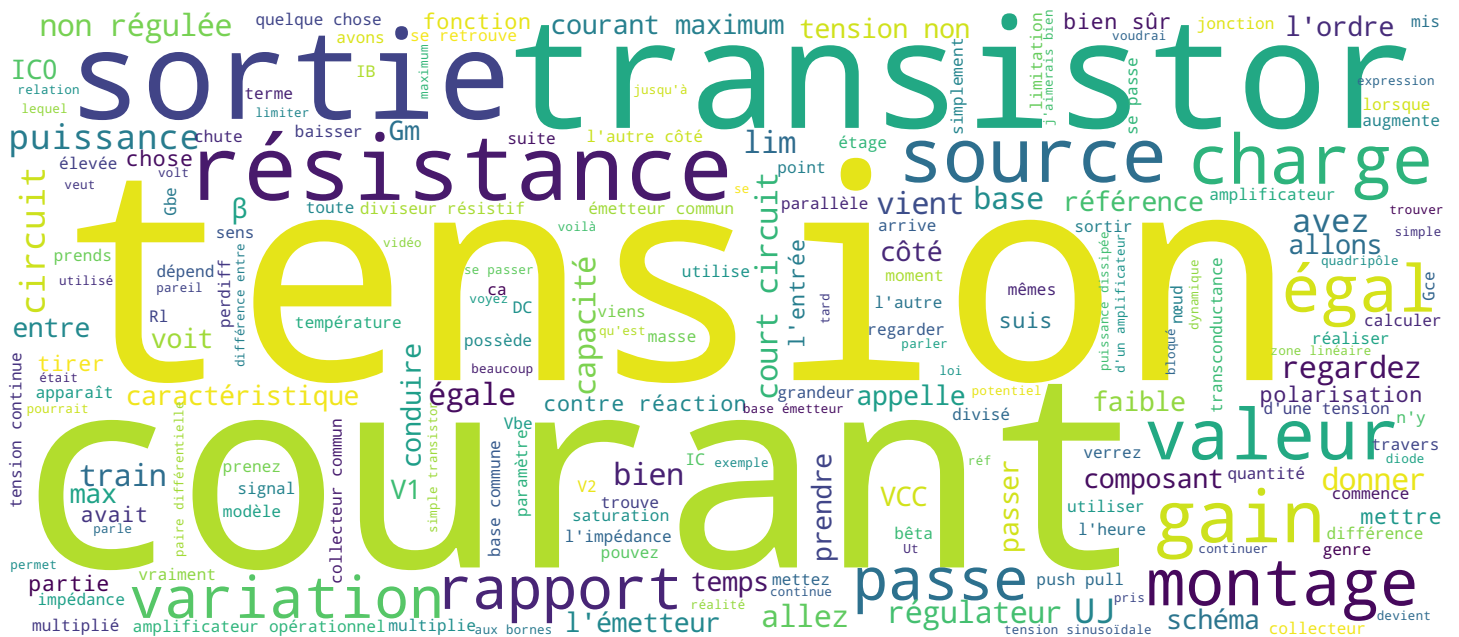


7.1- Alimentations stabilisées

Principes

Prof. Maher Kayal

Electronics Laboratory-ELAB

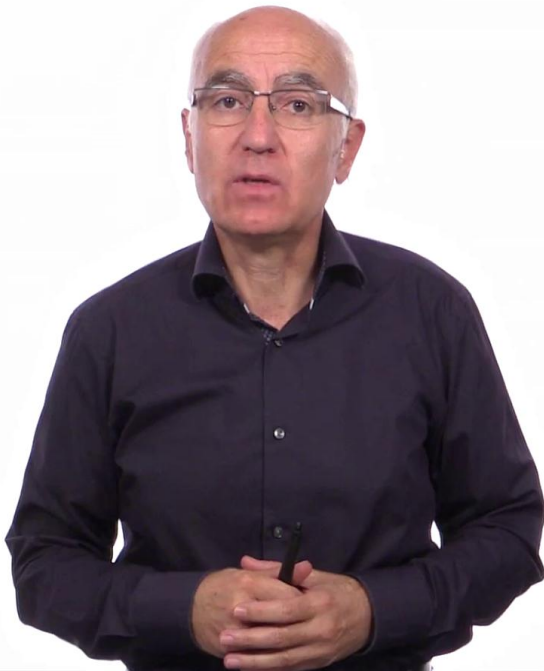


Search MOOC



Video





- Introduction.
- Alimentations à régulateur série.
- Limitation du courant de sortie.

Electronique II

Bien bonjour tout le monde. Aujourd'hui, nous allons aborder une leçon qui est une excellente présentation de l'utilisation du transistor bipolaire. Nous allons étudier les alimentations stabilisées. Nous n'allons pas parcourir l'ensemble des techniques qui nous permettent de faire une alimentation stabilisée, nous allons nous contenter de ce qu'on appelle l'alimentation à régulation série. Donc c'est un exemple dans lequel on va utiliser un simple transistor pour réguler une tension qui n'est pas régulée, on va voir ce que c'est et sortir de là une source de tension idéale avec une limitation de courant et nous allons voir jusqu'au détail de l'implémentation de ce genre d'alimentation.

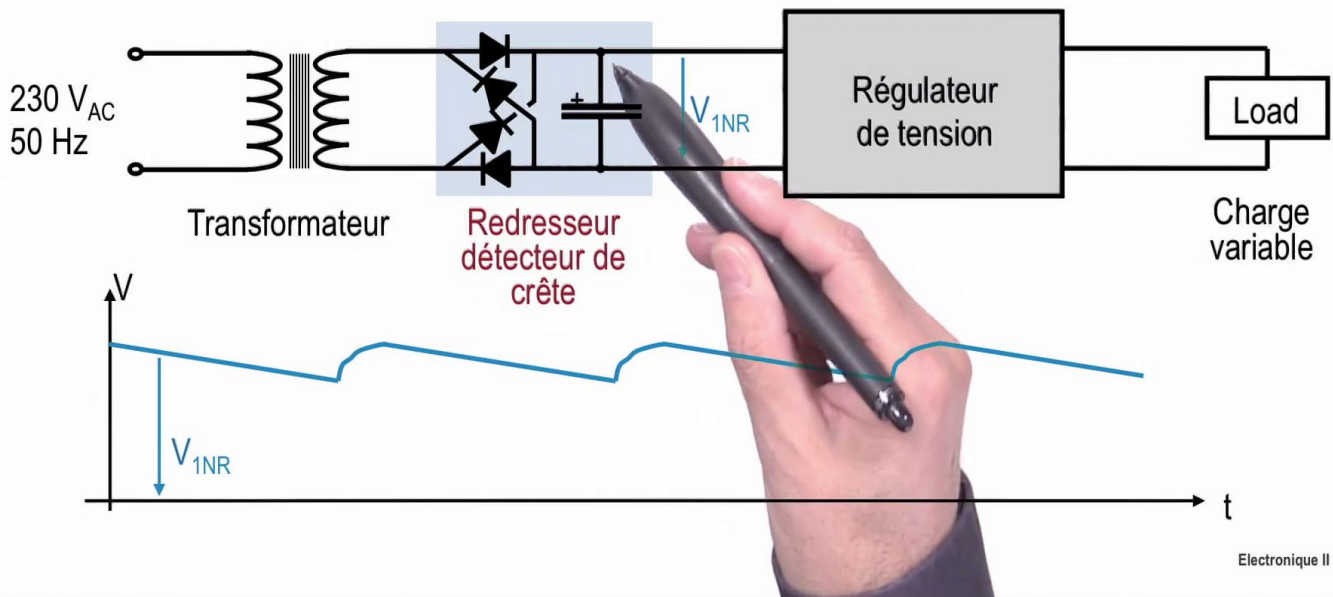
Notes

Summary



0m 04s

Alimentation à régulateur continu série



Electronique II

Une alimentation à régulateur continu série est généralement un des circuits qui est le plus utilisé. Vous savez très bien que nous avons une alimentation de type sinusoïdal qui est fournie par le secteur, que partant d'une prise électrique, nous avons ce niveau de tension sinusoïdale de l'ordre de grandeur de 130 V, avec un transformateur on arrive à baisser la tension, après on utilise un pont à diode dont l'objectif est de faire un redressement double alternance. Donc nous cherchons avec ce genre de circuit à 4 diodes la valeur absolue d'une tension sinusoïdale. En d'autres termes, la tension sinusoïdale qui apparaît à l'entrée se retrouve de l'autre côté entièrement positive, la partie négative de la tension sinusoïdale se retrouve redressée. Ensuite nous mettons un filtre basé sur une capacité et cette capacité a pour but de se charger par la tension sinusoïdale et puis après se décharger de l'autre côté dans ce qu'on appelle la charge, si la charge de ce côté c'est la partie où l'utilisateur branche ses appareils électroniques de style vous avez un ordinateur que vous voulez alimenter par une tension continue ou vous avez une radio ou vous avez n'importe quel appareil électronique qui reçoit une tension continue.

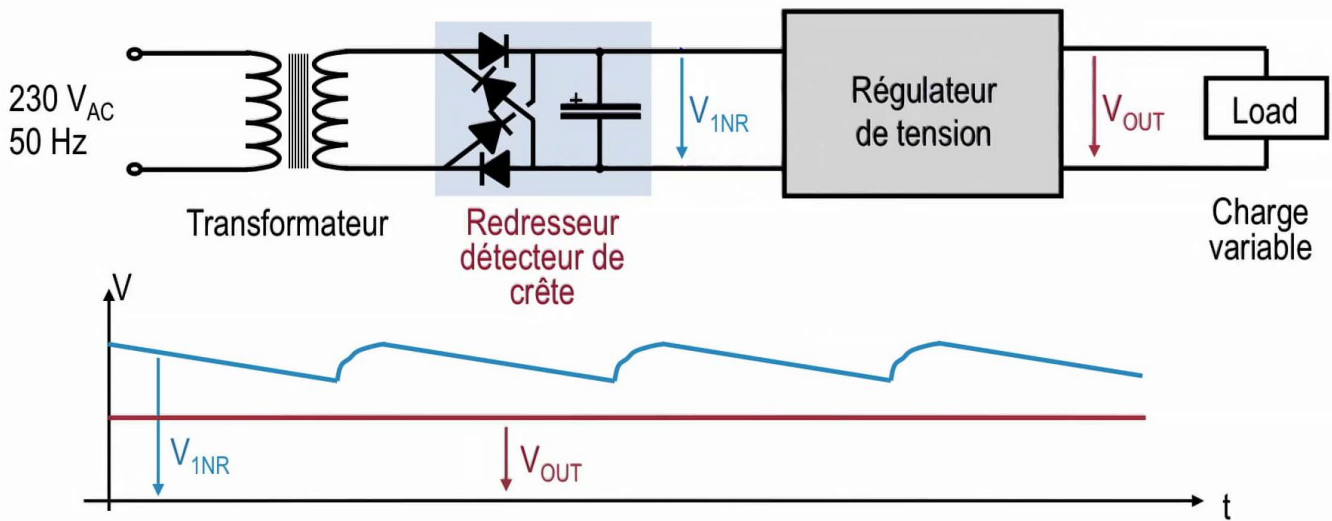
Notes

Summary



0m 45s

Alimentation à régulateur continu série



Electronique II

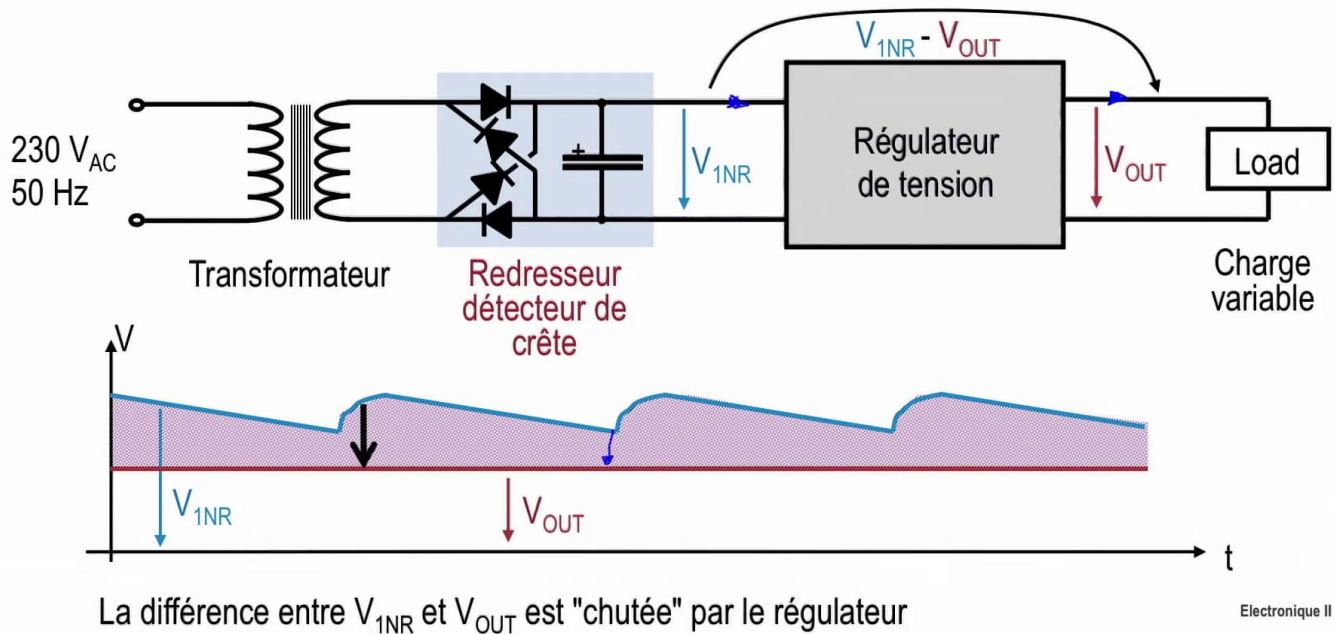
De ce côté-là nous avons ce qui est typique d'une tension qui est redressée et filtrée ce qu'on appelle cette tension qui correspond à une partie le bout de l'exponentielle qui apparaît ici après une décharge de la capacité à travers le régulateur pour fournir la puissance à la charge et nous avons cette ondulation résiduelle dont la valeur de cette ondulation dépend fortement du courant que nous soutirons de l'autre côté. Donc si vous voulez réguler cette tension, ça c'est la tension non-régulée, c'est ce qu'on connaît à la sortie de ce genre de circuit, nous mettons un régulateur de tension et le régulateur de tension devrait recevoir la tension en bleu non-régulée et nous donner une tension tout à fait continue et se comporter comme une source de tension idéale de ce côté-là. La tension continue à la sortie, elle est toujours et obligatoirement inférieure à celle qui est à l'entrée. Donc, notre régulateur se voit avec une tension non-régulée qui est la tension bleue et la tension qui est en rouge qui est une tension continue à la sortie et que la différence entre les 2 c'est la tension qui se retrouve entre l'entrée et la sortie de régulateur le sujet de notre leçon d'aujourd'hui qu'on va mettre dedans une fonction électronique qui transforme cette tension comme ceci en une tension parfaitement continue et qui fournit le courant nécessaire à la charge.

