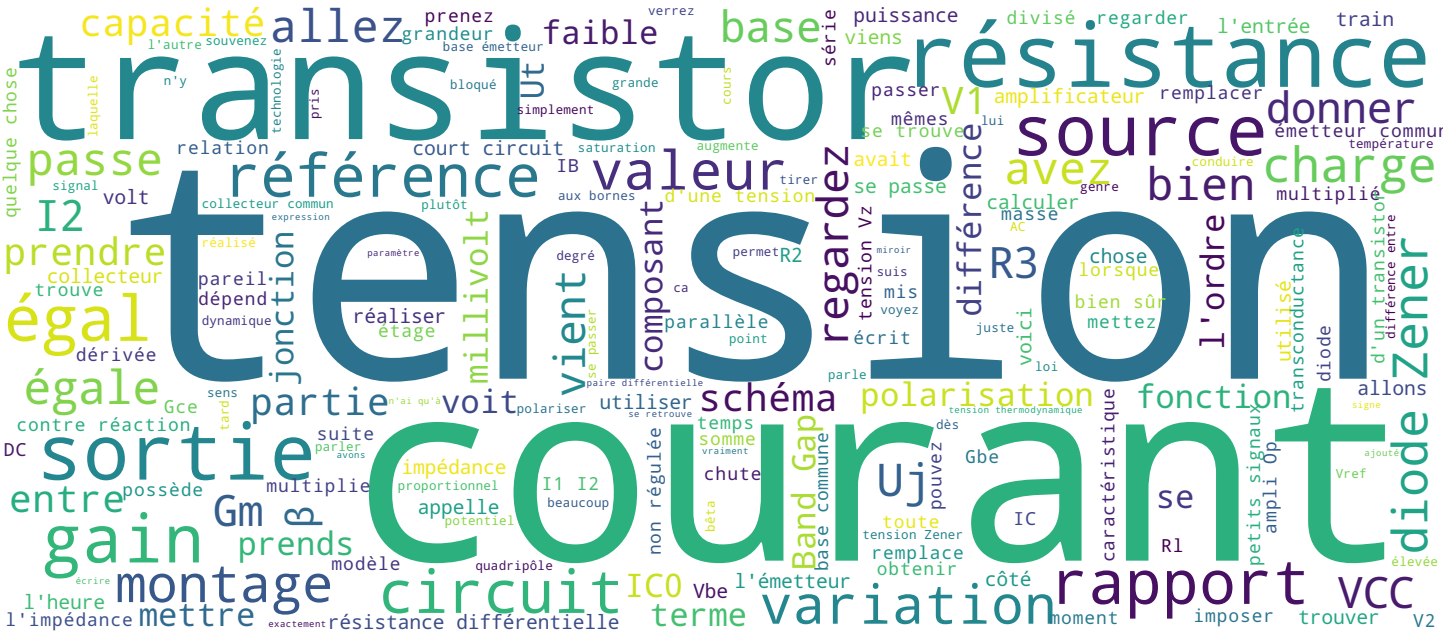
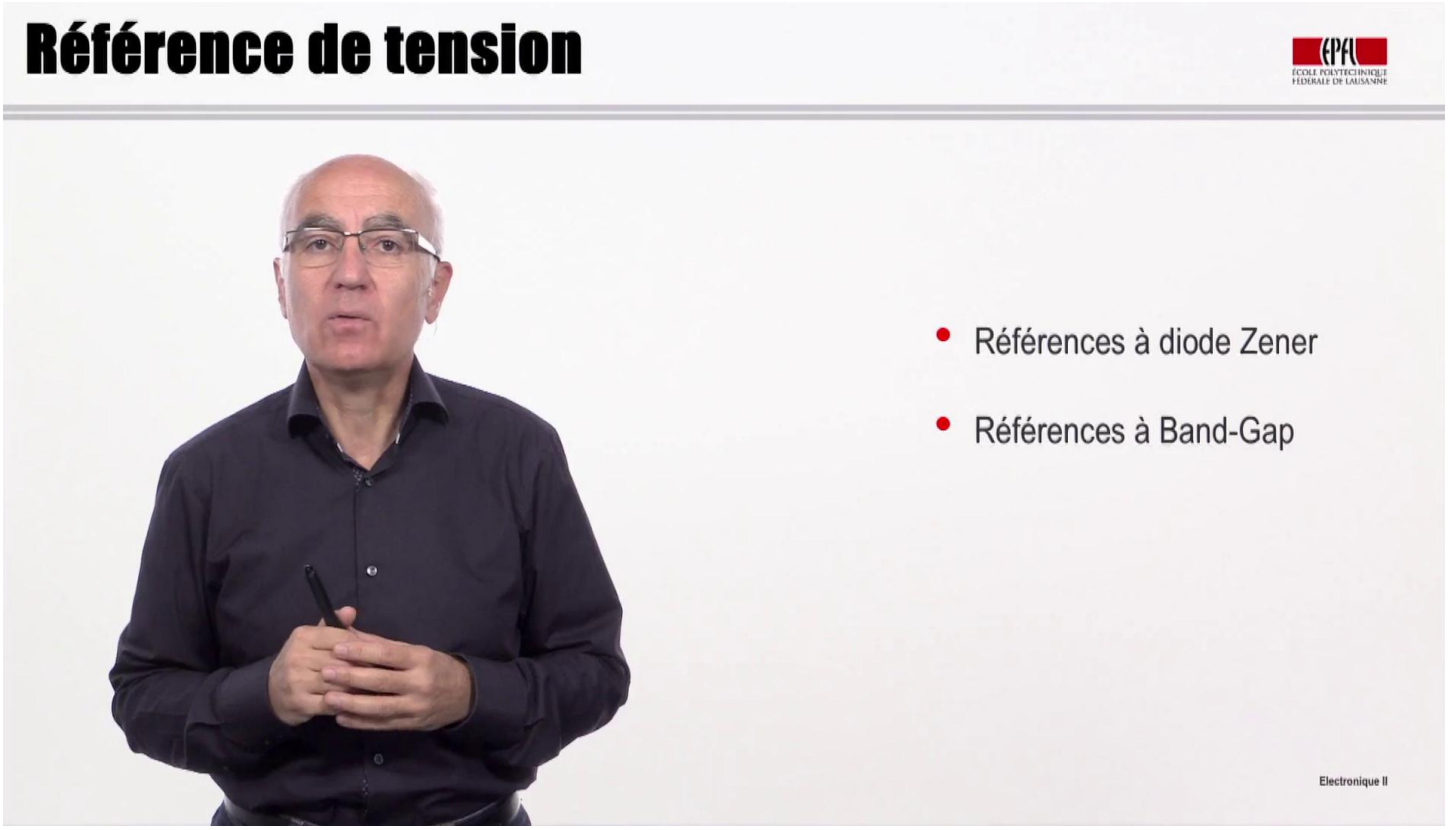
7.2- Alimentations stabilisées

Références de tension

Prof. Maher Kayal

Electronics Laboratory-ELAB





Dans cette vidéo, nous allons aborder les références de tension. Donc avec les alimentations stabilisées, on a vu qu'il y a besoin d'une tension stable et cette tension stable devrait être indépendante de toutes sortes de variations, à savoir toute la fluctuation de la tension non régulée qu'on utilise d'ailleurs pour alimenter cette référence de tension, en tout cas pour démarrer ne devrait en aucun cas influencer le niveau de tension de cette référence et surtout les drifts thermiques et plein d'autres considérations que nous allons voir tout au long de cette vidéo.

