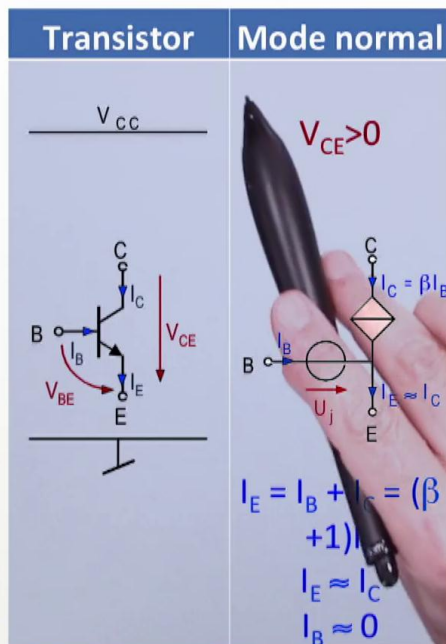


Schémas équivalents grands signaux (analogique)



Electronique II

Eh bien pour finir ce cours d'introduction sur le transistor, nous allons jeter un coup d'œil sur des schémas équivalents où on va proposer un schéma qui représente le transistor selon chaque mode d'utilisation de ce transistor. Donc on a vu qu'il y a trois modes: bloqué, le transistor bloqué, il suffit simplement de l'enlever du circuit, il va disparaître, on va voir comment est-ce qu'on remplace le transistor quand il est dans le mode normal et on va terminer par remplacer un transistor par un schéma équivalent quand il est saturé. Voici les schémas équivalents qu'on appelle les schémas équivalents grands signaux qui seront utiles surtout pour un transistor quand on l'utilise dans des circuits dits "analogiques". Donc ça, c'est le symbole de transistor, je pense que maintenant vous avez compris, il y a la tension de jonction en base-émetteur, il y a les trois courants qui rentrent dans les trois pins de ce transistor ainsi que la tension VCE, on va faire une focalisation sur cette valeur de VCE. Parce que comme on a vu, le mode normal, c'est vraiment quand le transistor est dans un monde où il conduit, c'est-à-dire on a la tension base-émetteur qui est une tension de l'ordre de grandeur d'une tension de jonction et la tension entre collecteur-émetteur est strictement positive.

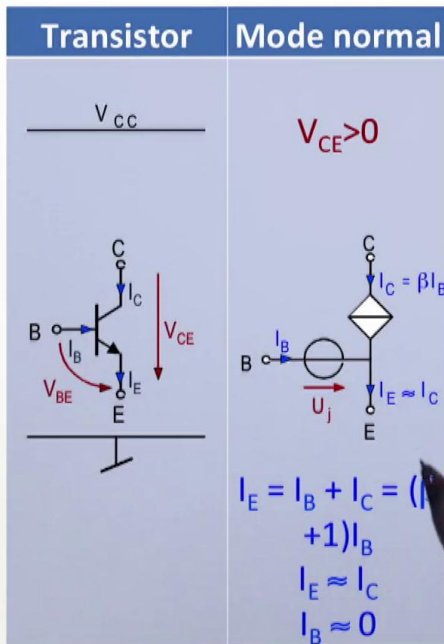
Notes

Summary



0m 04s

Schémas équivalents grands signaux (analogique)



Electronique II

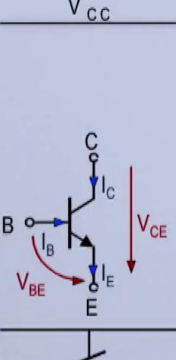
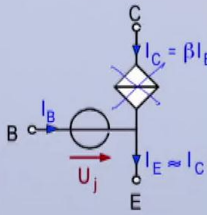
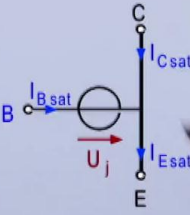
Si on a réussi à vérifier que le transistor conduit et que cette tension reste positive, à ce moment-là, on peut enlever ce symbole et le remplacer par un schéma équivalent qui est le suivant. On remplace la tension entre base et émetteur par une tension, ou une source de tension, qu'on appelle UJ, c'est une approximation. Et maintenant on a le fameux effet transistor, c'est-à-dire le fameux effet transistor, le transistor se comporte comme une source de courant où le courant qui passe dans le collecteur, qui est tiré dans le collecteur, il va sortir par l'émetteur, il est proportionnel à $\beta \times I_B$, qui va tirer un petit courant I_B dans la base qui serait multiplié par β et voilà le schéma qu'on pourrait simplement... si quelqu'un me dit, votre transistor conduit et vous avez vérifié que la tension collecteur-émetteur est strictement positive, vous enlevez ce schéma-là et vous remplacez par ceci à la place. Et je répète simplement pour dire, quand un transistor faible puissance, qui est en mode normal, qui tire un courant I_C , on peut faire tout à fait cette approximation que le courant $I_C + I_B$ qui va donner le courant I_E , ici vous l'écrivez comme ça, et vous remplacez le courant I_C par $\beta \times I_B$ et vous prenez I_B en évidence, vous allez trouver que c'est $\beta + 1$, qu'on peut négliger le 1 par rapport à ce β qui est généralement très, très grand.

Notes

Summary



Schémas équivalents grands signaux (analogique)

Transistor	Mode normal	Saturation
	$V_{CE} > 0$  $I_E = I_B + I_C = (\beta + 1)I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$	$V_{CE} = V_{CEsat} \approx 0$  $I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$

Electronique II

Donc on peut toujours dire que I_E est égal approximativement à I_C , c'est comme si on est en train d'annuler le courant de base, c'est qu'on est en train de dire, ce courant est quasi négligeable, donc on l'approxime par un courant à peu près égal à 0. Ça, c'est le mode normal. On focalise sur V_{CE} . On va maintenant focaliser sur V_{CE} de nouveau, mais cette fois-ci, lorsque V_{CE} est égal à 0. Lorsque votre transistor, il est placé dans un circuit, on verra tout à l'heure comment est-ce qu'on arrive à saturer un transistor, vous imposez une tension collecteur-émetteur, je dis bien, vous imposez parce que ça, c'est l'utilisateur dans son circuit qui amène le transistor à saturer et que cette tension entre le collecteur-émetteur est égale à 0, c'est-à-dire cette source de courant, elle va disparaître et le transistor devient un vrai court-circuit comme collecteur-émetteur et là, il n'y a plus l'effet transistor qui nous intéresse dans le circuit analogique, c'est-à-dire quand le transistor fonctionne comme une source de courant. Et vous allez vous retrouver avec un court-circuit entre le collecteur et l'émetteur, il n'y a plus cet effet source de courant, donc on ne peut plus dire $I_C = \beta \times I_B$, vous êtes dépendant d'un schéma.

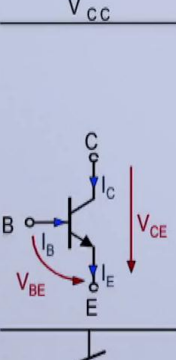
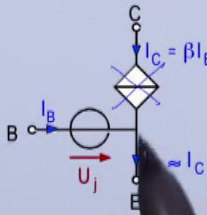
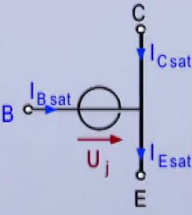
Notes

Summary



2m 54s

Schémas équivalents grands signaux (analogique)

Transistor	Mode normal	Saturation
	<p>$V_{CE} > 0$</p>  <p>$I_E = I_B + I_C = (1 + \beta) I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$</p>	<p>$V_{CE} = V_{CEsat} \approx 0$</p>  <p>$I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat} / \beta$</p>

Electronique II

Et ce schéma-là, on a le transistor qui conduit, donc, la tension de jonction reste la même. Collecteur-émetteur est un court-circuit, on le remplace dans ce modèle par un court-circuit, donc si vous vérifiez que $V_{CE} = 0$, vous enlevez votre transistor, vous remplacez votre transistor par ce schéma que vous voyez ici. Et là, vous tombez sur une relation qui va vous dire clairement, comme ici, I_E , c'est la somme de $I_C + I_B$, les deux courants entrent par les deux pins, sortent par l'émetteur, d'ailleurs la flèche ici indique le courant qui sort du transistor et qu'on le voit ici, mais la différence fondamentale, c'est que vous ne pouvez pas écrire cette relation. Donc vous vous trouvez à dire, c'est I_C , on ajoute SAT. On n'a plus de source de courant, on a un courant qui peut être proportionnel à un courant de saturation qu'on verra comment on le calcule après, mais alors le plus critique c'est I_{BSAT} . Comme la relation a disparu ici, donc on ne peut pas dire que ce I_{BSAT} est lié à I_C . Et I_C est un courant constant, ou un courant commandé à travers une source de courant, vous pouvez augmenter I_{BSAT} , n'oubliez pas que là, vous avez une jonction qui... une diode.

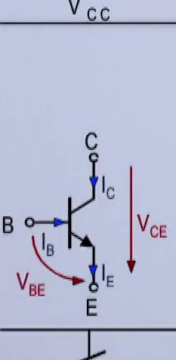
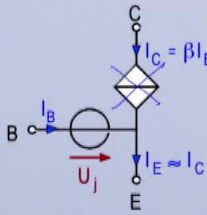

Notes

Summary



4m 11s

Schémas équivalents grands signaux (analogique)

Transistor	Mode normal	Saturation
	$V_{CE} > 0$  $I_E = I_B + I_C = (\beta + 1)I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$	$V_{CE} = V_{CEsat} \approx 0$  $I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$

Electronique II

Et cette diode-là, plus vous augmentez la base émetteur, plus le courant de base va augmenter et on parle de I_{BSAT} . Donc vous allez vous retrouver avec un I_{ESAT} qui va être proportionnel à I_{BSAT} que, lui, peut augmenter. Donc ce courant peut augmenter, il s'ajoutera un courant I_{CSAT} , ce courant-là, on verra qu'il sera limité assez souvent par une résistance, donc vous allez avoir un courant qui n'est plus proportionnel à ce I_{CSAT} . Et il faut faire très attention, si par hasard vous continuez à augmenter ce courant, vous risquez d'endommager la jonction base émetteur, parce que vous allez lui imposer un courant qui augmente avec une tension qui reste toujours sur une courbe exponentielle de l'ordre de U_j , donc la puissance dissipée dans la jonction va être de l'ordre de U multiplié par I_{BSAT} , mais si I_{BSAT} augmente, la puissance augmente et vous pouvez claquer la jonction base émetteur, ce qui arrive souvent quand on augmente, ou on entre en saturation, et la tension base et émetteur s'emballe, ou augmente.

Notes

Summary



5m 23s

Schémas équivalents grands signaux (analogique)

Transistor	Mode normal	Saturation	Transistor	Mode normal	Saturation
	$V_{CE} > 0$ $I_E = I_B + I_C = (\beta + 1)I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$	$V_{CE} = V_{CEsat} \approx 0$ $I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$		$V_{EC} > 0$ $I_E = I_B + I_C = (\beta + 1)I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$	$V_{EC} = V_{ECsat} \approx 0$ $I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$

Ce que je viens d'expliquer ici est absolument valable pour un transistor PNP, c'est pour ça qu'on ne passe pas notre temps à montrer le PNP et le NPN, parce que si je reprends la même chose et je l'applique maintenant à un transistor de type PNP, je me retrouverai avec un transistor, que je prends le symbole, au lieu de parler de V_{BE} comme tension de jonction, étant donné que le courant entre dans l'émetteur et il sort par la base et il sort par le collecteur, c'est le sens opposé de ce que vous voyez ici, eh bien je parle d'une tension V_{EB} . Je dois continuer après, quand je parle de mode normal, c'est la même condition, mais au lieu de dire V_{CE} doit être positive, cette fois-ci je dois dire V_{EC} doit être positive. Et la saturation c'est pareil, parce que là c'est l'égalité avec 0, alors j'invertis le sens des flèches dans ce transistor, ce qui m'amène toujours à exactement les mêmes règles que j'applique. Aussi bien là que là, vous retrouvez les mêmes lois, vous intervertissez le sens des vecteurs base-émetteur, émetteur-base et pareil pour le sens des courants, et pareil pour les courants de sortie donc le courant de collecteur-émetteur et la tension entre émetteur et collecteur.

