

Electrocinétique - TP N°4

Amplificateur opérationnel

A. MARTIN

10 Février 2014



L'amplificateur opérationnel

Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions d'utilisation

Montage suiveur

L'amplificateur opérationnel

Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions d'utilisation

Montage suiveur

Présentation

A. MARTIN

Sommaire

L'amplificateur
opérationnel

Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions
d'utilisation

Montage suiveur

- ▶ Système électronique complexe, intégré (1960), contenant de nombreux composants miniaturisés : résistances, transistors, condensateur...
- ▶ Inventé (1947) pour réaliser des fonctions mathématiques de base : somme, différence, amplification, intégration, dérivation... dans le but de **résoudre de façon analogique des équations différentielles**.
L'avènement du numérique a supplanté cette application.
- ▶ Très utilisé en raison de ses bonnes caractéristiques (temps de réponse rapide, grande impédance d'entrée et petite impédance de sortie, faible distorsion harmonique...) :
 - ▶ Amplification de signaux (c'est un "Amplificateur de différence intégré") : instrumentation, filtrage.
 - ▶ Comparateurs et opérations mathématiques analogiques (systèmes de mesure, asservissement, télécommunications).
 - ▶ Oscillateurs : Conception analogique de signaux électroniques périodiques (triangle, créneau...).
- ▶ Composant NON LINEAIRE, ACTIF : Ne peut fonctionner que s'il est alimenté par une tension continue symétrique $\pm V_{cc}$ (souvent $\pm 15V$).

Présentation

A. MARTIN

Sommaire

L'amplificateur
opérationnel

Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

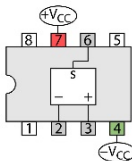
Précautions
d'utilisation

Montage suiveur

- ▶ Schéma simplifié de l'A.O. avec 3 bornes :
l'entrée inverseuse (-), l'entrée non-
inverseuse (+) et la sortie (s).



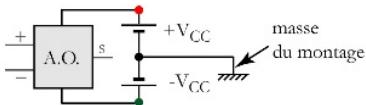
- ▶ Rôle de chaque connexion



- ▶ 2 : entrée inverseuse (-)
- ▶ 3 : entrée non inverseuse (+)
- ▶ 4 : alimentation négative, $-V_{CC}$
- ▶ 7 : alimentation positive, $+V_{CC}$

- ▶ 6 : sortie
- ▶ 1 et 5 : servent à
corriger une tension de
décalage
- ▶ 8 : non connectée

Il n'y a aucune borne pour la **masse**.
Elle est définie par le point milieu de
l'alimentation $+15V$, 0 , $-15V$.



Présentation

A. MARTIN

Sommaire

L'amplificateur
opérationnel

Présentation

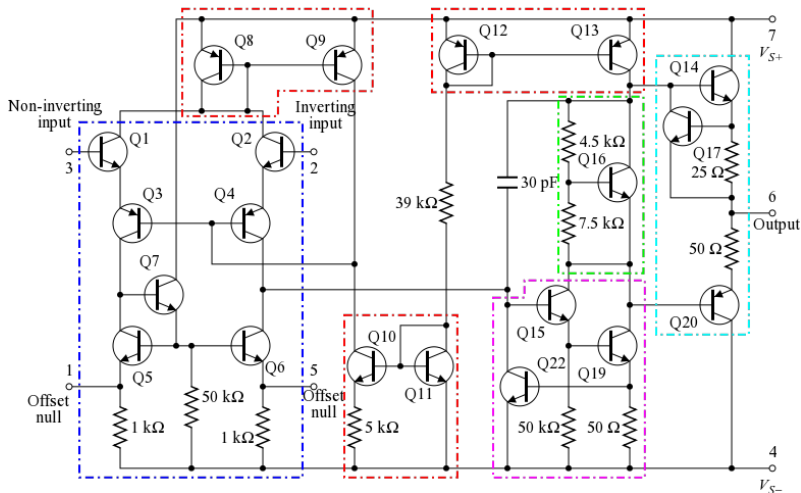
L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions
d'utilisation

Montage suiveur

Exemple du schéma interne de l'AO LM741 :

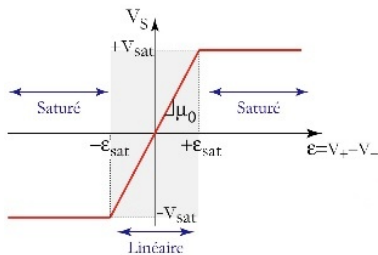


Fonctionnement de l'A.O. réel

A. MARTIN

On ne va pas étudier le comportement interne de l'A.O. mais ses caractéristiques externes. On rappelle qu'il possède **deux régimes**, selon la valeur de la tension différentielle :

$$\varepsilon = V_+ - V_-$$



1. **Régime LINÉAIRE** : $|\varepsilon| < \varepsilon_{sat}$ et $|V_s| < V_{sat}$, alors $V_s = \mu_0 \varepsilon$.

