

## TD1 : Compensation de l'effet de la température d'un montage LOG

Dans le montage multiplicateur à diode (un quadrant) vu en cours, la fonction logarithmique est « sensible » aux variations de température. Ce sujet aborde ce problème et nécessairement utilise des transistors en fonctionnement « diode ».

Soit le montage de la Figure 1, où on rappelle que l'équation courant-tension de la diode s'écrit :

$$i_f = I_S \left( e^{\frac{v_f}{U_T}} - 1 \right) \cong I_S e^{\frac{v_f}{U_T}}$$

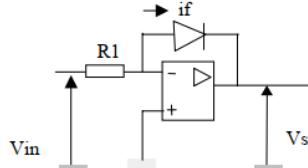


Figure 1

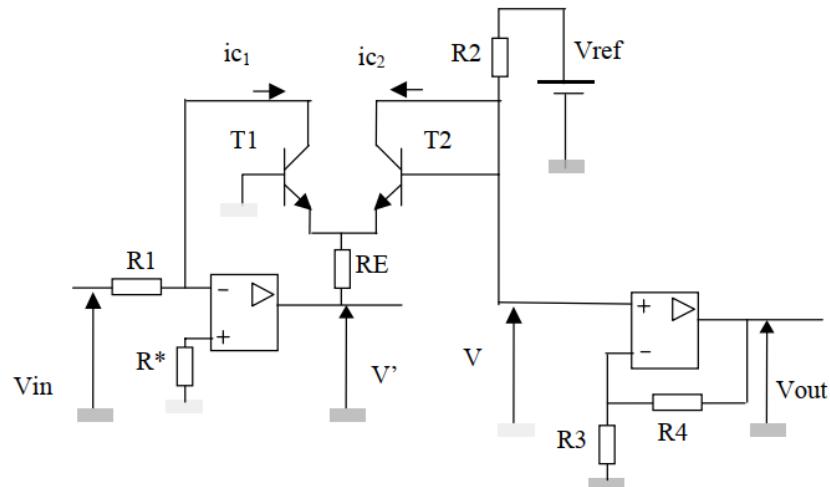


Figure 2

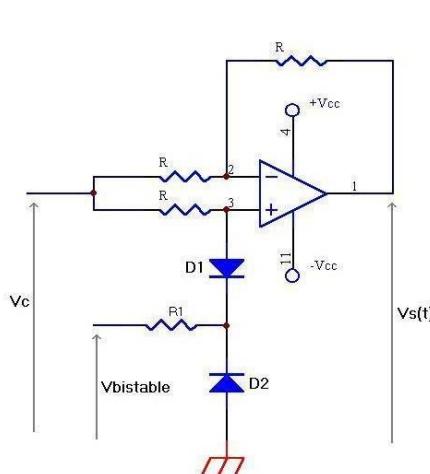
- 1 Donner l'équation de la tension de sortie  $V_s$  de ce montage, fonction des paramètres  $V_{in}$ ,  $R_1$ , et des paramètres technologiques de la diode.
- 2 Qu'elle est la fonction réalisée, proposer un nom au montage.

Sachant que  $U_T$  et  $I_S$  (paramètres de la diode) sont tous les 2 fonctions de  $T$  (température), et que  $I_S$  est bien plus sensible à la température que  $U_T$ , on peut améliorer le montage précédent par le montage de la Figure 2.

- 3 Qu'elle est le rôle de  $R^*$  ?..
- 4 Calculer  $V$  fonction de  $V_{BE1}$ ,  $V_{BE2}$  et des paramètres du montage.
- 5 On rappelle la relation :  $i_{c_i} \cong I_S e^{\frac{V_{BE_i}}{U_T}}$ . Donner l'expression de  $V_{out}$ , fonction de  $V_{in}$  et des impédances électriques du montage.(justifier les éventuelles hypothèses simplificatrices). Conclure.

## TD2 : VCO « maison » pour une PLL « maison »

Il existe différents types d'architectures conduisant à la réalisation d'oscillateurs contrôlés en tension (structures à base d'oscillateurs avec variation d'élément contrôlé en tension (type varycap, transistor,...) structures à base d'oscillateur de relaxation avec multiplicateur (cf. TD...). Le VCO est l'élément clé de la boucle à verrouillage de phase. On se propose de réaliser un VCO le plus simplifié possible, sur la base d'un oscillateur de relaxation avec pour seuls composants disponibles A.O, diodes, résistances, capacité.



