

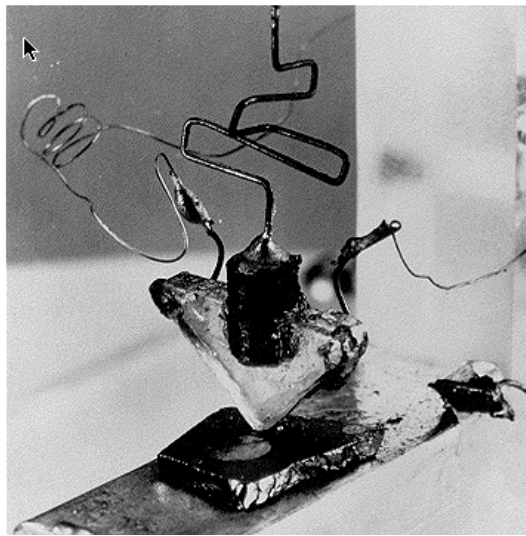


Apprentissage

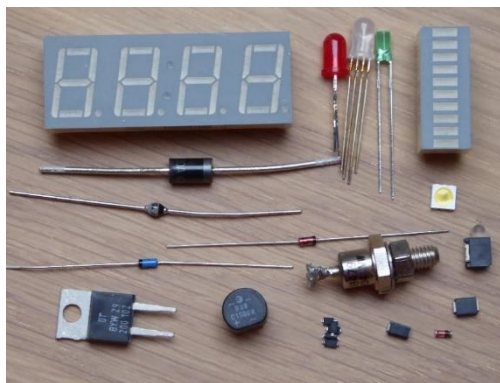
2^e Cycle

**ESISAR
Grenoble-INP**

Travaux Dirigés EP330-EP331



Composants Electroniques

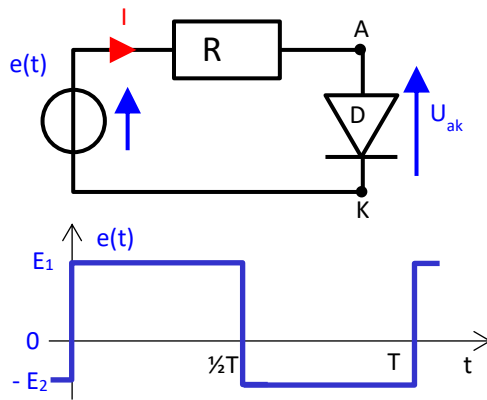


Responsable : Guy Dehay
Auteurs : Guy Dehay
Création sept 2023
Imprimé : sept. 25

Table des matières

Table des matières	2
Diode Parfaite	3
I/ Etude statique	3
Redressement simple alternance	4
I/ Préambule	4
II/ Première approche	4
III/ Montage fonctionnel	4
Diode Réelle en Commutation	5
I/ Etude Dynamique	5
II/ Puissance	5
Point de repos - Modèle petits signaux - Ondulations	6
I/ Création d'une tension quasi-constante	6
Amplification à Transistor & Mise en cascade d'amplificateur	7
I/ Amplificateur 1	7
II/ Amplificateur 2	7
III/ Liaison capacitive	7
IV/ Liaison continue (fig. 15)	8
Effet Miller (4 pts)	8
AOP Parfait	9
I/ Pont de Wheatstone linéarisation (5 pts)	9
II/ Récupérateur d'ondulation d'alimentation	9
III/ Source de Courant	9
IV/ Filtre à variable d'état	10
V/ Filtre Actif	11
VI/ Correcteur de phase (12 pts)	11
VII/ Montage Inconnu (20 pts)	12
AOP Réel	13
I/ Impédance d'entrée	13
II/ Courant de polarisation	13
I/ Intégrateur	13
II/ AOP réel – Mesures de défaut (14 pts)	14
Examen	15
I/ Montage classique en finesse	15
II/ AOP presque parfait (10 pts)	15
III/ AOP avec défauts (20 pts)	15

Diode Parfaite



Circuit élémentaire

Résistance

$$R = 1\text{k}\Omega$$

Diode :

$$U_0 = 0,62\text{ V}$$

$$r_d = 25\ \Omega$$

$$C_t = 400\text{ pF}$$

$$C_d = 100\text{ pF}$$

Source :

$$E_1 = 5\text{ V}$$

$$E_2 = 10\text{ V}$$

T très grand vis-à-vis des temps de commutation.

Le temps de montée/descente de la source $e(t)$ est très supérieur au temps de commutations de la diode.

I/ Etude statique

1/ Diode Parfaite

a/ Tracez le chronogramme du courant $i(t)$ et de la tension $v_{AK}(t)$.

b/ Calculez les valeurs caractéristiques du courant et de la tension.

2/ Diode modèle statique

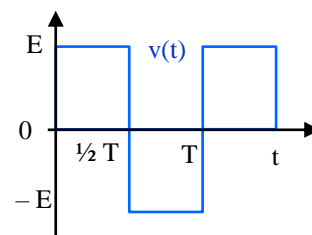
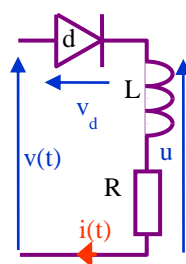
a/ Donnez le modèle équivalent de la diode en régime statique.

b/ Recalculez le courant i et la tension v_{AK} lorsque la diode est passante.

