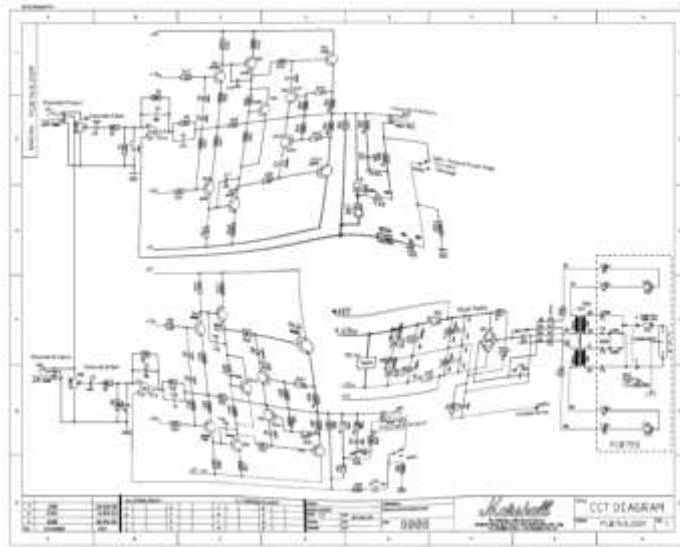


TRAITEMENT ANALOGIQUE DE L'INFORMATION



- SIN 2.1 : Traitement d'une information analogique

Objectifs

A la fin de la séquence, l'élève doit être capable

- de distinguer une information logique d'une information analogique
- de distinguer une opération d'addition, de soustraction ou de multiplication
- d'identifier, d'expliquer et de justifier un phénomène de saturation

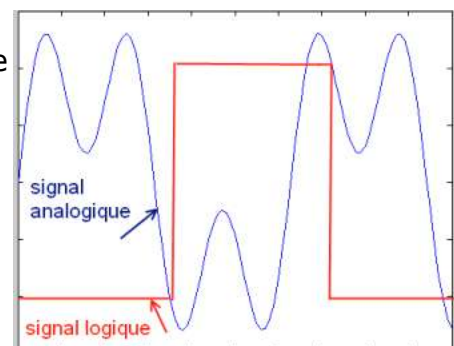
Rappels

Nature des signaux

Analogique : Un signal est **analogique** lorsque la grandeur physique qu'elle représente peut prendre une infinité de valeurs différentes en fonction du temps.

Logique : Un signal est dit **logique** lorsque la grandeur physique qu'il représente ne possède que deux valeurs différentes. On confond parfois un signal logique avec un signal numérique.

Numérique : Un signal numérique est composé de plusieurs signaux logiques. L'association de ceux-ci permet de représenter plus que deux valeurs. Ainsi un signal numérique composé de deux signaux logiques peut représenter 4 valeurs différentes, 8 valeurs un 3 signaux logiques, 1024 pour 10, etc....

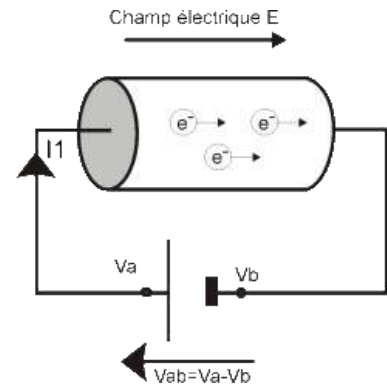


Grandeurs électriques

Les grandeurs électriques de base sont

La tension : Ou **différence de potentiel** (ddp): Elle représente la différence de charges électriques entre deux points d'un circuit. Son unité est le Volt et la lettre qui le caractérise est U ou V(ici V_{ab}). Une tension se représente par une flèche entre deux points du circuit.

Le courant : Ou **Intensité (du courant)** correspond à la quantité d'électrons qui passent par un point du circuit par unité de temps. Son unité est l'Ampère et la lettre qui le caractérise est I (ici I_1). Un courant se représente par un flèche sur un fil du circuit



La puissance : Il s'agit du produit entre la tension et le courant : $P = U \times I$. Son unité est le Watt et la lettre qui le caractérise est P. La puissance ne se représente pas sur un circuit.

