QUADRIPÔLES

I.QUA – ETUDE D'UN QUADRIPOLE RESISTIF ⇒

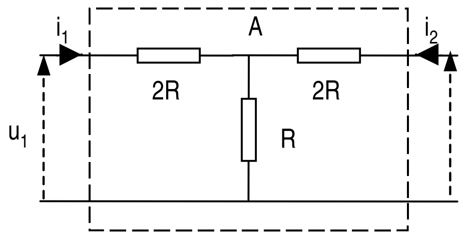

Figure I-1

1- Equations générales

1) Mettre le quadripôle de la Figure I-1 en équations.
2) Trouver deux équations indépendantes liant les tensions u_1 et u_2 aux courants i_1 et i_2.

2- Charge du quadripôle

On charge le quadripôle par une résistance R_L.
1) Quelle est la relation imposée entre u_2 et i_2 ?
2) Calculer la résistance d'entrée en charge $R_e = u_1/i_1$.
3) Comment doit-on choisir R_L pour avoir $R_e = R_L$?

3- Caractéristique de transfert

1) Sans calcul, quelle est la résistance interne du générateur d'attaque telle que la résistance de sortie soit égale à R_g ?
2) Dans le cas où les résistances R_g et R_L sont choisies conformément aux résultats précédents, calculer le gain en tension en charge A_v, le gain en courant en charge A_i, le gain en tension composite $A_{vg} = u_2/e_g$.
3) En gardant les mêmes valeurs pour R_L et R_g, que vaut le gain en tension global $A_{vgN} = u_N/e_g$ de N quadripôles identiques mis en cascade (Figure I-2) ? ®

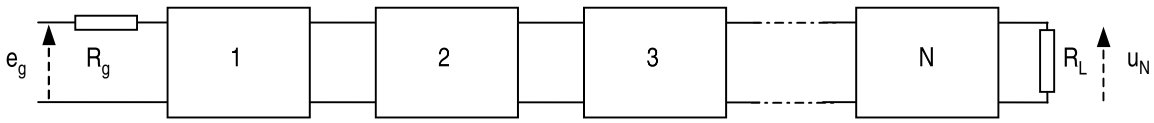

Figure I-2

II.QUA – QUADRIPOLES AMPLIFICATEURS ⇒

1- Amplificateur de tension

(Extrait de l'examen de Janvier 1995)

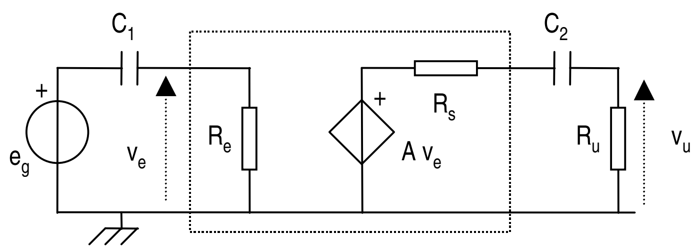

Figure II-1

On s'intéresse à la réponse en fréquence d'un amplificateur, représenté sous la forme d'un quadripôle (Figure II-1), de résistance d'entrée R_e, de gain en tension propre A, de résistance de sortie R_s. Il est attaqué, à travers une liaison capacitive C_1, par un générateur de tension parfait délivrant e_g. Sa charge est constituée par une résistance R_u, en série avec la capacité de liaison C_2.

1) Donner la fonction de transfert V_e/E_g sous la forme :

$$\frac{V_e}{E_g} = \frac{j\omega\tau_1}{1+j\omega\tau_1}$$

2) Mettre la fonction de transfert V_u/V_e sous la forme :

$$\frac{V_u}{V_e} = \frac{AR_u}{R_u + R_s}\,\frac{j\omega\tau_2}{1+j\omega\tau_2}$$

3) Sachant que A dépend de ω par la relation $A(j\omega) = \frac{A_0}{1+j\omega\tau_A}$, écrire la fonction de transfert complexe $H(j\omega)$ V_u/E_g en séparant les cellules passe-haut et passe-bas. Donner en Hz les différentes fréquences de coupure.
4) Tracer le diagramme asymptotique de Bode de $H(j\omega)$ (amplitude et phase). Quelle est la bade passante à –3 dB de l'amplificateur ? (AN : R_e = 1 MΩ ; R_s = 1 kΩ ; R_u = 1kΩ ; C_1 = 1 nF ; C_2 = 4.7 µF ; A_0 = 200 ; τ_A = 6 µsec). ®

2- Amplificateur transconductance

(Extrait du contrôle du 10 Novembre 1995)

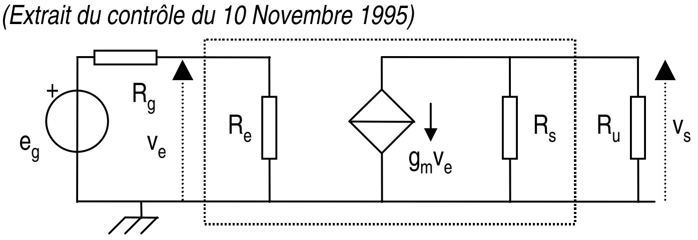

Figure II-2

Soit le quadripôle équivalent représenté sur la Figure II-2, attaqué en tension par un générateur de résistance interne R_g et chargé par une résistance R_u.