Notes

Summary



Schémas équivalents grands signaux (analogique)

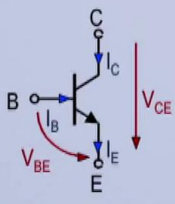
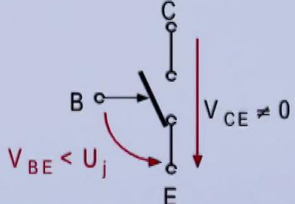
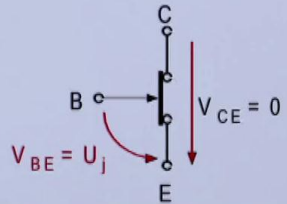
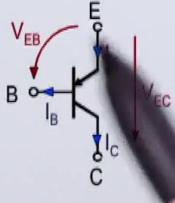
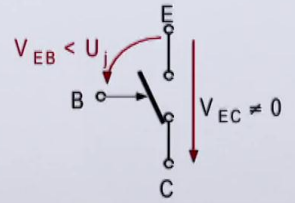
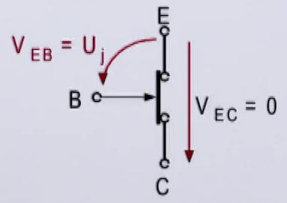
Transistor	Mode normal	Saturation	Transistor	Mode normal	Saturation
	$V_{CE} > 0$ $I_E = I_B + I_C = (\beta + 1)I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$	$V_{CE} = V_{CEsat} \approx 0$ $I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$		$V_{EC} > 0$ $I_E = I_B + I_C = (\beta + 1)I_B$ $I_E \approx I_C$ $I_B \approx 0$	$V_{EC} = V_{ECsat} \approx 0$ $I_{Esat} = I_{Bsat} + I_{Csat}$ $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$

Et voilà. Donc on ne va pas tout le temps parler de dualité entre les deux transistors sachant que ce transistor-là est simplement un transistor dont les lois sont les mêmes, mais simplement les sens de tension et de courant sont différents.

Notes

Summary



Transistors	Blocage	Saturation
		
		

Electronique II

Le transistor bipolaire pourrait être utilisé aussi dans des circuits qu'on appelle logiques. Là, on va parler du transistor dans l'état bloqué et dans l'état saturé. On vient de voir que la saturation peut arriver à ce transistor et il se comporte avec un court-circuit, plutôt on a une tension entre collecteur émetteur est égal à 0. Donc comme si c'est un interrupteur fermé. On dit qu'il y a un court-circuit entre collecteur et émetteur, c'est équivalent à dire que la tension collecteur-émetteur est égale à 0 et quand on bloque le transistor, c'est simplement le transistor où vous pouvez l'enlever, si la tension V_{BE} est inférieure à une tension de jonction, votre transistor est complètement inutile. Vous pouvez l'enlever de votre circuit, donc on le symbolise par un interrupteur ouvert. Donc là, comme on a parlé de transistor NPN, on peut parler aussi de transistor PNP. Et on se retrouve avec la même chose qu'on avait présentée juste auparavant, qu'au lieu de dire V_{BE} , on dit V_{EB} et pareil pour la tension EC au lieu de dire CE , mais les modes de fonctionnement ne changent pas.

Notes

Summary



8m 05s

Transistors	Blocage	Saturation

Electronique II

On bloque le transistor en lui appliquant une tension inférieure à U_j , on le sature à condition que sa tension de sortie, on fait circuler un courant d'une manière à ce que la chute de tension collecteur-émetteur tende vers le 0 et le transistor se comporte comme un circuit fermé. Et ça me permet d'utiliser le transistor bipolaire dans des applications numériques. Donc on peut avoir des portes logiques, d'ailleurs les transistors bipolaires étaient à l'origine des portes TTL, transistor transistor logique, avant que le transistor MOS est venu pour le remplacer pour faire des circuits logiques qui sont beaucoup plus performants. Pourquoi ? Parce que dans ce cas-là, on a un courant de base et dans le transistor MOS, il n'y a pas de courant de base, donc la tension de commande suffit pour fermer, ou ouvrir, un transistor MOS. Par contre ici, quand on ferme un transistor, donc quand on se trouve ici, on continue à attirer un courant comme on avait vu avant. Et ça, c'est un courant qui est pure perte. Il ne sert à rien, il y a une puissance perdue pour maintenir le transistor fermé.

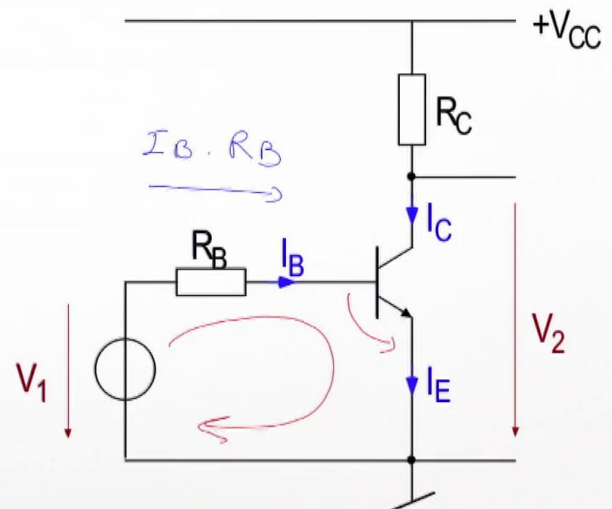
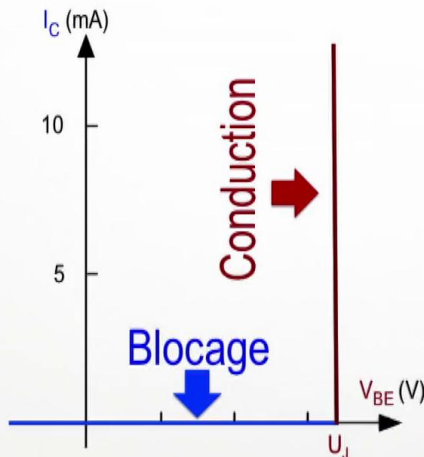
Notes

Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Blocage du transistor ($V_{BE} < U_J$):



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Pour terminer cette semaine de cours, j'aimerais bien qu'on regarde un exemple. À travers cet exemple, vous verrez bien qu'on va maîtriser les trois modes d'utilisation de transistor et de montrer qu'un transistor, dans un schéma, il peut être bloqué en mode normal et saturé. Et tout ceci est lié à ce qu'on a mis comme résistance. Par exemple dans ce schéma-là, j'ai mis une résistance dans le collecteur et j'ai mis une résistance dans la base. Le transistor, quand on l'utilise en ce qu'on appelle modèle grands signaux, on avait fait cette approximation-là. On a dit, quand on veut parler de la loi exponentielle de transistor, elle pourrait être approximée par blocage, ou conduction. Donc si vous prenez la maille qui se trouve ici, donc cette maille ici, celle qui est là, vous allez voir que la tension V_1 égale à la tension qui est là, qui est $I_B \times R_B$ à laquelle j'ajoute la tension qui se trouve ici et celle-ci, on va l'approximer à U_J . On a fait cette approximation, donc je peux très facilement, dans cette maille qui est créée par $V_1 = R_B I_B + U_{BE}$, étant donné que là j'ai une loi linéaire, donc c'est une loi d'ohm et là c'est une loi exponentielle.

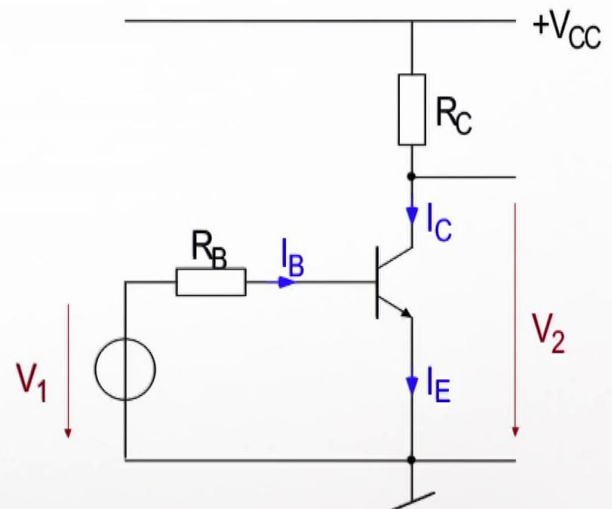
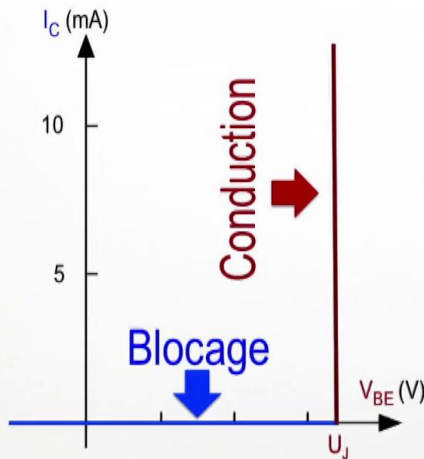
Notes

Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Blocage du transistor ($V_{BE} < U_J$):



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Cette loi exponentielle, si le transistor conduit, je mets U_J , si le transistor bloque, eh bien cette tension-là, je veux dire, c'est une tension qui n'est pas U_J , c'est la tension V_{BE} . Mais qu'e va-t-il se passer avec cette maille-là ? On vient de voir que si je me trouve ici, de cette loi, donc j'ai une tension V_{BE} qui est inférieure à U_J , je suis là, il ne peut pas y avoir un I_B , le transistor est bloqué, pas de courant qui passe ni dans I_C ni dans I_E ni dans I_B . Donc la tension V_1 ici, c'est la même que je verrais là. Si I_B est égal à 0, si vous mettez $I_B = 0$, alors $I_B R_B = 0$ donc cette chute de tension est égale à 0 donc la différence de potentiel que vous voyez là, c'est la même différence de potentiel qu'ici. Et cette condition-là est obtenue lorsque votre transistor ne voit pas une tension de jonction qui lui permet de conduire, et voilà. Si V_{BE} est inférieur à U_J , à ce moment-là, vous pouvez tout simplement, donc on l'enlève ce que j'ai noté et on va regarder ce qui se passe avec ce transistor. C'est que si votre transistor se trouve ici, vous pouvez simplement tomber dans la condition où ce transistor est bloqué, et bloqué veut dire, le modèle, le transistor va disparaître, je l'enlève, ça, c'est un transistor bloqué.

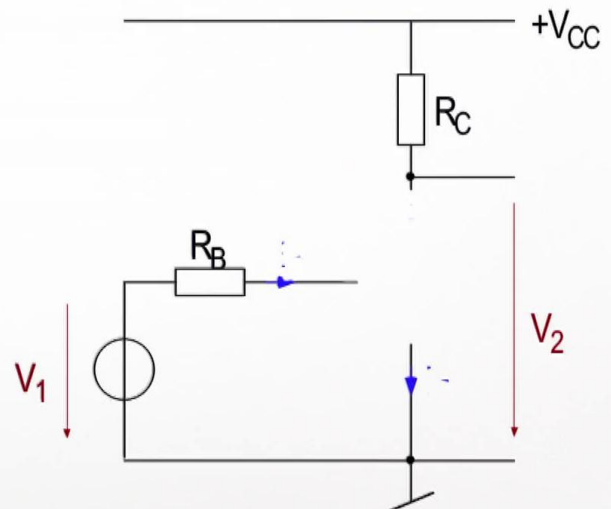
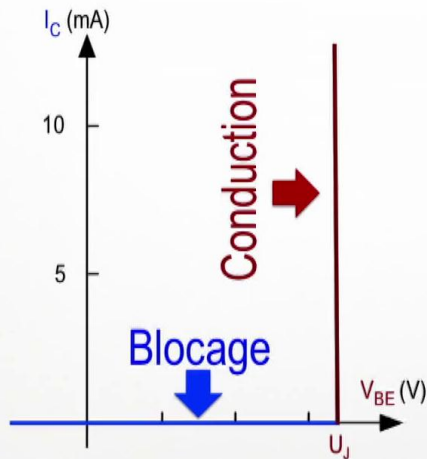
Notes

Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Blocage du transistor ($V_{BE} < U_J$):



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Donc le modèle d'un transistor bloqué, ce n'est rien du tout, c'est... on est là, il n'y a pas de I_B , il n'y a pas de I_E , il n'y a pas de I_C , il vient d'être effacé. Donc si vous mettez vos doigts ici pour regarder la tension V_2 , eh bien V_2 n'est rien d'autre que V_{CC} . Et si vous regardez V_1 , eh bien V_1 , de ce côté-là ou de ce côté-là c'est la même chose étant donné que le courant ici est égal à 0. Et comme ça, quand on dit, un transistor dans un état bloqué, c'est simplement un schéma équivalent, on l'enlève du circuit.