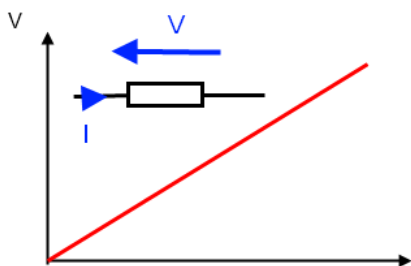
Convention de représentation

Récepteur : Pour un récepteur (un résistor par exemple), les flèches de courant et de tension sont dans le sens opposé

Générateur : Pour un générateur (Une pile par exemple) les flèches de tension et de courant sont dans le même sens.

Définitions

Caractéristique de transfert



Une caractéristique de transfert représente sur un système d'axe deux grandeurs électriques la grandeur d'entrée d'une fonction (souvent représenté en abscisse) et la grandeur de sortie de cette même fonction. Par exemple $V=f(I)$ représente l'impédance d'une fonction.

Cette représentation apporte des informations intéressantes comme par exemple la linéarité d'une fonction.

Fonction de transfert

La fonction de transfert est une relation mathématique qui caractérise la relation entre une grandeur d'entrée et une grandeur de sortie.

Pour une résistance cette fonction serait $R = U / I$

L'amplification ou l'atténuation

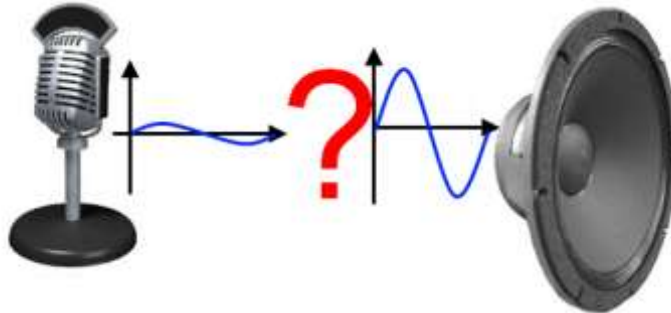
Expression du besoin

Comment faire pour commander un moteur consommant un courant de 1A en fonctionnement nominal à partir d'un microprocesseur qui n'est capable de restituer que 0,1A ?



La solution : Alimenter le moteur avec un courant plus important mais proportionnel à celui sortant du microprocesseur.

Comment faire pour que la tension très faible sortant d'un microphone (quelques mV) soit suffisante pour mettre en mouvement les membranes d'un Haut Parleur de puissance ?



La solution : Alimenter le Haut Parleur avec une tension plus importante (et aussi un courant suffisant) mais proportionnelle à celle sortant du microphone.

Amplificateur

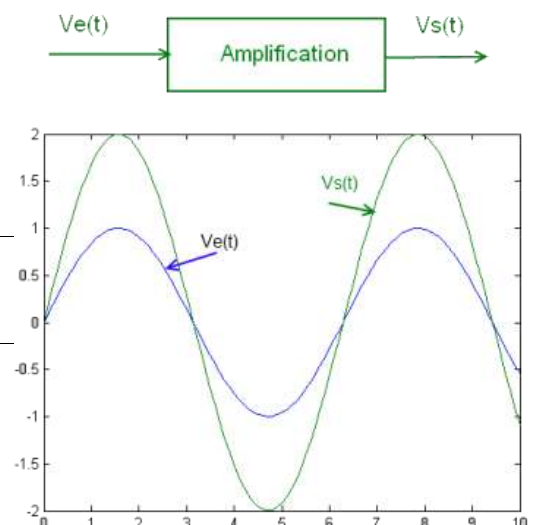
L'amplification d'un signal électrique consiste à augmenter une ou certaines de ses grandeurs électriques :

- le courant : amplification du courant
- la tension : amplification de tension
- la puissance : amplification du courant et de la tension