2a) Etude en basses fréquences

1) Calculer le gain en tension en charge $A_{vBF}(R_u)$.
2) En déduire le gain en tension à vide A_{vBF0}.
3) Calculer le gain composite en charge $A_{vgBF}(R_u,R_g)$.
4) Sachant que $R_g = R_u = R$ et $R_e = R_s = R'$, donner l'expression de A_{vgBF}.
5) Donner la relation entre R et R' pour avoir A_{vgBF} maximal. Que vaut $A_{vgBFmax}$?

3- Etude en hautes fréquence

En fait, les résistances R_e et R_s se trouvent en parallèle avec des capacités parasites de valeur C (Figure II-3).
On a toujours $Z_g = Z_u = R$

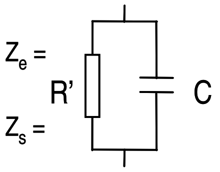

Figure II-3

1) Calculer le gain en tension en charge $A_v(j\omega)$.
2) Calculer le gain en tension composite en charge $A_{vg}(j\omega)$ et l'écrire en fonction de A_{vgBF}.
3) Tracer le diagramme de Bode de $A_{vg}(j\omega)$ (amplitude et phase) en donnant ses caractéristiques principales. Quel est l'écart entre les asymptotes et la courbe vraie à $f = 1/(2\pi\tau)$? (τ à préciser).
4) Avec les valeurs $g_m = 40$ mS, $R = R' = 10\ \text{k}\Omega$, et $C = 10$ pF, donner la valeur approximative de la fréquence de transition f_T, fréquence à laquelle $|A_{vg}(j\omega_T)| = 0$ dB. ®

4- Filtre actif

(Extrait du contrôle de Janvier 1997)

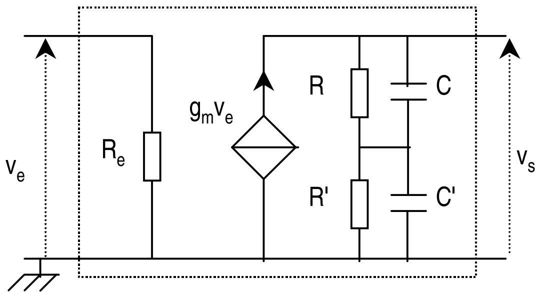

Figure II-4

Soit l'amplificateur à transconductance représenté par le quadripôle de la Figure II-4, utilisé en régime sinusoïdal (AN : $g_m = 2$mS).

1) Quel est son gain propre en tension $A_{v0} = v_s/v_e$ à très basse fréquence ?
2) Montrer que l'expression du gain en tension sur toute la gamme de fréquences peut se mettre sous la forme :

$$A_v(j\omega) = A_{v0}\frac{1 + j\omega\tau''}{(1 + j\omega\tau)(1 + j\omega\tau')},\ \text{avec } \tau = RC.$$

3) On choisit $R = 100\ \Omega$. Calculer R', C, C' de façon à avoir $A_{v0} = 20$ dB, $f_c = 16$ kHz (fréquence de coupure associée à τ), $f_c'' = 3$ kHz (fréquence de coupure associée à τ''). Que vaut f_c' ?
4) Tracer le diagramme de Bode de la réponse en fréquence.
5) La résistance $R = 100\ \Omega$ existe dans la série Renard E12. Choisir les valeurs des autres éléments au mieux dans la série E12, et évaluer les erreurs relatives nominales des fréquences de coupure (et du gain) par rapport aux valeurs prévues. ®

III.QUA – FILTRE PAPILLON ⇒

La plupart des amplificateurs audiofréquences (HI-FI, amplificateurs d'instruments électroacoustiques…) à correcteur analogique graves/aiguës utilisent une structure de type Baxandall (dit « filtre papillon »), qui permet d'amplifier ou d'atténuer les fréquences basses et les fréquences hautes du spectre audiofréquence, ainsi que de régler le volume global avec un nombre minimal de composants. Nous n'étudierons ici que la moitié de la structure de filtrage.

