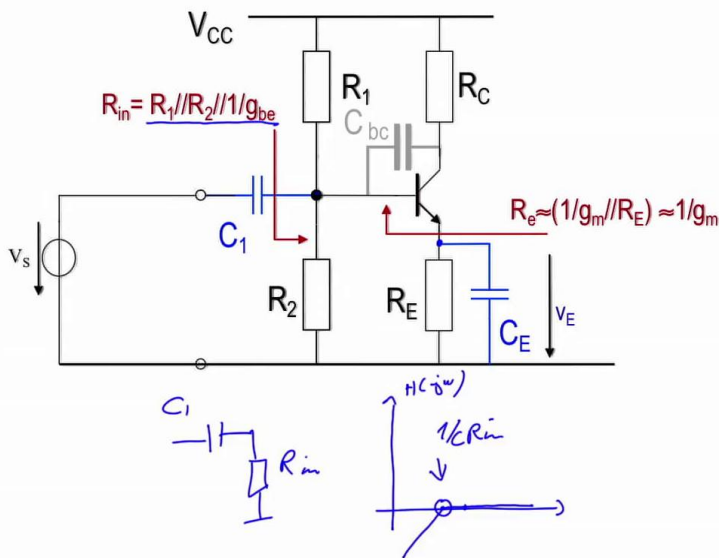
Donc là, la bande passante d'un amplificateur comme ça  $H(j\omega)$  il va avoir un gain ici qui est proportionnel à  $G_m$  fois la résistance de charge et qui va avoir une contribution ici de ces deux pôles pour les basses fréquences et ici la contribution de cette capacité pour la haute fréquence. Donc la bande passante est délimitée par ces deux pôles et par le pôle qui est dû à cette capacité pour les hautes fréquences. Et ça y est, quand on demande de regarder la réponse en fréquence, on calcule ces deux pôles et on calcule l'autre. Alors j'attire votre attention que très souvent pour calculer  $C_1$  et pour calculer  $C_E$  et bien on est amené à faire aussi ces calculs. Si on veut créer nous-même ces pôles basses fréquences et bien on est amené à regarder la valeur  $C_1$  quand on met une valeur pour  $f_{p1}$   $R_{in}$  on le connaît par la polarisation et ça je pense que vous savez très bien le calculer et bien ça vous donnerai la valeur de  $C_1$  et si vous imposez une valeur pour... le pôle qui apparaît ici et bien c'est à vous de calculer  $C_E$  connaissant le  $1/G_m$  que vous possédez de votre montage. Et voilà, c'est comme ceci qu'on calcule la réponse en fréquence basse et haute.

Notes

Summary



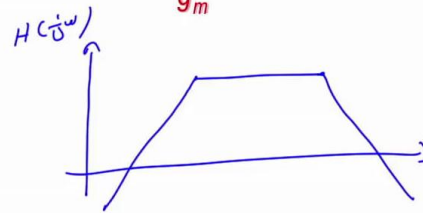
# Réponse basse fréquence d'un émetteur commun



Il y a deux pôles basses fréquences :

$$f_{p1} = \frac{1}{2\pi C_1 R_{in}} = \frac{1}{2\pi C_1 \left( \frac{1}{g_{be}} || R_2 || R_1 \right)}$$

$$f_{p2} \approx \frac{1}{2\pi C_E \left( \frac{1}{g_m} || R_E \right)} \approx \frac{g_m}{2\pi C_E}$$



Electronique II

C'est exactement la même chose qu'on aurait fait avec le montage base commune ou collecteur commun, il y a pas de différence, c'est toujours on pose notre stylo à chaque endroit où une capacité, et on calcule le pôle là où il y a cet effet et pareil, on fait ici pour trouver donc on a une deuxième capacité on regarde dans ce nœud là, tout le reste se résume à une résistance. Pareil ici, tout le reste se résume à une résistance et on calcule le C fois cette résistance ou le C fois la résistance équivalente qui apparaît dans ce nœud-là.

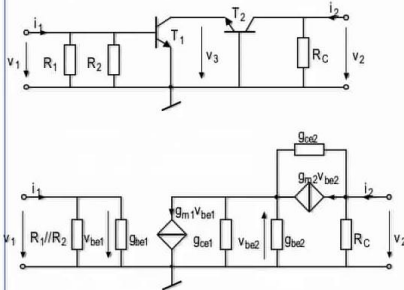
Notes

Summary



# Amplificateur Cascode

## • Schéma petits signaux de principe

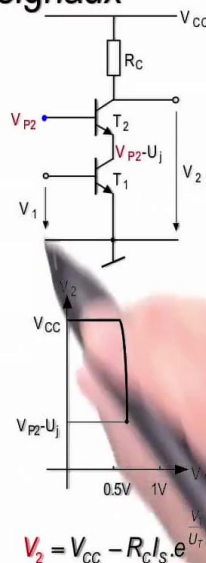


$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

$$R_{out} = \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \approx R_C \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

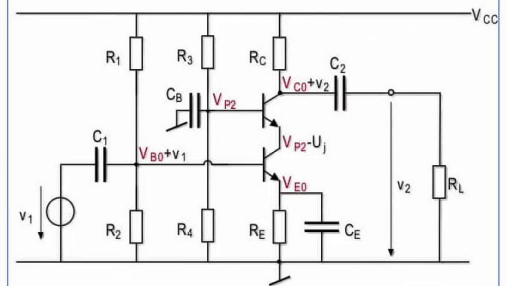
$$A_{v0} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \right) \approx -g_{m1} R_C \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

## • Schéma grands signaux



$$V_2 = V_{CC} - R_C I_{S1} e^{\frac{V_1}{U_T}}$$

## • Schéma Complet



$$V_{P2} \geq V_{B0} + U_j$$

Electronique II

Pour améliorer le montage émetteur commun en tout cas pour cette histoire de capacité Miller, on fait recours à un amplificateur qu'on a déjà étudié on l'appelle l'amplificateur Cascode. le montage Cascode tel qu'il était présenté il y a quelques semaines en arrière, c'est démontré que j'ai un montage émetteur commun mais je le mets tout de suite après... je mets tout de suite après l'émetteur commun une base commune. C'est parmi l'utilisation de la base commune la plus courante, c'est dans les montages Cascode c'est qu'il va venir après le montage émetteur commun vous pouvez le voir ici ou là, ici vous voyez votre émetteur commun il est en série avec un montage base commune pourquoi base commune ? Parce que la base est en potentiel fixe. Là j'applique  $V_{p2}$  donc ce potentiel là, et il est à une masse que j'ai créé moi-même et c'est là où je le réalise.

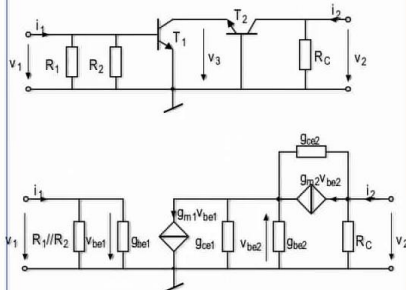
Notes

Summary



# Amplificateur Cascode

## • Schéma petits signaux de principe

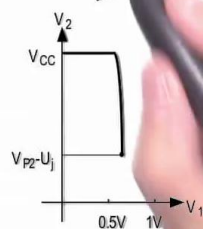
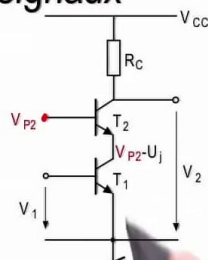


$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

$$R_{out} = \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \approx R_C \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

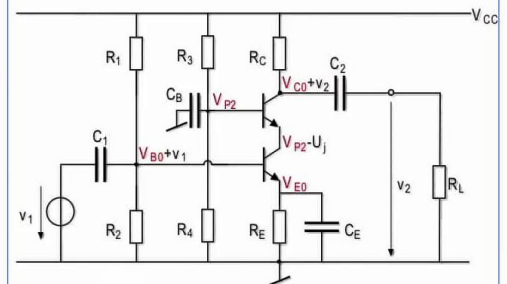
$$A_{V0} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \right) \approx -g_{m1} R_C \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

## • Schéma grands signaux



$$V_2 = V_{CC} - R_C I_{S1} e^{U_1/U_T}$$

## • Schéma Complet



$$V_{P2} \geq V_{B0} + U_j$$

Electronique II

Je prends le montage base commune, je lui impose un potentiel fixe par un diviseur résistif, la même chose que j'ai fait pour l'émetteur commun pour le polariser je calcule un potentiel DC que j'appelle  $V_{p2}$  j'applique ici, je mets généralement aussi une capacité de découplage, c'est le même effet que cette capacité, c'est une capacité assez grande qu'on utilise là pour que cette capacité quand elle est chargée impose un potentiel quasi stable qui ne bouge pas ici donc c'est pratiquement une source de tension DC on a fait pareil pour ce potentiel et on vient prendre notre émetteur commun et on met à travers ceci le montage base commune avant de venir charger. Donc en réalité vous voyez votre charge au lieu que la charge soit juste sur le collecteur, elle se retrouve après la base commune, donc dans le collecteur de la base commune. La sortie de l'émetteur commun entre dans l'entrée de la base commune, vous voyez la base elle est en commun entre l'entrée et la sortie comme ici l'émetteur est en commun entre l'entrée et la sortie, on a déjà calculé tout ceci donc ça vous le savez, vous savez comment on calcule l'impédance d'entrée, l'impédance de sortie et le gain de ce montage.

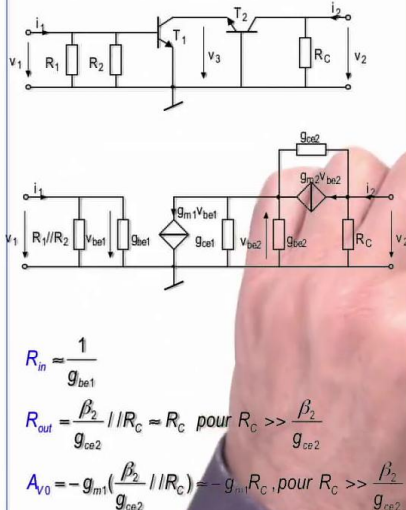
Notes

Summary

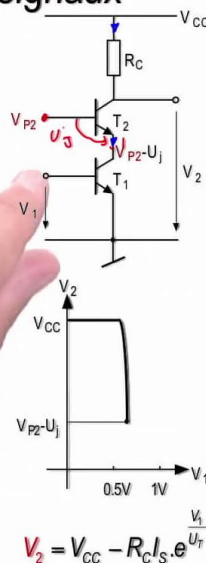


# Amplificateur Cascode

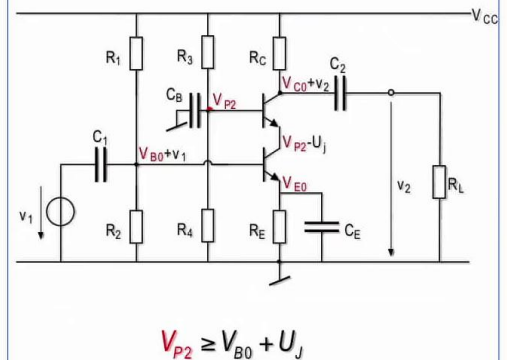
## • Schéma petits signaux de principe



## • Schéma grands signaux



## • Schéma Complet



Electronique II

Je vais commenter tout à l'heure à quoi ça sert et pourquoi. Simplement, j'aimerais attirer l'attention pour ceux qui doivent faire la polarisation. ce qui va se passer avec votre collecteur de l'émetteur commun qui est ici, il va se trouver avec un potentiel assez stable. Lorsque vous imposez un potentiel VP2 sur la base de votre base commune, c'est ce VP2, vous chutez cette tension d'une valeur UJ, vous vous retrouvez avec VP2-UJ, donc ce VP2-UJ ne c'est pas sensé bouger c'est sensé rester stable, donc le collecteur de votre transistor n'est pas en train de voir un signal DAAC qui bouge, il est pratiquement stable DC. Qu'est ce qui bouge dans cette histoire ? Vous mettez une tension V1 là, vous la convertissez par l'effet transistor en un courant. Donc votre courant que je vais dessiner en bleu, c'est ce courant Δi qui est là c'est le même qu'il y a à peu près ici. Donc quand vous faites varier V1, vous faites varier i et ce courant à travers le montage base commune qui est un suiveur en courant, le courant qui rentre dans le collecteur c'est le même que dans l'émetteur, il va se trouver directement renvoyé depuis conversion tout ce tension courant courant dans la charge, donc on dirait que la charge elle est connectée au collecteur.