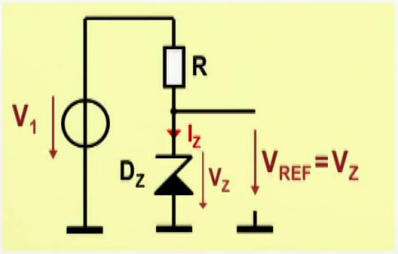
Notes

Summary

0m 04s

Référence de tension à diode Zener

POLARISATION PAR UNE RESISTANCE



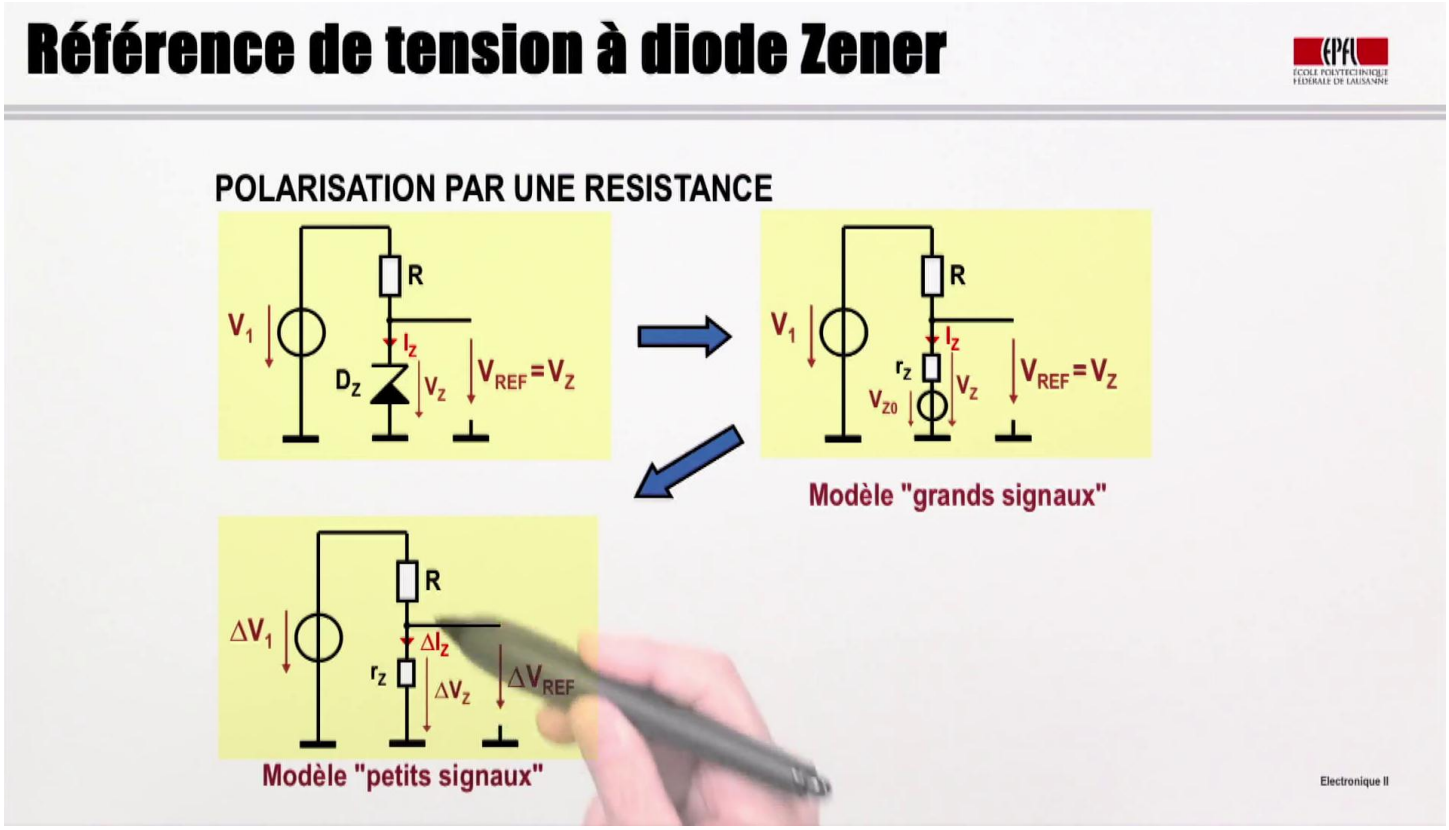
Electronique II

Nous allons commencer par la référence de tension à diode Zener. Donc le composant qui est une diode Zener, c'est un composant qui est très très connu en électronique discrète et intégrée. Nous pouvons imposer dans cette diode, qui est branchée dans le sens inverse d'une diode normale, un courant et ce courant va engendrer une tension stable qui est la tension Zener qui est dûe au phénomène de l'avalanche dans la diode Zener. Donc la meilleure façon ou le plus simple disons pour générer une tension Zener, c'est de polariser avec deux niveaux de tension. Nous avons une tension ici qui n'est peut-être pas si régulée que ça et une autre tension Zener qui va être une référence. Donc entre les deux, on met une résistance et cette résistance va nous imposer le courant Iz qui passe là-dedans. Nous allons regarder la stabilité de cette tension Vz en fonction de l'instabilité de cette tension V1. Donc une diode Zener, si vous voulez la remplacer par un modèle "grands signaux", ce modèle-là se résume à la chose suivante : le modèle de la diode deviendrait une tension fixe qui va être la tension Zener à vide plus une résistance qu'on appelle la résistance différentielle de la diode Zener Rz.

Notes

Summary

0m 38s



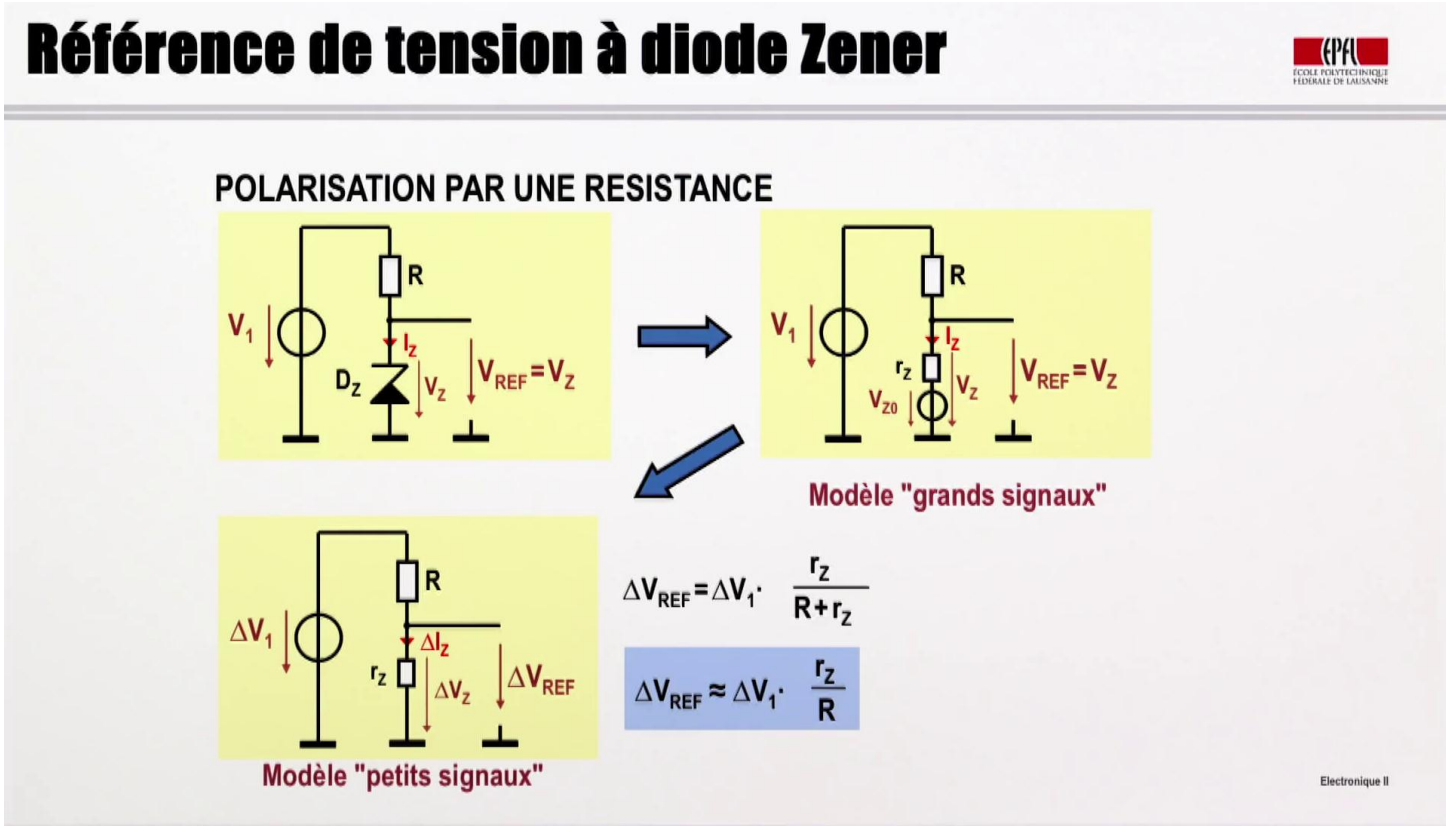
Ça, c'est une modèle simple qui rapporte assez... avec ma mal de précision la tension de référence et nous allons tenir compte de l'effet de cette résistance différentielle de la diode qui s'ajoute en série avec la source de tension. Donc toute variation de tension ici va être rapportée sur cette variation-là. Donc on va s'intéresser à la dérivée. Nous devons regarder le ΔVref et voir l'effet de ΔVref par rapport à ces deux résistances, R et rz. Donc si nous cherchons la dérivée ΔVref, nous trouverons le modèle "petits signaux" parce qu'on remplace V1 par la variation de la tension et nous allons nous intéresser à la variation de la tension ici en remplaçant la source de tension ici par un court-circuit qu'on voit ici parce qu'il s'agit d'un modèle "petits signaux". Donc dans le modèle "petits signaux" pour une diode Zener, c'est équivalent à la résistance différentielle de la diode Zener. Et là, on a un diviseur résistif. La résistance que nous avons ajouté pour polariser est la résistance différentielle de la diode Zener et nous pouvons écrire tout de suite ΔVref en fonction de ΔV1 et c'est ce qui nous intéresse.

Notes

Summary

1m 57s

Référence de tension à diode Zener



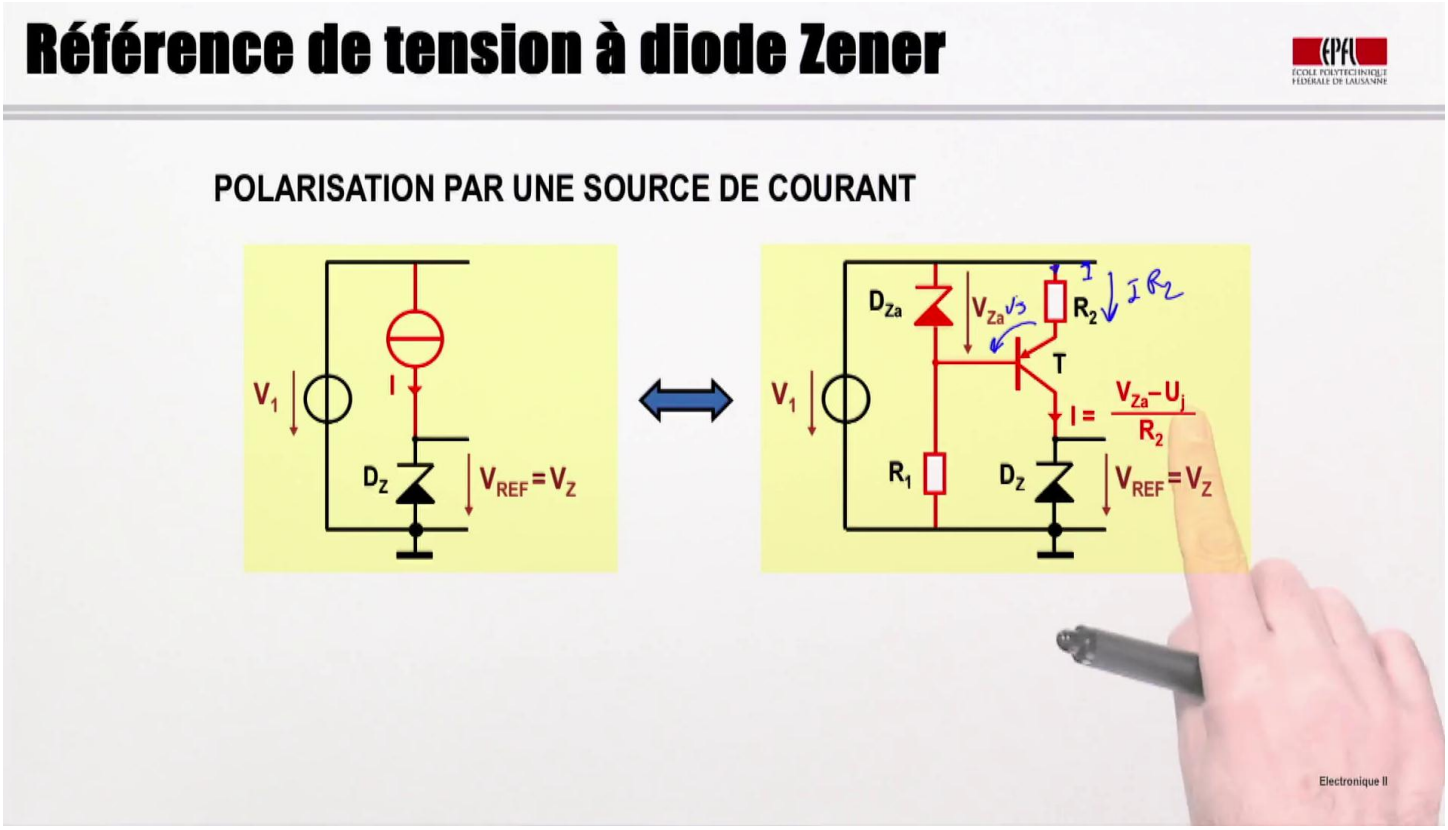
Cette tension ΔVref dépend de ΔV1 multiplié par le rapport de résistance donc rz, la résistance aux bornes de laquelle nous regardons l'effet de ΔV1 divisé par la somme de ces deux. Et nous pouvons l'approximer pour la raison simple que la résistance différentielle d'une diode Zener est très très très faible par rapport à la résistance de polarisation que nous nous avons ajoutée pour imposer le courant dans la diode Zener. Donc nous nous retrouvons avec une tension de référence qui fluctue en fonction de la fluctuation de la fonction non régulée ΔV1 multiplié par le rapport de la résistance différentielle et divisé par la résistance R. Donc on voit bel et bien que plus R est grand, meilleur est le comportement de cette tension ΔVref. Ça tend vers 0 quand R tend vers l'infini. Et nous savons qu'une résistance à l'infinie, c'est une source de courant. Donc une amélioration d'un tel concept viendrait par remplacer la résistance par une polarisation par une vraie source de courant qu'on va voir tout de suite.