Notes

Summary



Alimentation à régulateur continu série



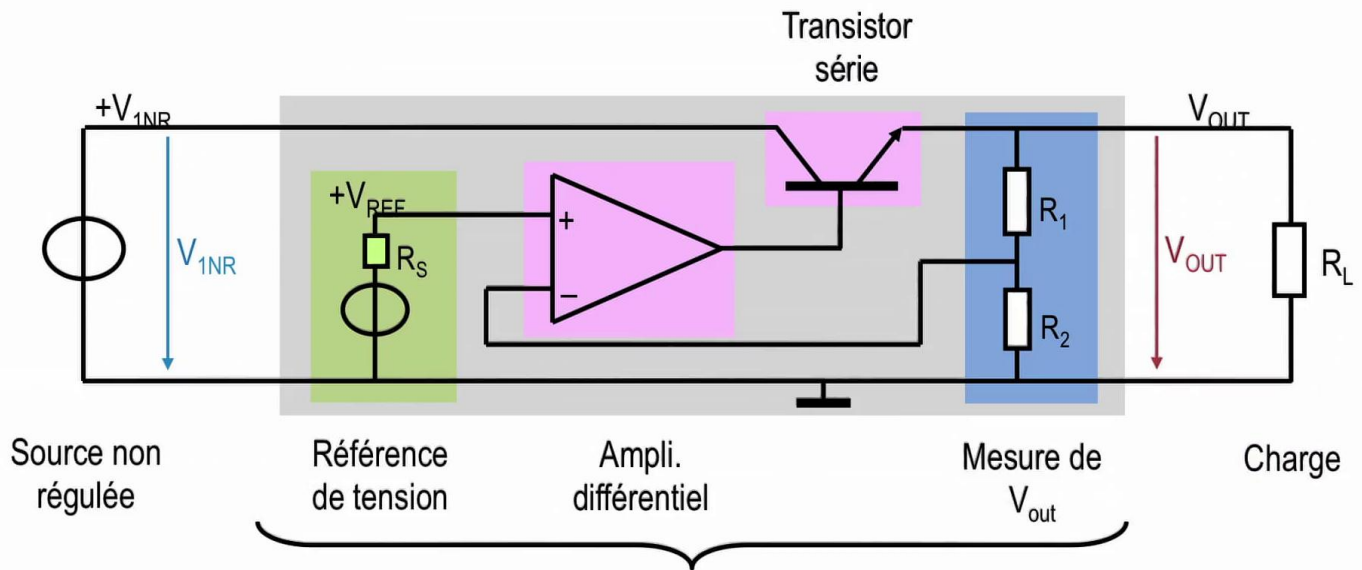
Donc la différence de la tension est prise entièrement dans ce bloc-là. Donc on comprend tout à fait qu'il va y avoir un courant qui entre ici, ce courant-là fournit un courant qui passe dans le régulateur et le courant va sortir de l'autre côté et ça va être le courant que nous utilisons dans la charge. Ici la tension est non-régulée, ici la tension est régulée, et le courant il est à peu près si on néglige la consommation nécessaire dans le régulateur pour le faire fonctionner et bien ce courant est ce sceptre hauteur de grandeur de ce qui sort de l'autre côté. Par contre la différence de la tension doit dépendre de cette flèche, c'est à dire on la voit quand la tension passe par un maximum ici, on a cette quantité qui augmente sinon quand on passe par un minimum, on a cette quantité qui devient plus faible, il n'empêche que toute cette quantité de variation de tension est prise en charge par notre régulateur. Donc plus cette différence est élevée, plus c'est élevée la puissance qui est dissipée dedans. Qu'est-ce qu'il va avoir à l'intérieur de ceci ? Donc on a dit la différence entre cette tension, je l'appelle V_{1NR} , NR c'est pour non-régulé et la tension V_{OUT} , V_{OUT} c'est la tension DC en rouge à la sortie et chute cette différence par le régulateur. Et bien ce qui va se trouver entre les 2, c'est un simple transistor.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



Régulateur (dit aussi stabilisateur) de tension continu (dit aussi linéaire) série

Electronique II

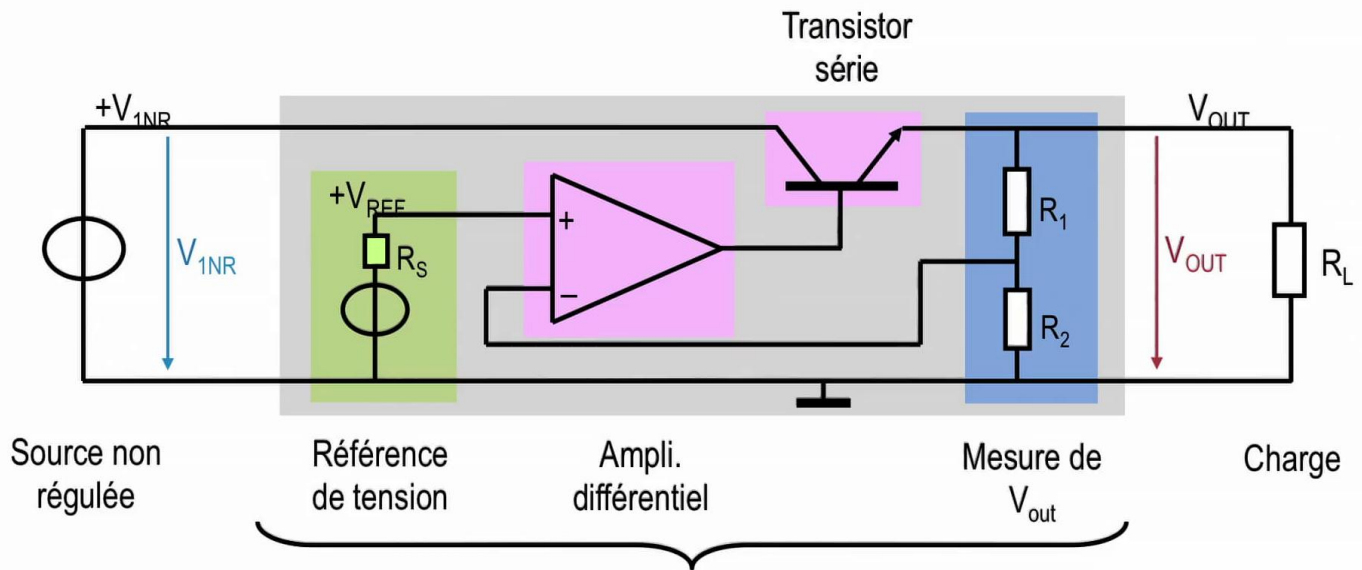
Nous allons profiter de la caractéristique du transistor, celui que maintenant vous le connaissez très bien pour que on règle le courant qui passe dans ce transistor, il est pris depuis une tension non-réglée, il est renvoyé vers la tension réglée et la différence de tension est prise par cette caractéristique qu'on a vu que cette tension est tout le temps en train de changer entre ce nœud et ce nœud-là et on sait qu'un transistor il est capable de faire passer le courant plus ou moins la même chose si on règle le courant ou la tension base-émetteur et la tension entre collecteur-émetteur n'est pas sensée affecter son comportement à ce transistor parce que la tension UCE à la sortie, une fois qu'on a régulé depuis la base garde le même courant dans le même composant sans pour autant soit affectée par la variation de la tension. Cette caractéristique, nous allons l'utiliser pour réaliser ce qu'on appelle le régulateur série car le transistor qui se trouve en série entre la tension non-réglée et la tension non-réglée gère le courant qui passe depuis la source qui est là et la sortie qui est ici. Alors j'attire votre attention que l'entrée de ce circuit c'est ici, la sortie est là.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



Régulateur (dit aussi stabilisateur) de tension continu (dit aussi linéaire) série

Electronique II

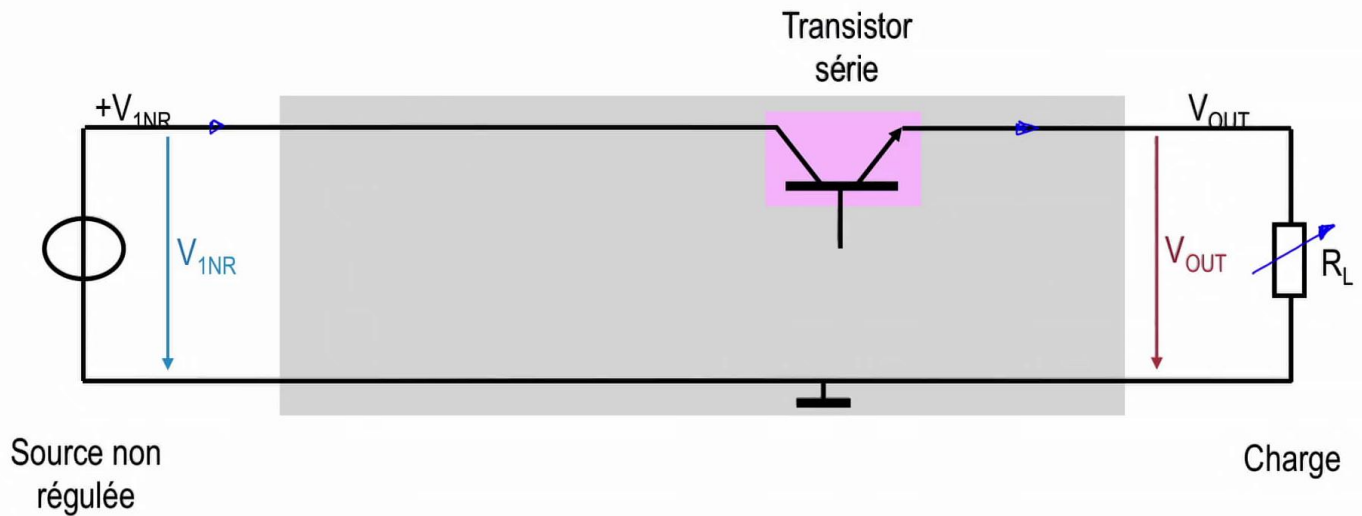
Donc on entre une tension, on sort une tension et on utilise un circuit dedans que je vais décortiquer étapes par étapes mais avant d'aller plus loin pour le voir, nous constatons qu'il y a ce fameux transistor qu'on appelle le ballast qu'on l'appelle en anglais le bypass, on l'appelle le transistor série ou le régulateur de tension qui est contrôlé par une boucle de contre-réaction fait avec un amplificateur opérationnel et une contre-réaction. Et nous utilisons une référence de tension que nous générons à l'intérieur pour que cette tension-là par ce montage de contre-réaction nous permet de garantir que la tension V_{out} est une tension continue proportionnelle à la référence de tension multipliée par un certain gain que nous allons étudier tout de suite.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



Electronique II

Partons par le transistor série, celui qui est entre l'entrée et la sortie, je répète mon explication, si le courant qui entre ici se retrouve à la sortie, le courant que nous prenons vient d'une source non-régulée, en l'occurrence dans l'exemple que j'ai montré, ceci n'est rien d'autre que l'alimentation de 220 V suivi par un redresseur, suivi par un filtre, et on prend le courant là-dedans et là ça c'est une résistance qui est souvent variable parce qu'il s'agit d'une charge, cette charge-là pourrait être un ordinateur, pourrait être une radio ou ce que vous voulez brancher de ce côté, donc ceci c'est une radio, ça dépend de la puissance que vous utilisez à la sortie ce qui veut dire que ce courant-là, il est tout le temps en train d'être modifié. Ce que nous souhaitons nous, c'est que cette tension-là soit absolument stable, constante, indépendamment de la variation du courant donc indépendamment de la nature de la charge. J'ai oublié de dire aussi que cette charge ici apparaît comme étant une résistance, nous allons tout le temps parler d'une résistance mais ça aurait pu être une charge inductive, capacitive ou une charge complexe quelconque qui est le cas aujourd'hui de nos appareils que nous branchons.

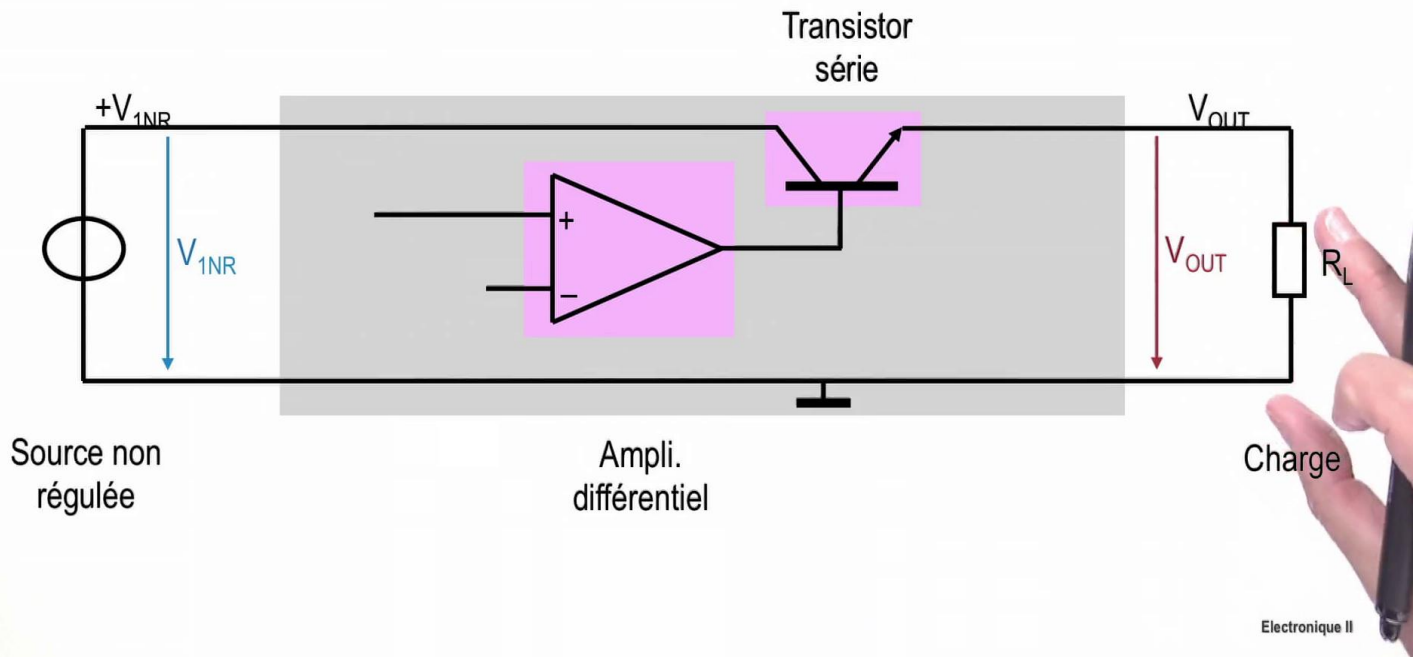
Notes

Summary



7m 31s

Régulateur de tension continue série



Je vais prendre maintenant mon transistor et lui ajouter le fameux amplificateur opérationnel que nous appelons l'amplificateur d'erreurs.

