



T Schmitz



Introduction aux ampli-opérationnels ("AOP")

Théorie et montages pratiques

SCHMITZ Thomas

Department of Electrical Engineering and Computer Science,
University of Liège

18 février 2015

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Overview

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets



T Schmitz

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets



T Schmitz

Section 1

Introduction

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Utilités d'un ampli-op



T Schmitz

- ▶ Contrôler l'amplitude d'un signal
- ▶ Atténuer ou booster certaines fréquences
- ▶ Adaptateur d'impédance (buffer)
- ▶ Rectifier double alternance de précision
- ▶ Mélangeur de signaux (MIX,...)
- ▶ ...



FIGURE: Amplificateur opérationnel

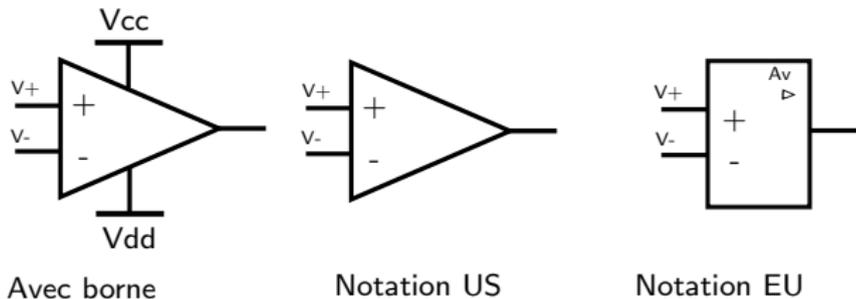


FIGURE: Représentations schématiques usuelles

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets



T Schmitz

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Section 2

La Théorie de l'ampli-op

Constitution de l'ampli-op

- ▶ V_{in} = différence de potentiel entre les entrées de l'AOP
- ▶ Z_d = impédance différentielle séparant les entrées + et -, $\simeq 1\text{Meg}\Omega$ (varie avec fréq !)
- ▶ $V_s + V_{s-}$ appelés aussi V_{cc} et V_{dd} = les sources d'alimentation (**alimentation symétrique** ex : +5V et -5V)
- ▶ Z_{out} = impédance de sortie (Voir limitation)
- ▶ $G = A$ = facteur d'amplification **de l'ampli op.**
- ▶ Le carré bleu = source de tension (la tension de sortie) contrôlée en tension (la tension d'entrée) avec un gain A.

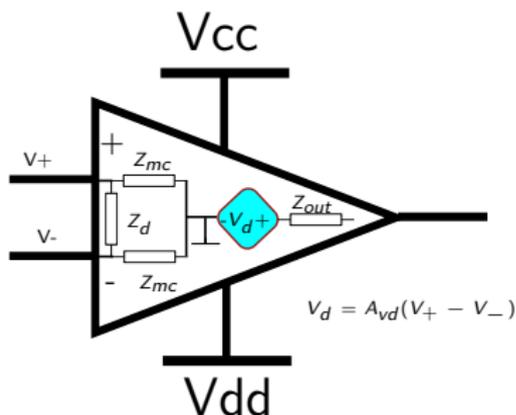


FIGURE: Fonctionnement de l'amplificateur opérationnel

On travaille souvent avec un modèle simplifié de l'ampli-op où :

Hypothèse d'idéalité

- ▶ Gain = ∞
- ▶ $Z_{in} = Z_d = \infty$
- ▶ $Z_{out} = 0$
- ▶ $V_{out} = 0$ si $V_+ = V_-$ (pas d'offset)
- ▶ Bande passante infinie

Et donc :

Lien entre les entrées et la sortie

$$V_{out} = A(V_+ - V_-)$$

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

- ▶ Plage **linéaire** si $-V_{cc} < V_{out} < +V_{cc}$
- ▶ Plage de **saturation** si le gain est tel que $|V_{out}|$ tend à être $> V_{cc}$
 - ▶ Alors, si $V_+ > V_- \Rightarrow V_{out} = V_{cc}$
 - ▶ Alors, si $V_+ < V_- \Rightarrow V_{out} = -V_{cc}$

Règle pour les amplis-op idéaux

1. Si régime linéaire $\Rightarrow V_+ = V_-$
2. Aucun courant ne peut circuler entre l'entrée non-inverseuse (V_+) et l'entrée inverseuse (V_-) \Rightarrow Il en découle que $i_+ = i_- = 0$