Notes

Summary

3m 08s

Référence de tension à diode Zener



Voici le schéma de la même diode Zener quand on impose une source de courant I dans cette diode Zener et qui est censé maintenant nous donner une tension de référence et on va démontrer que cette tension de référence, elle et pas mal découplée de l'alimentation non régulée grâce à cette source de courant qui absorbe les variations de la tension. Donc il va falloir réaliser une source de courant que vous savez tous comment le faire. On pourrait le réaliser en mettant le schéma qui suit : ce schéma et le schéma suivant. Je prends un transistor de type PNP. Je polarise une tension fixe sur sa base. L'exemple que je donne ici utilise aussi une diode Zener. Il va de soi que si je prends une résistance et une diode Zener, j'obtiens une tension Vz sur la base d'un transistor que je vais utiliser pour appliquer, une fois que j'ai soustrait la tension de jonction Uj de mon transistor ici, il va me rester le courant qui passe dans cette résistance I, donc le courant I multiplié par la résistance R2 me donne la chute de tension ici, ce que j'ai écrit ici. La tension celle-ci moins celle-ci est égale à celle-ci et c'est ce qui est écrit là. Donc Vz - Uj = I x R2.

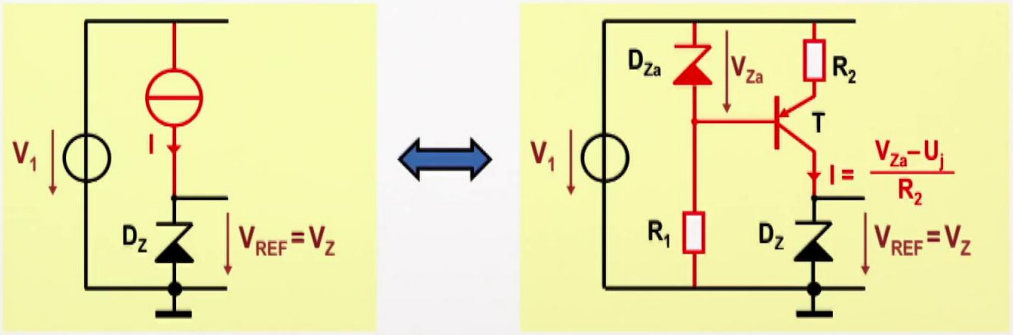
Notes

Summary

4m 13s

Référence de tension à diode Zener

POLARISATION PAR UNE SOURCE DE COURANT



$$\Delta V_{Za} \approx \Delta V_1 \cdot \frac{r_{Za}}{R_1} \Rightarrow \Delta I = \frac{\Delta V_{Za}}{R_2} \Rightarrow \Delta V_{REF} = \Delta I \cdot r_Z \approx \Delta V_1 \cdot \frac{r_{Za} \cdot r_Z}{R_1 \cdot R_2}$$

☹ $V_{1,min} = V_{Za} + V_Z$

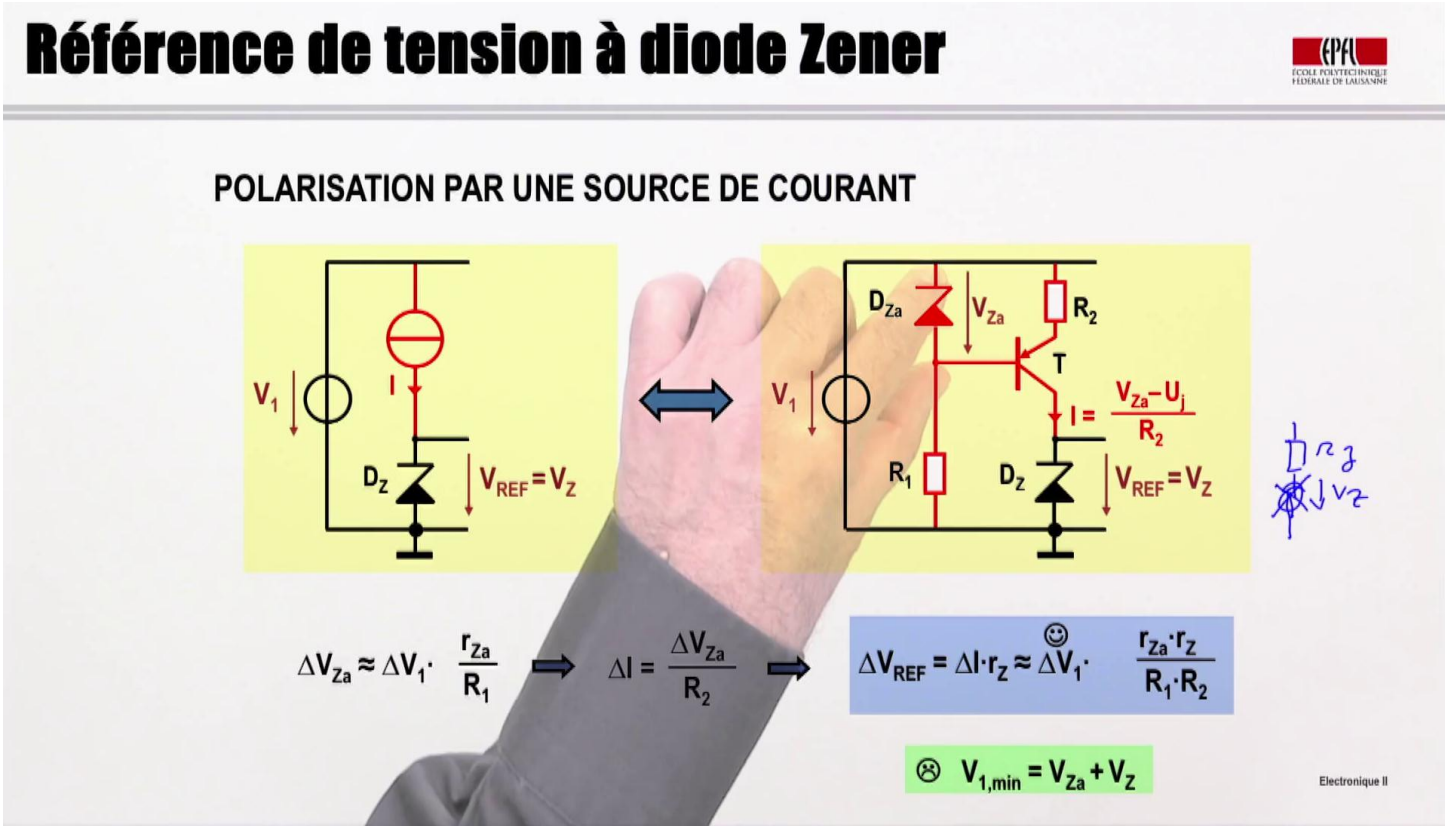
Electronique II

En d'autres termes, je peux exprimer le courant I qui est proportionnel à la tension de la diode Zener, celle-ci, moins la chute de tension due à la jonction d'un transistor divisé par la résistance R2. Maintenant ce courant, c'est le courant que je vais imposer dans ma diode, celle que je vais utiliser pour extraire la tension de référence. Donc nous connaissons ce circuit parce qu'on vient de le faire. Donc on a utilisé une résistance, une diode Zener juste avant pour démontrer que cette tension Vz dépend en réalité ou la fluctuation ΔVz dépend de la résistance différentielle de la diode divisée par R1 et je vais réécrire cette relation pour extraire le ΔVza par rapport à ΔV1 que voici : Si ceci décrit ce qui se passe quand variation de tensions là, cette variation de tension-là, quand je le rapport à la sortie, je dois m'intéresser à la variation de ΔVref qui dépend bien sûr aussi de ce ΔI qui va dans la résistance différentielle. Cette fois-ci, je parle de cette diode Zener, qui possède aussi une résistance différentielle que j'appelle rz de ce côté-là et j'appellerais la rza la résistance différentielle de cette diode ici. Que je vois le ΔVza là qui est égal à ΔV1 multiplié par le rapport de rza divisé par R1.

Notes

Summary

5m 43s



C'est ce qu'on avait vu avant. Maintenant, je veux rapporter ça de l'autre côté. Je le rapporte sur ΔI. Donc ΔI, elle est dépendante de ΔVza que je remplace par ΔVza / R2 et à ce moment-là le ΔI, je l'injecte dans la résistance différentielle de cette diode une fois que je l'ai remplacé par son équivalent. Donc cette diode devient pour moi une résistance différentielle rz en série avec une source de tension qui correspond à la tension Vz. Que cette source de tension, je l'enlève dans un schéma "petits signaux". Il va me rester rz et je regarde le ΔI dans rz qui me donne tout de suite ΔIrz égal à ça. Et nous constatons que la tension de référence que nous voyons là, par rapport à celle qu'on avait vu avant, qui était celle-ci, est divisée par R1 x R2. Donc c'est le produit de deux résistances différentielles D2 divisé par le produit des deux résistances. Il suffit que les deux résistances soient très très grandes et là, on arrive à réduire ceci fortement. Donc on est très heureux avec ça. Malheureusement ce qu'il se passe avec ce genre de circuit, on a besoin d'une tension Vza. Donc cette tension-là par rapport à un rail d'alimentation égal à Vza. Supposez que votre transistor est polarisé au seuil de la saturation.

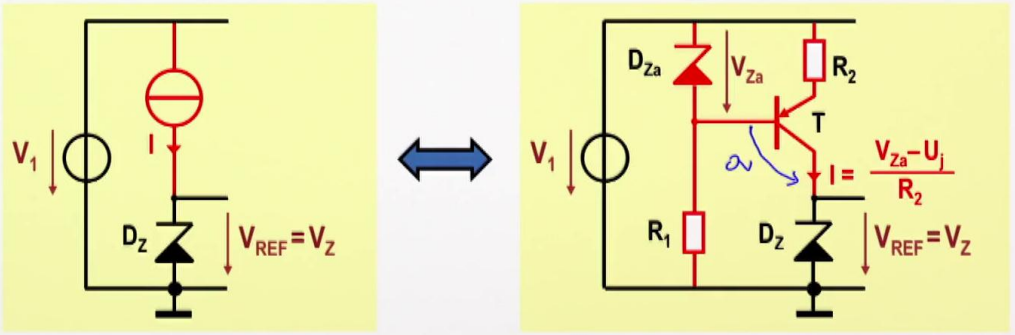
Notes

Summary

7m 11s

Référence de tension à diode Zener

POLARISATION PAR UNE SOURCE DE COURANT



$$\Delta V_{Za} \approx \Delta V_1 \cdot \frac{r_{Za}}{R_1} \Rightarrow \Delta I = \frac{\Delta V_{Za}}{R_2} \Rightarrow \Delta V_{REF} = \Delta I \cdot r_Z \approx \Delta V_1 \cdot \frac{r_{Za} \cdot r_Z}{R_1 \cdot R_2}$$

☹ $V_{1,min} = V_{Za} + V_Z$

Electronique II

C'est-à-dire vous mettez une tension ici de l'ordre de 0 volt pour garder 0.7 volt de là à là et être sûr que votre transistor agit comme source de courant. Donc j'ai Uj de là à là et Uj de là à là donc j'ai 0 volt là. La différence de ces deux tensions est égale à ce moment-là celle-ci plus celle-ci. Donc je ne peux pas baisser mes tensions d'alimentation pour sortir une tension de référence basée sur ce concept-là au delà de Vza + Vref. Donc c'est ce qui va me donner la relation de la tension minimale utilisable. Et ça, c'est un handicap. Quand on veut utiliser des alimentations très très faibles et avoir une référence qui est indépendante de la fluctuation de la tension pour obtenir une caractéristique aussi bonne mais malheureusement, je dois utiliser deux tensions Zener en série pour obtenir ceci, ce qui me donne une tension minimum limitée par les tensions Zener que je possède dans la technologie dans laquelle je suis en train de réaliser mon circuit.