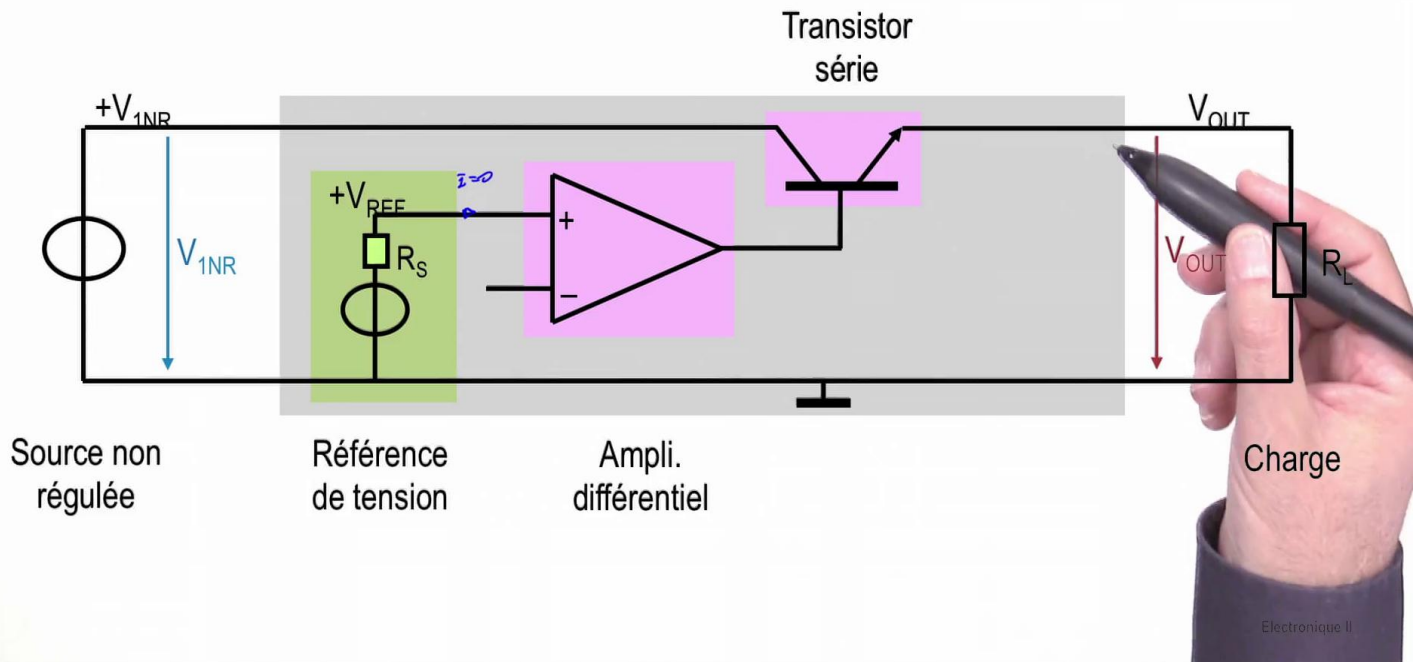
Notes

Summary



8m 49s

Régulateur de tension continue série



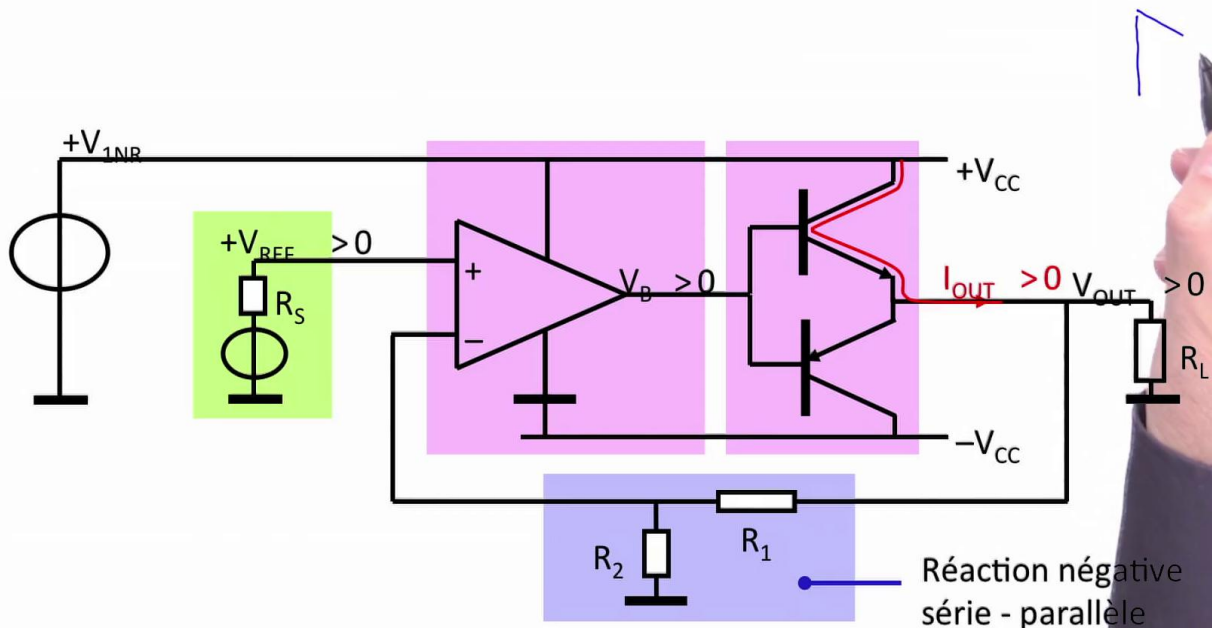
Il utilise le nom amplificateur d'erreurs parce qu'il a un rôle, ce rôle-là c'est de lire la tension ici, regardez bien ce que je vais faire, je vais prendre mon amplificateur opérationnel, brancher une référence de tension, donc si c'est vraiment un amplificateur opérationnel idéal, ce courant-là c'est un courant qui est nul. Donc on ne va pas prendre de courant là-dedans, donc ça il s'agit d'une référence de tension. Nous allons apprendre à réaliser des références de tension dans la vidéo qui suit, nous allons voir ce qu'il y a là-dedans. Maintenant de ce côté-là, nous allons lire cette tension, la diviser avec un diviseur et la renvoyer et la comparer tout le temps à cette référence d'où le nom amplificateur d'erreurs parce qu'il est tout le temps en train de réguler pour que ces 2 tensions soient les mêmes, ce qui est le rôle d'un amplificateur pour rester dans la zone linéaire. Donc il amplifie ou il est sensible, il modifie ce qui se passe pour réguler le courant dans ce transistor et garder la tension constante à la sortie grâce à son gain très élevé et cette capacité de réguler les 2 tensions à la même valeur. Voyons voir comment on va lire ça.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



Electronique II

Donc ici, je vais prendre ici un diviseur résistif et je vais utiliser la tension V_{OUT} que je divise par un rapport et que je compare à cette tension de référence et ça, ça va me donner ce que j'appelle le régulateur de tension continue telle qu'on vient de le définir. L'élément de puissance est ceci, c'est celui qui absorbe le plus et qui fait passer le courant de grande valeur. Là, on a très peu de courant qui passe et généralement nous alimentons notre amplificateur opérationnel avec une tension qui vient de cette tension non-régulée et notre ampli est alimentée par la partie non-régulée et qui a la masse ici et cette tension V_{OUT} , elle est comparée à la tension de référence à travers la contre réaction. Je reprends quelque chose que probablement vous le connaissez. Je vais dessiner une chose ici, si je prends un amplificateur opérationnel normal, je lui fais une contre-réaction et j'ajoute une source de tension stable que j'appelle V_{REF} , une référence de tension, et je regarde la tension qui apparaît ici par rapport à la tension que je mets là et 2 résistances, une des résistances je l'appelle R_1 , l'autre résistance R_2 et ça c'est la tension V_{OUT} .

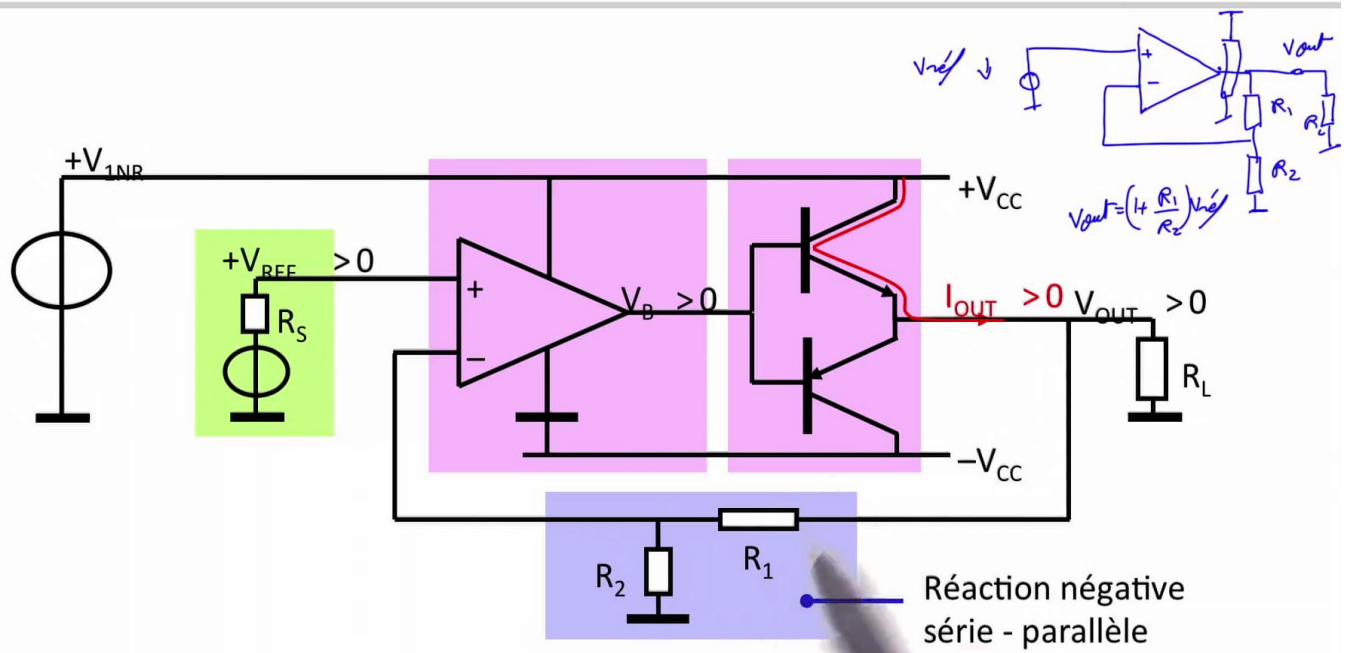
Notes

Summary

10m 15s



Régulateur de tension continue série



Electronique II

Je peux très bien écrire cette tension en fonction de V_{REF} . Disons que V_{OUT} égal à 1 plus le rapport de résistance R_1 sur R_2 , le tout qui multiplie V_{REF} . Ça nous le connaissons ce montage de base d'un amplificateur non-inverseur qui nous donne ce genre de caractéristiques. Là j'ai pris cet ampli et j'ai mis derrière un montage push-pull, donc j'ai inséré ici un montage push-pull et ce montage push-pull a pour but d'avoir un gain égal à 1. Il prend la tension ici, il la ramène à sa sortie multiplié par 1 et il est capable d'être alimenté par une alimentation externe ce qu'on voit ici, donc il vient chercher depuis la tension non-régulée et cette tension non-régulée lui permet de fournir un courant et la charge elle vient se connecter-là, donc la R_L elle est ici. Si c'est ça R_L , on a compris que l'étage push-pull qui a un gain 1, on peut très bien imaginer qu'il fait partie de l'ampli, c'est simplement un étage de puissance et qu'on l'a réalisé avec 2 étages. D'abord, posons-nous la question, est-ce qu'on a besoin d'un push-pull ? Quand est-ce qu'on utilise le push-pull ? On l'utilise quand on a un courant qui peut entrer et un courant qui peut sortir depuis notre étage d'amplification.

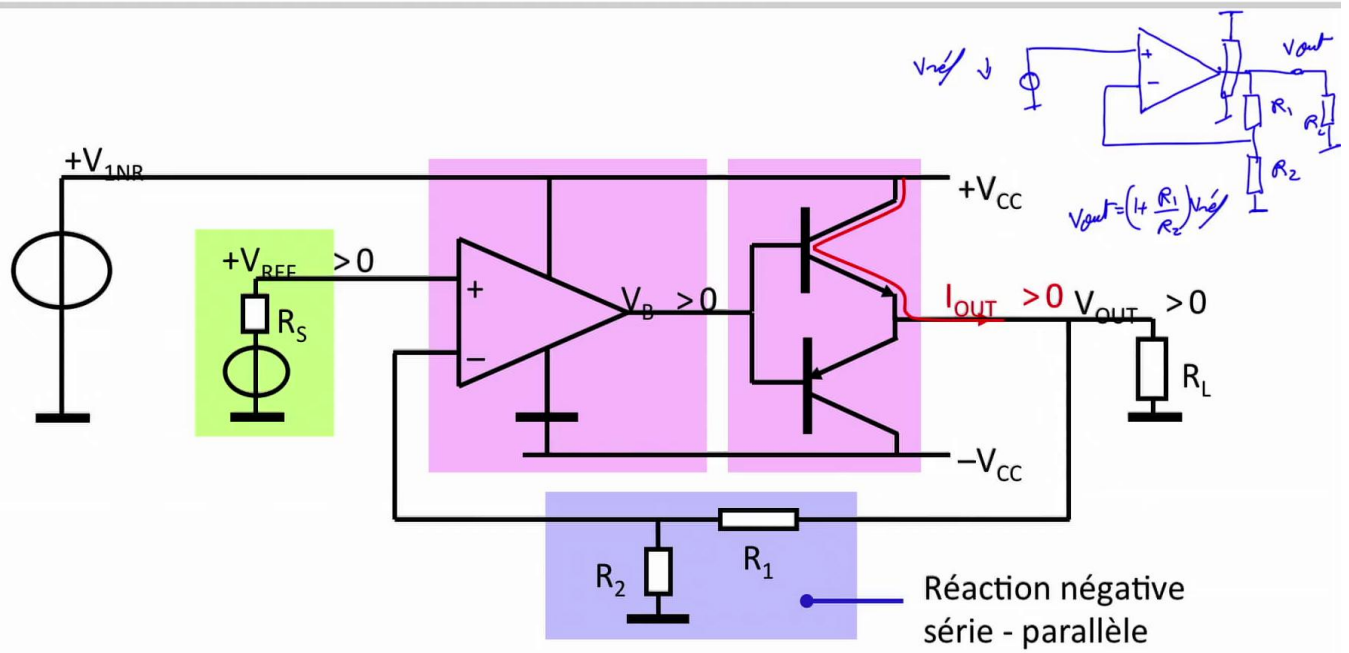
Notes

Summary



11m 47s

Régulateur de tension continue série



Electronique II

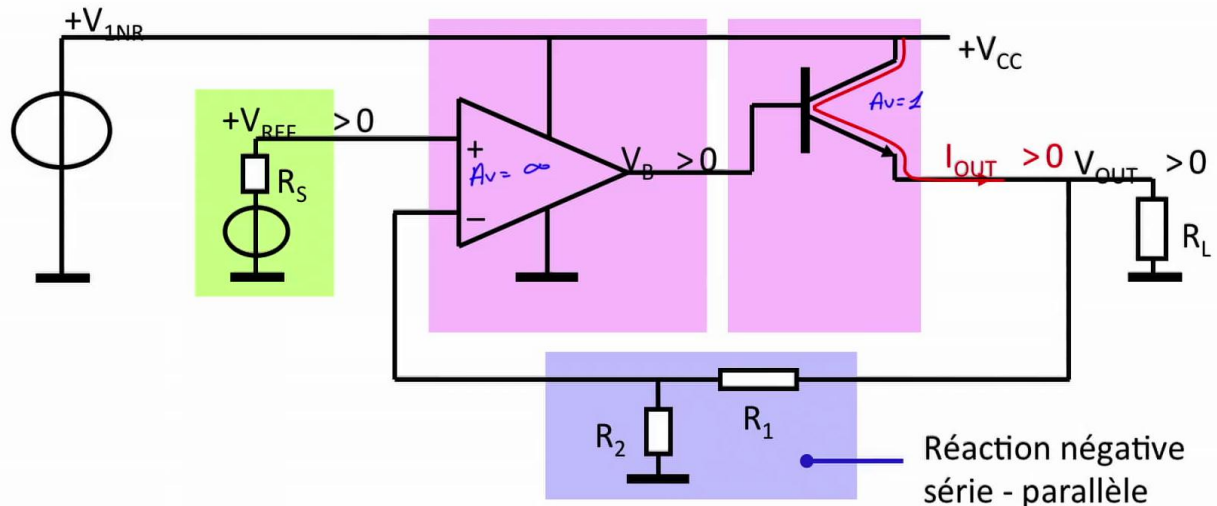
Dans notre cas ici, on a besoin d'une tension d'alimentation tout le temps positive V_{OUT} ou tout le temps négative, donc un transistor suffit. Donc je peux virer dans le cas où le courant doit passer dans la charge dans ce sens-là en ayant une tension V_{OUT} positive tout le temps, je peux virer le transistor qui est ici ce que je vais faire tout de suite.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



