





Electronique I

Bonjour, aujourd'hui, nous allons voir la suite des amplificateurs opérationnels, mais plutôt on va parler de la comparaison, c'est-à-dire on va prendre un amplificateur opérationnel et on va l'utiliser comme comparateur. Pourquoi on utilise le nom comparateur quand il s'agit d'une fonction électronique qui a été présentée avant comme étant un amplificateur opérationnel ? En réalité, tous les amplificateurs opérationnels sont aussi des comparateurs, mais la structure interne d'un comparateur n'est absolument pas de la même manière, enfin n'est pas conçue de la même manière comme un amplificateur opérationnel pour une raison simple. L'amplificateur opérationnel est conçu pour qu'il soit stable en zone linéaire. Donc vous vous souvenez quand on parlait de la caractéristique de l'ampli opérationnel, on disait qu'il y avait une zone centrale qui était linéaire, et toutes les valeurs qui se trouvent ici correspondaient à la valeur pour lesquelles la tension  $V^+$  est égale à la tension  $V^-$ . Maintenant, on va utiliser ce même amplificateur opérationnel, mais uniquement dans les zones dites saturées. Donc on va se contenter d'une sortie de l'ampli qui peut être soit vers  $V_{sat+}$  ou  $V_{sat-}$ .

Notes

Summary



0m 04s



Electronique I

La zone linéaire ne sera donc pas utilisée elle sera une zone de transition entre  $V_{sat+}$  et  $V_{sat-}$ . Et l'amplificateur tel qu'il est conçu, quand il serait amené à faire de la réaction négative et rester dans la zone linéaire, eh bien, il est stable. Et là, ça demande ce qu'on appelle une compensation interne, et c'est ce qui différencie fortement le comparateur. On lui demande pas du tout de rester là-dedans, il n'y a pas de linéarité, il y a une bête comparaison entre la borne positive et négative. Si le  $V+$  est supérieur à  $V-$ , il va aller vers  $V_{sat+}$ , et si  $V+$  est inférieur à  $V-$ , il va aller vers  $V_{sat-}$ . Et on va se retrouver avec un état à la sortie qui a deux valeurs. Et là, c'est la vitesse de transition qui est la plus importante. Donc nous n'ajoutons pas une compensation pour la stabilité parce qu'on lui demande pas d'être stable, on lui demande plutôt d'être instable, de transiter rapidement d'un état vers un autre.

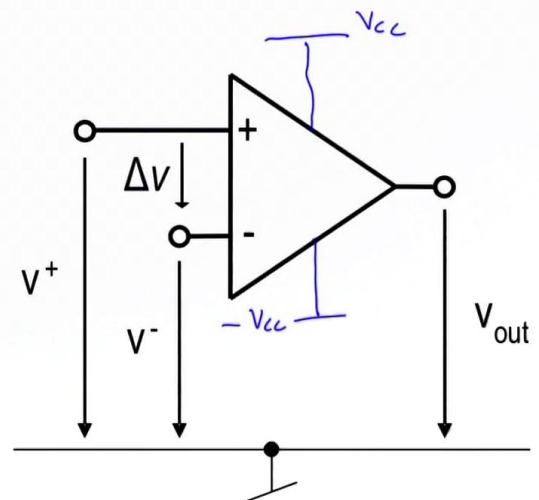
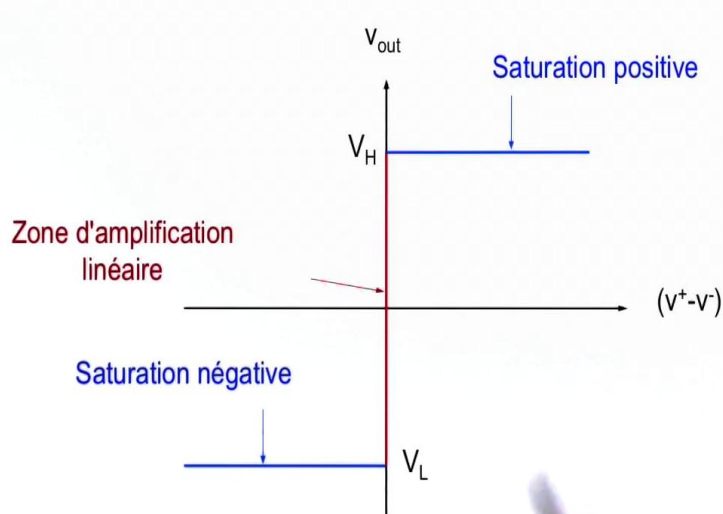
Notes

