





- Applications linéaires
- Applications non-linéaires
- Générateurs de signaux

Electronique I

Bonjour tout le monde. Aujourd'hui nous aborderons des applications des amplificateurs opérationnels (AOP). On en a déjà vu plusieurs applications. Aujourd'hui on va faire toute une série. On va commencer par des applications linéaires. Ensuite on va regarder une série d'applications non-linéaires. On va finir par une application un petit peu spécifique qui demande à un circuit de générer un signal à la sortie et qu'on appelle générateur de signaux.

Notes

Summary

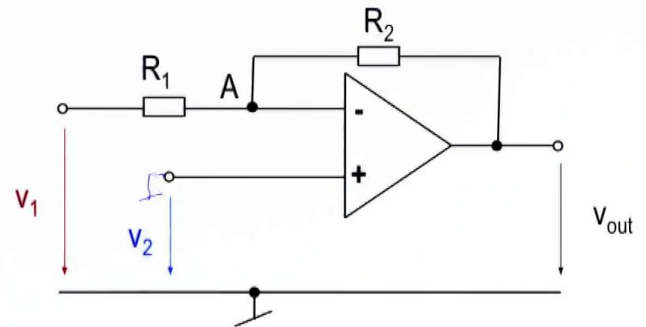


0m 04s

# Amplificateur différentiel

Objectif:  $v_{out} = A_D (v_2 - v_1)$

$$v_{out} = v_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1} - v_1 \frac{R_2}{R_1}$$



Electronique I

Pour commencer avec une première application de l'AOP dans la série des applications linéaires, je souhaite reprendre un schéma que l'on a déjà étudié. C'est un schéma où l'on avait vu que l'AOP contre-réactionnait. On a donc les deux résistances, avec un retour de la sortie vers la borne négative. Et une entrée positive, utilisée directement par un signal, on va l'appeler un AOP ayant deux entrées avec une contre-réaction négative. Et je souhaite faire avec ça une application dans laquelle la tension de sortie  $V_{out}$  est proportionnelle à la fois à  $V_1$  et de  $V_2$ , ce qui est le cas de ce montage. Mais j'aimerais bien trouver une relation qui corresponde à une tension  $V_{out}$  qui est égale à une constante qui multiplie la différence de  $(V_2 - V_1)$  ou de  $(V_1 - V_2)$ . Le schéma qui est représenté ici a déjà été représenté avant. Il s'agit d'une sortie qui dépend de  $V_2$  et de  $V_1$ . Souvenez-vous, quand on avait abordé ça on avait appliqué le principe de superposition : on avait pris la tension  $V_2$  et on l'avait connectée à la masse. Et on avait vu qu'en connectant la tension  $V_2$  à la masse on trouvait avec ça une relation, ou un montage, qui est le montage inverseur.

Notes

Summary

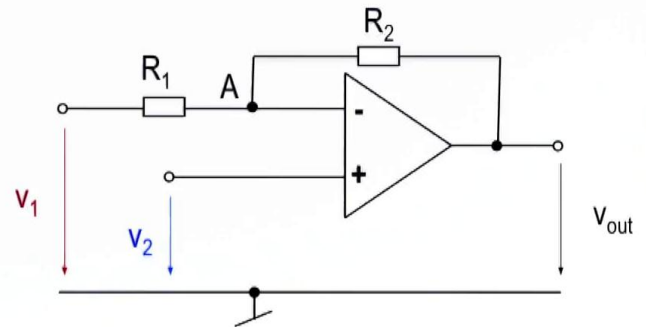


# Amplificateur différentiel

Objectif:  $v_{out} = A_D (v_2 - v_1)$

$$v_{out} = v_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1} - v_1 \frac{R_2}{R_1}$$

\*  $\frac{R_2}{R_1 + R_2}$



Electronique I

Donc  $V_{out} = V1$  fois  $R2/R1$  avec un signe - devant qu'on retrouve ici. On peut reprendre ce même schéma mais en connectant cette fois-ci  $V1$  à la masse. Donc j'aurais mis ça à la masse. Et j'observe  $V_{out} = f(V2)$ , et je vais trouver que c'est le schéma d'un AOP non-inverseur qui est égal à  $1 + R2/R1$  qui multiplie  $V2$  et le renvoie à la sortie pour trouver une tension  $V2$  proportionnelle à  $(R1 + R2)/R1$ . Donc je prends le même schéma et je voudrais le modifier, y ajouter quelque chose pour qu'à la fin au lieu d'avoir  $(R1 + R2)/R1$  et  $R2/R1$ , chaque constante multiplie la variable  $V2$  et la variable  $V1$ . J'aimerais bien le réduire à une constante qui multiplie la différence. En observant ceci, on constate quelque chose de simple. Si je viens là, je multiplie ceci par un  $R2/(R1 + R2)$ , et bien je vais pouvoir simplifier  $R1 + R2$  et je trouve  $R2/R1$  que multiplie  $V2$  et  $R2/R1$  que multiplie  $V1$ . ça y est j'ai obtenu  $V_{out} = R2/R1$  qui correspond à ce  $A(D)$  qui est ici, et que multiplie la différence de tensions  $V2 - V1$ .