Electronique II

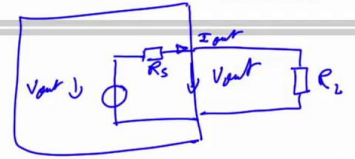
Donc en passant à notre schéma qu'on vient de voir et que je dessine différemment, nous verrons que le montage collecteur commun de sortie a un rôle unique : être suiveur en tension, me permet de faire une contre-réaction entre la sortie et l'entrée de mon ampli. L'ampli réalise un gain en tension qui va être infini, celui-là me donne un gain en tension égal à 1, les 2 réalisent un montage à amplificateur et une contre-réaction qui prend cette tension-là, la multiplie par le rapport de résistance $R_1 / R_2 + 1$, la renvoie à la sortie et ça c'est le régulateur de tension continue série que nous venons de présenter qui n'est rien d'autre comme schéma classique dont un transistor fait l'interface entre la tension non-régulée et la tension régulée à la sortie. Donc ce n'est pas sorcier comme type de circuit pour quelqu'un qui connaît un tout petit peu d'électronique, il voit à quoi ça sert un amplificateur pour maintenir une tension constante et chaque modification de cette tension a un effet sur la sortie et nous faisons la contre-réaction sur la sortie. Maintenant si vous regardez ce schéma-là, je vais aller vers l'implémentation de notre amplificateur opérationnel, qu'est-ce qu'il y a là-dedans et qu'est-ce qu'il y a là-dedans et c'est ce qu'on va étudier.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



EFFET D'UNE VARIATION DE LA CHARGE R_L

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{OUT}} = R_{out,F}$$

EFFET D'UNE VARIATION DE LA TENSION D'ENTREE V_1

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{INR}} = \frac{\Delta V_{REF}}{\Delta V_{INR}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} + PSRR$$

EFFET D'UNE VARIATION DE LA TEMPERATURE

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T} = \frac{\Delta V_{REF}}{\Delta T} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Electronique II

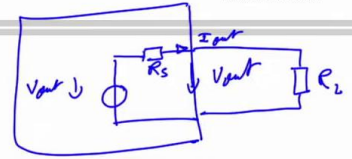
Quand tu fais un régulateur de tension, j'aimerais bien réguler une tension de sortie donc je suis en train de réaliser par un régulateur de tension une source de tension idéale donc c'est ceci que je suis en train de faire. Je veux faire une source de tension dont la résistance série est très faible. Donc ça c'est la source de tension V_{Out} que je voudrais avoir ici et je voudrais que cette résistance série soit très très faible que j'obtiens par un amplificateur contre-réactionné à très très grand gain. Donc pour que cette tension soit la même que celle-ci, celle-ci elle doit être quasi-nulle, donc je l'exprime de cette manière : je dis je peux tirer un courant I_{Out} et même si ce courant ΔI_{Out} devient variable, il devrait avoir très peu d'effet sur V_{Out} et ça, ça m'amène à parler de l'effet d'une variation de la charge parce que ma charge c'est quelque chose qui viendrait se brancher-là. Ça c'est votre charge à vous, ça c'est ce qu'on vient de réaliser à l'intérieur de notre circuit. Et nous souhaitons que quand cette résistance change, donc elle impacte la variation de sur ce courant, je voudrais que ce ΔV_{Out} soit la plus faible possible et ça en réalité c'est l'impédance de sortie de cet étage-là.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



EFFET D'UNE VARIATION DE LA CHARGE R_L

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{OUT}} = R_{out,F}$$

EFFET D'UNE VARIATION DE LA TENSION D'ENTREE V_1

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{1NR}} = \frac{\Delta V_{REF}}{\Delta V_{1NR}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} + PSRR$$

EFFET D'UNE VARIATION DE LA TEMPERATURE

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T} = \frac{\Delta V_{REF}}{\Delta T} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Electronique II

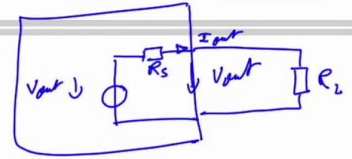
Donc nous cherchons toujours à minimiser cette impédance de sortie et comme vous avez vu qu'il s'agit d'un montage où je sors sur l'émetteur de mon transistor, donc c'est l'impédance la plus faible que je puisse voir pour un transistor que je verrais sur R_{out} . Maintenant sur R_{out} , il y a d'autres effets. Il y a l'effet de la tension non-régulée, n'oubliez pas que votre alimentation ou votre régulateur, il est alimenté par la tension non-régulée. Nous souhaitons que cette tension non-régulée ait très très peu d'effet sur la variation de sortie, donc ça nous ramène à voir la qualité de notre tension de référence multipliée par le gain de notre amplificateur et bien sûr l'amplificateur devrait posséder un très très bon PSRR, c'est à dire un Power Supply Rejection Ratio qui soit très très bien fait pour que il ne transite pas de la perturbation de l'alimentation non-régulée vers la tension qui doit être propre à la sortie. Et pour finir nous souhaitons aussi que V_{out} soit indépendant de la variation de la température et ceci viendrait souvent de la qualité de V_{ref} , la référence, si V_{ref} a un effet de température, nous verrons à la sortie.

Notes

Summary



Régulateur de tension continue série



EFFET D'UNE VARIATION DE LA CHARGE R_L

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{OUT}} = R_{out,F}$$

EFFET D'UNE VARIATION DE LA TENSION D'ENTREE V_1

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{1NR}} = \frac{\Delta V_{REF}}{\Delta V_{1NR}} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2} + PSRR$$

EFFET D'UNE VARIATION DE LA TEMPERATURE

$$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta T} = \frac{\Delta V_{REF}}{\Delta T} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

Electronique II

Donc quand on qualifie un régulateur de tension, nous regardons V_{out} , V_{out} , V_{out} , nous regardons les faits du courant de la sortie sur V_{out} , l'effet de la tension non-stabilisée qui devrait devenir stabiliser par rapport à V_{out} et nous regardons l'effet de la température sur V_{out} et ça nous donne les 3 paramètres que nous appelons l'effet de la variation de la charge, l'effet d'une variation de la tension d'entrée, et l'effet d'une variation de la température. Ce sont des paramètres très importants quand on conçoit une alimentation stabilisée.

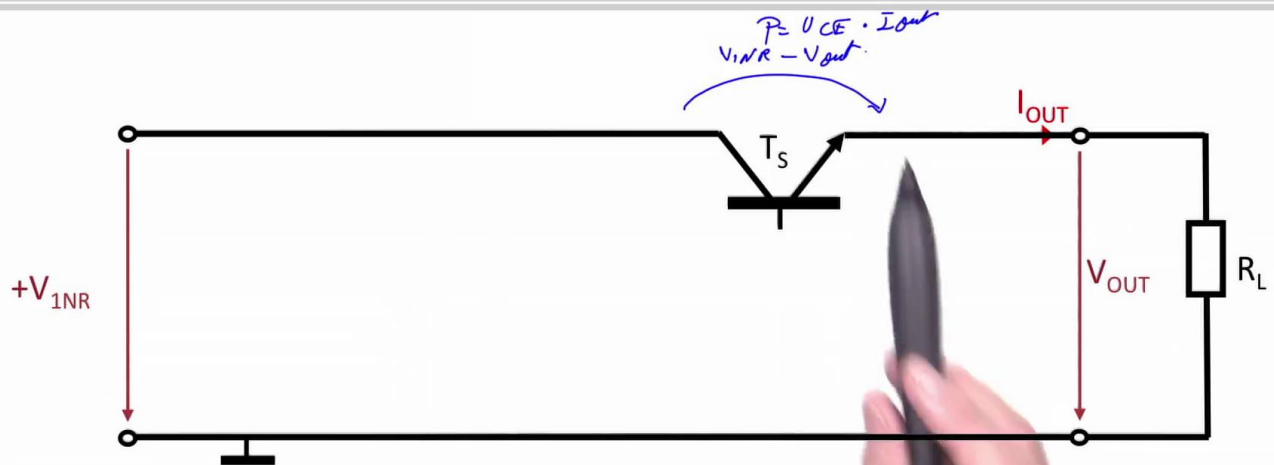
Notes

Summary



18m 02s

Régulateur à amplificateur différentiel



Electronique II

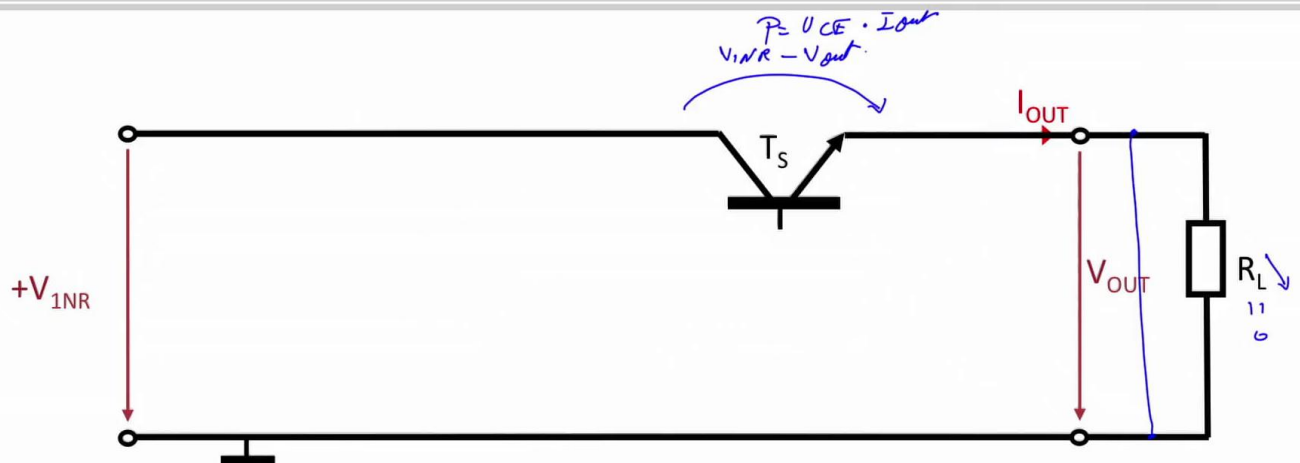
Et bien il y a un autre paramètre qui va apparaître. Si vous prenez votre transistor vient de dire que c'est un composant de puissance, donc c'est un transistor conçu pour voir une variation de tension et il est parcouru par un courant et nous savons que la puissance qui le parcourt, c'est UCE qui multiplie I Out. Donc c'est la variation de... la variation de la tension ou c'est plutôt UCE, quelle quantité de tension il a entre là et là et quel est le courant qui le traverse ? Et bien ça va nous donner la puissance dissipée dans ce composant. Si vous partez d'une tension non-régulée et vous tendez vers une tension V Out, moins cette tension est élevée, donc ça c'est V1NR moins V Out, moins cette tension est élevée, c'est le UCE du transistor, moins est la puissance dissipée dans le transistor. Donc on cherche à faire des alimentations où cette tension est assez proche de celle-ci, l'idéale bien sûr c'est 0, si vous avez 0 c'est à dire là, il n'y a pas de puissance et nous parlons de régulateur série de type LDO ou en anglais Low Drop Out voltage. Donc quand on fait un régulateur où cette tension est extrêmement proche de celle-ci qui dissipe très très peu qui a un excellent rendement, ça signifie on a réussi à avoir très peu de variation de tension entre le collecteur et l'émetteur de notre transistor.

Notes

Summary



Régulateur à amplificateur différentiel



Electronique II

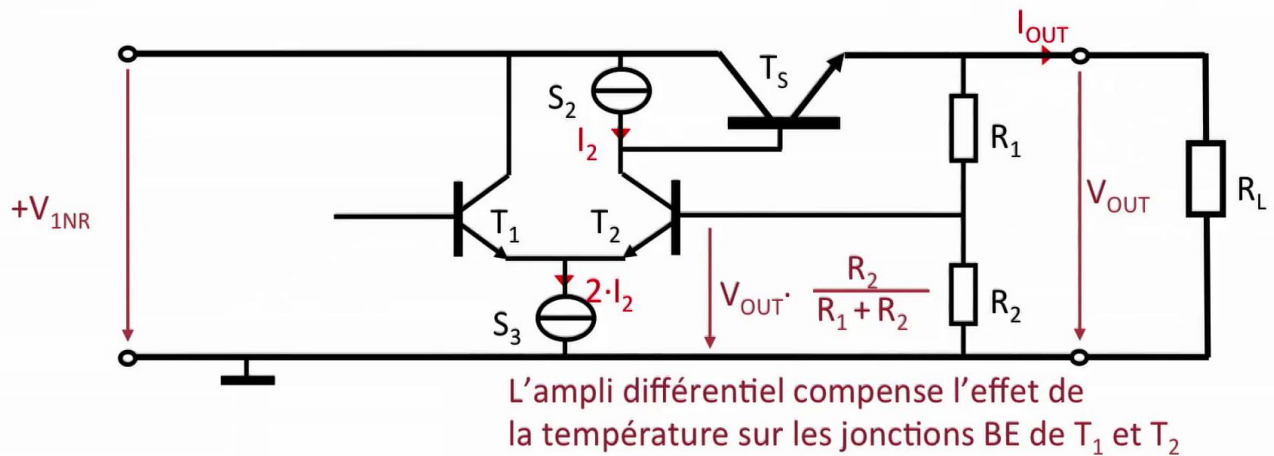
Maintenant qu'est-ce qui se passe si quelqu'un vient à la sortie d'une source de tension et il crée un court-circuit ? Donc il prend cette résistance, il met une résistance tellement faible qu'elle vaut 0, donc il crée un court-circuit entre ça et ça. Et si vous créez un court-circuit, la tension V_{1NR} par rapport à V_{out} , je vais donner un exemple, vous avez 12 V non-réglée et vous cherchez à avoir 8 V réglée, donc la différence entre les 2 c'est de l'ordre de 4 V et que ce passe-t-il que ce V_{out} au lieu que ça soit 8 V devient 0 ? Les 12 V apparaissent ici, donc on a toute une tension V_{1NR} de l'ordre de 12 V en valeur moyenne qui apparaît aux bornes de mon transistor au lieu d'avoir 4 V. Donc c'est la puissance dissipée dans mon transistor va être excessive parce que c'est au lieu d'avoir $4 \times I_{out}$, je me trouve avec le $12 \times I_{out}$. Donc tout d'un coup, j'ai pas mal de puissance et ça nous ne pouvons pas le tolérer. Donc ce que nous devons faire, c'est de limiter ce courant et avoir un courant qu'on appelle $I_{out\ max}$ pour limiter le courant à la sortie et ça fait partie intégrante de la réalisation d'un régulateur de tension parce que c'est avec ce courant maximum que nous savons quelle est la puissance dissipée et nous choisissons le transistor en fonction de la puissance dissipée dans notre...