Redressement simple alternance

La diode est parfaite. La tension $v(t)$ est imposée.

$$v(t) = E \text{ carré}(\omega t) \quad E = 200 \text{ V} \quad T = 1/50 = 20 \text{ ms}$$



I/ Préambule

a/ Ecrire l'équation différentielle du système entre $i(t)$ et $u(t)$

b/ Exprimez τ la constante de temps de la charge.

II/ Première approche

1/ Constante de temps \ll période T

Composants : $R = 10 \Omega$ $L = 10 \mu\text{H}$

Condition initiale : $i(0) = 0 \text{ A}$

a/ Calculez τ la constante de temps de la charge.

b/ Etudiez sur une période les tensions $v_d(t)$, $u(t)$ et le courant $i(t)$.

c/ Tracer leurs chronogrammes.

d/ Exprimez puis calculez la valeur moyenne de u et de i .

2/ Constante de temps $\#$ période T

Composants : $R = 10 \Omega$ $L = 100 \text{ mH}$

Condition initiale : $i(0) = 0 \text{ A}$

Même question qu'au § II.

3/ Constante de temps \gg période T

La constante de temps τ est grande par rapport à la période T

Composants : $R = 10 \Omega$ $L = 10 \text{ H}$

4/ Mise en fonctionnement

Condition initiale : $i(0) = 0 \text{ A}$

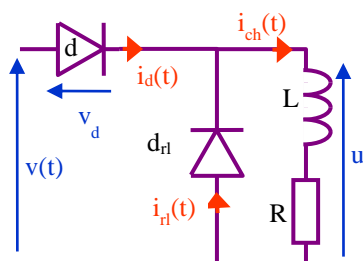
a/ Même question qu'au § II sur la première période.

b/ Quels commentaires pouvez-vous faire sur la tension moyenne et le courant moyen.

III/ Montage fonctionnel

Afin de corriger le défaut du montage précédent, voici le montage véritablement opérationnel. Une diode de roue libre est rajoutée en antiparallèle. On garde la constante de temps τ est grande par rapport à la période T

$R = 10 \Omega$ $L = 10 \text{ H}$;



1/ Démarrage - Mise en fonctionnement

Condition initiale : $i(0) = 0 \text{ A}$

Même question qu'au § II sur la première période.

2/ Régime permanent

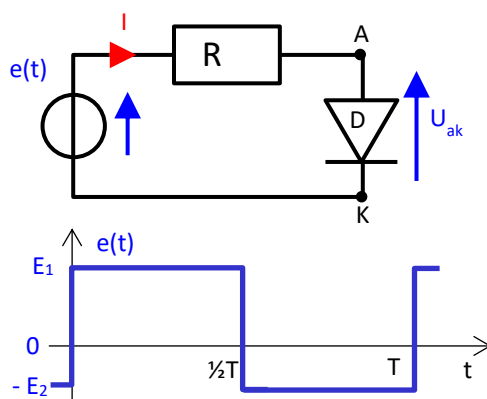
Le dispositif est en fonctionnement depuis plusieurs minutes, son état fonctionnel est dit en **régime permanent**.

a/ Le dispositif est en régime permanent, que peut-on en déduire ?

b/ Calculez le courant moyen dans la charge ?

c/ Même question qu'au § II sur une période.

Diode Réelle en Commutation



Circuit élémentaire

Résistance

$$R = 1\text{k}\Omega$$

Diode :

$$U_0 = 0,62\text{ V}$$

$$r_d = 25\ \Omega$$

$$C_t = 400\text{ pF}$$

$$C_d = 100\text{ pF}$$

Source :

$$E_1 = 5\text{ V}$$

$$E_2 = 10\text{ V}$$

T très grand vis-à-vis des temps de commutation.

Le temps de montée/descente de la source $e(t)$ est très supérieur au temps de commutations de la diode.

I/ Etude Dynamique

1/ Modèles

- a/ Donnez le modèle dynamique de la diode à l'état bloquée.
- b/ Donnez le modèle dynamique de la diode à l'état passant

2/ Etude de la mise en conduction

- a/ Rappelez la condition exacte qui rend la diode passante.
- b/ Tracez le courant $i(t)$ et la tension $v_{AK(t)}$ en étudiant les deux phases de constituant la mise en conduction.
- c/ Calculez le temps de commutation à 95% de la valeur finale.

3/ Etude du blocage

- a/ Rappelez la condition exacte qui bloque la diode.
- b/ Tracez le courant $i(t)$ et la tension $v_{AK(t)}$ en étudiant les deux phases de constituant le blocage.
- c/ Rappelez à quoi correspond le temps de recouvrement inverse.
- d/ Calculez le temps de commutation à 95% de la valeur finale.

4/ Fréquence maximum de fonctionnement

On limite le temps de commutation à 10% de de la fréquence du signal de « contrôle » $e(t)$. Calculez cette fréquence

II/ Puissance

1/ Puissance en conduction (modèle statique)

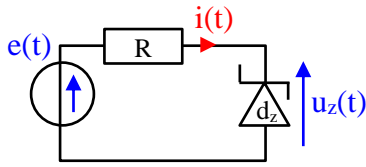
- a/ Rappelez la définition de la valeur moyenne et de la valeur efficace.
- b/ Calculez la puissance dissipée dans la diode soumise à un courant constant (AN E_1).
- c/ La diode est soumise à la tension $e(t)$. Calculez la puissance active (moyenne) dissipée par la diode.

2/ Puissance en commutation

- a/ Exprimez l'énergie dissipée à la mise en conduction.
- b/ Exprimez l'énergie dissipée au blocage.
- c/ Calculez les.
- d/ Calculer la puissance dissipée pour la fréquence maximum.

