

Electronique pour les Télécoms



Fonction amplification

I. Quadripôles : définitions, représentations

- L'information à traiter par un système électronique se présente souvent sous forme d'une tension électrique.
- Une étape du traitement de l'information est alors la transformation d'une tension (d'entrée) en une autre tension (de sortie).
- Le bloc correspondant à ce traitement se représente alors sous la forme d'un quadripôle, comportant 2 bornes d'entrée et deux bornes de sortie.

2

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : définitions, représentations

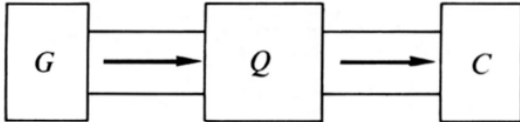
- Nous ne considérerons ici que des **quadripôles linéaires**
- Les tensions d'entrée et de sortie sont alors proportionnelles aux intensités des courants d'entrée et de sortie (ou à leur dérivée ou leur primitive)
- Ceci exclut la présence dans le quadripôle de sources indépendantes
- Sur un schéma, on dispose généralement les blocs de gauche à droite, dans le sens du traitement de l'information

3

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : définitions, représentations

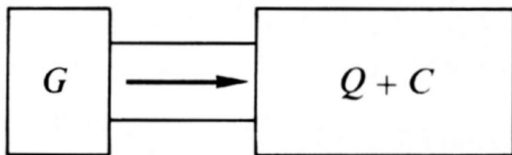


4

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : définitions, représentations



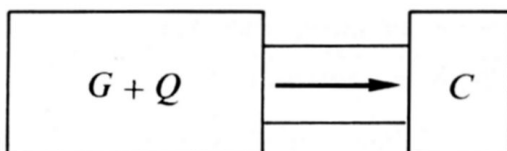
- Tout ce qui est à gauche du quadripôle Q étudié peut être considéré comme un dipôle générateur G

5

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : définitions, représentations



- Tout ce qui est à droite du quadripôle Q étudié peut être considéré comme un dipôle C (la charge du quadripôle)

6

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : définitions, représentations

- Nous nous limiterons au cas où :
 - Q est alimenté (attaqué) par un dipôle G linéaire
 - Q est chargé par un dipôle C linéaire passif
- Q et C se comportent alors pour G comme un dipôle récepteur dont les bornes sont les bornes d'entrée de Q
- G et Q se comportent comme un dipôle générateur dont les bornes sont les bornes de sortie de Q

7

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : définitions, représentations

- Quadripôle passif
 - Quadripôle n'échangeant pas d'énergie avec le milieu extérieur autrement que par effet Joule
 - Exemples : diviseur de tension résistif, filtre passif RC
- Quadripôle actif
 - Amplificateurs, filtres actifs (à transistors, à amplificateur opérationnel)
 - Nécessité d'une source d'énergie (alimentation continue)

8

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

- On se place en régime sinusoïdal permanent (ou régime harmonique)
- On peut alors utiliser la notation complexe
- Souvent, l'entrée du quadripôle apparaît comme une impédance : c'est l'impédance d'entrée Z_e du quadripôle (celle qui est « vue » par le dipôle générateur G)

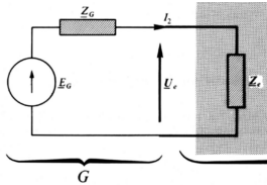
9

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

- Cette impédance peut dépendre de la charge du quadripôle :
 - Impédance d'entrée, sortie à vide
 - Impédance d'entrée, sortie en court-circuit



10

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

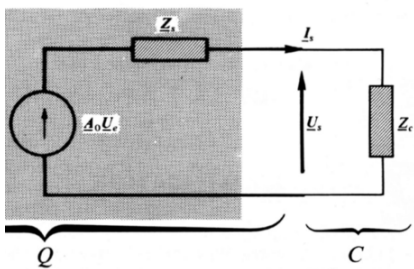
- La charge Z_L « voit », elle, un dipôle actif linéaire que l'on peut représenter par son modèle équivalent de Thévenin :
 - Impédance interne, qui est appelée **impédance de sortie** Z_S de l'ensemble (générateur G + quadripôle Q)
 - Cette impédance peut dépendre du dipôle G
 - F.e.m, correspondant à la **tension de sortie à vide**, qui est proportionnelle à la tension d'entrée U_1 du quadripôle
 - Le coefficient de proportionnalité est l'**amplification en tension à vide** A_0