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Section 3

Différents types de montages à ampli-op

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

L'amplificateur non-inverseur

Fonction

Amplifier un signal d'un facteur

$$G = \frac{(R_1 + R_2)}{R_1} \quad (G \text{ tjr} > 1)$$

étude du circuit :

$$V_+ = V_- = V_{in} \leftrightarrow \text{R\`egle 1} \quad (1)$$

$$I_- = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 \leftrightarrow \text{R\`egle 2} \quad (2)$$

Or :

$$I_1 = \frac{V_{in}}{R_1} \quad \& \quad I_2 = \frac{V_{out} - V_{in}}{R_2} \quad (3)$$

$$(2\&3) \Rightarrow V_{out} = V_{in} \frac{R_2}{R_1} + V_{in} \quad (4)$$

Relation entr\`ee/sortie

$$V_{out} = \frac{R_1 + R_2}{R_1} \cdot V_{in} = G \cdot V_{in}$$

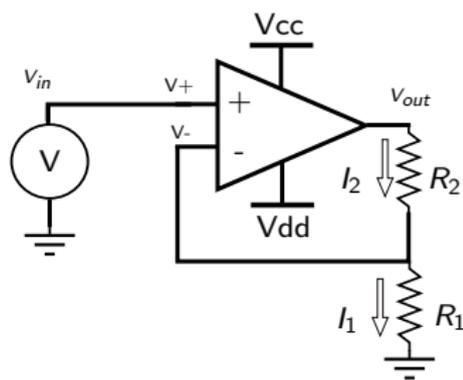


FIGURE: Ampli-op non inverseur

Imp\`edance d'entr\`ee :

Maximale (voir datasheet de l'AOP)

Note :

Pour ce montage, le gain est toujours > 1 !

L'amplificateur inverseur

Fonction

Amplifier un signal d'un facteur

$$G = -\frac{R_2}{R_1}$$

étude du circuit :

$$V_+ = V_- = 0 \leftrightarrow \text{R\`egle 1} \quad (5)$$

$$I_- = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 \leftrightarrow \text{R\`egle 2} \quad (6)$$

Or :

$$I_1 = \frac{V_{in} - V_1}{R_1} = \frac{V_{in}}{R_1} \quad (7)$$

$$I_2 = \frac{V_- - V_{out}}{R_2} \quad (8)$$

$$(6 \& 7 \& 8) \Rightarrow V_{out} = -V_{in} \frac{R_2}{R_1} \quad (9)$$

Relation entr\ee/sortie

$$V_{out} = -\frac{R_2}{R_1} \cdot V_{in} = G \cdot V_{in}$$

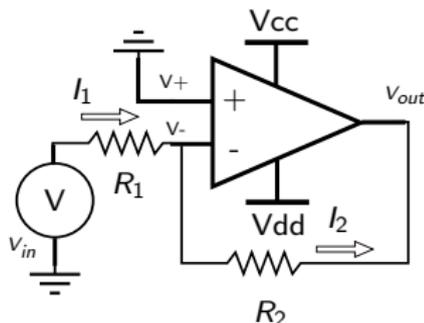


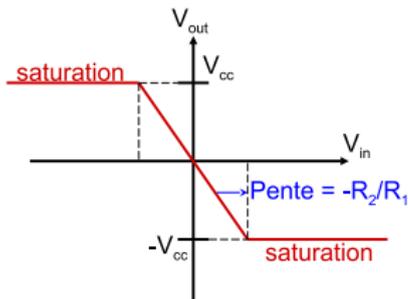
FIGURE: Ampli-op inverseur

Imp\edance d'entr\ee :

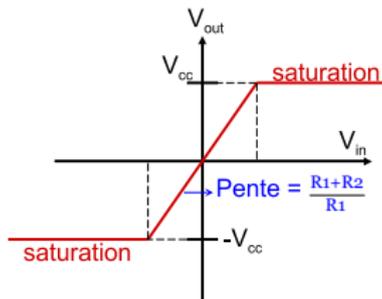
R_1 ! Attention aux valeurs de r\esistance trop petite.

Note :

- ▶ Att\enuation si $R_2 < R_1$
- ▶ Si $V_{in} > 0 \Rightarrow V_{out} < 0$



(a) Montage inverseur



(b) Montage non-inverseur

FIGURE: Fonction de transfert des montages inverseur et non-inverseur

- ▶ Atténuateur ou amplificateur
- ▶ Impédance d'entrée varie avec R_1
- ▶ V_{out} est de signe contraire à V_{in}
- ▶ Amplificateur seulement
- ▶ Grande impédance d'entrée
- ▶ V_{out} est de même signe que V_{in}

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Le buffer

Fonction

Restituer le signal d'entrée à la sortie
 $G = 1$

étude du circuit :

$$V_+ = V_- = V_{in} \leftrightarrow \text{Règle 1} \quad (10)$$

Relation entrée/sortie

$$V_{out} = V_{in}$$

intérêts ?