1- Demi-filtre

(Extrait de l'examen de Septembre 1998

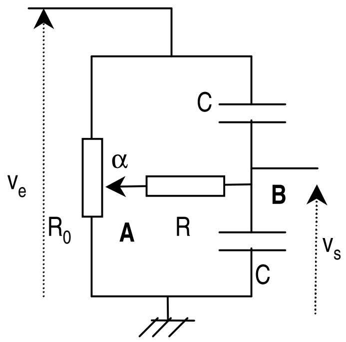

Figure III-1

Le schéma du ½ filtre est dessiné sur la Figure III-1.
La tension d'entrée est v_e et la tension de sortie est v_B.
R_0 est un potentiomètre de valeur totale R_0 qui se partage, au niveau du curseur (nœud A) en αR_0 (en « haut »), et $(1-\alpha)R_0$ (en « bas »), avec $0<\alpha<1$ selon la position du curseur.
1) Poser les équations aux nœuds A et B.
2) Résoudre le système et démontrer que : $H(j\omega) = \dfrac{V_B}{V_e} = \dfrac{1-\alpha+j\omega\tau(\alpha)}{1+j\omega 2\tau(\alpha)}$ où $\tau(\alpha)$ est une constante de temps qui dépend de R, C, R_0 et de la position du curseur.
3) Tracer les diagrammes de Bode en amplitude uniquement pour $\alpha = 0$ (curseur bloqué en « haut »), $\alpha = ½$ (curseur centré), et $\alpha = 1$ (curseur bloqué en « bas »).
4) Sur quelle partie du spectre ce réglage agit-il ? ®

2- Etude quadripôlaire

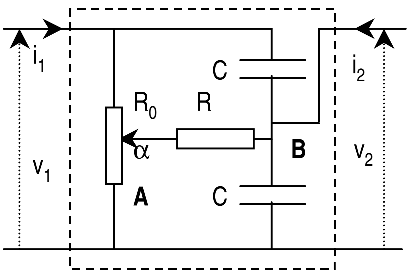

Figure III-2

Le circuit précédent est mis sous la forme d'un biporte, avec les conventions précisées sur la Figure III-2.
1) Ecrire les 3 équations aux nœuds du circuit.
2) Ordonner afin de faire apparaître la matrice admittance complexe (Y) telle que $\begin{pmatrix} i_1 \\ i_2 \end{pmatrix} = (Y)\begin{pmatrix} v_1 \\ v_2 \end{pmatrix}$ et préciser la signification physique des coefficients Y_{ij}.
3) Sortie ouverte, retrouver la transmittance calculée au I.
4) En fonction des Y_{ij}, quelles sont Z_{e0}, impédance d'entrée lorsque la sortie est en l'air, et Z_{s0}, impédance de sortie lorsque le biporte est attaqué par un générateur de tension idéal ? ®

IV.QUA - AMPLIFICATEUR MIS SOUS FORME QUADRIPOLAIRE ⇒

(Extrait du devoir de novembre 1999)

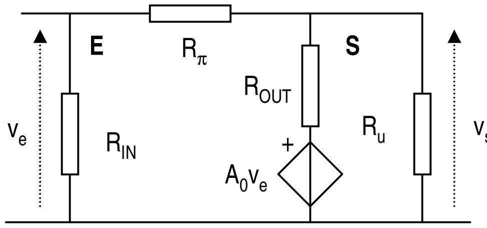

Figure IV-1

On dispose d'un amplificateur représenté sur la Figure IV-1, qu'on cherche à mettre sous forme quadripolaire avec résistance d'entrée, gain en tension, résistance de sortie.
On sait que A_0 est négatif de grande valeur absolue ($A_0 << -1$), et que $R_\pi >> R_{out}$.

1- Gain en tension

1) Calculer A_v, gain en tension en charge. Vérifier un résultat évident si $R_{out} \rightarrow 0$.

2- Résistance d'entrée

1) Calculer R_e, résistance d'entrée vue par le générateur, en fonction uniquement de R_{IN}, R_π, A_v.
2) Montrer que cette résistance d'entrée peut se décomposer en deux résistances en parallèle : R_{IN}, fixe, et R_X, qui dépend de la charge.

3- Résistance de sortie

1) Rappeler la relation générale entre le gain en tension à vide A_{v0}, le gain en tension en charge A_v, la résistance de sortie R_{out}, et la résistance de charge R_u.
2) Par comparaison au résultat duI.1-, donner R_s, résistance de sortie de notre amplificateur.

4- C_π

En réalité, l'élément entre S et E est une capacité parasite $C\pi$. On supposera toujours valides les hypothèses de départ.
1) Quelle est la nature de Z_X, impédance en parallèle sur R_{IN}, dans la détermination de l'impédance d'entrée Z_e ?
2) Quelle est la fréquence de coupure associée à l'impédance d'entrée ? ®

V.QUA - QUADRIPÔLE NON-LINEAIRE ⇒

(Extrait de l'examen de janvier 2001)

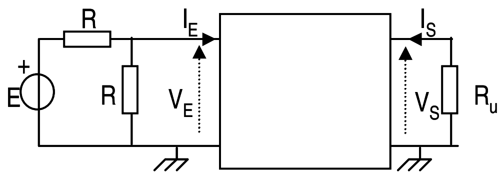

Figure V-1

On dispose d'un quadripôle non linéaire dont la caractéristique statique d'entrée $I_E(V_E)$ est fournie en Figure V-2. En sortie, il se comporte comme un générateur de courant commandé idéal de valeur : $I_S = kI_E^{2/3}$, avec les conventions de sens de la Figure V-1. Il est utilisé dans le circuit de la Figure V-1, où $R = 10\ k\Omega$, $E = 5\ V$, $R_u = 10\ k\Omega$.