11

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

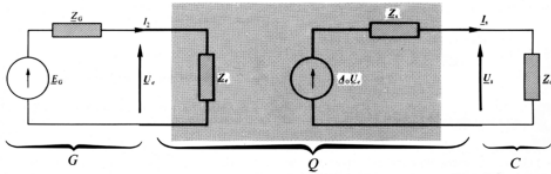


12

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles



Modèle d'un quadripôle linéaire
(si son entrée est équivalente à une impédance)

13

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

- $U_s = Z_s I_s = [Z_s / (Z_e + Z_s)] \cdot E_s$
- $U_e = Z_e I_e = [Z_e / (Z_e + Z_s)] \cdot \Delta_s U_s = \Delta U_s$
- Δ_s est également appelée transmittance (à vide) du quadripôle
- Δ est l'amplification en charge (elle dépend de cette charge)
- Si tous les paramètres du modèle sont réels (cas d'un amplificateur large bande à l'intérieur de la bande passante)
 - l'amplification est maximale à vide : $|A| < |A_0|$
 - plus le courant de sortie est grand, plus la tension de sortie est petite

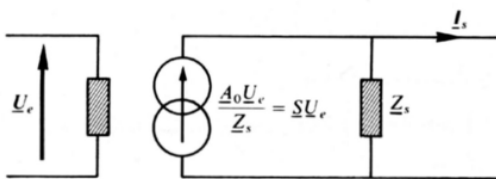
14

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

- On peut également représenter le circuit de sortie du quadripôle par son modèle de Norton



15

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

- L'équation de sortie s'écrit alors :

$$I_s = S U_e + U_s / Z_s$$

- $S U_e$ représente le **courant de sortie en court-circuit**

16

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : modèles

- L'impédance de sortie Z_s peut se calculer en rendant le dipôle ($G + Q$) passif, c.a.d en annulant toutes les sources indépendantes qu'il contient
- Seule la source E_G est indépendante, mais le fait de l'annuler ici annule aussi U_e , et donc la source commandée $A_0 U_e$

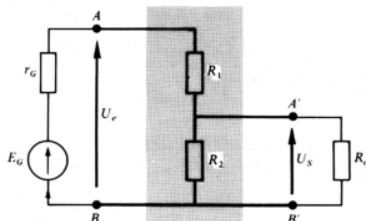
17

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : exemple

- Diviseur de tension résistif, attaqué par le générateur (E_G, R_G) et chargé par la résistance R_C



18

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : exemple

- $\underline{A}_0 = A_0 = R_2 / (R_1 + R_2)$
- $\underline{Z}_S = R_S = R_2 // (R_1 + R_G)$
- Lorsque $R_G = 0$ (attaque par une source de tension idéale) : $R_S = R_1 // R_2$
- Lorsque $R_G = \infty$ (attaque par une source de courant idéale) : $R_S = R_2$
- R_S n'est jamais nulle ; la tension de sortie dépend donc de la charge du pont diviseur !

19

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications amplification en tension

- Par définition, l'amplification complexe en tension est

$$\underline{A}_u = \frac{\underline{U}_s}{\underline{U}_e}$$

- Relation entre nombres complexes \Rightarrow 2 relations entre nombres réels :

$$\underline{A}_u = \frac{\underline{U}_s}{\underline{U}_e} \quad \text{et} \quad \text{Arg } \underline{A}_u = \varphi_{u_s} - \varphi_{u_e} = \varphi$$

20

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications amplification en tension

- Soit un quadripôle alimenté sous \underline{U}_e , chargé par \underline{Z}_S :

$$\underline{U}_s = \frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_c + \underline{Z}_s} \underline{A}_0 \underline{U}_e, \quad \underline{A}_u = \frac{\underline{Z}_c}{\underline{Z}_c + \underline{Z}_s} \underline{A}_0$$

