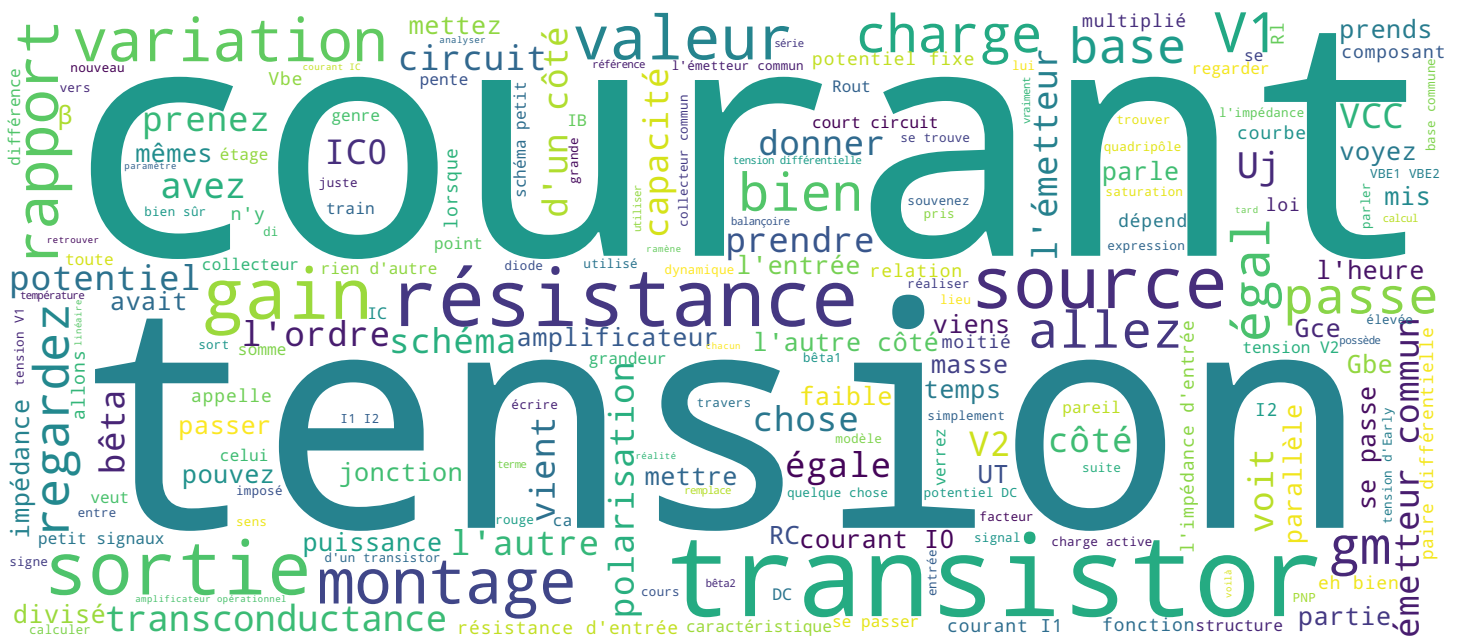


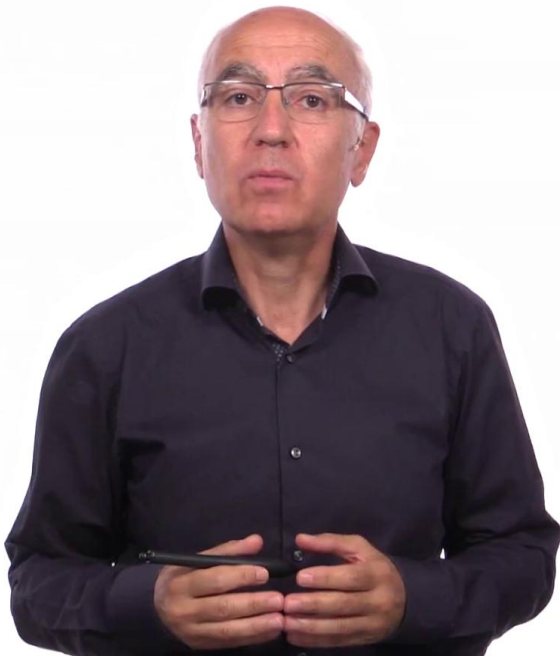
6.1-Amplificateurs différentiels & montage Darlington

Principes et analyses

Prof. Maher Kayal

Electronics Laboratory-ELAB





- Introduction
- Amplificateur différentiel
- Caractéristiques Grands signaux
- Caractéristiques petits signaux
- Montage Darlington

Electronique II

Bonjour tout le monde. Nous arrivons pratiquement à la fin de l'analyse de l'ensemble des structures de base. Donc, dans cette vidéo, nous allons apprendre ce qu'on appelle l'amplificateur différentiel. Donc avec cette dernière structure, nous allons faire un type d'amplificateur qui est un peu spécial, c'est un peu similaire à l'émetteur commun, mais vous allez voir toute de suite qu'il y a une différence fondamentale par rapport à l'émetteur commun. Et je vais terminer dans cette série de cette semaine par l'analyse du montage Darlington et ensuite, je passerai sur un résumé de tout ce qu'on a vu depuis le début de l'étude de transistors jusqu'à l'ensemble des structures que nous avons analysées juste pour rafraîchir la pensée de ceux qui suivent ce cours. Et je terminerai par un traitement d'un exercice complet qui vous permettrait de voir comment est ce qu'on utilise ou comment on synthétise en utilisant les différentes structures analogiques de base que nous avons parcourues jusqu'à maintenant. Donc, c'est une semaine cruciale parce qu'elle va résumer la totalité de ce qu'on a vu depuis le début.

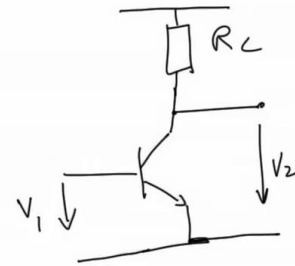
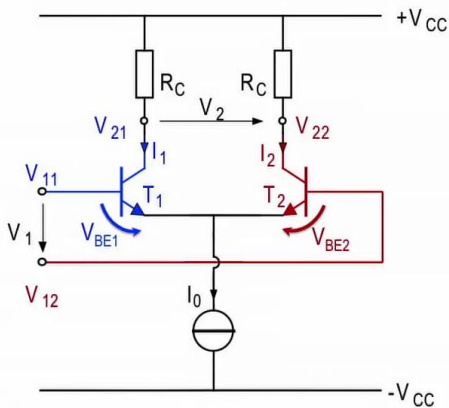
Notes

Summary



0m 05s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

Electronique II

Un amplificateur différentiel, qui est dessiné ici, comparé à un amplificateur émetteur commun, que je vais dessiner à côté si vous prenez notre fameux émetteur commun, où on avait pris un transistor puis on s'est arrangé dans un schéma petit signaux, à brancher son émetteur à un potentiel fixe. Donc regardez, c'est un potentiel fixe. On lui a mis une charge RC et on a amené un signal, d'une manière à donner un accroissement ici et on a appelé ceci V1, et on a appelé ceci V2. Si je compare ça à ça, je constate que là, la tension V1 et la tension V2 sont toutes les deux comparées à un potentiel fixe. Et c'est un potentiel qu'on a, à priori, imposé. Donc c'est un potentiel qui peut être la masse, que quelqu'un l'a imposé, ou une tension continue. Je ne vais pas entrer dans les détails sur comment on le crée parce qu'on l'a vu en long et en large. Quand on voit la variation de la tension V2 par rapport à ce potentiel fixe, ramené par exemple à V1 enfin, ce potentiel qui est le même, eh bien, ceci engendre un courant qui passe dans RC etc. etc. J'aimerais bien comparer ceci à ceci, simplement rappeler que le gain qu'on avait trouvé, c'est un gain qui est $-g_m \times R_C$ et g_m correspond à un courant de polarisation divisé par U_T .

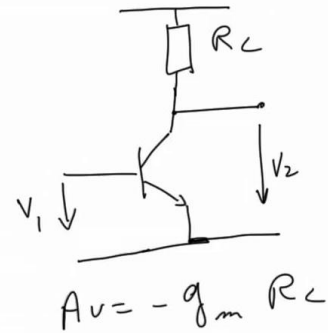
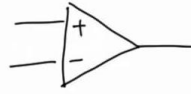
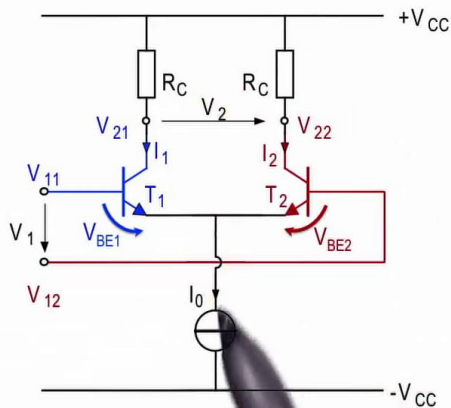
Notes

Summary



1m 09s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

Electronique II

Je viens dans ce montage. Regardez là. Au lieu de mettre un transistor, j'en ai mis deux. Les deux transistors sont connectés par leurs émetteurs et les deux bases constituent l'entrée à ce montage et les deux bornes que vous voyez, V11, V12 sont généralement, ces deux bornes que, assez souvent, quand vous prenez un amplificateur opérationnel on vous a dit qu'il y a une entrée (+) et une entrée (-) et que dedans, c'est un circuit intégré, et ce circuit-là représente une entrée positif-négatif qui sont en réalité ces deux potentiels V11 et V12 et on vous dit : ici, il y a une tension différentielle et souvent, il y a un tel gain là-dedans, que ce gain est terriblement grand pour rendre ces deux tensions proches l'une de l'autre. On dit dans un ampli idéal, le gain est infini et $V(+) = V(-)$. Donc en réalité, il y a un montage comme ceci placé à l'entrée d'un montage de nature de circuit intégré qui est l'amplificateur opérationnel. La comparaison à l'émetteur commun, je reviens sur ce point, c'est que l'émetteur qui est entre les deux, il flotte. Regardez, on a mis une source de courant, cette source de courant, en termes de DC, elle pourrait supporter n'importe quel potentiel DC.

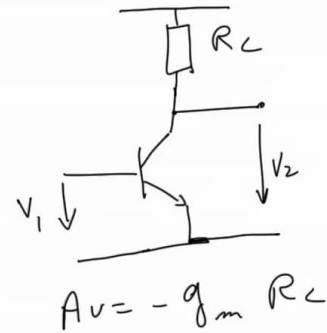
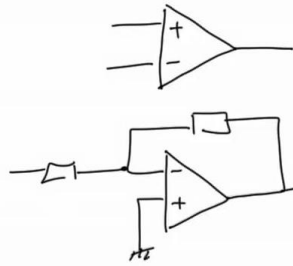
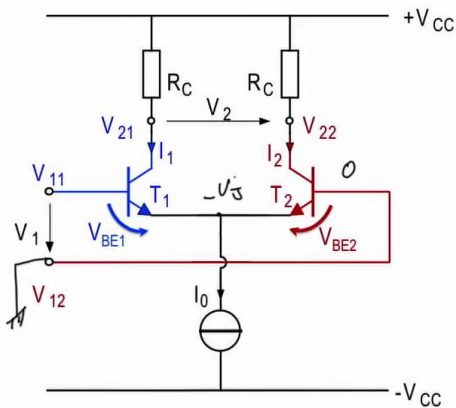
Notes

Summary



2m 35s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

Electronique II

Donc vous pouvez appliquer ici n'importe quelle tension qui flotterait entre les rails d'alimentation, entre (+VCC) et (-VCC). Donc c'est un potentiel qui est assez arbitraire, qui est imposé par la personne qui est entrain de faire le montage. Donc si vous prenez un amplificateur opérationnel, et je vais prendre, en l'occurrence, un amplificateur avec un potentiel, le (+) à la masse une contre-réaction à travers des résistances, et vous verrez qu'on a l'impression qu'on impose un potentiel 0 ici et on dit : voilà l'entrée de l'autre côté. Donc, c'est comme si quelqu'un est entrain de prendre ce (+) et l'imposer sur une de ces deux entrées, donc si vous branchez ça ici, et vous dites : ce montage se trouve à l'intérieur, on va raisonner sur cette réflexion, on va se dire : là, on a mis un potentiel donné, bon, on va partir pour 0 V, là, j'ai une chute de tension, si le transistor conduit de l'ordre de I_j en DC. Donc l'analyse me ramène rapidement que ce potentiel va se stabiliser à $-U_j$. Donc de nouveau, je rencontre le fait que l'émetteur de ce transistor se retrouve à un potentiel fixe imposé par quelqu'un qui a branché de l'extérieur une masse.

