





- Introduction
- Polarisation du transistor bipolaire
- Sources de courant à composants discrets
- Sources de courant intégrées

Electronique II

Bonjour tout le monde! Aujourd'hui, nous allons étudier la polarisation des transistors. Donc, on a déjà passé par le modèle petit signaux du transistor, mais on a considéré que le transistor a été déjà polarisé, c'est à dire que le courant qui traverse notre transistor a été fixé par une technique donnée. L'objectif de ce chapitre est réellement de voir comment est-ce qu'on polarise un transistor, première chose, donc on va voir une petite introduction, ensuite, on va regarder quelles sont les méthodes de polarisation qui existent et vous verrez que finalement, il n'y a qu'une seule méthode, celle qu'on va utiliser pratiquement tout le temps et après, on va regarder les montages à base de composants discrets, ça signifie que vous prenez un transistor du marché et vous mettez autour de lui quelques résistances et des alimentations pour réaliser votre polarisation et on va faire ça par des sources de courant donc apprendre à faire des sources de courant avec des composants discrets pour finir après avec un montage extrêmement connu pour faire des circuits intégrés ou dans les circuits intégrés qu'on appelle "le miroir du courant" et qui nous permet de faire des sources de courant.

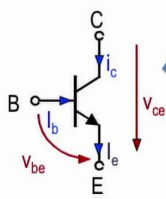
Notes

Summary



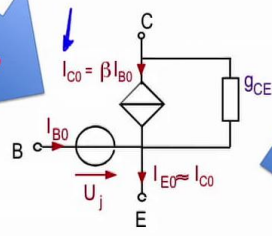
0m 06s

# Objectifs de la polarisation



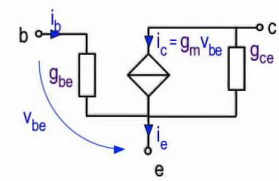
**Polarisation**

DC



**Courant I\_C0**

AC



$$g_m = \frac{I_{C0}}{U_T}$$

$$g_{be} = \frac{I_{C0}}{\beta U_T} = \frac{g_m}{\beta}$$

$$g_{ce} = \frac{I_{C0}}{V_A}$$

$$V_A \gg \beta U_T \gg U_T \rightarrow \frac{V_A}{I_{C0}} \gg \frac{\beta U_T}{I_{C0}} \gg \frac{U_T}{I_{C0}} \rightarrow \frac{1}{g_{ce}} \gg \frac{1}{g_{be}} \gg \frac{1}{g_m}$$

Electronique II

à base de transistors J'aimerais bien vous rappeler de nouveau ce que c'était cet objectif de la polarisation. On est parti du symbole et on a étudié ça, et on a fait avec ça le modèle petit signaux, et on avait dit qu'entre deux, il va falloir polariser. Polariser veut dire imposer le courant de polarisation  $I_{C0}$  parce que dès que ceci est connu, regardez, tous les paramètres, on les connaît. Tout le reste dépend des choses déterminées par des lois de la physique ou déterminées par le composant qu'on utilise. La polarisation veut dire qu'on a fixé tous les potentiels d'un circuit DC et dès qu'on a fixé ces potentiels DC, nous pouvons oublier ça, et passer directement à une analyse AC. Donc là, vous faites votre analyse DC par la polarisation, et puis une fois que c'est terminé, on fait l'analyse AC. Donc, dans le cheminement de ce cours, j'ai préféré vous présenter la finalité, c'est à dire faire des fonctions linéaires avec votre circuit en prenant le schéma AC, et on avait dit que plus tard, on va étudier la polarisation. Mais sachez qu'en pratique, ça, c'est beaucoup plus important que ceci. Ça, c'est un objectif, et ça, c'est le moyen pour le faire.

Notes

Summary



1m 14s

# Objectifs et techniques de la polarisation



- Limiter le nombre de sources d'alimentations.
- Stabilité en température.
- Indépendances vis-à-vis de la dispersion des caractéristiques des transistors.

Electronique II

Les objectifs de la polarisation sont d'abord fixer tous les potentiels DC de votre schéma ou de votre circuit électronique. Sachez que c'est très difficile de choisir, de faire le bon choix de vos potentiels DC dans tous les nœuds et de toutes les polarisations dans votre circuit que de plutôt calculer un gain, un gain est extrêmement simple calculer les impédances d'entrée, les impédances de sortie, vous avez compris qu'il s'agit de choisir correctement votre montage émetteur commun-base commune ou collecteur commun. Maintenant, ce que vous ne connaissez pas, mais vous allez l'apprendre plus tard, que vos composants d'abord souffrent d'une imprécision, ils changent de comportement avec la température et malheureusement, ils ont des valeurs, telles que les  $\beta$ s, telles que la tension hors ligne qui ne sont pas des valeurs fixes, ce n'est pas des valeurs absolues, c'est des choses qui varient et qui dépend relativement d'un composant à un autre et qui varient dans des erreurs extrêmement élevées. Ça, c'est la première chose. Deuxième chose, la polarisation est la tâche qui vous permet plus tard de dire "J'ai une tension d'alimentation qui varie entre 0 et une certaine quantité." Aujourd'hui, les tensions d'alimentation sont très faibles, on travaille autour de 1 volt.

Notes

Summary



2m 41s

# Objectifs et techniques de la polarisation



- Limiter le nombre de sources d'alimentations.
- Stabilité en température.
- Indépendances vis-à-vis de la dispersion des caractéristiques des transistors.

Electronique II

Donc quand vous travaillez avec des tensions d'alimentation faibles, et vous voulez avoir une dynamique de votre signal c'est à dire une plage dans laquelle votre signal va changer, le choix de la polarisation va être parmi les choses les plus difficiles à faire. Donc, je ne vais pas commencer à avancer rapidement dans le cours parce qu'on va analyser toutes ces choses-là, montrant d'abord comment est-ce qu'on polarise, et plus tard on va voir comment on choisit la valeur de la polarisation qui deviendrait la paramètre le plus important d'une conception d'un circuit et c'est avec ça qu'une fois qu'on l'a déterminé, tout le reste devient facile à trouver.