Summary



1m 20s

# Comparateur simple



Electronique I

Dans ce chapitre, on va parler de deux types d'utilisation de ce comparateur : le comparateur utilisé d'une manière simple, ça signifie qu'on ne va pas du tout mettre de résistances qui viendraient faire quoi que ce soit entre la tension de sortie et la tension d'entrée, et on va parler d'un comparateur à seuils ou à hystérésis, c'est deux types de liaison entre la sortie et l'entrée qui vont amener une réaction positive depuis la sortie vers la borne positive de notre comparateur. Nous allons aborder cette étude comme on l'avait fait avec l'amplificateur opérationnel. On l'avait pris, on a dit c'est un ampli op, donc c'est un ampli op. C'est un amplificateur qu'on va utiliser vraiment comme comparateur, et ça va être un comparateur simple, c'est-à-dire qu'il ne va rien avoir en dehors de ce symbole qu'on a vu. Et bien sûr, il va avoir les alimentations positives et négatives comme l'amplificateur opérationnel. Il va avoir un  $V_{cc}$  et  $-V_{cc}$  comme d'habitude. Ces 2 tensions d'alimentation permettent de fournir du courant ou de soutirer du courant par rapport au potentiel en commun entre les deux bornes d'entrée et la borne de sortie. Et voici la caractéristique, celle qu'on a avait analysée pour l'ampli op.

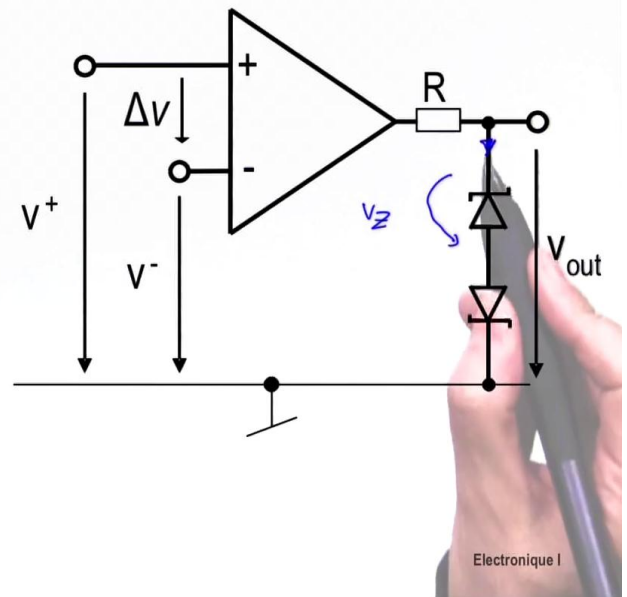
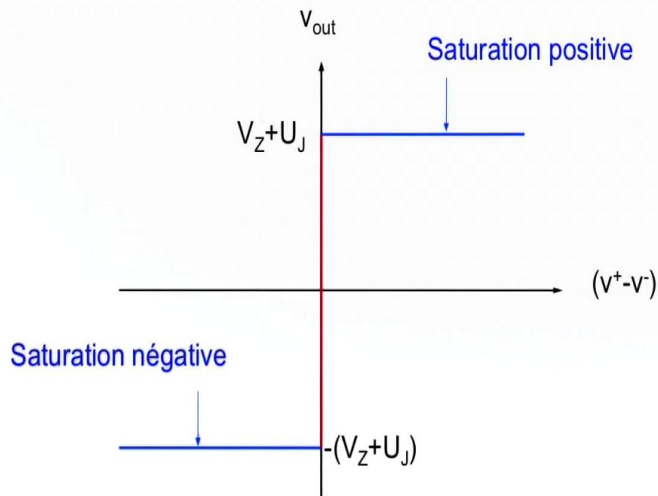
Notes

Summary



2m 26s

# Comparateur simple



Donc je répète. Là, nous allons nous contenter de l'utiliser là et là, et jamais dans la zone linéaire. On ne va jamais le garder dans la zone linéaire. Il va simplement passer de là à là. Donc pour toutes les valeurs où  $V^+$  est supérieur à  $V^-$ , on va se trouver vers la saturation positive. Et pour toutes les valeurs où  $V^+$  est inférieur à  $V^-$ , on va se trouver vers les saturations négatives. Et lorsque  $V^+$  est égal à  $V^-$ , eh bien, à ce moment-là, l'amplificateur ne resterait jamais là-dedans il va transiter, donc il va passer, il va faire un saut de là à là, et c'est lors de cette transition qu'on lui demande d'être le plus rapide possible. Il est possible de prendre un amplificateur opérationnel ou un comparateur, et de limiter la tension de sortie vers des tensions telles que le schéma que nous proposons ici. On a utilisé des diodes Zener. On a une tension  $V_Z$  quand le courant est positif dans ce sens-là. Donc quand le courant est dans ce sens-là, c'est-à-dire la tension  $V_{out}$  est à  $V_{sat+}$ . Donc on va avoir un courant qui descend dans ce sens.