- ▶ Permet de connecter un 1er étage avec une *mauvaise* (grande) impédance de sortie avec un second étage avec une *mauvaise* (petite) impédance d'entrée.
- ▶ L'impédance de sortie vue par le second étage est petite (celle de l'ampli op $\sim 100\Omega$)

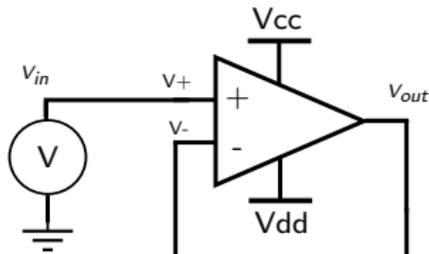


FIGURE: Ampli-op buffer

Impédance d'entrée :

maximale (voir datasheet)

L'amplificateur différentiel

Fonction

Amplifier une différence de potentiel avec un haut taux de réjection des parasites de mode commun $G = \frac{R_2}{R_1}$

étude du circuit :

$$V_+ = V_- = \frac{R_4 V_2}{R_3 + R_4} \hookrightarrow \text{Règle 1}$$

$$I_- = 0 \Rightarrow I_1 = I_2 = I \hookrightarrow \text{Règle 2}$$

Or :

$$I = \frac{V_1 - V_-}{R_1} = \frac{V_- - V_{out}}{R_2}$$

$$V_{out} = \frac{R_4}{R_1} \left(\frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \right) V_2 - V_1 \frac{R_2}{R_1}$$

Si $R_1 = R_3$ et $R_2 = R_4$

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_2 - V_1) = G \cdot V_d \quad (11)$$

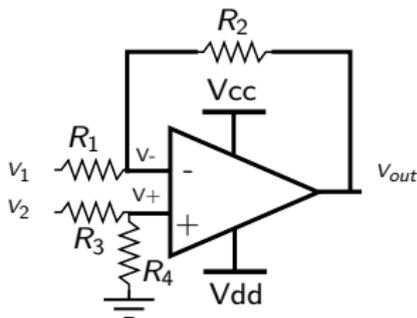


FIGURE: Ampli-op montage différentiel

Impédance d'entrée :

L'impédance de chaque entrée vaut : $R_1 + R_2$

Note :

- ▶ Atténuation si $R_2 < R_1$
- ▶ Si $V_{in} > 0 \Rightarrow V_{out} < 0$

Utilité de l'amplificateur différentiel

Avantage

Il offre une immunité aux parasites arrivant à la fois sur la branche V1 et V2.

De manière générale : $V_{out} = A_c(V_1 + V_2) + A_d(V_1 - V_2)$.

Ici :

$$V_{out} = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_2 - V_1) \Rightarrow A_c = 0 \text{ \& } A_d = \frac{R_2}{R_1} \quad (12)$$

Où :

- ▶ A_c est le gain de mode commun (addition de signaux)
- ▶ A_d est le gain différentiel (différence entre les signaux)

CMRR : Common Mode Rejection Ratio

En pratique aucun ampli-op n'a un gain A_c nulle. La réjection face aux parasites de mode commun peut être évaluée dans la datasheet par le

$$CMRR = \frac{A_d}{A_c}$$

Pour profiter d'un CMRR maximal, il faut que les résistances R_1, R_3 & R_2, R_4 soient parfaitement matchées ce qui rend difficile le contrôle du gain par une résistance variable !

PSRR : Power Supply Rejection Ratio

Réjection des parasites provenant des bornes d'alimentation.



T Schmitz

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Amplificateur d'instrumentation



T Schmitz

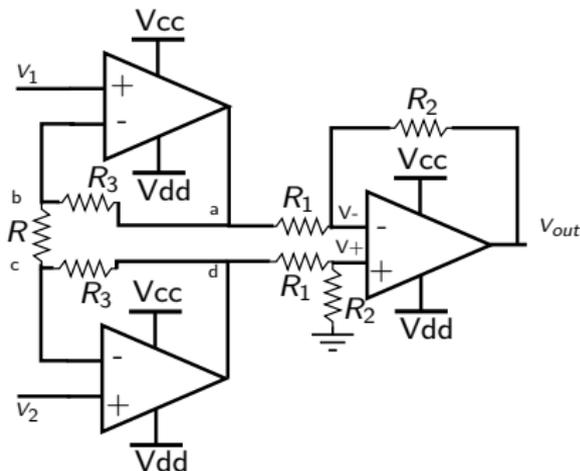


FIGURE: Amplificateur d'instrumentation

Caractéristiques

- ▶ Haute impédance d'entrée
- ▶ CMRR très élevé
- ▶ Gain Variable contrôler par l'unique résistance **R**