Une opération d'amplification est une opération de multiplication par une constante supérieure à 1

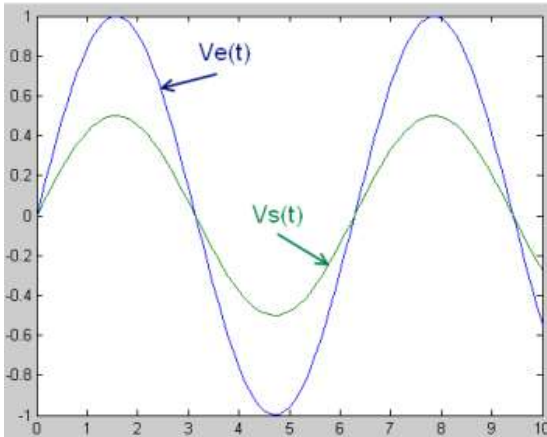
On voit sur le chronogramme ci-contre que
 $V_s(t) = 2 \times V_e(t)$

La fonction de transfert :
 $V_s(t)/V_e(t) = 2$



Atténuation

Il s'agit de l'opération de l'amplification. L'atténuation est une opération qui consiste à diviser par une constante supérieure à 1 le signal d'entrée (ou à multiplier par une constante comprise entre 0 et 1).



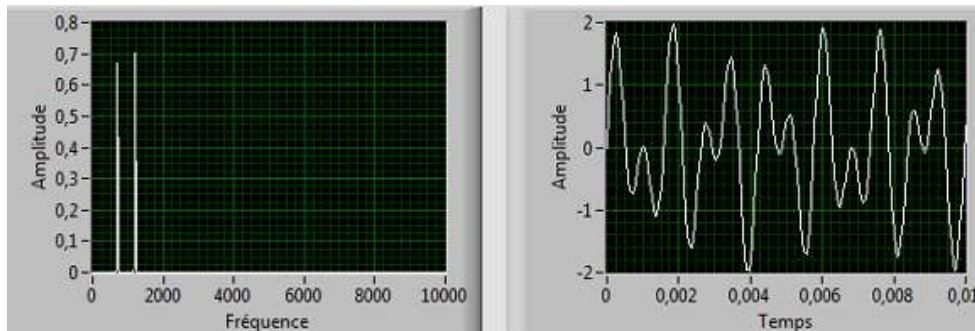
$$Vs(t) = 0,5 \times Ve(t)$$

$$Vs(t)/Ve(t) = 0,5$$

Addition - Soustraction

Expression du besoin

Le signal DTMF, utilisé pour le chiffage téléphoniques correspond à la somme de deux signaux sinusoïdaux de fréquence parfaitement déterminée. La touche 1 émet un son qui correspond à la somme d'un signal sinusoïdal de 1209Hz et de 697Hz



$$V_{dtmf}(t) = v1(t) + v2(t) = 0,7 \cdot \sin(2 \cdot \Pi \cdot 1209 \cdot t) + 0,7 \cdot \sin(2 \cdot \Pi \cdot 697 \cdot t)$$

La solution : Il faut additionner les deux signaux fréquentiel v1(t) et v2(t).

Additionneur



Remarque : Il n'est pas possible pour cette structure d'écrire une fonction de transfert étant donné qu'il y a deux ou plusieurs signaux d'entrée.

Soustracteur

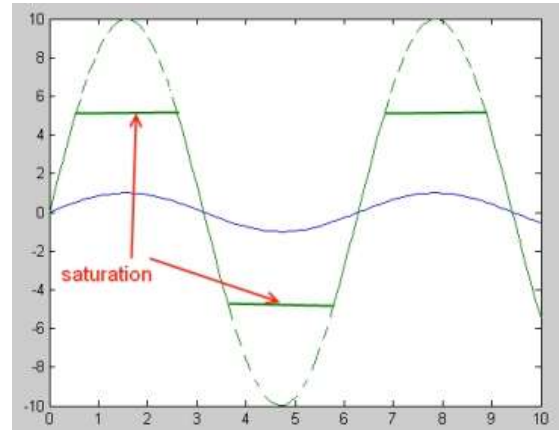
La soustraction est une somme d'un signal positif avec un signal négatif. Cela ramène donc cette fonction à la précédente