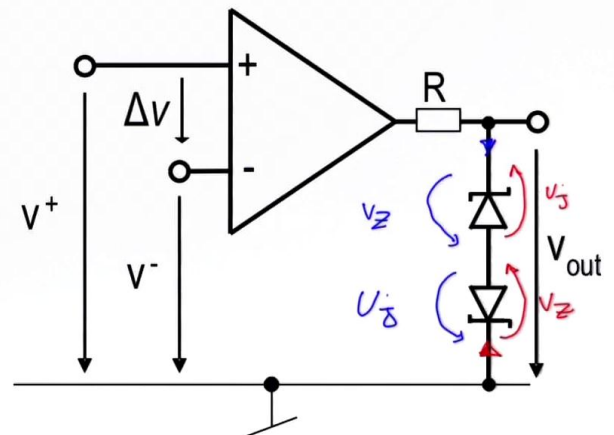
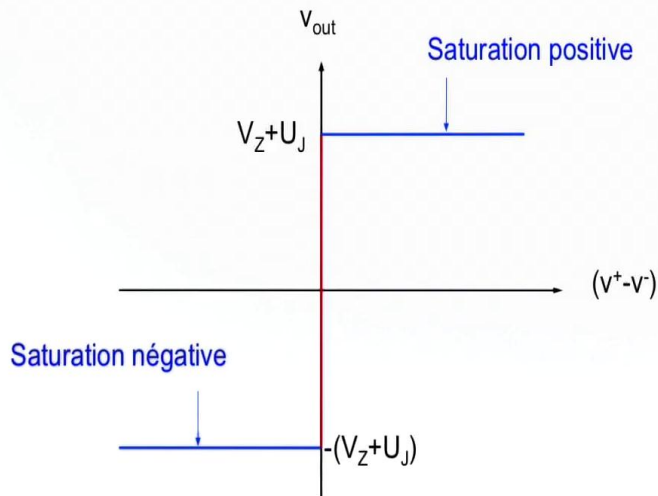
Notes

Summary



3m 47s

# Comparateur simple



Electronique I

Il va faire conduire cette diode Zener qui est dans le sens d'une diode conductrice, donc j'aurai une tension de seuil de l'ordre d'une tension de jonction, et une tension de Zener, ce qui va m'amener à une tension de sortie égale à  $V_Z + U_J$ . Si maintenant, nous prenons une tension négative, c'est-à-dire  $V_{out}$  est égal à  $-V_{cc}$  ou  $V_{sat-}$ , eh bien, on va se trouver avec un courant qui va être positif dans ce sens-là et on va avoir une tension  $V_Z$ , qui se trouve ici, et on va avoir une tension  $U_J$  qui va se trouver là, et on va aussi avoir une tension de sortie limitée à  $V_Z + U_J$  dans l'autre sens, avec un signe négatif. C'est simplement pour montrer que l'on peut très bien imposer un niveau de tension à la sortie qui correspond à ce que l'homme souhaite avoir en dehors de la tension d'alimentation. Je rappelle que la résistance  $R$  est là pour limiter le courant  $I_+$  et  $I_-$ , qui vont sortir ou entrer dans le comparateur parce qu'il y a un courant maximum qui est toléré par ce comparateur. Si on dépasse ça, la sortie est coupée. Là, cette résistance doit être calculée pour imposer un courant qui la traverse qui est égal à  $I_{max}$ .

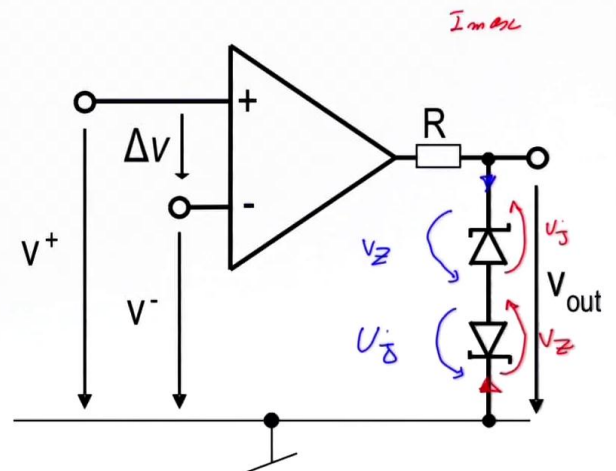
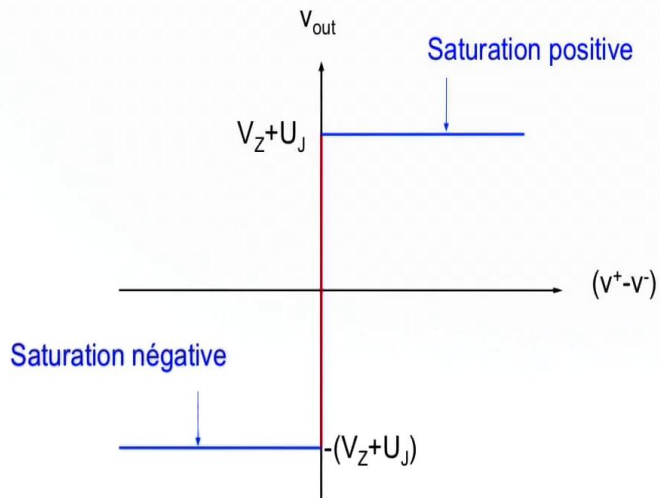
Notes