Notes

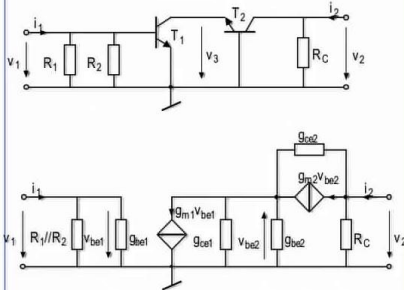
Summary



22m 27s

# Amplificateur Cascode

## • Schéma petits signaux de principe

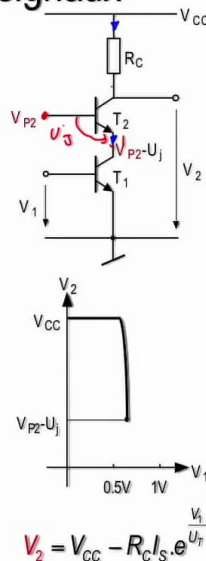


$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

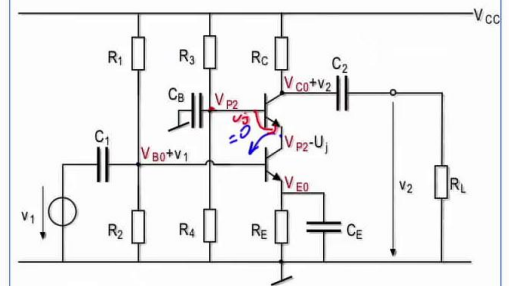
$$R_{out} = \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \approx R_C \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

$$A_{v0} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \right) \approx -g_{m1} R_C, \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

## • Schéma grands signaux



## • Schéma Complet



$$V_{P2} \geq V_{B0} + U_j$$

Electronique II

Mais est ce que le collecteur bouge ? Non ! Le collecteur, il est quasi stable, il ne bouge pas grâce à cette polarisation. Quelle est la valeur minimale que je peux imposer ici ? Cette valeur minimale de cette tension, elle est égale à la tension que donc généralement cette tension que vous voyez là quand elle est égale à cette tension qui est ici votre transistor est au seuil de la saturation donc le minimum que je peux imposer à ce VP2 c'est quand VP2 est égale à VB0 + Uj, c'est ce que j'ai noté ici, ça c'est le vraiment le minimum. Si vous regardez VP2 quand vous imposez une tension DC ici, si vous avez une différence de tension ici de là à là égale zéro c'est possible pour un transistor, c'est que votre transistor est au seuil de saturation, vous allez avoir une tension Uj ici et vous trouvez la tension VP2 donc ce que je note là VP2 = AVB0 plus la tension Uj qu'on a de là à là. et ça c'est le minimum. Donc c'est pour ça que j'écris en DC la valeur de ce VP2 en fonction de VB0 si quelqu'un vous demande de polariser ça quand vous imposez VB0 vous devez à tout prix respecter cette règle sinon votre transistor est saturé donc c'est la valeur minimale qu'on peut tolérer dans ce genre de montage.

Notes

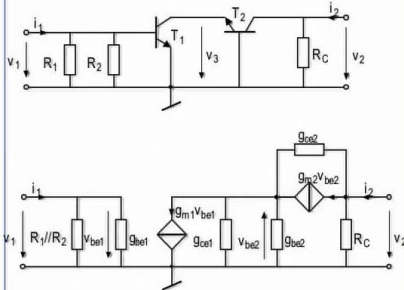
Summary





# Amplificateur Cascode

## • Schéma petits signaux de principe

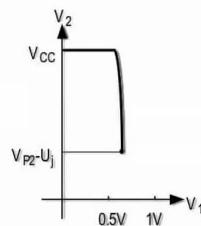
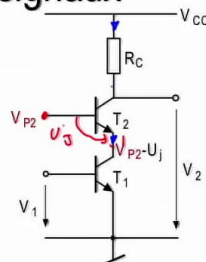


$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

$$R_{out} = \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \approx R_C \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

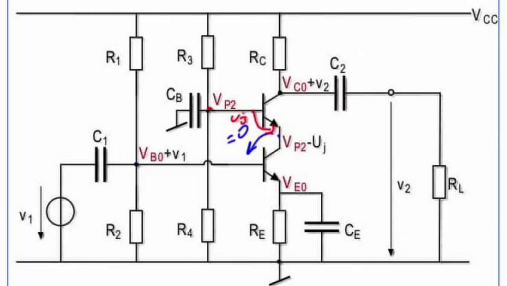
$$A_{v0} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce2}} \parallel R_C \right) \approx -g_{m1} R_C, \text{ pour } R_C \gg \frac{\beta_2}{g_{ce2}}$$

## • Schéma grands signaux



$$V_2 = V_{CC} - R_C I_{S1} e^{\frac{V_1}{U_T}}$$

## • Schéma Complet



$$V_{P2} \geq V_{B0} + U_J$$

Electronique II

Voilà ce montage, on va l'analyser maintenant avec les avantages qu'il possède par rapport à un émetteur commun. Sachant que son impédance d'entrée c'est la même chose que le montage émetteur commun. Quand vous mettez une résistance  $R_C$ , vous vous allez voir avec un gain qui est assez similaire à un montage émetteur commun alors si la résistance est passive bien sûr. On verra tout à l'heure avec la (INAUDIBLE) active, Mais alors quel est l'avantage ? L'impédance de sortie, bah l'impédance de sortie, c'est celle que je vois ici c'est l'équivalent à  $R_C$  comme impédance de sortie. Donc finalement c'est quoi ? Ça à l'air la même chose que l'émetteur commun ? Non, c'est l'effet Miller qui donne l'avantage à ce montage.

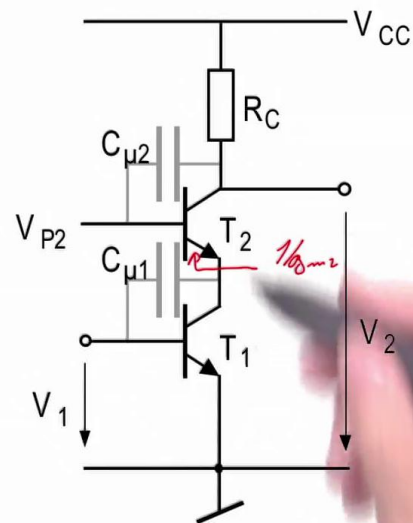
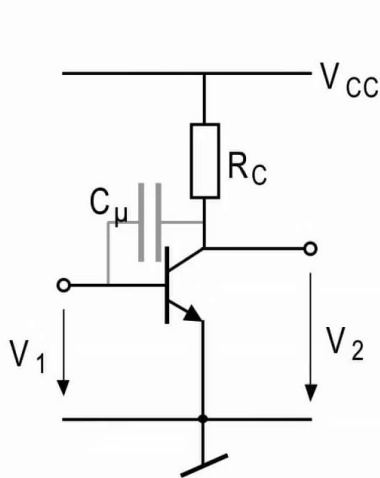
Notes

Summary





# Réponse en fréquence d'un émetteur commun



✓ Réponse en fréquence du montage Cascode est nettement plus élevée que celle de l'émetteur commun

Electronique II

La réponse en fréquence d'un émetteur commun a souffert par cette capacité parasite. Ecoutez bien ce que je vais dire, elle s'est retrouvée entre l'entrée et la sortie parce que l'entrée était là et la sortie était là et je me suis trouvé avec un élément parasite que chaque fois que je veux faire un gain, ce composant apparaît à l'entrée multiplié par le gain et me limite la bande passante de l'ampli. Venez ici. Si le gain reste le même, l'impédance d'entrée est la même ou la même, l'impédance de sortie est la même, mais cette capacité n'est plus entre l'entrée et la sortie, j'entre ici, je sors là et là moi je ne vois pas une capacité parasite entre ce nœud là et ce nœud là. Même si le transistor possède une capacité parasite de là à là, mais c'est pas elle qui va se trouver ici. Maintenant viendrai le deuxième avantage : est ce que l'émetteur commun ici en tant que montage que vous voyez il est chargé par quoi ce montage ? L'impédance que je vois de là, cette impédance, c'est  $1/G_{m2}$ , en passant si T2 et T1 sont les mêmes, le courant d'essai qui les parcourt est le même, donc les Gm des deux transistors est le même. le Gm est  $iC_0$  sur  $U_t$ . Si c'est le même  $I_{C0}$  qui passe dans les deux, c'est le même Gm des deux transistors.

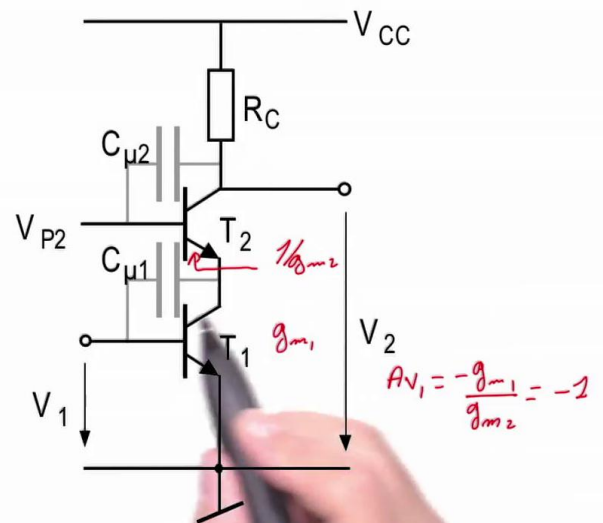
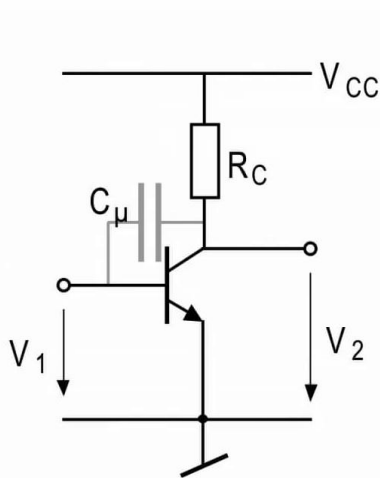
Notes

Summary



25m 58s

# Réponse en fréquence d'un émetteur commun



✓ Réponse en fréquence du montage Cascode est nettement plus élevée que celle de l'émetteur commun

Electronique II

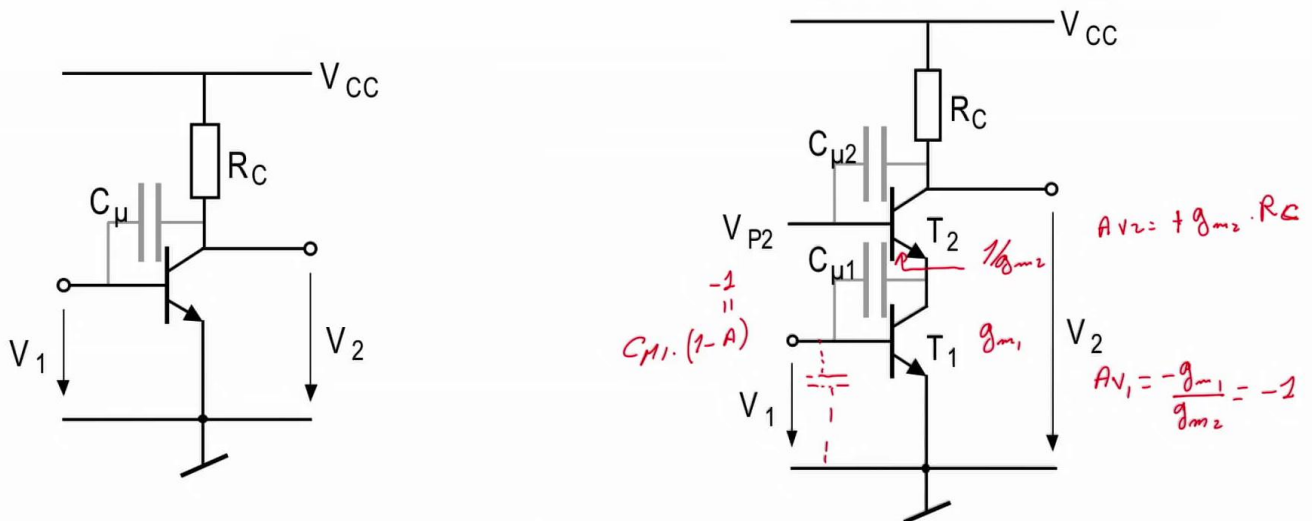
Donc ce transistor, il a une transconductance qui est  $G_{m1}$  et ce transistor il a  $1/G_{m2}$  et le gain de ce montage, celui d'en bas, le gain du montage  $A_{v1} = -G_{m1}$  fois la résistance qui voit dans la charge qui est  $1/G_{m2}$ . si les deux sont les mêmes donc ceci égal à -1. Le gain est égal à -1 et on vient de le voir tout à l'heure. Vous vous rappelez on a dit cette tension-là est égale à cette tension là en DC, donc s'il est en AC c'est un potentiel DC qui apparaît ici, donc finalement cette tension-là module le courant que le transistor le suit et le jette dans la résistance  $R_C$ , il se fait convertir en une tension à la sortie et qui va agir sur  $V_2$ . Maintenant quel est le gain de...