- \underline{A}_u dépend donc de la charge du quadripôle (il faut donc préciser pour quelle valeur de cette charge elle a été déterminée), sauf si $\underline{Z}_S = 0 \Rightarrow \underline{A}_u = \underline{A}_0$

21

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications
amplification en tension

- La courbe donnant U_s en fonction de U_e est la caractéristique de transfert en tension du quadripôle
- Si le quadripôle est linéaire, c'est une droite
- La tracer dans la cas de l'exemple du pont diviseur résistif étudié précédemment

22

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications
amplification en courant

- On définit de même les amplifications en courant

$$\underline{A}_i = I_s/I_e$$

$$A_i = I_s/I_e \text{ et } \arg \underline{A}_i = \varphi_{i_s} - \varphi_{i_e}$$

$$\underline{A}_i = \frac{Z_c}{Z_c + Z_s} A_0 \quad \frac{Z_e}{Z_c} = \frac{Z_e}{Z_c + Z_s} A_0$$

23

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications
amplification en puissance

- Puissance moyenne délivrée par G, consommée par l'entrée du quadripôle

$$P_e = U_e \cdot I_e \cos (\varphi_{u_e} - \varphi_{i_e})$$

- Puissance moyenne délivrée par Q, consommée par C :

$$P_s = U_s \cdot I_s \cos (\varphi_{u_s} - \varphi_{i_s})$$

24

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications amplification en puissance

- L'amplification en puissance est définie par :

$$A_p = \frac{P_s}{P_e}$$

- Si Z_e et Z_s sont des résistances :

$$A_p = \frac{U_s \cdot I_s}{U_e \cdot I_e} = A_u \cdot A_i$$

25

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications gains

- Gain en tension :

$$G_{v,dB} = 20 \log \left| \frac{U_s}{U_e} \right|$$

- Gain en puissance :

$$G_{p,dB} = 10 \log \left| \frac{P_s}{P_e} \right|$$

26

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications gains

- Par abus de langage, on appelle souvent gain le module de l'amplification ; pour éviter des ambiguïtés, il vaut mieux préciser « gain en dB » ou G_{dB} lorsqu'on veut désigner le « vrai » gain

27

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications Bande passante

- Les coefficients d'amplification d'un quadripôle dépendent de sa charge, qu'il est indispensable de préciser. En ce qui concerne l'amplification en tension, on la précise le plus souvent à vide (A_0)
- On appelle **bande passante** à -3 dB d'un quadripôle amplificateur l'intervalle des fréquences pour lesquelles le gain en tension $G_{dB} = 20 \log |A_0|$ est supérieur ou égal à $(G_{Max} - 3 \text{ dB})$
- Les fréquences pour lesquelles $G_{dB} = (G_{Max} - 3 \text{ dB})$ sont appelées **fréquences de coupure** à -3 dB

28

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications Bande passante

- $G = G_{Max} - 3 \text{ dB} \Leftrightarrow (A_0 / A_{0Max}) = 1 / \sqrt{2}$
- Les graphes en décibels pour l'amplitude et en radians pour la phase en fonction de $\log \omega$ constituent les très célèbres diagrammes de Bode.

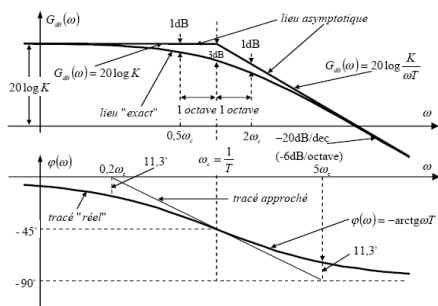
$$\begin{cases} \text{Phase } \varphi = \angle A_0(j\omega) = \angle A_0(2j\pi\nu) \\ \text{Gain en décibels } G_{dB} = 20 \log [|A_0(j\omega)|] = 20 \log [|A_0(2j\pi\nu)|] \end{cases}$$