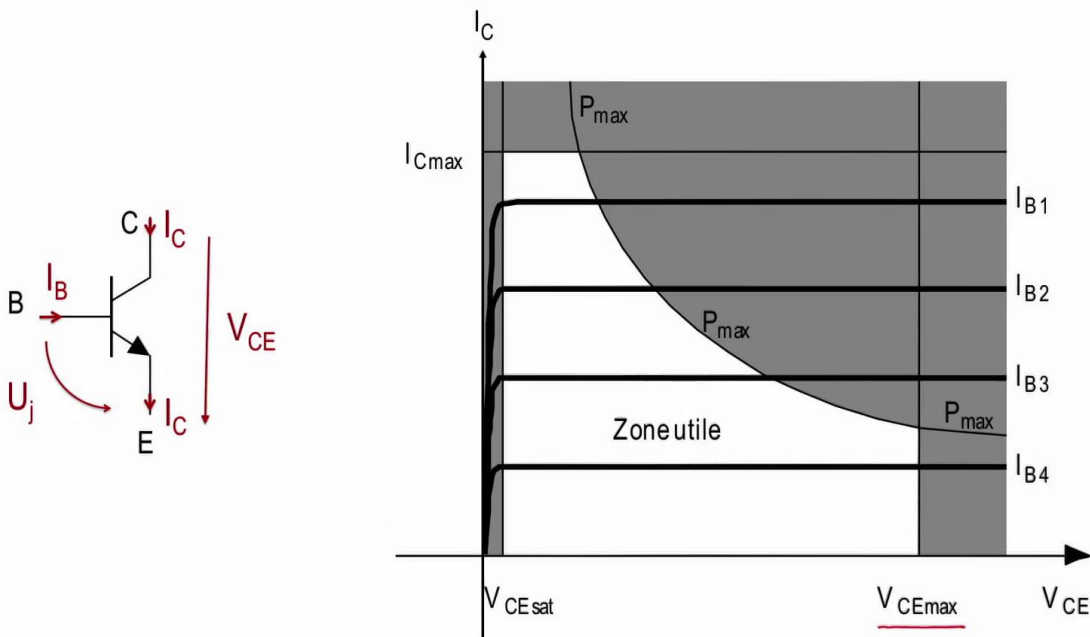
Notes

Summary



4m 03s

# Choix du point de fonctionnement



Electronique II

Voici la caractéristique de sortie d'un transistor quelconque en l'occurrence bipolaire comme exemple ici. Le fabricant va vous donner pas mal de limites. Il va vous dire "Attention, mon composant n'aimerait pas avoir une tension supérieure à ce qu'on appelle le  $V_{CEmax}$ ." Cette tension-là, elle ne peut pas dépasser une certaine valeur que le fabricant de ce composant va vous donner. Quand il vous donne cette valeur, ça ne veut pas dire que si vous la dépassez, vous allez abîmer votre composant, vous pourrez l'abîmer si vous ne faites pas attention, il y a un phénomène qu'on appelle le phénomène de perçage, c'est lorsque la base d'un transistor bipolaire il a disparu, les jonctions PN de part et d'autre se retrouvent sans une zone active de bipolaire, c'est à dire il y a la zone de déplétion de cette jonction et cette jonction-là qui se touchent complètement et ça crée un phénomène où votre transistor apparaît comme une faible résistance et le courant passe directement de l'émetteur au collecteur. Et ça, c'est à cause d'une tension  $V_{CEmax}$  que vous avez dépassée. Donc, le fabricant vous le donne, si vous êtes capable de mettre une résistance soit au collecteur, soit à l'émetteur, et limiter le courant qui passe, votre composant, il n'est pas mort, vous pouvez le récupérer n'empêche que votre transistor n'est plus un transistor, il devient une résistance.

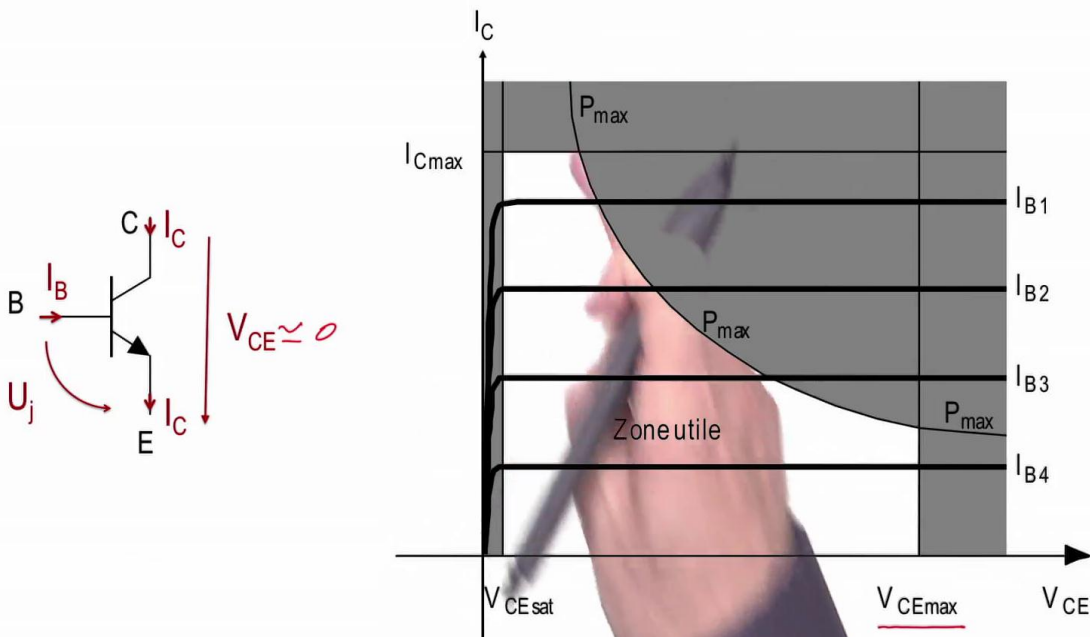
Notes

Summary



4m 42s

# Choix du point de fonctionnement



Electronique II

Pareil, le fabricant, il va vous dire "Ne dépassez pas un courant maximum, si vous mettez dans le composant un courant qui dépasse le  $I_{Cmax}$ , il peut y avoir une destruction." Ca peut être simplement les fils qui connectent le silicium à votre boîtier qui limitent ça ou simplement la capacité ou la densité du courant qui traverse le silicium que le composant ne peut pas supporter au-delà d'une certaine densité du courant qui est donnée par le fabricant. Donc on a une limitation là et on a une limitation ici. Le  $V_{CEsat}$ , c'est une tension qui est propre au transistor et propre à votre montage. C'est lorsque votre tension-là devient de l'ordre de grandeur de 0 ou quelques centaines de millivolts, de 100 à 200 mV là, vous avez perdu la partie dite linéaire de l'utilisation celle qui est ici. Cette partie-là la puissance maximale que votre composant pourrait supporter, est principalement déterminée bien sûr, par la dimension de votre transistor, partie active de votre transistor, et en grande partie aussi de la capacité du boîtier à évacuer la chaleur accumulée.