Notes

Summary



# Réponse en fréquence d'un émetteur commun



✓ Réponse en fréquence du montage Cascode est nettement plus élevée que celle de l'émetteur commun

Electronique II

donc si le gain de  $Av_1$  de ce montage égal à -1, le gain de l'étage d'en haut je l'appelle  $Av_2$ , c'est  $-G_{m2}$  multiplié par la résistance  $R_C$  ou  $R_L$ , donc ce gain est la même chose qu'un émetteur commun multiplié par -1, pardon là il y a un signe + donc le gain global des deux c'est  $Av_1$  fois  $Av_2$ , c'est exactement la même chose qu'un émetteur commun mais l'effet Miller est nettement moins important parce que cette même capacité multipliée par un gain est égale à -1 on rappelle que la capacité équivalente Miller qui apparaît à l'entrée va être égale à cette capacité c'est  $C_{\mu 1}$  multiplié par le  $1 - A$  et  $A$  égal à -1, donc -1 avec le moins ça devient plus, et c'est pas le gain total que donc cette capacité c'est deux fois plus deux fois  $C_{\mu 1}$  et c'est pas le gain total que vous aurez fait avec le montage. Donc on a gagné largement dans le pôle haute fréquence ou cette capacité limite mais elle limite vraiment à des valeurs nettement basses que ce qu'on aurait obtenu avec un gain réalisé avec l'émetteur commun ici et le gain de tout l'ensemble aurait multiplié la capacité  $C_{\mu}$ . Donc la réponse en fréquence du montage Cascode est nettement plus élevée que celle de l'émetteur commun et à notre avantage quand on veut réaliser des gains extrêmement élevés.

Notes

Summary

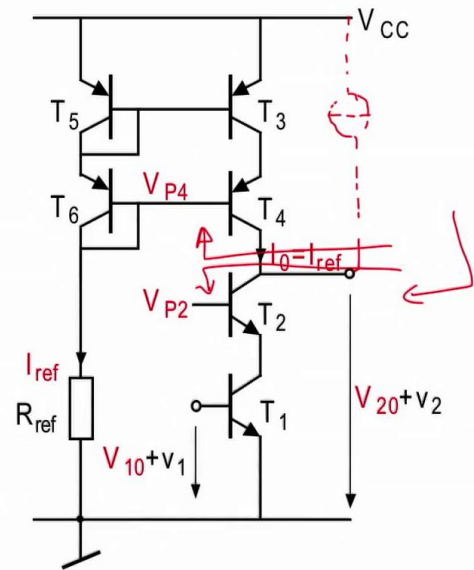


# Amplificateur cascode à charge active

$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

$$R_{out} \approx \frac{\beta_2}{g_{ce1}} \parallel \frac{\beta_4}{g_{ce3}}$$

$$A_{V0} = -g_{m1} R_{out} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce1}} \parallel \frac{\beta_4}{g_{ce3}} \right)$$



Electronique II

Cet avantage se voit quand on remplace la charge active. Vous vous souvenez que quand on utilise une charge active, nous faisons des charges actives pour obtenir une impédance ici qui est quasi infini. Si votre montage émetteur commun est un montage Cascode, celui qu'on vient d'analyser. Et là l'équivalent de ça, c'est une source de courant qu'on vient brancher ici. Donc si vous venez faire ça, le gain il est vraiment boosté et qui devient très très grand parce que la charge passive c'est  $G_m \times R$ , mais là la résistance, elle est l'impédance de sortie que je vois depuis là  $R_{out}$  c'est cette impédance que je vois ici en parallèle avec l'impédance que je vois là. Et cette impédance que je vois ici, je vous laisse aller vérifier, c'est  $\beta_4$  sur  $G_{ce3}$ , c'est de cet ordre de grandeur, celle que je vois en bas c'est  $\beta_2$  sur  $G_{ce1}$ . Donc la mise en parallèle de ces deux vous donne une impédance de sortie extrêmement élevée comparée à un montage émetteur commun où on aurait pas vu le  $\beta$  qui multiplie le gain, on aurait trouvé  $1/G_{ce1}$ . Donc dans ce genre de montage vous voyez qu'on arrive à vraiment aboutir à des gains extrêmement élevés avec une sortie qui est en courant parce que on a une impédance très élevée et un gain qui peut tendre vers des valeurs très élevées.

Notes

Summary



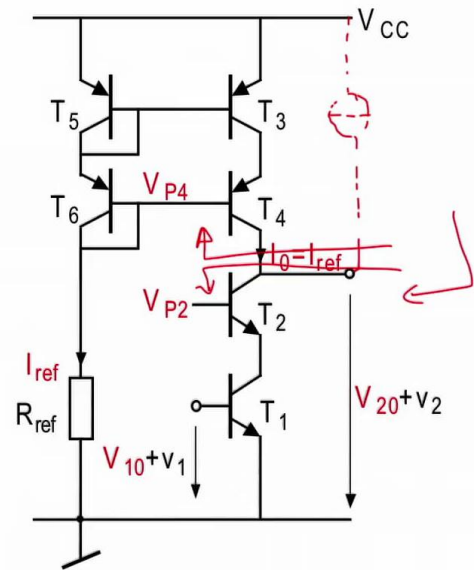
29m 50s

# Amplificateur cascode à charge active

$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

$$R_{out} \approx \frac{\beta_2}{g_{ce1}} \parallel \frac{\beta_4}{g_{ce3}}$$

$$A_{v0} = -g_{m1} R_{out} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce1}} \parallel \frac{\beta_4}{g_{ce3}} \right)$$



Electronique II

L'impédance d'entrée c'est la même chose que l'émetteur commun, donc l'impédance de sortie c'est elle qui va influencer le gain et ce qui explique avec ça on ferait des gains très élevés on appelle ça OTA amplificateur à transconductance.

Notes

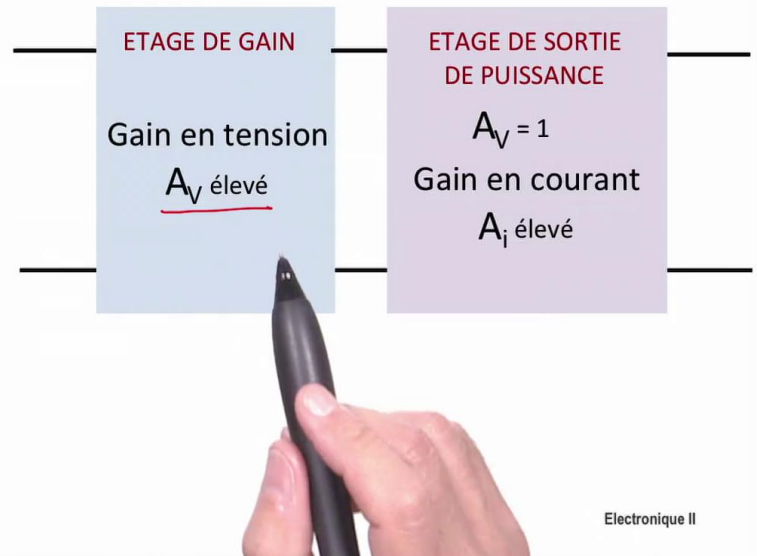
Summary



# Etages de sortie des amplificateurs

- L'étage de sortie:

- Impédance d'entrée doit être élevée pour ne pas affecter le gain de l'étage précédent.
- Impédance de sortie doit être faible pour attaquer des charges de faible impédances.
- Faible consommation.
- Large bande fréquentielle.



Electronique II

Voilà terminé tout ce qui était lié à ces genres d'étages, on a analysé les montages émetteur commun et son amélioration par le montage Cascode, donc vous avez vu que souvent sous gain en tension on parle de l'émetteur commun ou de Cascode, vous verrez plus tard on peut parler aussi de montage différentiel, ça va venir la semaine prochaine, n'empêche que quand on fait un gain en tension, je vais revenir sur le slide d'avant et juste signaler ce qu'on vient de voir et de comprendre, quand on veut faire un gain très élevé, on est amené à voir la chose suivante, regardez bien ceci : là dans ce montage on se retrouve avec un gain dont l'impédance de sortie est très très élevée donc si vous voulez mettre en parallèle avec ce montage une impédance faible, vous allez dégrader son gain.

Notes

Summary

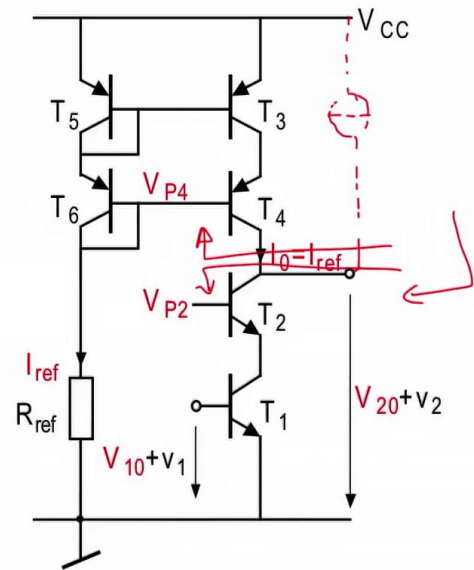


# Amplificateur cascode à charge active

$$R_{in} = \frac{1}{g_{be1}}$$

$$R_{out} \approx \frac{\beta_2}{g_{ce1}} \parallel \frac{\beta_4}{g_{ce3}}$$

$$A_{v0} = -g_{m1} R_{out} = -g_{m1} \left( \frac{\beta_2}{g_{ce1}} \parallel \frac{\beta_4}{g_{ce3}} \right)$$



Electronique II

Donc imaginez que quelqu'un viendrait brancher sur ce nœud là une résistance faible qui appartient à un étage qui viendrait après. et bien cette impédance elle viendrait en parallèle et tout de suite votre gain s'écroule. Ce gain au lieu qu'il soit très élevé, on vient lui brancher une résistance faible donc il va tout de suite s'écrouler et on perd l'avantage de ce gain.

Notes

Summary

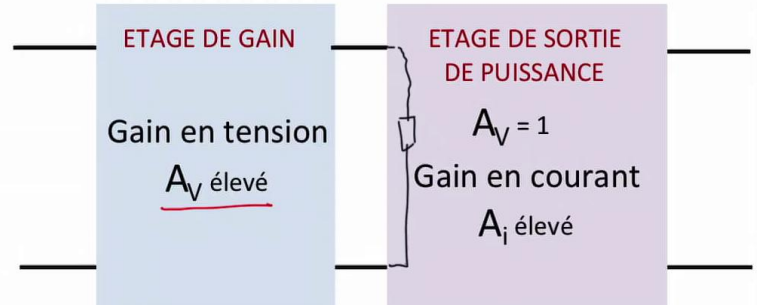




# Etages de sortie des amplificateurs

- L'étage de sortie:

- Impédance d'entrée doit être élevée pour ne pas affecter le gain de l'étage précédent.
- Impédance de sortie doit être faible pour attaquer des charges de faible impédances.
- Faible consommation.
- Large bande fréquentielle.