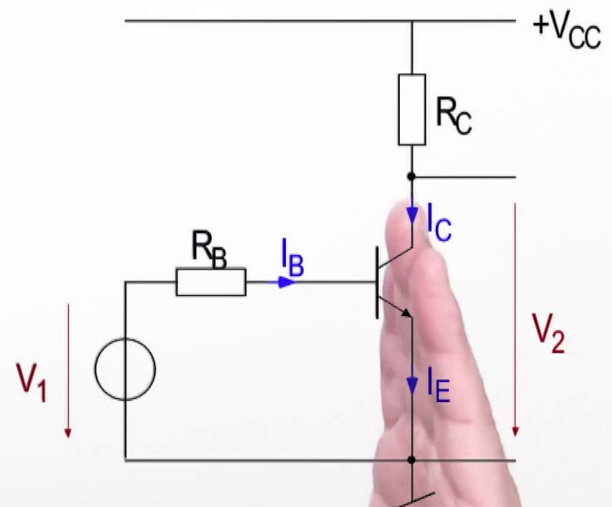
Notes

Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J$):



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Donc le blocage du transistor, lorsque V_{BE} inférieur à U_J , c'est ce que je viens de dire, $I_C = I_E = I_B = 0$. Et V_1 est inférieur à U_J , cette chute de tension est nulle. Cette tension-là et cette tension-là sont les mêmes parce que $I_B = 0$ donc ce potentiel est égal à ce potentiel et on a dit tout à l'heure, et on vient de le voir, que V_2 est égal à V_{CC} parce qu'il n'y a pas de courant qui passe donc le courant qui passe, I_C par la résistance R_C ou cette chute de tension là, ça, c'est $V_{RC} = 0$. Donc cette tension est égale à cette tension ici. On va commencer maintenant à regarder lorsque V_{BE} est de l'ordre de U_J . Donc votre transistor commence à conduire. Si votre transistor commence à conduire, plus vous montez V_1 , plus le courant I_B va augmenter avec. Plus vous allez avoir un courant I_C qui augmente avec, plus I_E qui est égal à I_C , donc on est en train de regarder ce transistor comme si on a deux mailles et c'est comme ça qu'il faut l'analyser. Donc si quelqu'un vous pose un schéma tel que ceci, vous devez regarder ce qui est de ce côté-là par rapport à ce qui est de ce côté-là. Ça, c'est l'entrée de votre transistor, c'est là où vous le commandez.

Notes

Summary

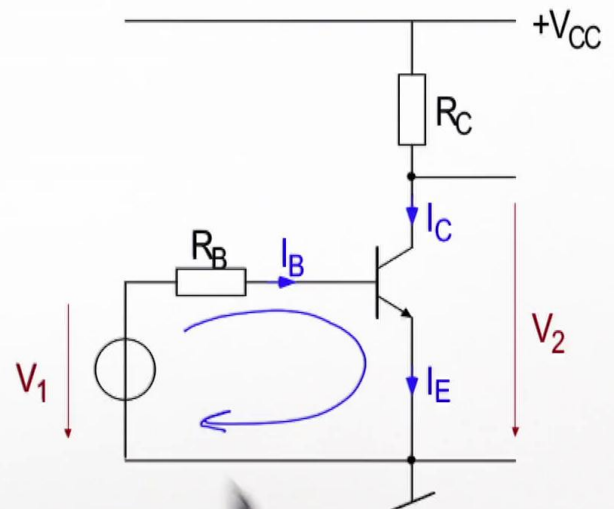


13m 48s

Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J$):

$$\vec{V}_1 = I_B \cdot R_B + \underbrace{V_{BE}}_{U_J}$$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Ça, c'est la sortie de votre transistor où vous observez la tension V_2 qui est proportionnelle à la tension V_{RC} , bien sûr, parce que la somme des deux est égale à V_{CC} . Donc si vous regardez ce transistor, vous commencez toujours par la jonction de commande, ou par la partie où on est en train de... on a dit que c'est un robinet à électrons, donc c'est là où je vais commander le robinet. Donc c'est par là où je vais changer cette tension V_{BE} pour qu'un courant commence à passer. Bien sûr, la variation de V_{BE} est extrêmement faible, il est de l'ordre de U_J , mais on est en train de parler de millivolts de variations. C'est inférieur à U_T , et U_T , c'est de 26 millivolts, donc la tension thermodynamique du transistor. Donc quand on fait varier V_{BE} avec très très peu de variations, eh bien on va observer la chose suivante. Donc lorsque V_{BE} est égal à U_J , je vais prendre la maille qui est là et je vais écrire V_1 égal, c'est un vecteur bien sûr, à I_B multiplié par R_B , plus je vais faire cette approximation, l'ordre de grandeur de V_{BE} qui va être de cette approximation en grands signaux égal à U_J . Quand vous regardez ceci, vous allez dire, bien sûr, lorsque mon transistor commence à conduire, il va avoir I_B .

Notes

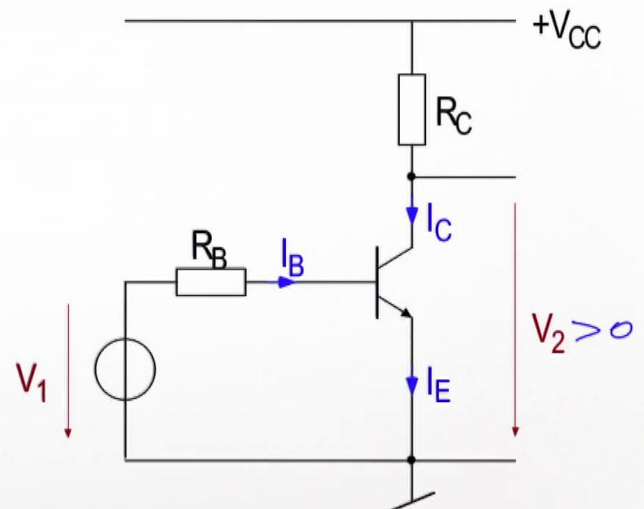
Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J$):

- $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_C = \beta I_B$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Eh bien I_B va passer, ça va engendrer un courant I_C . Donc là on a analysé ce qui se passe de ce côté-là. On va aller le regarder encore un peu plus en détail. C'est ce que je viens de calculer, $V_1 = I_B R_B + U_J$. Et là, je peux parler d'un courant I_B , et ce courant I_B dépend de V_1 et de cette approximation de U_J divisée par R_B . Bien sûr, la résistance R_B est extrêmement importante. On n'aurait pas mis R_B ici, on se serait trouvé à commander la tension V_1 qui vient directement en base-émetteur, c'est impossible de faire parce que vous avez une variation exponentielle du courant par rapport à cette tension. Par contre quand on regarde ça ici, on est en train de dire: il y a I_B , c'est égal à la tension V_1 moins une certaine constante qui est U_J . Et il reste la loi d'ohm $R_B I_B$ qu'on voit, donc c'est I_B voit cette tension divisée par la résistance R_B . Et là, je peux parler de cette loi à condition que j'aille vérifier que V_2 est forcément supérieur à 0. Si je ne vérifie pas ça, eh bien je ne peux pas écrire cette loi, ça veut dire que mon transistor est saturé. Si j'ai fait ce genre de calcul et je vérifie, je peux même aller mettre les valeurs numériques que j'ai ici et voir quel est le courant qui passe dans mon transistor par rapport à une tension qui est donnée.

Notes

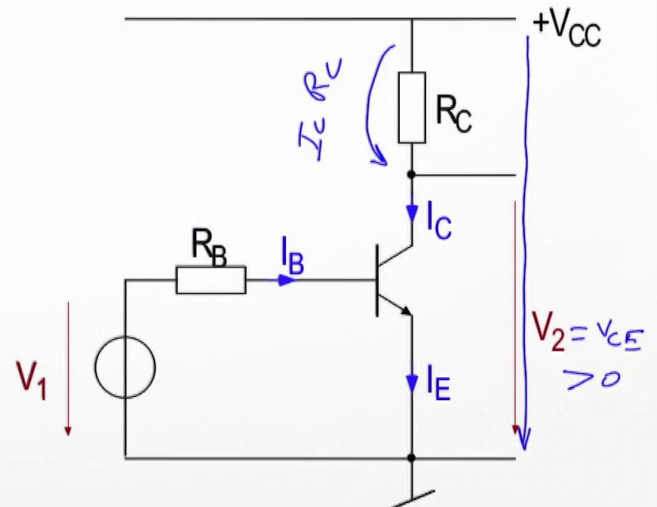
Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J$):

$$V_2 = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C$$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

On a dit qu'on l'analyse ce qui se trouve de ce côté et on va analyser maintenant qui va se trouver de ce côté-là. Donc on a regardé la partie commande, on va regarder comment le transistor à la sortie, V_2 , qui n'est rien d'autre que V_{CE} . En l'occurrence, ça, c'est V_2 , c'est entre collecteur et émetteur. Donc cette tension-là, V_2 , je n'ai qu'à prendre le vecteur V_{CC} de là, à là, qui est égal à $I_C R_C$, donc ici j'ai $I_C R_C + V_2$. Et c'est ce que j'ai écrit ici, donc $V_{CC} = I_C R_C + V_2$. Autrement dit, $V_2 = V_{CC} - I_C R_C$. Et je sais bien que ce courant I_C , si mon transistor est en mode normal, est proportionnelle à un $\beta \times I_B$, c'est ce que je fais ici, je le remplace. Bien sûr je peux l'écrire, si V_2 est supérieur à 0, donc ça, c'est dans la condition que C_2 sont strictement positives. Et une fois que j'ai ça, je peux maintenant remplacer I_B que je viens de calculer tout à l'heure, on a calculé I_B dans cette maille, on est en train de ramener I_B vers la sortie à travers I_C et là, j'ai vraiment écrit tout ce que je peux tirer comme loi de Kirchhoff qui me permet d'écrire toutes les tensions et de courant dans un mode de fonctionnement avec les tensions de sortie par rapport à la tension d'entrée.