Point de repos - Modèle petits signaux - Ondulations

I/ Création d'une tension quasi-constante



Données

Source de tension $e(t)$

$$e(t) = 8 + 2 \sin(\omega t)$$

$$f = 1 \text{ kHz}$$

Diode zener

$$U_o = 0,6 \text{ V} \quad r_d = 0,2 \Omega$$

$$U_z = 5,4 \text{ V} \quad r_z = 0,8 \Omega$$

1/ Caractéristiques

a/ Réaliser une représentation graphique de $e(t)$.

b/ Tracez la caractéristique de $(i ; u_z)$ de la diode zener pour une plage de courant de $\pm 1 \text{ A}$.

Echelle : 1 V / cm $0,1 \text{ A/cm}$

2/ Régime statique et ondulation

a/ Décomposez la source de tension en deux sources distinctes correspondant à la composante continue E et $\tilde{e}(t)$ aux ondulations.

b/ A l'aide du théorème de superposition décomposez le montage en deux schéma – statique – dynamique.

3/ Régime statique

a/ Dans les conditions du régime statique, Calculer la résistance R pour avoir un courant de $0,5 \text{ A}$.

b/ Calculez la tension u_z .

c/ Calculez alors la puissance dissipée dans R

4/ Régime dynamique

a/ Dans les conditions de l'étude en dynamique, calculez l'ondulation du courant.

b/ Calculez l'ondulation de la tension u_z .

5/ Bilans

a/ Exprimez le courant $i(t)$ en fonction du temps.

b/ Exprimez la tension $u_z(t)$ en fonction du courant.

c/ Calculez la puissance dans la diode zener

Amplification à Transistor & Mise en cascade d'amplificateur

I/ Amplificateur 1

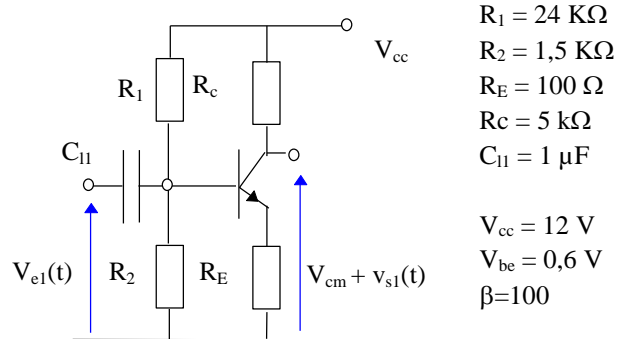
On tiendra compte d'un générateur de tension avec impédance interne.

a/ Donnez l'expression littérale et numérique de l'amplification en tension $A_1 = v_{s1}/v_{e1}$

b/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance d'entrée R_{in1}

c/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance de sortie R_{out1}

d/ Donnez l'expression littérale et numérique de la fréquence de coupure à -3dB de la nouvelle fonction de transfert calculée avec la capacité de liaison.



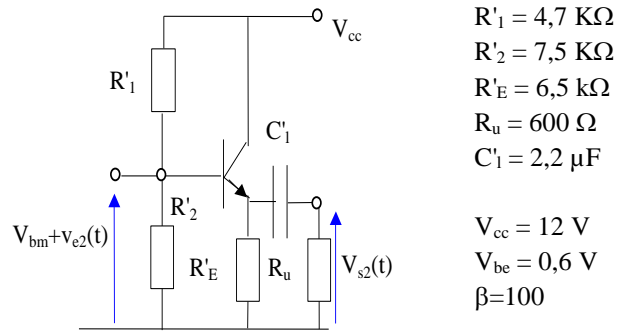
II/ Amplificateur 2

a/ Donnez l'expression littérale et numérique de l'amplification en tension $A_2 = v_{s2}/v_{e2}$

b/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance d'entrée R_{in2}

c/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance de sortie R_{out2}

d/ Donnez l'expression littérale et numérique de la fréquence de coupure à -3dB

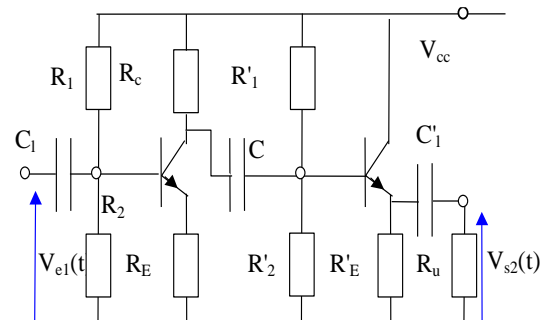


III/ Liaison capacitive

a/ Donnez l'expression littérale et numérique de l'amplification en tension $A_3 = v_{s2}/v_{e1}$

b/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance de sortie R_{out3}

c/ Donnez l'expression littérale et numérique de la fréquence de coupure à -3dB du montage complet.