Donc ce que nous allons faire maintenant c'est de prendre nos étages de gains et souvent quand on fait des circuits intégrés, on réalise des gains, on les appelle des gains infinis donc très très grands et on a un amplificateur qui a fait le gain en tension. Donc n'importe quel étage qu'on vient l'attacher ici, si ce gain là ou cet étage là possède une impédance d'entrée qui va être ici d'une valeur finie qui vient se brancher à la sortie de ce montage qu'on vient de voir que l'avantage c'est la résistance de charge qui lui permet d'obtenir le gain, vous allez dégrader complémentent l'étage de gain et ça ne va pas. Donc on a besoin de ce qu'on appelle un étage de sortie qui se caractérise par une impédance d'entrée qui est censée être très élevée et surtout si vous voulez ici brancher une charge faible, si vous branchez une charge faible ici, vous allez vous retrouver avec le gain réalisé par cet étage, mais quand ça se transforme en une tension vous devez avoir un montage capable de fournir le courant nécessaire à cette charge qui permet à la tension qui apparaît à la sortie ne soit pas affecter par ça.

Notes

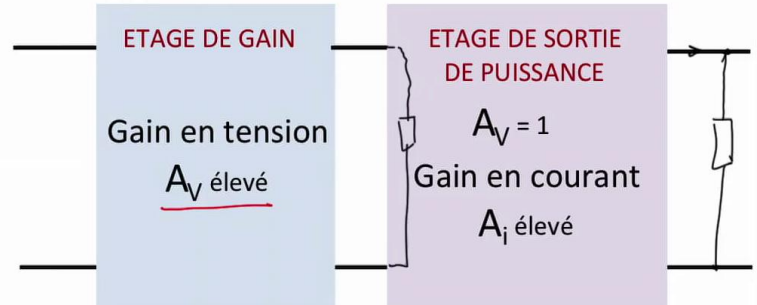
Summary



# Etages de sortie des amplificateurs

- L'étage de sortie:

- Impédance d'entrée doit être élevée pour ne pas affecter le gain de l'étage précédent.
- Impédance de sortie doit être faible pour attaquer des charges de faible impédances.
- Faible consommation.
- Large bande fréquentielle.



Electronique II

Donc on souhaiterait, avoir une sortie qu'on appelle une sortie en tension c'est-à-dire l'impédance de sortie de ce montage est très faible et même s'il ne fait pas de gain, donc même si la tension là et là sont les mêmes, on aimerait bien que l'impédance de sortie soit faible pour ne pas affecter ceci. Et on aimerait bien que son impédance d'entrée soit très élevée et le montage qui le fait c'est en effet le collecteur commun. Il se caractérise par une impédance d'entrée élevée une impédance de sortie faible, donc c'est le montage par excellence pour réaliser ce qu'on appelle l'étage de sortie ou l'étage de puissance. Donc je répète, l'impédance d'entrée doit être élevée pour ne pas affecter le gain, ce qu'on voit la doit être très élevé, l'impédance de sortie doit être faible pour pouvoir fournir un courant sans pour autant que la résistance qui vient ici limite ce courant. Et généralement comme partout on aimerait bien que ce soit faible consommation et que la bande passante soit très large.

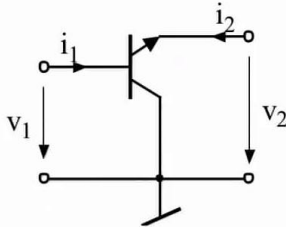
Notes

Summary



# Ampli. collecteur commun ou émetteur suiveur

## • Schéma petits signaux de principe

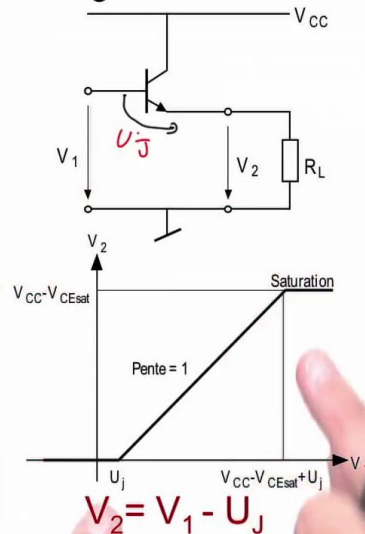


$$R_{in} \approx \frac{1}{g_{be}} + \beta R_L$$

$$R_{out} \approx \frac{1}{g_m}$$

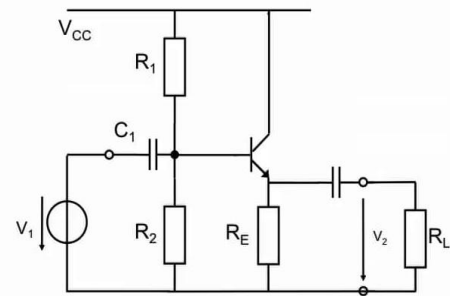
$$A_{v0} \approx \frac{g_m R_L}{1 + g_m R_L} \approx 1, \text{ pour } R_S = 0$$

## • Schéma grands signaux



$$V_2 = V_1 - U_J$$

## • Schéma Complet



$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{B0} - U_J}{R_E}$$

Electronique II

Pour vous rappeler ce qu'on avait étudié avant concernant l'amplificateur collecteur commun, c'est la réalisation complète, c'est-à-dire on le polarise comme tous les montages. On utilise cette résistance pour avoir un courant qui le parcourt, on impose un potentiel DC sur sa base, on couple l'accroissement sur la base, on peut coupler la sortie sur le collecteur et généralement ici on impose un potentiel fixe Dc sur le collecteur et on se retrouve avec ce fameux calcul qui nous permet d'imposer un courant constant. Donc présenté sous forme de grands signaux, la différence entre la tension V1 et V2, c'est la tension que vous voyez ici et qui est la tension Uj. donc cette tension et celle-ci se suivent avec une différence de tension Ube qui est de l'ordre de grandeur de Uj. Donc c'est ce que vous voyez sur cette courbe, ça c'est la caractéristique grands signaux, c'est que la tension V2 en fonction de V1 c'est simplement une droite avec un décalage par rapport à une droite qui aurait passé au centre donc qui aurait été comme ça pour que ce soit un suiveur parfait mais il est décalé à Uj parce qu'il faut faire conduire le transistor et voilà les caractéristiques AC l'impédance d'entrée est élevée parce que c'est  $1 / g_{be} + \beta \times R_L$ , vous verrez la semaine prochaine on va analyser comment on augmente ce  $\beta$  par un montage qu'on va appeler le Darlington.

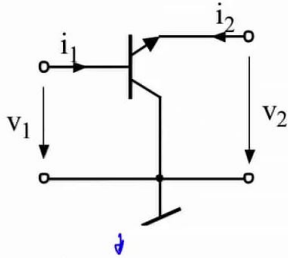
Notes

Summary



# Ampli. collecteur commun ou émetteur suiveur

## • Schéma petits signaux de principe

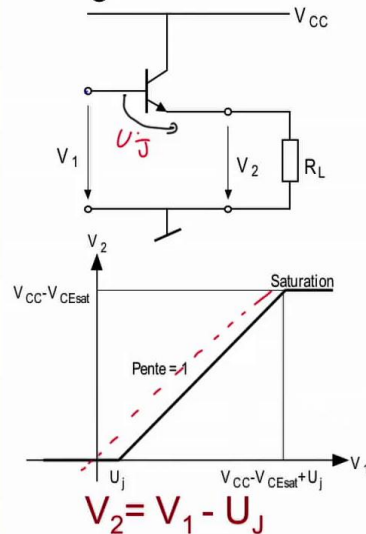


$$R_{in} \approx \frac{1}{g_{be}} + \beta R_L$$

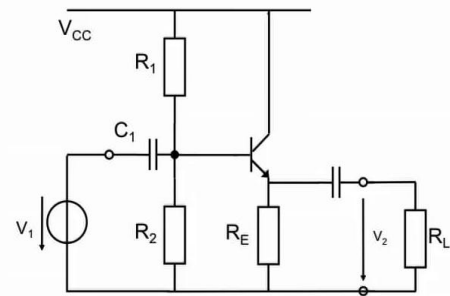
$$R_{out} \approx \frac{1}{g_m}$$

$$A_{v0} \approx \frac{g_m R_L}{1 + g_m R_L} \approx 1, \text{ pour } R_S = 0$$

## • Schéma grands signaux



## • Schéma Complet



$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{B0} - U_J}{R_E}$$

Electronique II

L'impédance de sortie est faible c'est ce qu'on cherche c'est l'impédance la plus faible qu'on puisse avoir à la sortie d'un transistor c'est celle qui apparaît depuis son émetteur et le gain est de l'ordre de 1. Donc cette tension là et celle-ci se suivent en accroissement avec un décalage donné de  $U_J$  donc c'est un gain qui est de la pente est de 45 degrés. Et voilà rappel de ce que c'est le collecteur commun.

Notes

Summary

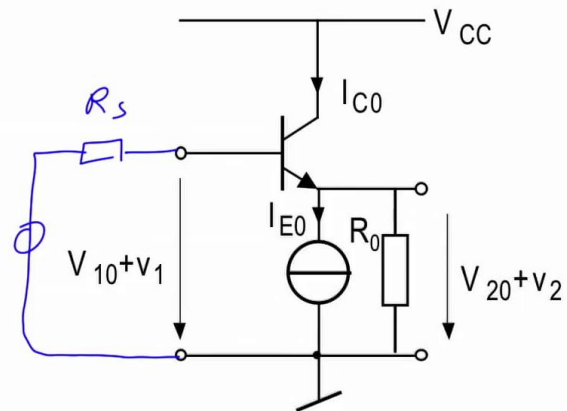


# Ampli. collecteur commun ou émetteur suiveur

$$R_{in} \approx \frac{1}{g_{be}} + \beta R_0 \approx \infty$$

$$R_{out} \approx \left( \frac{1}{g_m} + \frac{R_s}{\beta} \right) \parallel R_0$$