Summary



5m 08s

# Comparteur simple



Electronique I

Donc on va regarder quel est le courant  $I_{max}$  que nous souhaitons obtenir. Et ce courant  $I_{max}$  dépend bien sûr de cette tension-là et dépend de la résistance  $R$  qu'on aurait choisi.

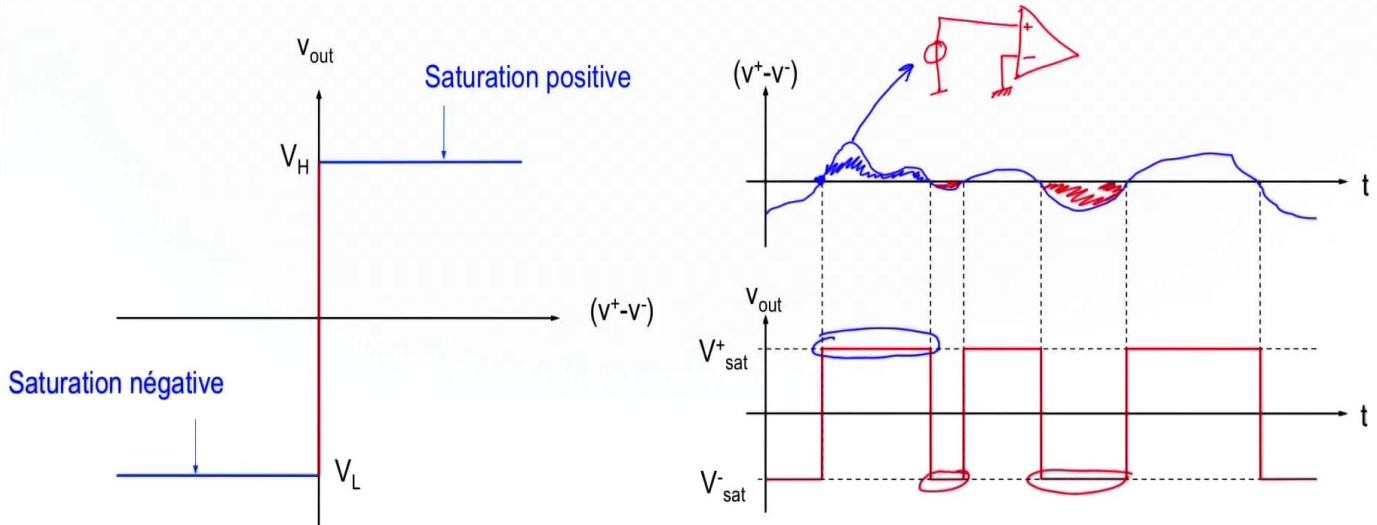
Notes

Summary



6m 27s

# Comparteur en boucle ouverte



Electronique I

Ce schéma-là, on l'a déjà vu, ou plutôt ces graphes qu'on présente ici, on les a déjà vus avec les amplificateurs opérationnels. Si vous prenez un comparateur, et l'entrée négative de votre comparateur, vous la mettez à la masse, et l'entrée positive de votre comparateur, vous branchez une source de tension ici et que cette source de tension c'est ce signal qui est là, qui vient ce comparer à la masse, forcément lors de passages par zéro, donc à chaque fois que votre comparateur passe par zéro, il va se retrouver à comparer par rapport à ce potentiel-là. Donc si la tension est positive, et on la voit ici, cette tension ici est positive donc on voit que cette partie de la courbe correspond à un état  $V_{sat}^+$  et on découvre que cette partie de la courbe, celle-ci par exemple, et celle-ci bien sûr, qui fait basculer le comparateur à  $V_{sat}^-$  et  $V_{sat}^-$  ici. Pareil pour  $V_{sat}^+$ , etc., etc. Et on l'appelle un détecteur de passage par zéro. On a pu comparer un signal quelconque d'une forme n'importe laquelle à un passage par zéro à chaque fois que ce signal passe, transite de la tension négative vers la tension positive, on a un signal binaire qui apparaît à la sortie qui va nous donner un état 1 et un état 0, si on veut parler en circuit logique.