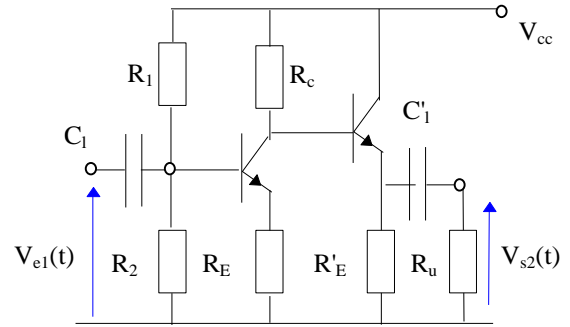


IV/ Liaison continue (fig. 15)

a/ Donnez l'expression littérale et numérique de l'amplification en tension $A_4 = v_{s2}/v_{e1}$

b/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance d'entrée R_{in4}

c/ Donnez l'expression littérale et numérique de la résistance de sortie R_{out4}



Effet Miller (4 pts)

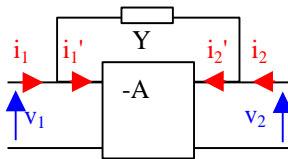


Fig. 1 schéma équivalent.

Nous allons montrer qu'il y a équivalence entre le montage Fig. 2 et le montage Fig. 1.

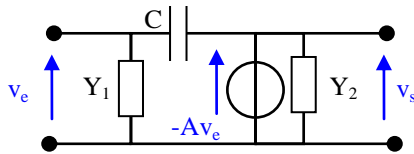


Fig. 2 : Montage amplificateur de gain $-A$.

d/ Montrez que l'admittance équivalente Y_{in} est égale à Y_1 en parallèle avec une capacité équivalente C_{eq1} qui vous spécifierez. (1,5 pt)

e/ Montrez que l'admittance équivalente Y_{out} est égale à Y_2 en parallèle avec une capacité équivalente C_{eq2} qui vous spécifierez. (1,5 pt)

f/ Les impédances Z_1 et Z_2 sont infinies. Calculez la capacité équivalente en entrée et en sortie. $A = 20$ et $C = 1\text{nF}$. (1 pt)

AOP Parfait

Les schémas sont réalisés avec des amplificateurs opérationnels parfaits alimentés en $\pm 15\text{ V}$.

I/ Pont de Wheatstone linéarisation (5 pts)

L'AOP est parfait. L'AOP est alimenté en $\pm V_{cc}$. La source de tension E est constante inférieure à V_{cc} .

a/ Exprimez la tension de sortie v_m en fonction de E et des résistances R_1, R_2, R_3, R_4 . Bien mener le calcul jusqu'au bout.

b/ Exprimez sous forme de quotient, la condition qui rend la tension v_m nulle.

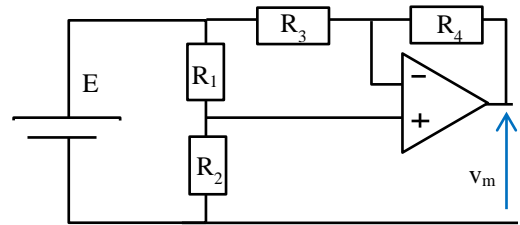
c/ Simplification : on a trois résistances identiques :

$$R_1 = R_2 = R_3 = R_0$$

La résistance R_4 est un capteur qui varie de $\pm 50\%$

$$R_4 = R_0(1 + x) \text{ avec } -0,5 < x < 0,5$$

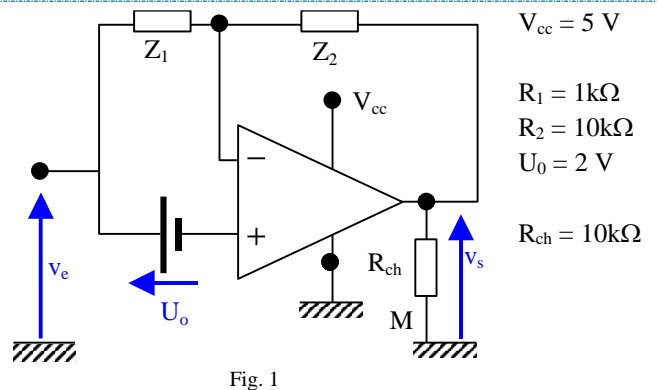
d/ Exprimez $v_m(x)$ la tension de sortie en fonction de x .



II/ Récupérateur d'ondulation d'alimentation.

La tension d'entrée $v_e(t)$ est une tension continue U_{eo} sur laquelle se superpose une ondulation $\tilde{u}(t)$. La difficulté provient que U_{eo} est très voisin de V_{cc} . On remarquera que l'AOP est parfait et alimenter entre 0 et $+V_{cc}$.

a/ Exprimez la tension $v_s(t)$ en fonction de tous les éléments.



III/ Source de Courant

La transconductance est définie comme suit : $g = \frac{i}{v_1}$

1/ Fonctionnement

a/ Exprimez le courant i en fonction de v_1 et de R_1 .

b/ Calculez la résistance R_1 pour avoir $g = 10\text{ mA/V}$.

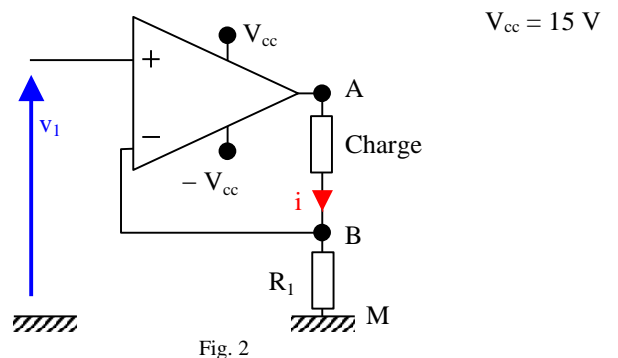
c/ Calculer I pour $V_1 = 10\text{ V}$. Quelle est la puissance dans R_1 .