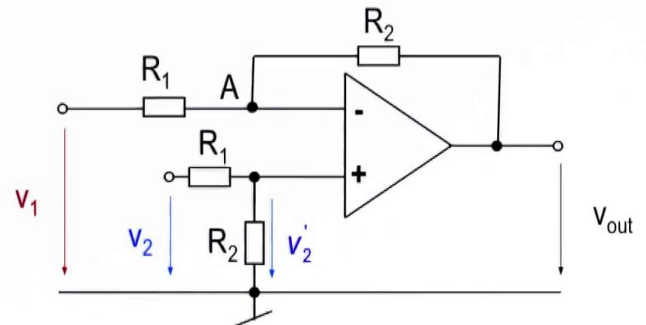
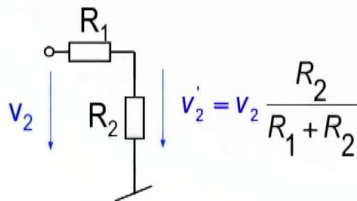
Notes

Summary



# Amplificateur différentiel

Objectif:  $v_{out} = A_D (v_2 - v_1)$



Electronique I

L'avantage d'un tel montage c'est que j'ai une tension  $V_1$  par rapport à  $V_2$  et  $V_2$  par rapport à  $V_1$ , ce qui me donne une tension flottante avec un mode commun à l'entrée, donc c'est la différence de deux tensions. C'est extrêmement utile comparé à tous ces montages qu'on a analysés avant. À chaque fois on avait une entrée, et l'entrée était par rapport à la masse. Là je ne vois pas où se trouve la masse, je vois un mode commun, et ce mode commun est une tension aux bornes de laquelle je vais pouvoir pivoter  $V_1$  par rapport à  $V_2$ . Et on l'appelle AOP, Avec une tension proportionnelle à la différence des tensions  $V_2 - V_1$ , donc : amplificateur différentiel. Voici la cellule à ajouter. Vous avez dû constater rapidement que trouver une tension qui est multipliée par  $R_2/(R_1 + R_2)$ , ça correspond à ajouter un diviseur résistif  $R_1$  et  $R_2$ , et la tension obtenue à la sortie va être la tension d'entrée  $V_2$  qui est multipliée par cette constante, à condition qu'il n'y ait bien sûr pas de courant qui sorte de ce noeud-là, et c'est le cas.

Notes

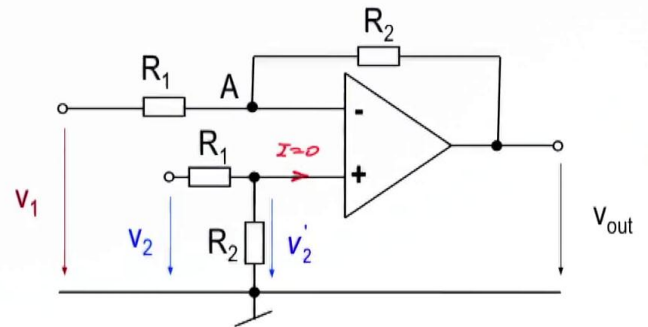
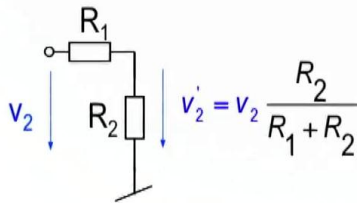
Summary



3m 26s

# Amplificateur différentiel

Objectif:  $v_{\text{out}} = A_D (v_2 - v_1)$



Electronique I

Car le courant que nous observons ici, c'est un courant  $i = 0$  donc je ne risque pas du tout de fausser la valeur de  $v'_2$  par rapport à  $v_2$ , et qui n'est rien d'autre que  $R_2/(R_1 + R_2)$ . Et ça y est, notre montage s'appelle l'amplificateur différentiel qui va appliquer une tension  $v_1$  par rapport à  $v_2$  et le multiplier par la constante qu'on va calculer tout de suite et qui va être  $v_{\text{out}}$  proportionnelle à ceci.

Notes

Summary



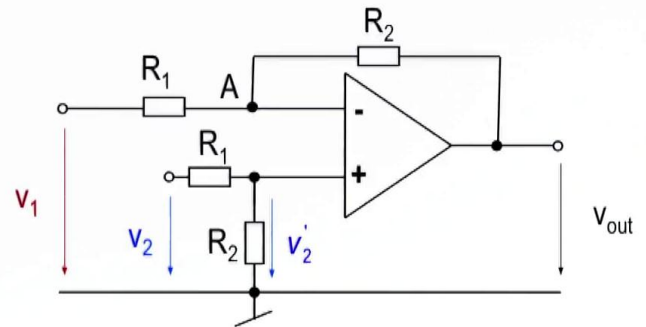
4m 34s

# Amplificateur différentiel

Objectif:  $v_{out} = A_D (v_2 - v_1)$

$$v_{out} = v_2' \frac{R_1 + R_2}{R_1} - v_1 \frac{R_2}{R_1}$$

$$v_{out} = v_2 \frac{R_2}{R_1 + R_2} \frac{R_1 + R_2}{R_1} - v_1 \frac{R_2}{R_1} = \frac{R_2}{R_1} (v_2 - v_1)$$