Notes

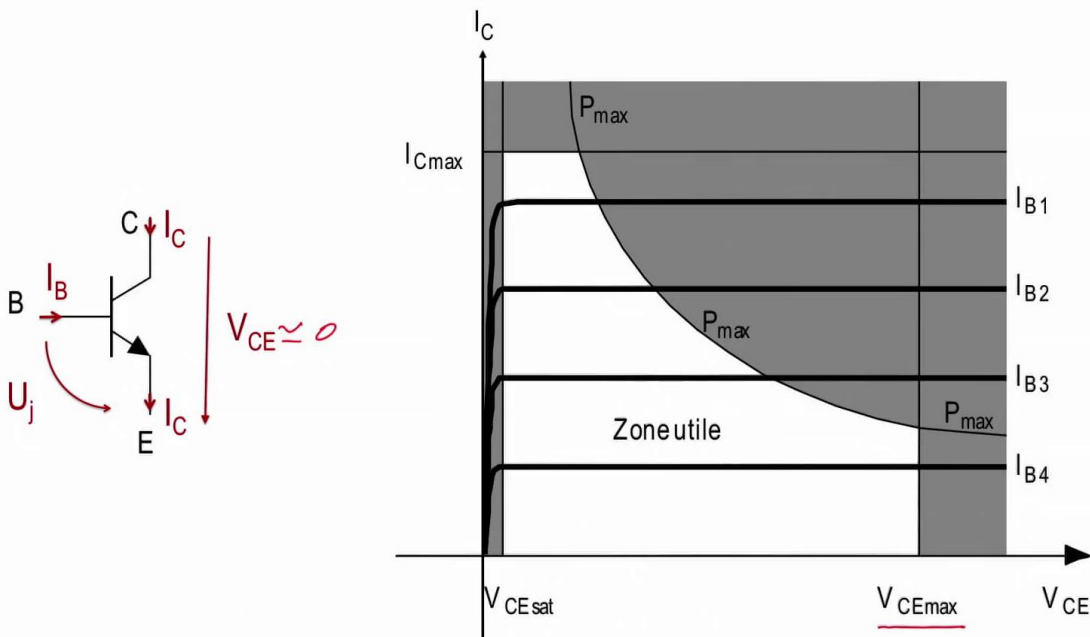
Summary



6m 14s



# Choix du point de fonctionnement



Electronique II

Donc la personne qui vous fabrique le composant, elle va le mettre dans un boîtier donné, et ce boîtier-là, si vous arrivez à le refroidir, ou vous arrivez à le mettre dans une condition où vous restez inférieur à cette courbe-là pour le produit  $V_{CE} \times I_C$ , eh bien, vous allez avoir le transistor qui se comporte en source de courant comme on le voit et on ne devrait pas déborder ni là, ni là, ni ici, pour garantir que nous sommes bien polarisé et nous ne dépassons pas les limites d'utilisation du composant vendu par un fabricant.

Notes

Summary



7m 26s



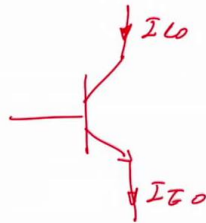
# Polarisation du transistor Bipolaire

- Trois méthodes de polarisations:

$$\rightarrow I_{C0} = I_S e^{\frac{V_{BE0}}{U_T}}$$

$$\rightarrow I_{C0} = \beta I_{B0}$$

$$I_{C0} = I_{E0}$$



Electronique II

Partons maintenant dans les techniques de polarisation de transistor bipolaire. L'objectif, c'est de trouver le  $I_{C0}$ . Nous allons donner une valeur numérique à  $I_{C0}$ . Donc, c'est simple, dans le bipolaire, on a compris que le  $I_{C0}$  est exponentiellement proportionnel à la tension base émetteur, donc si vous mettez une tension base émetteur d'une valeur  $V_C$  donnée,  $I_{C0}$  va automatiquement avoir une certaine valeur. C'est proportionnel à un paramètre propre au composant, qui est donné par le fabricant, ou vous pouvez le mesurer, et la tension thermodynamique et sinon, on a une relation exponentielle. Pareil, votre courant  $I_{C0}$  dépend du courant de base  $I_{B0}$ , multiplié par le bêta. Donc bien sûr, vous pouvez aussi obtenir une valeur  $I_{C0}$  simplement en imposant un courant de base  $I_{B0}$ . Et, pour finir, on avait dit que dans le transistor bipolaire, je veux redessiner de nouveau à côté, si vous négligez le courant de base, donc vous considérez qu'il y a le bêta qui est très élevé, le courant qui passe dans le collecteur, le  $I_{C0}$ , va être égal à votre courant d'émetteur,  $I_{E0}$ . Ça y est. Donc on a 3 façons pour déterminer le courant de polarisation qui est l'objectif.

Notes

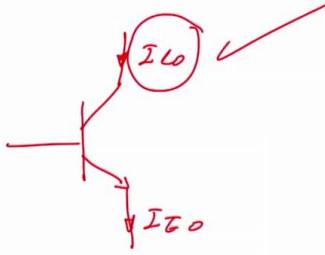
Summary



8m 01s

# Polarisation du transistor Bipolaire

- Trois méthodes de polarisations:

$$\begin{aligned} \rightarrow I_{C0} &= I_S e^{\frac{V_{BE0}}{U_T}} \\ \rightarrow I_{C0} &= \beta I_{B0} \\ \rightarrow I_{C0} &= I_{E0} \end{aligned}$$


Electronique II

C'est ça qu'on aimerait bien avoir et lui donner une valeur dans un circuit. En regardant ces 3 techniques, je peux tout de suite vous dire, on va le voir tout de suite après, que cette technique-là, on ne l'utilise jamais, parce qu'une relation exponentielle entre une tension et un courant, poserait un problème parce qu'il faut bien maîtriser cette valeur et il y a un autre paramètre lié à la température, on l'a déjà vu, je vais le répéter tout de suite après, mais sachez que ça, jamais on ne l'utilise. Quand vous regardez  $I_{C0}$  en fonction de  $\beta$ , eh ben, il y a la valeur de  $\beta$  qui est entre deux, donc cette valeur de  $\beta$  dépend de la précision de  $\beta$ . Et sachez que le fabricant de vos composants bipolaires a beaucoup de peine à vous garantir des  $\beta$  qui ont une certaine valeur assez précise. Donc, d'un transistor à l'autre, le  $\beta$  va varier et il y a une erreur extrêmement élevée et il y a une dépendance de  $\beta$  par rapport à la température pareille entre les deux cas. C'est moins dépendant de la température ici, mais la dispersion des  $\beta$  est extrêmement élevée. Il va nous rester ceci. Et c'est ça qu'on va utiliser. Donc ça, c'est valable, mais dans un laboratoire. Et ça, ça va être réellement la solution qu'on va tout le temps utiliser.