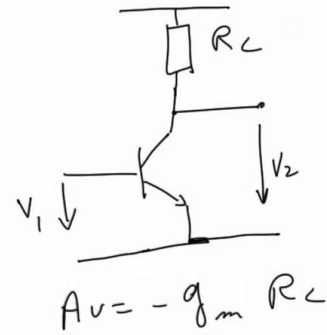
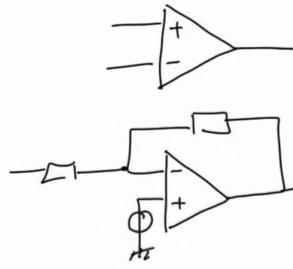
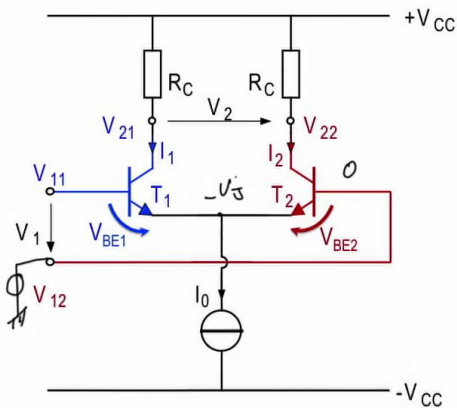
Notes

Summary



3m 53s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

Electronique II

Donc si la personne viendrait mettre une source de tension ici, eh bien, cette source de tension imposerait une autre tension sur la base chutée de U_j , ramènerait l'émetteur à une autre valeur DC. Donc en gros, on est entrain de dire que les émetteurs sont quasi à un potentiel stable, donc à un potentiel DC imposé par ce qu'on aurait imposé sur la base. Quand je dis tout ça, pour montrer qu'on n'a pas à le définir, le potentiel qu'on avait fixé et qu'on a ramené à un potentiel imposé par quelqu'un, ici, il est imposé par quiconque qui viendrait utiliser ce montage, et le montage, tout seul va s'adapter et va ramener une polarisation à ce nœud-là.

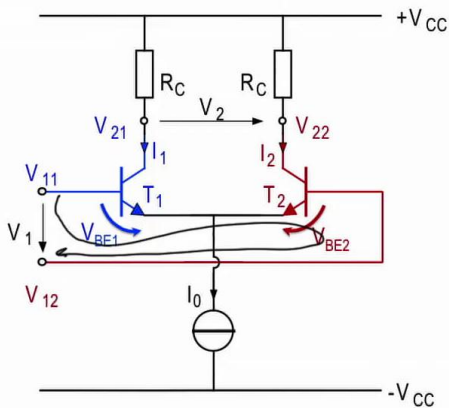
Notes

Summary



5m 14s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

Electronique II

Alors, je vais effacer tout ce qui est écrit dessus, et on va commencer à l'analyser avec les données qui sont absolument liées à une analyse très terre à terre de ce que je vois sur ce schéma. D'abord, je vois que j'ai une tension qui se trouve entre la base de deux transistors et cette tension-là prend en considération, si je dis ça, c'est V_1 , ça aussi, c'est V_1 , ça fait comme ça, comme ça, ça me donne aussi V_1 . Donc, je peux écrire facilement V_1 , c'est $V_{11} - V_{12}$ qui n'est rien d'autre que $V_{BE1} - V_{BE2}$. Donc, la tension d'entrée, elle prend deux tensions de jonction, mais l'une en opposition par rapport à l'autre. Maintenant, je regarde ce qui va se passer avec les courants, je prends les deux courants I_1 et I_2 , je les fais passer dans 2 transistors et je les somme tous les deux dans ce nœud-là, et je dis : I_0 est tout le temps égal à la somme de ces deux. Donc j'impose que le fait qu'il y a une source de courant qui est toujours la somme des deux courants. Alors, faisons une analyse de ce qu'on vient de voir. Je ré-efface de nouveau ma flèche et on va analyser ça.

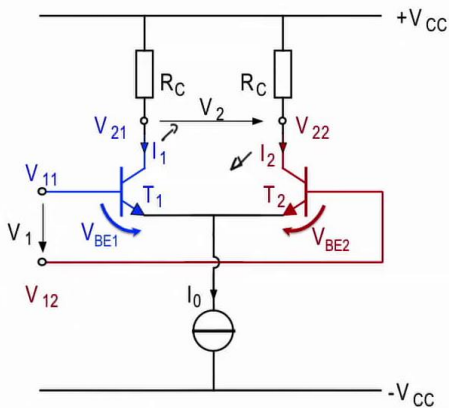
Notes

Summary



6m 07s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

Electronique II

On va dire finalement si j'impose ici un mode commun, comme tout à l'heure, on a mis ça à la masse, ça peut être n'importe quelle tension, si vous prenez un mode commun, c'est à dire que ce potentiel est fixe, et vous commencez à augmenter V_1 , ça veut dire que c'est V_{BE1} qui va augmenter, et V_{BE2} qui va diminuer de la même quantité. Donc, toute variation que je vois sur V_{BE1} , elle est ramenée sur V_{BE2} et l'une est en opposition de phase par rapport à l'autre, donc ça augmente d'un côté et ça baisse de l'autre côté. Ce qui va se passer avec les courants, c'est exactement la même chose. Quand vous augmentez V_{BE1} , vous allez augmenter le courant I_1 et ce qui se passe de l'autre côté, vous baissez V_{BE2} , donc, vous allez diminuer le courant I_2 . Donc, les deux courants vont aussi bouger dans le sens opposé l'un par rapport à l'autre de la même quantité qui est partagée entre 2 transistors. Donc celui qui a compris ça, il a compris qu'on a pratiquement une balançoire avec un pivot et ce pivot se trouve autour de ce point-là et on va le pivoter, on va passer vers le haut ou vers le bas, ce que je gagne d'un côté, je vais le perdre de l'autre côté aussi bien depuis l'excitation à l'entrée que par rapport à ce courant qui passe dans les deux branches.

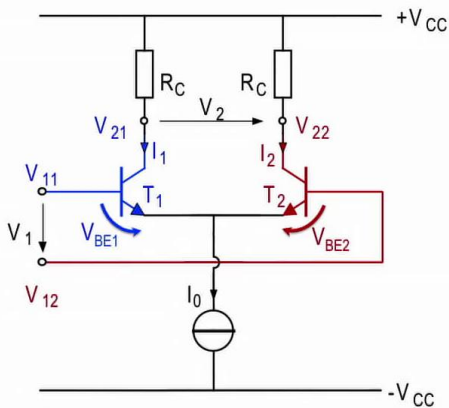
Notes

Summary



7m 16s

Amplificateur différentiel, principe



$$I_1 = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE1}}{U_T}}$$

$$I_2 = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE2}}{U_T}}$$

$$V_{BE1} = U_T \ln \frac{I_1}{I_S}$$

$$V_{BE2} = U_T \ln \frac{I_2}{I_S}$$

$$V_1 = V_{BE1} - V_{BE2} = U_T \ln \frac{I_1}{I_2} = U_T \ln \frac{\frac{I_1}{I_0}}{1 - \frac{I_1}{I_0}} = U_T \ln \frac{\frac{I_2}{I_0}}{1 - \frac{I_2}{I_0}}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{V_1}{2U_T} \right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh \left(\frac{V_1}{2U_T} \right) \right]$$

Electronique II

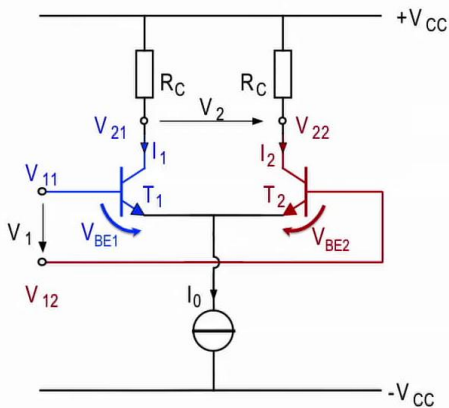
Qui dit courant qui passe dans les deux branches, dirait aussi tension V2. Pourquoi? Parce que ce courant-là, il est converti à une tension à travers la résistance RC, il est converti aussi en une tension à travers la résistance RC et si RC et RC sont les mêmes, donc quand la tension monte d'un côté, elle baisse de ce côté-là, et vice versa. Donc, on verra à la sortie une tension différentielle, si on regarde entre V21 et V22, comme on peut regarder entre V22 et V21, c'est une histoire de phase, donc on verra ce potentiel entrain de balancer comme une balançoire. Vous imaginez que quand ça augmente d'un côté, ça baisse de l'autre, et pareil de part et d'autre, eh bien, on le commande par la tension d'entrée. Ça s'appelle la paire différentielle. Je vais prendre cette structure et je vais l'analyser pour extraire de ça un amplificateur. Je prends le schéma de ma paire différentielle.

Notes

Summary



Amplificateur différentiel, principe



$$I_1 = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE1}}{U_T}}$$

$$V_{BE1} = U_T \ln \frac{I_1}{I_S}$$

$$I_2 = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE2}}{U_T}}$$

$$V_{BE2} = U_T \ln \frac{I_2}{I_S}$$

$$V_1 = V_{BE1} - V_{BE2} = U_T \ln \frac{I_1}{I_2} = U_T \ln \frac{\frac{I_1}{I_0}}{1 - \frac{I_1}{I_0}} = U_T \ln \frac{\frac{I_2}{I_0}}{1 - \frac{I_2}{I_0}}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{V_1}{2U_T} \right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh \left(\frac{V_1}{2U_T} \right) \right]$$

Electronique II

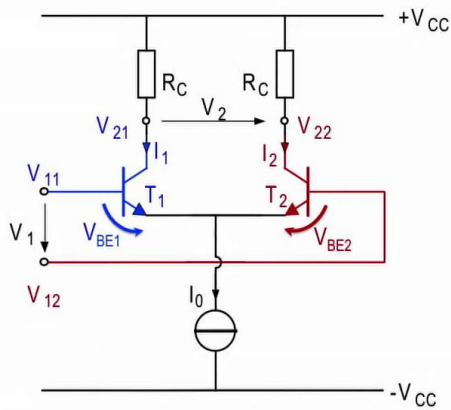
Les constatations qu'on vient de faire ici, c'est à dire on a dit que la somme des tensions V_1 , c'est $V_{BE1} - V_{BE2}$, qui est noté V_1 , et le courant qui passe I_0 , c'est tout le temps la somme de courant bleu et le courant rouge, $I_1 + I_2$ et au repos, lorsque $V_{11} = V_{12}$ égal à n'importe quelle tension qui flotte entre $(-V_{CC})$ et $(+V_{CC})$, eh bien, vous allez tomber sur une tension qui est la même sur les deux, donc $V_{BE1} = V_{BE2}$ et à ce moment-là, votre courant I_0 est divisé en deux et vous allez avoir $I_1 = I_0/2$, $I_2 = I_0/2$ et c'est ce que j'ai noté ici, c'est que si vous avez $I_1 = I_2$, là, il y a une erreur, c'est $I_1 = I_2 = I_0/2$ lorsque la tension $V_1 = 0$. Je prends les lois des transistors, chacun de ces transistors est régi par la fameuse loi exponentielle qui vous dirait que le courant I_1 est proportionnel à la tension de commande V_{BE1} à travers cette loi exponentielle. Pareil pour I_2 . Alors, j'écrirai les deux lois. J'exprime V_{BE1} donc, c'est logarithme de I_1/I_S multiplié par U_T . Pareil pour V_{BE2} . Tout ceci, je lui applique ce que je vois là.

Notes

Summary



Amplificateur différentiel, principe



$$I_1 = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE1}}{U_T}}$$

$$V_{BE1} = U_T \ln \frac{I_1}{I_S}$$

$$I_2 = I_S \cdot e^{\frac{V_{BE2}}{U_T}}$$

$$V_{BE2} = U_T \ln \frac{I_2}{I_S}$$

$$V_1 = V_{BE1} - V_{BE2} = U_T \ln \frac{I_1}{I_2} = U_T \ln \frac{\frac{I_1}{I_0}}{1 - \frac{I_1}{I_0}} = U_T \ln \frac{\frac{I_2}{I_0}}{1 - \frac{I_2}{I_0}}$$

$$I_0 = I_1 + I_2 \quad (I_1 - I_2 = I_0/2 \text{ si } V_1 = 0)$$

$$V_1 = V_{11} - V_{12} = V_{BE1} - V_{BE2}$$

$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh \left(\frac{V_1}{2U_T} \right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh \left(\frac{V_1}{2U_T} \right) \right]$$

Electronique II

Je dis : à l'entrée, attention, VB1, ou plutôt V1, c'est la différence de VBE1 - VBE2 qui me ramène à simplifier ceci parce que c'est un rapport de I1/I2 parce que IS se simplifie, je remplace I1 par sa valeur parce que je sais que la relation entre I1 et I2, c'est le complément à ce I0, et ça va me donner une relation entre V1 et I1 ou V1 et I2 et je l'exprime I1 = f(V1). Donc, je vous ramène sur les cours de mathématiques pour voir que lorsque j'ai ce genre de relation, on l'appelle "tangente hyperbolique" et la tangente hyperbolique de V1/2UT, plus 1, multipliés par I0/2, n'est rien d'autre que le courant que vous commandez. C'est une loi non linéaire. Et là aussi, c'est l'expression I2 qui est de la même nature, il y a un (-) ici et un (+) ici et on trouve I1 et I2 exprimés. Alors, je vais prendre ces deux relations et je vais aller dessiner cette expression et voir la relation tracée entre I1, V1 et I2, V1. Donc, je rappelle que V1, c'est la tension différentielle à l'entrée.