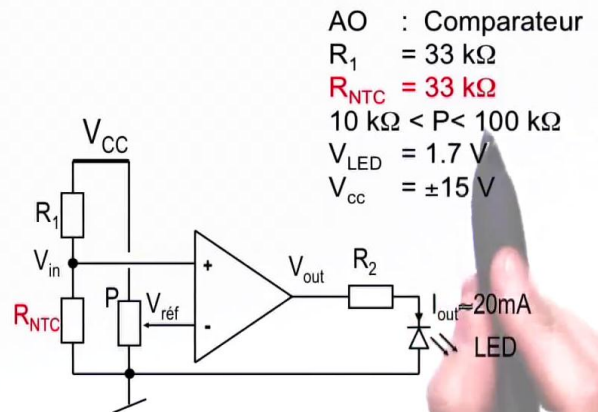
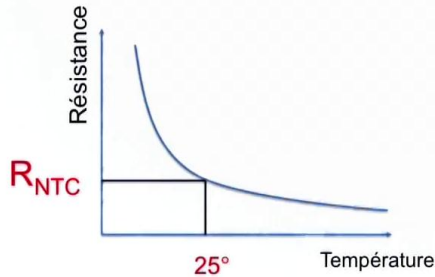
Notes

Summary





# TP: Contrôle de température



Electronique I

J'aimerais maintenant vous donner un exemple, ou vous envoyer vers les travaux pratiques, et vous dire vous pouvez faire déjà des circuits tri tels qu'un contrôleur de température. C'est quoi un contrôleur de température ? C'est une sorte de régulation qu'on appelle tout ou rien. C'est-à-dire que j'aimerais bien avoir une tension à la sortie ou quelque chose qui me donne un signal, et que ce signal me dise si la température augmente au-delà d'une valeur de seuil, ou baisse en-dessous d'une valeur de seuil. Alors dans cet exemple, j'ai décidé de vous faire faire un circuit où on utilise une résistance qu'on appelle  $R_{NTC}$ , ou une résistance à coefficient de température négative. C'est une résistance qui a une courbe non linéaire. Sa résistivité dépend de la température. Nous parlons d'une résistance  $R_{NTC}$  à une température ambiante que le fabricant vous donne. Ici le fabricant vous dit que cette résistance vaut  $33\text{k}\Omega$  lorsque la température est à  $25^\circ$ .

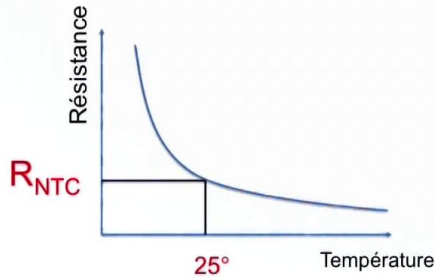
Notes

Summary



8m 15s

# TP: Contrôle de température



AO : Comparateur

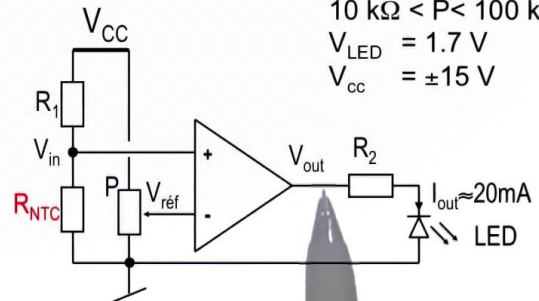
$R_1 = 33 \text{ k}\Omega$

$R_{NTC} = 33 \text{ k}\Omega$

$10 \text{ k}\Omega < P < 100 \text{ k}\Omega$

$V_{LED} = 1.7 \text{ V}$

$V_{cc} = \pm 15 \text{ V}$



Electronique I

Si vous prenez cette valeur et vous mettez une résistance  $R_1$  qui est égale à la valeur de  $R_{NTC}$ , ça signifie à la température ambiante, vous allez avoir cette tension égale à  $V_{cc}/2$ ,  $R_1$  égal à  $R_{NTC}$ , et là, je vous suggère de prendre un potentiomètre et de brancher ce potentiomètre comme diviseur résistif, cette fois-ci que vous contrôlez manuellement, et que vous divisez aussi  $V_{cc}$  par deux. C'est-à-dire que vous mettez le curseur au milieu de la plage de ce potentiomètre. Donc vous pouvez mettre n'importe quel potentiomètre entre cette valeur et cette valeur. C'est simplement sa limite. Le courant qui va passer, l'effet de comparaison, c'est que dès que le curseur est au milieu, indépendamment de la valeur de votre potentiomètre, vous allez vous retrouver ici à  $V_{ref}$  égal à  $V_{cc}/2$ . Et si vous êtes à température ambiante de ce côté-là, vous allez vous retrouver à  $V_{in}$  égal à  $V_{cc}/2$ . Et vous branchez votre comparateur. Votre comparateur va avoir  $V_{in}$  égal à  $V_{ref}$ . C'est-à-dire la tension  $V_{out}$ , elle est dans la zone de transition, en pratique.