Electronique I

Même explication, mais cette fois-ci par rapport à l'amplificateur avec sa tension  $V_1$  mais sur la borne positive cette fois-ci, la tension qui apparaît est  $V_2$ . Et je remplace  $V_2$  qui multiplie le  $(R_1 + R_2)/R_1 - V_1 R_2/R_1$ , ce qu'on vient de voir tout à l'heure. Et il suffit que je remplace  $V_2$  par sa valeur. Donc le  $V_2$  ça va être le  $V_2 R_2/(R_1 + R_2)$ . Une fois que j'ai remplacé  $V_2$  par cette valeur-là, donc ça c'est le  $V_2$  qui est ici, je le remplace par sa valeur, et ça y est, je vais pouvoir simplifier par  $R_1 + R_2$  et je tombe sur  $V_2$  fois  $R_2/R_1$  moins  $V_1$  fois  $R_2/R_1$  ce qui me permet de mettre  $R_2/R_1$  en évidence et de trouver  $V_2 - V_1$  que multiplie une constante. Et ça y est, je trouve que  $A(D)$  est égal à  $R_2/R_1$ .

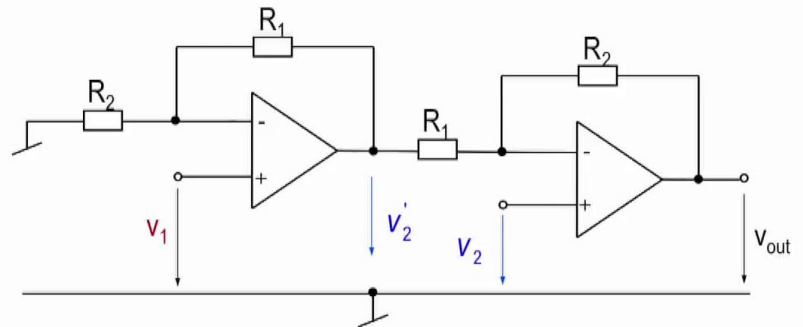
Notes

Summary



# Variante à impédance d'entrée infinie

$$V_2' = V_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$



$$R_{in} = \infty !!!!$$

Electronique I

En résumé nous avons quelque chose qui correspond à ceci. Donc on a trouvé la tension de sortie proportionnelle à la différence de la tension à l'entrée. Bien sûr il n'y a pas une tension positive ou négative. Il suffit d'inverser  $V_1$  et  $V_2$  ou  $V_2$  et  $V_1$  et la sortie  $V_{out}$  va changer de phase en fonction des natures des tensions que nous avons mis à l'entrée  $V_1$  et  $V_2$ . Il faut juste mentionner une chose concernant ce montage. Un courant va passer par ici et un courant va passer par-là. On voit bien qu'il y a une impédance  $R_1$  sur ce chemin-là. La tension  $A$  et  $A$  est la même, donc l'ampli avec un gain infini va égaliser ce noeud-ci et ce noeud-là. Et on a un amplificateur différentiel ayant une résistance d'entrée égale à 2 fois cette résistance  $R_1$ . Donc nous avons un courant qui va être débité par la source. Ce n'est pas une entrée infinie, c'est une entrée finie qui est faussée ou impactée par la valeur de la résistance  $R_1$  qu'on aurait choisie pour placer ici. Et bien on va remédier à cette histoire d'impédance d'entrée d'un amplificateur différentiel à l'entrée.

Notes

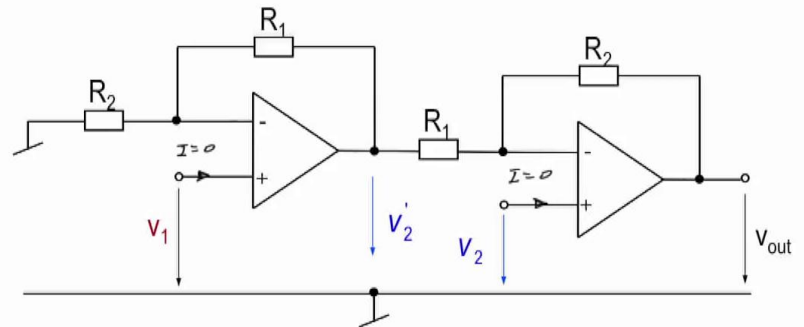
Summary





# Variante à impédance d'entrée infinie

$$V_2' = V_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$



$$R_{in} = \infty !!!!$$

Electronique I

On souhaiterait qu'une des tensions voie une impédance d'entrée infinie, c'est-à-dire pas de courant ici,  $i = 0$ . Et pareil pour la source de tension  $V_2$ , on va faire en sorte de ne pas prendre de courant depuis la source qu'il y a avant. On a choisi ce montage, c'est un montage connu, pas très utilisé. Je vais commenter tout à l'heure pour dire pourquoi on ne l'utilise pas très souvent. Par contre il a cette caractéristique d'être très didactique. Il nous permet de voir que lorsque on prend un amplificateur non-inverseur tel que ceci, on observe la tension qu'il y a à sa sortie  $V_2'$  en fonction de la tension qu'on a branchée à l'entrée, qui est  $V_1$ . Et bien c'est ce qui est écrit ici. La tension  $V_2'$ , ce n'est rien d'autre que la tension  $V_1$  multipliée par le gain de cet ampli qui est  $1 + R_1/R_2$ , et le voilà. On prend cette tension et on va l'appliquer à l'entrée de l'AOP où on va utiliser les deux entrées  $V_2$  et  $V_2'$ . Donc le deuxième AOP qui est là va prendre la tension  $V_2'$  qui est là et il a aussi la tension  $V_2$  et il va effectuer ce qu'on connaît de ce genre d'AOP à deux entrées, il va nous mettre à la sortie une tension  $V_{out}$  proportionnelle à la tension  $V_2$ , celle qui est ici, multipliée par le gain.