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

**Amplificateur
d'instrumentation**

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Amplificateur d'instrumentation étage 1



T Schmitz

étude du circuit :

$$V_1 = V_+ = V_- = V_b \hookrightarrow \text{R\`egle 1}$$

$$V_c - V_b = Ri \Rightarrow i = \frac{V_c - V_b}{R}$$

$$\left\{ \begin{aligned} V_d - V_a &= (R_3 + R + R_3).i \\ &= (2R_3 + R) \frac{V_c - V_d}{R} \\ &= \frac{2R_3 + R}{R} (V_2 - V_1) \end{aligned} \right.$$

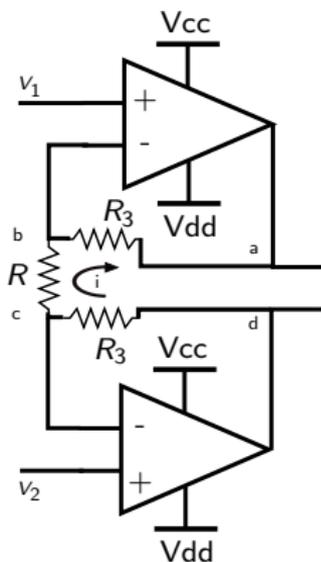


FIGURE: Ampli d'instrumentation 1er \u00e9tage.

Relation entr\u00e9e sortie

$$V_d - V_a = \frac{2R_3 + R}{R} (V_{in}) \quad (13)$$

Introduction

La Th\u00e9orie de l'ampli-op

Diff\u00e9rents types de montages \u00e0 ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur diff\u00e9rentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

G\u00e9n\u00e9ralit\u00e9s sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Probl\u00e8mes courants

Lire les datasheets

Amplificateur d'instrumentation complet

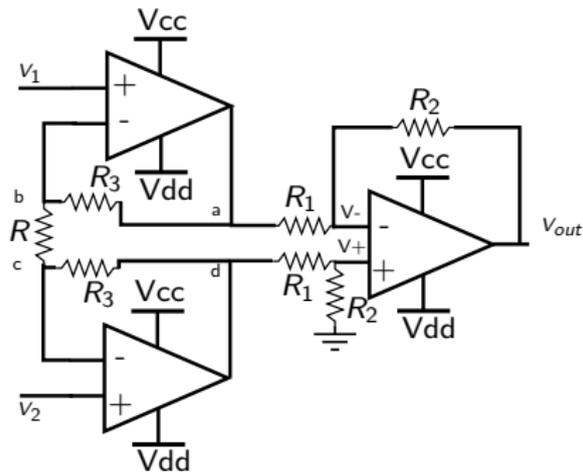


T Schmitz

En ajoutant un ampli-op en montage différentiel et en remplaçant l'équation (11) dans (13), on obtient :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_{out} = \frac{R_2}{R_1} \cdot (V_d - V_a) \hookrightarrow (11) \\ V_{out} = \frac{R_2}{R_1} \cdot \frac{2R_3 + R}{R} (V_2 - V_1) \hookrightarrow (11) \Rightarrow (13) \end{array} \right. \quad (14)$$

En choisissant $R_1 = R_2$ on trouve :



Entrée/Sortie ampli d'instrumentation

$$V_{out} = \frac{2R_3 + R}{R} (V_2 - V_1) \quad (15)$$

FIGURE: Amplificateur d'instrumentation

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

D'autres montages intéressant à ampli op



T Schmitz

- ▶ Additionneur de tension ou de courant
- ▶ Intégrateur
- ▶ Générateur de rampe linéaire
- ▶ Injecteur de courant
- ▶ Comparateur de tension
- ▶ Redresseur idéal double alternances
- ▶ Simulateurs d'impédances
 - ▶ Impédance négative
 - ▶ Simulateur de condensateurs de grandes capacités
 - ▶ Simulateur d'inductances

En savoir Plus

Une très bonne référence sur les ampli-op

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Section 4

Filtres

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Utilité/Spécificité

Réf : Le filtrage actif-passif

De manière générale, un filtre sert à modifier l'amplitude d'un signal sur certaines plages de fréquences.