29

T. BRU

26/10/2011

I. Quadripôles : amplifications Diagramme de Bode d'un 1^{er} ordre



30

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

1. Définitions

• Robert historique de la langue Française

- D'abord employé au figuré pour « fait de s'épanouir », puis au concret pour « augmentation de surface », élargissement (d'un chemin) » (v. 1500)
- Augmentation apparente de volume (1801)
- Vieux ou très littéraire dans ces emplois, le mot est repris en rhétorique, désignant une figure (1521), puis un développement excessif du discours (1636)

31

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

1. Définitions

• Robert historique de la langue Française

- Amplification ressuscite en sciences, d'abord en photographie (1828) pour « rapport d'agrandissement, puis en **électricité (1924) en relation avec amplificateur**
- **Amplificateur**
 - En électricité (1922), : " appareil, dispositif permettant d'amplifier les sons"

32

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

1. Définitions

• Petit Robert de la langue Française

- **Appareil destiné à augmenter l'amplitude d'un phénomène (oscillations électriques) et qui fournit une puissance utile de sortie supérieure à la puissance d'entrée**
- **Élément d'une chaîne acoustique qui précède les haut-parleurs**

33

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

2. Les différents éléments d'un amplificateur

- Pour amplifier, il faut disposer des éléments suivants
 - Une source ou commande fournissant le signal à amplifier
 - Une charge (utilisation)
 - Un amplificateur
 - Une source (alimentation) fournissant la puissance de sortie

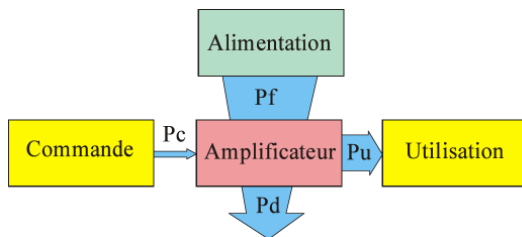
34

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

2. Les différents éléments d'un amplificateur



35

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

2. Les différents éléments d'un amplificateur

- L'alimentation du montage fournit une puissance totale P_f qui se répartit entre :
 - la puissance utile P_u dissipée dans la charge
 - la puissance P_d dissipée (perdue) dans l'amplificateur.
- La puissance P_c , fournie par le circuit de commande, est en général négligeable devant celle provenant de l'alimentation.
- Elle ne sert qu'à contrôler le transfert de puissance entre l'alimentation et la charge

36

T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

2. Les différents éléments d'un amplificateur

- Rendement $\eta = P_u / (P_f + P_c) \approx P_u / P_f$
- Les valeurs de ces puissances et du rendement sont surtout prises en considération dans les étages de sortie (amplification de puissance) d'une chaîne amplificatrice.
- Dans les étages d'entrée (préamplificateur), on s'intéresse surtout à l'amplification en tension.

37

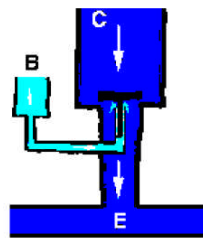
T. BRU

26/10/2011

II. Fonction amplification

2. Les différents éléments d'un amplificateur

- Analogie hydraulique du transistor bipolaire



38

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

- The term operational amplifier, abbreviated op amp, was coined in the 1940s to refer to a special kind of amplifier that, by proper selection of external components, can be configured to perform a variety of mathematical operations.
- Early op amps were made from vacuum tubes consuming lots of space and energy.
- Later opamps were made smaller by implementing them with discrete transistors.
- Today, op amps are monolithic integrated circuits, highly efficient and cost effective.

39

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

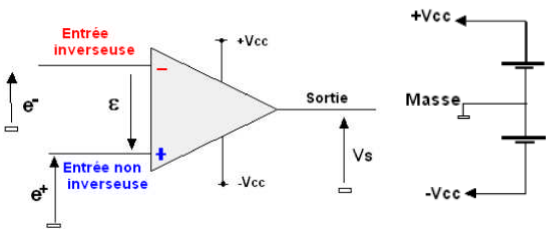
- L'amplificateur opérationnel (AOP) est un amplificateur de différence.
- Il permet d'amplifier la différence ϵ des tensions e^- et e^+ présentes sur ses entrées inverseuse et non inverseuse.
- Il délivre en sortie une tension proportionnelle à la tension appliquée entre les deux bornes d'entrées.
 - $V_s = Ad (e^+ - e^-) = Ad \cdot \epsilon$
 - Amplification différentielle $Ad \sim 10^5 - 10^6$