Notes

Summary

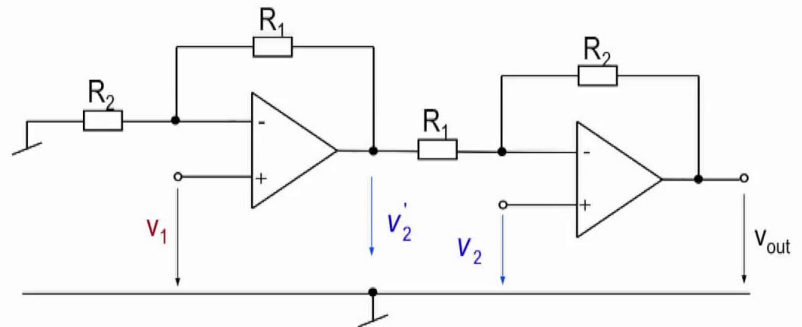


7m 26s

# Variante à impédance d'entrée infinie

$$V_2' = V_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$V_{out} = V_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1} - V_2' \frac{R_2}{R_1}$$



$$R_{in} = \infty !!!!$$

Electronique I

Donc on fait comme d'habitude le principe de superposition, on annule  $V_2'$  puis après on va annuler  $V_2$  et on va se trouver avec un ampli inverseur qui va nous donner  $V_2'$  fois  $R_2/R_1$ . Et  $V_2'$ , en effet, c'est cette tension que vous avez ici. Donc le  $V_2'$  branché ici sera multiplié par  $R_2/R_1$ . Et  $V_2'$  étant proportionnelle à  $V_1$ , vous n'avez qu'à remplacer ça par ça et vous verrez, vous pourrez simplifier par  $R_2$  et vous vous retrouvez avec l'expression qu'on cherche à obtenir, à savoir celle-ci. Voici la solution que nous cherchons, c'est une solution dans laquelle on a une constante. Cette constante est proportionnelle à un gain différentiel parce qu'elle va multiplier  $V_2 - V_1$ . Et exactement ce que nous voulons obtenir c'est une différence de tension, l'une référencée à l'autre, donc c'est flottant, multiplié par une constante différentielle, que nous allons déterminer en fonction des deux résistances  $R_1$  et  $R_2$ . Mais par contre le plus intéressant de toute cette histoire c'est que  $R_{in}$ , dans ce cas-là, est infinie. Pourquoi on n'utilise pas très souvent ce montage ?

Notes

Summary



8m 48s

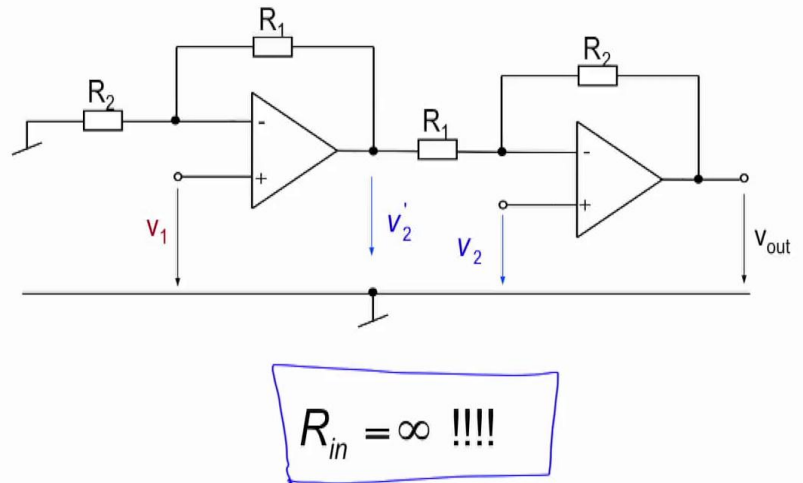
# Variante à impédance d'entrée infinie

$$v_2' = v_1 \frac{R_1 + R_2}{R_2}$$

$$v_{out} = v_2 \frac{R_1 + R_2}{R_1} - v_2' \frac{R_2}{R_1}$$

$$v_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} (v_2 - v_1)$$

*AD*



Electronique I

Ce montage ne représente pas une facilité d'implémentation sur du silicium, car on cherche souvent à avoir des montages symétriques, où on a les mêmes composants, où géométriquement quand on les implémente sur du silicium on a un axe de symétrie, ce qui n'est pas le cas ici. On a deux AOP qui se suivent l'un derrière l'autre, et on a des résistances. En effet cette résistance est égale à celle-ci, mais elles sont permutées, elles ne sont pas à la même place : la résistance  $R_2$  fait la contre-réaction ici, par contre là, c'est la résistance  $R_1$ . Donc c'est un montage qui nous pose des problèmes d'appariement. Plus tard si vous faites de la micro-électronique vous comprendrez ce que je raconte ici en termes d'appariement, parce que la variabilité des composants est absorbée par la valeur relative de ces composants.