Saturation - Comparaison

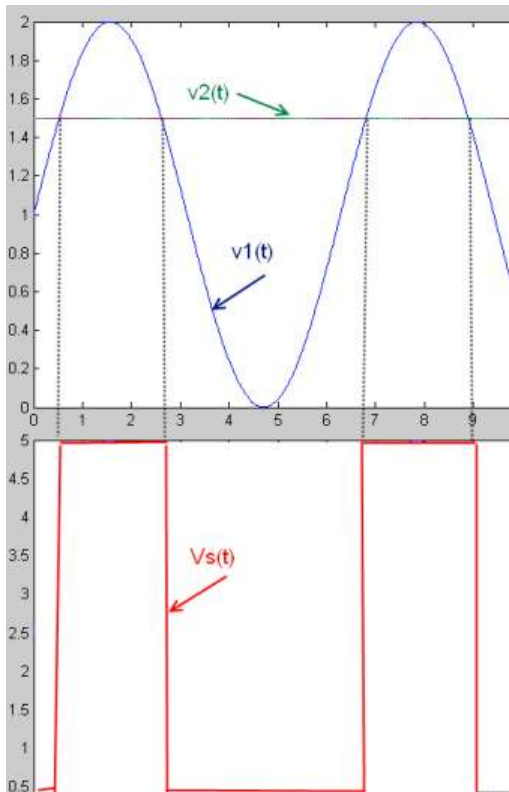
Les structures de traitement des signaux analogiques sont réalisés avec des amplificateurs. Ces derniers ne peuvent restituer, au maximum que la tension maximum qui les alimente.

Si théoriquement, ils doivent restituer plus, la tension de sortie ne dépassera pas cette tension d'alimentation. On dit qu'ils saturent.

Exemple d'un signal amplifié par un amplificateur alimenté en +5V et -5V



Comparaison



En soustrayant un signal à un autre et en l'amplifiant très fortement - au point de saturer l'amplificateur - on réalise une structure capable de comparer une tension à une autre et de restituer un signal logique.

On l'appelle **comparateur**.

L'amplificateur est alimenté entre 0V et 5V.

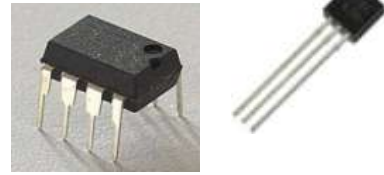
- Si $v_1(t) > v_2(t)$ la tension de sortie est à 5V (NL1)
- Si $v_1(t) < v_2(t)$ le tension de sortie est à 0V (NL0).

On constate que cette structure de comparaison délivre une tension logique alors que les signaux d'entrée sont analogiques.

SOLUTIONS CONSTRUCTIVES

Les structures d'amplification en électronique moderne reposent sur deux composants :

- le transistor
- l'amplificateur opérationnel



Le transistor

Bien qu'étant de conception ancienne le transistor continue à rendre de grands services en particulier en commutation de puissance.

Introduction

Un transistor bipolaire est constitué de semiconducteur dopé P et N de façon à former deux jonctions. Selon l'agencement de ces couches N et P on réalise un transistor NPN ou un transistor PNP.