Utilités d'un filtre :

- ▶ Filtrer les parasites de l'alimentation
- ▶ Réduire le bruit en réduisant la bande passante à la bande utile pour l'application
- ▶ Empêcher les problèmes d'aliasing lors d'une conversion A/D
- ▶ Réduire les effets d'un parasite externe

spécificité du filtre :

- ▶ Sa **fréquence de coupure** (fixée généralement par une réduction de 3db du signal, càd $|H(j\omega)| = 1/\sqrt{2}$)
- ▶ Son **ordre** : il correspond à la pente de décroissance du filtre. L'ordre n correspond à une décroissance de $n*20$ db/décade (où une décade correspond à un multiple de 10).
- ▶ Son **type** : passe bande, réjecteur, passe bas/haut.

Ex : un filtre d'ordre 2 et de fréquence de coupure = 100hz verra son amplitude diminuer de 3db à la fréquence de 100 Hz et encore de 40db ($2*20$) à la fréquence de 1000Hz ($10*100$ Hz).



T Schmitz

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Filtres passifs 1er ordre : (-6db/oct ou -20db/dec)



T Schmitz

Passé bas

▶ coupe les hautes fréquences

▶ fréquence de coupure :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

Passé haut

▶ coupe les basses fréquences

▶ fréquence de coupure :

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

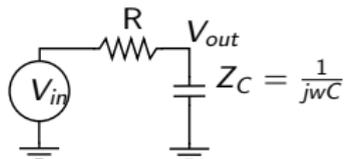


FIGURE: Passé bas

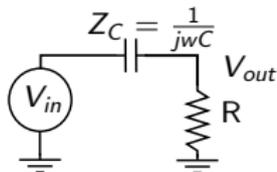


FIGURE: Passé haut

Astuce pratique

Utiliser un [Calculateur de filtre](#)

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Comment obtenir la fréquence de coupure ? Ex : passe bas 1^{er} ordre.

- Fonction de transfert

$$H = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{Z_C}{Z_R + Z_C} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{\frac{1}{j\omega C} + R} = \frac{1}{1 + j\omega CR}$$

- Fréquence de coupure $\Rightarrow 20\log(|H(j\omega)|) = -3\text{db} \Rightarrow |H(j\omega)| = 1/\sqrt{2}$

$$|H(j\omega)| = \sqrt{\frac{1}{1^2 + (\omega CR)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \quad \text{Vrai si } \omega = \frac{1}{RC} \Rightarrow \omega_c = 2\pi f_c = \frac{1}{RC}$$

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Passé haut 2ème ordre

- ▶ Fréquence de coupure :

$$f_c = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

- ▶ Facteur d'amortissement :

$$\zeta = \frac{R}{2} \sqrt{\frac{C}{L}}$$

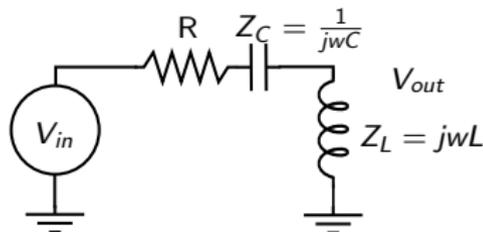


FIGURE: Passé haut RLC

Attention à l'overshoot

$\zeta < \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow V_{out} > V_{in}$ à la fréquence de résonance.

- ▶ $\zeta > 1$ le système est *Overdamped*
- ▶ $0 < \zeta < \frac{1}{\sqrt{2}} \sim 0.7$
 - ▶ Oscillation de la réponse impulsionnelle
 - ▶ fréquence de l'Overshoot : $f_{max} = f_c \sqrt{1 - 2\zeta^2}$
 - ▶ Amplitude de l'Overshoot : $|H(j\omega_{max})| = \frac{1}{2\zeta\sqrt{1-\zeta^2}}$

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Filter passif 2ème ordre :

Ex : passe haut 2ème ordre.