2/ Plus subtil

a/ Calculez la résistance R_1 pour avoir $g = 100\text{ mA/V}$.

b/ Calculer I pour $V_1 = 10\text{ V}$. Quelle est la puissance dans R_1 .

c/ Quelle est l'autre problème ? ☹



IV/ Filtre à variable d'état

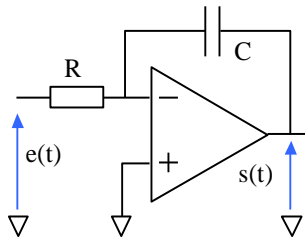
1/ Preliminaire

fig. 3 : Montage 1.

a/ Exprimez la fonction de transfert du montage de la fig. 3 en posant $\tau = RC$.

b/ Pour une tension d'entrée $e(t)$ sinusoïdale de pulsation ω , et d'amplitude E , exprimez mathématiquement en fonction du temps $e(t)$ et $s(t)$ la tension de sortie.

c/ Que faut-il rajouter à ce montage pour qu'il fonctionne de façon pratique et pourquoi.

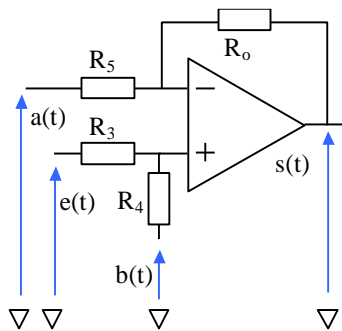
2/ Liminaire

fig. 4 : Montage 2.

a/ Exprimez la sortie s en fonction des trois tensions e , a , et b , du montage de la figure fig. 4 et montrez qu'elle peut s'écrire sous la forme suivante où α , β , et ε sont des constantes fonctions des éléments du montage :

$$s = -\alpha \cdot a + \varepsilon \cdot e + \beta \cdot b$$

3/ Filtre universelle

Le montage de la figure fig. 5 est un filtre universel. En fonction du point de sortie du montage on obtient un filtre de type passe bas, passe haut ou passe bande. Les amplificateurs opérationnels seront considérés comme parfait. Il est judicieux de penser à faire les calculs en « p ».

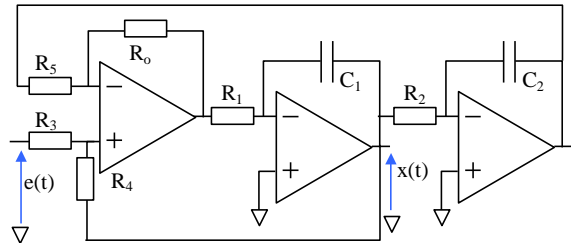


fig. 5 : Filtre universel.

a/ Exprimez la fonction de transfert entre la sortie $x(t)$ et l'entrée $e(t)$ du montage de la figure fig. 5 en fonction des constantes α , β , ε , τ .

b/ Exprimez le facteur d'amortissement m et ω_0 la pulsation propre du filtre en fonction de α , β , ε et τ du montage et spécifiez de quel type de filtre il s'agit.

4/ Finalisation

On veut réaliser un filtre passe-bande de fréquence centrale 7,5 kHz.

Vous prendrez la constante de temps d'intégration du filtre universel égale à 10 μ s. Le gain dans la bande passante est désirée égal à 2.

a/ Montrez que le coefficient d'amortissement doit alors être égal à 0,7.

b/ Exprimez puis calculez alors α , β et ε .

V/ Filtre Actif

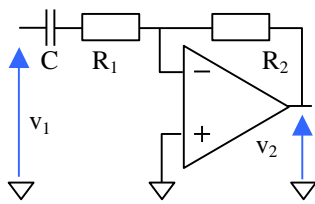


Fig. 3

$$\begin{aligned} R_1 &= 1 \text{ k}\Omega \\ R_2 &= 10 \text{ k}\Omega \\ C &= 10 \text{ nF} \end{aligned}$$

$$H(p) = \frac{V_2}{V_1}$$

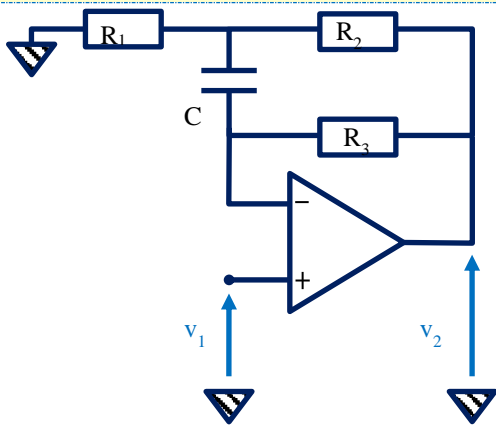
a/ Montrez que la fonction de transfert $H(p)$ du schéma de la Fig. 3 peut s'exprimer comme suit, en exprimant H_o et ω_1 en fonction des éléments du montage.

$$H(p) = -H_o \cdot \frac{\frac{p}{\omega_1}}{1 + \frac{p}{\omega_1}}$$

b/ Démontrez la relation liant la fréquence de coupure à -3 dB du gain maximum en fonction de ω_1 .

c/ Tracez le diagramme de Bode de $H(j\omega)$.