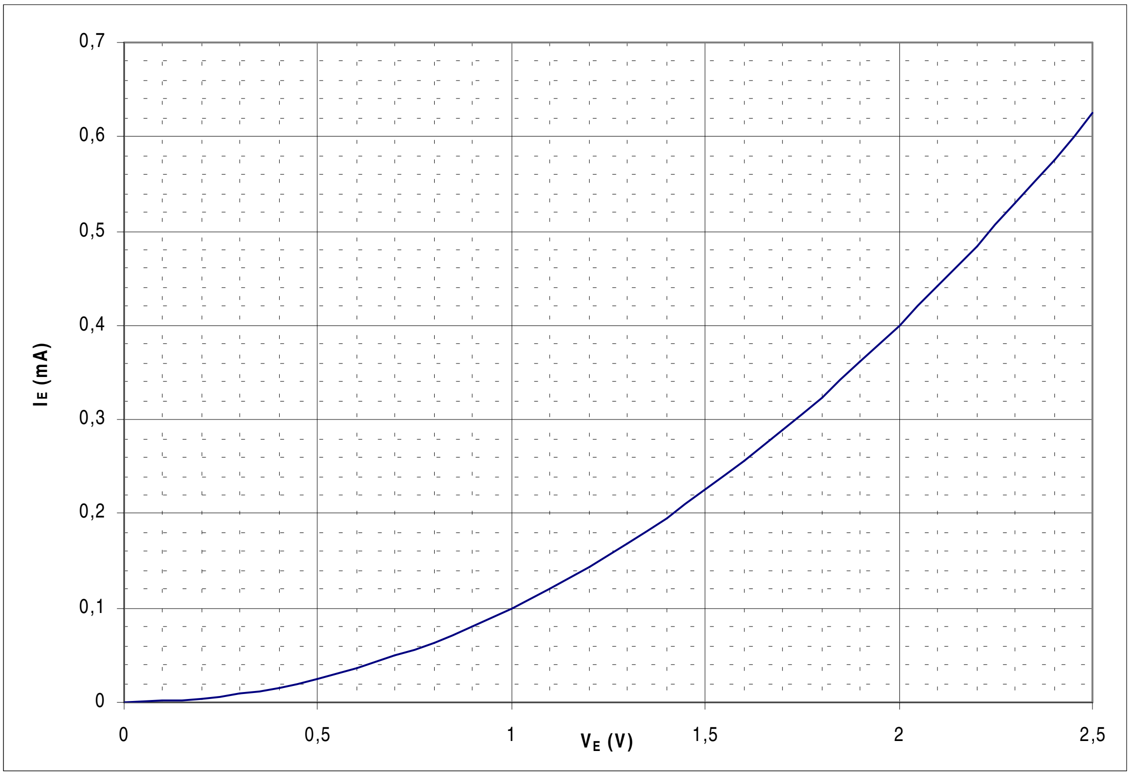

Figure V-2 : caractéristique d'entrée du quadripôle

1- Point de polarisation

1) Tracer la droite de charge en entrée, et donner les valeurs de repos V_{E0} et I_{E0}.
2) Avec k = 2 u.a. (si I_E et I_S sont exprimés en mA), calculer I_{S0}, puis V_{S0}.

2- Variations de tension

On superpose à E des variations de tension positives et négatives d'amplitude crête-à-crête $\Delta E = 2$ V.
1) Tracer les droites de charge extrêmes correspondant à $E+\Delta E/2$, et $E-\Delta E/2$.
2) En déduire la valeur maximale et la valeur minimale de V_E, de I_E, puis de I_S, de V_S.
3) En appelant ΔI_E la variation crête-à-crête de I_E, ΔV_E celle de V_E, calculer la résistance dynamique linéarisée $r_E = \Delta V_E/\Delta I_E$.
4) En appelant ΔI_E la variation crête-à-crête de V_S, calculer le gain propre en tension dynamique linéarisé $A_v = \Delta V_S/\Delta_E$, puis le gain composite correspondant $A_{vg} = \Delta V_S/\Delta_E$.
5) Est-ce un amplificateur (au sens de la puissance) des variations ? (On peut répondre en calculant le gain en puissance G associé aux grandeurs Δ, supposées par exemple sinusoïdales).

VI.QUA – PREAMPLIFICATEUR ACCORDE ⇒

(Examen DEUG SPTI303TE de juin 2001)

1- Réseau de Wien

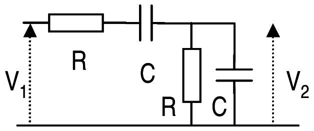

Figure VI-1

La Figure IV-1 donne le schéma électrique d'un circuit accordé très utilisé en électronique, notamment dans les oscillateurs quasi-sinusoïdaux, en raison de sa robustesse : le « réseau de Wien ».
L'étude du circuit se fera en régime harmonique, avec V_1 et V_2, images complexes de tensions sinusoïdales.
L'entrée se fait côté V_1, la sortie côté V_2.