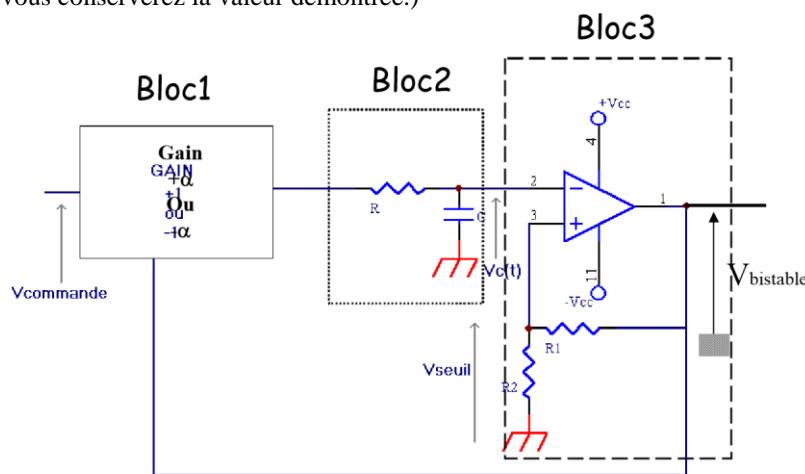
On suppose  $V_c$  positive.

En considérant les diodes D1 et D2 idéales, donner *en la justifiant* la relation entre le signal de sortie  $V_s$  et le signal d'entrée  $V_c$  en fonction de la tension  $V_{bistable}$ , où  $V_{bistable}=+10V$  ou  $-10V$ .

[2 pts]

Figure 4.1

2./ L'architecture du VCO est donnée ci-dessous ; où le bloc caractérisé précédemment se substitue au Bloc 1. (attention : dans le cas où la question 1 n'aurait pas été traitée on supposera  $\alpha=10$  sinon vous conserverez la valeur démontrée.)



$$\begin{aligned} R &= 33k\Omega \\ C &= 1nF \\ R1 &= 150k\Omega \\ R2 &= 1k\Omega \end{aligned}$$

Figure 4.2

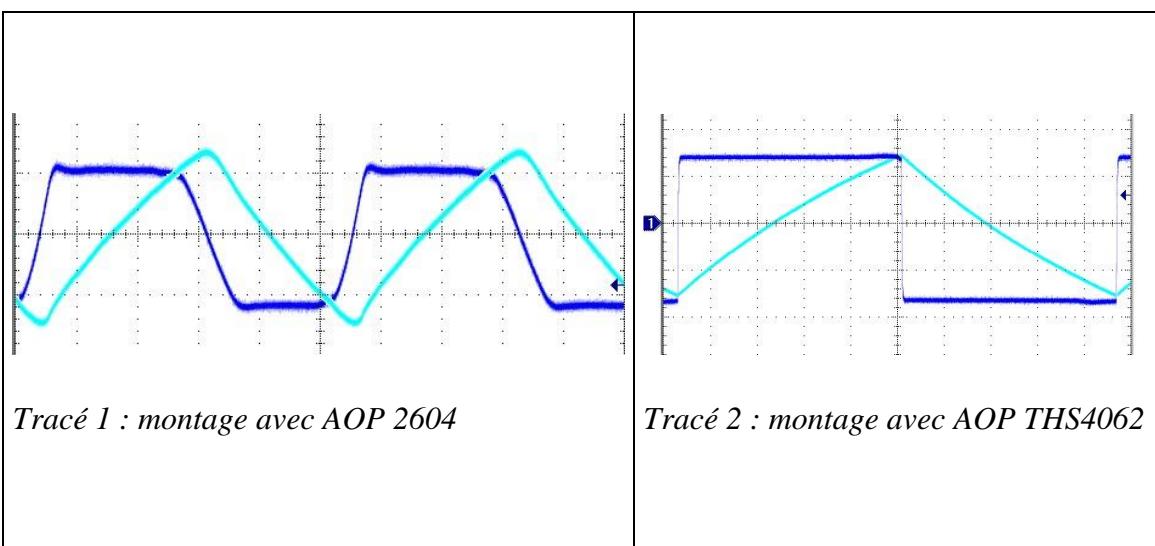
- 2.1) Tracer en la justifiant la caractéristique  $V_{\text{bistable}}(V_c)$  en indiquant l'ensemble des informations possibles sur le tracé. (on rappelle que  $V_{\text{cc}}=15\text{V}$ ). 2.2) Calculer la période des oscillations en fonction de  $V_{\text{commande}}$  et de  $V_{\text{seuil}}$   
 2.3) Cette expression est-elle toujours vrai, ou impose t-elle une condition entre  $V_{\text{commande}}$  et  $V_{\text{seuil}}$ ? Quelle limite physique sur la plage de commande du VCO cela induit.  
 2.4) Donner la valeur numérique de  $f_{\text{osc}}$  fréquence d'oscillation pour  $V_{\text{commande}}= 2.5\text{V}$ .  
 2.5) Quel type de signal obtiendrait-on pour  $V_{\text{bistable}}$  lorsque  $V_{\text{commande}}=2.5(1+\sin\omega t)$ , avec  $\omega < 2\pi f_{\text{osc}}$ .