Notes

Summary



Régulateur à amplificateur différentiel



Electronique II

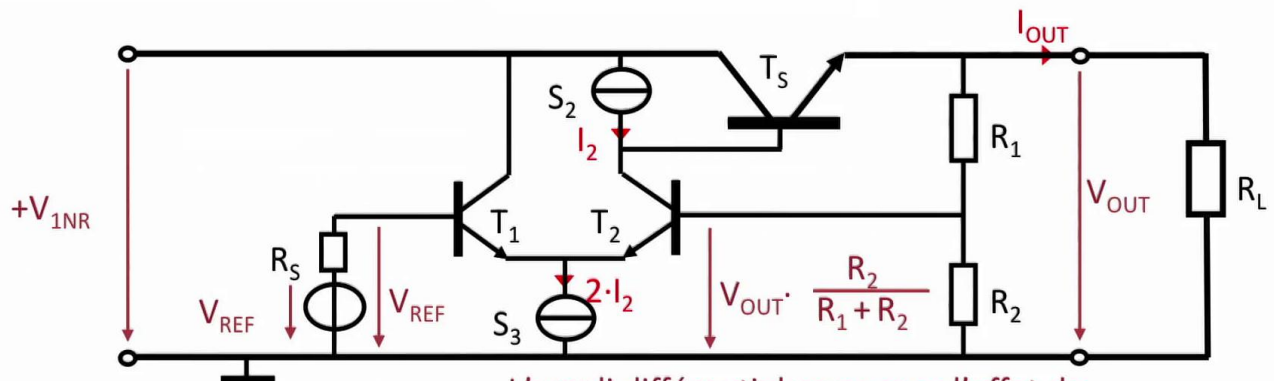
dans notre transistor et en fonction de ce courant I_{Out} max. Avant de regarder ça et de voir comment est-ce qu'on va limiter ça, je vais vous amener petit à petit dans la structure interne de mon régulateur série. Il convient de dire, il y a le transistor de sortie, il va y avoir après une limitation, il y a l'amplificateur, il y a la contre-réaction, il y a la référence de tension. Je viens de prendre un exemple d'un amplificateur très simple, c'est le fameux paire différentielle avec une charge active et comme vous venez d'apprendre dans les leçons précédentes, c'est que c'est un gain qui théoriquement si cette résistance est très élevée, nous nous trouvons avec un gain extrêmement élevé, je ne parle pas de la charge qui est de ce côté-là, donc je vais me trouver avec un GN fois l'impédance, si c'est infini et bien ça serait un gain infini. Donc si nous partons avec une structure simple de notre amplificateur qui est bêtement la perdiff avec charge active et nous mettons un diviseur résistif ici qui prend la tension V_{Out} qui la multiplie par le rapport de résistance s'il la ramène ici, donc c'est V_{out} par $R_2 / R_1 + R_2$ va être la tension que je vois là.

Notes

Summary



Régulateur à amplificateur différentiel



L'ampli différentiel compense l'effet de la température sur les jonctions BE de T_1 et T_2
Le courant de sortie n'influence pratiquement pas le courant dans la référence

V_{OUT} est réglable en modifiant le rapport R_1/R_2

$$V_{OUT} = V_{REF} \cdot \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

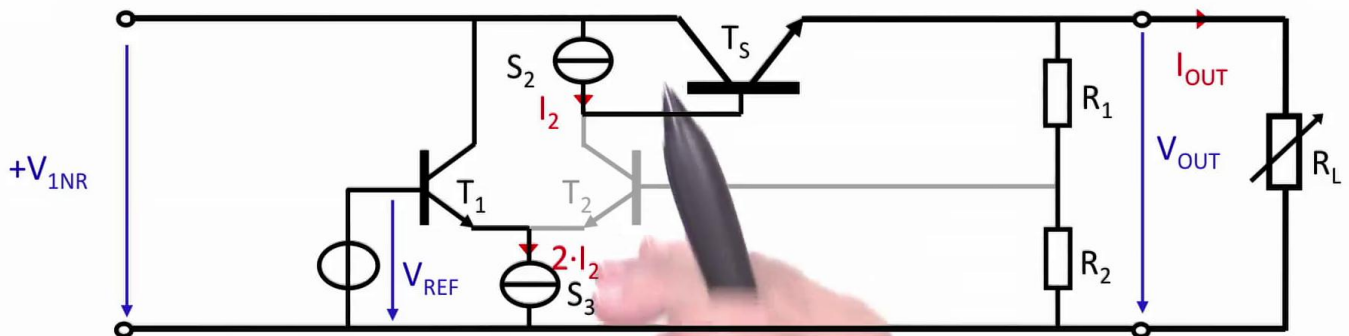
D'un côté, j'ai la tension V_{OUT} , je voudrais maintenant mettre de l'autre côté une tension à laquelle je compare et c'est la perdif qui va comparer les 2 tensions et faire en sorte que le gain de cet ampli reste constant. N'oubliez pas que après la perdif, j'ai un suiveur en tension. Je pars depuis la sortie de ma perdif où j'ai fait un gain en tension, il amplifie la différence entre les 2, après j'ai un gain égal à 1 qui est fait par ce montage-là. De ce côté-là, je dois brancher ma référence de tension, donc il va y avoir après une diode Zener ou un Bandgap, nous allons étudier ça tout à l'heure et nous verrons que n'importe quel changement de la tension, elle est toujours ramenée ici et je suis tout le temps en train de chercher cette tension égale à cette tension comme ça se passe dans mon amplificateur opérationnel car tout cet étage-là peut être amené à un schéma d'un amplificateur opérationnel. Le gain V_{OUT} en fonction de V_{REF} , c'est lorsque j'égalise cette expression-là à cette expression-là, car ma paire différentielle est en équilibre, donc ça va me donner ça égal à ça et je me trouve avec cette relation que je vois ici que V_{OUT} est réellement proportionnelle à V_{REF} , donc si je veux avoir par rapport à un V_{REF} constante je n'ai qu'à changer le rapport de résistance ici et je vais avoir une alimentation dont la tension de sortie est variable.

Notes

Summary



Limitation de courant



Si R_L décroît I_{OUT} croît et pourrait atteindre :

$$I_{OUT, \max} = \beta_S \cdot I_2$$

Avec la sortie en court-circuit, T_s devrait dissiper :

$$P_{QS, \max} = V_{1NR} \cdot \beta_S \cdot I_2$$

Ces valeurs sont en général bien plus élevée que les maxima tolérés par le transistor, d'où la nécessité d'une limitation de courant.

Electronique II

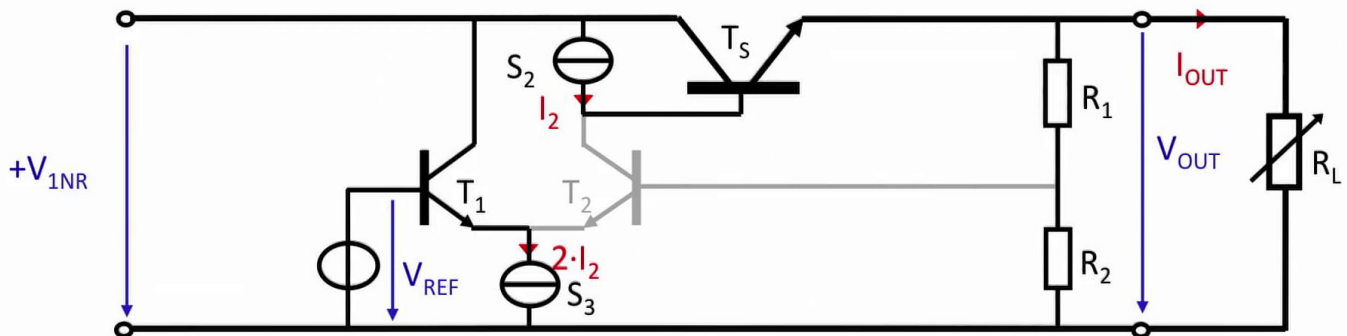
Ono vient de voir la structure de notre régulateur, on vient de voir que le courant de sortie, c'est le courant qui passe comme ça, donc le courant qui passe dans ce sens-là ça va être le courant I_{Out} qui vient depuis là. Ce transistor-là va prendre un courant dans la base et il va sortir un courant dans le collecteur et dans l'émetteur qui bêta fois le courant que j'envoie dans la base. Vous vous rappelez comment ça marche la perdif quand vous lui mettez une source de courant comme charge active. Vous savez que la perdif, elle est en équilibre, c'est à dire elle devrait dans la zone linéaire comparer cette tension à cette tension et rester dans la zone linéaire. Maintenant, plus vous demandez à la perdif de faire des variations autour d'un point de fonctionnement, plus le courant passe plus dans une branche jusqu'à... et moins dans l'autre jusqu'à ce que toute votre source de courant passe dans un transistor et rien dans l'autre. Donc je vais prendre ce cas extrême. Lorsque je commence à baisser la tension V_{Out} , je la baisse à un tel point que je sors ma perdif de la zone linéaire. Le style que je monte cette tension par rapport à celle-ci et tout le courant de la source passe dans ce transistor, donc ma perdif est déséquilibrée.

- Notes

Summary



Limitation de courant



Si R_L décroît I_{OUT} croît et pourrait atteindre :

$$I_{OUT, \max} = \beta_S \cdot I_2$$

Avec la sortie en court-circuit, T_S devrait dissiper :

$$P_{QS, \max} = V_{1NR} \cdot \beta_S \cdot I_2$$

Ces valeurs sont en général bien plus élevée que les maxima tolérés par le transistor, d'où la nécessité d'une limitation de courant.

Electronique II

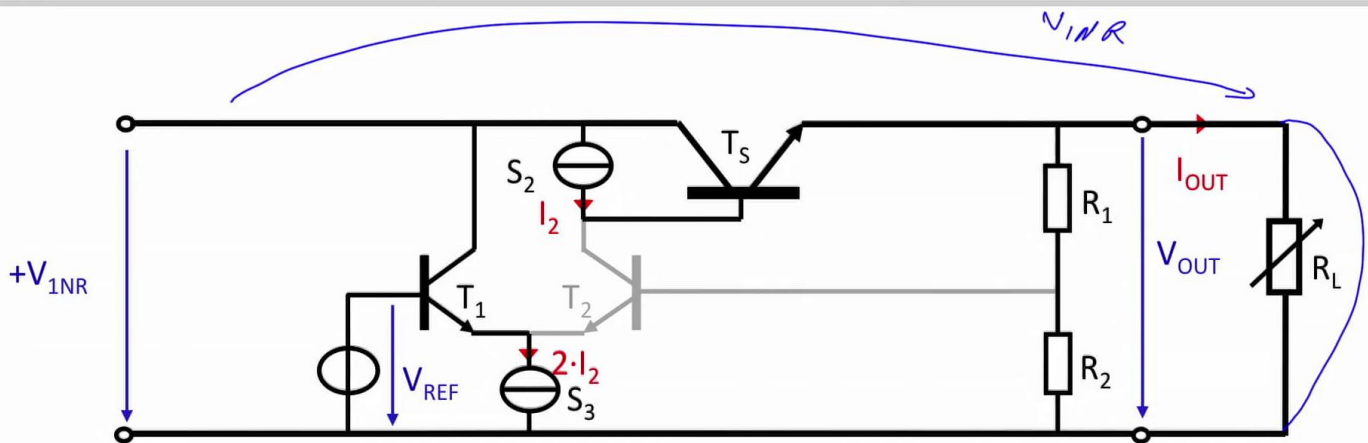
Elle n'est pas dans la zone linéaire et bien sûr il n'y a pas de régulation, on arrive à la saturation de la paire différentielle. Tout le courant qui était dans cette source de courant va passer dans ce transistor. Elle va être multipliée par le bêta de ce transistor que j'ai appelé bêta S et me fournir le courant de sortie donc il y a un moment donné, j'arrive à ce courant maximum, je ne pourrais pas dans cette configuration-là dépasser ce courant maximum qui l'écrit clairement $I_{OUT, \max}$, il est proportionnel à la quantité de courant que moi j'ai mis là-dedans multiplié par le bêta de ce transistor qui a une valeur fixe, donc j'arrive à $I_{OUT, \max}$. Là bien sûr dans cette situation quand la perdif ne marche plus, on est déjà dans une saturation de la perdif, donc cette tension-là n'est plus régulée, on peut continuer à baisser, on peut même aller jusqu'à rendre V_{OUT} égal à 0 et là je retombe dans la situation que j'avais décrite au début. Si c'est le $I_{OUT, \max}$ et si cette tension-là égale à 0 donc j'ai vraiment un court-circuit ici, donc la tension V_{1NR} c'est cette tension-là qui est la même que celle-ci, ça c'est aussi le V_{NR} .

Notes

Summary



Limitation de courant



Si R_L décroît I_{OUT} croît et pourrait atteindre :

$$I_{OUT, \max} = \beta_S \cdot I_2$$

Avec la sortie en court-circuit, T_S devrait dissiper :

$$P_{QS, \max} = V_{1NR} \cdot \beta_S \cdot I_2$$

Ces valeurs sont en général bien plus élevée que les maxima tolérés par le transistor, d'où la nécessité d'une limitation de courant.

Electronique II

Donc j'ai toute une tension V_{1NR} qui apparaît aux bornes de mon transistor et ce transistor est parcouru par le courant $I_{OUT, \max}$. Et là, je peux atteindre une limite où ce transistor peut souffrir en terme de dissipation de la puissance et même claquer à cause de la chaleur qui sera dissipée dedans et je voudrais éviter cette situation.