Notes

Summary

8m 34s

Référence de tension à diode Zener

- Stabilité thermique : typiquement +/– 50 ppm/C
- Bruit lié à l'effet d'avalanche de la Zener.
- Tension minimum d'alimentation supérieure à V_Z et consommation de courant relativement importante :
  - ➢ pas adaptée à des applications «faible tension» ou «faible puissance»
- Problèmes de compatibilité entre une diode Zener de qualité et les technologies standards des circuits intégrés.

Donc là quand je parle de la référence à diode Zener, malheureusement, je vais souffrir de cette stabilité thermique de la diode Zener. Il va falloir aussi faire des circuits pour les compenser. Je n'en ai pas parlé dans ce circuit. Il y a le bruit lié à la diode Zener qui est connu dû à l'avalanche qui va aussi me donner une source de bruit à la sortie et je vais me trouver avec ce que je viens d'expliquer lié à cette tension minimale de la tension Zener. Si je dois mettre deux, c'est encore beaucoup plus handicapant mais si je dois mettre même une, les niveaux de tension Zener proposés dans les technologies sont relativement élevés donc quand il s'agit d'une tension "très faible tension", là, je me trouve embêté par les niveaux de tension que je possède. Et finalement, pas toutes les technologies de ce circuit intégré ne donnent à disposition des diodes Zener. Donc c'est une référence de tension qui est pas mal utilisée dans des circuits discrets ou certains circuits intégrés typiquement le bipolaire. Dans les transistors MOS, nous n'avons pas facilement des diodes Zener à disposition. Donc nous allons apprendre à faire une référence de tension qui s'appelle la référence de tension de Band-Gap.

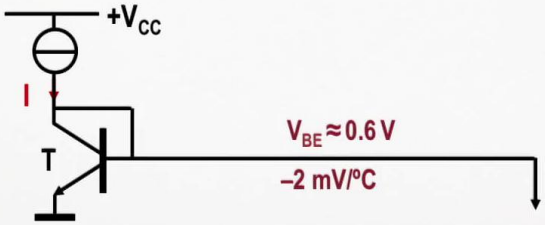
Notes

Summary

9m 36s

Référence de tension à «Band- Gap»

On compense le coefficient de température négatif de V_{BE} (– 2 mV/°C)
par celui positif du potentiel thermodynamique U_T (+ 85 µV/°C)



Rappel: $U_T = \frac{k \cdot T}{q}$

k : constante de Bolzmann
T : température en °Kelvin
q : charge de l'électron

Electronique II

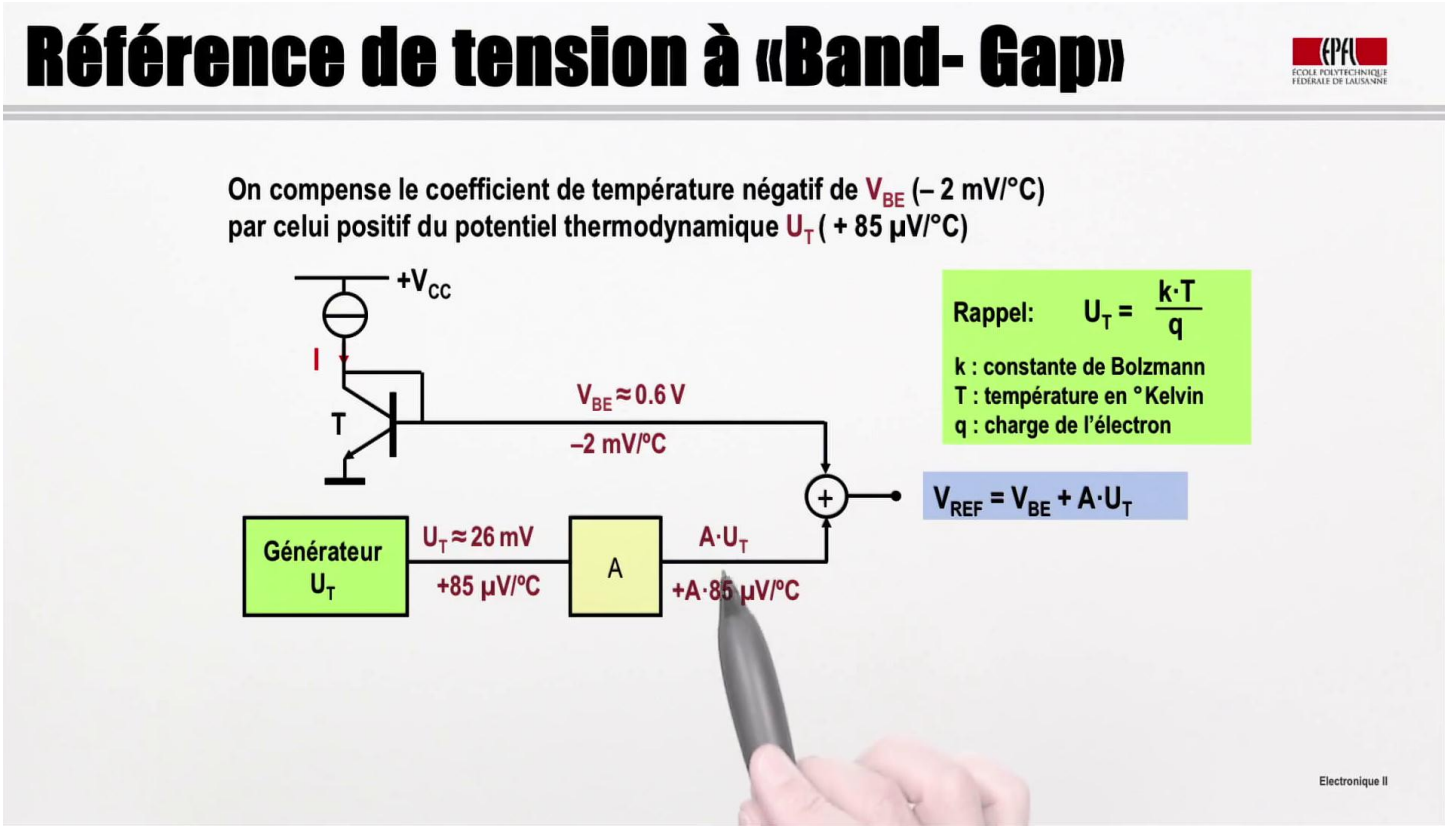
Une référence de tension à Band-Gap, c'est l'utilisation combinée de deux phénomènes physiques. Le premier phénomène, c'est une tension aux bornes d'une jonction Pn ou c'est la tension aux bornes d'une diode parce que nous savons qu'une tension Vbe d'un transistor utilisé comme diode dérive de -2 millivolts par degré. Et si nous prenons un autre phénomène, un autre phénomène tel que le potentiel thermodynamique que nous connaissons, c'est Ut, qui est proportionnel à la constante de Bolzmann multiplié par la température divisé par la charge de l'électron, possède une dérive de plus 80 microvolts par degré. Donc si nous arrivons à combiner les deux pour que l'un compense l'autre si les deux se retrouvent réalisés avec des circuits électroniques dont l'addition des deux font en sorte que la même température appliquée au deux nous amène à une dérive thermique qui est égal à 0. Et nous allons le faire de la manière suivante : donc d'abord, je vais prendre une jonction Pn. Je prends un transistor, je le connecte en diode. Je lui impose un courant. La tensions Vbe est une tension de entre 0.6 et 0.7 volt. Donc j'ai une tension ici fixe dans la tension de jonction qui va dériver de -2 millivolts à chaque variation d'un degré.

Notes

Summary

10m 52s

Référence de tension à «Band- Gap»



Maintenant, je vais prendre un autre circuit qui est celui-ci. C'est un circuit qu'on va apprendre à réaliser qui s'appelle le générateur de tension thermodynamique donc Ut. On va trouver le 26 millivolts qui dérive de 80 microvolts par degré et je vais essayer de le multiplier par un gain. Ce gain que je vois ici, c'est un gain que je dois calculer. Il faut que je fasse en sorte que ce gain A multiplié par la tension Ut compenserait la dérive thermique de -2 millivolts. Donc ce que je vais faire, je vais calculer ce gain en m'intéressant à la somme de ces deux tensions et en dérivant la somme de ces deux tensions pour que la dérive thermique soit égal à 0. Alors je vais faire ça tout de suite. Ça, c'est la tension que je vais voir à la sortie. Donc je vais trouver une tension Vref. Elle vaut quoi cette tension Vref ? Elle vaut ce 0.6 volt, enfin 0.61 ou 0.62, ça dépend de la tension que je trouverai ici, plus le gain que je vais calculer qui multiplie le 26 millivolts. Maintenant, je m'intéresse à cette tension en tant que valeur absolue qui est la somme des deux, donc ça va tendre vers l'ordre de grandeur de 1.2 volt. Vbe, c'est 0.6. Ça, vous allez voir qu'il me faut 24.

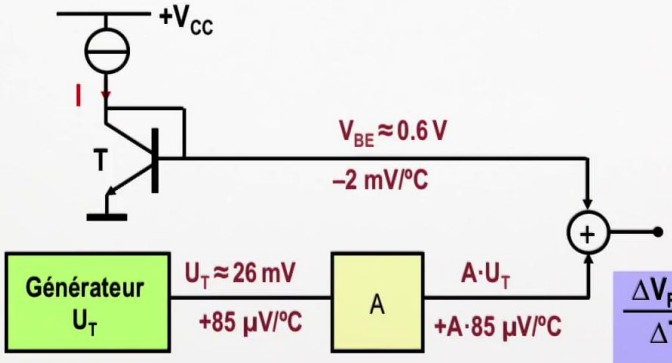
Notes

Summary

12m 18s

Référence de tension à «Band- Gap»

On compense le coefficient de température négatif de V_{BE} (– 2 mV/°C)
par celui positif du potentiel thermodynamique U_T (+ 85 µV/°C)



Rappel: $U_T = \frac{k \cdot T}{q}$

k : constante de Bolzmann
T : température en °Kelvin
q : charge de l'électron

$V_{REF} = V_{BE} + A \cdot U_T$

$\frac{\Delta V_{REF}}{\Delta T} = (-2 + A \cdot 0.085)$ mV/°C
≈ 0 si: $A \approx 24$

On parle de référence "Band-Gap" parce que la tension ainsi obtenue
(environ 1.23 V) est très proche de la tension de Band-Gap du Silicium.