Notes

Summary

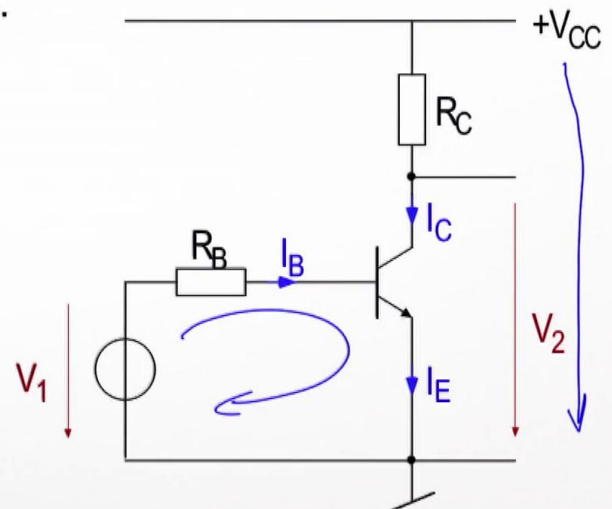


18m 06s

Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

• Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J, V_{CE} > 0$):

- $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

N'oubliez pas que dans I_B se cache V_1 et c'est ce que je vais faire tout de suite. C'est ce que j'ai écrit au début pour cette maille et pour cette deuxième maille ici, je viens d'écrire ceci. Et on avait vu que le courant I_B , c'est le lien entre les deux. C'est ce qui relie la sortie à l'entrée parce qu'il va être à la sortie multipliée par β pour donner I_C et je vais remplacer ça ici et je tombe sur une relation dans laquelle je vois V_2 , F_2V_1 , ce qui est mon objectif. Je voudrais faire une fonction de transfert dans laquelle je mets une tension V_1 et je veux voir la tension V_2 avec le transistor qui peut se trouver dans tous ces modes. Donc je remplace ça par ça et je vais trouver ceci.

Notes

Summary

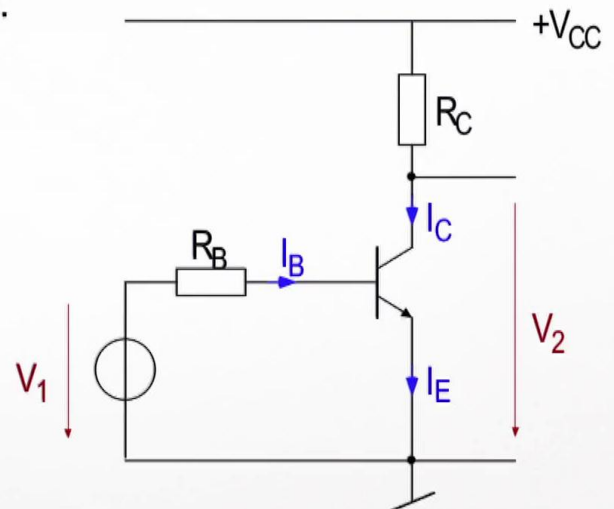


19m 46s

Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

• Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J, V_{CE} > 0$):

- $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C$
- $V_2 = V_{CC} - \beta R_C (V_1 - U_J)/R_B$
- $V_2 = V_{CC} - 10 (V_1 - U_J) = V_{CE} > 0$
- $V_2 = V_{CC} + 10 U_J - 10 V_1 = V_{CE} > 0$
- $V_1 < 1.2 V$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Donc une fois remplacé I_B là-dedans, ça me donne cette relation. Je vous laisse vérifier, vous allez vous retrouver avec une relation dans laquelle vous avez les valeurs β , n'oubliez pas que c'est un transistor donné, donc on a donné un $\beta = 100$, on a donné une résistance d'une valeur 10 kilohms et une résistance de collecteur de 1 kilohm et on alimente avec une source de tension de 5 volts. Et on se retrouve avec une tension $V_2 = V_{CC} - 10 V_1 - J = V_2 \text{ AVCE}$. C'est cette tension-là, collecteur émetteur, et on voudrait vérifier pour quelle valeur de V_1 , ou quelle est la valeur limite de V_1 pour laquelle V_2 n'est pas égale à 0. Extrêmement important, ce que je dis parce que maintenant on voit qu'en réalité, ce qui va se passer avec votre montage, si vous écrivez cette loi-là et vous remplacez par les valeurs qu'on a ici, $\beta R_C R_B$ par leur valeur, vous retrouvez V_2 est égal à V_{CC} , je vous rappelle que ça, c'est 5 volts, $10 \times U_J$, donc c'est 10×0.7 volts et $- 10 \times V_1$, ça va dépendre de la valeur de V_1 . Et tout ça on va vous donner la tension V_{CE} . Forcément, si vous vous avez un certain V_1 que vous mettez ici qui vous donne ça égal à 0, c'est la valeur limite donc V_{CE} devient égal à 0 si $V_1 = 1.2$.

Notes

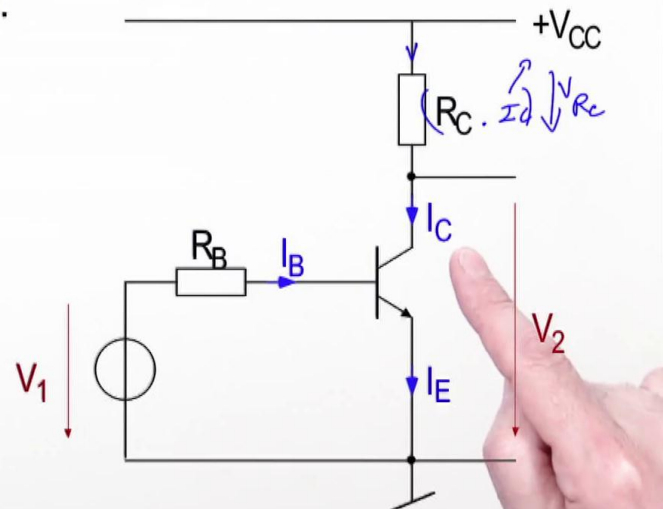
Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

• Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J, V_{CE} > 0$):

- $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C$
- $V_2 = V_{CC} - \beta R_C (V_1 - U_J)/R_B$
- $V_2 = V_{CC} - 10 (V_1 - U_J) = V_{CE} > 0$
- $V_2 = V_{CC} + 10U_J - 10 V_1 = V_{CE} > 0$
- $V_1 < 1.2 V$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Donc inférieur à 1,2, vous garantes que votre transistor possède une tension V_2 strictement positive. Si vous avez $V_1 = 1,2$ volt, vous allez tomber sur une relation dans laquelle la tension V_2 va être égale à 0. Et qui a fait ça ? C'est vous. Parce que vous avez choisi une résistance R_C qui est égale à 1 kilohm. Vous aviez mis tension ici. Si vous mettez un vecteur ici, que vous dites que ce vecteur, c'est $R_C \times I_C$ qui vous donne la tension V_{RC} , sachez que ce paramètre $R_C I_C$, qui est égal à V_{RC} , plus I_C augmente, plus, regardez ce qu'il se passe avec ce vecteur. Vous êtes en train d'augmenter ce courant, tension et courant dans une résistance se suivent. Regardez, cette tension augmente, augmente, augmente. Pendant ce temps-là, la tension V_2 est en train de baisser, baisser, baisser, baisser, jusqu'à ce que vous imposez à $V_2 = 0$, et vous poussez vos transistors dans la saturation. Tant que vous êtes avec une tension V_{RC} qui permet à cette tension-là de ne pas écraser la tension V_2 pour que ça devienne égal à 0, vous êtes sûr que votre transistor est en mode normal. Donc, votre transistor vous donne une source de courant, ici. I_C reste une source de courant.

Notes

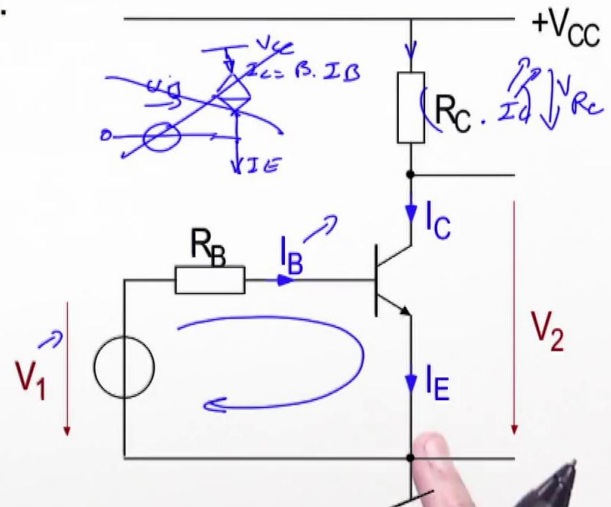
Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

• Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J, V_{CE} > 0$):

- $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C$
- $V_2 = V_{CC} - \beta R_C (V_1 - U_J)/R_B$
- $V_2 = V_{CC} - 10 (V_1 - U_J) = V_{CE} > 0$
- $V_2 = V_{CC} + 10 U_J - 10 V_1 = V_{CE} > 0$
- $V_1 < 1.2 V$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

lectronique II

On a dit que si je veux remplacer ce schéma par son modèle de tout à l'heure, je n'ai qu'à prendre une source de tension que j'appelle U_J . Je vous renvoie sur le tableau qu'on avait dessiné avant. On met une source de courant commandée, ici. Et cette source de courant commandée est à l'origine de votre courant. Là, vous avez le I_E . Et là, vous avez un courant $I_C = \beta \times I_B$. Regardez, si vous enlevez ce transistor et que vous mettez ça à la place, vous verrez ce qu'il se passe avec votre circuit en mode normal. Mais plus vous augmentez I_B , plus vous allez augmenter I_C , plus la chute de tension sur R_C augmente. Et elle va pousser V_2 à tendre vers 0. Mais au moment où vous avez écrasé V_2 est devenu égal à 0, sachez que votre transistor, il n'est plus ceci. Vous pouvez l'enlever et là, vous le remplacez par le fameux schéma qu'on avait montré aussi, que je vais démontrer tout de suite après. Il y a un court-circuit entre collecteur-émetteur. Et là, si vous regardez ce qu'il se passe dans cette maille, ici, chaque fois que vous augmentez V_1 , vous allez augmenter I_B . I_C ne suivra plus, il n'y a plus cette relation. Donc I_E va augmenter, bien sûr.

Notes

Summary

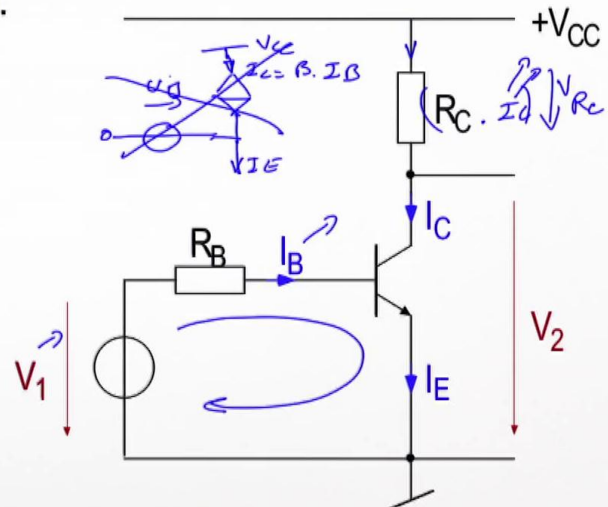


23m 44s

Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

• Fonctionnement normal ($V_{BE} \approx U_J, V_{CE} > 0$):

- $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_C = \beta I_B$
- $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = V_{CC} - \beta I_B R_C$
- $V_2 = V_{CC} - \beta R_C (V_1 - U_J)/R_B$
- $V_2 = V_{CC} - 10 (V_1 - U_J) = V_{CE} > 0$
- $V_2 = \underbrace{V_{CC} + 10U_J}_{5 + 10 \times 0.7} - 10 V_1 = V_{CE} > 0$
- $V_1 < 1.2 V$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Et vous continuez à augmenter, I_B augmente, et vous êtes simplement dans cette maille qui va pousser I_B à augmenter, et vous n'avez plus qu'un effet de transistor, il est remplacé par un court-circuit. Donc la saturation d'un transistor n'est pas un fait lié au transistor, c'est le circuit dans lequel vous l'avez mis, et les valeurs des éléments qui lui imposent cette saturation. J'aimerais attirer votre attention sur ce facteur 10, que je vois là, avec un signe moins qui est devant. Donc, si vous regardez V_2 vs V_1 , ce qu'on cherche à obtenir, on trouve une composante DC. Ça, c'est $5 + 7$. Donc, on a ici une composante entièrement DC, ça ne se modifie pas, c'est tout le temps comme ça. Moins $10 \times V_1$. Donc, chaque fois que vous augmentez le V_1 , vous allez soustraire de cette quantité une quantité $10 \times V_1$. Mais je vous amène à vous rappeler de ce $10 \times V_1$. Donc, V_2 est liée à 10, en valeur absolue, par rapport à V_1 , et c'est ça qu'on va appeler plus tard le gain de votre transistor. Et c'est là où votre transistor va travailler comme amplificateur. On va le voir tout de suite après.