$$A_{v0} \approx \frac{g_m R_0}{1 + g_m R_0} \approx 1, \text{ pour } R_s = 0$$



Electronique II

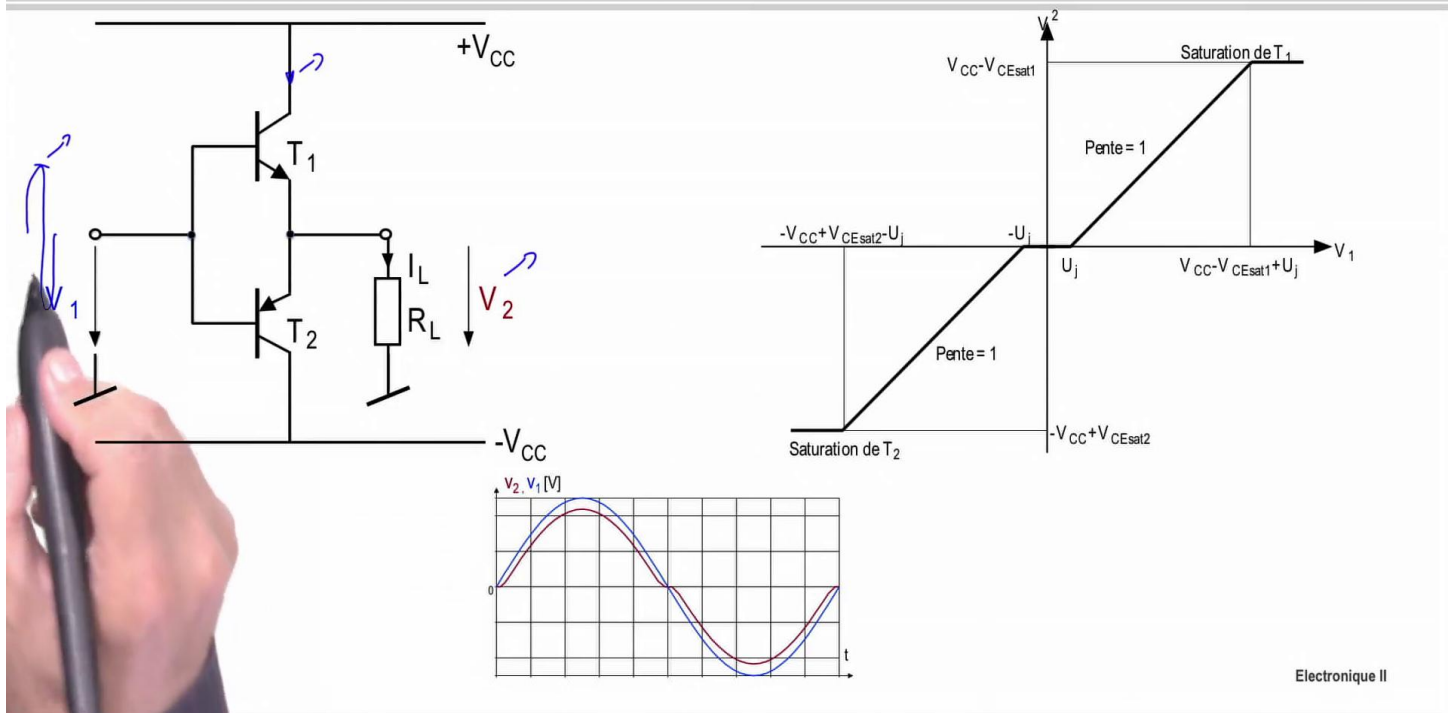
Très rapidement aussi, vous prenez le montage collecteur commun et on avait vu que partout on peut enlever la charge passive, mettre une charge active donc vous mettez un miroir de courant ici qui a une impédance  $R_0$ , vous retrouvez que l'impédance d'entrée elle se trouve vraiment boostée à des valeurs extrêmes parce que si  $R_0$  est très très élevé, vous vous retrouvez avec  $1/g_{be} + \beta R_0$  et bah si  $R_0$  est égale à l'infini c'est comme si vous étiez en train de dire que ceci est réellement infini donc l'impédance d'entrée devient extrêmement élevée. L'impédance de sortie va dépendre de cette résistance de charge et parallèle avec  $1/g_m$  et généralement c'est dominé par  $1/g_m$ . Qu'on est d'accord que la résistance  $R_s$  c'est si jamais vous avez une source de tension ici, ayant une résistance  $R_s$  qui fournit les accroissements. Donc ça c'est la résistance  $R_s$ , elle est divisée par le  $\beta$  et tout ça parallèle avec  $R_0$ ,  $R_0$  est très très élevé, donc ici quand vous mettez ça c'est faible, c'est  $R_s/\beta$  si le  $\beta$  est très élevé par rapport à avec  $R_s$  faible donc ce terme va disparaître donc le  $R_{out}$  va tendre très souvent vers  $1/g_m$  et finalement le gain c'est  $G_m R_0 / (1 + G_m R_0)$ , le  $G_m R_0$  étant donné que  $R_0$  est très grande résistance là si vous mettez infini donc vous négligez le 1  $G_m$   $G_m$  tombent, ça donne  $R_0$  sur  $R_0$  qui est de l'ordre de 1.

Notes

Summary



# Amplificateur Push-Pull non-linéarisé



Electronique II

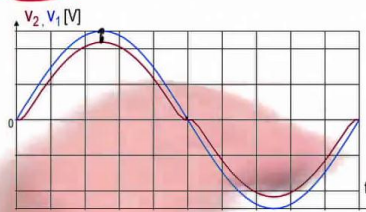
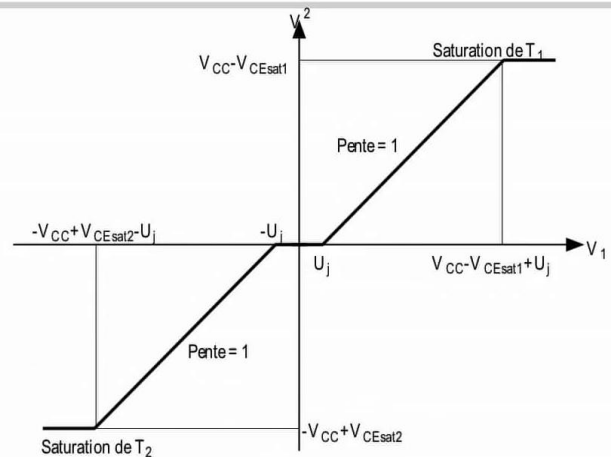
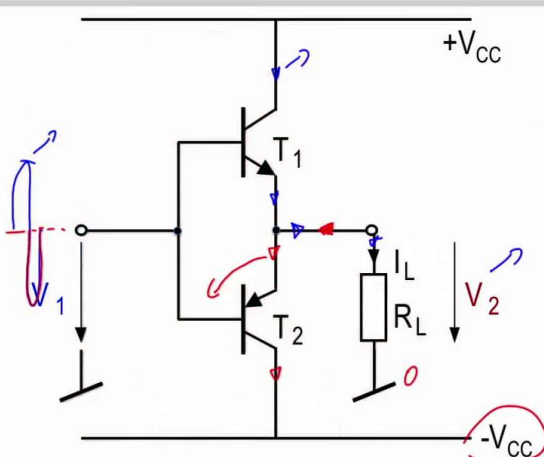
Une amélioration de montage Push-Pull dans des des applications spécifiques. Si vous prenez le montage collecteur commun, tout à l'heure je vous ai montré le montage collecteur commun vous allez imaginer que cette partie-là n'existe pas. Ça c'est un collecteur commun. Je vais entrer sur  $V_1$ , je vais avoir un transistor dont le collecteur est connecté à  $+V_{CC}$  et je lui mets une résistance contre la masse. Mais que se passe-t-il si je voudrai appliquer une tension qui par rapport à la masse elle peut avoir une composante positive, une composante négative et je voudrai vraiment avoir une masse et une valeur positive et une valeur négative et bien à ce moment-là on fait appel à deux montages collecteur commun. Regardez, ça c'est un collecteur commun de type NPN, ça c'est un collecteur commun de type PNP. Donc ici quand je monte la tension, le courant est ici quand la tension est en train de monter, le courant ici il va monter, cette tension  $V_2$  va monter avec. Si maintenant je suis de l'autre côté de ma composante, donc je suis par rapport à la masse ici, je baisse la tension, si je baisse cette tension ici, je descends avec cette valeur que je dessine en rouge, vous allez voir que cette tension est en train de baisser donc ce transistor il va bloquer et là je vais avoir cette jonction là qui va augmenter dans ce sens-là pour un transistor PNP.

Notes

Summary



# Amplificateur Push-Pull non-linéarisé



Electronique II

Donc il va tirer un courant que je dessine en rouge, je vais avoir le courant bleu qui entre à travers ce transistor, il va dans ce sens-là dans ma charge et je vais avoir le courant rouge qui va passer depuis la masse, il passe en rouge ici, il passe ici, il continue son chemin et il va vers une tension  $-V_{CC}$ . Donc il part de 0 à  $-V_{CC}$  ou il part de  $+V_{CC}$  à 0. Donc si vous mettez une tension de 5V et -5V, on comprend très très bien, c'est de 5V vers 0 que le courant va descendre dans le sens bleu et de 0 à -5 qui va passer vers le  $-V_{CC}$ . Et là votre alternance positive et négative, je dessine la tension d'entrée  $V_1$  que j'applique ici en bleu et je regarde ce qui se passe à la tension de sortie, regardez il y a toujours un décalage entre les deux d'une valeur de  $U_j$  parce que quand ce transistor va conduire regardez ça, si j'applique une tension égal à 0, je suis ici, c'est aucun de ces transistors qui vont conduire. Donc ici j'ai vraiment 0V. Il y a aucun courant ni le bleu ni le rouge, on le voit ici. on a dit qu'il y a un collecteur commun vers le haut, un collecteur commun vers le bas. Ce qui explique que j'ai une caractéristique grands signaux, collecteur commun vers le haut le NPN et le collecteur commun vers le bas donc le PNP.