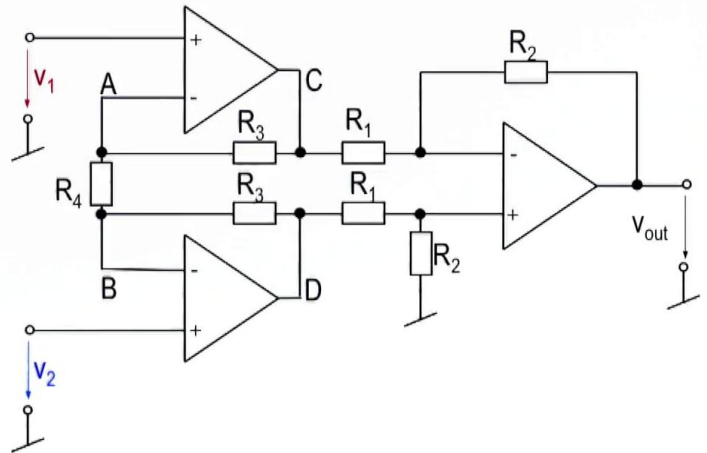
Notes

Summary



# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Applications: Amplificateurs d'instrumentation, préamplificateur pour microphone, etc.
- Intérêt:
  - Structure symétrique
  - Appariement de  $R_1$  et  $R_2$  moins critique
  - La résistance  $R_4$  pourrait être externe



Electronique I

Notes

Le montage que nous voyons ici est d'une importance extrême par rapport à ce que nous venons de voir, parce qu'il a une caractéristique très intéressante : sa facilité à l'implémenter sur du silicium et de garder un axe de symétrie en mettant des structures qui sont similaires. Regardez, si on passe un axe de symétrie par-là, nous allons voir, si on fait abstraction de la résistance  $R_4$ , que  $R_3$  est répété deux fois, de même  $R_1$ ,  $R_2$ , un AOP ici, le même AOP répété une deuxième fois, et ceci qui est ajouté à la fin qui a moyen de faire passer un axe de symétrie dedans. Pourquoi on insiste sur cette notion de symétrie ? Parce que c'est une structure, une fois réalisée sur du silicium, qui nous permet de réaliser un circuit où l'absorption de l'erreur absolue est compensée par des erreurs relatives. On les appelle des erreurs d'appariement parce que nous pouvons apparier des résistances beaucoup plus quand on a une valeur relative, donc la même résistance  $R_3$  répétée deux fois, même si la valeur absolue de  $R_3$  est une erreur, la résistance  $R_3$  est similaire de part et d'autre grâce au fait que tout ça ait été répété deux fois symétriquement.

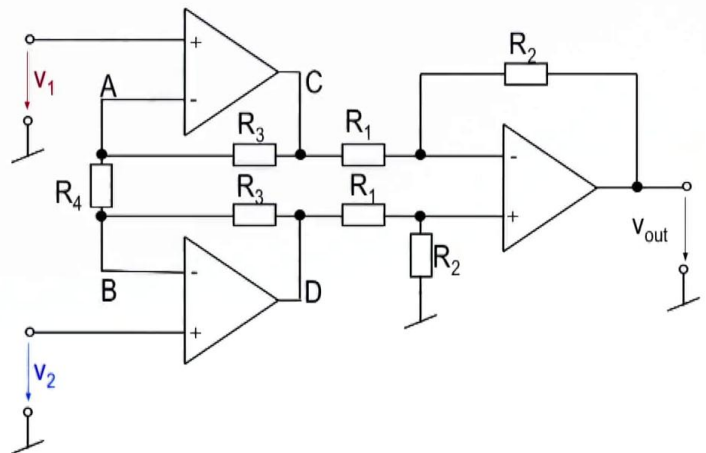
Summary



10m 56s

# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Applications: Amplificateurs d'instrumentation, préamplificateur pour microphone, etc.
- Intérêt:
  - Structure symétrique
  - Appariement de  $R_1$  et  $R_2$  moins critique
  - La résistance  $R_4$  pourrait être externe



Electronique I

Ceci nous aide à améliorer la qualité de l'amplificateur, il nous permet aussi de tendre vers une structure qui est garantie en mode commun qui serait annulé par la structure même de l'amplificateur. Et nous le trouvons dans le marché comme amplificateur d'instrumentation, il pourrait aussi être présenté comme pré-amplificateur pour microphone. N'empêche que c'est une structure qui est vendue sous forme d'un ampli intégré avec des pins extérieurs au chip et une alimentation externe. Alors on va étudier cette structure, qui servirait énormément pour des applications avec des capteurs.

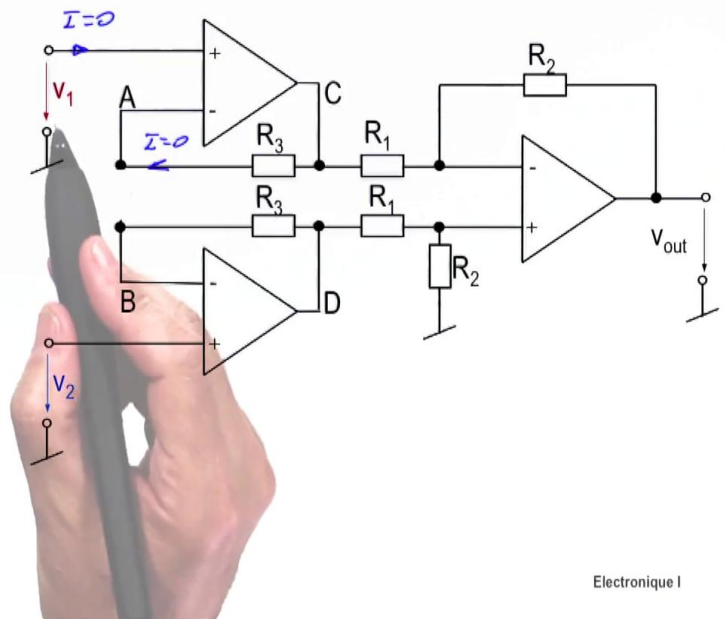
Notes

Summary



# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Avec  $V_2 = v_B$  &  $V_1 = v_A$