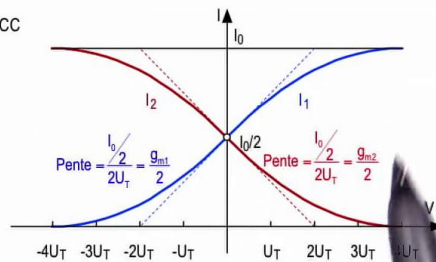
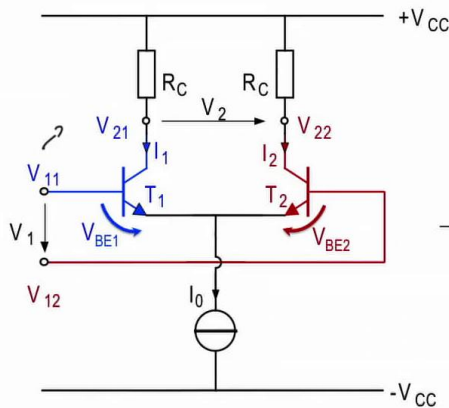
Notes

Summary



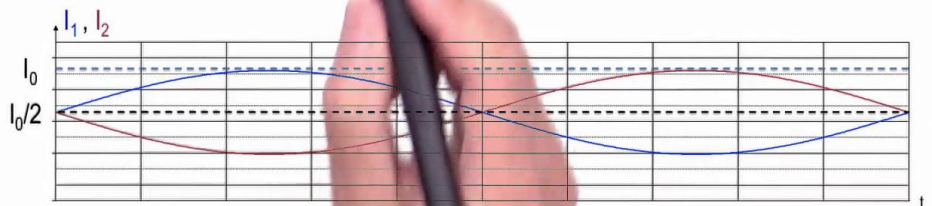
10m 56s

Caractéristiques grands signaux



$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right]$$



Electronique II

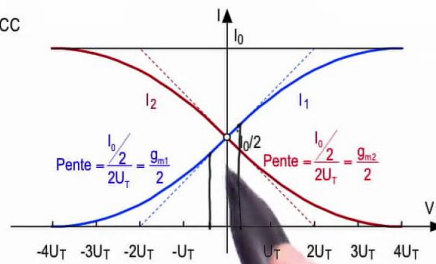
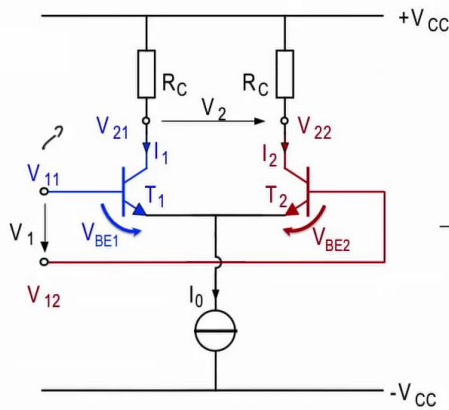
Je prends I_1 et I_2 et je les trace ici. Je vois bel et bien que si $V_{11} = V_{12}$, égal à un potentiel donné, eh bien, il y a $I_0/2$, donc lorsque $V_1 = 0$, donc lorsque ceci était court-circuité comme ça, eh bien, vous allez vous retrouver dans ce point-là. Lorsque $V_1 = 0$, vous retrouvez $I_0/2$, le courant $I_1 = I_2$. Et c'est le seul point où les deux courants sont les mêmes. Parce que si vous commencez à augmenter V_1 , ce qui va se passer, si V_1 augmente, la tension V_{BE1} augmente, I_1 va augmenter, et vous vous retrouvez avec ce courant qui va augmenter selon cette loi-là. Donc I_1 va être géré par V_1 et étant donné que ce qui augmente d'un côté diminue de l'autre côté, l'autre courant suivrait la même loi mais dans le sens opposé quand le courant dans le transistor bleu augmente, l'autre diminue de la même quantité. Donc, ce qu'on ajoute d'un côté, on le soustrait de l'autre parce que la somme des deux est toujours égale à une constante. Donc, on voit qu'il y a une loi qui décrit V_1 , ou plutôt $I = f(V_1)$ pardon, $I_1 = f(V_1)$ et $I_2 = f(V_1)$ qui est une, celle-ci, l'autre, c'est la couleur rouge.

Notes

Summary

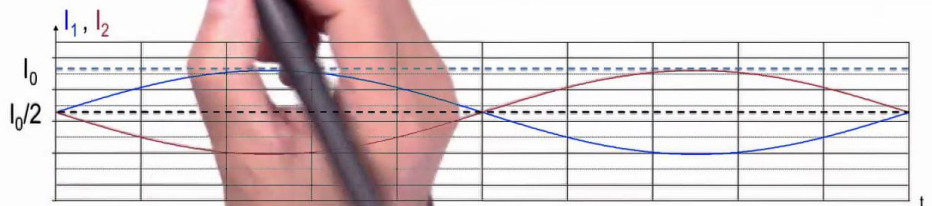


Caractéristiques grands signaux



$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right]$$



Electronique II

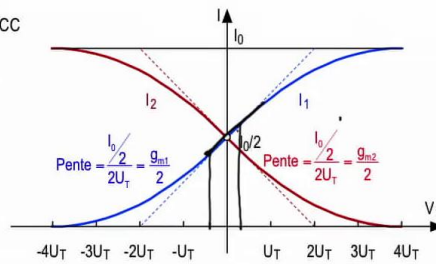
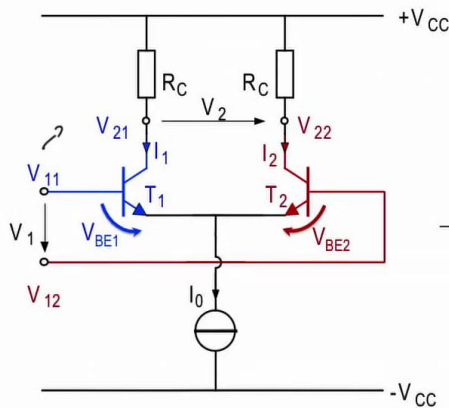
Là, ce qui est très intéressant, c'est que je retrouve ce que je cherche tout le temps, c'est une transconductance, moi, j'aurais voulu créer une structure comme le transistor normal dans lequel je prends une proportion de variation sur ma courbe donc en l'occurrence ici, c'est la courbe bleue ou la courbe rouge ou les deux à la fois et je dis : finalement, la transconductance, c'est que je vais prendre une tension V_1 , je vais la faire varier et je m'attends à ce que je vois un courant qui la suit, c'est ce que je vois ici. Quand j'augmente V_1 , le courant augmente et I baisse, c'est une transconductance mais je l'ai des deux côtés. Donc, j'ai deux transconductances, j'ai deux courants qui se suivent et c'est une conversion tension-courant et cette conversion courant-tension il y a une zone qui est assez linéaire c'est celle que j'ai présenté comme une pente de la tangente autour de l'origine que vous voyez avec les traits en bleu ou en rouge, qui ne sont rien d'autre que la dérivé de cette loi-là qui va me donner la pente de la tangente lorsque j'ai le courant $I_1 = I_2 = I_0/2$ et si je remplace cette relation, donc, je cherche la valeur de la pente analytiquement, le dI/dV_1 lorsque $V_1 = 0$, je tombe sur cette relation $(I_0/2) / 2U_T$.

Notes

Summary

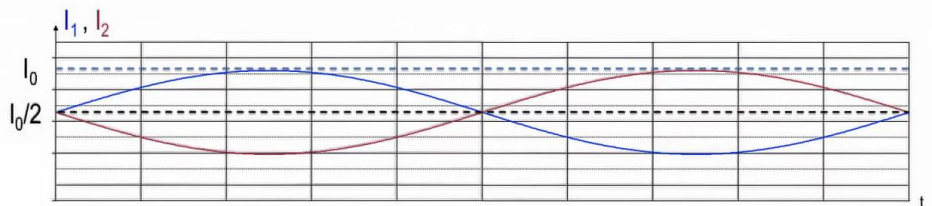


Caractéristiques grands signaux



$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right]$$



Electronique II

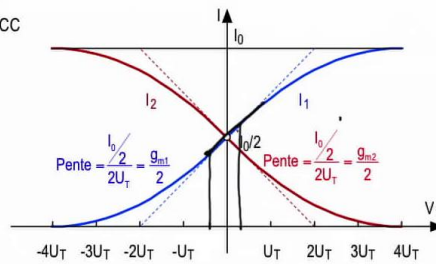
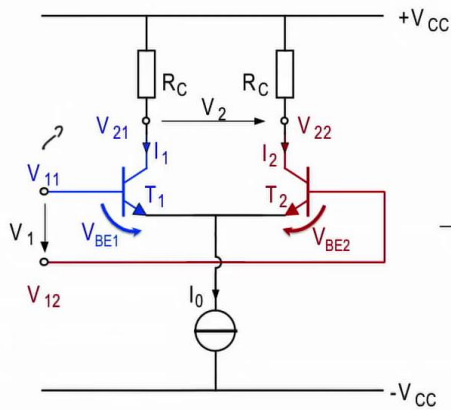
Donc, c'est $I_0/4U_T$. Quand je vous dis au repos, quand la tension $V_{11} = V_{12}$, chacun des transistors est parcouru par la moitié de ce courant. Donc, au repos, j'ai un courant $I_0/2$ et $I_0/2$. Donc, vous pouvez très bien dire : le g_m de ce transistor ça, le g_m de ce transistor ce n'est rien d'autre que le courant de polarisation qui le traverse, divisé par U_T . Donc, cette pente-là c'est la transconductance du transistor, $g_m/2$ et celle-là, c'est $g_m/2$. Donc, je vois une pente ici et une pente là, qui ne sont rien d'autre que cette transconductance de chacun de ces deux transistors. Là, en plus, j'ai tracé la variation du courant en fonction du temps lorsqu'on applique une tension sinusoïdale à l'entrée et quand un courant augmente, l'autre diminue et lorsque toute la source de courant est déviée dans un transistor, il va atteindre I_0 et lorsque tout le courant est dévié dans l'autre, il va atteindre I_0 dans le transistor rouge. Donc on a une balançoire où quand un touche le sol, on a ces balançoires où il y a tout le courant qui a basculé d'un côté ou de l'autre, eh bien, on a saturé le système. Donc, on sature en courant puisqu'on a perdu toute la source de courant. Attention !

Notes

Summary

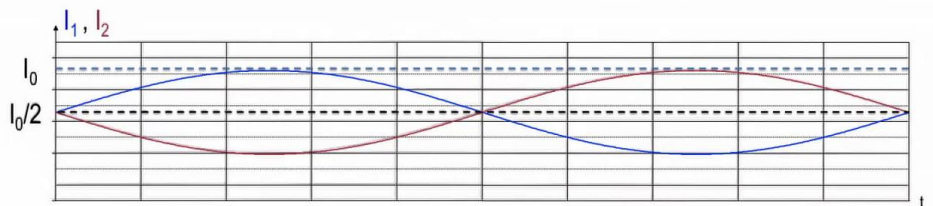


Caractéristiques grands signaux



$$I_1 = \frac{I_0}{2} \left[1 + \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right],$$

$$I_2 = \frac{I_0}{2} \left[1 - \tanh\left(\frac{V_1}{2U_T}\right) \right]$$



Electronique II

Là, je ne parle pas de la saturation de transistor parce que votre transistor, quand il sature, c'est lorsque cette tension-là $U_C = 0$, là, je parle de la saturation de la paire différentielle toute entière. Ça veut dire que tout le courant a déjà basculé d'un côté ou de l'autre. Donc, on retrouve la même chose qu'on aurait trouvé avec un transistor avec cette histoire de transconductance.