1a) Fonction de transfert

1) Calculer la fonction de transfert $H_W(j\omega) = V_1/V_2$, sous forme de fraction de deux polynômes.
Remarque : une fois n'est pas coutume, on développera le dénominateur au maximum.
2) A quelle pulsation particulière ω_0 H_W est-elle réelle, est quelle est alors sa valeur ?
3) Donner les fonctions asymptotiques de H_W, pour $\omega \rightarrow 0$ et $\omega \rightarrow \infty$. En déduire le type de filtre réalisé.
4) A l'aide des résultats du 3) et de quelques points calculés, tracer $H_{WdB}(j\omega)$ sur 4 décades. On prendra arbitrairement RC = 1 sec.

1b) Immitances

1) Calculer Z_1, impédance d'entrée du biporte.
2) Calculer Z_2, impédance de sortie du biporte, en supposant que le générateur qui délivre V_1 a une impédance interne nulle.
Remarque : passer par l'admittance de sortie Y_2 simplifie les calculs.
3) Que remarque-t-on sur leur produit ?
4) Donner les valeurs $Z_1(\omega_0)$ et $Z_2(\omega_0)$. ®

2- Utilisation du réseau de Wien

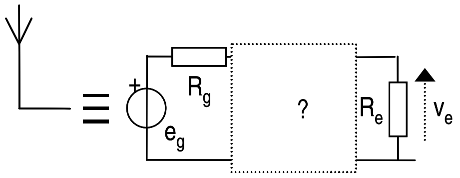

Figure VI-2

On construit un réseau de Wien comme filtre préselecteur entre une antenne équivalente à un générateur de résistance interne $R_g = 50\ \Omega$, et un préamplificateur radiofréquence de résistance d'entrée $R_e = 75\ \Omega$ dans la bande 88 MHz - 108 MHz (Figure VI-2).
On dispose par ailleurs de condensateurs de valeur unique C et de résistances de série E6 (multiplicateurs : 10, 15, 22, 33, 47, 68).

2a) Réalisation du réseau

1) Connecter dans la boîte « ? » de la Figure VI-2 les 3 composants qui permettent d'avoir $v_e/e_g = H_W$, avec la contrainte d'obtenir la résistance équivalente au R de la Figure VI-1 minimale.
2) Pour R = 50 Ω, quelle valeur précise attribuer à C telle que le filtre soit centré en milieu de bande $f_0 = 97.48$ MHz ?
3) Sans démonstration, à partir des résultats du VI.1b), peut-on dire qu'il y a adaptation de puissance entre le générateur interne e_g de l'antenne et le préselecteur ?

2b) Préselection variable

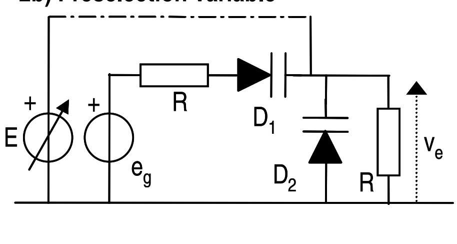

Figure VI-3

Pour ajuster la fréquence centrale de présélection, on utilise des diodes « varicap » à la place des condensateurs, selon le schéma de principe de la Figure VI-3

Leur capacité de transition suit approximativement une loi : $C_T = \dfrac{C_0}{\sqrt{V_0 - V_{AK}}}$ où

C_0 et V_0 sont des caractéristiques du composant.
E est une tension continue positive ajustable. e_g, petit signal issu de l'antenne est évidemment à valeur moyenne nulle.

0) Les diodes choisies sont de référence BB135 chez Philips, dont la documentation permet de lire $C_T \approx 16$ pF pour $V_{AK} = -1$ V, et $C_T \approx 8$ pF pour $V_{AK} = -5$ V. En déduire la valeur des paramètres C_0 et V_0.
1) Dans quel état les diodes D_1 et D_2 sont-elles polarisées ? En déduire le schéma équivalent en petites variations à haute fréquence de l'ensemble (R, D_1, D_2, R).
2) Calculer C_{min} et C_{max} du circuit de la Figure VI-1 qui délimitent la bande $f_0 = 88$ MHz à $f_0 = 108$ MHz. (toujours avec $R = 50\ \Omega$), ainsi que la variation requise $\Delta C = C_{max} - C_{min}$.
3) Le constructeur préconise d'utiliser les diodes à des tensions $V_{AK} < -0.4$ V. Quelle est la valeur maximale de C_T possible avec les BB135 ? Comment compléter l'ensemble (R, D_1, D_2, R) pour obtenir des condensateurs équivalents au moins égaux à C_{max} ? (On dispose de condensateurs E6 échelonnés entre 10 pF et 100 pF, parmi lesquels on choisira une valeur convenable, en prenant en compte la contrainte qui impose une tension E maximale de 6 V).
4) Avec la modification précédente, calculer E_{min} et E_{max} qui correspondent au centrage en extrémités de bande, ainsi que E_{mid}, qui correspond à $f_0 = 97.48$ MHz.
5) Tracer la loi $f_0(E)$ (dans le domaine de fréquences considéré).