40

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

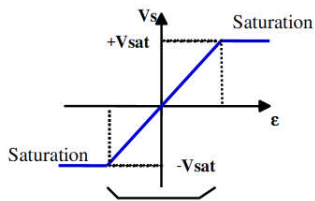


41

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel



Fonctionnement linéaire :

$$V_s = Ad (e^+ - e^-) = Ad \cdot \epsilon$$

42

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

- Fonctionnement **linéaire** si:

$$(-V_{sat}/A_d) < \epsilon < (+V_{sat}/A_d)$$

$$-75 \mu V < \epsilon < +75 \mu V \quad !!$$



Si l'AOP fonctionne en régime linéaire
 $\epsilon \sim 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$

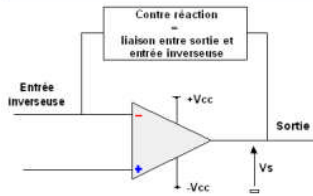
43

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

Pour obtenir un point de fonctionnement dans la zone linéaire, on doit utiliser une **rétroaction** négative qui stabilise le montage autour de ce point de fonctionnement.



44

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP idéal

- Amplification (ou gain) différentielle infinie :
 $A_d \infty \Rightarrow \epsilon = 0$ en régime linéaire
- Les impédances d'entrée sont infinies donc les courants d'entrée sont nuls: $i^+ = i^- = 0$
- La bande passante est infinie
- La résistance de sortie est nulle
- Le slew-rate est infini

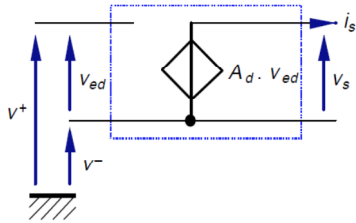
45

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP idéal : schéma équivalent en régime linéaire



46

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP monotension

- Souvent (en particulier dans les applications embarquées), on ne dispose pas d'une alimentation symétrique ($-15\text{ V} / 0\text{ V} / +15\text{ V}$), mais d'une unique alimentation ($0 - 30\text{ V}$ dans l'exemple de la diapositive suivante)
- Dans cet exemple, le montage est un suiveur, de sorte que la seule chose qui est changée est la plage des valeurs possibles pour la tension d'entrée V_{IN} .

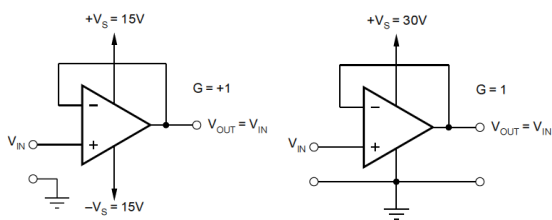
47

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP monotension



48

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

- Les circuits PSoC, qui contiennent des AOP permettant de réaliser des PGA (Programmable Gain Amplifier, qui sont des montages non inverseurs), sont alimentés en 0.5V.
- Ils **ne peuvent donc accepter sur leur entrée et traiter que des signaux évoluant entre 0 et 5 V.**

49

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

- Une **masse « artificielle »** est donc construite sur la puce de façon à fournir une référence autour de laquelle les signaux peuvent varier ; cette référence est appelée Masse Analogique (**Analog Ground ou AGND**).

50

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

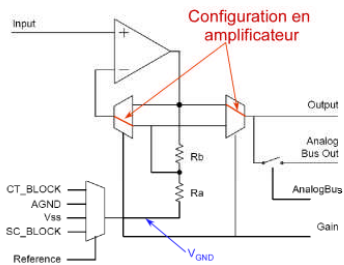
- Le potentiel de cette masse peut être fixé par l'utilisateur, mais **le plus souvent dans les circuits PSoC : $A_{GND} = 2.5V$**
- Sur la diapositive suivante, on voit que la référence de tension V_{GND} du PGA **peut-être choisie**, grâce à un multiplexeur, **parmi différentes valeurs, dont A_{GND} et $V_{SS} (0V)$**

51

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension



52

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

- On voit également la structure du bloc PGA, configuré en amplificateur ($A_v > 1$) à l'aide de multiplexeurs ; en changeant la position de l'aiguillage de ces multiplexeurs, il peut être également configuré en suiveur ou en atténuateur.