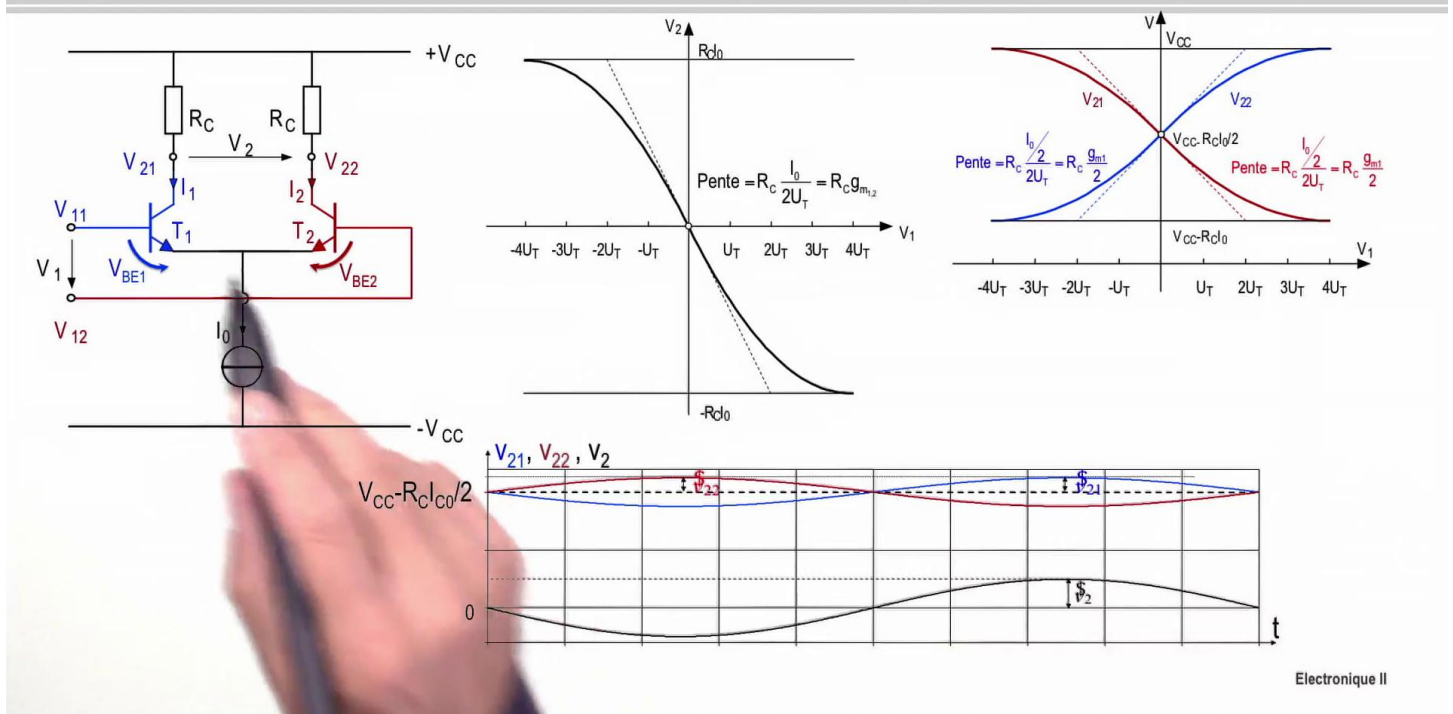
Notes

Summary



16m 31s

Caractéristiques grands signaux



Electronique II

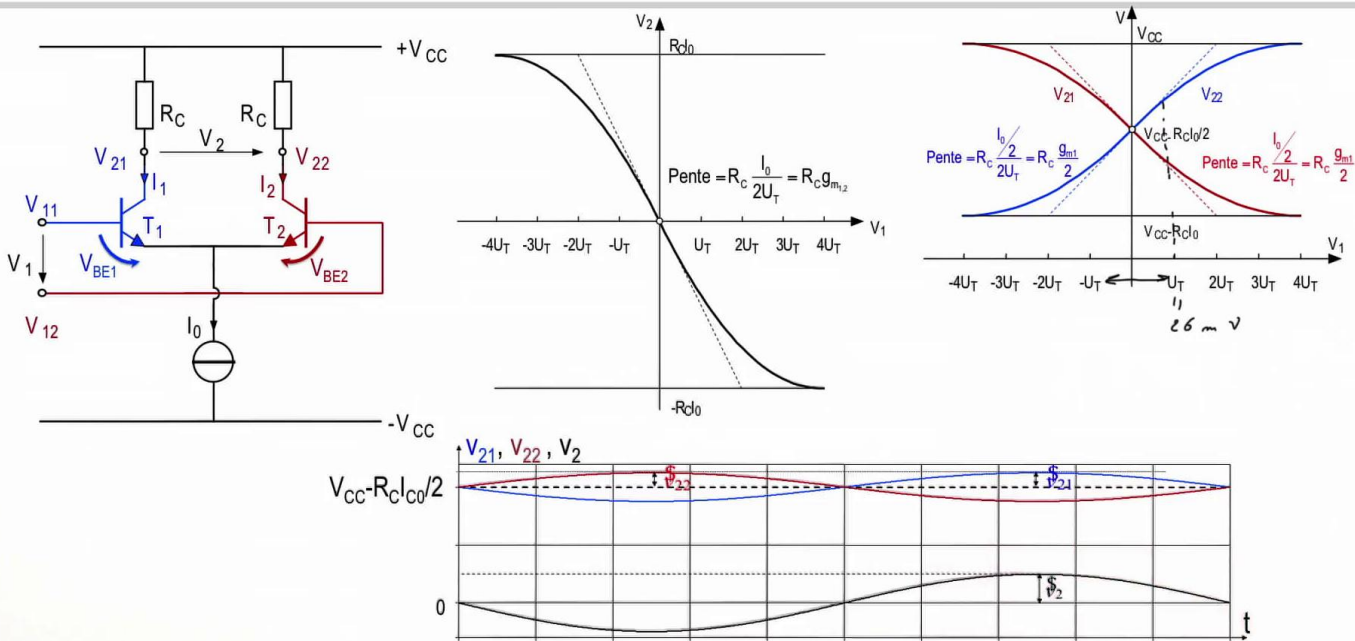
On va prendre maintenant la même explication mais au lieu de parler courant, on va parler tension. Donc, au lieu de dire que le courant I_1 et le courant I_2 , quand un augmente, l'autre va diminuer, je vais faire passer les courants dans une résistance. Vous vous souvenez que la résistance, c'est l'élément que j'utilise pour convertir un courant en tension, et que je m'intéresse à la variation de la tension aux bornes de la charge parce que dans un schéma petit signaux, même cette tension-là deviendrait un court-circuit à la masse donc, je m'intéresse à ce qui se passe avec la résistance R_C et je m'intéresse à la tension V_{22} , soit par rapport à ce potentiel-là, soit par rapport à un autre potentiel DC, n'importe lequel puisque c'est un court-circuit dans un schéma AC. Donc, si je convertis mon courant en une tension, et je m'attends absolument à revoir la même caractéristique, la même allure de ma courbe, que j'avais découvert toute à l'heure pour les courants convertis en tension, parce que c'est à travers une résistance ça deviendrait une tension V_{22} et V_{21} et ces deux tensions suivront exactement les mêmes allures que les courants.

Notes

Summary



Caractéristiques grands signaux



Electronique II

Alors, si vous vous intéressez à V_{22} et à V_{21} , regardez, V_{22} par rapport à n'importe quel potentiel fixe, sa variation, elle va être linéaire quand l'accroissement est faible donc, regardez, quand je parle de faible je parle de $(-U_T)$ et $(+U_T)$ donc là, on est de l'ordre de grandeur de 26 mV, on a très peu de variations avant qu'on entre quand même dans la non-linéarité de cette courbe. Donc, on parle de toutes petites variations à l'entrée un accroissement, et cet accroissement se traduit par une variation de tension à la sortie. Mais laquelle de ces tensions? Ça peut être cette tension-là lorsque j'augmente V_1 , je vais avoir V_{22} qui va suivre, ça dépend si je regarde là ou là, et V_{21} qui va suivre de l'autre côté avec une phase différente, cette phase est positive, cette phase est négative. Mais alors, je peux très bien regarder la différence $V_{21} - V_{22}$ et là, je regarde ce potentiel par rapport à ce potentiel.

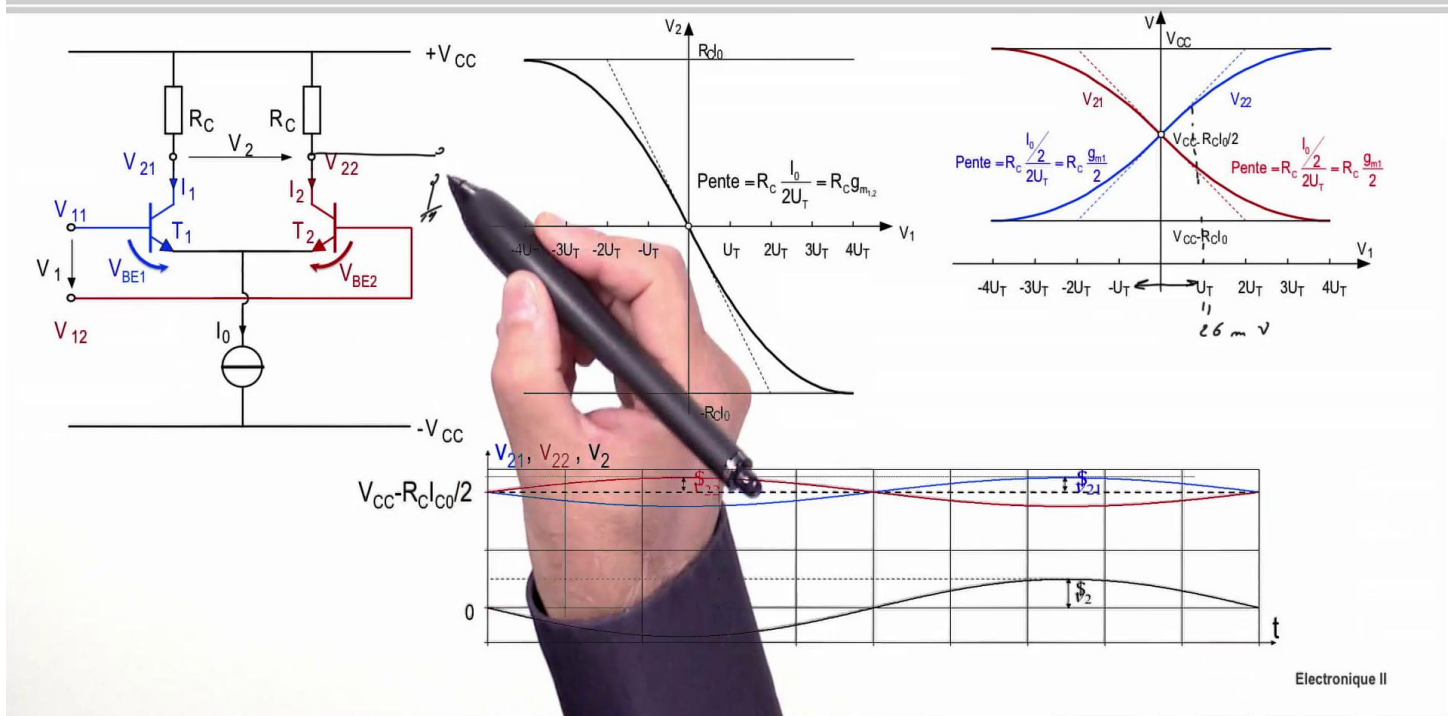
Notes

Summary



17m 57s

Caractéristiques grands signaux



Electronique II

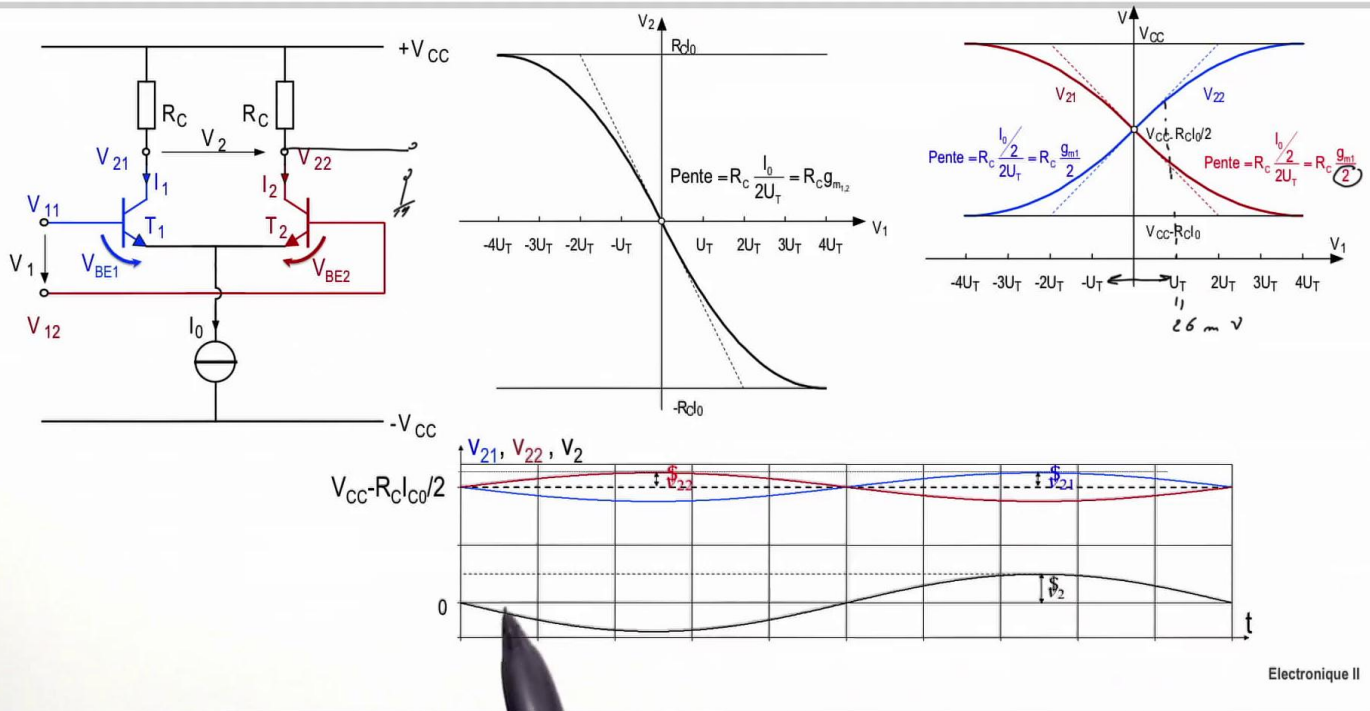
C'est exactement l'histoire de balançoire dont on a parlé, si vous êtes sur ces balançoires, un côté, ça monte, et on regarde la personne qui est en face on voit qu'on a le double de notre variation, pareil, on voit le double de la variation quand on s'intéresse à nous par rapport à celui qui est entrain de bouger en face ou bien, si vous regardez V_{22} directement, par rapport à un potentiel fixe, eh bien, vous regardez la masse c'est comme si vous regardez votre balançoire par rapport à la terre donc vous voyez que vous tapez sur un potentiel fixe. Mais si vous regardez la personne en face, qui monte et qui descend, vous verrez que c'est le double de la dynamique. Donc, V_2 , c'est prendre ces deux courbes et faire la soustraction, ce qui vous donne cette courbe qui est ici. Ça, c'est la tension $V_2 = f(V_1)$, c'est une tension différentielle par rapport à une tension différentielle on l'appelle "différentielle à la sortie", "différentielle à l'entrée". Quand on regarde soit d'un côté, soit de l'autre côté, on parle de "unilatérale" ou "asymétrique" parce qu'on regarde par rapport à la masse.