2c) Circuit réel

1) Redessiner un circuit réaliste, avec varicaps, qui fait apparaître R_g et R_e, en ajoutant éventuellement des composants dont on précisera le rôle, sachant qu'en plus on désire un courant moyen nul dans l'entrée du préamplificateur. ®

3- Préamplificateur

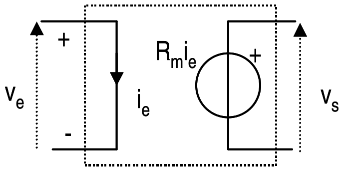

Figure VI-4

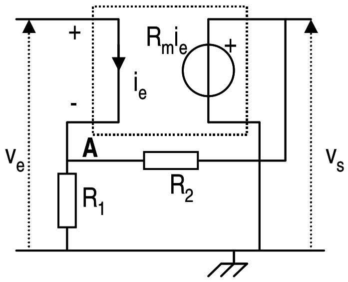

Figure VI-5

Le préamplificateur qui suit le réseau de Wien est construit sur la base d'un amplificateur transrésistance, de résistance d'entrée nulle, de résistance de sortie nulle, et de transrésistance $R_m = 2300\ \Omega$ (voir Figure VI-4).
Il est mis en rétroaction selon le circuit présenté sur la Figure VI-5, dont va chercher à dimensionner les éléments.

3a) Caractéristiques

1) A partir de l'équation au nœud A , trouver la relation entre v_e et i_e, puis l'expression de la résistance d'entrée $R_e = v_e/i_e$.
2) En déduire le gain $A_{v0} = v_s/v_e$.

3b) Réponse en fréquence

La transrésistance de l'amplificateur présente une coupure haute, de la forme : $R_m(jf) = \dfrac{R_{m0}}{1 + j\, f/f_c}$.

1) Montrer que A_v se met sous la forme d'un filtre du premier ordre : $A_v(jf) = \dfrac{A_{v0}}{1 + j\, f/f'_c}$; donner f'_c en fonction de R_{m0}, f_c et R_2.

2) Attribuer à R_2 la valeur (E6) qui permet d'étendre la bande passante à $f'_c = 216$ MHz ($2f_{max}$) sachant que l'amplificateur de base est en réalité destiné à la bande CB, soit $f_c = 27.5$ MHz.

3c) Valeurs numériques

1) Avec la valeur de R_2 précédente, donner à R_1 la valeur (E6) qui permet d'obtenir un gain $A_{v0dB} \approx 30$ dB (ce qui correspond à 20 dB utiles entre v_s et e_g à cause de l'atténuation par 3 du réseau de Wien).
2) Retrouver numériquement la valeur prise pour R_e dans la partie VI.2-. ®

VII.QUA - AMPLIFICATEUR DE DIFFERENCE ⇒

(Devoir surveillé DEUG SPTI303TE / IUP1 de novembre 2001)

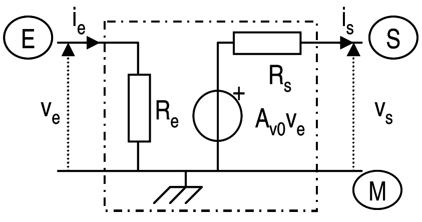

Figure VII-1

On dispose de deux amplificateurs identique, assimilables au biporte de la Figure VII-1. Leur résistance d'entrée est R_e, leur résistance de sortie est R_s, et leur gain en tension A_{v0} est positif. Les courants d'entrée i_e et de sortie i_s seront conventionnellement positifs selon le sens indiqué en Figure VII-1. La masse commune entre l'entrée et la sortie est gênante pour l'application envisagée, et on cherche à les utiliser comme amplificateur de différence « flottant ».

1- Amplificateur de différence

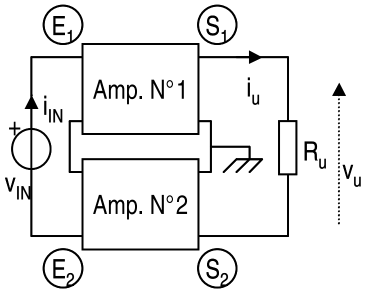

Figure VII-2

Les amplificateurs sont assemblés selon la Figure VII-2, et attaqués par un générateur de tension idéal v_{IN} et chargé par une résistance R_u.

1a) Relations élémentaires

1) Donner les relations entre i_{e1}, i_{e2} et i_{IN}.
2) Donner les relations entre i_{s1}, i_{s2} et i_u.
3) Donner la relation liant v_{IN}, v_{e1} et v_{e2}.
4) Donner la relation liant v_u, v_{s1} et v_{s2}.