VI/ Correcteur de phase (12 pts)



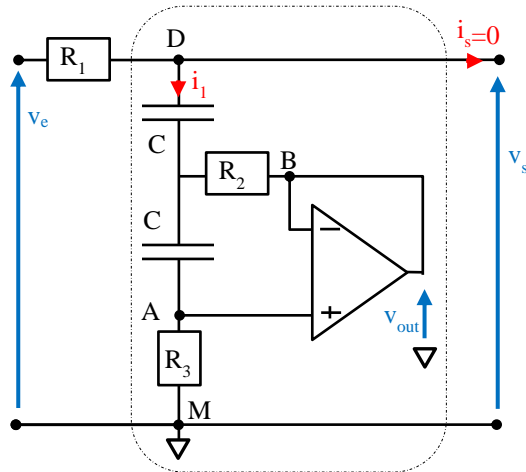
On se propose d'étudier le montage **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** en calculant sa fonction de transfert. Elle est définie comme suit :

$$H(j\omega) = \frac{v_2}{v_1}$$

a/ Exprimez la fonction de transfert.

b/ Tracez le diagramme asymptotique de Bode.

VII/ Montage Inconnu (20 pts)

**Objectif**

Nous allons commencer par chercher l'impédance équivalente Z_{DM} vue des points D et M, puis nous allons rechercher la fonction de transfert de ce montage et « deviner » à quand il sert.

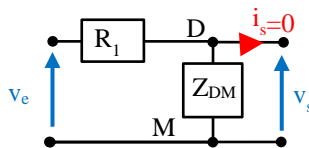
Composants

Aop est parfait

Courant de sortie : $i_s=0$ $R_1 = 10 \text{ k}\Omega$ $R_2 = 100 \Omega$ $R_3 = 1 \text{ M}\Omega$ $C = 317 \text{ nF}$

1/ Pour l'ambiance (2 pts)

a/ Exprimez v_s en fonction de v_e , R_1 et Z_{DM} .

2/ C'est partie : Z_{DM} ? (6 pts)

Extraire le montage limité au cadre en trait mixte, puis exprimez l'impédance équivalente Z_{DM} vue des points D et M.

$$Z_{DM}(p) = \frac{v_s}{i_1}$$

3/ Comprendre « Avé » les mains (4 pts)

On considère le montage complet, et les propriétés élémentaires des composants.

a/ A très basse fréquence que vaut la tension v_s .

b/ A très haute fréquence (infinie) que vaut la tension v_s .

c/ En utilisant le résultat de la question « 1/ », et en supposant qu'à la résonance l'impédance $Z_{AD} = 2R_2$, donnez la tension v_s .

d/ A quel type de filtre avons-nous à faire ?

4/ Etude harmonique (6 pts)

Pour (re)partir sur de bonne base, voici le résultat pour l'impédance Z_{DM} :

$$Z_{DM} = R_3 \frac{1 + 2R_2 C p + R_2 R_3 C^2 p^2}{R_3 C p + R_2 R_3 C^2 p^2}$$

a/ En utilisant Z_{DM} ci-dessus-ci, et le résultat de la question « 1/ », montrez que $T(p)$ à la forme suivante

$$T(p) = \frac{v_s}{v_e} = \frac{1 + 2m_1 \frac{p}{\omega_1} + \frac{p^2}{\omega_1^2}}{1 + 2m_0 \frac{p}{\omega_0} + \frac{p^2}{\omega_0^2}} = \frac{1 + 2R_2 C p + R_2 R_3 C^2 p^2}{1 + (2R_2 + R_1) C p + (R_1 + R_3) R_2 C^2 p^2}$$

b/ Identifiez ω_k les pulsations propres, m_k les coefficients d'amortissement ($k = 0$ ou 1) puis réalisez les applications numériques à la 3^e décimale.

5/ Courbe de Gain (6 pts)

On repart tous avec les valeurs suivantes :

$$\omega_1 = 315,5 \text{ rd/s}$$

$$m_1 = 10^{-2}$$

$$\omega_0 = 315 \text{ rd/s}$$

$$m_0 = 1$$

a/ Quel est le gain statique de $T(p)$?

b/ Quel est le gain quand la pulsation tend vers l'infini ?

c/ Tracez le diagramme **asymptotique** du gain de $T(p)$.

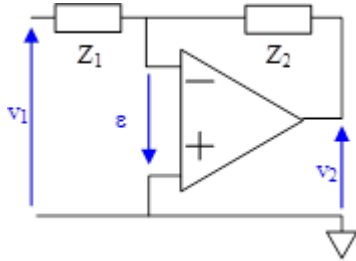
d/ Tracez l'allure de la courbe réelle en étant attentif aux coefficients d'amortissement

e/ A quoi sert ce montage.

AOP Réel

I/ Impédance d'entrée

1/ Amplificateur réel



gain de -10 (AOP parfait)

a/ Influence du gain limité et la résistance d'entrée différentielle

L'amplificateur opérationnel a un gain de 10^5 et une résistance d'entrée en mode différentiel de $1\text{ M}\Omega$ (ce sont des valeurs courantes). On cherche à réaliser un amplificateur

b/ Exprimez l'amplification $G_V = V_2/V_1$. Vous penserez à mettre en facteur l'expression du gain quand l'aop est parfait.

Montrer que l'erreur relative E sur la tension de sortie par rapport au modèle idéal est approximativement égale à :

$$E \triangleq \frac{V_{s|Aop\text{ parfait}} - V_{s|Aop\text{ réel}}}{V_{s|Aop\text{ réel}}} = \frac{1}{A_{v0}} \left(1 + \frac{Z_2}{Z_1} + \frac{Z_2}{Z_{id}} \right) \cdot 100\%$$

où Z_{id} est l'impédance d'entrée du mode différentiel.

i/ Evaluer cette valeur pour les cas où $Z_1 = R = 1\text{ k}\Omega$, $10\text{ k}\Omega$ ou $100\text{ k}\Omega$.

c/ Impédance de sortie

Nous nous intéressons à l'amplificateur de la figure 13 avec $Z_1 = 10\text{ k}\Omega$. Cependant, nous prenons maintenant en compte ici le fait que l'impédance de sortie de l'amplificateur est égale à $1\text{ k}\Omega$. Quelle est l'impédance de sortie du circuit ?