Notes

Summary



Caractéristiques grands signaux



Electronique II

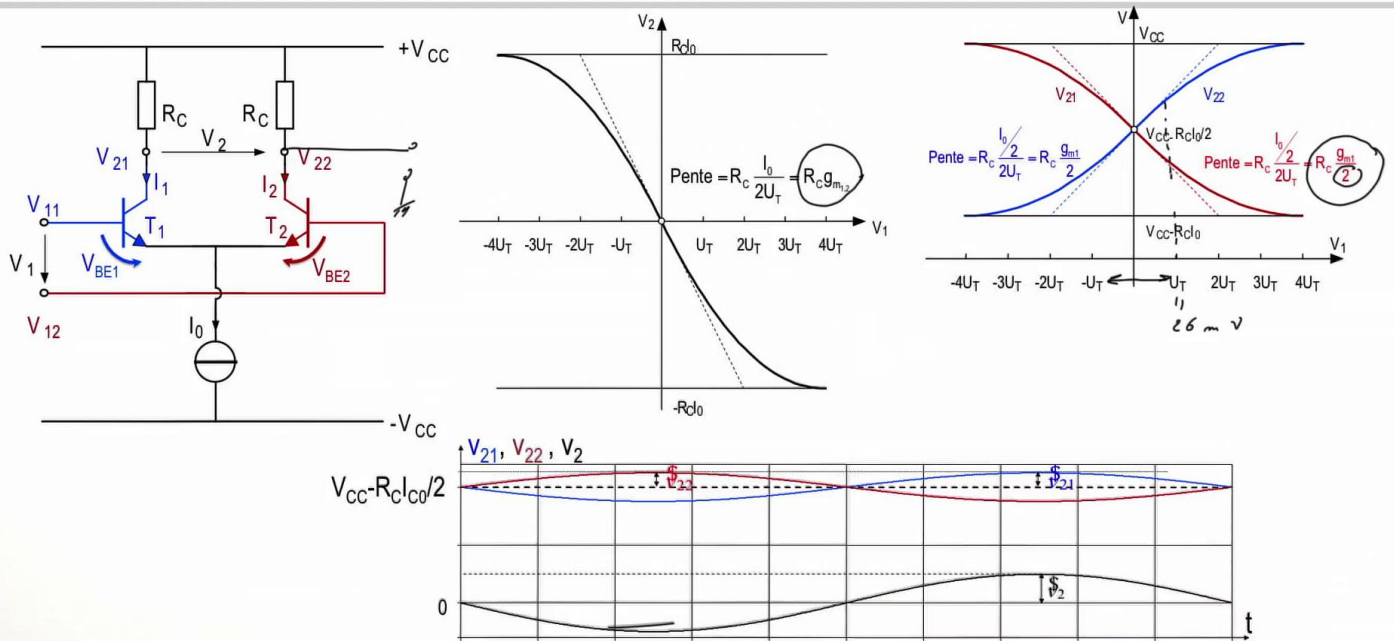
Sur cette courbe-là, on découvre que le gain, c'est comme un transistor puisque la transconductance, on l'avait vu, c'est $(g_m/2) \times R_C$ et sur cette courbe-là, quand je regarde celui qui est en face, il est multiplié par 2 donc le facteur 2 qui était là, on le voit disparaître ici parce que c'est soit g_{m1} ou g_{m2} puisque c'est les mêmes g_m étant donné que les courants qui traversent les deux au repos sont les mêmes. Donc la pente ici en sortie différentielle est égale à $R_C \times g_{m1}$ donc j'ai gagné un facteur 2 sur le gain. Je répète ce que je viens de dire, quand je sors d'un côté ou de l'autre, je l'ai dessiné ici avec V_{21} et V_{22} en admettant que j'ai une tension V_1 sinusoïdale à l'entrée, alors, je vois qu'une phase est à l'opposé de l'autre quand la tension en rouge augmente l'autre baisse, et vice versa, et les valeurs de crête V_{22} et V_{21} sont connues de part et d'autre sont les mêmes. Maintenant, si vous prenez de ce côté-là, la différence des deux, et là, vous devez imposer un mode commun parce qu'il n'y a pas un potentiel DC qu'on regarde pour savoir quel est le mode commun, ça, vous l'étudiez dans d'autres cours où on vous démontre qu'en imposant des modes communs, dans le cas de résistances, il n'y a pas de problème, parce qu'on bascule par rapport à un potentiel DC connu mais on verra toute à l'heure avec les charges actives, ça sera autre chose.

Notes

Summary



Caractéristiques grands signaux



Electronique II

Et on voit une variation de tension qui est le double de ce qu'on aurait vu d'un côté ou de l'autre. Et je vous amène à retenir ça : le gain, quand on est en sortie différentielle, c'est comme un émetteur commun, le gain, quand on est avec une sortie unilatérale, c'est la moitié du gain d'un émetteur commun normal.

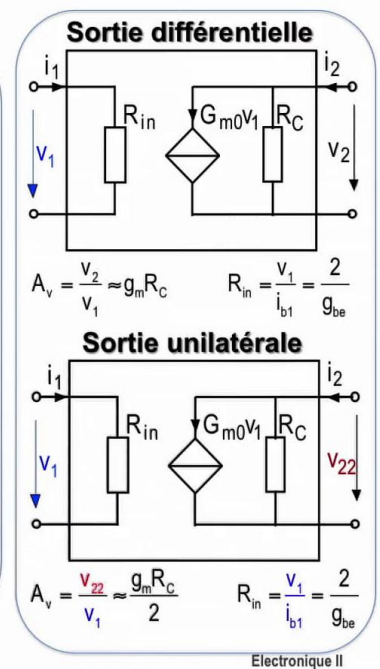
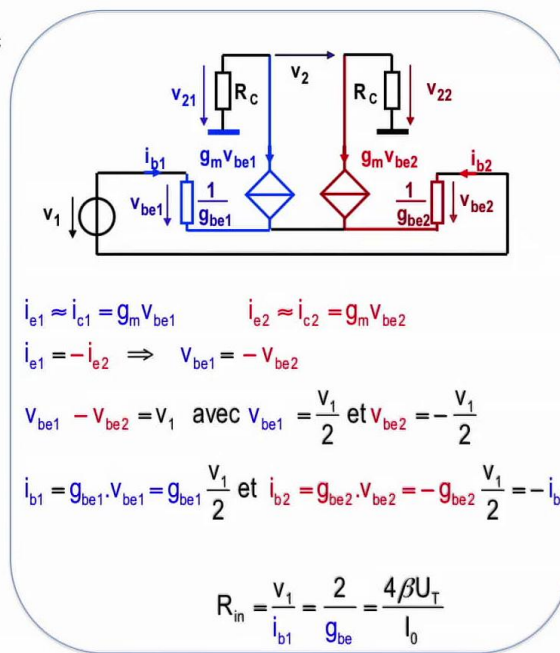
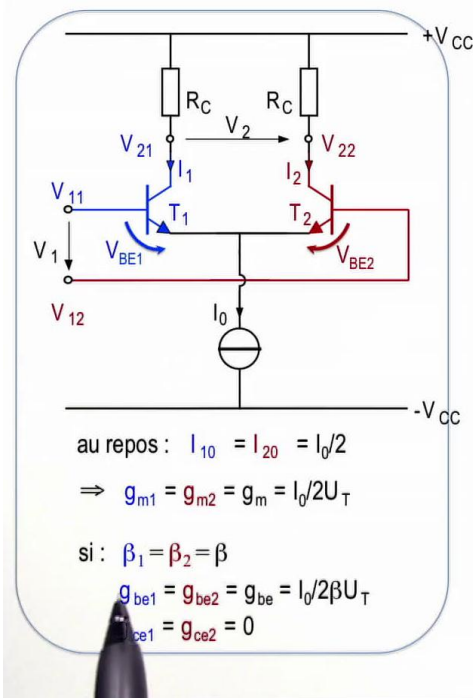
Notes

Summary



21m 27s

Caractéristiques petits signaux



On a toujours l'habitude de passer par le schéma petit signaux. Alors, on va faire le schéma petit signaux de la paire différentielle. J'ai toujours présenté ça comme ça, une partie avec le schéma réel, celle qu'on aurait réalisé on a tracé le schéma petit signaux à côté en considérant qu'on l'a polarisé et on a extrait les paramètres petit signaux, et une fois qu'on a fini ça, on a normalisé ça pour remplacer le schéma petit signaux par un quadripole ayant une impédance d'entrée une impédance de sortie, et une source de courant commandée. Alors, on va faire pareil. La polarisation se fait par cette source de courant. Dès qu'on a imposé le courant I_0 par ici, chacun des transistors, lorsque les deux tensions sont les mêmes, voit la moitié du courant le traverser. Donc je peux écrire les transconductances g_{m1} et g_{m2} que j'appelle g_m parce que c'est la même chose, qui est en l'occurrence égale à la polarisation divisée par U_T donc $I_0/2U_T$. Maintenant les bêtas des transistors, je considère que c'est le même bêta.

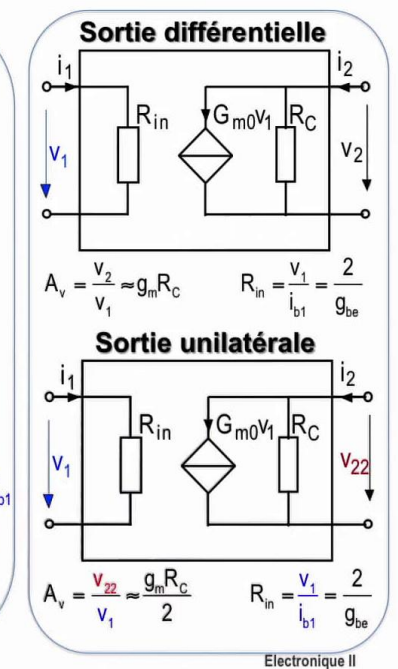
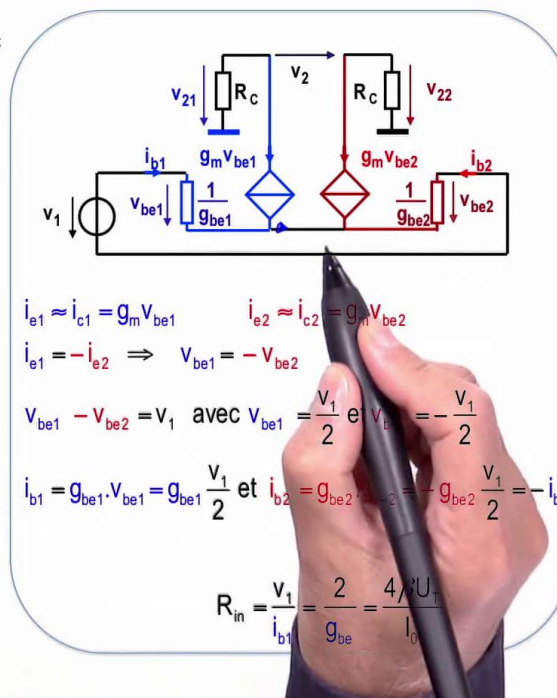
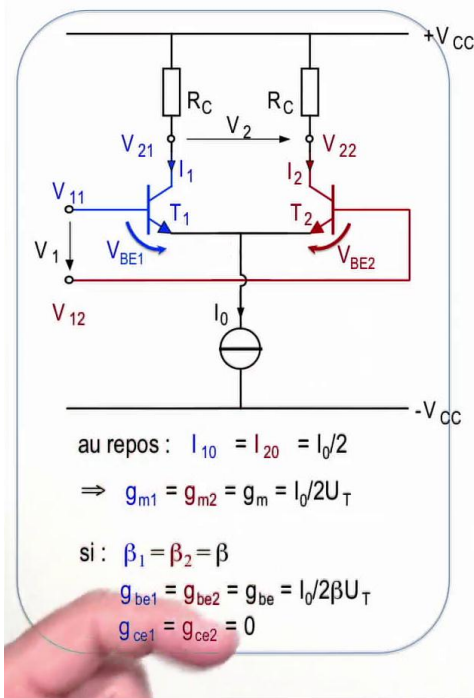
Notes

Summary



21m 47s

Caractéristiques petits signaux



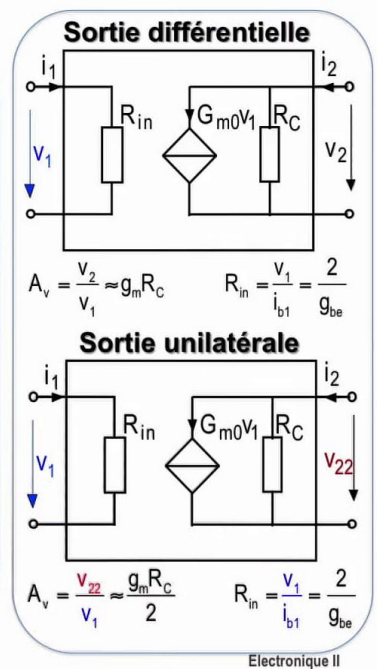
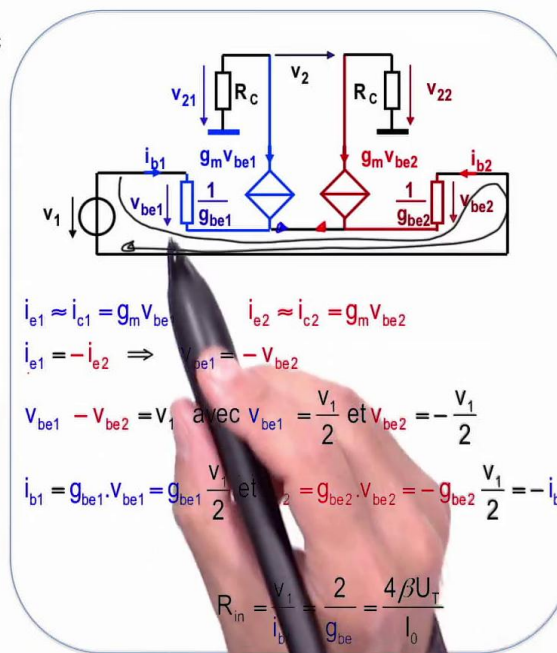
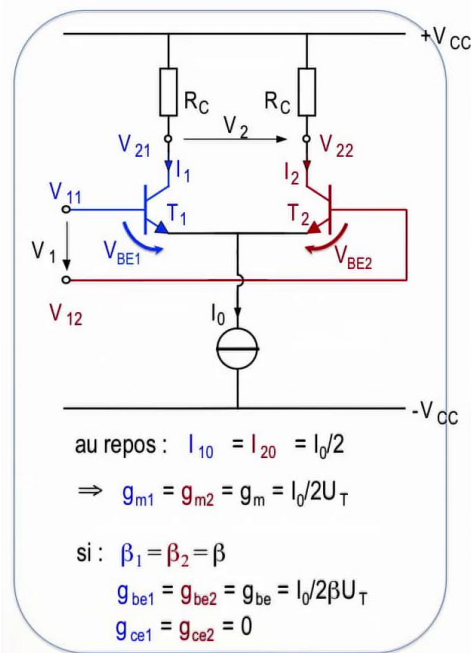
Les gbe des transistors sont les mêmes, et c'est facile à écrire parce que je connais gm/bêta donc je divise ça par le bêta et je trouve le gbe de transistor et pour me faciliter le calcul, je considère qu'il n'y a pas d'effet Early, que c'est une source de courant idéale, le transistor T1 et T2, donc la conductance de sortie est égale à 0 ou la résistance de sortie des transistors est infinie. Et là, je trace le schéma petit signaux. Vous voyez votre transistor en bleu, et votre transistor en rouge c'est une source de courant commandée avec sa charge RC et regardez ici, comme l'émetteur est flottant, donc j'ai mis une source de courant c'est un potentiel qui peut prendre n'importe quelle valeur. S'il n'est pas imposé par ces deux bornes, il peut prendre n'importe quelle valeur entre (+VCC) et (-VCC). Donc je fais cette liaison il y a une source de courant donc c'est une résistance infinie je ne la montre pas et je remplace, enfin je montre les deux impédances d'entrée. Et je pars dans un raisonnement extrêmement simple. Le courant ie1, c'est le courant qui passe i, ici c'est le courant qui passe par l'émetteur, là. Le courant ie2, c'est le courant qui passe par là, donc c'est le courant qui va venir dans cet émetteur, là.