Notes

Summary



9m 25s

# Polarisation du transistor Bipolaire

- Trois méthodes de polarisations:

$$I_{C0} = I_S e^{\frac{V_{BE0}}{U_T}}$$

$$I_{C0} = \beta I_{B0}$$

$$I_{C0} = I_{E0}$$

- Sensibilité à la température et aux tolérances de fabrication:

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}$$

$$\frac{\Delta \beta}{\Delta T} \text{ augmente de } 0.8\% / ^\circ \text{C à } 1.5\% / ^\circ \text{C}$$

Electronique II

Je reprends de nouveau les 3 méthodes et je viens maintenant ajouter qu'est ce qui va m'empêcher pour ne pas utiliser celle-ci pour commencer, moins utiliser celle-ci et surtout utiliser celle-ci. La première méthode, celle qui est basée sur l'utilisation de  $V_{BE0}$ , donc mettre une tension entre base et émetteur qui est DC, mis à part que contrôler exponentiellement un courant est très difficile d'un côté, sachez que toute variation de cette tension-là par rapport à la température, va créer une variation, tout changement de  $\Delta T$ , va me faire une dérive de la température de 2 mV par degré. Mais il y a ce signe (-), et c'est ça qui est le plus critique. Si vous prenez maintenant le  $\beta$  du transistor, il dépend aussi de la température et il varie de l'ordre de 0.8% par degré centigrade ou par degré, et ça varie jusqu'à 1.5. En réalité, là, il n'y a pas de signe moins. Donc ça, ça va encore. On peut le gérer.

Notes

Summary



10m 45s

# Polarisation du transistor Bipolaire

- Trois méthodes de polarisations:

$$I_{C0} = I_S e^{\frac{V_{BE0}}{U_T}}$$

$$I_{C0} = \beta I_{B0}$$

$$I_{C0} = I_{E0}$$

- Sensibilité à la température et aux tolérances de fabrication:

$$\frac{\Delta V_{BE}}{\Delta T} = -2 \text{ mV / } ^\circ \text{C}$$

$$\frac{\Delta \beta}{\Delta T} \text{ augmente de } 0.8\% / ^\circ \text{C à } 1.5\% / ^\circ \text{C}$$

Electronique II

Là, il peut être destructeur pour le transistor si vous imposez une tension fixe et que si la température change, vous avez fait un circuit à transistor bipolaire que vous utilisez dans une voiture et dans votre voiture, vous avez une température, peut être en hiver, négative, et en été positive, sachez que la polarisation qui est calculée va vous donner une variation, il y a une variation énorme entre une température peut être de 0 degré à quelque chose qui va jusqu'à 20 à 30 degrés, ça va influencer fortement, en fonction de la température, la valeur de la polarisation parce que celle-ci, si elle varie en fonction de ça, elle va vous imposer un emballement de votre transistor à cause de ce  $I_{C0}$ .

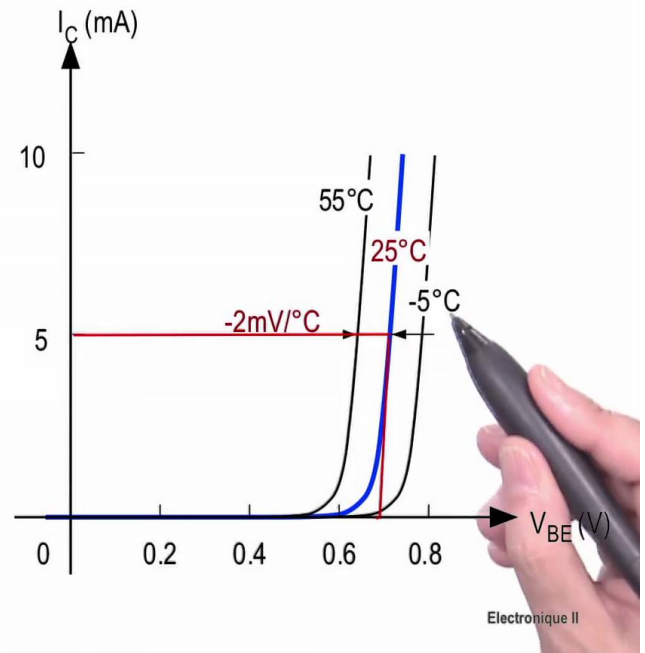
Notes

Summary



# Polarisation par contrôle de $V_{BE}$

- ☹ Jamais utilisée!
- ☹ Forte sensibilité à la température
- ☹ Emballement thermique



Alors, j'aimerais bien vous montrer le comment et le pourquoi de ce  $V_{BE0}$ , j'ai pris la courbe  $I_C$ - $V_{BE}$  du transistor et j'ai dessiné le comportement de ceci à température ambiante, de l'ordre de 25 degrés, j'ai pris un cas où il fait très froid, -5 degrés, et un cas où on a chauffé parce qu'il y a un certain rendement dans votre montage et votre montage a chauffé, il a atteint 55 degrés. Supposez que vous avez polarisé votre transistor quelque part ici. Vous êtes venu avec une température, vous voulez avoir un courant qui est là, ce courant de là à là, sur cette courbe ici, et c'est ça, vous avez calculé quelle est la tension qu'il vous faut. Et vous avez trouvé cette tension ici. Le  $V_{BE0}$ , il est là. Eh bien, si vous êtes ici, à 25 degrés, et tout d'un coup, pour une raison donnée, il a fait froid, regardez la valeur de votre courant qui va passer. Si vous êtes à -5 degrés, et dans votre laboratoire, quand vous avez calculé votre circuit, vous trouvez 5 mA de  $I_{C0}$  dedans, donc, votre  $I_{C0}$ , vous l'avez cherché à et supposez que votre  $I_{C0}$  ici est égal à 5mA, et ce 5 mA ici, vous l'avez calculé et ça vous a donné une valeur de 0.7 V, eh bien, si par hasard, vous maintenez ce 0.7 V mais il fait moins froid, regardez le courant qui passe dedans.

Notes

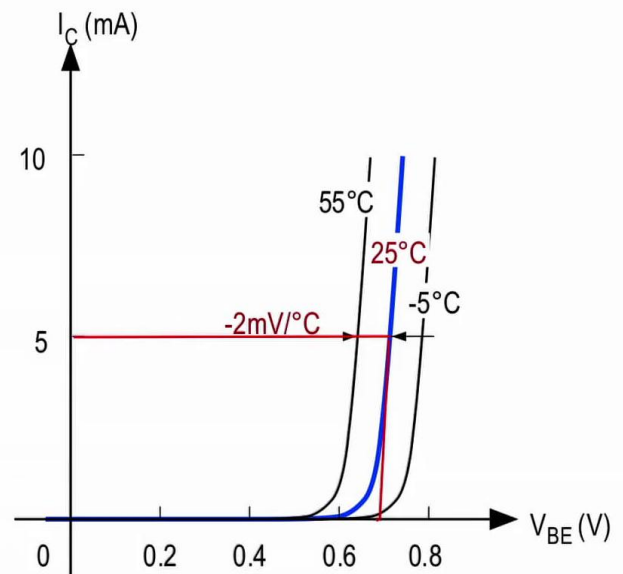
Summary



12m 37s

# Polarisation par contrôle de $V_{BE}$

- ☹ Jamais utilisée!
- ☹ Forte sensibilité à la température
- ☹ Emballement thermique