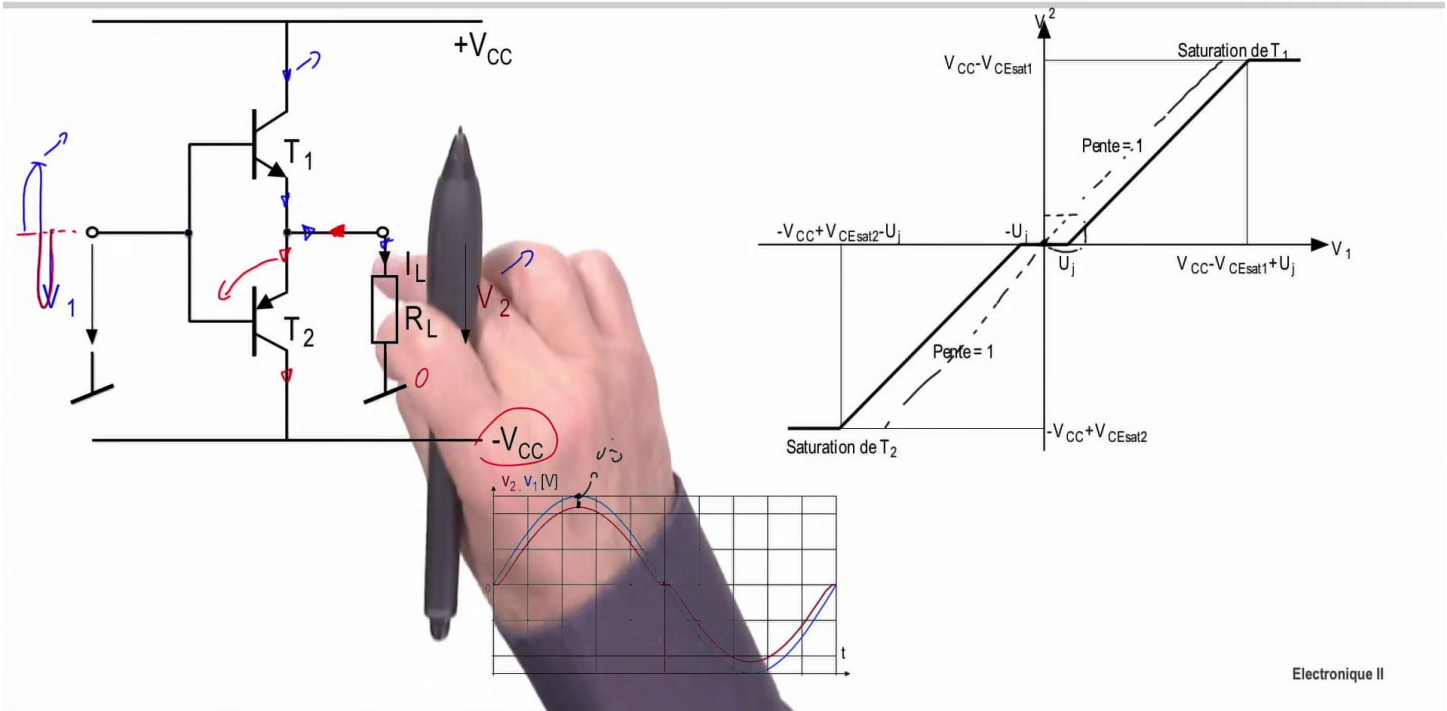
Notes

Summary





# Amplificateur Push-Pull non-linéarisé



Electronique II

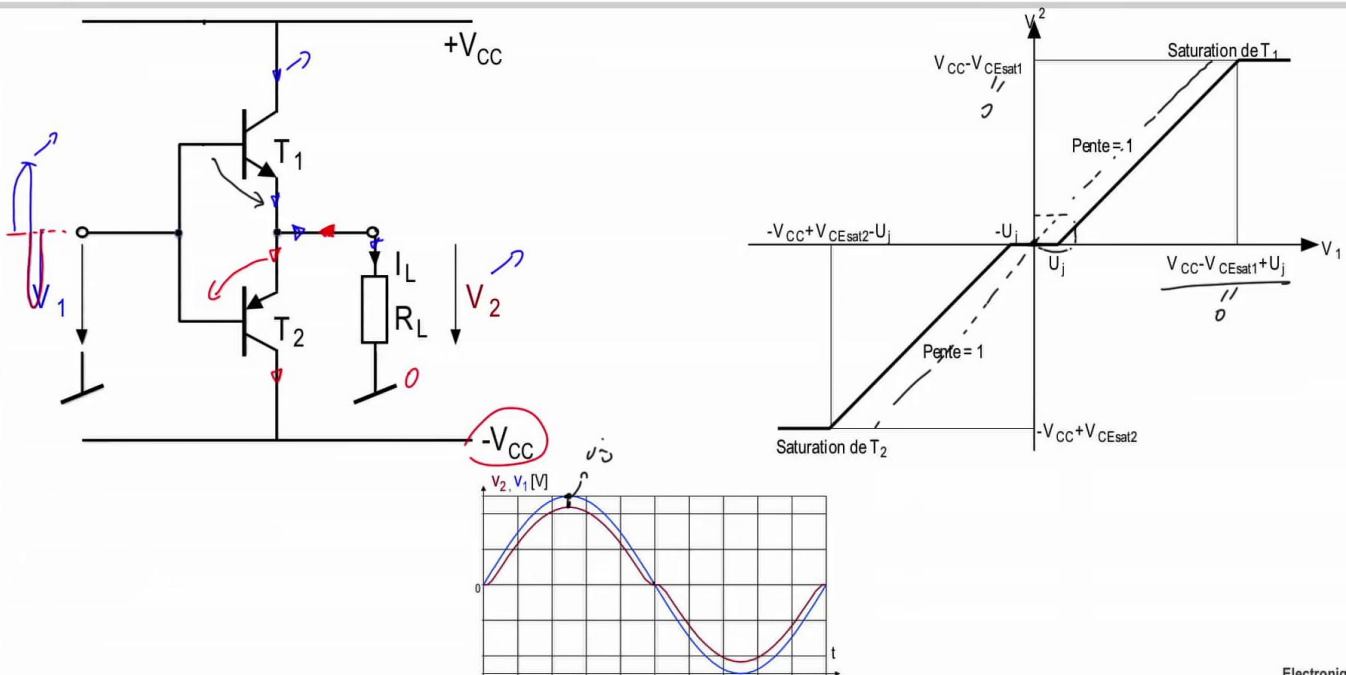
Et je les mets tous les 2 ensemble et ça va me faire toutes ces caractéristiques. Si j'ai une tension  $V_1$  égale à 0, j'ai rien qui conduit les deux sont bloqués. Quand j'augmente dans un sens là, je vais avoir un transistor qui va conduire et ça va être le NPN et je vais avoir un gain égal à 1 comme n'importe quel collecteur commun et j'ai le courant qui va passer donc en l'occurrence la tension  $V_2$  suivra la tension  $V_1$ . Pareil de l'autre côté, c'est la partie bleue mais j'ai tout le temps le décalage, n'oubliez pas que 45 degrés c'est cette droite là. Et ce que vous voyez là, il y a toujours un décalage et on le voit c'est cette tension  $U_j$  qui est entre l'entrée et la sortie. Ce qui est très intéressant dans ce genre de montage, je réfléchissais un peu, vous pouvez si vous arrivez à monter cette tension au-delà de la tension  $V_{CC}$ . Donc cette tension-là, elle devient pratiquement  $U_j$  supérieure à une tension de collecteur. Et bien vous allez avoir cette tension ici qui va arriver pratiquement à la limite de saturation de votre transistor et ce qui explique ce qui est écrit là.

Notes

Summary



# Amplificateur Push-Pull non-linéarisé



Electronique II

Là j'ai noté que la tension d'entrée  $V_1$  c'est  $V_{CC}$ , si vous mettez  $U_{CEsat} = 0$ , vous considérez que la tension de saturation est nulle, vous voyez que vous pouvez monter la tension  $V_1$  à  $V_{CC} + U_j$  et là d'habitude on arrive vers la tension d'alimentation mais réfléchissez un peu de votre côté qu'est ce qui se passe si vous montez cette tension légèrement supérieure à  $V_{CC}$  donc vous mettez  $V_{CC} + U_j$  et vous amenez la tension  $V_1$  à  $V_{CC} + U_j$ . Vous verrez que si ça est égal à 0, vous allez voir la tension  $V_2$  qui va atteindre  $V_{CC}$  et ça c'est la limite supérieure qui est la saturation de votre transistor. Sinon, si vous ne pouvez pas aller au-delà et bien la tension maximale que vous pouvez monter ici, vous allez avoir cette tension  $U_j$ . Et si vous montez jusqu'à vous amenez cette tension-là jusqu'à  $V_{CC}$ , la tension de sortie est toujours  $V_{CC} - U_j$  donc vous allez perdre  $U_j$  par rapport à ces rails d'alimentation. Voilà j'ai présenté le montage Push-Pull tel qu'il est présenté, le mot Push-Pull vient du fait que nous "push" on pousse le courant et on tire le courant "Push-Pull" de ce courant parce qu'il y a deux sens du courant.

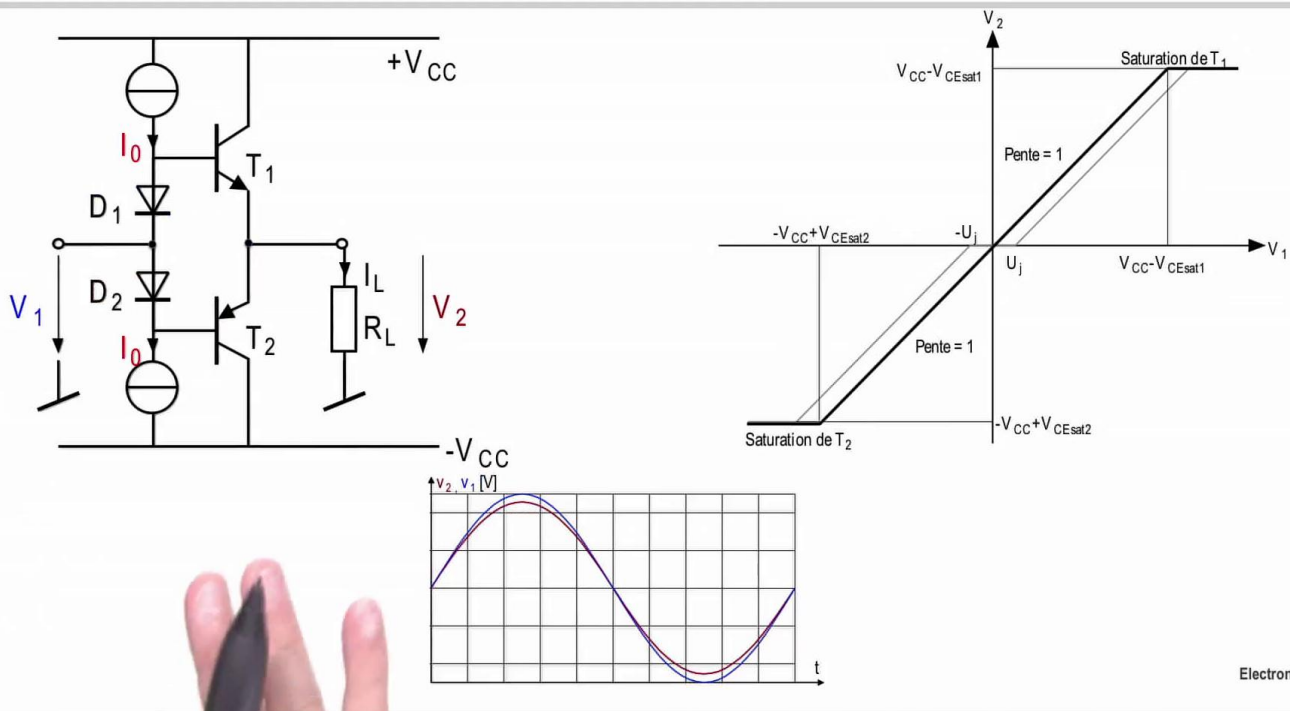
Notes

Summary



42m 35s

# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Electronique II

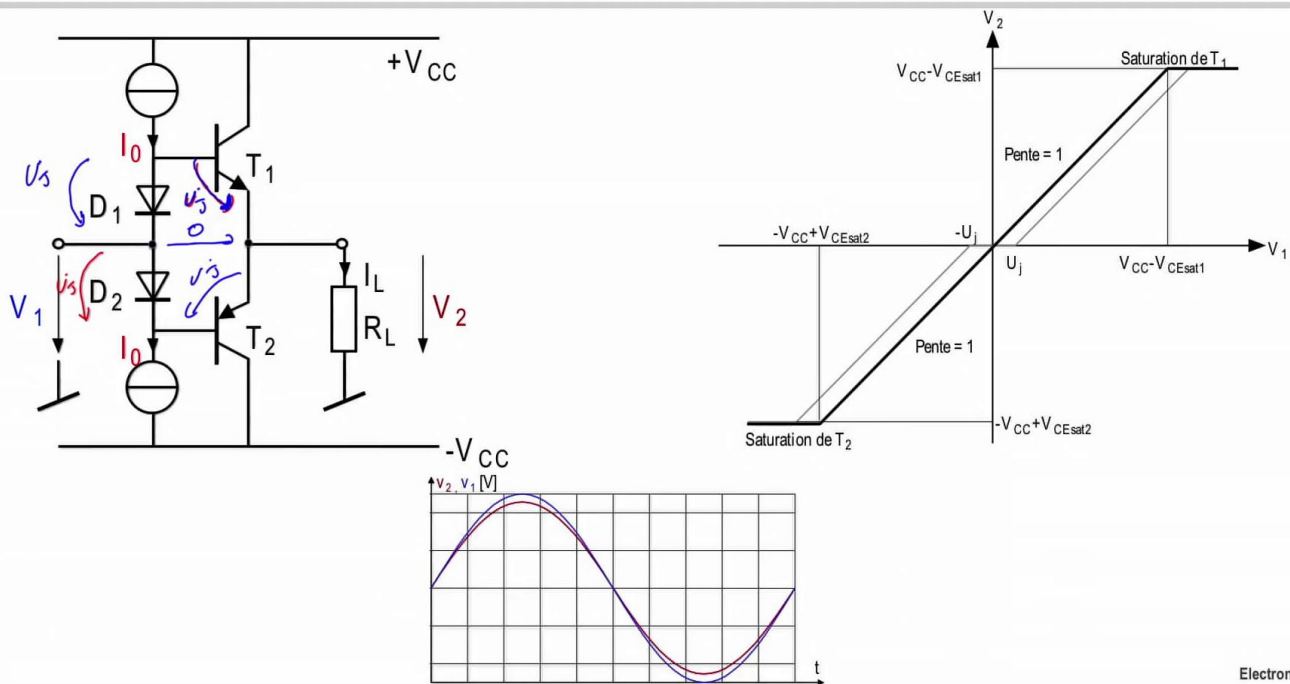
Maintenant on va analyser ce même montage quand on veut l'améliorer donc on a bien compris que j'ai une différence de tension pour la composante positive. Je vais effacer ce qui est écrit. Quand j'ai une composante positive, j'ai ici une différence de tension d'une valeur  $U_j$ , je la vois ici quand j'ai la composante positive, j'ai toujours un décalage de  $U_j$  entre le nœud  $V_1$  et le nœud  $V_2$ . Et quand j'ai une composante négative et bien j'ai une différence de tension  $U_j$  dans ce sens-là, ça c'est dû à ceci et ça c'est dû à ceci. Donc j'ai tout le temps un décalage de  $U_j$ . Est-ce que je pourrai absorber ce  $U_j$  et décaler ces deux droites et les aligner? Bien-sûr, si je suis capable d'ajouter ici une source de tension  $U_j$  ou bien ajouter ici une source de tension  $U_j$ . Si je fais d'un côté ou de l'autre, j'ai cette différence qui devient nulle. Donc j'ai  $+U_j - U_j$  et  $+U_j - U_j$  et ça va s'annuler et j'ai ces deux tensions qui sont tout le temps en train de se suivre exactement sans décalage. Là les deux tensions  $V_1$  et  $V_2$  se trouvent décalées de cette composante qui est dû au fait que on a pas de polarisation. Peut-on polariser? Oui et ça donnerait ceci. Ça c'est la polarisation.

