

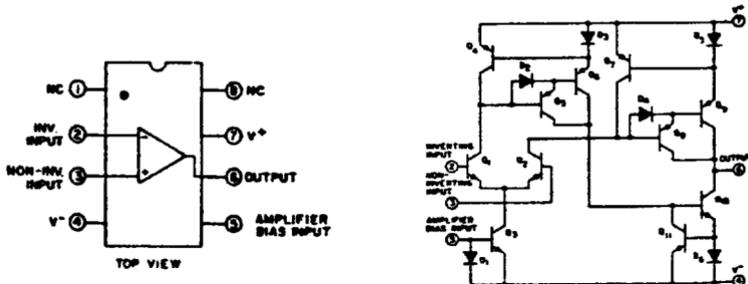
Un amplificateur opérationnel original : l'amplificateur opérationnel de transconductance (OTA)*

par Patrick BRUNET
LTR Henri Brisson, 18100 Vierzon

1. BROCHAGE DU CA 3080

MAXIMUM RATINGS, *Absolute-Maximum Values* :

DC supply voltage (between V+ and V- terminals)	... 36 V
Differential input voltage	... ± 5 V
DC input voltage	... V ⁺ to V ⁻
Input signal current	... 1 mA
Amplifier bias current	... 2 mA
Output short-circuit duration	... Indefinite
Device dissipation	... 125 mW
Temperature range :	
- Operating : CA 3080, CA 3080E, CA 3080S	... 0 to +70°C
CA 3080A, CA 3080AE, CA 3080AS	... -55 to +125°C
- Storage	... -65 to +150°C
Lead temperature (during soldering) :	
- At distance 1/16 \pm 1/32 in. (1.59 \pm 0.79 mm) from case	
for 10 s max	... + 265°C



Le schéma ci-dessus indique la structure du composant où l'on remarquera notamment la borne 5 appelée Amplifier Bias Input.

Il supporte la même alimentation que les autres A.O. (± 15 V).

* «Operational Transconductance Amplifier»

2. FONCTION DE L'A.O. DE TRANSCONDUCTANCE

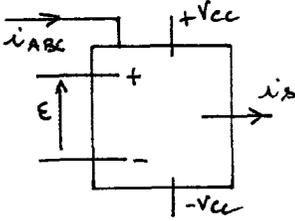


Figure 1

En régime linéaire, l'A.O. de transconductance fournit un courant de sortie dont la valeur est proportionnelle à la tension $\epsilon = v^+ - v^-$.

On écrit $i_s = g_m * \epsilon$ où g_m est homogène à l'inverse d'une résistance (conductance) et relie une grandeur de sortie i_s à une grandeur d'entrée ϵ , d'où le nom d'A.O. de transconductance.

L'originalité réside dans le fait que l'on peut faire varier la valeur de g_m grâce à une grandeur de commande i_{ABC} (Amplifier Bias Current).

On a $g_m = K * i_{ABC}$

La plage de variation de i_{ABC} est :

$0 < i_{ABC} < 1 \text{ mA}$ avec une valeur maximum de 2 mA.

3. RÉALISATION D'UN FILTRE PASSE BAS A FRÉQUENCE DE COUPEURE AJUSTABLE

3.1. Montage

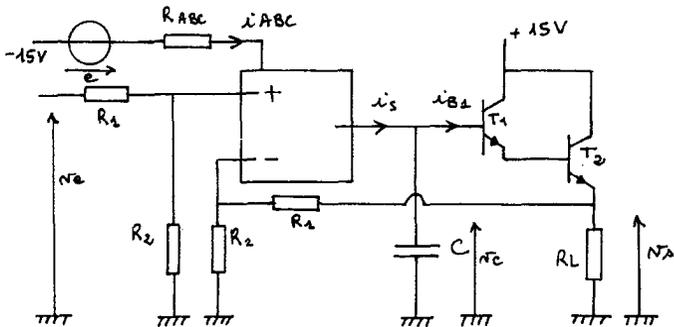


Figure 2

3.2. Condition du bon fonctionnement du montage

Le courant i_s est le courant de sortie de l'A.O. Il circule à travers le condensateur C.

Le Darlington T1-T2 permet de négliger le courant de base i_{b1} de T1.

La tension de sortie v_s reproduit la tension v_c à la chute de tension près sur les bases de T1 et T2.

On commencera donc par polariser les transistors T1 et T2 en appliquant une tension $v_e > 0$ qui fera circuler un courant $i_s > 0$ et rendra de ce fait T1 et T2 conducteurs.

*Remarques : Certains OTA ont des Darlington intégrés dans un boîtier à 16 pattes (ex LM 13600)
Il serait possible de faire en sortie un push-pull pour travailler autour du zéro.*

On notera que le générateur délivrant i_{ABC} est référencé au -15 V de l'alimentation (cf schéma interne du CA 3080).

3.3. Fonction de transfert pour les composantes alternatives de v_e et de v_s

On suppose ici cette composante sinusoïdale.

Calculons $T = \underline{V}_s / \underline{V}_e$

$$\underline{I}_s = g_m * \underline{v}_c = g_m * (\underline{V}_+ - \underline{V}_-) = g_m * (R_2/R_1 + R_2) * (\underline{V}_e - \underline{V}_s)$$

et $\underline{I}_s = \underline{V}_s * j C \omega$

$$\text{Soit } \underline{V}_s * j C \omega = g_m * (R_2/R_1 + R_2) * (\underline{V}_e - \underline{V}_s)$$

d'où l'on tire :

$$T = \frac{\underline{V}_s}{\underline{V}_e} = \frac{1}{1 + jC * [(R_1 + R_2)/g_m R_2] * \omega} = \frac{1}{1 + j\omega/\omega_c}$$

$$\text{avec } \omega_c = (R_2/R_1 + R_2) * g_m / C$$

où l'on reconnaît un filtre passe bas du 1^{er} ordre dont la fréquence de coupure ω_c est proportionnelle à g_m et donc ajustable par i_{ABC} .