Electronique II

Votre courant devient extrêmement faible, il est à peine quelque part, quelques micro-amperes et le contraire est vrai. Si par hasard, vous vous trouvez avec une situation dans laquelle votre température a augmenté il est 55 degrés, là, il faut aller très loin et vous allez voir un courant  $I_C$  qui va être beaucoup plus élevé que ceci sachant que la courbe est exponentielle. Donc, cette chose-là, on ne l'utilise absolument jamais. Donc, ce n'est jamais utilisé parce qu'il n'est vraiment pas possible d'abord de contrôler une tension aussi stable. Deux, le composant lui-même quand il passe d'une caractéristique à l'autre, il risque de créer un courant faible ou un courant élevé et le fait que ça se déplace dans ce sens-là, chaque fois que ça chauffe, ça se déplace dans ce sens-là, la signification de ce -2 mV, ça rend le problème très délicat parce que plus le courant augmente, plus votre composant va consommer encore plus, ou va dissiper plus de puissance, puis la puissance, c'est  $I_C \times V_{CE}$  donc comme ça, il va chauffer encore plus et plus il chauffe, plus cette caractéristique se déplace dans ce sens-là, et plus le courant augmente et ça va finir par détruire votre composant et on l'appelle l'emballement thermique. C'est le phénomène qui est très destructeur dans un transistor de type bipolaire à cause de ce phénomène qu'on vient de voir.

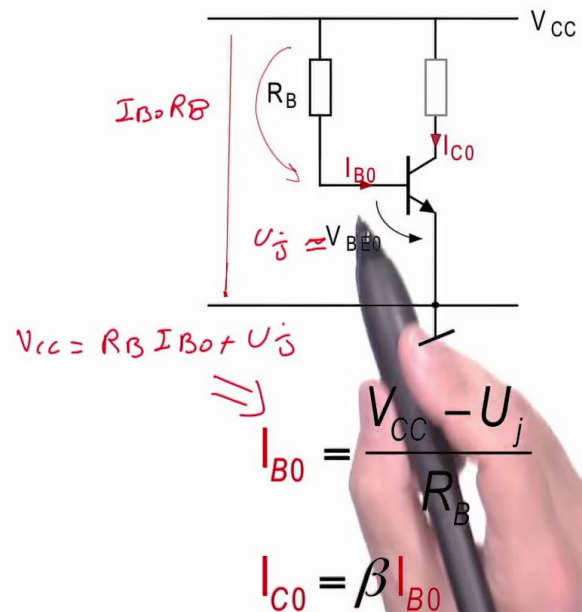
Notes

Summary



# Polarisation par contrôle de $I_B$

- ☺ Simple
- ☺ Demande un seul composant passif
- ☹ Dépendance de  $\beta$  (0.8% à 1.5% /°C)
- ☹ Dispersion des valeurs de  $\beta$
- Acceptable pour des montages expérimentaux



Electronique II

Prenons le deuxième cas de la polarisation par contrôle du courant de base. Je veux imposer un courant  $I_{B0}$  constant et dire "Ce courant et ce courant sont liés par une relation bêta." Est-ce que je peux calculer ce courant? Très facile! Il suffit que je regarde le courant que je vois de là à là, si je regarde ce courant-là, si je regarde ce courant dans ce sens-là, eh bien, je vais pouvoir dire que cette tension de là à là c'est  $V_{CC}$ , est égale à cette tension de là à là qui est  $I_{B0} \times R_B$ , donc ça, c'est  $I_{B0} \times R_B$ , et là, j'ai la tension  $V_{BE0}$  et si vous vous souvenez qu'on approxime ceci à  $U_j$  quand il s'agit de la polarisation parce que l'erreur est très faible, c'est simplement en polarisation qu'on a le droit de dire ça. Donc, dans cette boucle  $V_{CC}$  est égale  $R_B \times I_B + U_j$  c'est ce que j'ai écrit ici,  $V_{CC}$  est égale  $R_B \times I_B + U_j$  je n'ai qu'à tirer la valeur de  $I_{B0}$  je vais l'écrire quand même ici,  $V_{CC}$  est égale à  $R_B \times I_{B0} + U_j$  qui va me donner la relation  $I_{B0}$ . Donc, je n'ai qu'à choisir  $R_B$ , connaissant  $V_{CC}$ , sachant que ceci, c'est de l'ordre de 0.7, c'est bon, j'ai mon courant de base. Le courant de base, je n'ai qu'à choisir un transistor, et puis, mon transistor, il a son bêta qui est fourni avec, et ça va me donner directement  $I_{C0}$ .

Notes

Summary



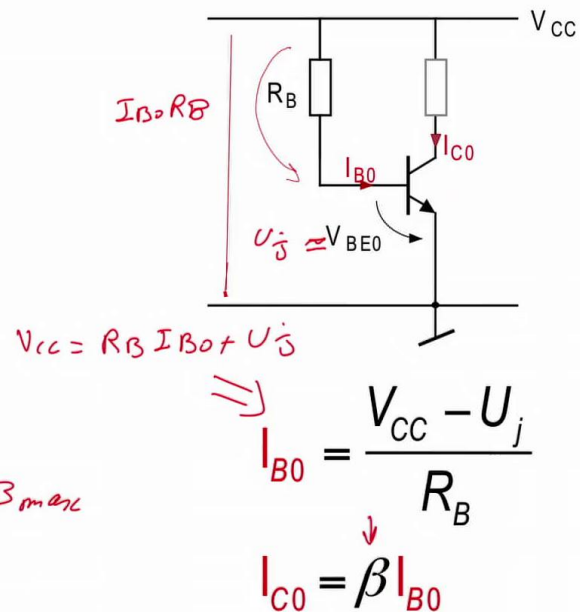
15m 54s



# Polarisation par contrôle de $I_B$

- ☺ Simple
- ☺ Demande un seul composant passif
- ☹ Dépendance de  $\beta$  (0.8% à 1.5% /°C)
- ☹ Dispersion des valeurs de  $\beta$
- Acceptable pour des montages expérimentaux

$\beta_{min}$        $\beta_{TYPE}$        $\beta_{max}$



Electronique II

Première chose, c'est que votre bêta fluctue avec la température, c'est vrai que là, ce n'est pas aussi grave que le cas de  $V_{BE0}$ , d'abord, il n'y a pas d'exponentielle, c'est une relation linéaire, un. Deux, la variation par rapport à la température est là mais elle est relativement faible. Mais la dispersion de bêta, vous n'avez qu'à prendre un composant du marché et regarder le bêta. Le fabricant, il vous donne ce fameux bêta avec un bêta min, un bêta type, et un bêta max. Il vous donne ces différentes valeurs dans 3 colonnes, il vous dit, le bêta min, je prends un exemple des transistors tels que le BC107 ou le BC77, le bêta min, ça peut descendre jusqu'à l'ordre de grandeur de 50, le bêta type, c'est de l'ordre de 200, voire de 300, ça dépend du fabricant, et le bêta max, ça peut aller jusqu'à 300 et quelques. Donc, quand vous regardez entre ça et ça, vous allez voir qu'il y a un écart extrême et cet écart extrême, ça signifie que vous pouvez très bien tomber, quand vous achetez un lot de transistors, vous pouvez trouver des bêtas qui sont de l'ordre de 100, et des bêtas de l'ordre de 300 pour le même composant.