Notes

Summary



Caractéristiques petits signaux



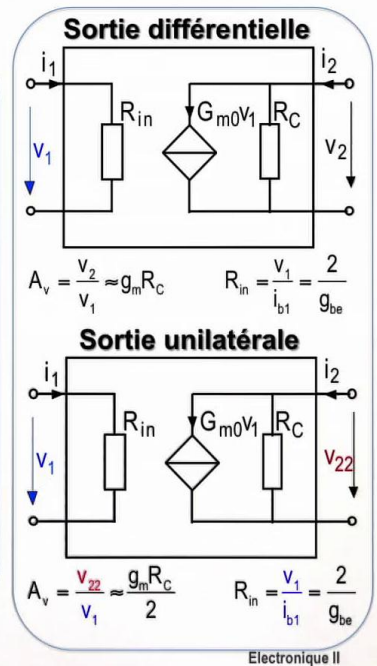
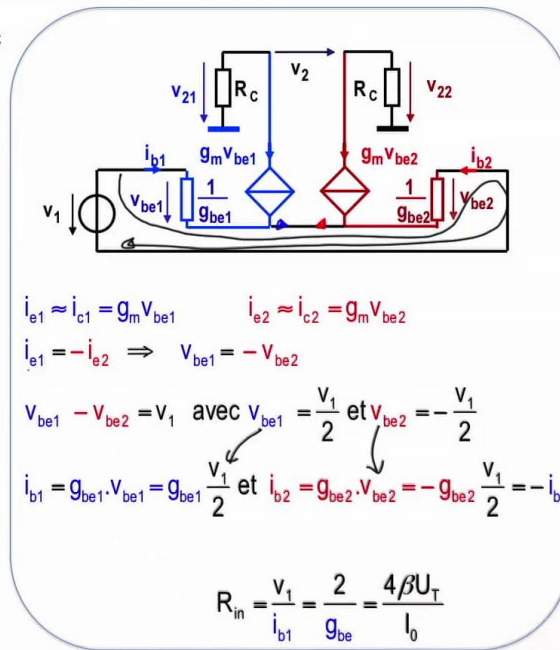
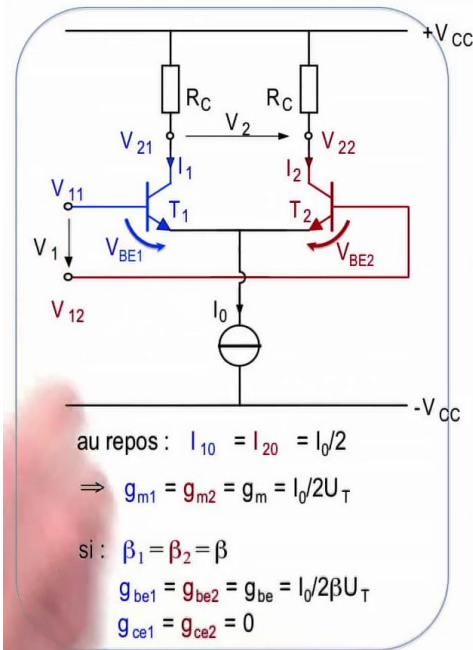
Les deux vont se rejoindre mais étant donné que ce courant et ce courant sont dans un même fil dans un signal AC, donc le courant $i_{e1} = -i_{e2}$. Pareil pour ce qu'on a dit pour v_1 , la tension v_1 , elle apparaît ici, comme ça, vraiment comme ça dans cette maille. Donc ce n'est rien d'autre que $v_{be1} - v_{be2}$. Et la tension $v_{be1} - v_{be2}$, c'est v_1 bien sur c'est ce que je viens d'écrire. Quand je vois une tension augmenter, l'autre diminuer de la même manière, ça veut dire que la tension v_{be1} c'est $v_1/2$ et v_{be2} , c'est $-v_1/2$.

Notes

Summary



Caractéristiques petits signaux



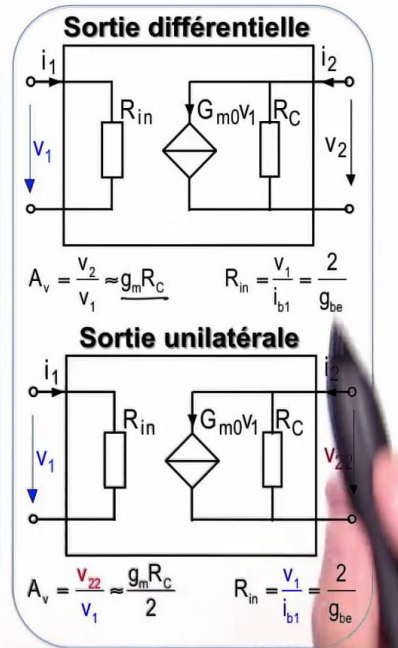
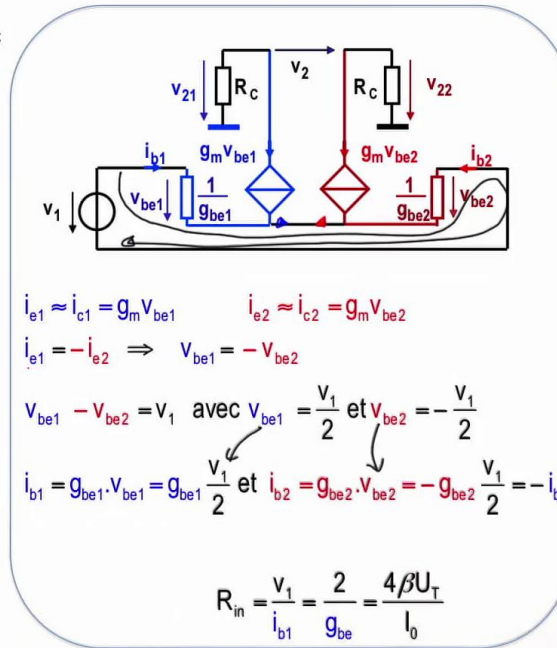
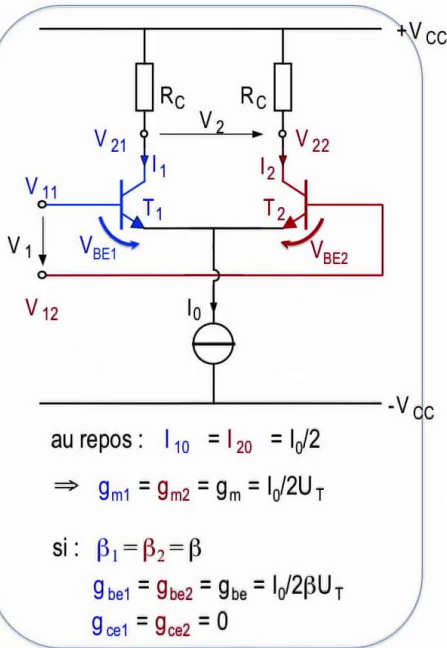
Donc, ça c'est assez trivial de ce qui vient d'être écrit ici, et là, je pars dans l'expression i_{b1} , le courant qui passe ici c'est le g_{be1} multiplié par le v_{be1} , la même chose que ce qu'on a fait tout le temps, pareil ici, i_{be2} , je peux l'écrire de cette manière en rouge, et je peux remplacer v_{be1} par sa valeur là et v_{be2} par sa valeur ici et ça va me donner cette relation qui me permet très facilement de conclure que l'impédance d'entrée que je vois à l'entrée d'une paire différentielle qui doit tenir compte de la tension dV_1 , ou v_1 divisée par le courant i_{b1} , est simplement $2 \times (1/g_{be})$, je vous rappelle que pour un émetteur commun, c'était simplement $1/g_{be}$, là, j'ai une résistance d'entrée qui est deux fois supérieure à ce que j'aurais trouvé avec un émetteur commun et on peut le comprendre très bien parce qu'on doit fournir un courant à deux transistors qui sont branchés de cette manière-là. Donc, maintenant, j'ai tout ce qu'il me faut. On avait calculé toute à l'heure le G_{m0} . On a découvert qu'on a deux façons : soit on sort en différentiel, c'est le rapport de cette tension, divisée par cette tension-là. Et là, c'est exactement comme un émetteur commun, le gain, c'est $g_m \times R_C$.

Notes

Summary



Caractéristiques petits signaux



Electronique II

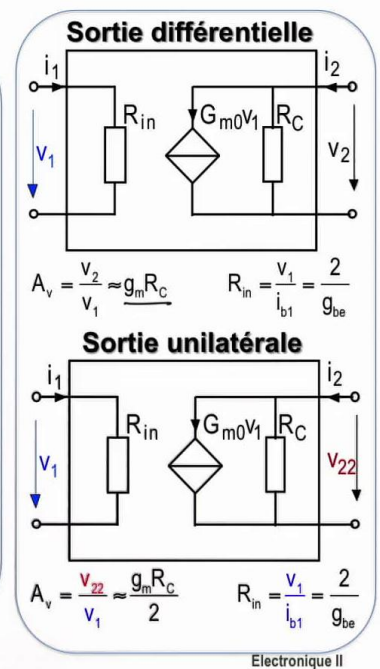
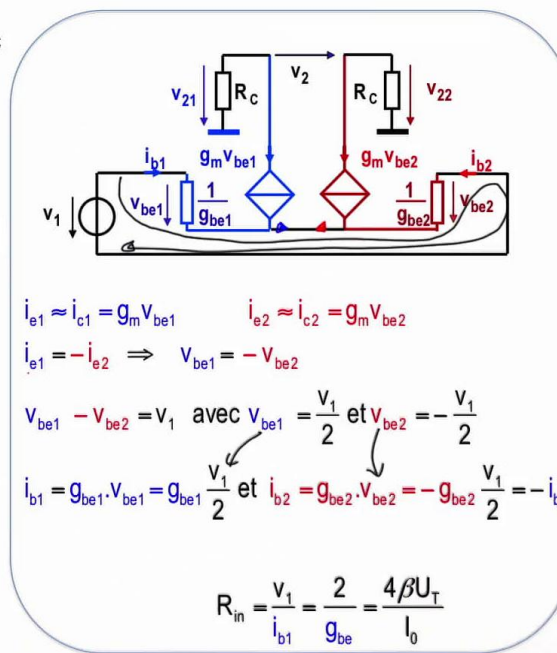
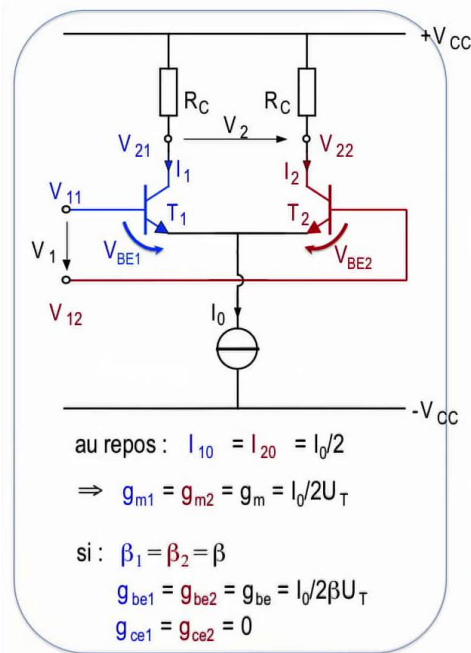
Pourquoi il n'y a pas de signe (-)? Parce que c'est à vous de décider. Quand c'est différentiel, vous pouvez dire ça c'est le positif ça c'est le négatif ou le contraire et comme ça, vous intervertissez les entrées V1 et V2. C'est à vous de décider où se trouvent le (+) et le (-). C'est une histoire de phase entre V1 et V2. Donc le signe (-), il est ajouté ou pas selon si vous décidez que V2, c'est positif dans ce sens-là ou V2 est positif dans l'autre sens. L'impédance d'entrée, c'est deux fois celle d'un émetteur commun quand on a une entrée différentielle donc c'est comme un émetteur commun avec une différence ici. Maintenant, si je prends une sortie unilatérale, donc je sors soit de ce côté-là soit de ce côté-là, donc, j'oublie la moitié, c'est comme si j'ai un courant I2 que j'exploite, et l'autre, sa variation, je la laisse filer dans l'alimentation et je ne l'utilise pas. Donc je perds la moitié de l'efficacité. J'ai agi sur la tension mais je n'ai pas tenu compte du courant quand je sors d'une manière unilatérale. Donc je perds la moitié du gain. Regardez $g_m \times R_C$, et là, c'est $g_m \times R_C/2$. Et l'impédance d'entrée reste la même, ça ne change pas, ça dépend de cette borne-là qui n'est pas affectée par la sortie différentielle ou unilatérale.