53

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

- On a :

$$V_0 - V_{GND} = (V_{IN} - V_{GND}) \cdot \left(1 + \frac{R_b}{R_a} \right)$$

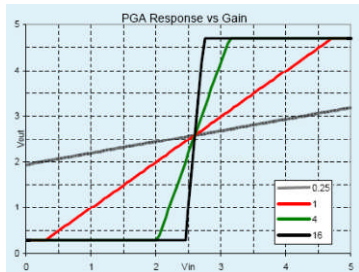
$$V_0 = (V_{IN} - V_{GND}) \cdot \left(1 + \frac{R_b}{R_a} \right) + V_{GND}$$

54

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension ($V_{GND} = 2.6V$)



55

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

- Sur les courbes de la diapositive précédente $V_{GND} = A_{GND} = 2 \times V_{bandgap} = 2.6V$
- Toutes les courbes admettent comme centre de symétrie le point $V_{IN} = V_{OUT} = 2.6V$, ce qui confirme :
 - que ce sont bien les variations de la tension d'entrée autour de V_{GND} qui sont amplifiées ;
 - que la tension de sortie est bien centrée autour de V_{GND} .

56

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP monotension

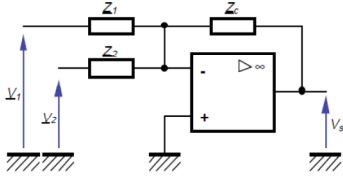
- Ceci implique que la tension d'entrée soit centrée sur V_{GND} , ce qui n'est pas le cas d'une tension sinusoïdale (qui est par définition centrée sur 0)
- Il faut donc intercaler entre la source de tension et l'entrée de l'amplificateur un dispositif réalisant le décalage nécessaire

57

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en régime linéaire



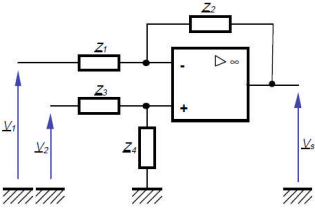
$$V_s = -\frac{Z_c}{Z_1} V_1 - \frac{Z_c}{Z_2} V_2$$

58

T.BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en régime linéaire



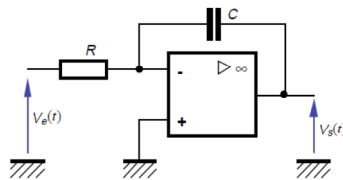
Si $Z_1 = Z_3$ et $Z_2 = Z_4$ $V_s = \frac{Z_2}{Z_1} (V_2 - V_1)$

59

T.BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en régime linéaire



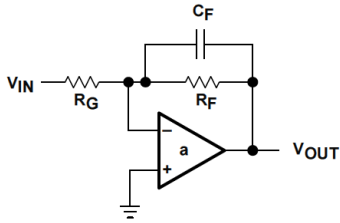
$$v_s(t) = -\frac{1}{RC} \int v_e(t) dt$$