PNP

NPN

Dans les deux cas les trois électrodes se nomment :

- Emetteur
- Base
- Collecteur

Moyen mnémotechnique : Dans le cas du transistor PNP la flèche de l'émetteur Pénètre dans le symbole
P comme *PNP*

Le sens des courants est donné par le sens de la flèche du symbole :

PNP

NPN

Equations caractéristiques :

Courants : $I_E = I_C + I_B$

Tensions : NPN : $V_{CE} = V_{CB} + V_{BE}$
 PNP : $V_{EC} = V_{EB} + V_{BC}$

Amplification en courant : $I_C = \beta \cdot I_B$


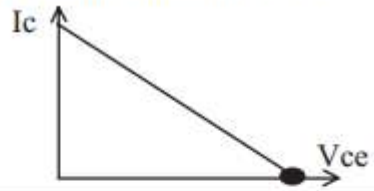
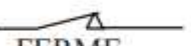
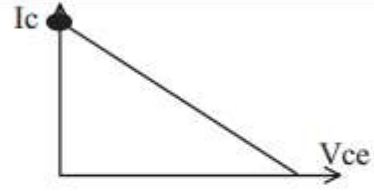
Transistor utilisé en commutation

Un transistor est utilisé en commutation lorsque son mode de fonctionnement s'apparente

à un interrupteur.

En réalité sa polarisation ne lui permet que deux modes de fonctionnement par opposition

au fonctionnement en régime linéaire (amplification).

Interrupteur	Transistor	Point de fonctionnement
 OUVERT	BLOQUE $I_c=0 ; V_{ce} = V_{cc}$	
 FERME	SATURE $V_{ce}\approx 0 ; I_c=V_{cc}/R$	

Définitions :

- On dit qu'un **transistor** est **passant** lorsque son courant de collecteur est non nul.
- On dit qu'un **transistor** est **bloqué** lorsque son courant de collecteur est nul
- On dit qu'un **transistor** est **saturé** lorsque son V_{ce} est proche de 0v (dans la pratique 0,4v) et que son courant de base réel est inférieur au courant de base défini par la polarisation du transistor. Un transistor saturé est forcément passant mais l'affirmation contraire est fausse.

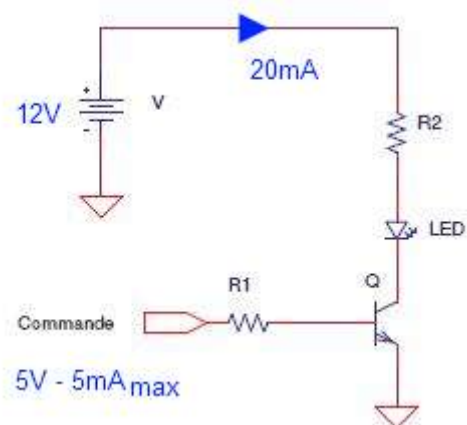
Application

Une application courante vise à utiliser un transistor en amplificateur de courant.

Supposons qu'il faille alimenter une LED avec un courant de 20mA sous une tension de 12V mais que la structure de commande délivre au maximum 5mA sous 5V....

On réalisera le montage suivant :

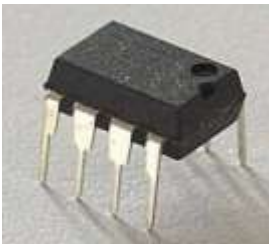
- La tension maximale aux bornes de la LED est égale à 1,5V (donnée par le constructeur de la LED)
- La résistance R2 provoque une chute de tension pour ne pas détruire la LED
- Il faut calculer R2 :
 - Lorsque la LED doit être éclairée le transistor doit être passant comme un interrupteur fermé et donc
 - $12V = R2 \cdot I_{LED} + V_{LED}$
 - $R2 = (12V - 1,5V)/20mA = 525\Omega$
- Le constructeur du transistor donne $\beta=100$ et $V_{be}=0,7V$. On va calculer le courant dans la base.



- $I_c = \beta \cdot I_b$ (données du cours)
- Donc $I_b = 20\text{mA}/100 = 200\mu\text{A}$
- Connaissant ce courant de base on peut calculer R2 :
 - $V_e = R_1 \cdot I_b + V_{be}$
 - $R_1 = (V_e - V_{be})/I_b$
 - $R_1 = (5 - 0,7)/200\mu\text{A} = 21500\Omega$
 - On prend en général une valeur deux fois moindre pour garantir la saturation
 - Soit $R_1 = 10\text{k}\Omega$

Amplificateur Opérationnel

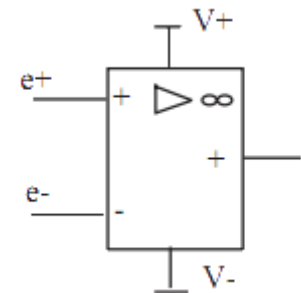
Un amplificateur linéaire intégré (ALI) appelé encore amplificateur opérationnel (AOP) est une structure que l'on trouve intégrée dans un circuit intégré.