1b) Caractéristiques globales

1) Déterminer la résistance d'entrée R_{IN}, vue par v_{IN}.
2) Calculer le gain en tension en charge $A_{vD} = v_u/v_{IN}$.
3) Déterminer le gain en tension à vide A_{vD0}.
4) Déduire de 2) et 3) la résistance de sortie R_{OUT}, vue par R_u. ®

2- Utilisation en contre-réaction

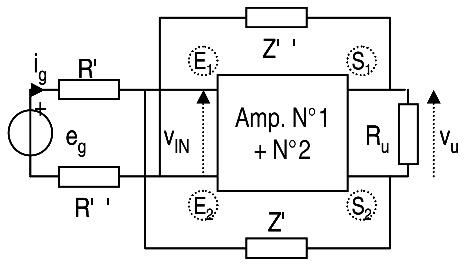

Figure VII-3

L'assemblage précédent est utilisé comme amplificateur « flottant », de gain propre A_{vD0}, dans le circuit de la Figure VII-3. On supposera par ailleurs que $R_{IN} \rightarrow \infty$, et que $R_{OUT} \rightarrow 0$. On applique une contre-réaction croisée à cet amplificateur grâce aux résistances R' et R", ainsi qu'aux impédances Z' et Z".

Rem : pour alléger l'écriture, on pourra appeler R = R'+R", et Z= Z'+Z", le cas échéant.

2a) Relations simples

Dans les hypothèses précédentes :
1) Que vaut i_{IN} ?
2) Quelle est la relation entre v_u et v_{IN} ?

2b) Contre-réaction

1) Ecrire la loi d'une maille liant E_g, I_g, V_{IN}.
2) Ecrire la loi d'une maille liant E_g, I_g, V_u.
3) Ré-écrire cette dernière en faisant apparaître v_{IN}.

2c) Caractéristiques externes

1) Grâce aux équations VII.2b)1) et 3), calculer l'impédance d'entrée externe vue par e_g : $Z_{eEXT} = E_g/I_g$.
2) Grâce à l'équation VII.2b)2) à et l'expression de Z_{eEXT}, calculer le gain en tension externe : $A_{vEXT} = V_u/E_g$.
3) Montrer que pour A_{vD0} suffisamment grand, $A_{vEXT} \rightarrow -Z/R$ ®.

3- Réponse en fréquence

Les impédances Z' et Z" sont réalisées par des condensateurs de capacités respectives C' et C".

3a) Forme canonique

1) Calculer la capacité équivalente C, qui correspondrait à une impédance Z.
2) Mettre A_{vEXT} sous la forme canonique d'un passe-bas du premier ordre, de gain statique $-A_{vD0}$, de constante de temps $(1+A_{vD0})\tau$, où τ est à identifier.

3b) Diagrammes de Bode

1) Tracer le diagramme de Bode de A_{vEXT} entre 1 Hz et 10 kHz, dans le cas où $\tau = 63\ \mu$sec, et $A_{vD0} = 100$.
2) Superposer le diagramme de Bode correspondant au cas limite de la question VII.2c)3). Quelle alors est la fonction réalisée ?

4- Annexe

Donner une définition aussi précise que possible du terme « flottant », qualifiant l'amplificateur à partir de I.1-, en se basant éventuellement sur l'évolution des schémas électriques. ®

VIII.QUA ETUDE D'UN FILTRE PASSIF ⇒

(Devoir surveillé DEUG SPTI303TE / IUP1 d'octobre 2002)

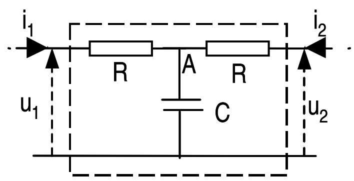

Figure VIII-1

La Figure VIII-1 donne le schéma d'un filtre passif, mis sous forme quadripolaire, et les conventions associées. On décide que l'entrée est du côté (u_1,i_1), et la sortie sur l'autre porte.

1- Equations générales

1) Donner : l'équation au nœud A, l'équation de la maille d'entrée et l'équation de la maille de sortie.
2) Trouver deux équations indépendantes liant les tensions U_1, U_2 aux courants I_1 et I_2. Montrer qu'on peut se ramener au système :

$$\begin{cases} jC\omega\, U_1 = (1+j\tau\omega)I_1 + I_2 \\ jC\omega\, U_2 = I_1 + (1+j\tau\omega)I_2 \end{cases}$$, où τ est à identifier.

2- Charges du quadripôle

2a) « A vide »

On laisse la sortie « en l'air ».
1) Retrouver en $H(j\omega) = U_2/U_1$ une fonction de transfert très classique.
2) En tracer très sommairement le diagramme de Bode (en normalisant RC = 1 sec par exemple). ®

2b) Charge résistive

On charge le quadripôle par une résistance de valeur R.

1) Donner la relation entre U_2 et I_2.

2) Calculer $H'(j\omega) = U_2/U_1$, dans ces nouvelles conditions et le mettre sous la forme canonique $H'(j\omega) = \dfrac{K}{1 + j\omega\tau'}$, où K et τ' sont à identifier.

3) Vérifier la valeur du gain statique K, lorsque $\omega = 0$.

4) Superposer le diagramme de Bode au précédent. Remarques. ®

2c) Charge capacitive

On charge le quadripôle par un condensateur de capacité C.

1) Donner la relation entre U_2 et I_2.

2) Calculer $H''(j\omega) = U_2/U_1$, dans ces nouvelles conditions et le mettre sous la forme $H''(j\omega) = \dfrac{a}{b + dj\omega\tau - e\omega^2\tau^2}$, où a,b,d,e sont des constantes.