Notes

Summary

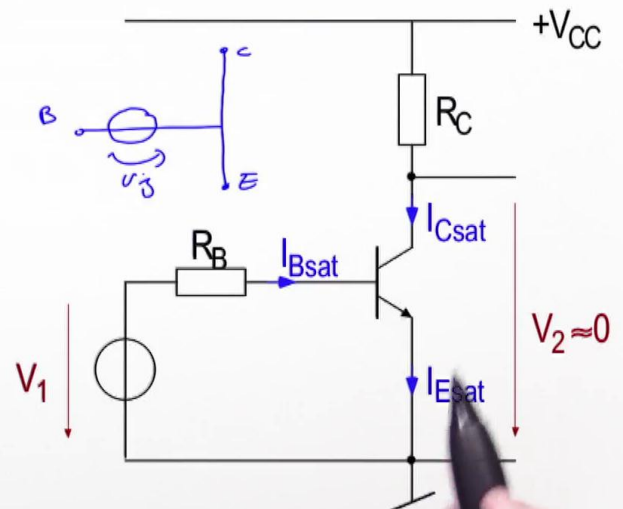


25m 07s

Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Transistor en saturation ($V_2=V_{CE} \approx 0$):

- $I_{Bsat} = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat})/R_C \approx V_{CC}/R_C$
- $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$
- $V_1 > U_J + V_{CC}R_B/\beta R_C$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

ronique II

Voilà votre transistor. Si vous avez fait ce que j'ai expliqué tout à l'heure, vous avez augmenté tellement le courant que V_2 est court-circuité par le fait que R_C est devenu très grande. Donc $V_2 = 0 = V_{CE}$, votre transistor est bel et bien en saturation. Et si votre transistor est en saturation, ce qu'il va se passer dans cette maille n'est plus une maille de commande de I_C . Vous êtes obligé d'ajouter la notion de saturation, saturation, saturation, et vous vous retrouvez dans ceci. Vous vous trouvez avec votre transistor saturé, et là-dedans, $I_{B SATRB+UJ}$, ça, vous devez toujours vous rappeler que l'approximation UJ marche toujours, parce que c'est de l'exponentiel qui est toujours de l'ordre de UJ . Donc, vous allez écrire $I_{BSAT} = V_1 - U_J / R_B$. Et là, à la place de votre transistor, vous prenez le modèle qu'on avait vu juste avant, et vous remplacez votre transistor par un court-circuit entre le collecteur l'émetteur, et entre la base et l'émetteur, vous avez une tension UJ . Donc vous prenez ceci, vous le mettez à la place de votre transistor, et vous allez vous retrouver avec entre base-émetteur UJ , et vous écrivez cette loi qui est là.

Notes

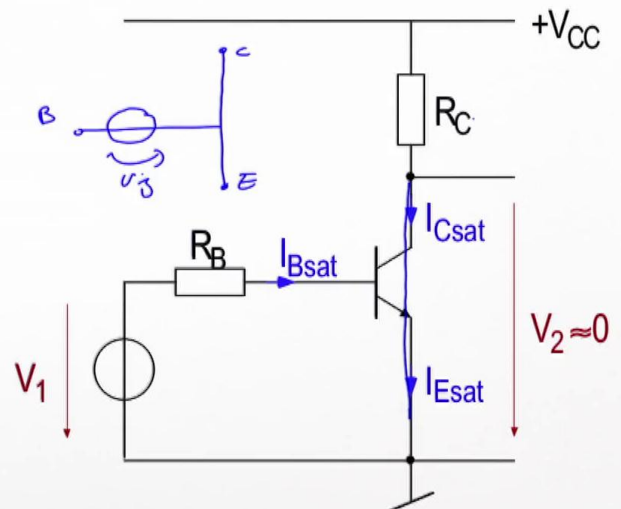
Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$

- Transistor en saturation ($V_2=V_{CE} \approx 0$):

- $I_{Bsat} = (V_1 - U_J)/R_B$
- $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat})/R_C \approx V_{CC}/R_C$
- $I_{Bsat} > I_{Csat}/\beta$
- $V_1 > U_J + V_{CC}R_B/\beta R_C$



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Et par contre, de l'autre côté, quand vous avez un court-circuit, entre collecteur et émetteur, regardez, ce transistor, c'est un court-circuit, là. Donc que $V_2 = 0$. Donc il y a, entre V_{CC} et la masse, juste la résistance R_C , qui est parcourue par ce courant I_{CSAT} . Donc ça vient là, et on a $I_{CSAT} \times R_C = V_{CC}$. Et c'est ce que j'ai écrit ici. Donc le courant I_{CSAT} , il va devenir constant, il ne peut plus augmenter. Il n'est plus commandé par le courant de base, il est égal à une constante qui dépend simplement de la valeur R_C et de la tension de l'alimentation, enfin inversement proportionnel à R_C et la tension d'alimentation V_{CC} . Cette loi-là, il n'y a plus d'égalité. Et là, vous pouvez refaire le même calcul que tout à l'heure et trouver que lorsque V_1 supérieur à ce 1,2 volt qu'on a calculé par rapport à la tension, V_2 , vous trouvez $V_2 = 0$ lorsque V_1 est supérieur à une tension qui est proportionnelle à ces valeurs qu'on a mises ici. Et votre transistor ne peut plus être utilisé dans un circuit analogique, il est plutôt dans un circuit numérique, parce que'il nous donne tension nulle, au-delà d'une certaine valeur.

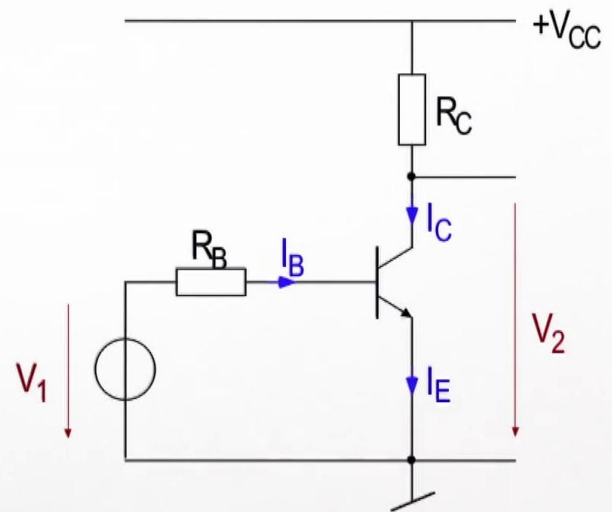
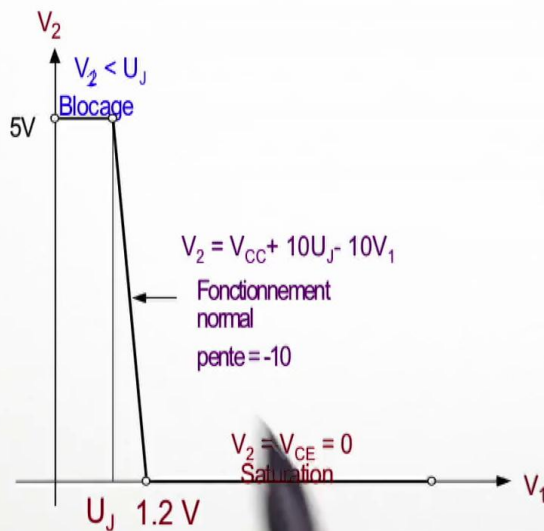
Notes

Summary



27m 49s

Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$



Electronique II

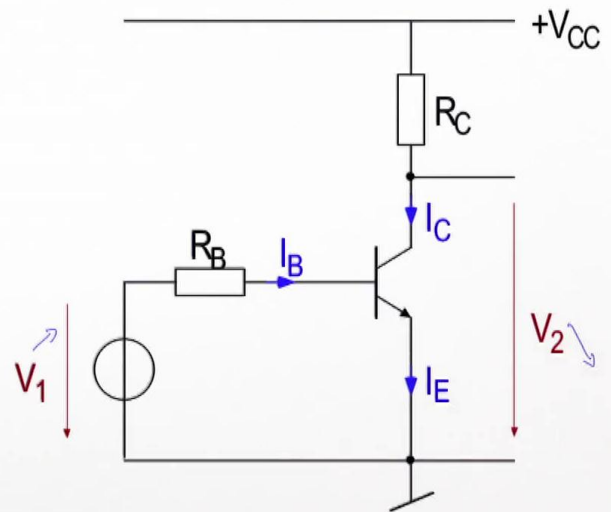
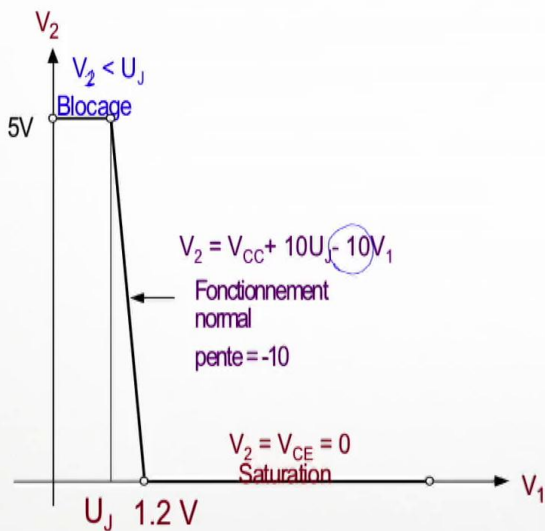
Et pour finir, je reprends le même circuit, et je commence à l'analyser dans les trois cas. Si la tension V_{BE} , il est là, qui est proportionnelle à V_1 , donc si la tension V_{BE} , là... pardon, si V_1 est inférieur à U_J , pas de courant I_B , vous avez votre transistor bloqué. Et on a dit, à ce moment-là, le schéma équivalent de votre transistor est vraiment ceci. Vous l'enlevez, ça, c'est le cas où vous êtes ici. Là, il y a une erreur. Ça, c'est la tension V_1 , ce n'est pas la tension V_2 . Donc, si la tension V_1 est inférieure à U_J , vous allez vous retrouver avec un modèle d'un transistor, on enlève. Alors après, on va regarder ce qu'il va se passer quand on commence à faire conduire le transistor. Donc on est là, dans cette partie, entre le blocage et la saturation, il y a une partie ici. On a une relation linéaire entre V_2 et V_1 , et on l'avait calculée. La tension linéaire entre V_2 et V_1 , je vais continuer à corriger cette erreur de frappe, ça c'est V_1 . Donc, lorsque V_1 dépasse la tension U_J , votre transistor, il commence à conduire, et il agit en mode normal. Donc, c'est une source de courant. Et tout à l'heure, on a sorti cette expression, si vous vous souvenez bien.