Notes

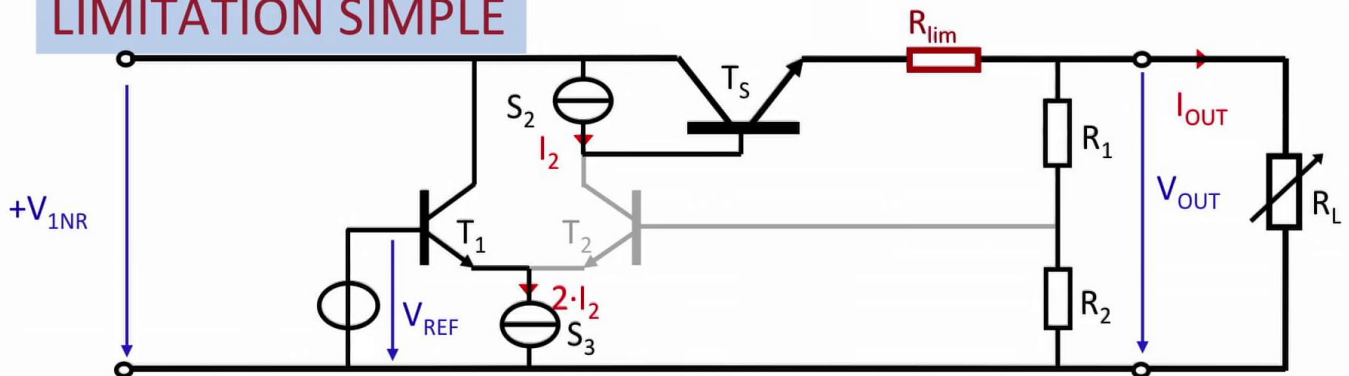
Summary



27m 26s

Limitation de courant

LIMITATION SIMPLE



Electronique II

Alors ce que nous faisons comme circuit de limitation du courant de sortie, c'est que nous allons ajouter une résistance que nous appelons dans cet exemple ici R_{lim} . Je suis dans cette condition, j'arrive à un courant maximum que je veux établir sa valeur. Comment est-ce que je vais établir sa valeur ? Établir sa valeur par rapport à une résistance que je mettrais ici. Je vais m'arranger de faire un comparateur ici de style mettre un composant qui va lire la tension aux bornes de R_{lim} et lorsque j'arrive à la valeur $I_{Out\ max}$, interrompe la fonction héritée de ceci pour éviter que je continue à tirer un courant dans ce chemin à travers le transistor T_S , je voudrais empêcher ça. Donc comment j'empêcherai ça ? Si le courant qui passe dans la base de ce transistor, j'arrive à le dévier ailleurs, ce transistor-là, il n'est plus en train de souffrir par ce courant excessif qui va aller jusqu'au bout. Et si je peux limiter cette tension-là à une valeur que je détermine moi-même et je dois faire un comparateur qui lit cette valeur et interrompre ça. Et je le fais d'une manière très simple, je le fais à coup d'un simple transistor, un simple transistor pourrait venir lire une tension.

Notes

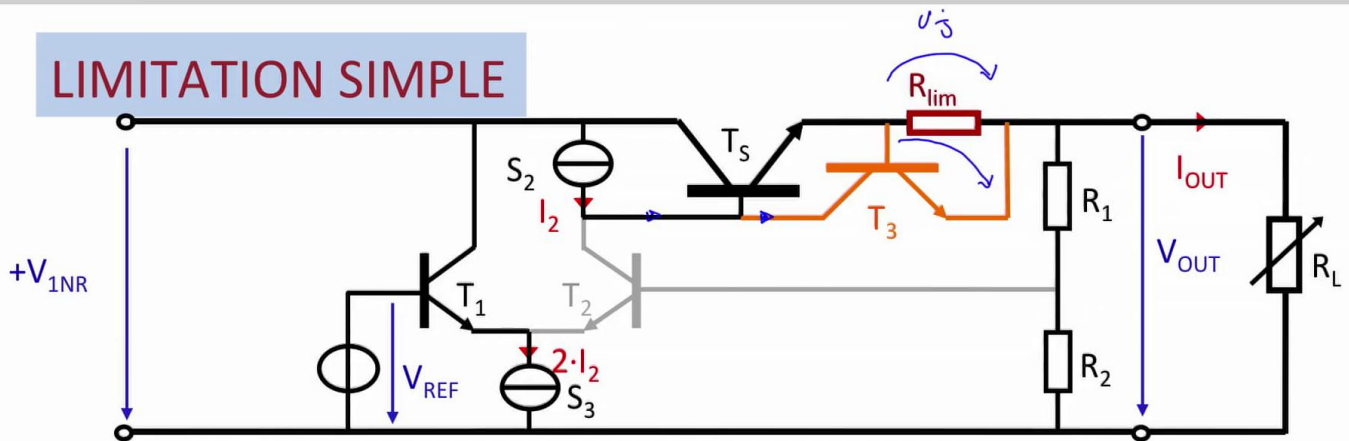
Summary



27m 50s

Limitation de courant

LIMITATION SIMPLE



Electronique II

Quel genre de tension ? Regardez un simple transistor, on avait vu qu'un transistor commence à conduire lorsque cette tension base-émetteur est de l'ordre de grandeur de U_J . Alors je n'ai qu'à m'arranger pour que $I_{OUT} \times R_{lim}$ est de l'ordre de grandeur de U_J pour que ce transistor commence à conduire. Je néglige le courant qui passe ici, je considère que le courant qui passe dans cette branche-là est assez faible que I_{OUT} ici c'est le même que je vois là : $I_{OUT} \times R_{lim}$, le moment où $I_{OUT} \times R_{lim}$ me donne une tension ici qui fait conduire le transistor qui est de l'ordre de U_J et bien regardez ce courant I_2 , il va passer comme ça la petite portion qui souhaiterait passer là, on commence à piquer là-dedans et la faire passer de ce côté. Donc ce transistor-là, il ne pourrait plus réguler d'un côté et de l'autre côté, il ne se retrouve pas en train de tirer un courant au delà de ce courant qui va être $I_{OUT\ max}$ qui va être proportionnel à ce U_J qui apparaît ici multiplié par... pardon, divisé par R_{lim} et qui va nous donner le maximum de courant que je retire. Et c'est une alimentation qui possède donc à ce moment-là une limitation de courant et comme on l'avait dit était absolument indispensable.

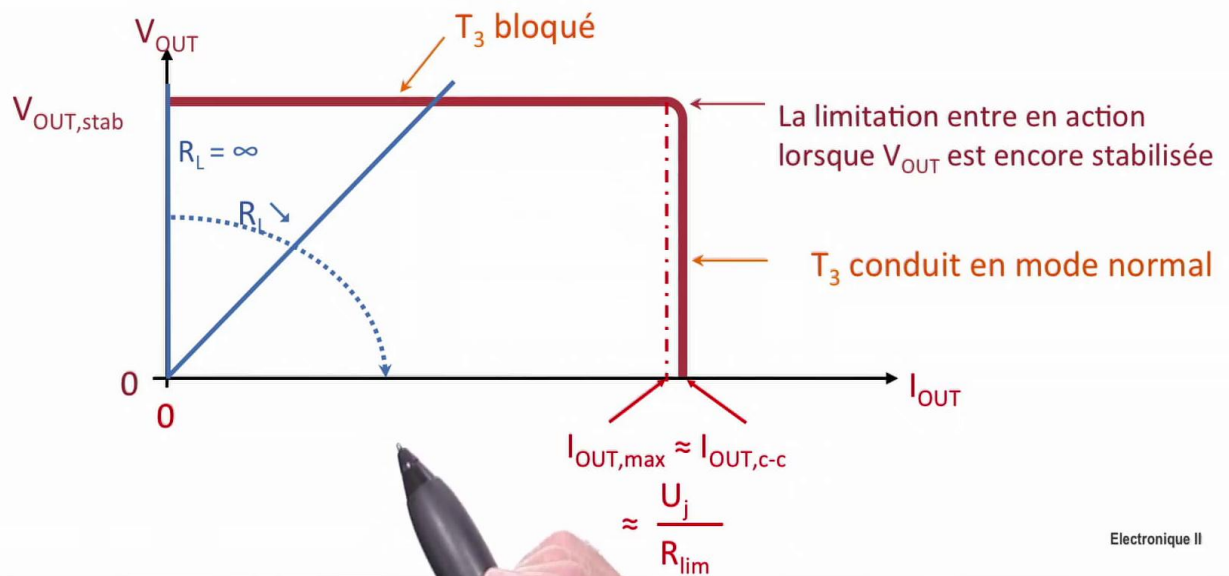
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION SIMPLE



Electronique II

Et la caractéristique d'une telle alimentation deviendrait celle-ci : l'alimentation régule. ça c'est votre charge à la sortie, tant que votre transistor, je reviens sur le slide d'avant, tant que ce transistor est bloqué il n'existe pas, je peux l'enlever complètement.

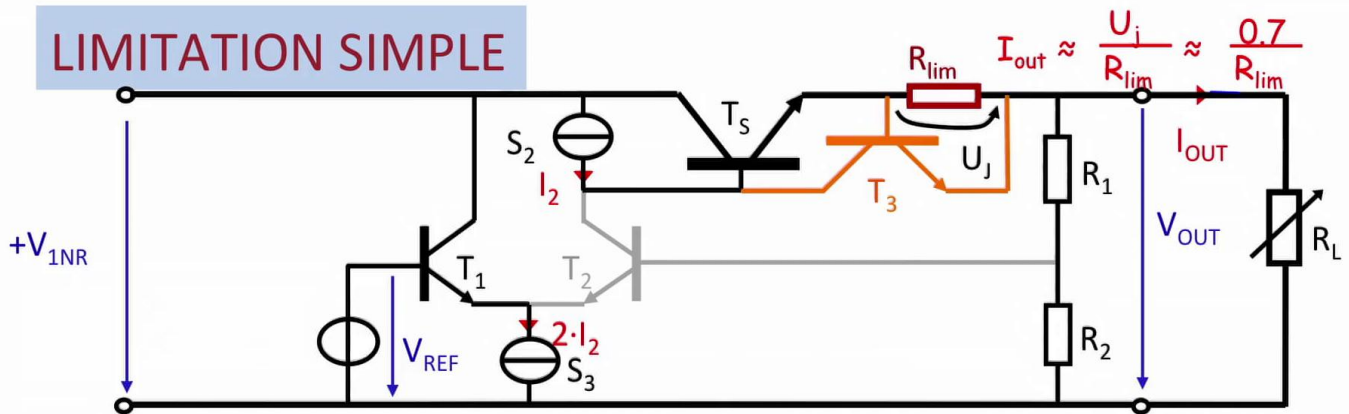
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION SIMPLE



Lorsque T_3 conduit, $V_{BE3} = 0.7 \text{ V} \Rightarrow$

$$I_{out} \approx \frac{U_i}{R_{lim}} \approx \frac{0.7}{R_{lim}}$$

Electronique II

Bien j'ai le I_{Out} qui continue son chemin, je perds un peu sur cette résistance comme chute de tension jusqu'à ce que je tends vers la valeur où $I_{Out} R_{lim}$ égal à U_J et ce transistor commence à conduire. Alors ça arrive quand ? Ça arrive à ce moment-là !

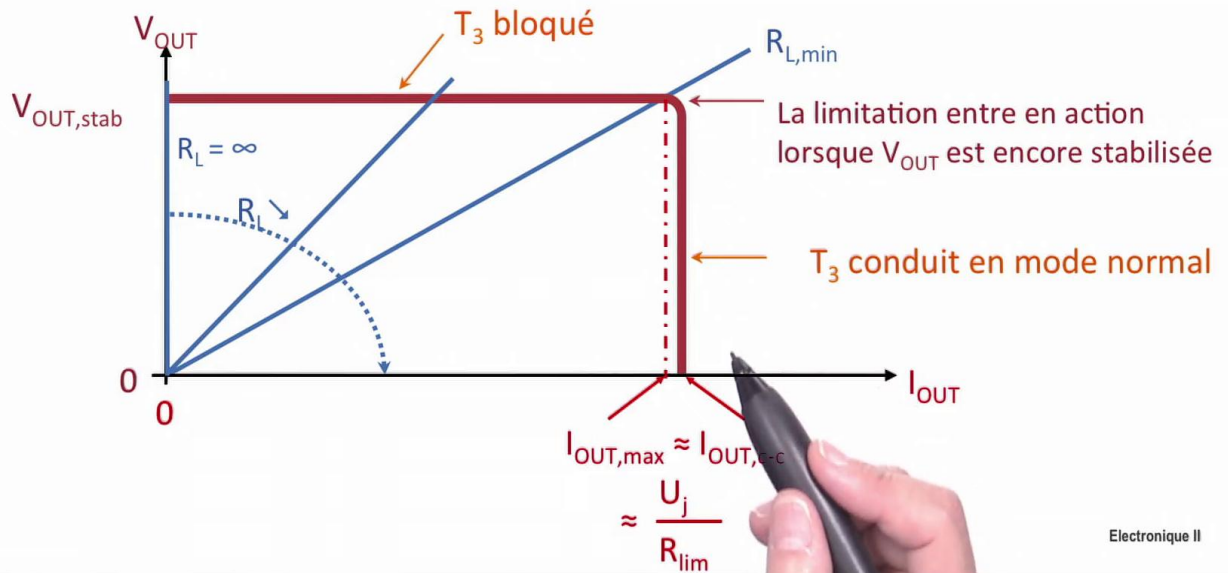
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION SIMPLE



Electronique II

Ça arrive lorsque vous regardez la résistance et vous continuez à tirer du courant, regardez ça c'est l'axe du courant. Quand vous arrivez vers ce $I_{out\ max}$ donc là, dans ce point-là, c'est là où vous avez $I_{Out\ max} = U_j / R_{lim}$, votre transistor T_3 qui était en orange, en couleur orange va commencer à conduire et tout de suite après, vous n'arriverez plus à augmenter le courant, vous souhaitez d'augmenter le courant, vous l'augmentez très très peu, c'est parce qu'on a pris une approximation U_j mais le transistor commence à conduire peut-être autour de... de moins que 0.65 ou 0.7, il commence à conduire et là vous allez avoir la tension de sortie qui va chuter jusqu'à ce qu'on arrive à un courant de court-circuit et là on peut dire que la tension de sortie est égale à 0. Et nous se trouvons là-dedans !