Notes

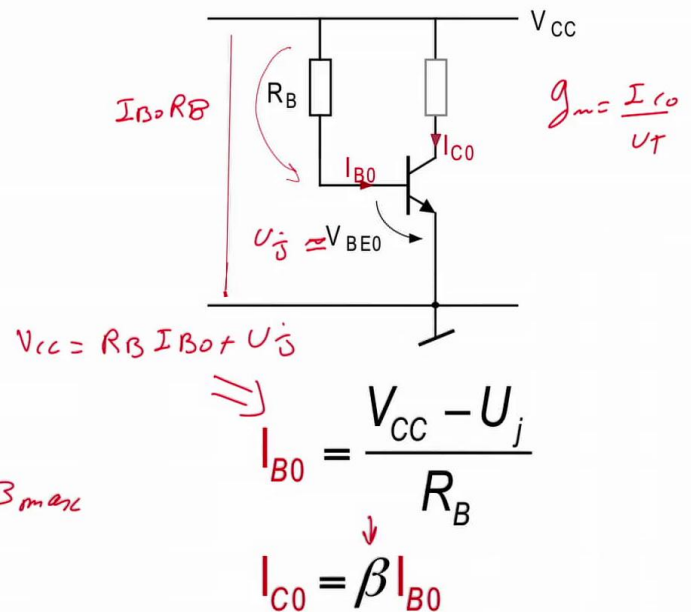
Summary



# Polarisation par contrôle de $I_B$

- ☺ Simple
- ☺ Demande un seul composant passif
- ☹ Dépendance de  $\beta$  (0.8% à 1.5% /°C)
- ☹ Dispersion des valeurs de  $\beta$
- Acceptable pour des montages expérimentaux

$\beta_{min}$        $\beta_{TYP}$        $\beta_{max}$



Electronique II

Si vous voulez fabriquer en masse un circuit électronique, et vous basez votre calcul sur ce bêta-là, sachez que votre courant de polarisation, il va fluctuer avec la différence entre ce bêta et ce bêta et vous vous souvenez bien que le gain de ce montage-là, il est  $g_m$  fois la résistance qui est ici et que le  $g_m$  de ce transistor, c'est directement votre  $I_{C0}$  en question divisé par  $U_T$ . Donc la variation de ce  $I_{C0}$  que vous voyez là, il varie de l'ordre de grandeur de la variation de bêta. Donc, ce n'est pas un bon choix. Ça peut aller dans un laboratoire parce que quand vous polarisez par un courant de base, regardez comme c'est simple! Vous verrez, la solution que je vais proposer, elle poserait un peu plus de problèmes parce qu'on va devoir insérer une résistance ici qui créera d'autres conflits. Pour dire ici, un émetteur commun l'émetteur est à la masse directement une résistance qui vient à la base et toute de suite, vous avez votre  $g_m$  par rapport à ce  $I_{C0}$  et vous êtes parti pour l'utiliser comme amplificateur directement.

Notes

Summary



# Polarisation par contrôle du courant d'émetteur

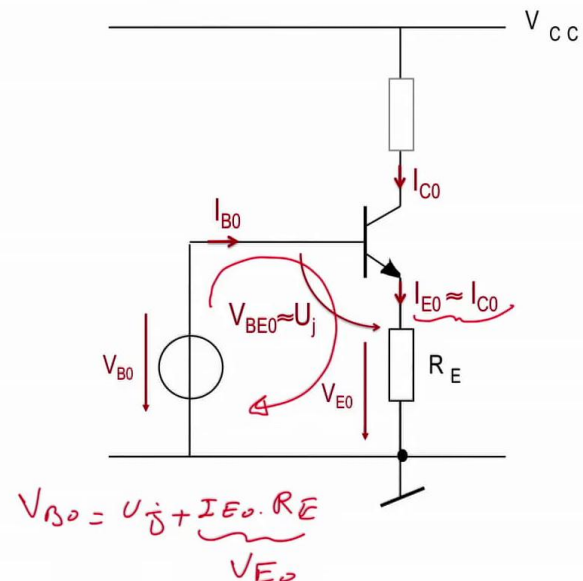
☺ La méthode la plus utilisée !!

☺ Boucle de contre-réaction

☺ Faible dépendance thermique

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{E0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - V_{BE0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - U_j}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta T} = -\frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = \frac{2 \text{ mV} / ^\circ \text{C}}{R_E}$$



Electronique II

Je vais vous montrer maintenant la deuxième solution, ou la troisième solution. C'est la polarisation par contrôle du courant d'émetteur. Donc là, on va plutôt essayer d'appliquer cette loi. c'est que ce courant-là et ce courant-là sont les mêmes. Imposer un courant dans l'émetteur dépend de cette maille que vous voyez là. C'est la maille qui se trouve là. On a une maille en tension, on dit cette tension de là à là égale à celle-ci plus celle-ci. Si vous écrivez ça comme ça, et vous choisissez judicieusement votre  $V_{B0}$  et vous dites votre  $V_{BE0}$  est de l'ordre de  $U_j$ , ça y est, le  $V_{E0}$ , il est automatiquement connu. C'est ce qui est noté là. Si ce courant-là, ou en écrivant plutôt  $V_{B0}$  égal à  $U_j + I_{E0} \times R_E$ , qui n'est rien d'autre que  $V_{E0}$ , c'est bon! Vous n'avez qu'à l'écrire là, et vous faites l'approximation que ce courant de base est négligeable, et à ce moment-là, vous avez  $I_{C0}$  égale à  $I_0$ , égale à  $V_{E0} / R_E$  égal  $V_{B0} - V_{BE0} / R_E$ , et vous faites ce modèle linéaire par segment pour dire que ce n'est pas de l'exponentiel finalement, on peut le simplifier en mettant une courbe simplement  $I_C$ ,  $U_{BE}$  qui vient faire quelque chose comme ça à la place de l'exponentiel et on appelle ça  $U_j$ .