Notes

Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$



Electronique II

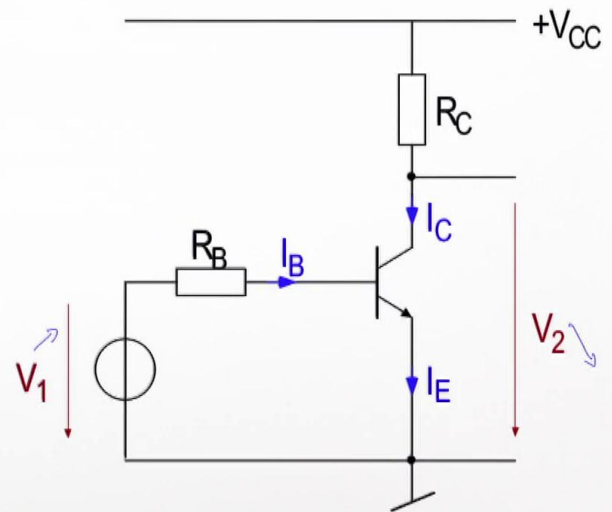
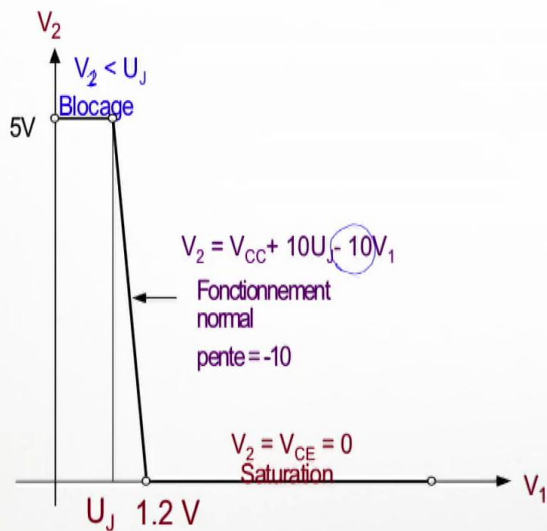
Et j'ai insisté sur la notion de $10 \times V_1$, avec un signe moins, et on le voit ici. Donc, vous allez vous retrouver avec une tension V_2 proportionnelle à moins de $10 \times V_1$ plus une certaine constante. C'est ce qui fait que la droite que vous voyez là ne passe pas par l'origine, parce qu'il y a un composante DC. N'empêche, on a une pente qui est égale à -10 . Donc la tension V_2 par rapport à V_1 , c'est, il y a un signe moins, quand l'un augmente, l'autre diminue. Et il le multiplie, la tension $V_2 = 10 \times V_1$. C'est génial. On a fait un ampli. Donc, ce que vous mettez ici, vous le trouvez 10 fois, multiplié par ce qui est dans ce schéma-là, à la sortie V_2 . Et vous le trouvez inversé. Donc, s'il s'agit d'une tension sinusoïde, il y va avoir un déphasage de 180° qui est dû à ce signe moins. Maintenant, quand vous arrivez, vous continuez à augmenter V_1 . Alors, la tension V_2 baisse avec, il y a le signe moins. La tension aux bornes de R_C augmente avec, jusqu'à ce que vous retombiez sur une tension dans laquelle $V_2 = 0$. Donc, votre transistor est court-circuité. S'il est court-circuité, $V_2 = 0$, on est là, et votre transistor est saturé.

Notes

Summary



Exemple: Caractéristique de transfert $V_2=f(V_1)$



Electronique II

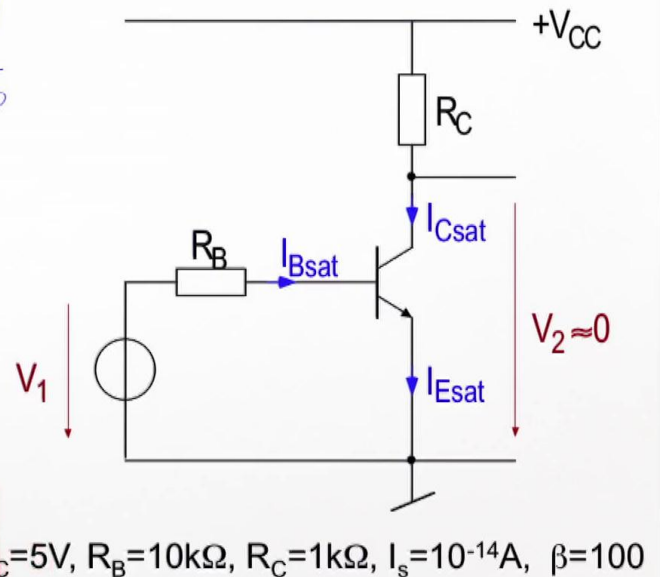
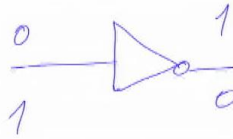
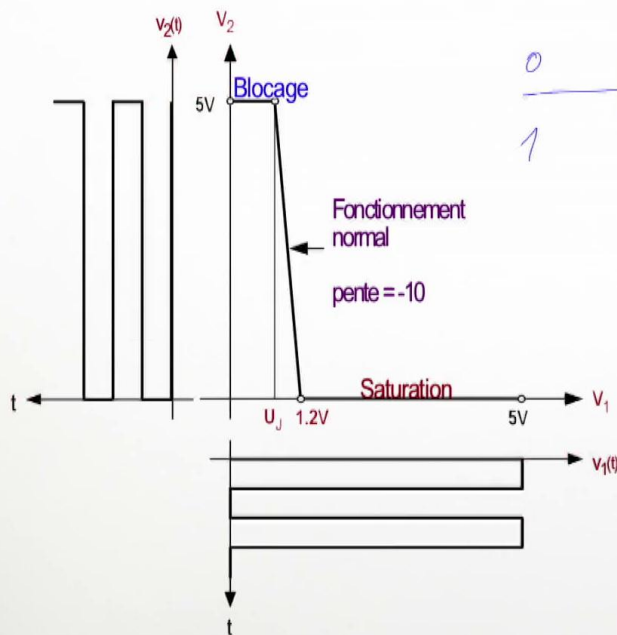
Et quand votre transistor est saturé, ici, nous ne pouvons plus lier I_C à I_B , parce que I_C est proportionnel à une valeur $I_C \times R_C = V_{CC}$. C'est ce qu'on vient de voir. J'aimerais bien prendre le temps et insister sur les trois modes qu'on voit là. Blocage, la partie dite analogique de l'utilisation, dans laquelle on a fait un amplificateur, où la tension de sortie est multipliée par une constante qui dépend des valeurs R_C et R_B , et qui multiplie la tension V_1 . C'est là où on va utiliser le transistor comme amplificateur, et plus loin on a le transistor qui est saturé. Donc, quand je vois ce schéma-là, et je veux parler d'un transistor qui est utilisé comme ampli, qu'on va voir tout le long de ce cours, plus tard, il faut toujours vérifier que votre transistor n'est ni bloqué ni saturé. Si vous reprenez ces deux mots, vous dites: "Si mon transistor n'est ni bloqué ni saturé, mon transistor est en fonctionnement normal", et il correspond à son utilisation comme amplificateur, avec les schémas d'amplificateur que nous allons étudier plus tard.

Notes

Summary



Inverseur logique



Electronique II

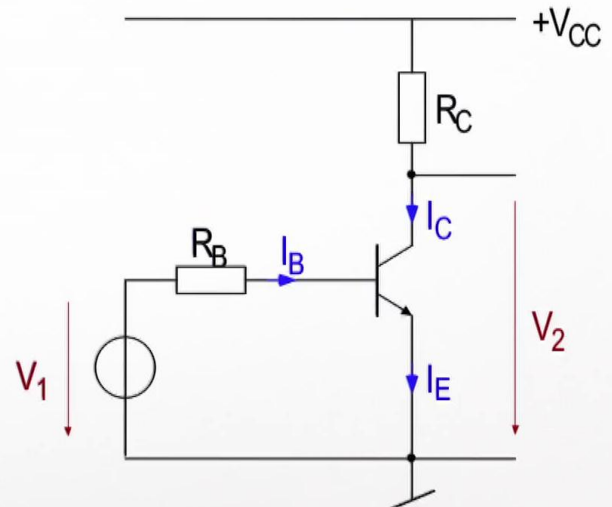
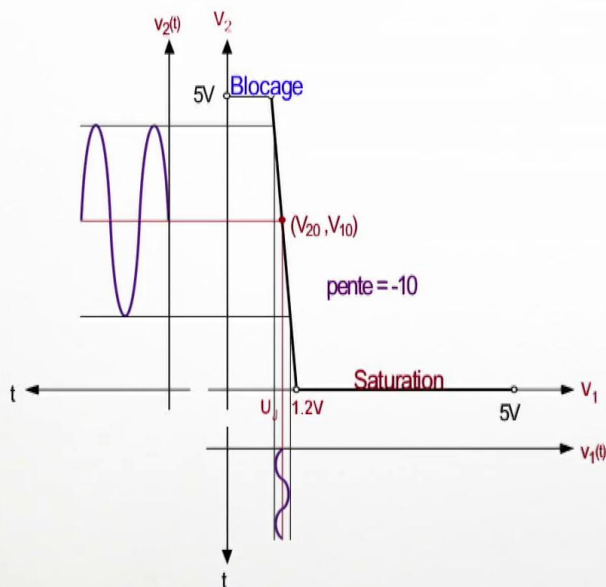
Si par contre votre transistor est bloqué ou saturé, l'utilisation de votre transistor, c'est simplement comme circuit numérique, et il agit comme un inverseur. Si vous injectez une tension V_1 , un signal binaire, qui oscille entre 1 et un 0, vous allez voir une tension V_2 qui est aussi binaire. C'est comme si vous aviez réalisé un montage inverseur logique, qui est comme ceci. Et ce que vous mettez comme état binaire, vous retrouvez l'état opposé, donc un 0 nous donne un 1, et un 1 nous donne un 0. Et c'est ça, c'est le comportement de votre transistor, quand vous êtes dans l'état bloqué ou saturé.

Notes

Summary



Amplificateur de tension



$$V_{CC}=5V, R_B=10k\Omega, R_C=1k\Omega, I_s=10^{-14}A, \beta=100$$

Electronique II

Si vous voulez utiliser votre transistor, si votre transistor est en mode normal, là, vous allez mettre des variations de tensions sur V_1 tellement faibles, c'est inférieur à la tension thermodynamique de 26 millivolts, et comme il y a une pente, vous allez retrouver à la sortie une tension linéaire, qui est la tension V_2 , qui transforme la variation V_1 en une variation V_2 , qui est 10 fois supérieure, parce qu'on a un facteur de multiplication est égal à 10. Mais alors c'est là où on voit l'utilité de polariser le transistor. L'une des choses dont on va discuter en long et en large, c'est que si on veut avoir un signal dont la dynamique ou dans la variation se situe dans une certaine plage, on est obligé d'imposer à ce transistor un courant et une tension continue. Donc, il va y avoir un courant qui le traverse I_{C0} pour un courant I_{B0} , et puis il va y avoir une tension V_{10} , qui va lui permettre de se trouver dans une plage que toutes petites variations qu'on impose ici se transforme en une variation qu'on trouve à la sortie. Et on parle maintenant d'un amplificateur de tension. Et c'est un ampli qui a un gain.