Electronique II

Donc 24 x 26 millivolts va me donner ce facteur aussi de l'ordre de 0.6. Donc on va trouver l'ordre de 1.2 volts à la sortie et il va falloir que je trouve que la dérivée des deux égal à 0. C'est bel et bien le cas parce que si je multiplie le 24 fois 85 puisque ça va être 24 et j'ajoute avec le 2 millivolts, les deux vont me donner une dérivée par rapport à la température égal à 0 et la voici. La dérivée, le ΔVref / ΔT, c'est ΔVbe / ΔT qui est 2 millivolts par degré et la dérivée de A x 85 qui est A que je ne connais pas fois ce 0.085 millivolt. Et bien je vais trouver pour que ce terme s'annule A = 24. Si on arrive à faire un gain égal à 24 qui multiplie un extracteur de tension thermodynamique à partir d'un circuit, nous obtenons une tension de référence égal à 0.6 volt plus 24 x 26 qui donnerait une tension de l'ordre d'1.2 volts qui est très proche de la tension de Band-Gap du Silicium. Et voilà l'objectif de cette partie et nous allons apprendre à réaliser ceci et extraire ce multiplieur de la tension et puis, après faire une tension de référence de ce style-là.

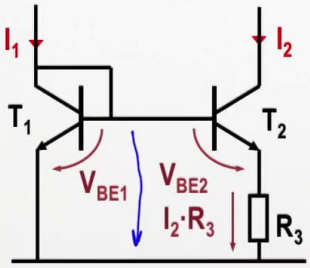
Notes

Summary

13m 41s

Référence de tension à «Band- Gap»

Le principe repose sur la source de courant de WIDLAR



$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_2 \cdot R_3$$

$$U_T \cdot \ln\left(\frac{I_1}{I_{S1}}\right) = U_T \cdot \ln\left(\frac{I_2}{I_{S2}}\right) + I_2 \cdot R_3$$

Si les 2 transistors sont identiques:

$$\Delta V_{BE} = U_T \cdot \ln(I_1/I_2) = I_2 \cdot R_3$$

$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$$

Electronique II

La technique pour réaliser une multiplication ou une extraction du Ut, c'est de faire une boucle dans laquelle j'ai 2 jonctions, base émetteur et base émetteur de 2 transistors. Je rapporte la différence entre ces deux tensions sur une loi d'Ohm. Donc je dois voir ici un courant fois une résistance qui est proportionnel à la différence des deux. Et on va devoir le démontrer tout de suite. Si vous prenez la tension de là à là, celle qui est ici, vous pouvez dire Vbe1 = Vbe2 + (I2 x R3) ce qui est écrit ici. Vbe1 = Vbe2 + (I2 x R3). Et je remplace les tensions de jonction par leurs valeurs, je connais la loi exponentielle qui relie le courant aux tensions et j'écris ça. Donc le courant, la tension Vbe1, c'est Ut ln (I1 / Is1). I1, c'est le courant qui traverse le transistor. Pareil pour le deuxième. Dans la deuxième branche de ce côté-là, je dois ajouter I2 x R3. Donc comme j'ai dit tout à l'heure, si j'arrive à rapporter ici la différence entre les deux jonctions, j'ai gagné parce que ça va être proportionnel à Ut. Si vous déplacez ça de ce côté de l'égalité, donc j'ai une différence entre deux tensions, et vous exprimez et vous avez des transistors similaires c'est-à-dire Is1 = Is2, vous retombez sur une variation ou plutôt une différence entre deux tensions de jonction qui sont rapportées sur une résistance.

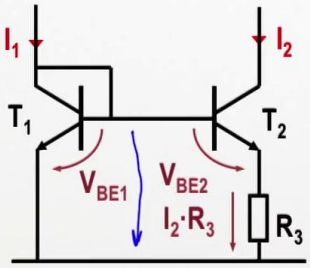
Notes

Summary

15m 05s

Référence de tension à «Band- Gap»

Le principe repose sur la source de courant de WIDLAR



$$V_{BE1} = V_{BE2} + I_2 \cdot R_3$$

$$U_T \cdot \ln\left(\frac{I_1}{I_{S1}}\right) = U_T \cdot \ln\left(\frac{I_2}{I_{S2}}\right) + I_2 \cdot R_3$$

Si les 2 transistors sont identiques:

$$\Delta V_{BE} = U_T \cdot \ln(I_1/I_2) = I_2 \cdot R_3$$

$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$$

Electronique II

Donc la différence de ces deux tensions de jonction me ramène à un rapport de ln (I1 / I1) parce qu'ici, Is1 et Is2 sont les mêmes. Une fois que j'ai ramené ça, le logarithme a la faculté de me transformer la différence en division et ça va me donner le logarithme de rapport des courants I1 sur I2 qui est égal à I2 x R3. Et voici l'extraction du Ut. Je la vois ici. Donc je passe ce logarithme dessous et ça me donne I2 x R3. Donc je n'ai qu'à réfléchir maintenant en termes de courants I1 et I2 et le remplacer par des composants que je peux dimensionner moi-même dans le circuit. Donc la base de la construction de l'extraction de Ut, d'une manière simple, peut passer par un miroir de courant qu'on appelle le miroir de courant de Widlar.

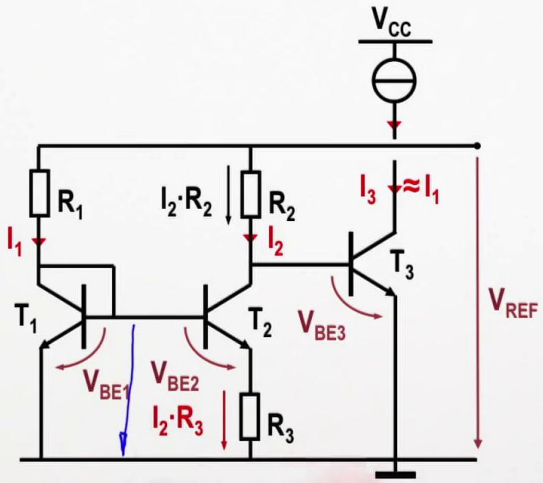
Notes

Summary

16m 43s

Référence de tension à «Band- Gap»

REFERENCE "BAND-GAP" SIMPLE



$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$$

Electronique II

La première partie de la construction de mon Band-Gap consiste à prendre les 2 courants qui m'intéressent qui se trouvent dans le dénominateur, dont le rapport se trouve dans le dénominateur et de les injecter dans deux résistances R1 et R2. Donc je trouve Ut est égal, ce que je viens de démontrer tout à l'heure, (I2 x R3) / ln (I1 / I2). Et j'aimerais bien remplacer ce I1 / I2 par un autre terme qui va être dépendant de résistance que je dois dimensionner dans un circuit qui m'amènerait après à calculer les valeurs de mes résistances et tendre vers ce fameux rapport de 24 ou le gains de 24 pour obtenir ma tension de référence. Alors pour faire ça, je vais imposer une tension ici. Et je l'imposerai de la manière suivante : je prends un transistor similaire à ceci. Donc je prends le même transistor que j'ai utilisé là et je le pose ici. Je lui impose le même courant que ce transistor, fait qu'il va me générer une tensions qui est la même que celle-ci. Donc je peux écrire Vb1= Vbe3. Mais regardez ce qu'il va se passer avec ce transistor. Ce transistor qui est là, le transistor T2, il se trouve à sa base avec une tension Vbe1. Il se retrouve ici avec Vbe3 = Vbe1.

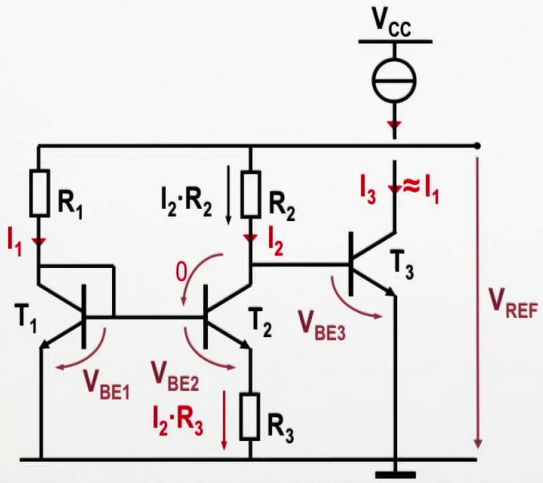
Notes

Summary

17m 36s

Référence de tension à «Band- Gap»

REFERENCE "BAND-GAP" SIMPLE



$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$$

si: $V_{BE1} = V_{BE3}$

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \quad \Rightarrow \quad \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

Donc cette même tension est là et là de part et d'autre, sur son collecteur et sur sa base. Donc comme si je suis en train de dire que cette tension est égale à cette tension donc la différence de tension ici est égale à 0. Donc là, j'ai fait un court circuit pour faire ce même effet. Là, je n'ai pas besoin de faire un court circuit parce que j'ai copié la tension de là et je l'ai imposé ici d'une manière externe avec ceci. Voici ce que je viens de faire et je l'exprime et je le montre avec une flèche qui dit la différence de tension de là à là est égal à 0. Je vais continuer mon raisonnement. Regardons ce qu'il va se passer dans cette maille ici. Cette tension est égal à cette tension. Cette tension est égal à cette tension. Donc forcément, cette tension est égale à cette tension. Donc je peux dire I1 x R1 = I2 x R2, ce que je vais noter tout de suite. I1x R1 = I2 x R2 Donc je trouve un rapport I1 / I2 I1 / I2 proportionnel à des résistances R2 / R1. Donc dans cette expression-là, j'ai ramené le rapport de deux courants que je ne connais pas à un rapport de deux résistances que je n'ai qu'à choisir. Donc ce rapport là, c'est à moi de le dimensionner en fonction de R2 et R1 que je vais utiliser.