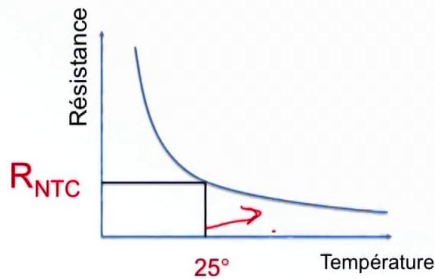
Notes

Summary



9m 25s

# TP: Contrôle de température



AO : Comparateur

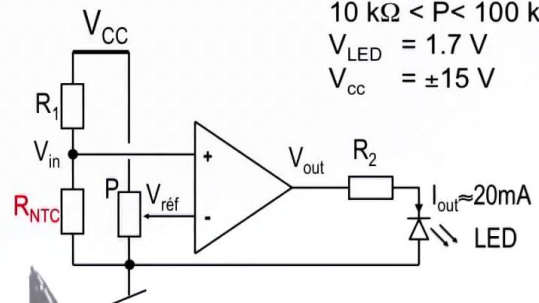
$R_1 = 33 \text{ k}\Omega$

$R_{NTC} = 33 \text{ k}\Omega$

$10 \text{ k}\Omega < P < 100 \text{ k}\Omega$

$V_{LED} = 1.7 \text{ V}$

$V_{cc} = \pm 15 \text{ V}$



Electronique I

Si réellement nous pouvons maintenir cette condition qui est très, très difficile, parce qu'il suffit d'une toute petite variation de température ici, ou d'une petite variation mécanique pour que tout de suite  $V_{out}$  bascule vers  $V_{sat+}$  et  $V_{sat-}$ . Mais supposons que  $V_{in}$  est égal à  $V_{ref}$ . En pratique, eh bien cette tension-là, elle commence à bouger dans tous les sens. Elle saute jusqu'à  $V_{sat+}$  et elle redescend jusqu'à  $V_{sat-}$ . En l'occurrence dans cet exemple que je vais vous donner, je vous demande de brancher une diode lumineuse, une LED, et je vais vous demander de régler cette tension égale à cette tension, plus ou moins, de quoi être au seuil de la régulation à une température ambiante. Ensuite, on va essayer de chauffer la résistance  $R_{NTC}$  en soufflant dessus, en posant le doigt avec la température du corps, et vous verrez que quand la température augmente, on va avoir... Quand cette température augmente, on va se retrouver avec une résistivité qui baisse. Et si cette résistance-là baisse, vous allez vous retrouver avec  $V_{in}$  qui va suivre la valeur de  $R_{NTC}$ . Si  $R_{NTC}$  devient plus petite,  $V_{in}$  va aussi baisser avec.

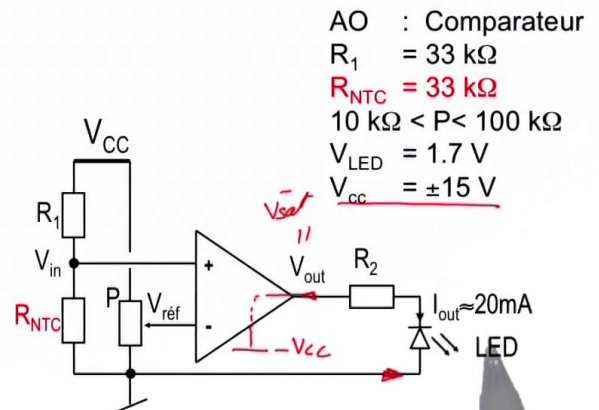
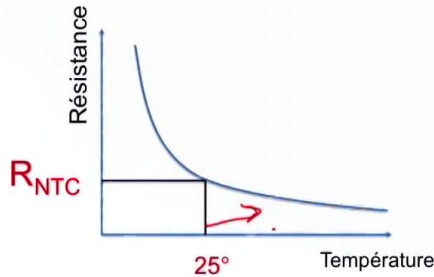
Notes

Summary



10m 34s

# TP: Contrôle de température



Donc si  $V_{in}$  baisse avec, étant donné que  $V_{ref}$  on l'aurait réglé à température ambiante égale à  $V_{in}$ , vous allez avoir le  $V_+$  qui descend moins que le  $V_-$ , et tout se suite votre  $V_{out}$  va aller à la tension de saturation négative. Et si c'est la tension de saturation négative, par un comparateur alimenté à plus ou moins 15V, probablement la valeur de sortie va être de l'ordre de grandeur de la tension d'alimentation, donc vous allez avoir  $V_{out}$  égal à -15V et il va y avoir un courant qui va passer dans ce sens-là depuis le zéro, parce que là, on l'a branché à la masse, vers la sortie de notre comparateur, il va entrer là-dedans, et il va aller chercher la tension négative pour passer dans ce circuit-là vers - $V_{cc}$ . Et votre diode va s'allumer. Je vais vous demander de calculer la résistance  $R_2$  comme d'habitude. Dès qu'on branche une diode à la sortie et que cette diode va devenir conductrice, il va falloir limiter le courant. Là, je vous suggère de limiter le courant de l'ordre de grandeur de 20mA.