Electronique I

Pour commencer je vais quand même simplifier, juste pour montrer ce qui se passe si la résistance  $R_4$  n'existe pas. Supposons que cette résistance-la je l'enlève, je l'efface de mon schéma et on regarde ce qui se passe avec ce montage une fois que la résistance  $R_4$  a disparue. Si vous regardez la structure qui apparaît ici, qui est similaire à celle-ci, c'est un suiveur en tension. Donc la tension  $V_1$ , même si la résistance  $R_3$  existe, est copiée sur A. De toutes façons, le courant qui passe ici est nul, pareil de l'autre côté. Donc  $R_3$  n'agit pas du tout sur le signal  $V_1$  et copié sur le noeud A. Il n'y a pas de courant qui passe par ici donc  $V_1 = V(A)$  et  $V(A) = V(C)$ . Donc on trouve  $V_1$  qui apparaît ici. Et ça, ça joue comme un buffer, comme un tampon, qui permet de rendre l'impédance à l'entrée infinie, pas de courant. Pareil de l'autre côté. Donc la tension  $V_1$ , ou la source qui est connectée à  $V_1$ , et ce qui est connecté à  $V_2$  ou la source qui est entre  $V_1$  et  $V_2$  ne doit pas du tout fournir un courant à ce genre de montage, et nous allons reconnaître notre amplificateur différentiel qu'on avait vu au début de cette explication, cet ampli qui prend la différence de la tension et la multiplie par un gain, et ce gain est renvoyé à la sortie.

Notes

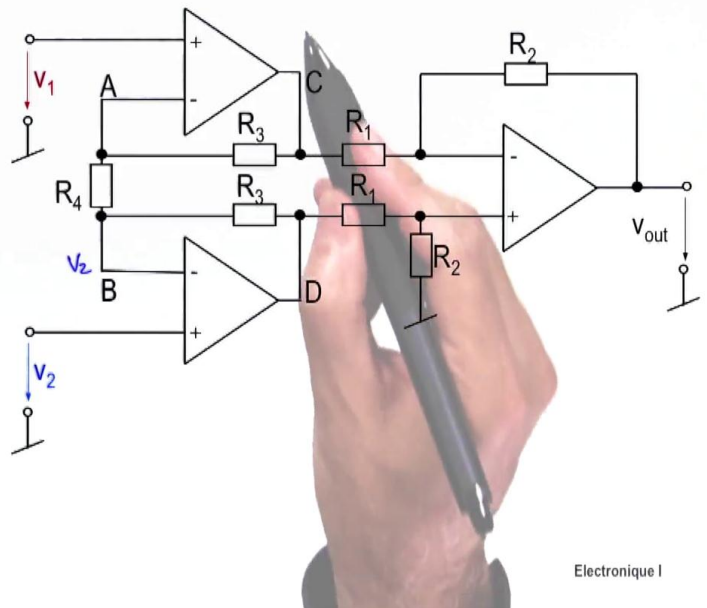
Summary



13m 02s

# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Avec  $v_2 = v_B$  &  $v_1 = v_A$



Electronique I

Je vais prendre le même montage, et je vais ajouter la résistance  $R_4$  qui pourrait être externe. Certains fabricants le vendent avec cette résistance  $R_4$  à l'extérieur pour permettre de faire un gain dans les étages d'entrée. Là on a fait juste un étage d'entrée qui ne possède pas de gain, donc la résistance  $R_3$  est ici et  $R_3$  là, on aurait pu ne pas l'utiliser, elle ne sert à rien ici. Mais supposons maintenant que nous prenions le même montage, le voici, le même montage, mais cette fois-ci avec la résistance  $R_4$ . La tension  $V_2$  est égale à la tension  $V(B)$ . La tension  $V_1$  est égale à la tension  $V(A)$ . Et nous avons une sortie  $C$  et une sortie  $D$  qui vont dépendre de  $V_1$  et de  $V_2$ . Il va de soi que quand on a une contre-réaction on applique toujours le principe de superposition. Je pense que maintenant tout le monde sait qu'on va commencer par dire  $V_2 = V(B)$ , donc comme si j'avais la tension  $V_2$  ici. Et si j'analyse l'ampli qui est là, je vais reconnaître un amplificateur à deux entrées, comme celui qu'on a vu au début de ce cours.