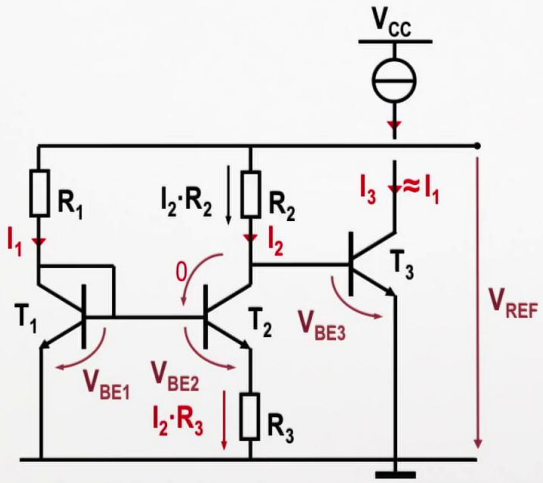
Notes

Summary

19m 00s

Référence de tension à «Band- Gap»

REFERENCE "BAND-GAP" SIMPLE



$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$$

si: $V_{BE1} = V_{BE3}$

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(R_2/R_1)} \Rightarrow I_2 \cdot R_3 = U_T \cdot \mathrm{Ln}\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_{REF} = V_{BE3} + I_2 R_2 \times \frac{R_3}{R_3}$$

$$V_{REF} = V_{BE3} + I_2 \cdot R_3 \cdot \frac{R_2}{R_3}$$

$$V_{REF} = V_{BE3} + U_T \cdot \underbrace{\frac{R_2}{R_3} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}_{A}$$

Electronique II

Il va me rester cette expression I2 x R3 que je dois ramener aussi à quelque chose que je peux concevoir par mon circuit. Alors on va analyser ce qu'on vient de voir ici. Je copie ça. Je place ici. Donc ça, c'est l'expression, la même chose que j'ai vu là. Donc je peux écrire I2 x R3, celle qui m'intéresse, comme étant le Ut x ln (R2 / R1). Maintenant, quand je regarde la tension de référence, celle que je veux lire de là à là, elle vaut quoi cette tension de référence ? Elle vaut cette tension et celle-ci. Donc j'ai la somme de ces deux tensions que j'ai noté ici. La tension de référence vaut Vbe3 + (I2 x R2). Ça y est. I2 x R2, moi je m'intéresse à I2R3. Facile ! Je n'ai qu'à multiplier ça par un R3 et je divise par un R3 et voici mon I2 x R3 que je cherche à obtenir et remplacer ici. En écrivant ça, I2 x R3 x (R2 / R3), et le I2 x R3, c'est ce terme qu'on a calculé tout à l'heure qui dépend du Ut multiplié par un certain rapport. Donc je remplace ce terme par sa valeur ici et je me trouve avec une tension de référence, exactement ce que je cherche à obtenir, une tension de jonction Vbe3 plus ce que j'ai copié de là, donc Ut x ln (R2 / R1) qui multiplie le R2 / R3.

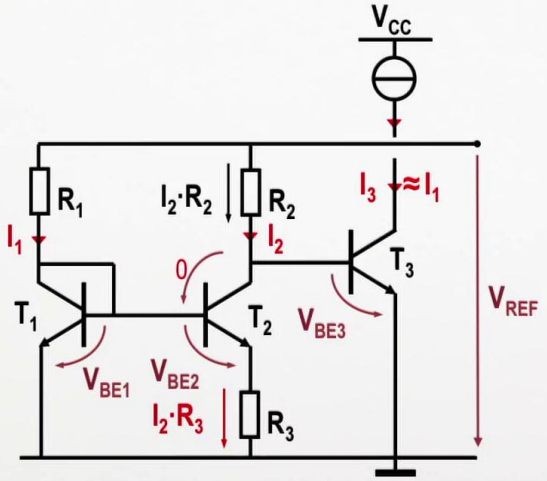
Notes

Summary

20m 12s

Référence de tension à «Band- Gap»

REFERENCE "BAND-GAP" SIMPLE



$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$$

si: $V_{BE1} = V_{BE3}$

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$$

$$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(R_2/R_1)} \Rightarrow I_2 \cdot R_3 = U_T \cdot \mathrm{Ln}\left(\frac{R_2}{R_1}\right)$$

$$V_{REF} = V_{BE3} + I_2 R_2 \times \frac{R_3}{R_3}$$

$$V_{REF} = V_{BE3} + I_2 \cdot R_3 \cdot \frac{R_2}{R_3}$$

$$V_{REF} = V_{BE3} + U_T \cdot \underbrace{\frac{R_2}{R_3} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}_{A = 24}$$

Electronique II

Et ça y est, j'ai un multiplieur de la tension thermodynamique Ut par un facteur A qui devrait être égal à 24. Et la tension Vbe3, qui est un transistor que j'ai imposé un courant dedans, donc c'est une tension de jonction d'un transistor qui va dériver de -2 millivolt par degré et ceci, il va diviser par + 26 millivolts par degré multiplié par 24 et je me trouve avec la tension de référence dont la valeur absolue est dans cet ordre de grandeur que je viens de dire tout à l'heure, donc de 1.2 et que la dérivée par rapport à la température tend vers 0 si je dimensionne correctement tous ces paramètres et si j'ai une technologie où tous mes transistors, je les maîtrise bien en termes de technologie qui m'est proposée. Peut-on faire ce circuit d'une manière un peu plus élégante ? Oui, nous pouvons le faire. Il se fait généralement avec une contre réaction de cette manière-ci.

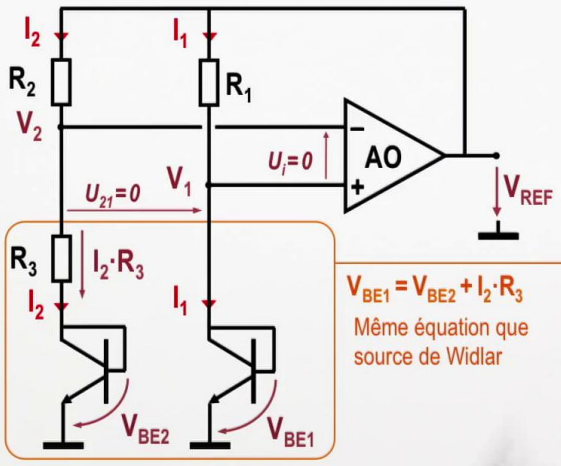
Notes

Summary

21m 54s

Référence de tension à «Band- Gap»

REFERENCE "BAND-GAP" AMELIOREE



AO en réaction globalement négative:

$U_i = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$

$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

$V_{BE1} = V_{BE2} + I_2 \cdot R_3$

Même équation que source de Widlar

$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$

$V_{REF} = V_{BE1} + I_1 \cdot R_1 = V_{BE1} + I_2 \cdot R_2$

$V_{REF} = V_{BE1} + I_2 \cdot R_3 \cdot \frac{R_2}{R_3}$

$V_{REF} = V_{BE1} + U_T \cdot \underbrace{\frac{R_2}{R_3} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}_{A}$

Electronique II

Pour pouvoir créer le même phénomène, c'est-à-dire avoir la différence de deux jonctions rapportée aux bornes d'une résistance pour que la tension de cette jonction Pn moins cette jonction Pn est égal à celle que je vois ici je crée une contre-réaction par un ampli Op. Donc si vous vous souvenez ce qu'un ampli Op fait, il crée une différence de tension ici est égal à 0. Quand il est dans la zone linéaire, ces deux tensions sont les mêmes. Donc je me trouve avec V1 = V2 et si je dis V1 = V2, la tension U de 1 égal à 0. Donc la tension que je vois dans cette maille ici, c'est (I2 x R3) + Vbe2 = Vbe1, ce que j'ai écrit ici. Cette tension-là égal à celle-ci plus celle-ci. C'est la même chose qu'un source de courant de Widlar. C'est exactement la même chose qui me ramène à extraire la même histoire. La tension thermodynamique, elle est proportionnelle à ce courant, plutôt à cette tension I2 x R3 / ln (I1 / I2). Ma tension de référence, elle se retrouve à la sortie d'un ampli Op. C'est un avantage, ça. Donc là, je peux tirer un peu de courant là-dessus, sur l'ampli Op, sans pour autant perturber la tension de référence. Ce qui est une bonne chose. Si je regarde Vref, c'est cette tension-là.

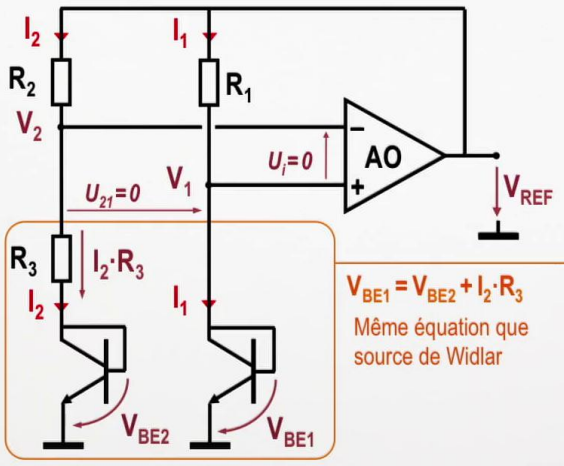
Notes

Summary

22m 53s

Référence de tension à «Band- Gap»

REFERENCE "BAND-GAP" AMELIOREE



$V_{BE1} = V_{BE2} + I_2 \cdot R_3$

Même équation que source de Widlar

AO en réaction globalement négative:

$U_i = 0 \Rightarrow V_1 = V_2$

$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2 \Rightarrow \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1}$

$U_T = \frac{I_2 \cdot R_3}{\ln(I_1/I_2)}$

$V_{REF} = V_{BE1} + I_1 \cdot R_1 = V_{BE1} + I_2 R_2 \cdot \frac{R_1}{R_3}$

$V_{REF} = V_{BE1} + I_2 \cdot R_3 \cdot \frac{R_2}{R_3}$

$V_{REF} = V_{BE1} + U_T \cdot \underbrace{\frac{R_2}{R_3} \cdot \ln\left(\frac{R_2}{R_1}\right)}_{A = 24}$