Notes

Summary

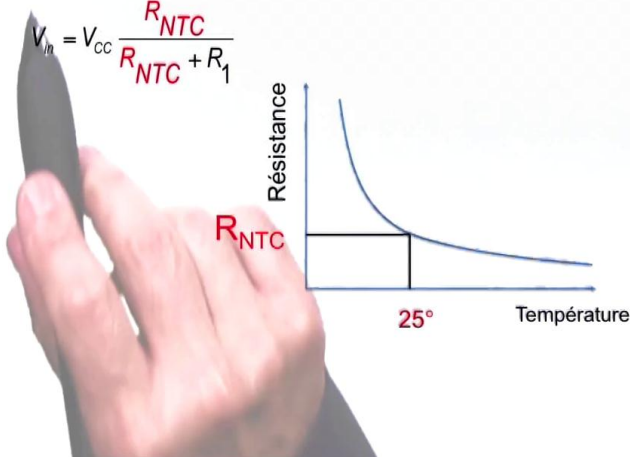


# TP: Contrôle de température

$$V_{out} = V_L = -I_{out}R_2 - V_{LED}$$

$$R_2 = \frac{-V_L - V_{LED}}{I_{out}}$$

$$V_{in} = V_{cc} \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1}$$



AO : Comparateur

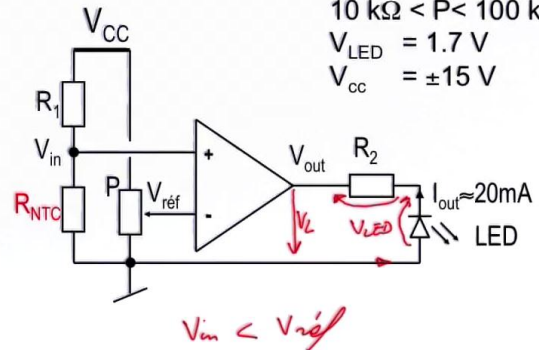
$R_1 = 33 \text{ k}\Omega$

$R_{NTC} = 33 \text{ k}\Omega$

$10 \text{ k}\Omega < P < 100 \text{ k}\Omega$

$V_{LED} = 1.7 \text{ V}$

$V_{cc} = \pm 15 \text{ V}$



Electronique I

Et je vous donne quelques indications assez classiques que nous connaissons sur ces diodes électroluminescentes sur la chute de tension qui est de l'ordre de 1,7V pour une diode rouge, ce que j'ai choisi parce que je vais vous montrer tout à l'heure cette expérience. Voici la relation que nous pouvons écrire à la sortie. Donc je vous rappelle que là,  $V_{out}$ , quand la tension  $V_{in}$  devient inférieure à  $V_{ref}$ , donc quand  $V_{in}$  est inférieure à  $V_{ref}$ , on va avoir  $V_{out}$  égal à la tension  $V_L$  ou  $-V_{cc}$ , donc  $L$  comme low. Et à ce moment-là, on a un courant qui passera dans ce sens-là. Donc c'est ce  $V_L$  qui est égal à  $-15V$ , doit être égal à la chute de tension sur cette résistance. Donc c'est  $I_{out}$  fois  $R_2$  plus la chute de tension est ici, qui est la tension de  $V_{LED}$ . Et c'est ce que j'ai écrit ici. Donc  $V_L$  égal  $-I_{out} R_2 - V_{LED}$ . Vous pouvez dimensionner la résistance  $R_2$  pour garantir que votre courant  $I_{out}$  va rester dans l'ordre de 20mA pour éviter qu'il y ait une grande valeur de courant qui passe dans votre diode, qui peut soit endommager la diode si le comparateur arrive à fournir un grand courant, soit couper la tension de sortie parce qu'il y a un courant maximum toléré par les comparateurs.