Elle dispose :

- d'une amplification en boucle ouverte¹ infinie
- d'une large bande passante²
- d'une impédance d'entrée infinie (courants d'entrées nuls)
- d'une impédance de sortie nulle.

Son alimentation se fait souvent par deux tensions symétriques (V_+ et V_-) mais certains sont alimentés aussi en mono tension.

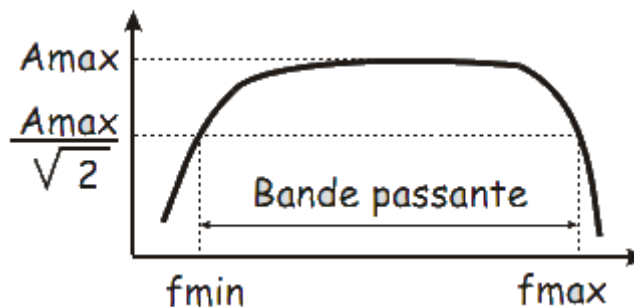


Les deux entrées sont souvent appelées e_+ et e_- et la différence de tension entre les deux est :

$$\epsilon = e_+ - e_-$$

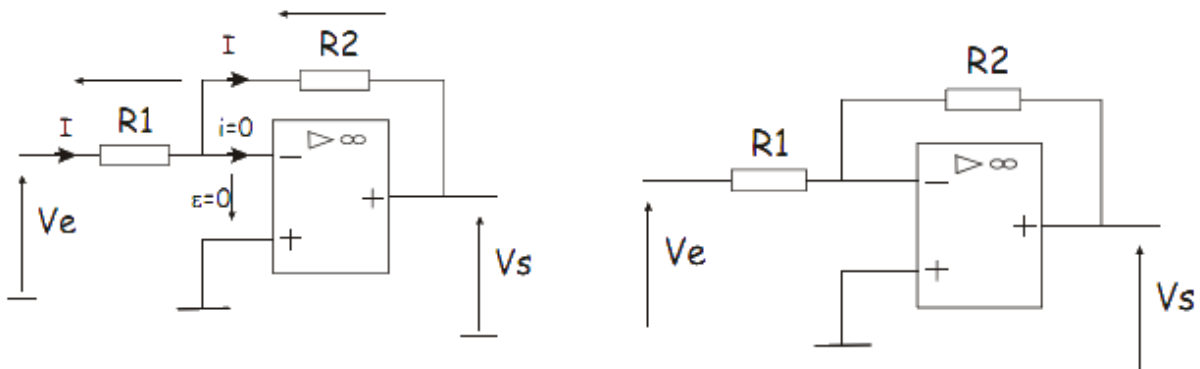
1 : Boucle ouverte : on dit qu'un circuit est en boucle ouverte lorsque le signal de sortie n'est pas utilisé intégralement ou partiellement en entrée. On dit également dans ce cas qu'il n'y a pas de rétroaction

2 : Bande passante : c'est la différence entre une fréquence haute et une fréquence basse. Les deux fréquences sont prises pour une atténuation par rapport au maximum de $1/\sqrt{2}$ (-3dB).