Notes

Summary



# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Electronique II

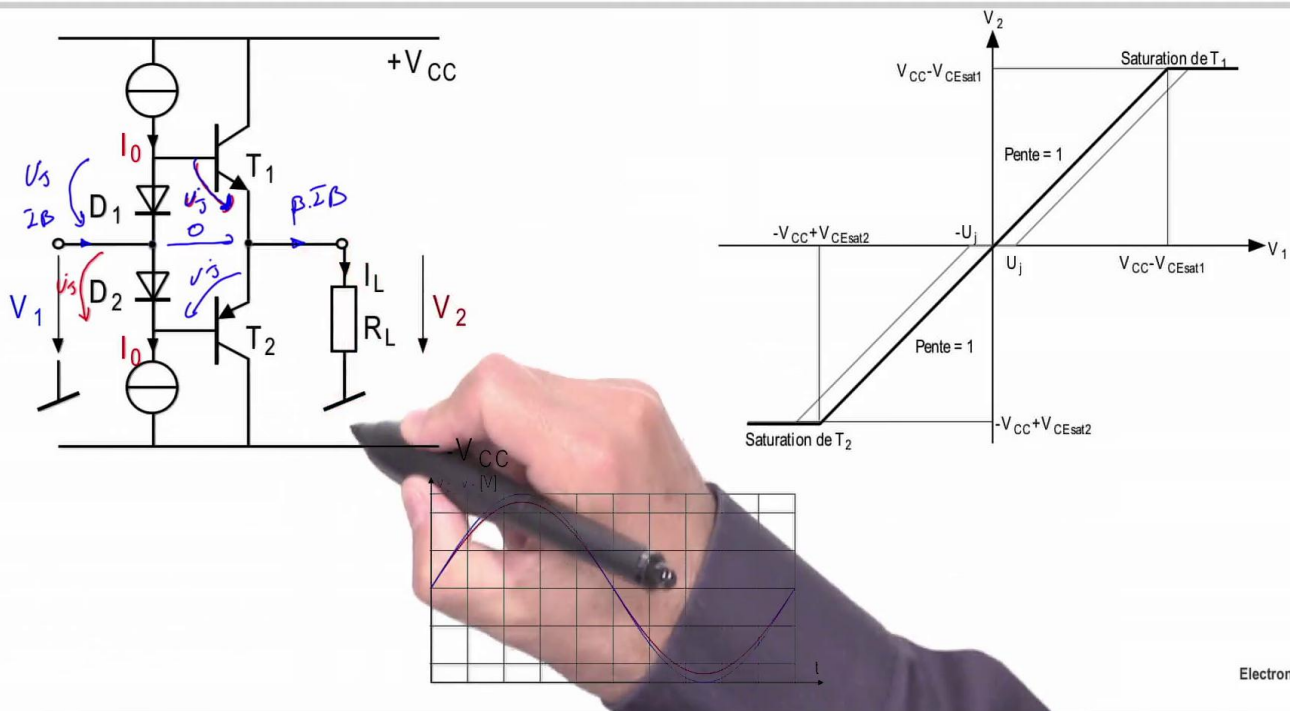
Ce que je viens de faire, je vous ai dit je vais créer un décalage de l'ordre de grandeur de  $U_j$  pour une composante positive, la voilà. J'ai ajouté une diode donc là j'ai un  $U_j$  et là j'ai ajouté aussi une autre diode et là j'ai une tension  $U_j$ . Quand ce transistor va conduire, il va vous imposer aussi une tension ici de l'ordre j'aurai dû le faire en bleu, ce que je vais faire rapidement. Donc ça, ce transistor va conduire avec  $U_j$  et ceci il va m'imposer  $U_j$ , si vous regardez maintenant la différence de là à là, cette différence est 0. Regardez ça égal à ça et ça égal à ça. Donc quand l'un ou l'autre des transistors va conduire Ça y est vous avez une différence de tension est égale à 0. Donc c'est un suiveur en tension, ce qu'on avait comme caractéristique s'est complétement alignée par cette droite-là en admettant que cette tension est exactement égale à celle-ci, celle-ci est exactement égale à celle-ci. Est-ce que c'est le cas en pratique ? Non. Pas tout à fait. Il y a un décalage. Est-ce qu'il y a une possibilité d'améliorer ceci ? On aura un cours sur les étages de sortie que j'appelle les amplificateurs de puissance, je vais encore commenter ce genre de montage un peu plus et vous verrez qu'il y a des solutions qu'on utilise pour améliorer ce genre d'appareillement.

Notes

Summary



# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Electronique II

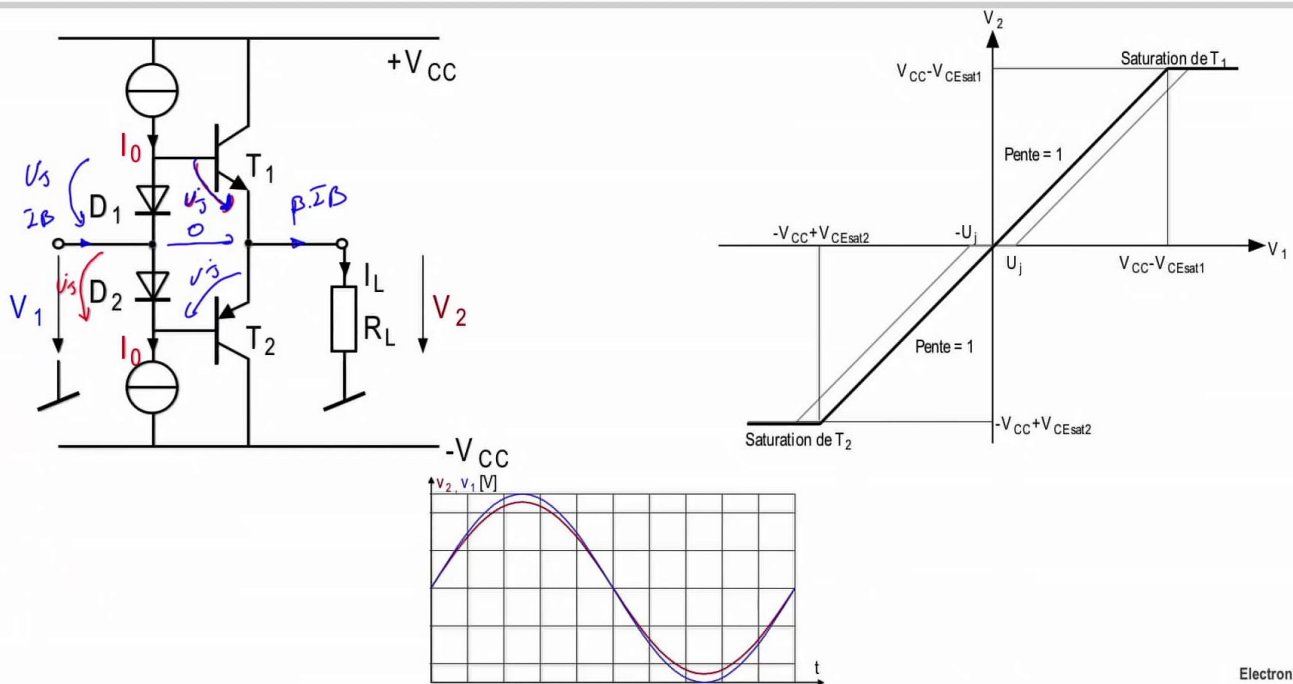
Maintenant quand vous regardez ce montage, vous dites c'est vrai que c'est un suiveur en tension, je rappelle son rôle, le courant que vous prenez depuis ici, ce courant c'est un courant qui passe dans la base de l'un ou de l'autre. Le courant que vous tirez de l'autre côté c'est  $\beta$  fois, si ça c'est un courant  $I_B$ , là c'est courant  $\beta \times I_B$ . Donc on a pris très peu de courant on a envoyé beaucoup plus de courant, 100 fois, 200 fois, 300 fois de courant de l'autre côté. Donc l'impédance que je vois depuis ici est beaucoup plus grande que l'impédance que je vois là, là c'est une impédance faible. Et c'est réellement ce qu'on va faire avec ce montage, on va l'utiliser comme étage de puissance. Si je mets derrière de ce côté-là, un amplificateur de tension, l'ampli de tension va amplifier la tension, il viendrai ceci pour suivre la tension, il le suit. L'entrée et la sortie sont les mêmes, mais alors en terme de courant, il prend peu de courant pour injecter beaucoup de courant. Pourquoi ? Parce que le courant il vient de là, de l'alimentation. le courant il est en train d'être tiré depuis l'alimentation ou bien tiré depuis l'alimentation négative enfin renvoyé vers l'alimentation négative, il n'est pas tiré de l'étage qui est avant.

Notes

Summary



# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Electronique II

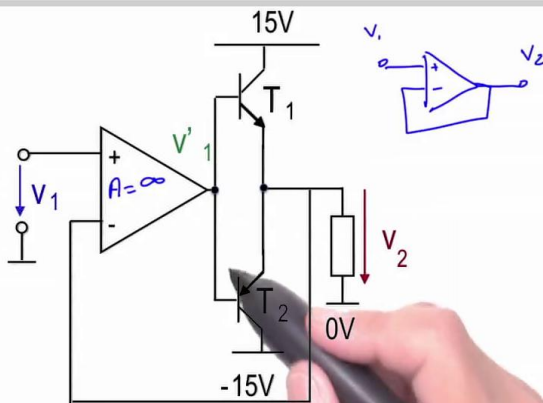
Et vous verrez qu'on va remplacer ces transistors par un montage plus tard qu'on appelle le Darlington et que le  $\beta$  va être beaucoup plus élevé que le  $\beta$  d'un simple transistor. Peut-on encore améliorer ce montage ?

Notes

Summary



# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Pour une alternance positive:

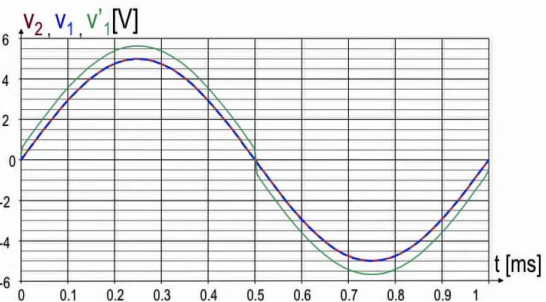
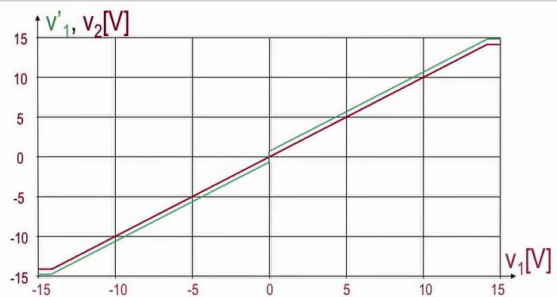
$$v_2 = v_1 - U_j$$

A est le gain en boucle ouverte de l'AO

$$v_1' = (v_1 - v_2)A$$

$$v_2 = Av_1 - Av_2 - U_j$$

$$v_2 = \frac{Av_1 - U_j}{1 + A} \approx v_1 \text{ (avec } A = \infty \text{)}$$



Electronique II

Oui, nous pouvons faire la chose suivante : Nous pouvons utiliser une sorte de contre-réaction. Avant de commenter ce montage, vous savez qu'un amplificateur opérationnel c'est un gain A qui est infini. Ça c'est un suiveur, donc un montage suiveur ne fait pas de différence entre cette tension et cette tension, les deux tensions sont les mêmes, c'est le courant qui est amplifié. Donc si les tensions sont les mêmes cet étage là si vous le prenez tel qu'il est, vous le mettez à l'intérieur de votre ampli, votre ampli ne change pas. Donc si je dessine ça conceptuellement j'aurai vu quelque chose qui fait comme ça. J'ai oublié l'étage tampon entre les deux. Et je regarde mon ampli qui est bel et bien un suiveur. La tension que je mets ici, apparaît à la sortie ici, pas cet étage n'a rien ajouté, il a juste fait le suivi en tension. Quel est son avantage ? Bah il a quand même pris peu de courant de l'ampli, envoyé beaucoup de courant dans la charge. Et du point de vue linéarité quand j'ai dit V1 est égal à V2, et bien j'ai linéarisé mon montage par la contre-réaction et on peut le regarder en analysant ce que j'ai écrit là-dessus.