Notes

Summary



# Polarisation par contrôle du courant d'émetteur

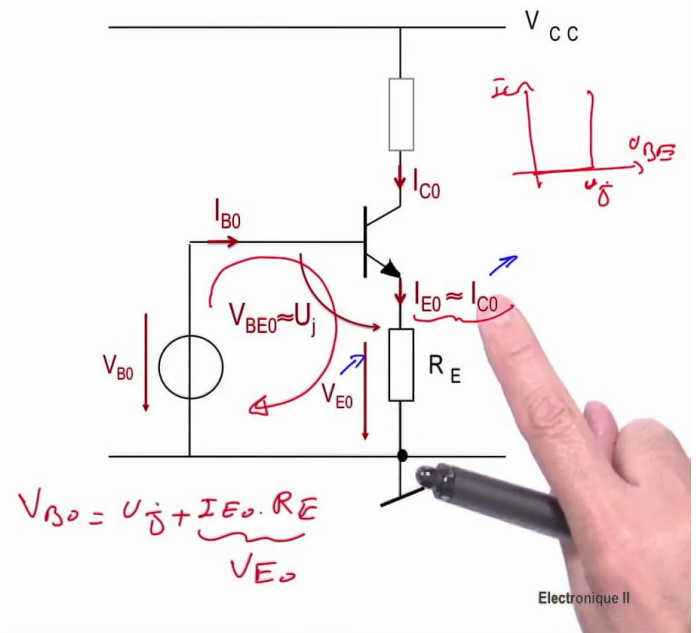
☺ La méthode la plus utilisée !!

☺ Boucle de contre-réaction

☺ Faible dépendance thermique

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{E0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - V_{BE0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - U_j}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta T} = - \frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = \frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{R_E}$$



Electronique II

Ça nous permet de faire cette approximation qui est tout à fait valable dans une maille si cette tension-là n'est pas très, très faible. Voici la relation : votre  $I_{E0}$  est fixé, on appelle ça une boucle de contre-réaction. Analysons la définition de boucle de contre-réaction ici. Il est écrit là en réalité, ce qui se passe dans cette maille donc votre  $I_{E0}$ , il est proportionnel à  $V_{B0} - V_{BE0}$ . Donc si par hasard, pour une raison donnée, votre courant  $I_{C0}$  augmente, si ce courant-là augmente, la tension  $V_{E0}$ , ce n'est rien d'autre que  $I_{C0} \times R_E$ . Donc  $V_{E0} = I_{C0} \times R_E$ . Donc, cette tension-là va augmenter. Si cette tension-là est fixe, si ça, c'est fixe, cette tension-là augmente qu'est ce qui se passe avec celle-ci? Elle va diminuer. Si la tension base-émetteur diminue, vous allez baisser  $I_{C0}$ . Donc, on est entrain d'agir en contre-réaction sur la variation de  $I_{C0}$ .  $I_{C0}$  a voulu monter elle a poussé la tension  $V_{E0}$  avec, celle-ci est fixe, leur différence entre les deux a baissé, cette boucle-là va de nouveau réguler  $I_{C0}$ , pour la diminuer de nouveau et on parle d'une boucle de contre-réaction parce que cette relation-là nous met la relation  $I_{C0}$  et  $U_0$  par rapport à  $V_{BE0}$  avec un signe (-) qui est devant.

Notes

Summary



# Polarisation par contrôle du courant d'émetteur

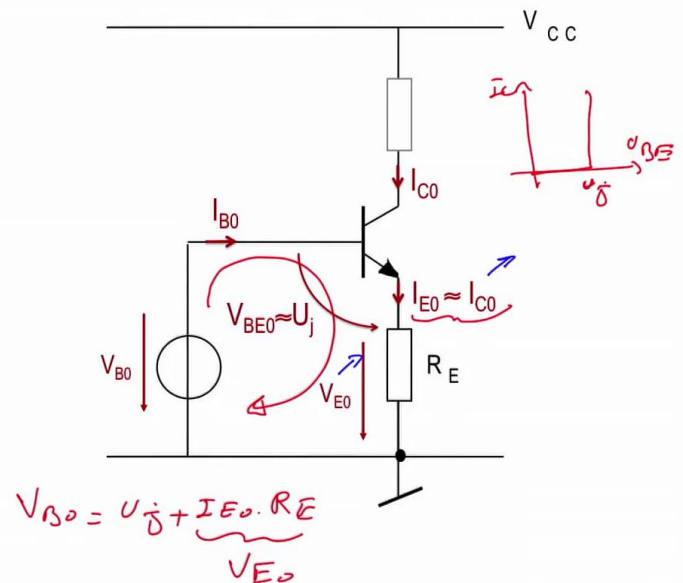
☺ La méthode la plus utilisée !!

☺ Boucle de contre-réaction

☺ Faible dépendance thermique

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{E0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - V_{BE0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - U_j}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta T} = - \frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = \frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{R_E}$$



Electronique II

Prenons cette relation qui est ici, qu'on vient de dériver à partir de là. Cherchons quels sont les paramètres qui dépendent de la température, donc dérivons delta  $I_{C0}$  sur  $dT$ , je voudrai voir comment  $I_{C0}$  varie avec la température, je veux dériver ça par rapport à  $dT$ .  $V_{B0}$  étant indépendant de la température, c'est une source de tension qu'on considère qu'elle ne dépend pas de la température. Donc la dérivé de  $V_{B0}$  sur  $dT$  est égale à 0. La dérivé de la jonction base-émetteur  $V_{BE0}$  en fonction de la température, c'est ce que je note ici, on la connaît, c'est égal à -2 mV par degré. Donc je remplace le  $dV_{B0}$  sur  $dT$  par -2 mV. Mais comme il y a un signe (-) devant, la dérivé, ça va donner (+). La résistance  $R_E$  va rester ici. Et ça va vous donner quelque chose que votre composant ou votre courant il va varier de 2 mV pour chaque degré mais divisés par la valeur de  $R_E$ . Ça signifie que cette valeur de  $R_E$  que vous allez sélectionner vous-même pour mettre dans l'émetteur va diviser cette variation et ça, c'est très important parce que si vous avez souhaité prendre un courant de polarisation  $I_{C0}$ , donc vous recherchez, vous normalisez cette variation par rapport à un courant donné  $I_{C0}$ , donc vous devez écrire  $I_{C0}$  ici, et vous devez écrire  $I_{C0}$  là.

Notes

Summary



23m 26s

# Polarisation par contrôle du courant d'émetteur

☺ La méthode la plus utilisée !!