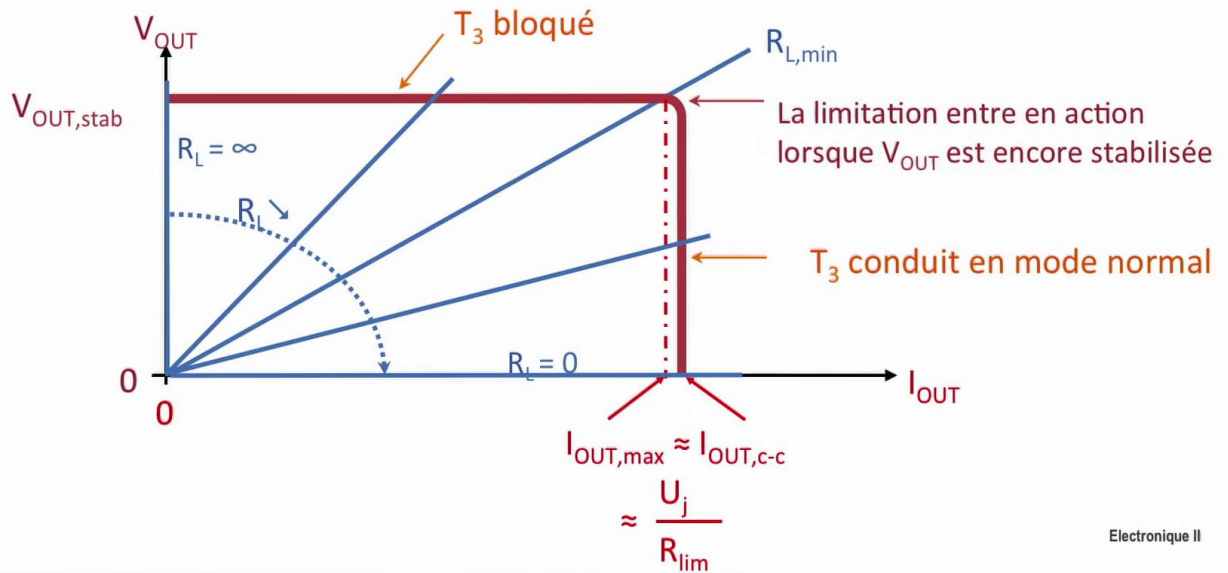
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION SIMPLE



Electronique II

Nous nous trouvons à R_{lim} qui fait conduire et lorsque R_{lim} est en train de conduire, on peut continuer à baisser et là on va tendre vers une tension de sortie qui va être même égale à 0 et nous nous retrouvons avec un courant de court-circuit assez proche de $I_{OUT,max}$ parce que tout va tourner autour de cette détection de 0.7 V avec la jonction du transistor et nous aurons une caractéristique d'une source de tension qui est idéale jusqu'à $I_{OUT,max}$ et très vite s'écroule même jusqu'à le court-circuit de la sortie. Mais alors je continue à tirer ce courant du court-circuit, il continue à passer dans mon transistor de bypass, donc ce transistor série entre l'entrée et la sortie, nous le gardons quand même, il continue à avoir exactement la même quantité du courant et dissiper une puissance. C'est quelque chose qu'on n'aime pas, on doit l'améliorer.

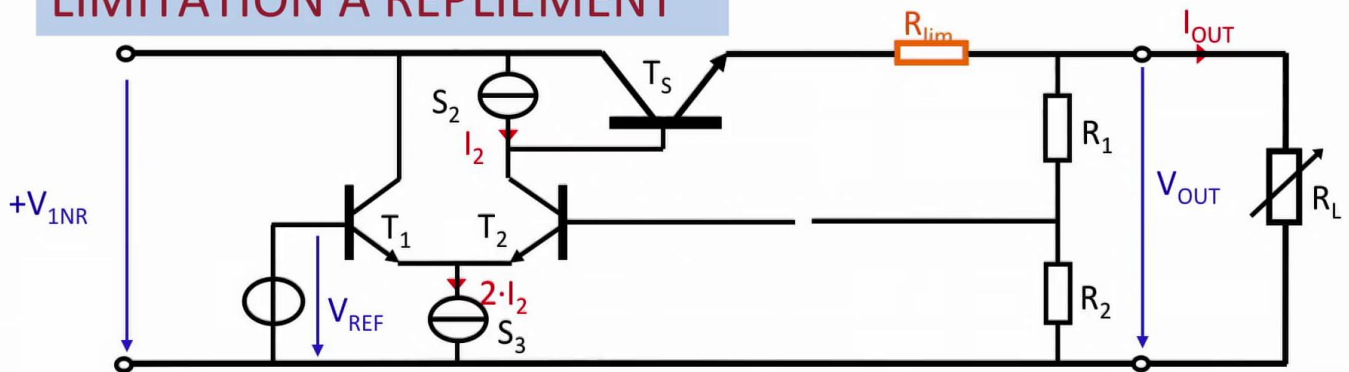
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION A REPLIEMENT



Electronique II

Pour l'améliorer, il y a le schéma suivant, au lieu d'imposer une tension :
uniquement lire la tension U_J aux bornes de R_{lim} , on va faire comme
ceci : nous allons ajouter notre diviseur résistif, celui qu'on...

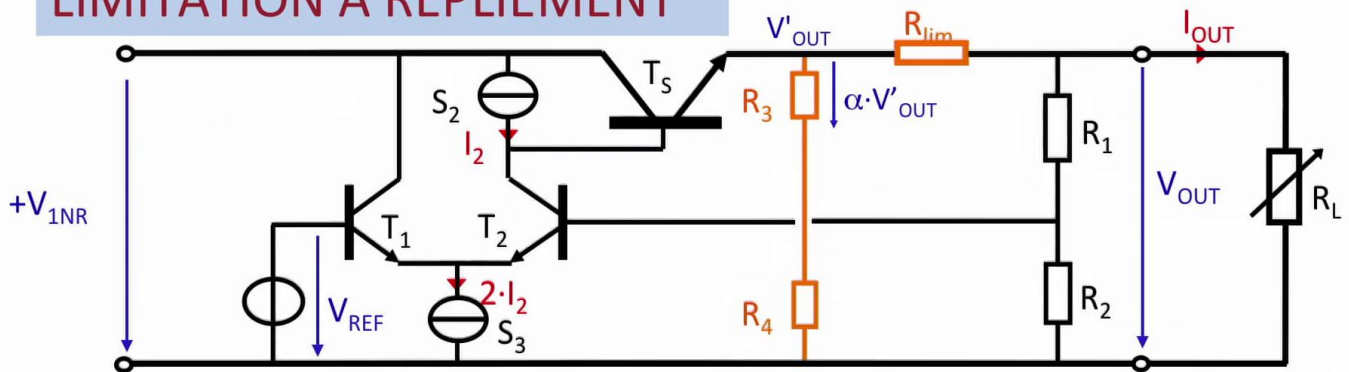
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION A REPLIEMENT



Electronique II

en plus donc un autre diviseur résistif qui va... on garde notre R_{lim} , nous ajoutons deux grandes résistances de préférence des grandes résistances pour que le courant qui les traverse soit très faible, pour qu'il... tout le courant qui passe là-dedans ou là-dedans ça serait soustrait de I_{OUT} et ça on n'aime pas. Donc on agite ça et nous allons prendre notre transistor de tout à l'heure qui est là pour limiter le courant et au lieu de le mettre simplement comme comparateur aux bornes de R_{lim} , nous allons utiliser aussi l'expression de V_{OUT} dedans en mettant ce diviseur résistif. Ce diviseur résistif, si R_{lim} est très faible et la chute de tension-là est négligeable, c'est comme si V_{OUT} est là et qu'on néglige la chute de tension ici, vous verrez que V_{OUT} comme ici, donc là, j'ai un diviseur qui va me faire apparaître une proportion de V_{OUT} comme ceci.

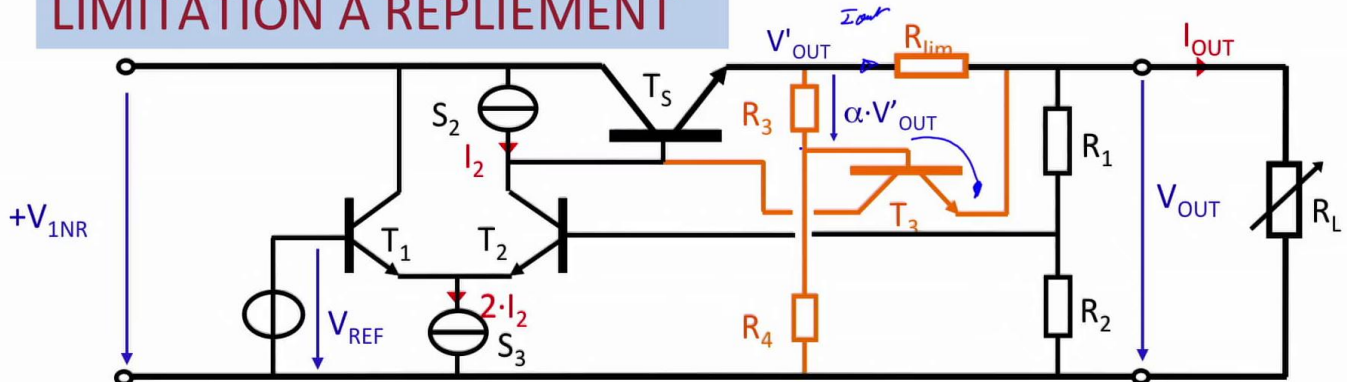
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION A REPLIEMENT



$$V_{BE3} = I_{OUT} \cdot R_{lim} - \alpha \cdot V'_{OUT}$$

avec:
$$\begin{cases} V'_{OUT} = V_{OUT} + I_{OUT} \cdot R_{lim} \\ \alpha = R_3 / (R_3 + R_4) \end{cases}$$

Lorsque T_3 conduit, $V_{BE3} = U_j \Rightarrow$

$$I_{OUT} = \frac{U_j + \alpha \cdot V_{OUT}}{(1 - \alpha) \cdot R_{lim}}$$

Electronique II

Je verrais une tension alpha, j'appelle V'_{OUT} tel que V'_{OUT} c'est $I_{OUT} R_{lim} + V_{OUT}$ et je vais ajouter mon transistor maintenant ici, je vais ajouter mon transistor là, donc la tension U_j ou la tension de commande de transistor apparaît entre ce nœud et ce nœud et je vais écrire l'expression de la tension... le courant maximum à ce moment-là. Donc la tension V_{BE} de ce transistor voit toute cette maille, dans cette maille, je vois $I_{OUT} R_{lim}$, ça c'est I_{OUT} et là. Et il y a aussi la tension qui est une proportion de V_{OUT} qui est $\alpha V'_{OUT}$ et α vient d'un diviseur résistif, c'est un rapport entre les résistances R_3 , $R_3 + R_4$. Donc la tension V'_{OUT} , c'est comme je venais de dire que c'est la tension $I_{OUT} R_{lim}$ plus V_{OUT} ce que j'ai noté ici. J'utilise ces 2 expressions ensemble pour les mettre extérieur OUT et ça va me donner ça : V_{BE3} c'est en réalité le U_j , la tension qui est de là à là qui fait marcher mon comparateur et qui commence à dériver le courant qui devrait passer dans la base et je vais me trouver avec un courant R_{OUT} égal U_j plus αV_{OUT} divisé par 1 moins αR_{lim} . Analysons ceci ensemble.

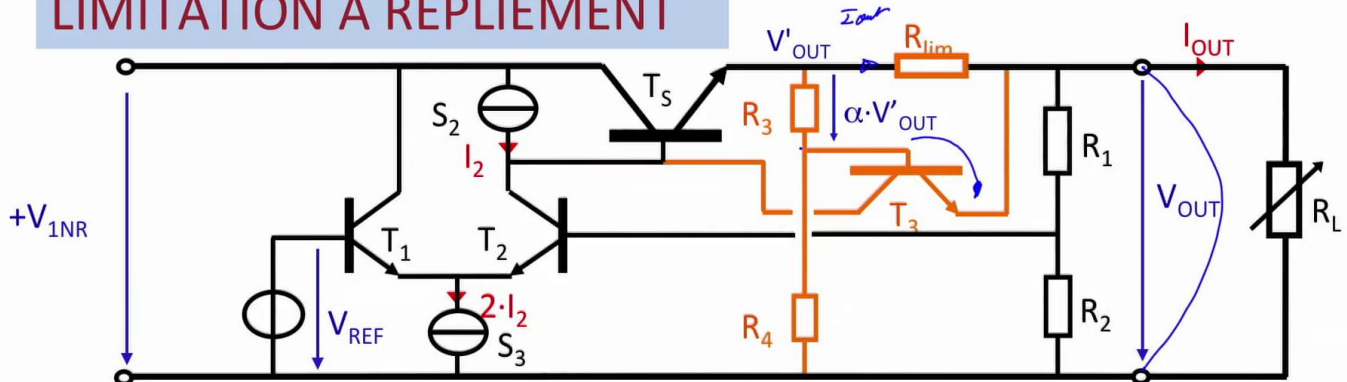
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION A REPLIEMENT



$$V_{BE3} = I_{OUT} \cdot R_{lim} - \alpha \cdot V'_{OUT}$$

avec:
$$\begin{cases} V'_{OUT} = V_{OUT} + I_{OUT} \cdot R_{lim} \\ \alpha = R_3 / (R_3 + R_4) \end{cases}$$

Lorsque T_3 conduit, $V_{BE3} = U_j \Rightarrow$

$$I_{OUT} = \frac{U_j + \alpha \cdot V_{OUT}}{(1 - \alpha) \cdot R_{lim}}$$

Electronique II

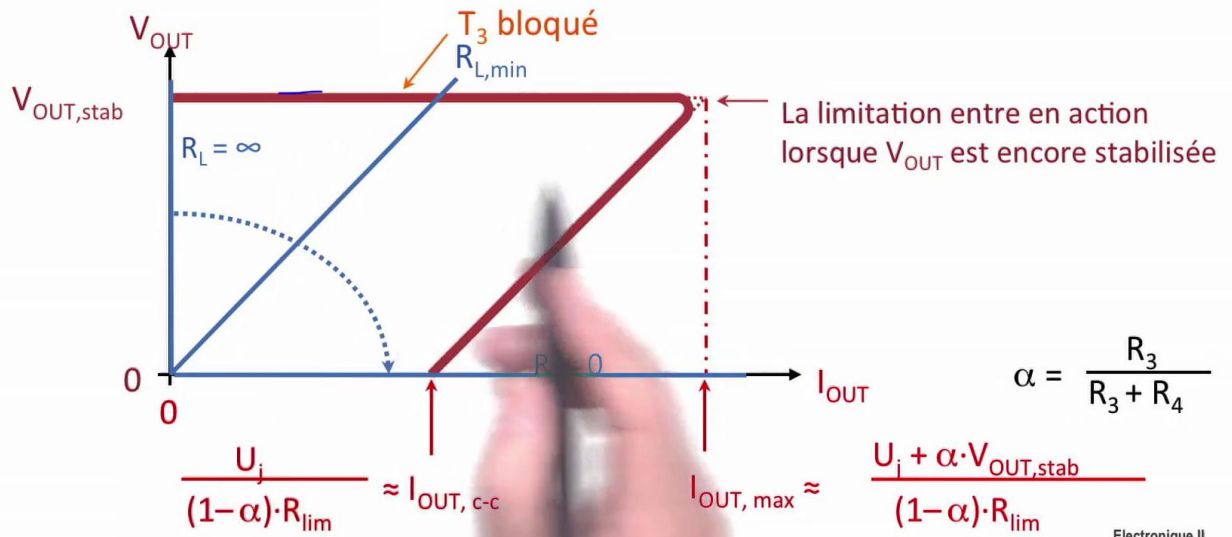
Tout à l'heure quand j'avais pas mis ceci, le I_{OUT} max dépendait de R_{lim} , donc là je suis en train de dire que I_{OUT} max existe mais il peut y avoir aussi un I_{OUT} CC, donc court-circuit, c'est quand cette tension et cette tension sont les mêmes donc quand il y a vraiment V_{OUT} égal à 0 quand je court-circuite, quand ce terme-là égal à 0 donc ce terme tombe, donc vous pouvez avoir un courant maximum et avoir encore votre circuit qui régule avec un V_{OUT} fini et connu et vous continuez après à vouloir réguler et vous continuez à baisser V_{OUT} jusqu'à ce que V_{OUT} égal à 0 et a 2 valeurs. Il y a une valeur pour le I_{OUT} max et une valeur pour I_{OUT} CC donc c'est lorsque V_{OUT} égal à 0.