3./ Vous avez observé en TP que les seuils de saturation « positif » et « négatif » sont rarement symétriques.

- 3.1) Quel effet ce phénomène peut-il engendrer ? 3.1)  
 Donner un moyen pour « forcer cette symétrie ».

4./ On effectue les deux relevés suivants à l'oscilloscope (..sans toucher à l'Autoset...) avec :

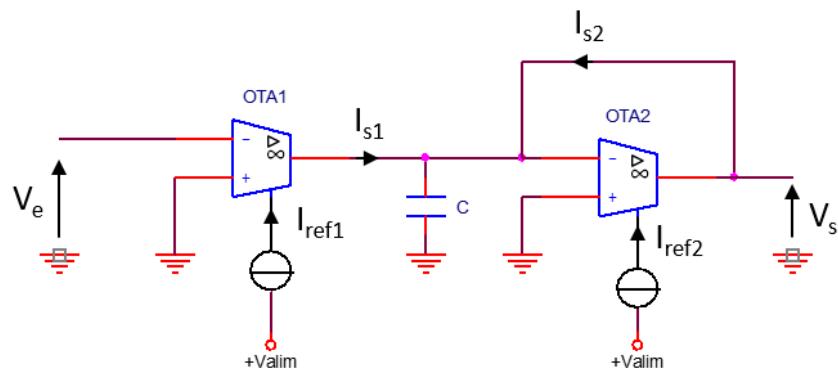
- canal 1 (Ch1) :  $V_c$  (tension aux bornes du condensateur)
- canal 2 (Ch2) :  $V_{\text{seuil}}$  –avec seuils symétrisés -



Commentaires et conclusion. (analysez les datasheet...)

## TD3 : Un oscillateur avec OTA

Dans cette étude on vous demande de dimensionner les composants passifs du circuit électronique présenté ci-dessous où l'amplificateur opérationnel à transconductances OTA utilisé est supposé parfait. L'amplificateur est alimenté avec une tension symétrique  $\pm V_{alim} = \pm 15V$ . On rappelle que le courant de sortie de l'OTA est défini par l'équation  $I_s = g_m(v^+ - v^-)$ .

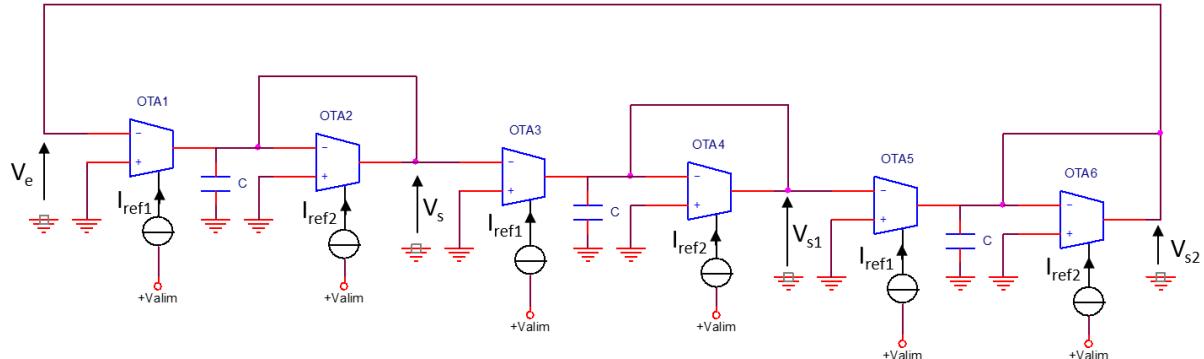


1) Démontrer que l'expression analytique de la fonction de transfert s'établit selon

$$\frac{V_s(p)}{V_e(p)} = T_A(p) = \frac{T_0}{1 + \tau_0 p} \text{ avec } \tau_0 = \frac{C}{A g_{m2}} \text{ en précisant la valeur de A.}$$

2) Donner l'expression de  $T_0$  en fonction de  $g_{m1}$  et  $g_{m2}$ .