3.4. Résultats expérimentaux

La figure ci-contre représente les courbes $f_c = \omega c / 2\pi = f(i_{ABC})$ pour 3 échantillons du CA 3080.

Les valeurs des composants sont $R_1 = R_2 = 10\text{ k}\Omega$, $R_L = 1\text{ k}\Omega$, $R_{ABC} = 5\text{ k}\Omega$ et $C = 150\text{ nF}$.

On peut noter une bonne linéarité de ωc avec i_{ABC} pour $i < 0,5\text{ mA}$. Les valeurs calculées de $g_m = (R_1 + R_2 / R_2) * C * (f_c / 2\pi)$ donnent les résultats suivants :

	A01	A02	A03
g_m (S)	$10,9 \cdot 10^{-3}$	$11,5 \cdot 10^{-3}$	$10,2 \cdot 10^{-3}$

Le fabricant indique une valeur typique de $10^4\ \mu\text{mho}$ (!) soit $10^{-2}\ \Omega^{-1}$ ce qui est confirmé par les calculs précédents.

4. PLACE À L'IMAGINATION

De nombreuses autres applications de ce composant sont possibles.

La figure 4 représente un oscillogramme obtenu en appliquant une sinusoïde de 100 Hz sur la voie A de l'oscilloscope. Le courant i_{ABC} est obtenu à partir d'un signal carré à 1000 Hz et la voie B de l'oscilloscope montre vs.

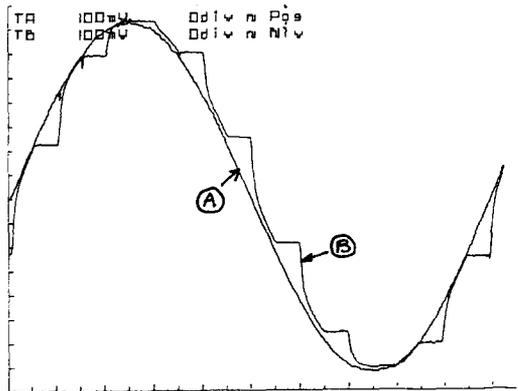


Figure 4

L'interprétation est la suivante :

- quand $i_{ABC} \neq 0$ vs se « cale » sur v_e (à condition que l'on soit dans la bande passante),
- quand $i_{ABC} = 0$ la sortie se « bloque » car $i_s = 0$ et le condensateur reste chargé.

Il s'agit là d'une fonction d'échantillonneur bloqueur (Sample and Hold) pour laquelle ce composant peut être utilisé.

Une autre application est la fonction multiplication puisque $i_s = g_m * \epsilon$ avec $g_m = k * i_{ABC}$. On réalise donc la multiplication de ϵ avec i_{ABC} .

La figure 5 propose un modulateur d'amplitude où v_{e1} est une sinusoïde à 1000 Hz et v_{e2} une sinusoïde à 100 Hz dont on a réglé l'offset pour avoir un courant i_{ABC} moyen de 0,25 mA.

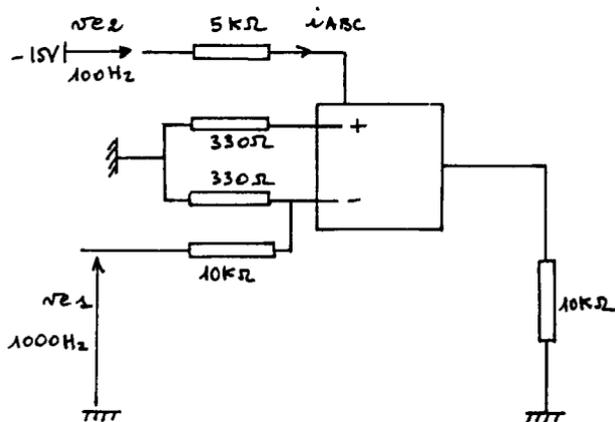
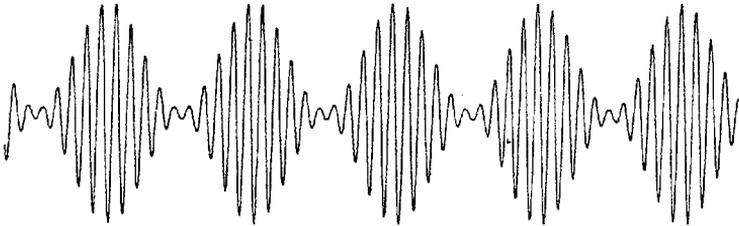
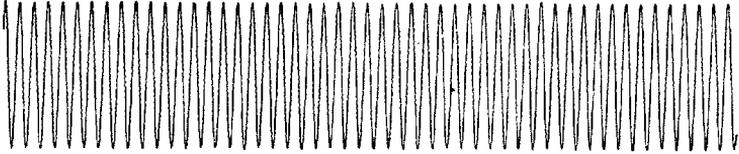


Figure 5

La deuxième courbe ci-dessous représente la sortie du montage.

TA 200mV 2.0div Pos 0div 5ms
 TB 500mV -2.0div Niv 2.0div Sy : A



BIBLIOGRAPHIE

- Documentation technique du CA 308.
- Documentation technique du LM 13600.
- Problèmes d'électronique analogique par Deluzurieux et Rami (T1).