Notes

Summary



LIMITATION A REPLIEMENT



Donc on va voir que cette expression-là possède la chose suivante, je peux le décrire comme-ça, votre régulateur régule la tension comme on a l'habitude, il n'y a pas d'effets dû à... c'est un transistor T3 parce qu'il est tout le temps bloqué et c'est comme s'il n'existait pas. Et vous arrivez à un moment donné, votre transistor T3 va vouloir conduire et vous continuez à tirer du courant, plus vous tirez du courant, donc plus vous baissez V_{OUT} qui tend vers 0, qui va aller vers 0, quand V_{OUT} égal à 0, vous allez vous retrouver avec U_j divisé par un rapport, ça va vous donner ce qui va se passer avec votre caractéristique qu'on appelle une alimentation stabilisée à caractéristique entrante, en d'autres termes nous avons une caractéristique de régulation et après plus on tire du courant, plus on veut tirer plus de courant, ça devient impossible parce que il ne régule plus donc la tension baisse, regardez la tension est en train de baisser, mais en même temps je tire de moins en moins de courant, c'est le contraire de ce que j'avais fait au début quand je me trouvais-là dans la première limitation très simple, je me trouvais quand même avec un courant équivalent à $I_{OUT, max}$, là je me trouve avec un courant $I_{OUT, CC}$ dans lequel ce terme-là a disparu et ça m'a amené à ce terme égal à 0 donc à U_j sur 1 moins αR_{lim} .

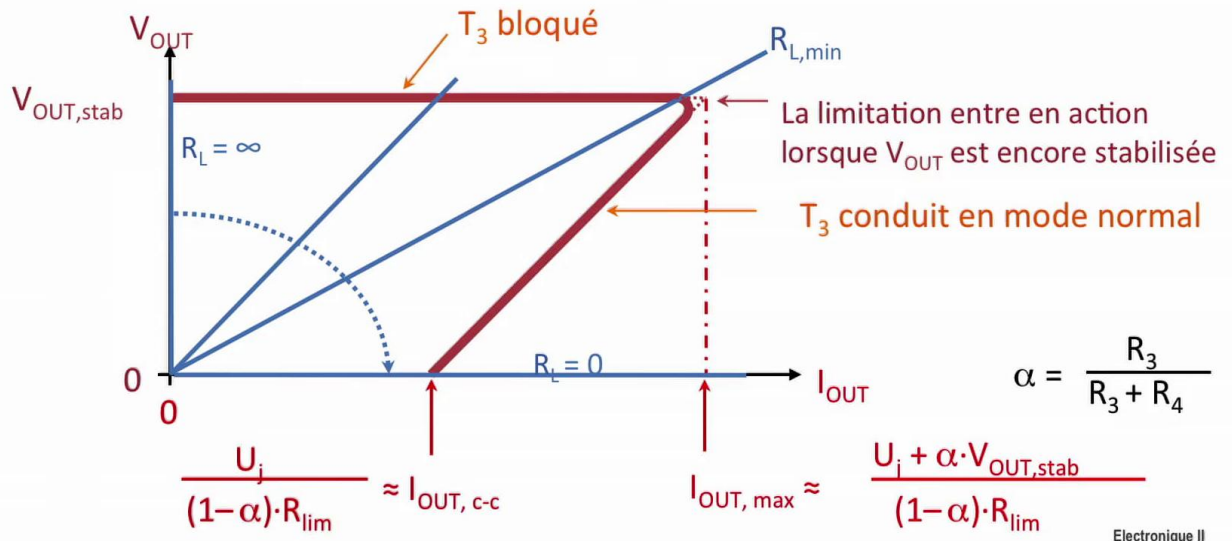
Notes

Summary



Limitation de courant

LIMITATION A REPLIEMENT



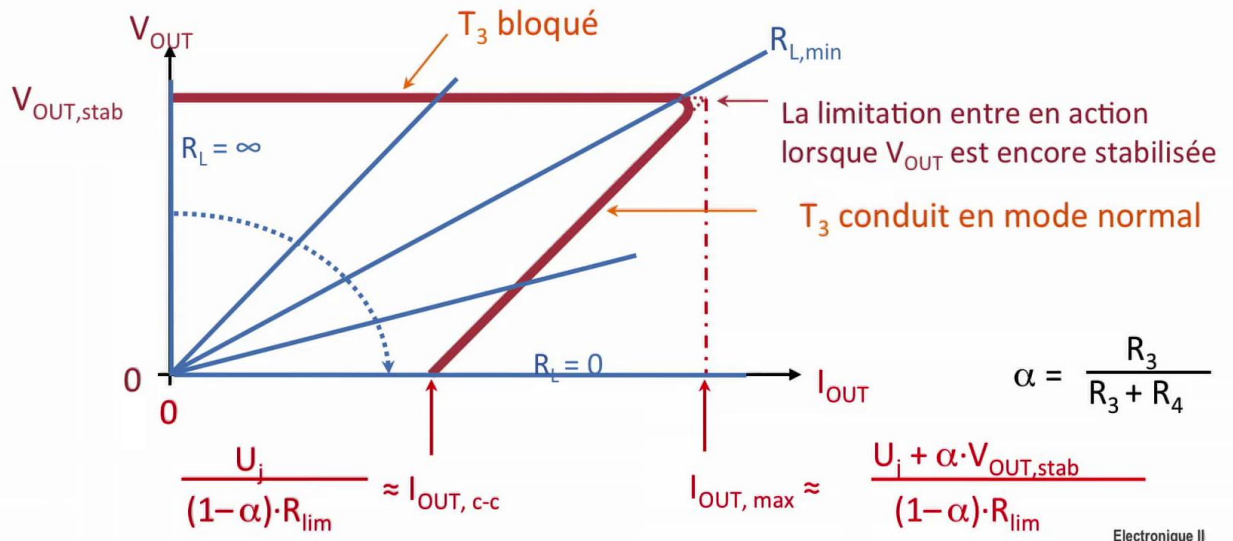
Donc je possède un courant moins ça c'est le courant max et ça c'est le courant de court-circuit donc j'ai moins de courant, donc moins de dissipation dans mon transistor qui est en série. Voyons ça avec un peu plus de courant qui augmente. Voici ! Voici maintenant ce qui se passe quand tu atteins le point de la résistance, un minimum de sortie celle qui m'amène vers le courant maximum que au-delà je ne régule plus et voici ce que j'obtiens lorsque réellement ma résistance de sortie est égale à 0. Quand ma résistance de sortie est égale à 0, j'ai un courant inférieur et nous obtenons cette caractéristique de limitation du courant à la sortie de nature entrante qui est beaucoup plus intéressante que celle qu'on avait vu au début pour plusieurs raisons et principalement pour la dissipation de puissance dans mon transistor série.

Notes

Summary



LIMITATION A REPLIEMENT



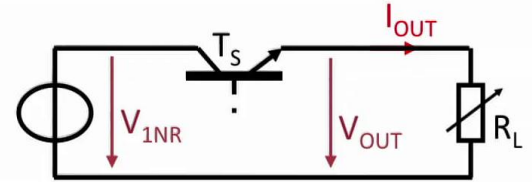
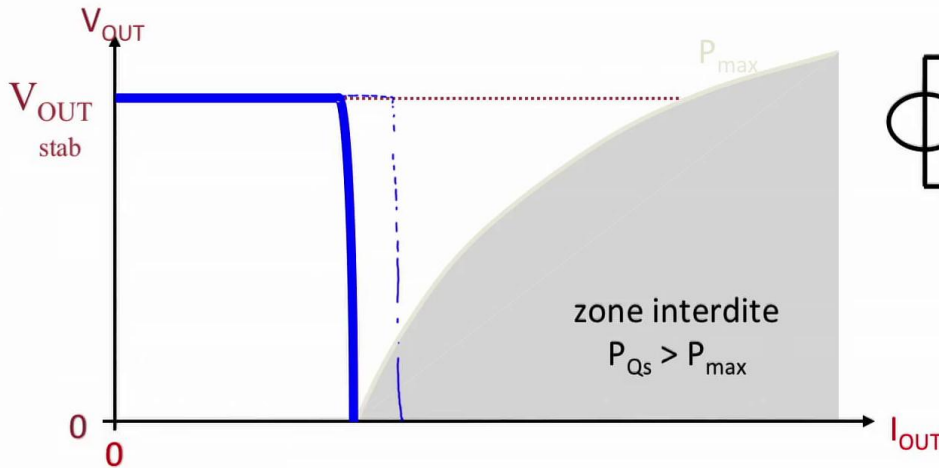
Voilà la figure finale, je vous laisse juste analyser ça et voir la différence entre les 2 courants et voir que tout va dépendre bien sûr de mon paramètre alpha qui dépend aussi de mon rapport de résistance que je viens de choisir pour faire ce genre de circuit.

Notes

Summary



AVANTAGE DE LA LIMITATION A REPLIEMENT



$$P_{Qs} = I_{Cs} \cdot V_{CEs}$$

$$P_{Qs} \approx I_{OUT} \cdot (V_{1NR} - V_{OUT})$$

$$P_{Qs} \leq P_{max} \quad \text{dépendante du transistor et de son radiateur}$$

Electronique II

J'aimerais bien comparer ce qui va se passer avec mon transistor ici lorsque je mets bêtement une résistance et je fais une caractéristique simple comme celle-ci. Supposez que votre transistor, il a une caractéristique de puissance qui nous empêche ou qui nous interdit d'avoir $U \times I$ dans le transistor donc si je me trouve ici, là je me trouve avec une tension U_{CE} qui est celle-ci et un courant maximum qui le parcourt qui m'amène à avoir une puissance dissipée dans mon transistor supérieur peut-être dans cet exemple, non je suis à la limite que la puissance maximale de ce transistor. Donc n'importe quel courant supplémentaire que je commence à vouloir tirer si je tombe dans le court-circuit, la tension de sortie est égale à 0 regardez je suis dans la zone interdite où le fabricant m'interdit de dissiper au-delà d'une quantité qui dépend bien sûr de... du boîtier de mon transistor et de son radiateur. Alors si je possède une limitation de courant de nature entrante comme ça, je peux continuer à avoir la tension régulée et tirer de plus en plus de courant regardez j'ai un courant I_{Out} bien supérieur étant donné qu'après le courant il va baisser lorsque la tension tend vers 0 donc regardez la zone que je ne peux pas entrer dedans parce que mon transistor ne me permet pas de le faire.

Notes

Summary





Electronique II

Dans cet exemple-là, je ne peux absolument pas le faire si la régulation ou la limitation de sortie ne me laisse pas tirer plus de courant parce que je rentre dans la zone interdite, là par cette forme inclinée entrante de cette caractéristique, je peux tirer de plus en plus de courant et continuer à réguler avec le même circuit tout en ayant une limitation qui va jusqu'à cette valeur-là qui est le $I_{Out\ max}$ parce que j'ai réussi à différencier le courant maximum que le courant de court-circuit qui sont là et là pour cette caractéristique. Nous venons de voir l'implémentation d'une alimentation série un régulateur série, ce régulateur série est un exemple excellent pour nous montrer l'utilisation d'abord de la paire différentielle qui nous fait l'amplificateur de base suivi par un montage de type émetteur-suiveur dans lequel on arrive à sortir une faible impédance de sortie réaliser une contre-action avec l'ensemble et on a analysé qu'un transistor utilisait presque en commutation comme un comparateur mais vraiment très simple où on le fait conduire est un outil très utile dans les alimentations stabilisées et qui nous permettrait de limiter le courant de sortie.

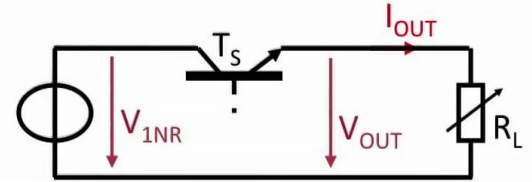
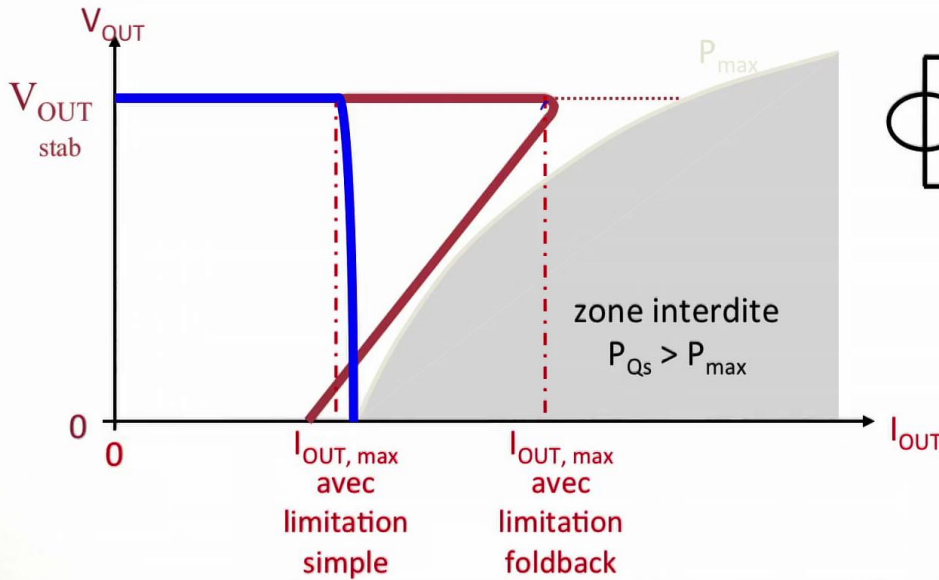
Notes

Summary



42m 22s

AVANTAGE DE LA LIMITATION A REPLIEMENT



$$P_{Qs} = I_{Cs} \cdot V_{CEs}$$

$$P_{Qs} \approx I_{OUT} \cdot (V_{1NR} - V_{OUT})$$

$$P_{Qs} \leq P_{max} \quad \text{dépendante du transistor et de son radiateur}$$

Electronique II

Donc avec ce genre de montage, ça vous donne certaines applications des transistors bipolaires et nous allons voir dans la vidéo qui va suivre tout de suite comment est-ce qu'on fait une référence de tension ? Et là-dedans, il va y avoir aussi des circuits avec des transistors et on aurait vu tout un ensemble d'applications autour de transistors qui représente un chapitre important pour ceux qui veulent aller au-delà, de comprendre comment marche le transistor et commencer à comprendre des systèmes électroniques analogiques qui utilisent la régulation par exemple ou d'autres fonctionnalités avec les transistors.

Notes

Summary



43m 42s