- ▶ Fonction de transfert :

$$H(j\omega) = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{(j\omega)^2}{(j\omega)^2 + 2\zeta \cdot (2\pi f_c) \cdot (j\omega) + (2\pi f_c)^2}$$

Nouveaux paramètres :

- ▶ ζ facteur de **Damping**
- ▶ $Q = \frac{1}{2\zeta} = \frac{f_{resonance}}{Bande\ Passante}$ facteur de **qualité**

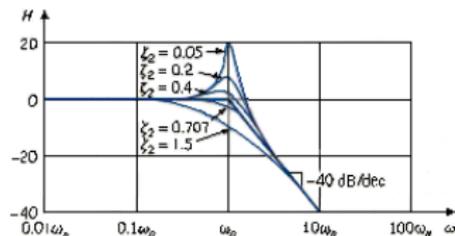


FIGURE: Passe bas 2ème ordre, Damping factor

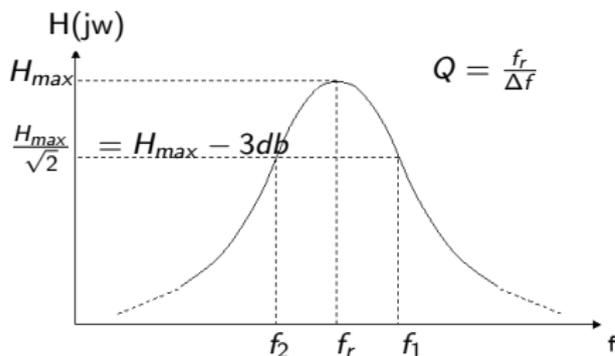


FIGURE: Passe bande, facteur de qualité

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Avantages et inconvénients des filtres actifs



T Schmitz

type	Avantages	Inconvénients
Passif	<ul style="list-style-type: none">▶ Hautes fréquences▶ Simplicité de mise en oeuvre	<ul style="list-style-type: none">▶ Tenir compte des impédances de source et de charge lors de la mise en cascade
Actif	<ul style="list-style-type: none">▶ Possibilité de mise en cascade sans soucis afin de créer des filtres sophistiqués.▶ Plus besoin d'inductance	<ul style="list-style-type: none">▶ Alimentation▶ Limitation de l'ampli op :<ul style="list-style-type: none">▶ $BW : f < 1MHz$▶ Amplitude des signaux filtrés $< V_{CC}$

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Fonction des filtres Sallen-key

- ▶ Passe bas
- ▶ Passe haut
- ▶ Passe bande (+Y5)
- ▶ Réjecteur de bande

Structure générale :

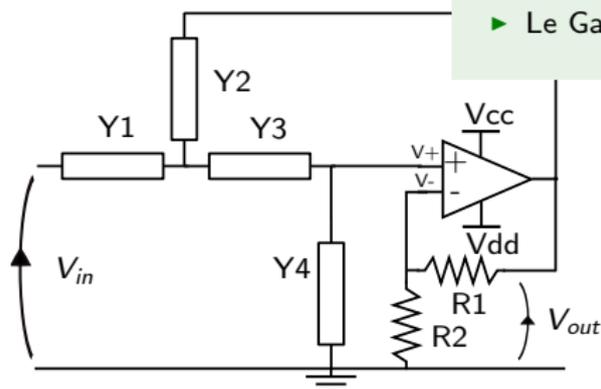


FIGURE: Filtre de Sallen Key forme générale

Fonction de transfert :

$$H = \frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{GY_1 Y_3}{(Y_1 + Y_2)(Y_3 + Y_4) + Y_3(Y_4 - GY_2)}$$

Où :

- ▶ L'admittance $Y_x = \frac{1}{Z_x}$
- ▶ Le Gain $G = \frac{R_1 + R_2}{R_2}$

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Fonction : passe bande

- ▶ Fréquence centrale : $f_c = \frac{1}{2\pi RC}$
- ▶ Damping factor : $\zeta = 1 - \frac{R_1}{2R_2}$
- ▶ Facteur de qualité : $Q = \frac{1}{2\zeta} = \frac{R_2}{2R_2 - R_1}$

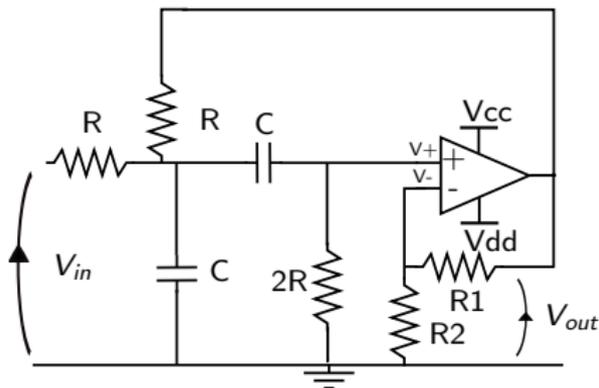


FIGURE: Filtre de Sallen Key passe bande

Electronique/AOP

En savoir plus sur les filtres à ampli-op

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets



T Schmitz

Section 5

Help

Introduction

La Théorie de
l'ampli-op

Différents types de
montages à ampli-op

L'amplificateur
non-inverseur

L'amplificateur
inverseur

Le Buffer

L'amplificateur
différentiel

Amplificateur
d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les
filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Offset entrée sortie