Notes

Summary

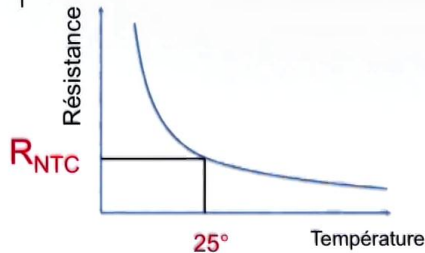


# TP: Contrôle de température

$$V_{out} = V_L = -I_{out}R_2 - V_{LED}$$

$$R_2 = \frac{-V_L - V_{LED}}{I_{out} = 20 \text{ mA}}$$

$$V_{in} = V_{CC} \frac{R_{NTC}}{R_{NTC} + R_1}$$



AO : Comparateur

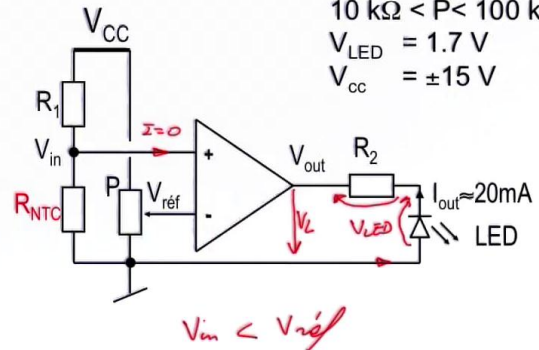
$R_1 = 33 \text{ k}\Omega$

$R_{NTC} = 33 \text{ k}\Omega$

$10 \text{ k}\Omega < P < 100 \text{ k}\Omega$

$V_{LED} = 1.7 \text{ V}$

$V_{CC} = \pm 15 \text{ V}$



Electronique I

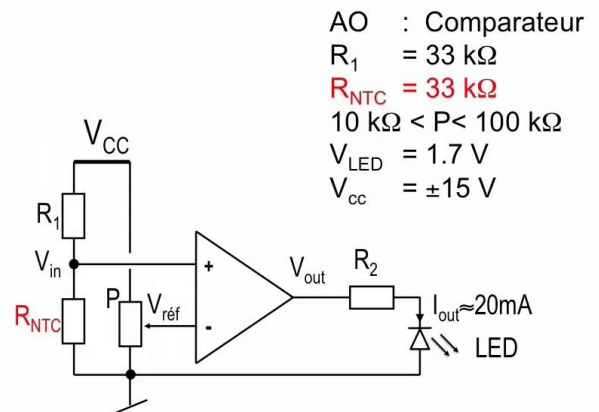
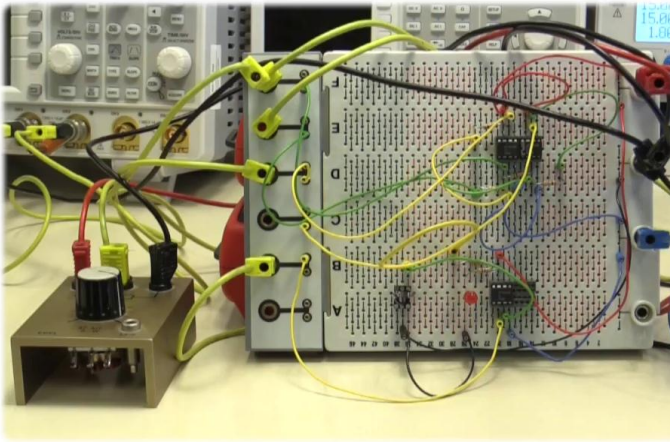
La tension  $V_{in}$  est un diviseur résistif, clair, parce que le courant ici est égal à zéro. Donc on peut très bien écrire  $R_{NTC}$  divisé par  $R_{NTC} + R_1$  pour connaître la tension  $V_{in}$ . Et on va aller voir ce qui va se passer dans un laboratoire si nous branchons ceci et l'équilibrons à une température ambiante. Et après, on verra ce qui va se passer quand on chauffe la diode  $R_{NTC}$  quand on pose le doigt dessus et qu'on change sa température, en augmentant la température dans ce sens-là, donc on va baisser la valeur de la résistance, donc on va baisser la tension  $V_{in}$  et donc la tension  $V_+$  devient moins que  $V_-$  et la tension de sortie bascule vers  $-V_L$ , enfin vers  $V_L$  qui est  $-15\text{V}$ , et va induire un courant qui va passer dans ce sens-là.

Notes

Summary



# TP: Contrôle de température



Electronique I

Voici notre résistance CTN et voici la LED qui va s'allumer tout à l'heure. Donc ce qu'on va faire maintenant, c'est ajuster notre potentiomètre à la tension de  $V_{cc}/2$ , donc comparer la tension sur la valeur de référence, exactement celle qui a la température ambiante. On voit la LED est en train de s'allumer et de s'éteindre, ce qui correspond au réglage et à la mesure de la température ambiante. Donc à partir de maintenant, on est plus ou moins au seuil de basculement. On va chauffer la CTN. On va essayer de lui faire mesurer la température corporelle en posant le doigt là-dessus. Donc  $37^\circ$ , c'est sûrement plus chaud que la température externe, et on va voir la LED qui va s'allumer. Voici la LED qui montre maintenant qu'il y a un basculement dans notre comparateur. On va laisser la résistance reprendre la température externe et on va voir la LED qui va s'éteindre jusqu'à ce que la température de la CTN devienne égale, comme tout à l'heure, à la température de la salle où on est en train de faire cette expérience.

Notes

Summary