Notes

Summary



Caractéristiques petits signaux



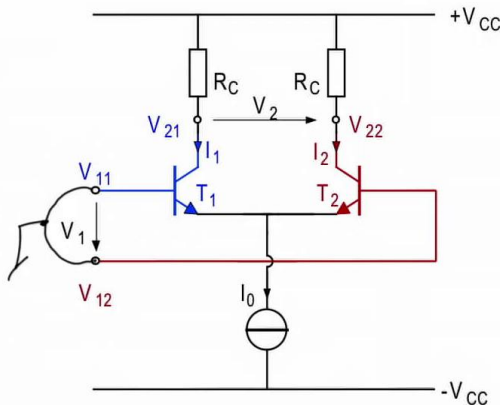
Donc finalement, on ajoute ces deux quadripôles qui représentent la paire différentielle dans un circuit selon ce qu'on sort, soit là, soit d'un côté ou de l'autre.

Notes

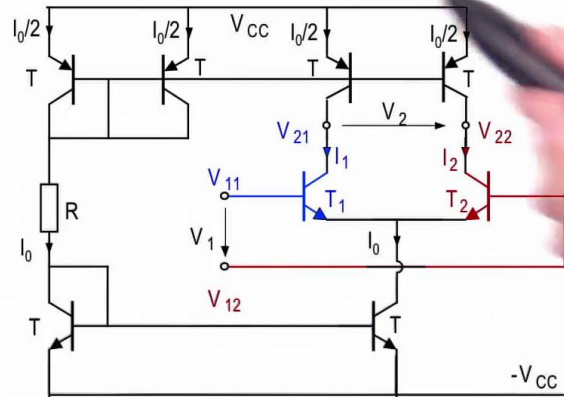
Summary



Amplificateur différentiel avec charge active



Charge passive



Charge active

Electronique I

Et pour continuer dans le même raisonnement, un amplificateur différentiel avec charge active, vous vous souvenez quand on a pris les charges passives avec des résistances, et on s'était dit : on fait avec ça ce qu'on vient d'analyser, les charges passives et que se passe-t-il si on remplace les résistances par des transistors qui correspondent à des sources de courant et c'est des sources de courant qu'on polarise à un potentiel fixe et on met une charge active? Alors, voilà le schéma. J'attire simplement votre attention que quand vous prenez ce courant I_0 et vous branchez ces deux ensembles ici, et vous mettez un potentiel DC qui est commun entre les deux, bien, ce qui se passe, c'est que votre courant, il se divise, si tout est idéal, il se divise en 2 tout seul. Ici, si vous mettez une charge active, vous devez être sûr que le courant qui passe là, là, additionné une fois passé par le transistor nous donne le courant I_0 ici. Sinon, ceci est à l'origine d'un offset systématique qui va apparaître dans votre amplificateur où tout le temps on a un peu plus de courant, un peu moins de courant qui donne une tension qui est aussi balancée. Donc, je vous laisse regarder ce schéma-là.

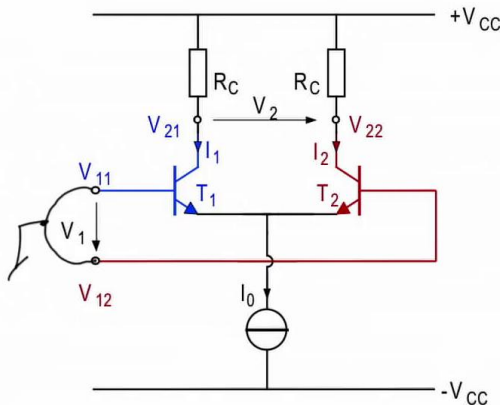
Notes

Summary

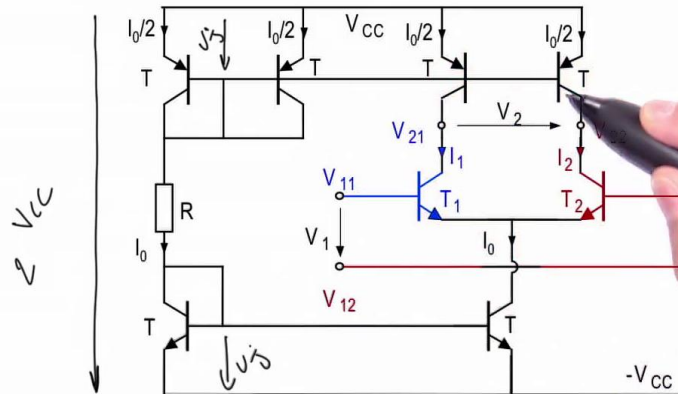


27m 51s

Amplificateur différentiel avec charge active



Charge passive



Charge active

$$I_0 = \frac{2V_{CC} - 2V_{j}}{R}$$

Electronique II

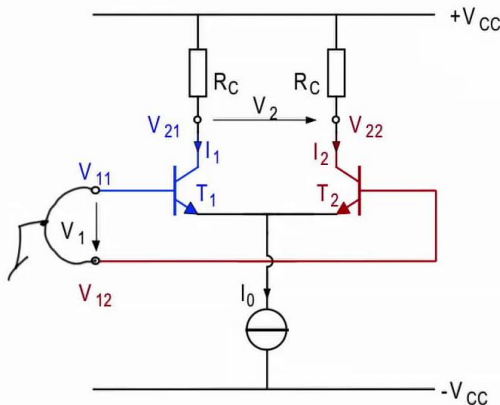
J'ai pris la source de courant et je l'ai réalisée par un miroir de courant pour créer le courant I_0 . J'utilise l'alimentation (+VCC) (-VCC) donc de là à là, j'ai $2 \times V_{CC}$. Je connecte un transistor connecteur en diode, mais je mets deux en parallèle, vous allez voir pourquoi, donc ici, j'ai une tension de l'ordre de U_j et là, j'ai une tension de l'ordre de U_j donc je peux très bien calculer le courant I_0 comme étant le courant I_0 , il va être calculé facilement, $I_0 = 2V_{CC} - 2U_j$, donc, c'est $U_j + U_j$ et le $2V_{CC}$ dû à cette tension, divisés par une résistance que j'aurais choisie moi-même. Cette tension-là, je la connais, Cette tension-là, je la connais, je n'ai qu'à déterminer la résistance R pour imposer I_0 . Je viens maintenant sur la partie charge active, je voudrais deux sources de courant, regardez, c'est une source de courant, c'est une source de courant. Pourquoi? Parce que la tension ici est la même. Là, j'ai la même tension que vous voyez ici. Cette ligne est connectée, donc là, j'ai une tension qui est imposée par ces deux transistors.

Notes

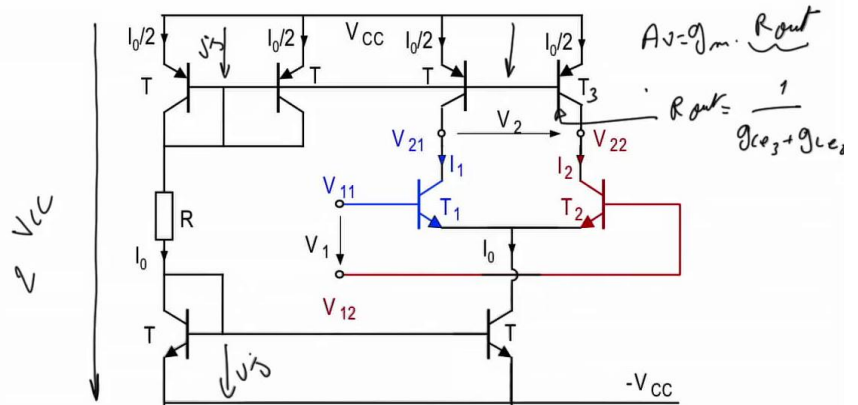
Summary



Amplificateur différentiel avec charge active



Charge passive



Charge active

$$I_0 = \frac{2V_{CC} - 2V_{DS}}{R}$$

Electronique II

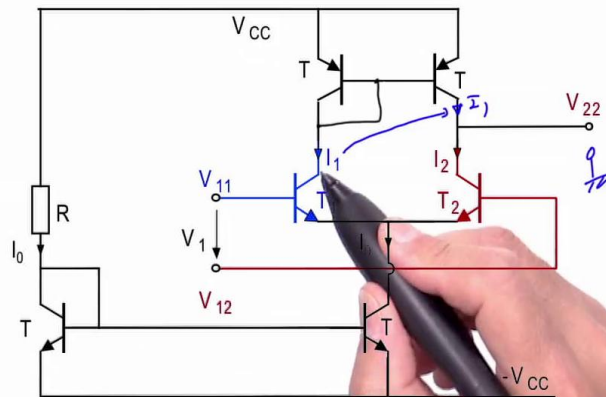
Quand je prends le courant I_0 et je le fais passer par deux transistors absolument les mêmes donc cette structure-là est à mettre dans un circuit intégré, vous ne pouvez pas le faire avec des composants discrets, vous devez prendre absolument un circuit intégré, cette tension-là imposée à la base de ces deux transistors va absolument copier le courant $I_0/2$ dans chacun de ces deux transistors. Vous allez vous retrouver avec $I_0/2 + I_0/2$ qui se somment ici et qui vous donnent I_0 , donc cette structure que vous voyez là c'est votre paire différentielle qu'on a ici mais amenée à une structure avec charge active et on se retrouve avec une tension différentielle et un gain extrêmement élevé car c'est g_m , le gain, il est toujours $g_m \times R_{out}$ et ce R_{out} ici est immense. La résistance que je vois depuis ici R_{out} , c'est la mise en parallèle de $1/g_{ce}$ de ce transistor en parallèle avec le $1/g_{ce}$ de ce transistor qui vous donnent, je regarde ceci, $1/(g_{ce3} + g_{ce2})$, on va appeler ça 3 pareil de l'autre côté. Donc, si vous multipliez g_m sur ce gain, sur cette résistance de sortie, vous verrez que ça donne un gain qui est phénoménal, ça dépend de votre polarisation bien sûr, mais on aurait un exercice à faire autour de ça.

Notes

Summary



Amplificateur différentiel avec charge active



Electronique II

J'aimerais bien vous rappeler ce que j'ai perdu toute à l'heure lorsque cette liaison-là n'existait pas. Voyez cette liaison, je vais l'effacer, je vais effacer cette liaison-là, c'est comme si elle n'existe pas. toute à l'heure, je viens de faire quelque chose comme ça. Si je polarise la base de ce transistor, bien sur, ce montage ne marcherait pas il faudrait que je mette une polarisation ce que j'avais fait dans le schéma qui était avant. Maintenant, si je relie ceci, je relie là à là, là, il y a une autre chose, c'est comme si je dis au courant I1 je vais le copier de là à là. C'est un miroir de courant regardez bien ça, le courant I1 va se trouver ici. Toute à l'heure, j'avais fait une remarque, j'avais dit quand un montage différentiel dans lequel je n'utilise que la moitié c'est à dire je n'ai par regardé ce qui se passe de ce côté-là par rapport à ce côté-là, j'ai juste regardé la sortie, comme c'est maintenant, par rapport à un potentiel DC donné, la variation de ce courant-là, je l'ai laissée filer dans l'alimentation et je ne l'ai pas utilisée Là, dans ce genre de montage, ce n'est pas le cas. Je prends ce courant I1 et je le miroite et je le ramène de l'autre côté.

Notes

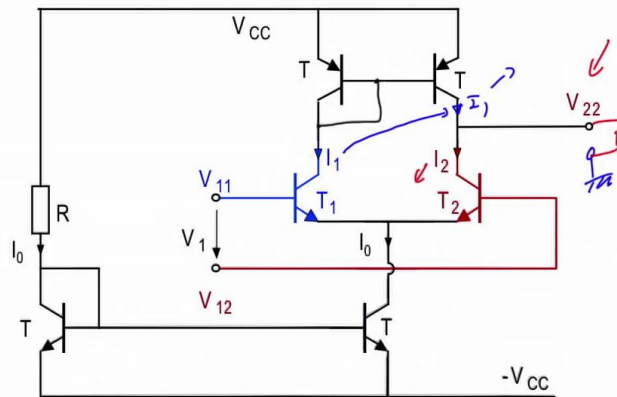
Summary

31m 57s



Amplificateur différentiel avec charge active

$$A_v = \frac{g_m \cdot R_{out}}{2}$$



Electronique II

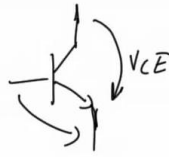
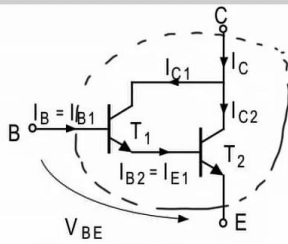
Je ne le perds pas, je ne le laisse pas aller, je l'ai copié de l'autre côté. Donc quand I_1 augmente ici, on s'attend à ce que I_2 diminue, oui, c'est juste, c'est ce qui va se passer, mais au lieu de laisser cette variation en dehors de l'intérêt de la charge, si vous mettez une charge ici, là, vous voyez I_1 qui descend dans votre charge et I_2 qui se retire depuis votre charge ça correspond à une sortie unilatérale parce que je sors d'un côté dans lequel je n'ai plus un gain qui a été divisé par 2. On avait dit, malheureusement, une sortie unilatérale nous fait perdre, nous donne un gain égal g_m , multiplié par une résistance de charge, ou une résistance de sortie divisés par 2. Et là, en l'occurrence dans ce cas-là, puisque j'ai récupéré ce que j'ai perdu et je l'ai ramené ici, ce facteur 2 vient d'être effacé.