Et si on cascadait ces trois cellules élémentaires.



3) En supposant le système en boucle ouverte, pourquoi peut-on affirmer que :

$$\frac{V_s2(p)}{V_e(p)} = T(p) = T_A(p)^3$$

- 4) Déterminer l'expression analytique de la fréquence d'oscillation  $f_{osc}$ .
- 5) Sachant que  $C=33nF$ , déterminer la valeur de  $g_{m2}$  qui permet l'obtention d'une fréquence d'oscillation fixée à 16,7kHz.
- 6) Déterminer la valeur du gain de boucle minimal qui assure la naissance des oscillations.
- 7) A partir de la valeur du gain de boucle minimal, démontrer que  $g_{m1} = K \cdot g_{m2}$  en donnant la valeur de  $K$ .

## Annexe : Operational Transconductance Amplifier (OTA) : CA3080



**CA3080**

## Operational Transconductance Amplifier (OTA)

## Features

- **Slew Rate (Unity Gain, Compensated)** ..... 50V/ms
  - **Adjustable Power Consumption** ..... 10 $\mu$ W to 30 $\mu$ W
  - **Flexible Supply Voltage Range** .....  $\pm 2$ V to  $\pm 15$ V
  - **Fully Adjustable Gain** ..... 0 to  $gmR_L$  Limit
  - **Tight  $gm$  Spread:**
    - CA3080 ..... 2:1
    - CA3080A ..... 1.6:1
  - **Extended  $gm$  Linearity** ..... 3 Decades

## *Applications*

- Sample and Hold
  - Multiplexer
  - Voltage Follower
  - Multiplier
  - Comparator

### *Description*

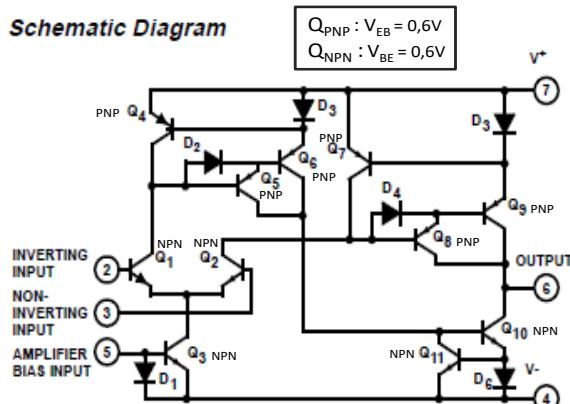
The CA3080 and CA3080A types are Gatable-Gain Blocks which utilize the unique operational-transconductance-amplifier (OTA) concept described in Application Note ICAN-6668, "Applications of the CA3080 and CA3080A High-Performance Operational Transconductance Amplifiers".

The CA3080 and CA3080A types have differential input and a single-ended, push-pull, class A output. In addition, these types have an amplifier bias input which may be used either for gating or for linear gain control. These types also have a high output impedance and their transconductance ( $g_m$ ) is directly proportional to the amplifier bias current ( $I_{ABC}$ ).

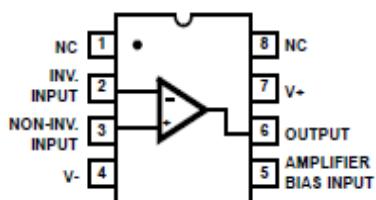
The CA3080 and CA3080A types are notable for their excellent slew rate (50V/ $\mu$ s), which makes them especially useful for multiplexer and fast unity-gain voltage followers. These types are especially applicable for multiplexer applications because power is consumed only when the devices are in the "ON" channel state.