60

T.BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en régime linéaire

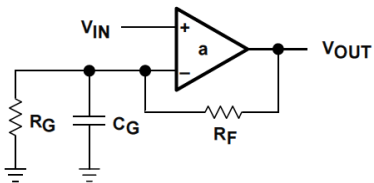


61

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en régime linéaire

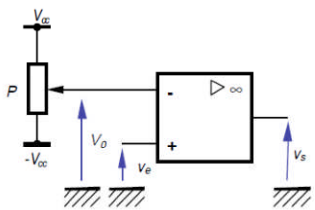


62

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en commutation

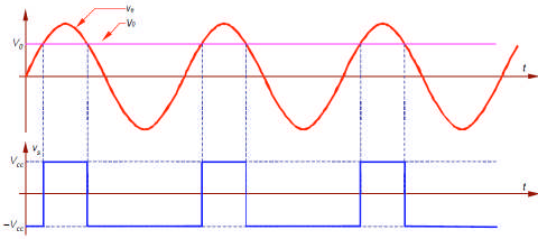


63

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en commutation

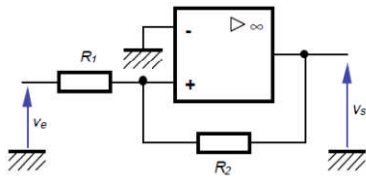


64

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en commutation

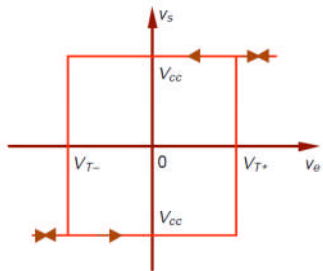


65

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en commutation

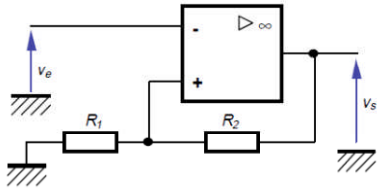


66

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel Applications en commutation



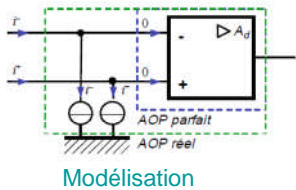
67

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Courants de polarisation et de décalages



68

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Courants de polarisation et de décalages
 - technologie bipolaire (ex : $\mu\text{A} 741$) : $I_B = 80 \text{ nA}$ et $I_{OS} = 20 \text{ nA}$.
 - technologie J-FET : TL 081, $I_B = 30 \text{ pA}$ et $I_{OS} = 5 \text{ pA}$;
 - LMC6001 (AOP de National Semiconductor employé en instrumentation), $I_B = 25 \text{ fA}$

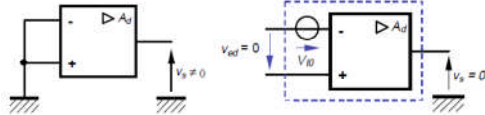
69

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Tension de décalage
 - Pour un AOP parfait, si la tension v_{ed} est nulle, la tension de sortie est nulle.
 - Dans un AOP réel, la tension v_s lorsque les entrées sont reliées ($v_{ed} = 0$) n'est pas nulle



70

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Tension de décalage
 - Exemples numériques
 - μA 741 : $V_{IO} = 1 \text{ mV}$
 - TL 081 : $V_{IO} = 3 \text{ mV}$
 - LM 6132 : $V_{IO} = 0,25 \text{ mV}$
 - PGA PSoC : $3,5 \text{ mV}$

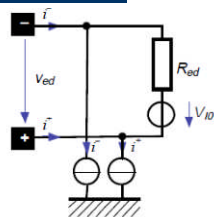
71

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Résistance d'entrée
 - μA 741 : $R_{ed} = 2 \text{ M}\Omega$
 - TL 081 : $R_{ed} = 1 \text{ T}\Omega$.
 - PGA PSoC : $R_e \propto C_e = 3 \text{ pF}$



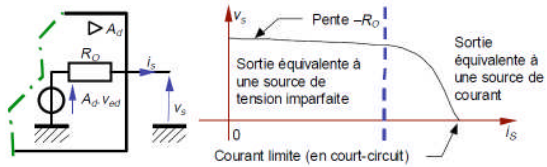
72

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Résistance de sortie



73

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections statiques

- Déchet au niveau de la tension de sortie (par opposition à une sortie "rail to rail")
 - PSoC
 - Output Swing : $0.05V$ to $V_{dd} - 0.05$

74

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle de l'amplificateur opérationnel

$$\underline{V}_s = \underline{A} \underline{V}_{ed} \quad \text{avec} \quad \underline{A} = \frac{A_0}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}}$$

- Exemples numériques
 - $\mu A741$: $f_0 = 10 \text{ Hz}$ $TL081$: $f_0 = 20 \text{ Hz}$

75

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Le produit $A_0 \cdot F_0$ est appelé produit gain – bande passante de l'AOP
- C'est une donnée caractéristique précisée dans les notices techniques (datasheet) du fabricant
- Pour le TL081, il est égal à 4 MHz