II/ Courant de polarisation

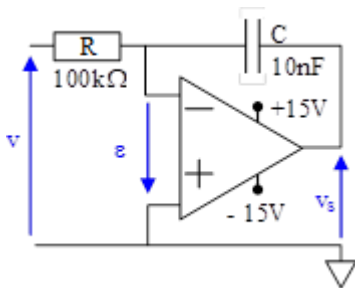


Fig. 4 : Montage intégrateur.

I/ Intégrateur

L'amplificateur opérationnel est de vieille génération et présente des courants de polarisation suivants :

$$i_b = 100\text{ nA} \quad i_d = 0,5 i_b$$

$$i_b = \frac{i_b^+ + i_b^-}{2} \quad i_d = i_b^- - i_b^+$$

Input Bias Current : I_p ou I_b Input Offset Current : I_a

a/ AOP parfait

Donner la relation entre $v_s(t)$ et $v_e(t)$ pour un amplificateur idéal.

b/ AOP réel

Quel est l'effet des courants de polarisation sur la sortie ? Tracez alors $v_s(t)$, en supposant la capacité déchargé à $t=0$ et que $v_e=0$. Qu'en est-il pour un amplificateur de toute dernière génération pour lequel :

$$i_b = 10\text{ pA} \quad i_d = 0,1 i_b^*$$

On inverse C et R. Quelle est la fonction de ce nouveau circuit ?

i/ Quel est l'effet des courants de polarisation sur la sortie pour les amplificateurs

ii/ vieille et nouvelle génération ?

$$I_d = I_p^+ - I_p^- \quad \text{et} \quad I_p = \frac{1}{2} (I_p^+ + I_p^-)$$

c/ Montage réel - AOP parfait

On place une résistance R_2 en parallèle avec C.

i/ Exprimez la fonction de transfert

ii/ Tracez le diagramme de bode de cette fonction de transfert.

iii/ Donnez la « bande de fréquence » qui détermine l'intégrateur.

iv/ Calculez la résistance R_2 afin que le montage fonctionne à une fréquence de 10 Hz .

II/ AOP réel – Mesures de défaut (14 pts)

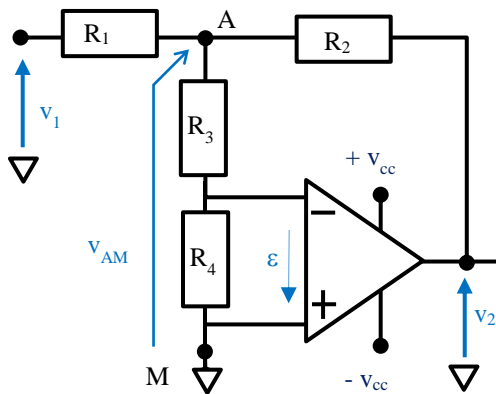


Fig. 6 : Montage permettant de mesurer de certains défauts.

Infos

$v_1(t)$: Sinusoïde d'amplitude crête 1 V
 $V_{cc} = 15$ V $V_{sat} = 12$ V

Composants

$R_1 = 10$ k Ω $R_2 = 100$ k Ω
 $R_3 = 100$ k Ω $R_4 = 100$ Ω

Fonction de transfert

$$T_2(p) = \frac{v_2}{v_1} = \frac{1}{\frac{-R_1}{AR_4} \left[1 + (R_3 + R_4) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \right] - \frac{R_1}{R_2}}$$

1/ AOP parfait (2 pts)

L'AOP est parfait.

a/ Exprimez la fonction de transfert $T_1(p) = v_2/v_1$.

b/ Exprimez la fonction de transfert $H_1(p) = v_2/v_{AM}$.

2/ AOP moins parfait (6 pts)

Seul défaut, le gain de AOP en boucle ouverte $v_2/\epsilon = A$ est fini, constant vis-à-vis de la pulsation.

a/ Dessiner le schéma équivalent complet du montage en utilisant le schéma équivalent de l'AOP avec ce seul défaut, en prenant le reste de l'AOP comme parfait.

b/ Exprimez la fonction de transfert $H_2(p) = v_2/v_{AM}$.

c/ Que permet ce résultat, 2 phrases maximum ?

d/ Montrez que $T_2(p) = v_2/v_1$ est de la forme ci-dessous. Pensez à utiliser la même méthode de calcul vu pour le un Sallen-Kay.

e/ Le gain en boucle ouvert est constant $A = 10^4$; Calculer T_2 .

3/ AOP pas tout à fait parfait (6 pts)

Seul défaut, la tension d'offset V_d est présente. Pensez à éteindre la tension v_1 .

a/ Dessiner le schéma équivalent complet du montage Fig. 6 en utilisant le schéma équivalent de l'AOP avec ce seul défaut.

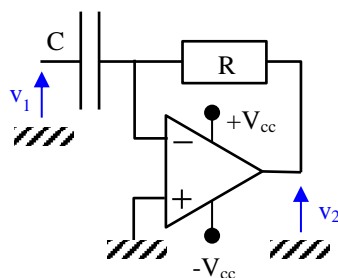
b/ Exprimez la tension v_2 en fonction de V_d .

c/ Calculez la tension $V_{d,max}$ qui fera saturer l'AOP.

d/ En une phrase faites un commentaire.