$\mu_0 = \text{gain différentiel statique}$ ($\sim 10^5$).

Note : ε_{sat} a une valeur très faible de l'ordre de 0.15mV.

2. **Régime SATURÉ** : $|\varepsilon| > \varepsilon_{sat}$, alors 2 états possibles :

- ▶ $V_s = +V_{sat}$ si $V_+ > V_- + \varepsilon_{sat}$
- ▶ $V_s = -V_{sat}$ si $V_+ < V_- - \varepsilon_{sat}$

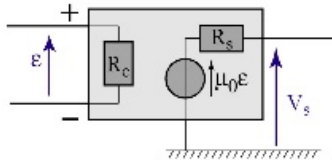
Ici $V_{sat} \approx V_{cc} = 15V$. Il peut néanmoins y avoir une légère dissymétrie due à l'alimentation ou à l'A.O.

Résistances d'entrée et de sortie :

En tant que quadripôle, un amplificateur peut être modélisé par le schéma ci-contre.

Quadr. idéal : $R_e \rightarrow \infty$ et $R_s = 0$.

A.O. : $R_e \sim 10\text{M}\Omega$ et $R_s \sim 10\Omega$.



L'AO est donc usuellement considéré comme un très bon amplificateur car R_e est grand et R_s est petit.

De l'A.O. réel à l'A.O. idéal.

A. MARTIN

Sommaire

L'amplificateur
opérationnel

Présentation

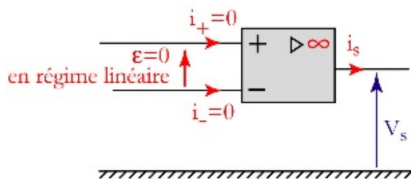
L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions
d'utilisation

Montage suiveur

	A.O. réel (LM741)	A.O. idéal
μ_0	$\sim 2.10^5$	∞
ε_{sat}	0.15 mV	0
e_d	> 7.5 mV	0
R_e	$\sim M\Omega$	∞
i_e	~ 80 nA	0
R_s	$\sim 10 \Omega$	0



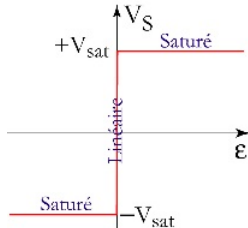
La caractéristique est idéalisée en prenant $\varepsilon_{sat} = 0$ et $\mu_0 \rightarrow \infty$.

- ▶ En régime LINÉAIRE :

$$\varepsilon = 0 \text{ ou } V_+ = V_- \text{ , et } |V_s| < V_{sat}$$

- ▶ En régime SATURÉ : 2 états possibles

- ▶ $V_s = +V_{sat}$ si $V_+ > V_-$
- ▶ $V_s = -V_{sat}$ si $V_+ < V_-$



Précaution d'utilisation d'un A.O. en T.P.

A. MARTIN

Sommaire

L'amplificateur
opérationnel

Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions
d'utilisation

Montage suiveur



- ▶ Montage d'un circuit avec A.O.
 1. Câbler le circuit **sans brancher les éventuels générateurs.**
 2. **Alimenter l'A.O. avec l'alimentation continue**
 3. **En dernier**, brancher les générateurs.
- ▶ Démontage d'un circuit avec A.O.
 1. Commencer par éteindre et débrancher les générateurs.
 2. Puis éteindre l'alimentation de l'A.O.
 3. Défaire le circuit

L'amplificateur opérationnel

Montage suiveur

Effet de la rétroaction et intérêt

A. MARTIN

Sommaire

L'amplificateur
opérationnel

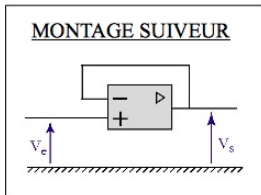
Présentation

L'A.O. réel

L'A.O. idéal.

Précautions
d'utilisation

Montage suiveur



- ▶ Grâce au bouclage sur l'entrée inverseuse, l'A.O. est stable en **régime linéaire**.
- ▶ La sortie "suit" l'entrée : $V_s = V_e$
d'où le nom de *montage suiveur*.

- ▶ Avantages : **Impédance d'entrée (quasi) infinie, impédance de sortie (quasi) nulle**¹.
- ▶ Il réalise une **adaptation d'impédance** : grâce aux impédances d'entrée (∞) et de sortie (0), il rend indépendants l'amont et l'aval (la charge) de la chaîne de traitement.
- ▶ Il réalise une **amplification de puissance**. L'impédance d'entrée étant infinie, la puissance d'entrée est nulle alors que la puissance en sortie est non nulle.
- ▶ Rmq pratique : ce montage très simple permet de vérifier rapidement le bon fonctionnement de l'A.O.

1. Pour un gain statique fini μ_0 on a $R_e = \mu_0 R_{eAO}$ et $R_s = R_{sAO} / \mu_0$.