☺ Boucle de contre-réaction

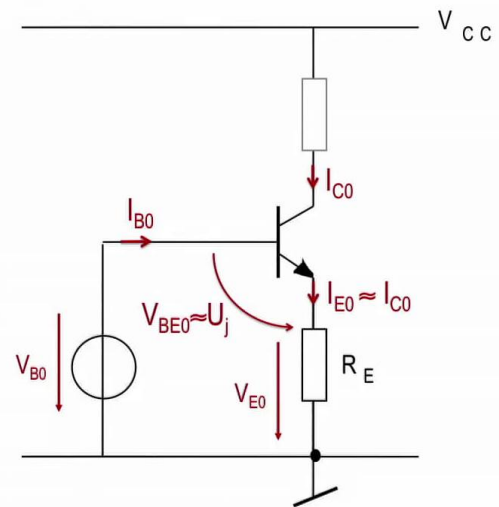
☺ Faible dépendance thermique

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{E0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - V_{BE0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - U_j}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta T} = -\frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = -\frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0} / I_{C0}}{\Delta T} = -\frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = -\frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{R_E I_{C0}} = -\frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{V_{B0} - U_j}$$

$$V_{B0} = 4.7 \text{ V} \Rightarrow \frac{\Delta I_{C0} / I_{C0}}{\Delta T} = 0.05\% / ^\circ \text{C}$$



Electronique II

Donc j'ai divisé, divisé, divisé par  $I_{C0}$ , regardez ce que je trouve là.  $I_{C0} \times R_E \times I_{C0} \times R_E$ , c'est  $V_{E0}$ . Donc ça, c'est  $V_{E0}$ . C'est comme si je suis entrain de dire : Dans un montage comme ça, lorsque j'ajoute une résistance ici dans l'émetteur, pour un courant de polarisation recherché, fixé par vous, plus vous mettez une résistance élevée, plus vous montez  $V_{E0}$  avec, moins il y a un effet de variation de votre transistor lui-même. Donc plus cette tension est élevée, l'effet de variation de 2 mV par degré va devenir divisé par la tension  $V_{E0}$  que vous imposez ou, en d'autres termes, par la résistance  $R_E$  que vous avez choisie vous-même. Je répète la même chose que je viens d'expliquer mais je vais mettre des valeurs numériques. Donc là, j'ai réécrit un peu plus proprement ce que je viens de noter, et j'ai montré que ces 2 mV sont tout le temps divisés par la tension  $V_{E0}$ . Donc c'est cette tension-là, c'est celle-ci moins celle-ci. Je l'ai noté ici. Et j'ai mis des valeurs numériques. J'ai simplement pris  $V_{B0}$  égal à 4.7 V et j'ai voulu voir quel est l'effet de ce  $dI_{C0}$  sur  $I_{C0}$  sur la température  $dT$ , la variation de la température, et je tombe sur quelque chose qui varie de 0.05% par degré.

Notes

Summary



24m 57s



# Polarisation du transistor: résumé



Electronique II

Donc vous voyez? Et ça, c'est une valeur maîtrisable par le biais de  $R_E$  x  $I_{C0}$  donc votre paramètre de conception ça va être cette résistance moins, ou plutôt plus, le concepteur cherche à rendre  $dI_{C0}$  sur  $dT$  faible, il n'a qu'à augmenter la chute de tension de ce  $V_{E0}$  et comme ça, votre effet de variation de température sur  $I_{C0}$  va être de plus en plus limité. En réalité, on le voit facilement ici. Vous avez une jonction exponentielle et vous avez une loi linéaire et les deux voient le même courant. La jonction exponentielle voit le courant  $I_{C0}$  et la loi linéaire voit le courant  $I_{C0}$  une fois dans une résistance et une fois dans la loi exponentielle et vous êtes entraîné de dire : Faites en sorte que la loi linéaire gagne sur la loi exponentielle et comme ça, vous gagnez en termes de régulation de la température. J'aimerais terminer cette première partie de cette semaine par un résumé sur la polarisation. Donc, on a analysé les 3 techniques de polarisation et on vient d'en écarter une qu'on n'utilise jamais, c'est de fixer une tension  $V_{BE}$  dans le transistor en tension continue et dire: on obtiendrait avec ça un courant continu fixe.

Notes

Summary



26m 33s



# Polarisation par contrôle du courant d'émetteur

☺ La méthode la plus utilisée !!

☺ Boucle de contre-réaction

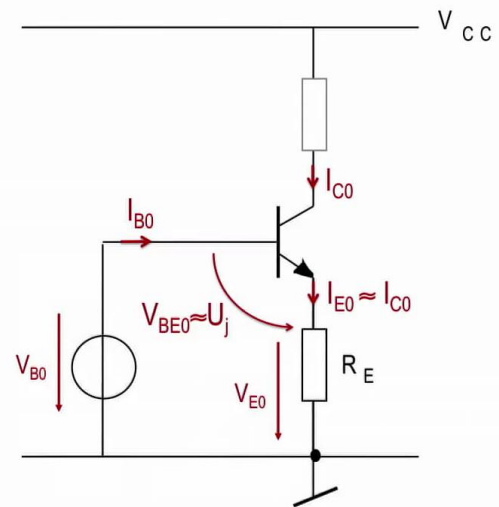
☺ Faible dépendance thermique

$$I_{C0} \approx I_{E0} = \frac{V_{E0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - V_{BE0}}{R_E} = \frac{V_{B0} - U_j}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0}}{\Delta T} = -\frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = -\frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{R_E}$$

$$\frac{\Delta I_{C0} / I_{C0}}{\Delta T} = -\frac{1}{R_E} \frac{\Delta V_{BE0}}{\Delta T} = -\frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{R_E I_{C0}} = -\frac{2 \text{ mV } / ^\circ \text{C}}{V_{B0} - U_j}$$

$$V_{B0} = 4.7 \text{ V} \Rightarrow \frac{\Delta I_{C0} / I_{C0}}{\Delta T} = 0.05\% / ^\circ \text{C}$$



Electronique II

On l'a éliminée à cause du phénomène de l'emballement thermique et surtout dans le contrôle d'une loi exponentielle aussi par une tension, très, très difficile à fixer. On a utilisé la deuxième, celle qui fait intervenir le bêta du transistor aussi pour dire, au laboratoire, allez-y faites-le, mais vous aurez beaucoup de peine à utiliser ceci pour une fabrication en grandes quantités de circuits électroniques basés sur une polarisation en basant tout sur le bêta du transistor. Et on a terminé par ajouter un composant supplémentaire dans l'émetteur et dire : grâce à une résistance, insérée dans l'émetteur dans le transistor bipolaire, nous pouvons trouver un courant  $I_{E0}$  fixe et si le transistor est de faible puissance, c'est comme si on est entrain de dire : on a fixé  $I_{C0}$  et ça va être ce montage-là qui sera utilisé pour la suite et nous allons voir comment maintenant générer tous les composants autour de ce transistor et le polariser avec des composants passifs qu'on va ajouter autour.

Notes

Summary



28m 02s