3) Vérifier que $H''(j\omega) = \dfrac{1}{\left(1 + j\omega\tau\dfrac{3+\sqrt{5}}{2}\right)\left(1 + j\omega\tau\dfrac{3-\sqrt{5}}{2}\right)}$. Quelles sont les fréquences caractéristiques de ce filtre ?

4) Superposer son diagramme de Bode aux précédents.

5) Donner amplitude et phase de H", pour $\omega = 1/\tau$. ®

IX.QUA AMPLIFICATEUR DE TENSION ⇒

(Extrait de l'examen DEUG SPTI303TE de juin 2003)

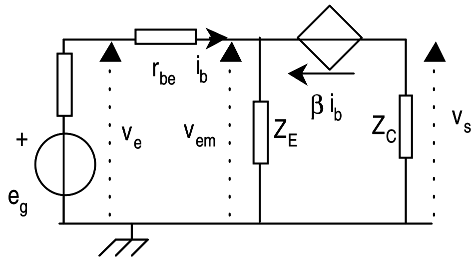

Figure IX-1 : Montage amplificateur

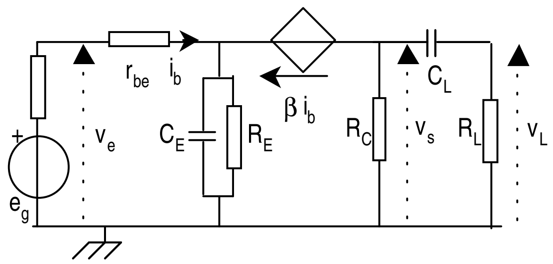

Figure IX-2 : Identification des impédances Z_E et Z_C

On se propose d'étudier l'amplificateur décrit sur la Figure IX-1. Le générateur de tension e_g délivre une tension alternative de faible amplitude. βi_b est un générateur de courant dépendant du courant i_b. β est une constante.

Z_E et Z_C sont des impédances qui seront décrites dans la seconde partie du problème.

1- Etude avec les impédances génériques Z_E et Z_C

1) Donner l'expression de la tension v_{em} entre les nœuds E et M en fonction de Z_E, β et i_b.

2) A partir de la maille d'entrée, donner l'expression de v_e en fonction de Z_E, r_{be}, β et i_b.

3) Donner l'expression de la tension de sortie v_s en fonction de Z_C, β et i_b.

4) En déduire l'expression du gain en tension $A_v = v_s/v_e$. ®

2- Influence de Z_E

Z_E est constituée d'une résistance R_E en parallèle avec un condensateur C_E.

Z_C est une résistance R_C.

1) Donner l'expression de l'impédance Z_E.

2) En déduire l'expression de v_e en fonction de r_{be}, R_E, C_E, i_b, β et ω.

3) Mettre le gain en tension sous la forme : $A_{v1} = A_0 \dfrac{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_E}}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega'_E}}$

4) Identifier les pulsations de coupure ω_E et ω'_E ainsi que le gain statique A_0.

3- Influence de Z_C

En gardant ZE telle qu'en 2-, l'impédance Z_C est constituée selon la Figure IX-2 par une résistance R_C en parallèle avec une résistance R_L en série avec un condensateur C_L.

1) Donner l'expression de l'impédance Z_C.

2) En déduire l'expression de la tension v_s aux bornes de Z_C.

3) En déduire l'expression du gain en tension sous la forme :

$$A_{v2} = A_0 \frac{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_E}}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega'_E}} \; \frac{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_L}}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega'_L}}$$

4) Identifier les pulsations de coupure ω_L et ω'_L. ®

4- Réponse en fréquence

1) Calculer la valeur en décibel du gain statique à partir des données numériques indiquées suivantes : $R_L = 470\ \Omega$; $R_E = 100\ \Omega$; $R_C = 1.8\ k\Omega$; $\beta = 100$; $r_{be} = 950\ \Omega$

2) Calculer la valeur des condensateurs C_E et C_L pour obtenir les fréquences de coupures suivantes : $f_E = 159$ Hz ; $f'_E = 1.85$ kHz ; $f_L = 15$ Hz ; $f'_L = 3$ Hz

3) Quand ω tend vers l'infini, que deviennent les impédances Z_E et Z_C ?

4) En déduire l'expression du gain en tension A_{v2} quand ω tend vers l'infini. Calculer sa valeur en dB.

5) Tracer le diagramme de Bode en amplitude du gain A_{v2}.

6) Donner l'expression de la tension aux bornes de la charge v_L en fonction de v_s.

7) Donner l'expression du gain en tension $A_{v3} = v_L/v_e$ sous la forme : $A_{v3} = A'_0 \dfrac{1 + j\dfrac{\omega}{\omega_E}}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega'_E}} \; \dfrac{j\dfrac{\omega}{\omega'_L}}{1 + j\dfrac{\omega}{\omega'_L}}$

8) Identifier A'_0. Calculer la valeur en dB de A'_0.

9) Tracer le diagramme de Bode en amplitude et en phase de la fonction de transfert A_{v3}. ®