Electronique II

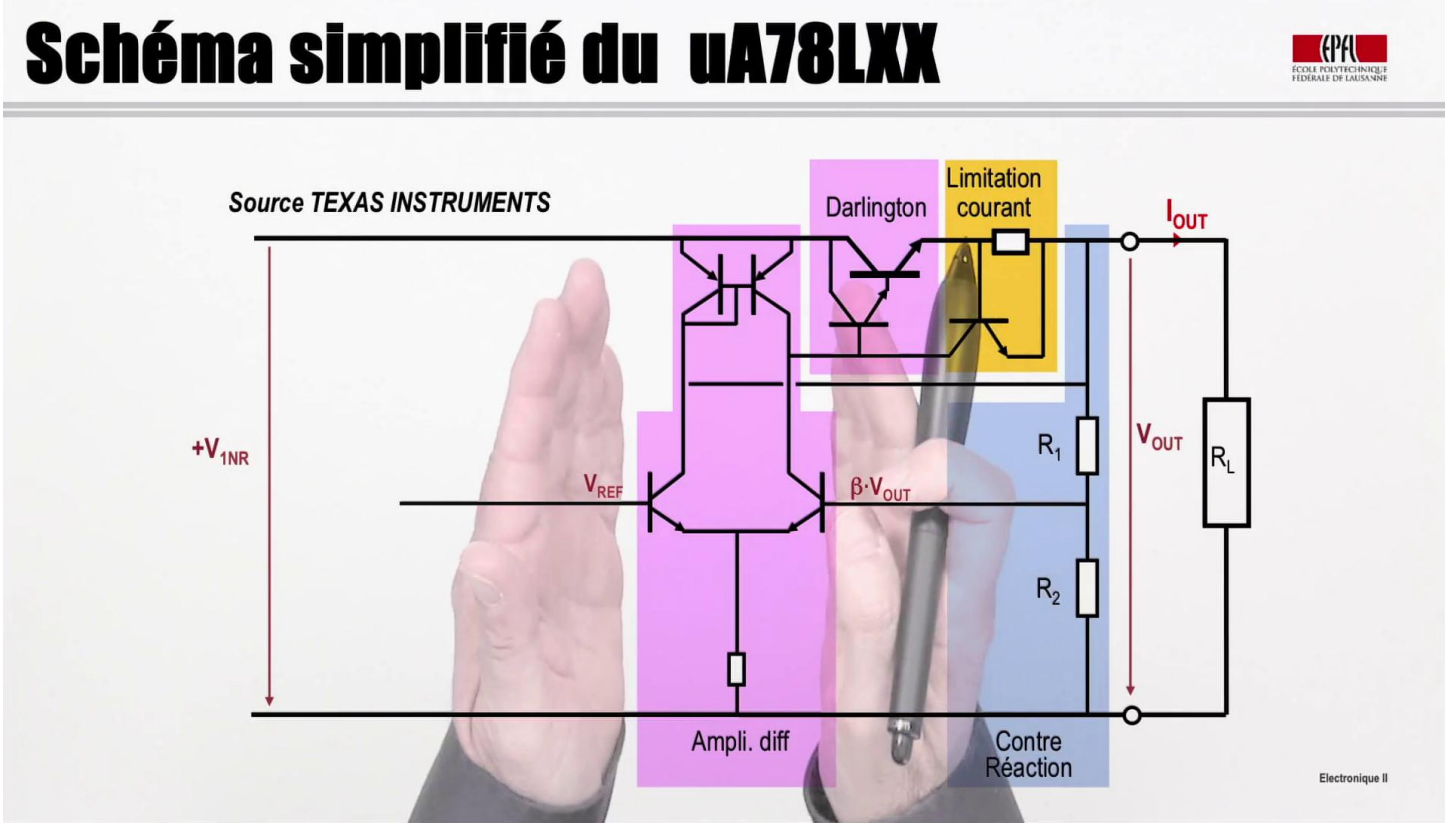
Donc c'est de là à là et de là à là. Et je peux la lire par différents chemins. Donc c'est cette tension de là à là et celle-ci est 0 par ampli Op, par contre réaction. Là, j'ai Vbe1 + I1 x R1. Là aussi, j'ai Vbe1 / I2 x R2 plus I2 x R2, et je peux le lire de ce côté-là comme étant I2 x R2 + I2 X R3 + Vbe2. Et je vais écrire que ma tension de référence que je viens de dire, c'est le VBe1 de là à là plus I1 x R1 et je le réécris aussi Vbe1 plus cette tension-là, I2 x R2. Et pareil, je prends ça, je multiplie par R3 et je divise par R3 et je retrouve mon terme comme tout à l'heure I2 x R3 qui est ici, que je vois apparaître aussi là et que je remplace par Ut x ln (I1 / I2). Et pareil, j'ai I1 / I2 qui est le rapport de résistance R2 / R1 qui est écrit aussi ici. Je remplace ce rapport par ce rapport de résistance et je développe. J'ai exactement la même expression de tout à l'heure. Donc j'ai une tension de référence qui dépend d'une tension de jonction, celle-ci, plus un multiplieur de la tension Ut qui est égale à A. Et ce A = 24. Donc on se retrouve dans la même condition avec quand même un amplificateur qui réalise de la contre-réaction et qui me permet de tirer un courant ici sans pour autant perturber ce qu'il se passe de ce côté-là grâce à l'alimentation de cet amplificateur opérationnel.

Notes

Summary

24m 20s

Schéma simplifié du uA78LXX



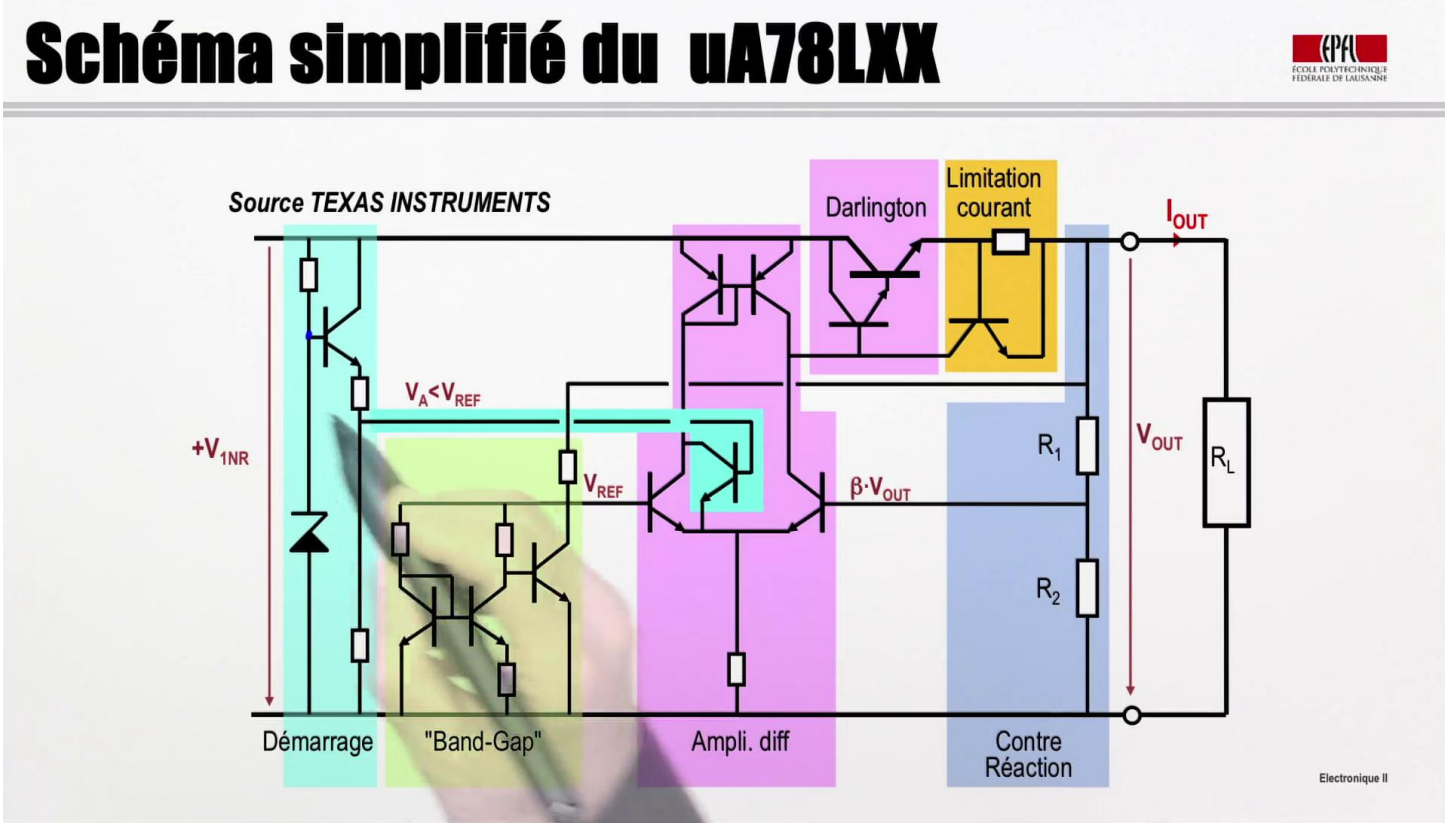
Allons voir un schéma complet maintenant que tout le monde sait comment on fait une alimentation. J'ai pris un schéma simplifié d'une famille de circuit connu fabriqué par Texas Instruments et j'ai regardé les schémas internes. Donc vous vous souvenez, on a analysé que l'alimentation est basée sur un transistor qui se trouve entre une tension non régulée et une tension régulée. Le voici ce transistor. Il est réalisé par un Darlington. L'avantage du Darlington, c'est que je vais trouver avec un β qui est très très grand. Donc c'est un grand avantage par rapport à ce courant que je tire ici et par rapport à l'impédance de sortie que je vois là. Il y a un circuit de limitation du courant que nous avons vu dans la vidéo précédente qui fait conduire ce transistor pour commencer à dériver le courant qui commande le transistor de bypass ou le transistor série. Lorsqu'on commence à dépasser un courant excessif, on a une contre réaction pour un ampli Op. Cet ampli Op est réalisé par un OTA simple, donc une perdif avec charge active, et là, je vais ajouter ce qui se trouve dans ce circuit en termes de référence de tension et le voici.

Notes

Summary

26m 04s

Schéma simplifié du uA78LXX



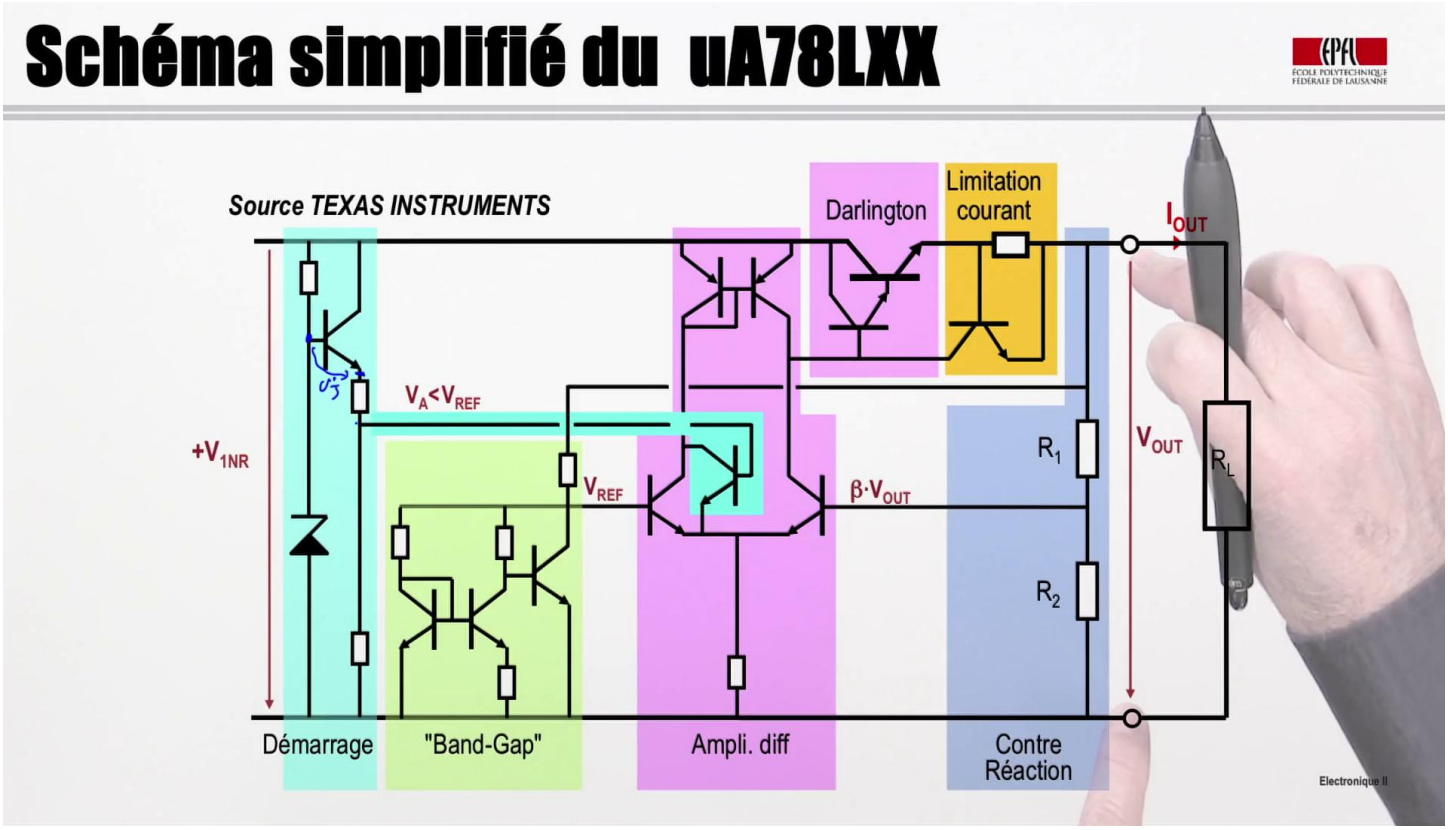
La référence de tension qui est générée à l'entrée de cet ampli Op, donc toute cette partie-là, correspond à l'ampli Op, sa contre-réaction et l'étage suiveur et cette partie ici, c'est la tension Band-Gap Dans cette famille de circuit, ils ont utilisé un Band-Gap. On le reconnaît. C'est le Band-Gap qu'on vient d'étudier ici. Il faut savoir une chose : si nous voulons réaliser ce Band-Gap, nous devons démarrer le Band-Gap parce qu'il va falloir quand même qu'il y ait un courant qui passe là-dedans pour que la tension de référence soit établie à l'entrée de ce circuit. Ce fabriquant a proposé la solution suivante : il a utilisé une partie qu'il appelle le démarrage. Le démarrage, c'est une diode Zener, Il possède une diode Zener dans sa technologie bipolaire dans laquelle il a réalisé ce circuit intégré, qui le fait démarrer. Quand on amène une tension non régulée ici, il y a une tension Vz qui va apparaître ici. Dès que cette tension Vz apparaît ici, en la chute de 0.7 volt, donc là, j'ai une chute de tension Uj, et elle va apparaître sur ce diviseur résistif.