Méthode de calcul

Soit le montage suivant pour lequel on souhaite calculer la fonction de transfert V_s/V_e :



Méthodologie de calcul :

- La contre-réaction existe, dans ce cas $\epsilon = e^+ - e^-$ est nul.
- On place les courants et les tensions.
- On cherche V_s/V_e . On prendra donc une maille dans laquelle se trouve V_s ou V_e . La première maille donne : $V_s + R_2 \cdot I + \epsilon = 0$ soit $V_s = -R_2 \cdot I$
- Pour éliminer I qui est une variable inconnue, il faut utiliser une deuxième équation trouvée grâce à une nouvelle maille (elle comportera de préférence V_e) :
 - $V_e - R_1 \cdot I + \epsilon = 0$ donc $I = V_e/R_1$
- En remplaçant I dans la première équation on trouve

$$V_s/V_e = -R_2/R_1.$$

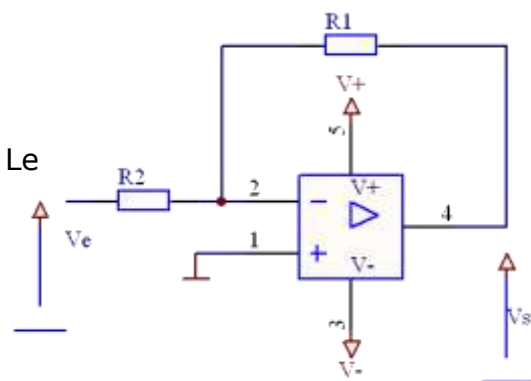
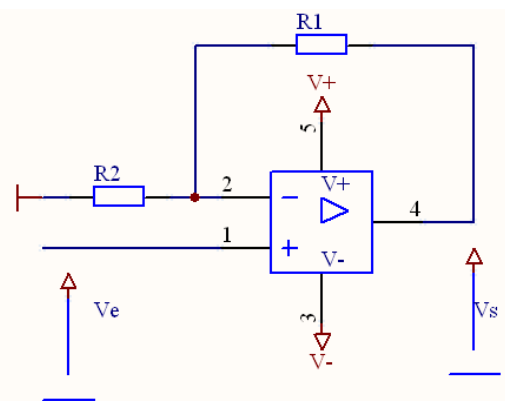
Conclusion : L'amplification dépend uniquement des deux résistances.

Amplificateurs

Amplificateur non inverseur

Pour ce montage la fonction de transfert donne :

$$V_s/V_e = 1 + R_1/R_2 = (R_1 + R_2)/R_2$$



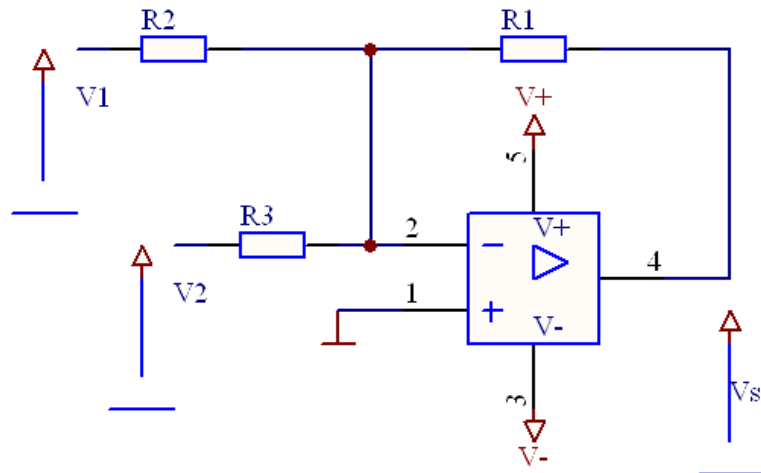
Amplificateur inverseur

calcul de la fonction de transfert est détaillé [précédemment](#).

$$V_s/V_e = -R_1/R_2$$

Le signal de sortie est déphasé de 180° par rapport au signal d'entrée.
L'amplification dépend de R1 et R2. Cette structure peut aussi atténuer.