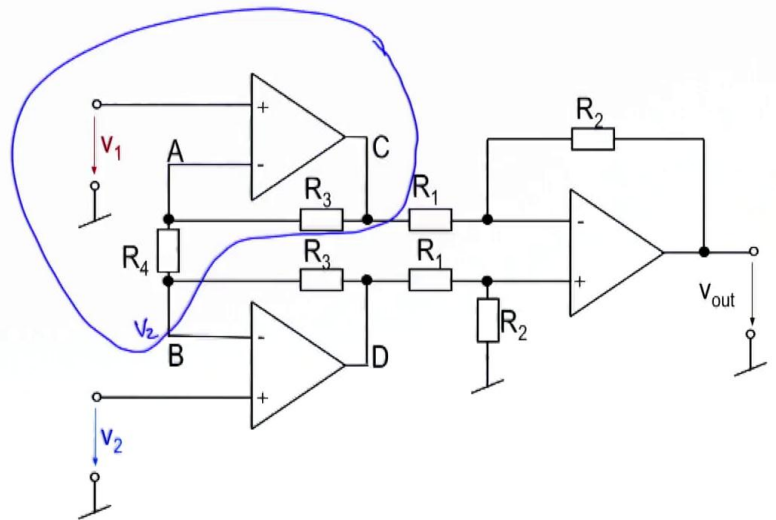
Notes

Summary



# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Avec  $v_2 = v_B$  &  $v_1 = v_A$



Electronique I

Il possède une tension  $V_1$  et une tension  $V_2$ , et on n'a qu'à écrire la relation  $V(C) = f(V_1, V_2)$ . On ferait pareil pour le deuxième amplificateur. On prendrait le deuxième amplificateur qui est en bas et on appliquerait la même chose en disant que la tension  $V_1$  est copiée sur  $V(A)$  et on aurait pris cette résistance et celle-ci et on les aurait associées à cet AOP et on aurait exprimé  $V(D) = f(V_1, V_2)$ . Donc nous allons exprimer  $V(C)$  et  $V(D)$ .

Notes

Summary





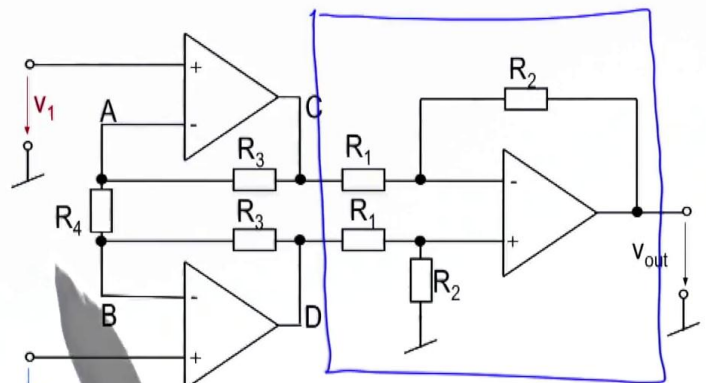
# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Avec  $V_2 = V_B$  &  $V_1 = V_A$

$$V_C = V_1 \frac{R_3 + R_4}{R_4} - V_2 \frac{R_3}{R_4}$$

$$V_D = V_2 \frac{R_3 + R_4}{R_4} - V_1 \frac{R_3}{R_4}$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_D - V_C) = \underbrace{\left( \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{2R_3}{R_4} \right) \right)}_{A_D} (V_2 - V_1)$$



Electronique I

Voici les deux tensions  $V(C)$  et  $V(D)$ . Une fois qu'on a appliqué  $V(C) = f(V_1, V_2)$  tel qu'on vient de le voir, et pareil pour  $V(D)$ , nous allons trouver que  $V(C)$  est proportionnelle à  $V_1$  multipliée par  $(R_3 + R_4)/R_4 - V_2$  fois  $R_3/R_4$ . Pareil pour  $V(D)$ . Et une fois qu'on a  $V(C)$  et  $V(D)$  nous allons prendre notre montage d'amplificateur différentiel qui est là, et on va lui appliquer  $V(C)$  et  $V(D)$  et utiliser la relation que nous avons trouvée tout à l'heure. Donc nous allons trouver  $V_{out} = f(V(D), V(C))$ . Et étant donné que  $V(D)$  et  $V(C)$  vont dépendre de  $V_1$  et de  $V_2$ , voici la relation finale que nous allons trouver entre  $V_{out}$ ,  $V_2$ ,  $-V_1$  multipliées par une constante. Donc je rappelle que l'objectif était de trouver la constante  $A(D)$ , c'est le gain différentiel qui multiplie une différence de tension. Ce genre de montage permettrait à quelqu'un de prendre la tension  $V_1$  et  $V_2$ , typiquement vous avez un voltmètre qui a deux sondes que vous connectez sur les deux bornes de votre voltmètre, et vous voulez mesurer une différence de potentiel, et ces deux différences de potentiels ne sont pas du tout référencées à la masse, elles sont référencées à un autre mas quelconque.

Notes

Summary



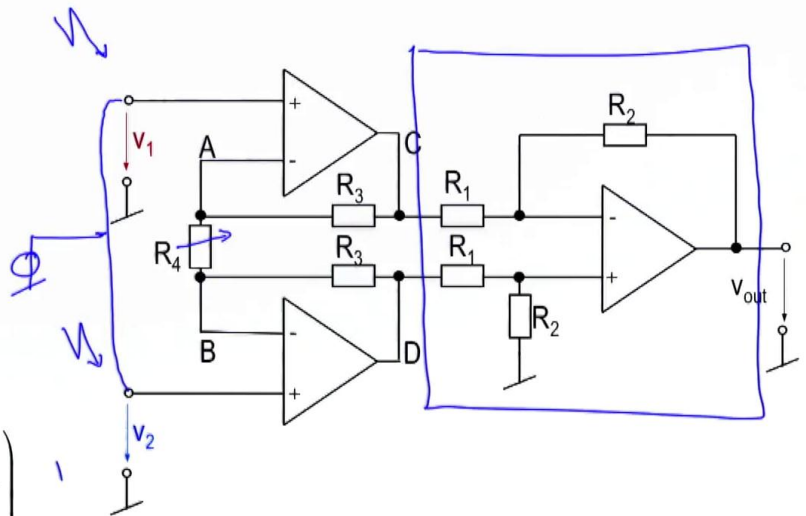
# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Avec  $v_2 = v_B$  &  $v_1 = v_A$