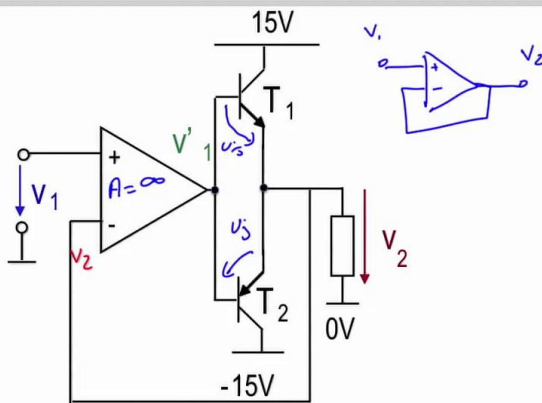
Notes

Summary



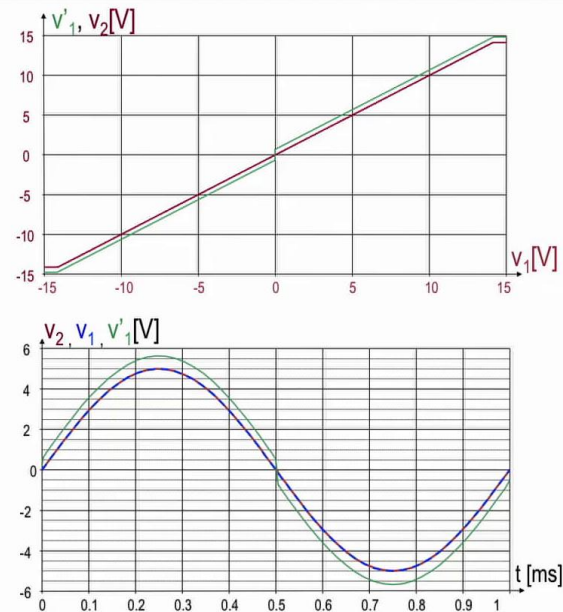


# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Pour une alternance positive:

$$\begin{aligned}
 v_2 &= v_1 - U_j \\
 A &\text{ est le gain en boucle ouverte de l'AO} \\
 v_1 &= (v_1 - v_2)A \\
 v_2 &= Av_1 - Av_2 - U_j \\
 v_2 &= \frac{Av_1 - U_j}{1+A} \approx v_1 \text{ (avec } A=\infty)
 \end{aligned}$$



Electronique II

Si vous regardez la tension  $V_2$  par rapport à  $V_1$ , il y a un décalage pour une alternance d'un côté ou de l'autre, ça c'est  $U_j$  et ça c'est  $U_j$ . Donc quand on conduit vers le haut ou vers le bas, il va y avoir ce décalage. Donc cette tension quand elle monte, elle a un décalage de  $+U_j$  par rapport à cette tension et quand elle descend, elle a un décalage de  $-U_j$  par rapport à cette tension. Alors j'ai noté ici : si  $V_2 = V_1 - U_j$ , je parle de l'alternance positive. Maintenant je regarde cet ampli, l'ampli prend  $V_2$  il la met ici, donc ça c'est  $V_2$  aussi. l'ampli fait  $(V_1 - V_2)A = V_1$ . C'est ce qui fait un ampli. Donc il prend la différence de tension  $(V_1 - V_2)A$  et il va le mettre à la sortie. Maintenant si j'ai  $V_1$  qui est égale à ça et j'ai  $V_2$  que je viens d'exprimer que je peux exprimer  $V_1$  et le remplacer par sa valeur ici donc je prends  $V_1$  par sa valeur, je mets là, j'exprime ce qui sort de ces deux relations, ça va me donner  $V_2 = AV_1 - AV_2 - U_j$  que j'écris en fonction de  $V_2$  autrement en prenant  $A$  en évidence, c'est  $AV_1 - U_j / 1 + A$ . Donc si je néglige ceci par rapport à  $A \times V_1$  et le 1 par rapport à  $A$ , ça va me donner  $V_2$  est égal à  $V_1$ . Pourquoi ?

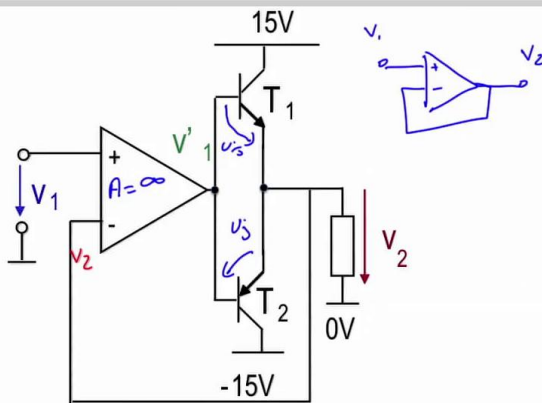
Notes

Summary



49m 23s

# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Pour une alternance positive:

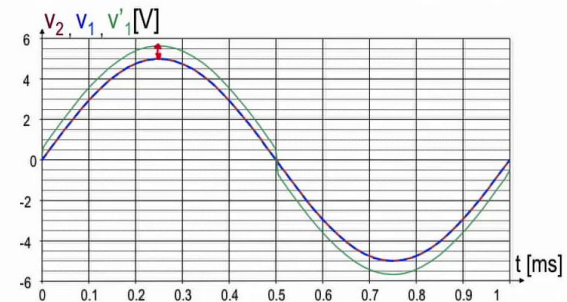
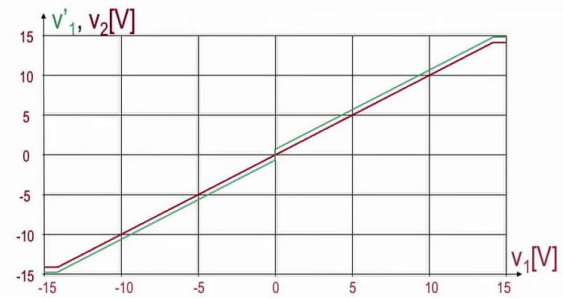
$$v_2 = v_1 - U_j$$

A est le gain en boucle ouverte de l'AO

$$v_1 = (v_1 - v_2)A$$

$$v_2 = Av_1 - Av_2 - U_j$$

$$v_2 = \frac{Av_1 - U_j}{1+A} \approx v_1 \text{ (avec } A=\infty)$$



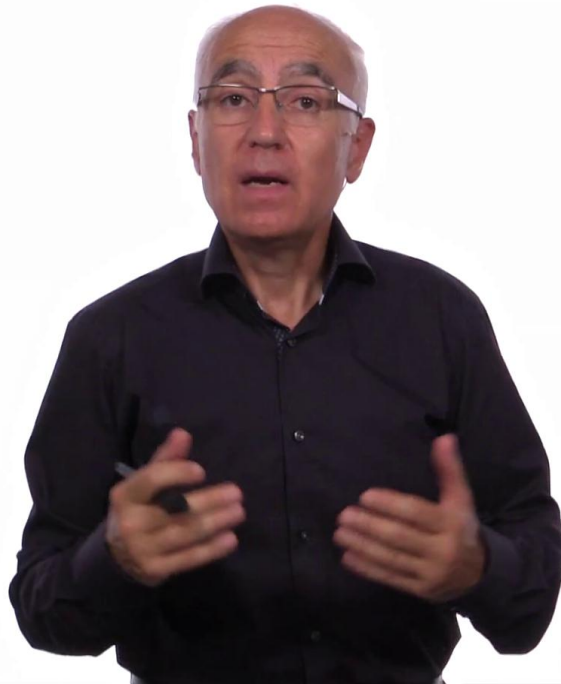
Electronique II

Parce que c'est un A qui est très très élevé donc le infini par rapport à 1 c'est A et le infini fois V1-Uj c'est de nouveau AV1 et le A va disparaître donc ça me donne V2=V1. Et quand vous prenez ce genre de montage et vous ne mettez pas les deux diodes que j'ai signalées avec les chemins pour le courant pour les polariser et bien vous vous retrouvez avec une caractéristique qui est quasi celle en rouge et ce que vous mettez, la partie... V1 qui est en traitillé bleu et la tension V2 qui est en traitillé rouge se retrouve absolument confondu c'est simplement V'1 qui va se trouver décalé d'une valeur Uj par rapport à la tension de sortie vers +Uj ou -Uj. Ça dépend comment vous regardez quand il y a une alternance positive ou une alternance négative. Bien-sûr on peut aussi ajouter les deux diodes donc on peut cumuler les deux solutions, ajouter deux diodes ici et faire la contre-réaction, et obtenir les deux pour une linéarité qui va être augmentée d'un tel montage qui fait office d'un étage de sortie. Là il y a un grand avantage par rapport au premier, c'est que si votre ampli ici a une impédance infinie, ce courant est égal à 0 et l'étage qui réalise le gain en tension qui est avant voit vraiment une impédance infinie, donc c'est excellent pour réaliser des étages de sortie.

Notes

Summary





Electronique II

J'aimerais résumer ce qu'on vient de voir sur toute cette semaine. A mon avis c'est un des chapitres, le plus important pour comprendre l'utilisation des amplificateurs opérationnels parce que on a vu l'ensemble des composants que nous allons étudier dans la semaine prochaine et qui va nous montrer qu'un amplificateur opérationnel c'est des étages qu'on va mettre l'un après l'autre. Donc on a compris qu'il y a un étage par excellence qui fait le gain en tension, il s'appelle émetteur commun qui s'améliore en mettant une base commune en série parce qu'on fait le montage Cascode et qu'on a besoin du collecteur commun pour le faire suivre après l'émetteur commun. D'un côté il ne lui dégrade pas le gain et de l'autre côté il permet de faire un tampon pour que à la sortie on arrive à fournir un courant élevé dans des charges faibles. La semaine prochaine je fais une toute petite introduction du chapitre qui vous attend.

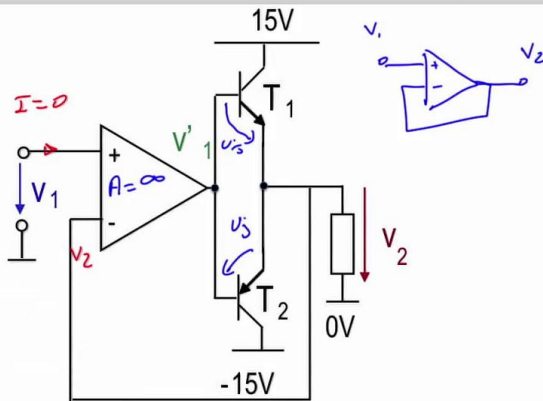
Notes

Summary



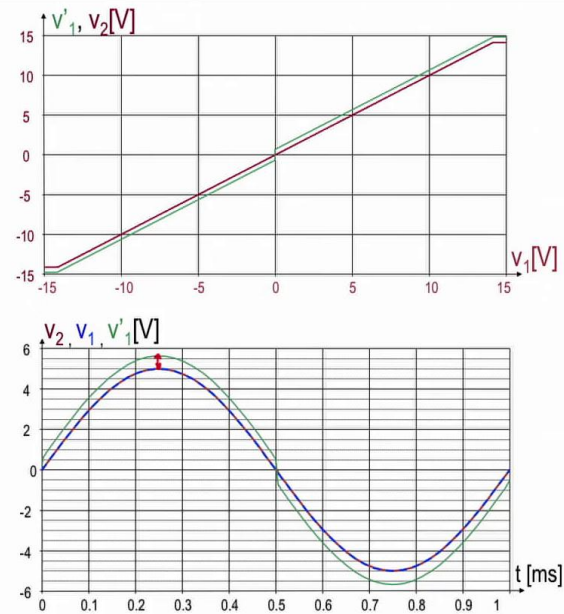
52m 23s

# Amélioration de la linéarité d'un *Push-Pull*



Pour une alternance positive:

$$\begin{aligned}
 v_2 &= v_1 - U_j \\
 A &\text{ est le gain en boucle ouverte de l'AO} \\
 v_1' &= (v_1 - v_2)A \\
 v_2 &= Av_1 - Av_2 - U_j \\
 v_2 &= \frac{Av_1 - U_j}{1+A} \approx v_1 \text{ (avec } A=\infty)
 \end{aligned}$$



Electronique II

La semaine prochaine ça va être un résumé pratiquement de l'ensemble de ce qu'on a vu, je vais simplement introduire au début de mon chapitre ce que j'appelle l'amplificateur différentiel, c'est un élément important pour faire les amplis opérationnels et vous verrez le reste c'est faire des étages qui se suivent et on est au stade pour synthétiser des circuits de raisonner en terme de bloc fonctionnel et ça va être un résumé de ce qu'on a vu jusqu'aujourd'hui dans ce cours d'électronique.

Notes

Summary