Cas d'une source AC+DC

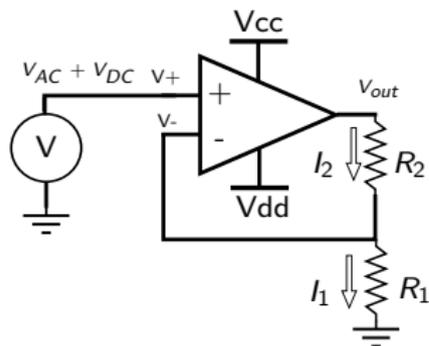


FIGURE: Ampli non inverseur avec tension continue en entrée

Calcul de l'offset de sortie :

$$\left\{ \begin{array}{l} V_+ = V_- = V_{DC} \\ I_1 = I_2 = I = V_{DC}/R_1 \\ V_{out} = V_{DC} + IR_2 = V_{DC}(1 + R_2/R_1). \end{array} \right.$$

Ce qui conduit bien souvent à la saturation de l'ampli-op.

Solution

Bloquer la tension continue à l'aide d'une capacité en série sur l'entrée.

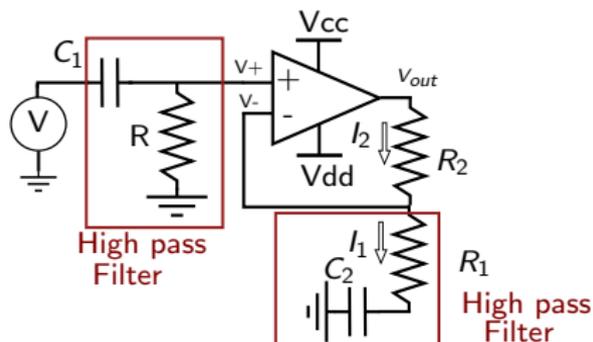


FIGURE: Ampli non inverseur avec entrée isolée

Bias

Référencer une des entrées à $\frac{V_{CC}+V_{dd}}{2} = 0V$ si alimentation symétrique où $V_{CC}/2$ si alimentation asymétrique pour éviter les tensions d'offset en sortie.

Attention

- ▶ Impédance d'entrée $\simeq R$
- ▶ $f_c \simeq \frac{1}{2\pi R_x C_x}$
- ▶ Choisir f_c tel que $f_c \geq 10^*$ fréquence de travail (dans le cas d'un filtre passe bas) pour ne pas en subir l'influence.

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Les infos importantes dans une datasheets I



T Schmitz

Exemple: datasheet opa134

PARAMETER	CONDITION	OPA134PA, UA OPA2134PA, UA OPA4134PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	

- ▶ **Consommation** ⇒ courant consommé au repos par ampli op (plusieurs par package possible).

Quiescent Current (per amplifier)	$I_Q = 0$	4	5	mA
-----------------------------------	-----------	---	---	----

- ▶ **Niveaux de bruit**

NOISE				
Input Voltage Noise				
Noise Voltage, $f = 20\text{Hz to } 20\text{kHz}$		1.2		μVrms
Noise Density, $f = 1\text{kHz}$		8		$\text{nV}/\sqrt{\text{Hz}}$
Current Noise Density, $f = 1\text{kHz}$		3		$\text{fA}/\sqrt{\text{Hz}}$

- ▶ $1.2\mu\text{V}_{RMS}$ la tension de bruit ramenée à l'entrée pour une bande [20 20k]Hz
- ▶ Noise Density : densité spectrale de bruit $e_b V/\sqrt{\text{Hz}}$ ⇒ la tension équivalente de bruit $E_b \simeq e_b \sqrt{BW}$ ($BW = \text{Band width} = \text{bande passante}$)
- ▶ **GBWP** ⇒ Gain Band-Width Product à diviser par la bande passante pour avoir le gain max admissible

Gain-Bandwidth Product		8		MHz
------------------------	--	---	--	-----

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Les infos importantes dans une datasheets II



T Schmitz

PARAMETER	CONDITION	OPA134PA, UA OPA2134PA, UA OPA4134PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	

- ▶ **Impédance entrée** \Rightarrow l'impédance d'entrée qui nous intéresse est généralement l'impédance d'entrée différentielle Z_d (entre l'entrée + et -). Elle est constituée de la mise en parallèle d'une grosse résistance en parallèle d'une petite capacité.