Examen

I/ Montage classique en finesse



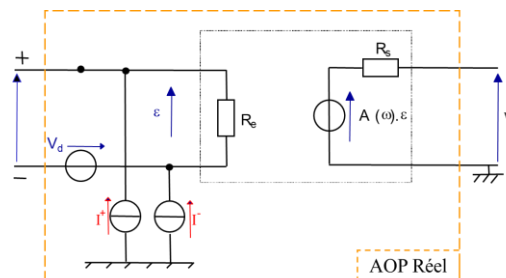
Alimentation
 $V_{cc} = 15 \text{ V}$

$R = 100 \text{ k}\Omega$
 $C = 100 \text{ nF}$

Important

Tout calcul sans schéma fléché ne sera pas lu.
Toute représentation graphique malpropre fera l'objet d'un malus. (ei. tracé à la règle)
Les applications numériques interviennent dans le barème.
Le diagramme semi-log est à rendre même vide.

En rappel - Schéma de l'AOP avec défauts



II/ AOP presque parfait (10 pts)

I/ AOP parfait (6 pts)

L'AOP est parfait.

a/ En démontrant donnez la fonction de transfert $T(p)$ du montage 1.

$$T_1(p) = \frac{v_2}{v_1} \quad \text{Vous poserez } \omega_1 = \frac{1}{RC}$$

b/ Quelle fonction réalise ce montage ?

c/ Calculez ω_1 .

d/ Tracez la courbe de gain asymptotique de $T_1(j\omega)$ sur le graphe fourni.

e/ Pour un signal d'entrée sinusoïdal v_1 de 10 mV crête, quelle est la fréquence maximum du signal pour un bon fonctionnement de ce montage.

II/ Slew Rate (4 pts)

Le défaut de slew rate n'apparaît pas sur le schéma proposé en rappel. On ne considère que ce seul défaut de slew rate. Tout le reste de l'AOP est considéré parfait.

$SR = 5 \text{ V}/\mu\text{s}$

a/ Expliquez en deux phrases le défaut de slew rate de l'AOP.

b/ Pour la fréquence maximum de la question I/ e/ le slew rate se fait-il sentir (démontrez).

c/ Quelque soit la réponse précédente, si l'effet du slew rate était sensible, qu'observeriez-vous pour $v_2(t)$?

III/ AOP avec défauts (20 pts)

Dans les différentes études qui vont suivre, on regardera l'effet de défaut de l'AOP sur le montage, de façon indépendante.

Pour la suite vous prendrez

$$\omega_1 = 100 \text{ rd/s}$$

IV/ Tension de décalage (2 pts)

On ne considère que la tension de décalage (offset) v_d comme seule défaut de l'AOP. La tension d'entrée v_1 sera prise nulle.

a/ Dessinez le schéma du montage en y incluant le modèle de l'AOP avec ce seul défaut.

b/ Exprimez v_{2d} la tension de sortie avec ce défaut.

V/ Gain fini

Le gain $A(p)$ en boucle ouverte de l'AOP est fini. C'est le seul défaut à prendre en compte.

$$A(p) = \frac{v_s}{\varepsilon}$$

1/ Gain de l'AOP fini constant (8 pts)

Dans un premier temps A est indépendant de la pulsation.

$$A(p) = \frac{v_s}{\varepsilon} = A_o \quad A_o = 10^4$$

a/ Dessinez le schéma du montage avec ce seul défaut de l'AOP.

b/ Exprimez T_{2a} la fonction de transfert avec ce défaut en fonction A_o et ω_1 .

c/ Montrez que l'expression de T_{2a} pour A très grand devant 1 se simplifie (noté T_{2b}) comme suit :

$$T_{2a} \approx T_{2b} = \frac{-\frac{P}{\omega_1}}{1 + \frac{P}{A_o \omega_1}}$$

d/ Exprimez puis calculez l'amplification $T_{2b\infty}$ quand la pulsation tend vers l'infini.

e/ Dans le même repère que le tracé de T_1 , tracez la courbe de Bode asymptotique de gain de $T_{2b}(j\omega)$.

2/ Gain de l'AOP d'ordre 1 (8 pts)

Maintenant $A(j\omega)$ est une fonction du 1^{er} ordre de la pulsation.

$$A(p) = \frac{v_2}{\varepsilon} = \frac{A_o}{1 + \frac{p}{\omega_o}} \quad \omega_o = 10 \text{ rd/s}$$

a/ Reprenez le calcul de T_{2a} en y insérant le changement sur A noté T_{3a} . Exprimez alors la fonction T_{3c}

b/ Simplifier l'expression de T_{3a} en T_{3b} quand $A \gg 1$.
Après simplification :

$$T_{3b} = \frac{-\frac{p}{\omega_1}}{1 + \left(\frac{1}{\omega_o} + \frac{1}{\omega_1}\right)\frac{1}{A_o}p + \frac{1}{A_o\omega_o\omega_1}p^2}$$

c/ Déterminez ω_p la pulsation propre et m le facteur d'amortissement de T_{3b} .

d/ Dans le même repère que le tracé de T_1 , tracez la courbe du Bode asymptotique de gain de $T_{3b}(j\omega)$.

Semi-log pour les tracés asymptotiques de gain