Notes

Summary

27m 22s

Schéma simplifié du uA78LXX



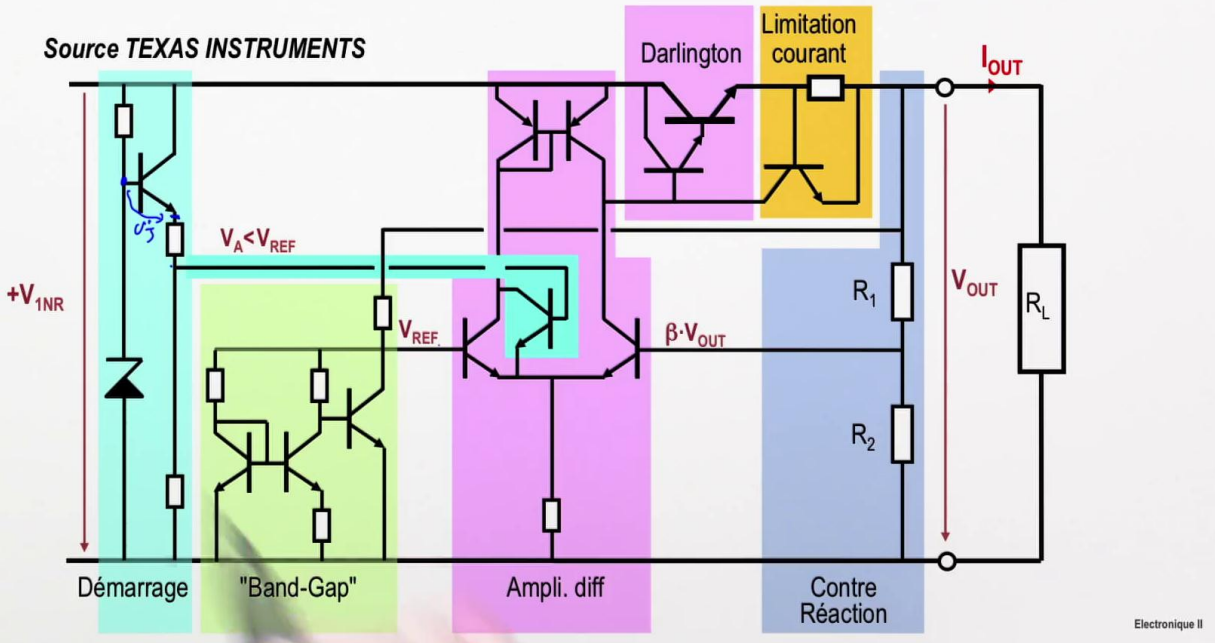
Donc ici, j'ai une fraction de tension Vz qui est là et il s'est arrangé ce fabriquant pour prendre la paire différentielle de notre Ta et prendre un des transistors et le remplacer par un transistor qui le démarre au début puis après, il va disparaître. Pourquoi ? Parce que si je choisis une tension de démarrage de ce transistor donc ce transistor-là ne fonctionne pas il y a un autre à la place qui lie une tension de référence qui est celle-ci. Pas cette qu'on va faire avec le Band-Gap, c'est une autre tension de référence égal à une certaine Vz - Va mais il s'est arrangé pour que ce niveau de tension est toujours inférieur à la tension de référence, celle qu'il veut obtenir à la fin. L'avantage de faire comme ça, c'est que ma paire différentielle que je vois ici, avant qu'elle soit commandée par une entrée qui vient de Vref, elle va démarrer. Donc tout d'un coup, la paire différentielle commence à faire établir un courant qui passe. La tension ici, elle vient d'une tension de référence et la sortie de ma tension régulée commence à se réguler. Donc je commence à avoir V out. Cette V out là, elle est régulée. C'est une tension propre pas comme celle-ci.

Notes

Summary

28m 34s

Schéma simplifié du uA78LXX



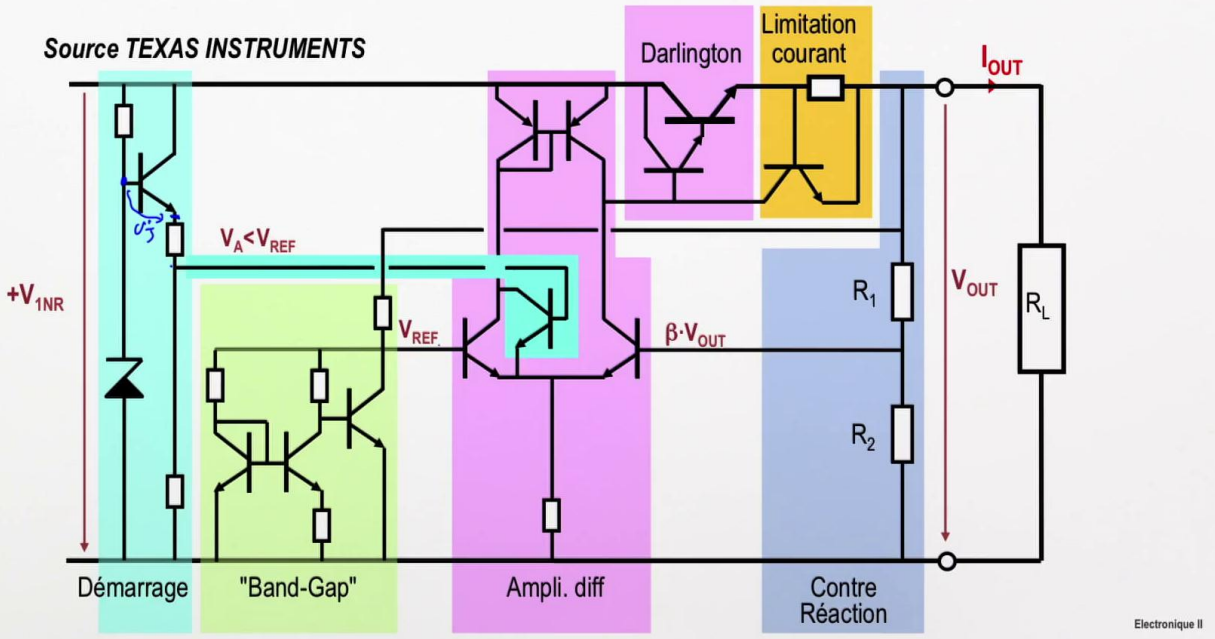
Je démarre sur cette tension pas propre, celle qui fluctue. Après, je prends cette tension propre à la sortie et je l'utilise pour polariser mon Band-Gap. Donc mon Band-Gap se fait alimenter par une tension propre à la sortie pour que la fluctuation soit faible et je démarre avec un circuit que dès que la tension de référence apparaît ici, cette tension-là, elle est inférieure à la tension de référence Donc je le fais par construction inférieure à Vref ce qui fait que ce transistor-là va disparaître. Il va être bloqué tout de suite et je reviens avec les transistors de la perdif. Donc toute cette partie en bleu clair et ou en cyan, toute cette partie-là sert simplement au démarrage de mon circuit et se met hors d'utilisation électronique et mon circuit se réduit à ça. J'ai une tension régulée que j'utilise pour alimenter mon Band-Gap. J'ai une tension de référence générée qui est indépendante de la variation de température puis après, des étages classiques qui réalisent mon alimentation régulée série. Et il s'agit schéma vendu que vous trouvez dans le marché, dans un circuit à trois pattes qui reçoit une alimentation non régulée avec une masse et qui vous génère une tension régulée à la sortie qui a une certaine valeur en fonction de ces rapports R1 / R2 qui sont ajoutés par le fabriquant à l'intérieur de son circuit.

Notes

Summary

29m 46s

Schéma simplifié du uA78LXX



Pour finir cette série sur les alimentations stabilisées, nous avons l'ensemble de composants qui nous permettent de construire un régulateur série. C'est un excellent exemple sur la régulation et c'est un excellent exemple qui nous montre tout ce qu'on peut faire avec un transistor ou avec des blocs fonctionnels basés sur des transistors bipolaires ou d'autres, bien sûr, et qui nous permet de faire une des applications qui est le régulateur de tension série. Donc c'est un avantage de voir les régulateurs parce qu'il s'agit d'une tension d'essai, en gros, à la sortie. Forcément si on pousse les études un peu plus loin, nous devons faire des analyses très poussées en termes de bandes passantes d'utilisation, qui n'est pas l'objectif de ce cours. Parce que quand vous commencez à mettre des charges dont la variation du courant est très exigeant en termes fréquentiels, c'est-à-dire j'ai un courant qui varie à des fréquences très élevées tel qu'un microcontrôleur qui travaille à des mégahertz, bien à ce moment-là, on est amené à regarder le problème autrement et commencer à compliquer l'analyse de ce circuit. Je me suis contenté là juste de vous montrer la construction d'une alimentation stabilisée pour l'utiliser comme étant un exemple classique de l'utilisation des fonctions à base de transistors.

Notes

Summary

31m 10s