$$V_C = V_1 \frac{R_3 + R_4}{R_4} - V_2 \frac{R_3}{R_4}$$

$$V_D = V_2 \frac{R_3 + R_4}{R_4} - V_1 \frac{R_3}{R_4}$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_D - V_C) = \underbrace{(V_2 - V_1)}_{Ad} \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{2R_3}{R_4} \right)$$



Electronique I

Vous avez à l'entrée de votre voltmètre un circuit tel que ceci et vous allez travailler une résistance, souvent c'est la résistance  $R_4$ , que le fabricant laisse externe. Vous pouvez la modifier, ce qui permet de changer le gain, parce qu'on voit la résistance  $R_4$  ici. Donc on veut changer du gain tout en ayant deux tensions flottantes. On fait avec ce genre de montage une excellente amplification pour tout ce qui est fait avec des ponts de Wheatstone. Donc c'est des ponts avec des capteurs qui mesurent une tension différentielle, et cette tension différentielle est multipliée par un certain gain et on le trouve dans un circuit intégré. L'avantage de ce montage, en plus, c'est si vous avez un mode commun, c'est-à-dire des parasites qui arrivent en quantité égale sur  $V_1$  et  $V_2$ . C'est comme si on a  $V_1 = V_2$ , comme si on avait comme un court-circuit avec  $V_1$  et  $V_2$ , et on a une source qui est branchée sur les deux et qui débite une certaine quantité de tension. Donc si vous vous souvenez on a parlé d'un gain en mode commun. Comme  $V_1$  est copiée ici et  $V_2$  est copiée là, si  $V_1 = V_2$ , donc  $V(A) = V(B)$  il n'y a aucun courant qui traverse la résistance  $R_4$ .

Notes

Summary



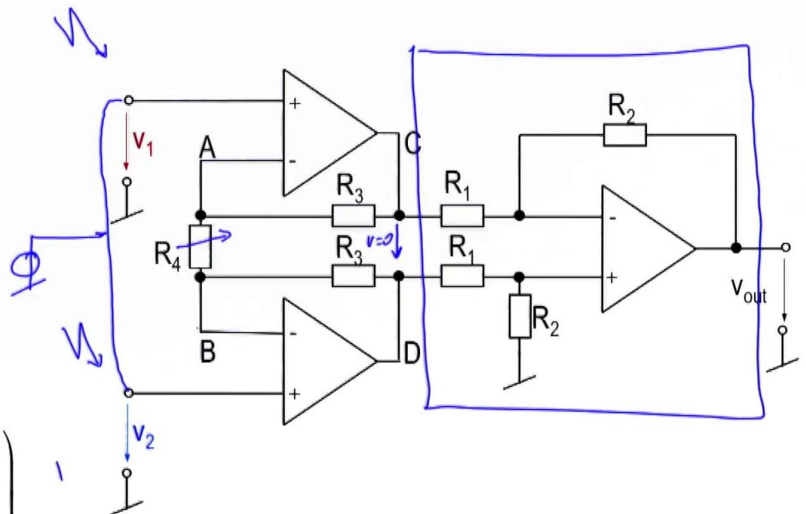
# Variante à impédance d'entrée infinie et haut CMRR

- Avec  $v_2 = v_B$  &  $v_1 = v_A$

$$V_C = V_1 \frac{R_3 + R_4}{R_4} - V_2 \frac{R_3}{R_4}$$

$$V_D = V_2 \frac{R_3 + R_4}{R_4} - V_1 \frac{R_3}{R_4}$$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} (V_D - V_C) = \underbrace{(V_2 - V_1)}_{Ad} \frac{R_2}{R_1} \left( 1 + \frac{2R_3}{R_4} \right)$$



Electronique I

Donc nous allons retrouver notre  $V_1$  ici, nous allons retrouver notre  $V_2$  ici. Et là on a un amplificateur différentiel qui voit  $V_1$  directement ramené ici,  $V_2$  directement ramené ici. Malgré l'existence de  $R_4$ , si les gains de ces deux amplis sont suffisamment grands, et bien le mode commun est annulé par le fait qu'aucun courant ne va traverser la résistance  $R_4$ . Et la différence de tension ici va être égale à 0, et cette tension-là, de nouveau,  $U = 0$ . Et cet ampli n'amplifie pas la différence de tension qu'il va y avoir ici, donc ça va nous donner une tension proche de 0 et ça crée un excellent "common mode rejection ratio", ou un gain en mode commun excellent dans ce genre de topologie. Donc c'est un circuit dont je suis persuadé qu'une application linéaire dans laquelle on souhaiterait multiplier une différence de tension par un certain gain, nous le trouvons sous forme d'amplificateur intégré de cette manière et beaucoup de fabricants le font.

Notes

Summary