Notes

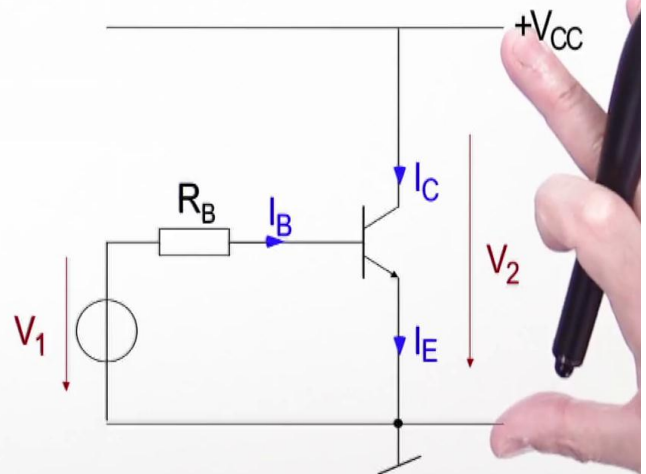
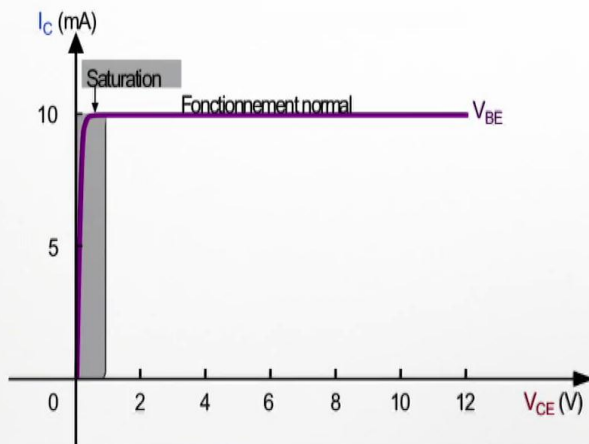
Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor est en régime de fonctionnement normal

- $V_{CE} = V_2 = V_{CC} = 10V$



Electronique II

Pour terminer et résumer tout ce qu'on vient de voir, et vraiment fixer l'idée sur qu'est-ce que c'est qu'un régime de fonctionnement d'un transistor, je veux reprendre le schéma. Dans ce schéma, je n'ai pas, mais la résistance R_C , j'ai pris le transistor et je l'ai mis entre la tension d'alimentation et la masse. Ça ne sert à rien, ça. Est-ce que vous avez compris que si je tire du courant de V_{CC} et que je renvoie le courant dans la masse, généralement, lire un courant est très difficile ? On le lit à travers une tension, par la loi d'ohm. Donc, il faut que je le mette dans une résistance pour pouvoir le voir. Mais si vous prenez ce schéma et que vous dites: "J'ai imposé une tension V_1 ". Je prends un exemple. Je mets V_1 est égal à peut-être 650 millivolts, quelque chose de cet ordre de grandeur, et je vois qu'il y a un courant I_B qui va passer, donc, cette jonction est de l'ordre de 0,6 à 0,7 volt. Puis, je vais avoir un courant qui passe. Est-ce que V_2 est égal à 0 ? Jamais de la vie. V_2 , dans ce cas-là, est toujours égal à V_{CC} . Donc, c'est un transistor qui est tout le temps en état normal. Il ne peut, en aucun cas, être saturé. Pourquoi ? Parce que la tension V_2 est constante et strictement positive, et égale à V_{CC} .

Notes

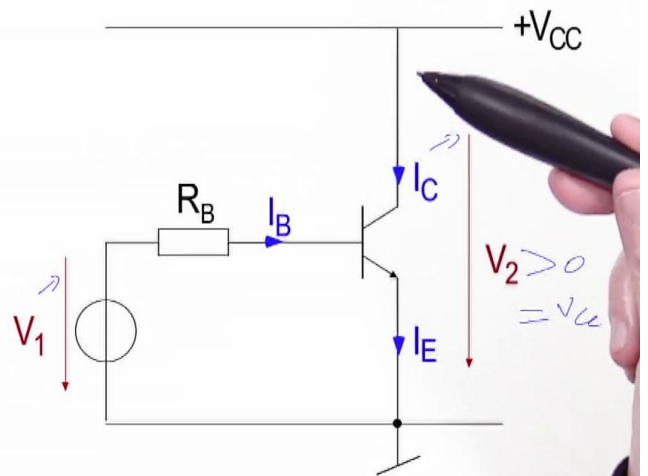
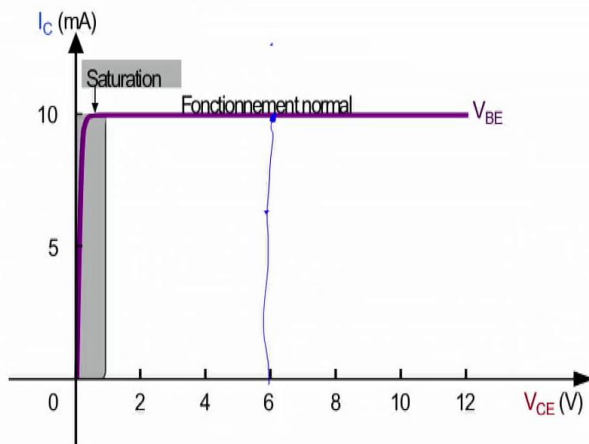
Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor est en régime de fonctionnement normal

- $V_{CE} = V_2 = V_{CC} = 10V$



Electronique II

Donc, c'est simplement pour montrer que si vous avez un transistor, que vous le branchez comme ça, donc vous avez un transistor qui ne sert à rien, parce qu'on ne peut pas lire la variation du courant. Je peux augmenter V_1 , donc j'augmente I_C , mais je n'ai pas converti I_C dans une loi d'ohm pour pouvoir le lire sous forme de tension. Donc, j'ai un courant qui augmente, mais je ne peux pas l'observer. Maintenant, je vais prendre le même schéma. Mais avant de passer sur quelque chose, donc je suis tout le temps ici, j'ai pris $V_2 = V_{CC}$, et si on dit V_{CC} est égal à 6 volts, donc je suis quelque part ici. Donc, c'est un courant qui augmente. Si maintenant, vous augmentez V_1 , vous augmentez V_{BE} avec, alors vous allez avoir cette courbe qui descend. Et vous êtes tout le temps avec un point unique, donc vous allez changer le courant I_C . Donc, si j'augmente V_1 , je vais monter le courant I_C . Et si je baisse V_1 , je vais baisser le courant I_C . Donc, je n'observe que la variation du courant, à condition que je regarde ça avec ampèremètre. Je reprends la même chose, et je vais simplement ajouter une résistance ici.

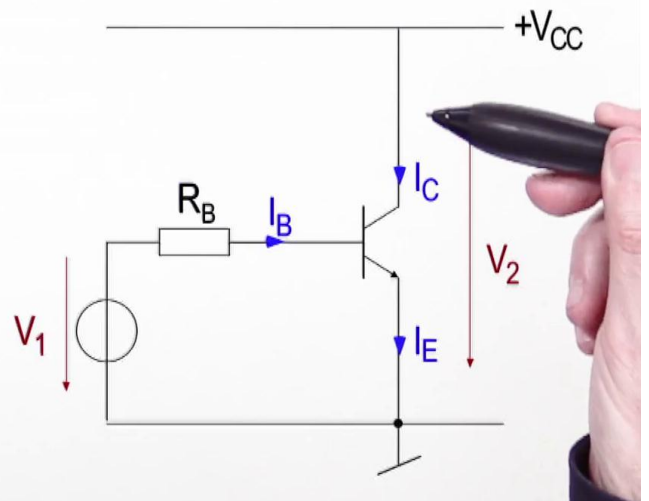
Notes

Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor est en régime de fonctionnement normal
 - $V_{CE}=V_2=V_{CC}=10V$
 - Avec : $V_{CC}=10V$, $V_1=3V$, $R_B=1M\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$
 - $V_1=I_B R_B+U_J \rightarrow I_B=(V_1-U_J)/R_B$
 - $I_B=2.3\mu A$ et $I_C=\beta I_B=0.46mA \approx I_E$



Electronique

Donc, je reprends ce transistor, et je vais, si je le calcule comme ça sans lui ajouter une résistance, en prenant les valeurs numériques qui se trouvent ici, je vais tomber sur un courant I_B qui va me donner un courant $I_C = I_E$. Et en l'occurrence, dans l'application numérique que j'ai mise avec des valeurs données ici, je trouve que le courant de base pour un transistor qui a un $\beta = 200$ est de l'ordre de 2,3 microampères, pour me donner un courant 200 fois supérieur, donc égal à 0,46 milliampère. Mais il ne me sert à rien, parce que je n'ai pas pu lire le courant. Je vais ajouter une résistance ici.

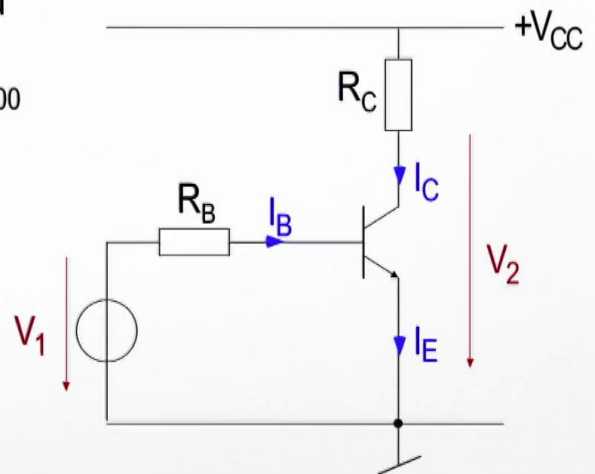
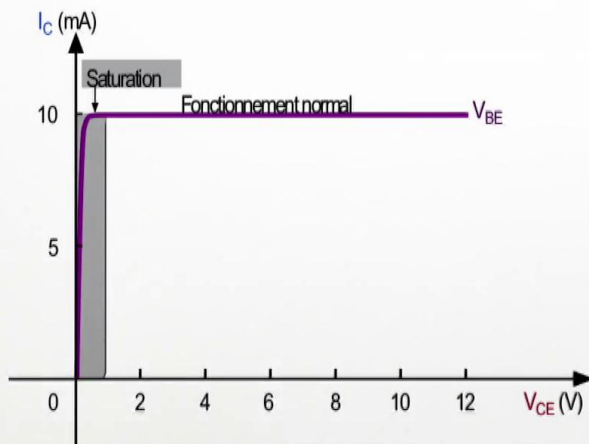
Notes

Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor peut être en mode normal ou saturé en fonction de la valeur de R_C
 - Avec : $V_{CC}=5V$, $V_1=3V$, $R_B=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$



Electronique II

Lorsque j'ajoute une résistance ici, ça change les données. Maintenant, le courant I_C n'a pas changé.

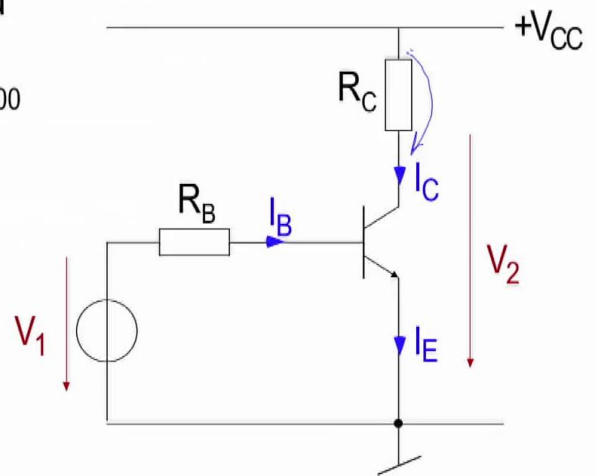
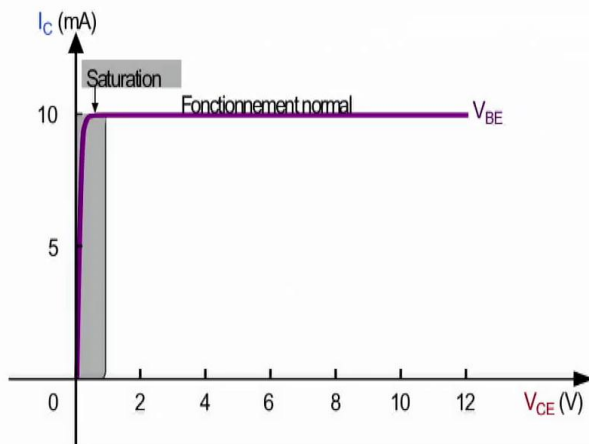
Notes

Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor peut être en mode normal ou saturé en fonction de la valeur de R_C
- Avec : $V_{CC}=5V$, $V_1=3V$, $R_B=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$



Electronique II

Je reviens en arrière, j'ai un courant $I_C = 0,46$ et maintenant, je convertis ce courant dans une résistance que j'insère là. Et cette résistance-là, elle va me convertir ce courant en une tension à ses bornes, qui est égale $I_C \times R_C$. Ça, je peux le lire. Ça, je peux très bien prendre, même injecter dans un autre étage à transistors, ici. Mais ça change les données. Est-ce que cette tension-là est très grande pour qu'elle soit de l'ordre de grandeur de V_{CC} , ce qui annule V_2 ? Et ça me sature le transistor. Ou elle est petite et elle met le transistor dans la zone linéaire? Et ça, c'est quelque chose d'extrêmement important, donc c'est moi qui ai choisi la valeur de résistance R_C , que j'ai insérée, et c'est moi qui ai décidé que $R_C \times I_C$ va avoir une certaine valeur. Et là, dans ce cas-là, on peut prendre ce même montage et faire le même calcul de tout à l'heure.