Addition - Soustraction Sommateur

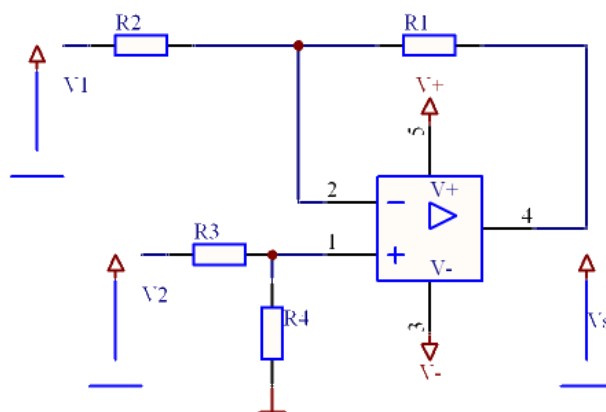


Il s'agit d'un sommateur inverseur qui réalise donc un déphasage de 180°.

Sa tension de sortie est :

$$V_s(t) = -\left[V_1(t) \cdot \left(\frac{R_2}{R_1}\right) + V_2(t) \cdot \left(\frac{R_3}{R_1}\right)\right]$$

Soustracteur



$$V_s(t) = -\left(\frac{R_1+R_2}{R_2}\right) \cdot \left[\left(V_1(t) \cdot \frac{R_1}{R_1+R_2}\right) - V_2(t) \cdot \left(\frac{R_4}{R_3+R_4}\right)\right]$$

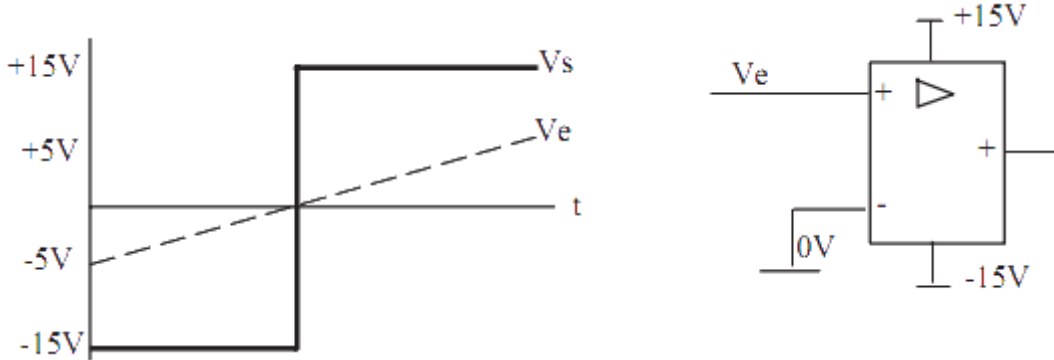
Si les résistances sont toutes identiques :

$$\mathbf{V_s(t) = V_1(t) - V_2(t)}$$

Comparateur

Comparateur en boucle ouverte

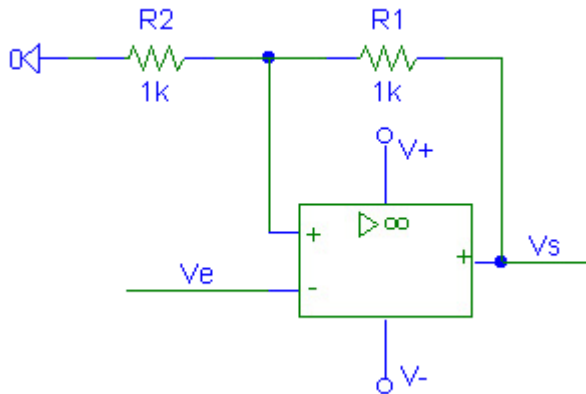
Dans ce montage, il n'y a pas de rétroaction.



Si $e+ > e-$ alors $Vs = +15V$
 sinon $Vs = -15V$

Dans l'exemple ci-dessus, la comparaison du signal d'entrée se fait avec 0V.

Comparaison à 2 seuils - Trigger de Schmitt



Pour ce montage, deux seuils assurent la commutation:

- $V_{th+} = V+ \cdot R2/R1$
- $V_{th-} = V- \cdot R2/R1$

La caractéristique de transfert se présente sous forme de courbe en hystérésis.

Cette structure est préférée à la précédente si le signal est susceptible d'être très parasité.