76

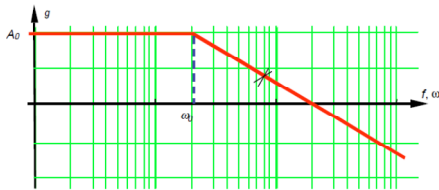
T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle de l'amplificateur opérationnel



77

T. BRU

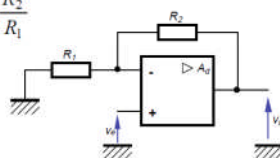
26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle de l'amplificateur opérationnel : influence en boucle fermée

$$\frac{V_s}{V_e} = \frac{A}{1 + \frac{A}{k}} \text{ avec } k = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$



78

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle de l'amplificateur opérationnel : influence en boucle fermée

$$\underline{A} = \frac{A_d}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}} \quad \frac{V_s}{V_e} = \frac{A_d}{1 + \frac{A_d}{k}} \frac{1}{1 + j \frac{\omega}{(1 + \frac{A_d}{k})\omega_0}}$$

79

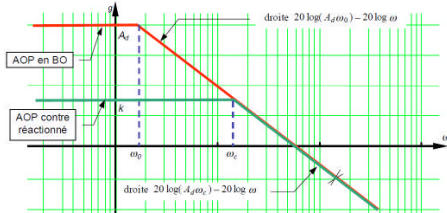
T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle de l'amplificateur opérationnel : influence en boucle fermée



80

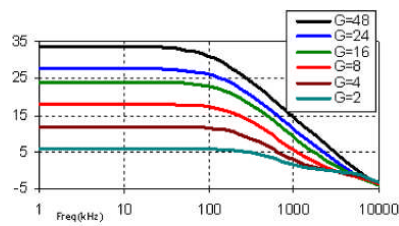
T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle d'un PGA PSOC (Power = High, Bias = High)



81

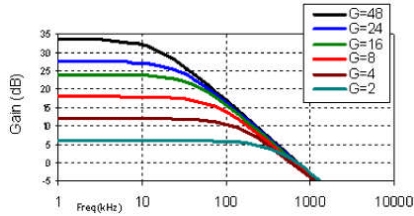
T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Réponse fréquentielle d'un PGA PSoc (Power = Low, Bias = Low)



82

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Le slew-rate : il est lié à un phénomène **non-linéaire**, qui fait que la tension de sortie ne peut pas varier plus vite qu'une certaine limite (slew-rate), exprimée en V/S ou plutôt V/μs.
- μA 741 : 0,5 V/μs
- TL 081 : 13 V/μs
- LF 157 : 50 V/μs (rapide)
- LM 7171 : 4100 V/μs (extrêmement rapide)

83

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Slew-rate PGA PSoc

Slew Rate (20% to 80%) ²			
Low Power	.6	--	V/μs
Med Power	2.4	--	V/μs
High Power	9.0	--	V/μs

84

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Slew-rate PGA PSoC
 - Il ne s'agit ici que de valeurs concernant des signaux internes au circuit
 - Pour sortir sur les broches du C.I, les signaux analogiques doivent passer par un buffer dont le slew-rate vaut environ $1 \text{ V} / \mu\text{s}$

85

T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Slew-rate PGA PSoC
 - Il ne s'agit ici que de valeurs concernant des signaux internes au circuit
 - Pour sortir sur les broches du C.I, les signaux analogiques doivent passer par un buffer dont le slew-rate vaut environ $1 \text{ V} / \mu\text{s}$ (produit gain-bande passante en petits signaux $\approx 1 \text{ MHz}$)

86

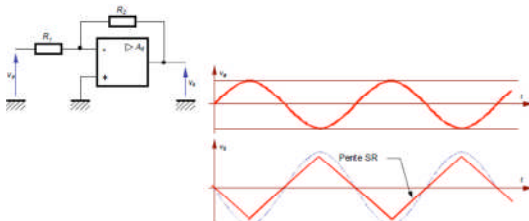
T. BRU

26/10/2011

III. Amplificateur opérationnel

AOP réel : imperfections dynamiques

- Le slew-rate : effet dans un montage linéaire



87

T. BRU

26/10/2011