Notes

Summary



Montage Darlington et pseudo-Darlington



$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_B$$

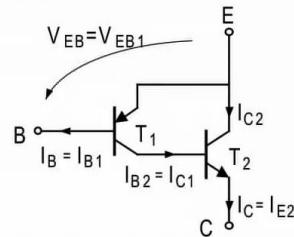
$$I_C = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx \frac{g_{m2}}{2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{i_c}{\beta_1 \beta_2 v_{be}} = \frac{g_m}{\beta_1 \beta_2} = \frac{g_{be2}}{2 \beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$



$$I_C = I_{E2} = (\beta_1 + 1) I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{C1}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_B$$

$$I_C = (\beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx g_{m2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{g_{be2}}{\beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$

Electronique II

Je termine avec un montage on dirait que c'est juste une substitution de transistors bipolaires. J'aimerais expliquer l'inutilité de ce transistor. Quand vous prenez un transistor simple, il possède un bêta, le bêta, vous ne pouvez pas le modifier, il est dans votre transistor, c'est un des paramètres de construction de votre transistor. Maintenant, si vous prenez un transistor de puissance, vous ne pouvez pas faire des bêtas élevés. Votre transistor, quand il doit subir une variation de tension, U_{CE} , très élevée, il souffre, physiquement parlant, de son incapacité de posséder un bêta élevé. Ce que nous faisons avec, nous l'aidons. Si ce transistor c'est le transistor T2 qui a un bêta faible, on viendrait le mettre avec un deuxième transistor qui vient avant et c'est un transistor qu'assez souvent, on les vend encapsulés tous les deux dans un même boîtier et on appelle ça le montage Darlington. Donc, en d'autres termes, l'imperfection de transistor qui possède un bêta faible est corrigée par le fait d'utiliser deux transistors. Et on n'oublie pas que là, j'ai une jonction. Là, pour le commander, j'ai besoin de 2 jonctions. Alors, je vais analyser ce montage et on va regarder comme tout ceci se calcule.

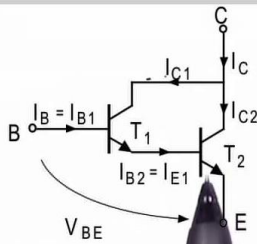
Notes

Summary

35m 48s



Montage Darlington et pseudo-Darlington



$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_B$$

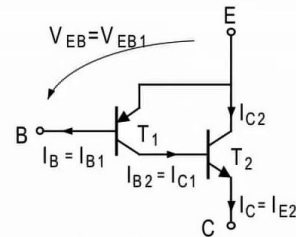
$$I_C = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx \frac{g_{m2}}{2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{i_c}{\beta_1 \beta_2 v_{be}} = \frac{g_m}{\beta_1 \beta_2} = \frac{g_{be2}}{2 \beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$



$$I_C = I_{E2} = (\beta_1 + 1) I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{C1}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_B$$

$$I_C = (\beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx g_{m2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{g_{be2}}{\beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$

Electronique II

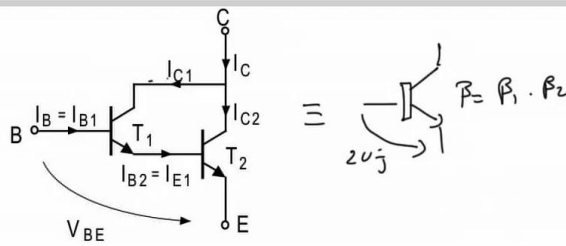
Je vais analyser ce montage en prenant le montage Darlington et en regardant ce qui se passe comme si ça avait été un simple transistor donc je vais dire base-émetteur-collecteur sachant que dedans, il y a quand même deux transistors qui se suivent. Je considère que le courant I_C ; c'est ce que j'ai écrit ici, il va se diviser en I_{C1} et I_{C2} ici, et ce courant I_{C1} , il passe dans le premier transistor et il sort de l'autre côté il devient I_{E1} . Donc, je peux très bien dire que le courant qui sort, le I_{E1} c'est $\beta_1 \times I_{B1}$, et j'ai appelé I_{B1} , I_B parce que je veux à tout prix considérer qu'il y a un transistor qui a 3 bornes : I_C , I_B et I_E qui rentrent et qui sortent de ce transistor. Donc, j'écris cette relation aussi simplement qu'il soit en prenant I_{C1} , en l'exprimant comme étant égale à I_{E1} et en disant I_{E1} , c'est $\beta_1 I_{B1}$ et je calcule ceci et je regarde quelle est la valeur de I_C quand j'additionne I_{C1} et I_{C2} tenant compte de cet effet parce que le même courant de l'émetteur de ce transistor deviendrait le courant de base de ce transistor T_2 . Donc ce transistor, il va sortir un courant ici qui va être son propre β_2 mais étant donné qu'il a déjà profité du β_1 de ce transistor qui est là-dedans, donc, ça fait $\beta_1 \times \beta_2$ comme approximation des 2 gains.

Notes

Summary



Montage Darlington et pseudo-Darlington



$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_B$$

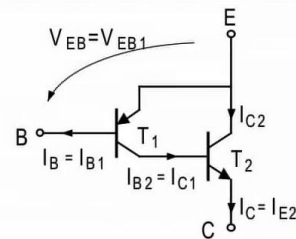
$$I_C = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx \frac{g_{m2}}{2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{i_c}{\beta_1 \beta_2 v_{be}} = \frac{g_m}{\beta_1 \beta_2} = \frac{g_{be2}}{2 \beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$



$$I_C = I_{E2} = (\beta_1 + 1) I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{C1}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_B$$

$$I_C = (\beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx g_{m2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{g_{be2}}{\beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$

Electronique II

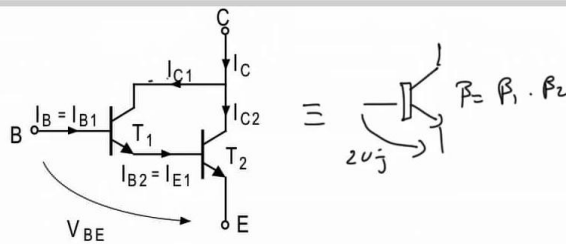
Donc, si vous calculez cette expression, vous trouvez que le courant qui sort, ou plutôt le courant I_C , c'est I_B multiplié par le produit des bêtas des deux transistors plus le β_2 , plus le β_1 . On peut très bien simplifier le $(\beta_1 + \beta_2)$ comparé au produit de $(\beta_1 \times \beta_2)$ et dire : c'est de l'ordre de grandeur de $\beta_1 \times \beta_2$. Donc, je viens de réaliser un équivalent d'un transistor, si je le dessine bizarrement, on dira que c'est un super-transistor dont le β égal à $\beta_1 \times \beta_2$ qu'un fabricant vous donne, mais il vous dit "Attention, là, vous allez avoir deux tensions de jonction lorsque vous le commandez," parce qu'il y a 2 jonctions qui se suivent. Quelqu'un qui dit "J'ai 2 tensions de jonction, si je l'utilise dans un accroissement, la tension delta I_{BE} va être divisé sur 2 transistors, ce qui ramène à un g_m sur 2." Vous vous souvenez que la variation de la tension engendre une variation de courant, mais alors, ce transistor au lieu de voir une variation, il va perdre une variation sur le premier, ce qui nous ramène, approximativement à dire on a perdu de sa transconductance parce qu'il a besoin de deux fois de variation pour nous donner une variation équivalente au courant.

Notes

Summary



Montage Darlington et pseudo-Darlington



$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_B$$

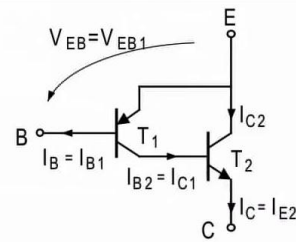
$$I_C = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx \frac{g_{m2}}{2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{i_c}{\beta_1 \beta_2 v_{be}} = \frac{g_m}{\beta_1 \beta_2} = \frac{g_{be2}}{2 \beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$



$$I_C = I_{E2} = (\beta_1 + 1) I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{C1}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_B$$

$$I_C = (\beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx g_{m2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{g_{be2}}{\beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$

Electronique II

Donc, le g_m est divisé par 2. Prenant cette expression et en disant que le g_{be} , l'impédance d'entrée, c'est g_m/β mais le β , il est devenu $\beta_1 \times \beta_2$, je peux très bien dire c'est $g_m / (\beta_1 \times \beta_2)$ que je peux ramener au transistor de sortie $g_{be2} / 2\beta_1$. Tension Early n'est pas affectée parce qu'on va dire, à l'approximation c'est la tension d'Early de ce transistor T2 qui va dominer parce qu'il y a une tension Early ici mais elle ne nous embête pas vu à la sortie. Donc je trouve ces expressions-là et là, c'est un montage qu'on a appelé Darlington parce qu'on a utilisé deux transistors de même type NPN et NPN, je peux le faire bien sûr avec PNP et PNP. Mais si je mélange les transistors, un PNP, un NPN, dans celui de PNP, c'est le transistor de commande, c'est celui qui va voir la variation entre base et émetteur et le transistor NPN, c'est celui qui va jouer l'interface de sortie, je verrai que là, ce que j'ai gagné par rapport à ça, c'est que le g_m qui était divisé par 2 à cause du fait que j'ai perdu deux fois la tension de jonction lors de la commande, là, je l'ai ramené à une tension de jonction. Donc, ça va m'amener à une transconductance comme la transconductance d'un transistor normal.

Notes

Summary



39m 57s



Electronique II

J'ai gagné en transconductance et là, en termes de β , je retombe sur la même chose, plus ou moins, $\beta_1 \times \beta_2$ comme approximation. Maintenant, qu'est ce qui va se passer avec l'impédance d'entrée? La valeur de l'impédance d'entrée ici n'est pas la même chose que là simplement parce que le g_{m2} là, c'était $g_{m2}/2$ qui m'a fait gagner un facteur 2 sur la résistance d'entrée, la résistance d'entrée, c'est $2\beta_1 / g_{be2}$, là, ça va devenir g_{be2} / β_1 donc, j'ai le facteur 2 qui manque ici, donc la résistance d'entrée d'un montage réalisé par un pseudo-Darlington, me permet d'améliorer le paramètre du gain qui est la transconductance et il me permet de perdre un facteur 2 sur la résistance d'entrée, là, la résistance d'entrée est deux fois supérieure à celle que j'aurais vue ici pendant que l'impédance de sortie reste la même, le g_{ce} est le même. Je viens de terminer une structure complètement nouvelle, le montage différentiel qui clos la série des structures analogiques que nous allons utiliser pour faire avec des amplificateurs et surtout des transconductances.

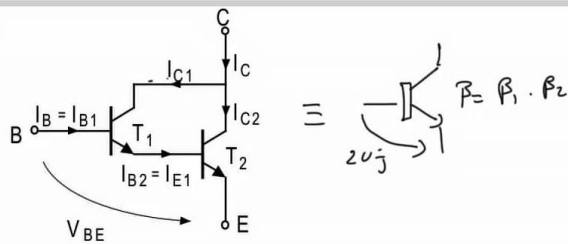
Notes

Summary



41m 18s

Montage Darlington et pseudo-Darlington



$$I_C = I_{C1} + I_{C2} = \beta_1 I_{B1} + \beta_2 I_{B2}$$

$$I_{B2} = I_{E1} = (\beta_1 + 1) I_{B1} = (\beta_1 + 1) I_B$$

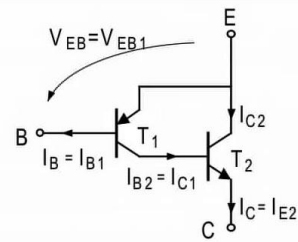
$$I_C = (\beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_1 + \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx \frac{g_{m2}}{2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{i_c}{\beta_1 \beta_2 v_{be}} = \frac{g_m}{\beta_1 \beta_2} = \frac{g_{be2}}{2 \beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$



$$I_C = I_{E2} = (\beta_1 + 1) I_{B2} = (\beta_1 + 1) I_{C1}$$

$$I_{C1} = \beta_1 I_B$$

$$I_C = (\beta_2 + \beta_1 \beta_2) I_B$$

$$\beta = \beta_2 + \beta_1 \beta_2 \approx \beta_1 \beta_2$$

$$g_m = \frac{i_c}{v_{be}} \approx g_{m2}$$

$$g_{be} = \frac{i_b}{v_{be}} \approx \frac{g_{be2}}{\beta_1}$$

$$g_{ce} \approx g_{ce2} \approx \frac{I_{C0}}{V_A}$$

Electronique II

Et c'est une des transconductances qui est la plus utilisée, en l'occurrence, l'entrée d'un amplificateur opérationnel utilise une entrée (+) et (-), donc c'est une paire différentielle et donc cette partie de mon cours, est terminée, avec juste une variété d'un transistor bipolaire qui était booster le bêta à travers l'utilisation de deux transistors pour multiplier le bêta et obtenir un produit de bêtas entre deux transistors.

Notes

Summary



42m 39s