Differential			$10^{13} \parallel 2$		$\Omega \parallel \text{pF}$
--------------	--	--	-----------------------	--	------------------------------

▶ Impédance sortie

Output Impedance, Closed-Loop ⁽¹⁾	$f = 10\text{kHz}$		0.01		Ω
Open-Loop	$f = 10\text{kHz}$		10		Ω

- ▶ Open loop : sans contre-réaction
- ▶ Closed loop : exemple montage non inverseur, voir graphique car dépend du gain et de la fréquence.

▶ Source d'alimentation

POWER SUPPLY					V
Specified Operating Voltage		± 2.5	± 15		V
Operating Voltage Range			± 18		V

- ▶ **Courant de sortie** \Rightarrow à ne pas dépasser sous peine de détérioration !

Output Current			± 35		mA
----------------	--	--	----------	--	----

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Les infos importantes dans une datasheets III



T Schmitz

PARAMETER	CONDITION	OPA134PA, UA OPA2134PA, UA OPA4134PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	

- ▶ **Slew Rate** ⇒ Temps de montée suite à un échelon de tension (important pour signaux flanc carré)

Slew Rate ⁽¹⁾		±15	±20		V/µs
--------------------------	--	-----	-----	--	------

- ▶ **Offset entrée sortie** ⇒ différence de tension entre l'entrée + et - de l'ampli-op générant une tension non nulle en sortie même lorsque la tension d'entrée est nulle.

OFFSET VOLTAGE Input Offset Voltage		±0.5	±2		mV
--	--	------	----	--	----

- ▶ **THD+N** ⇒ Total Harmonique Distorsion + Noise : C'est une mesure de distorsion ou l'on compare la puissance des harmoniques du signal avec la fondamentale. Dans le cas du THD+N on ajoute l'énergie de bruit.

Mesure : $\frac{\sqrt{V_{tot}^2 - V_1^2}}{V_1}$ (attention conditions : G=gain, f=fréquence testée, V_o =amplitude de sortie, R_L impédance de charge (impédance d'entrée de l'étage suivant)).

Total Harmonic Distortion + Noise	G = 1, f = 1kHz, $V_o = 3V_{rms}$ $R_L = 2k\Omega$ $R_L = 600\Omega$	0.00008 0.00015	% %
-----------------------------------	--	--------------------	--------

Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets

Les infos importantes dans une datasheets IV



T Schmitz

PARAMETER	CONDITION	OPA134PA, UA OPA2134PA, UA OPA4134PA, UA			UNITS
		MIN	TYP	MAX	

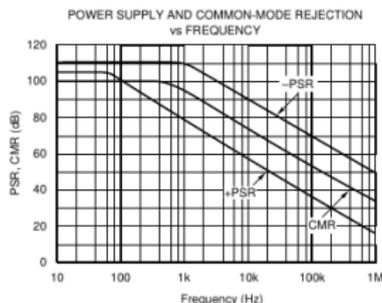
▶ Réjection des parasites

Common-Mode Rejection | $V_{CM} = -12.5V \text{ to } +12.5V$ | 86 | 100 | | dB

- ▶ **CMRR** : Common Mode Rejection Ratio \Rightarrow réjection du mode commun (moyenne des tensions d'entrée). $CMRR = 20 \log\left(\frac{A_{Vd}}{A_{V_{cm}}}\right)$ (attention conditions : déséquilibre, fréquence, ...)
- ▶ **PSRR** : Power Supply Rejection Ratio \Rightarrow Mesure l'équivalence entre une variation de la tension d'alimentation et une variation de la tension d'entrée. $PSRR_{db} = 20 \log\left(\frac{\Delta V_{alim}}{\Delta V_{in}}\right)$. EX : PSRR=100db, $\Delta V_{alim} = 1V$ alors $\Delta V_{in} = 0.01mV$ Que l'on multiplie par le gain de l'ampli pour avoir l'effet en sortie \Rightarrow Avec un gain de 100 $\Delta V_{out} = 1mv$

Attention

- ▶ Les graphiques donnent souvent de meilleurs informations que le tableau principal.
- ▶ Les datasheets sont souvent imprécises sur les conditions de mesures et de validité des résultats.



Introduction

La Théorie de l'ampli-op

Différents types de montages à ampli-op

L'amplificateur non-inverseur

L'amplificateur inverseur

Le Buffer

L'amplificateur différentiel

Amplificateur d'instrumentation

Autres montages

Filtres

Généralités sur les filtres

Filtres passifs

Filtres actifs

Help

Problèmes courants

Lire les datasheets