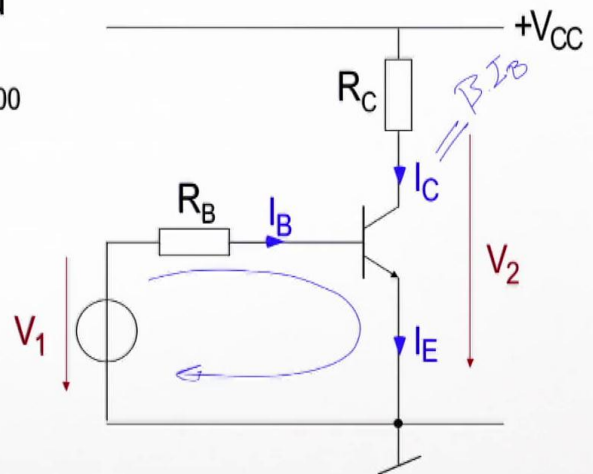
Notes

Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor peut être en mode normal ou saturé en fonction de la valeur de R_C
 - Avec : $V_{CC}=5V$, $V_1=3V$, $R_B=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$
 - $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B = 230 \mu A$
 - On suppose que $I_C = \beta I_B = 23mA$
 - $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = 5V - 230V = -225V!!!$ Donc $V_2 = V_{CE} = 0$
 - $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat})/R_C \approx V_{CC}/R_C = 0.5mA$
 - $I_{Esat} = I_{Csat} + I_{Bsat} = 0.5 + 0.23 = 0.73 mA$



Electronique II

J'ai pris une résistance R_C et j'ai mis 10 kiloohms. Là-dedans, ce côté-là, je n'ai pas modifié quoi que ce soit. Vous vous souvenez bien, on l'a dit, on raisonne toujours de ce côté et de ce côté. Je prends ce côté-là et j'écris la fameuse loi de la maille qui se trouve ici: $I_B R_B + U_J = V_1$, ce qui est écrit ici. Et j'extrais la valeur I_B . Et j'ai choisi une valeur de R_B : 10 kiloohms. Ce qui va me donner, dans ce cas-là, 230 microampères. Donc je dispose de 230 microampères qui vont circuler ici. Si ce montage-là était en mode normal, I_C devrait être égal à $\beta \times 230$ microampères qui est là. Donc fois I_B . Donc, ça va me donner un courant I_C , que je n'ai qu'à calculer, avec le β qui est égal à 200 dans l'exemple, ça va me donner 23 milliampères. J'ai imposé moi-même 23 milliampères, ici. 23 milliampères qui vont circuler dans une résistance, à qui j'ai donné une valeur de 10 kilos. Si je prends 23 milliampères, que je mets dans une résistance de 10 kilos, la loi d'ohm me dit 23×10 kilos, ils vont vous amener à une chute de tension, ou plutôt vous écrivez cette maille de là à là, vous dites $V_{CC} = R_C I_C + V_2$.

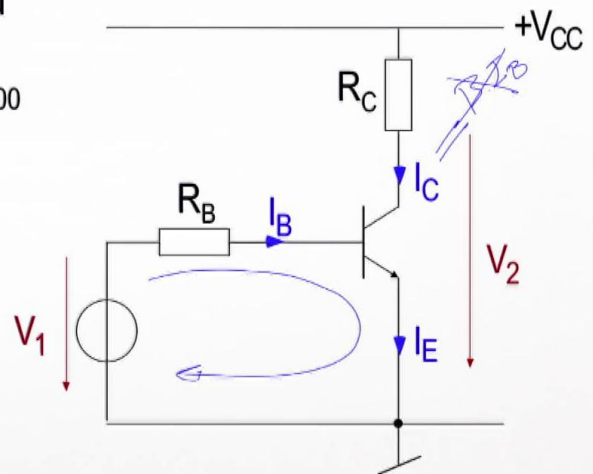
Notes

Summary



Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor peut être en mode normal ou saturé en fonction de la valeur de R_C
 - Avec : $V_{CC}=5V$, $V_1=3V$, $R_B=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$
 - $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B = 230 \mu A$
 - On suppose que $I_C = \beta I_B = 23mA$
 - $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = 5V - 230V = -225V!!!$ Donc $V_2 = V_{CE} = 0$
 - $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat})/R_C \approx V_{CC}/R_C = 0.5mA$
 - $I_{Esat} = I_{Csat} + I_B = 0.5 + 0.23 = 0.23 mA$



Electronique II

Ou bien vous le mettez $V_2 = V_{CC} - R_C I_C$, et vous écrivez ce 23 milliampères, qui multiplie la résistance de 10 kilohms ici, et vous allez vous retrouver avec une chute de tension sur $V_2 = -225$ volts. Donc, c'est impossible. Quand vous alimentez un transistor avec 5 volts, il y a une supposition qu'on vient de faire, qui n'est pas correcte, c'est de dire βI_B est valable. Pourquoi ? Parce que j'ai trouvé qu'en alimentant à 5 volts $V_2 = -225$ volts, donc pas possible. Donc, il y a une supposition que je viens de faire qui n'est pas correcte: c'est $I_C = \beta \times I_B$. Pourquoi ? Parce que quand j'ai ajouté R_C et que ce R_C , par un courant qui traverse, a imposé $V_2 = 0$, vous vous rappelez que cette chute de tension est très grande, et qui a saturé le transistor. Donc en réalité, $V_2 = V_{CE} = 0$. Donc cette loi-là n'est pas du tout correcte, dans cet exemple, ici. Donc vous allez vous retrouver avec plutôt autre chose, vous allez dire I_{CSAT} est limité. Le courant, ici, ne peut jamais atteindre la valeur que je viens de calculer qui est là, il est sûrement inférieur. Pourquoi ? Parce que la valeur maximale de ce courant, c'est lorsque le transistor sature.

Notes

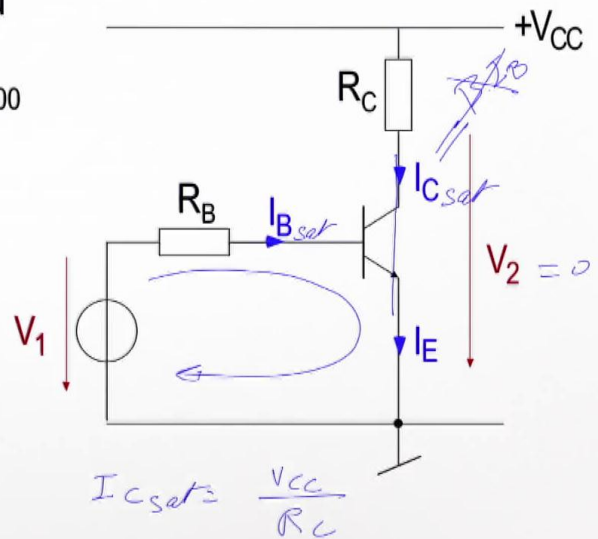
Summary



40m 37s

Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor peut être en mode normal ou saturé en fonction de la valeur de R_C
 - Avec : $V_{CC}=5V$, $V_1=3V$, $R_B=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$
 - $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B = 230 \mu A$
 - On suppose que $I_C = \beta I_B = 23mA$
 - $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = 5V - 230V = -225V!!!$ Donc $V_2 = V_{CE} = 0$
 - $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat})/R_C \approx V_{CC}/R_C = 0.5mA$ ✓
 - $I_{Esat} = I_{Csat} + I_{Bsat} = 0.5 + 0.23 = 0.73 mA$



Electronique II

Donc quand là, j'ai un court-circuit, et je peux écrire qu'à ce moment-là, $V_2 = 0$, et $I_{CSAT} \times R_C$ ne peut être égal à V_{CC} . Et c'est le maximum que je peux obtenir. Donc ça va me donner un courant I_{CSAT} qui va être une constante égale à V_{CC}/R_C . Et c'est le maximum du courant que je peux avoir. Et au moment où j'arrive à ce courant-là, il se stabilise, là. Le transistor n'est plus source de courant, et le transistor va agir en mode saturé, et je peux continuer à augmenter I_B , mais qui n'a plus d'impact sur la sortie. Donc, je tombe sur un courant de 0,5 millampère, donc je suis loin de ces 23 millampères que j'ai supposé que ça doit être le cas, si le transistor n'avait pas été saturé. Et ça, c'est juste. Et maintenant, si je veux calculer I_B , je n'ai pas le droit de diviser I_{CSAT} par β . Je suis obligé de prendre la maille qui est ici, et dire quelle est la valeur de I_B . D'ailleurs, on l'a calculée, il est là. Et c'est sûr que ce I_E est égal à la somme de ça plus ça, qui va donner I_E . Il n'est pas du tout égal à I_{CSAT} . J'espère qu'avec cet exemple-là, vous avez réussi à comprendre que c'est plus les valeurs que vous donnez vous-même que vous pouvez saturer un transistor ou amener votre transistor à fonctionner en mode normal, ou à le bloquer.

Notes

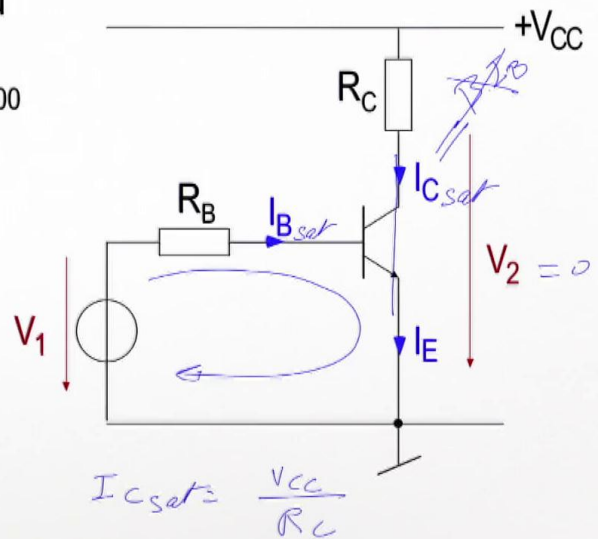
Summary



41m 55s

Exemple : régime de fonctionnement

- Ce transistor peut être en mode normal ou saturé en fonction de la valeur de R_C
 - Avec : $V_{CC}=5V$, $V_1=3V$, $R_B=10k\Omega$, $R_C=10k\Omega$, $I_s=10^{-14}A$ et $\beta=200$
 - $V_1 = I_B R_B + U_J \rightarrow I_B = (V_1 - U_J)/R_B = 230 \mu A$
 - On suppose que $I_C = \beta I_B = 23mA$
 - $V_2 = V_{CC} - I_C R_C = 5V - 230V = -225 V!!!$ Donc $V_2 = V_{CE} = 0$
 - $I_{Csat} = (V_{CC} - V_{CEsat})/R_C \approx V_{CC}/R_C = 0.5mA$ ✓
 - $I_{Esat} = I_{Csat} + I_{Bsat} = 0.5 + 0.23 = 0.73 mA$



Electronique II

C'est vous qui le décidez, en fonction de ces différentes valeurs de résistance que vous aurez choisies. Cette semaine, on a parcouru l'ensemble des modes de fonctionnement de transistors, on a étudié en détail les différentes caractéristiques électriques du transistor, et on a pu tirer des conclusions assez utiles comme introduction, pour dire qu'un transistor, bien sûr, il a des modes de fonctionnement qui sont surtout dépendants des circuits dans lesquels on va les mettre. Et que c'est surtout les calculs des éléments et des composants qu'on va mettre autour qui vont nous permettre de faire des schémas électriques qui tiennent la route. Soit on veut l'utiliser en mode analogique et on fait un ampli, et on doit le polariser, et il va avoir un gain, et c'est un gain linéaire. Soit on l'utilise en mode bloqué ou saturé et là, il serait utile pour faire un interrupteur ouvert ou fermé, donc utile pour des circuits logiques.

Notes

Summary



43m 23s