The CA3080A is rated for operation over the full military-temperature range (-55°C to +125°C) and its characteristics are specifically controlled for applications such as sample-hold, gain-control, multiplex, etc. Operational transconductance amplifiers are also useful in programmable power-switch applications, e.g., as described in Application Note AN6048, "Some Applications of a Programmable Power Switch/Amplifier" (CA3094, CA3094A, CA3094B).

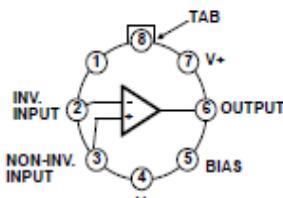
### *Schematic Diagram*



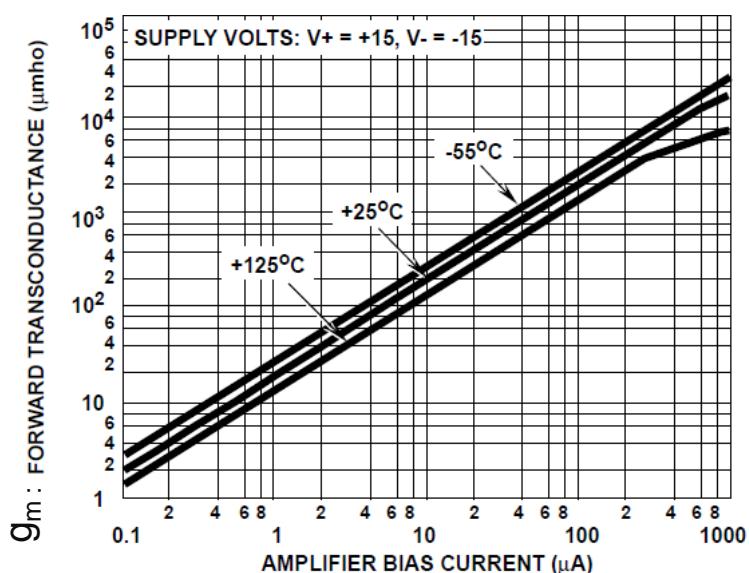
## Pinouts CA3080 (PDIP, SOIC)



CA3080 (TO-5 CAN)  
TOP VIEW



NOTE: Pin 4 is connected to case.

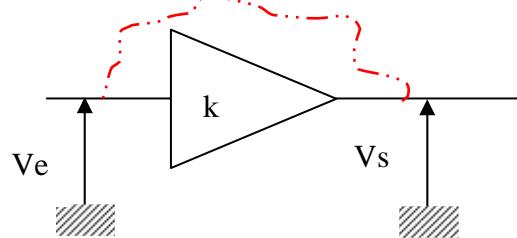


## TRANSCONDUCTANCE vs AMPLIFIER BIAS CURRENT

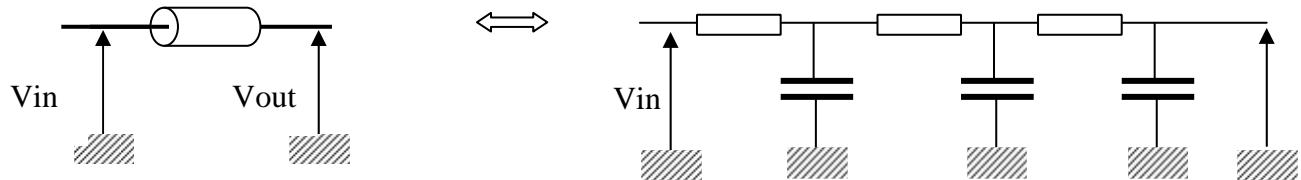
## TD4 : Oscillations entretenues : réseau phase shift

On considère l'étude d'un système bouclé, pour lequel l'Amplificateur opérationnel utilisé est supposé parfait.

Le montage présenté Figure 1 correspond à un AOP en boucle fermé de gain  $k$  ( $k \in \mathbb{R}$ ).



On reboucle la sortie  $V_s$  sur l'entrée  $V_e$ , à l'aide d'un fil, dont le schéma électrique équivalent est donné ci-après avec  $R = 10k\Omega$  et  $C = 39nF$



1./ Calculer la fonction de transfert  $T(p) = V_{out}(p)/V_{in}(p)$  de la "cellule à retard".  
Essayez par Millman et redécouvrez la théorie des quadripôles et des matrices!!!!

2./ Tracer le lieu de Nyquist de la cellule  $T(p)$ . Conclure sur risque d'instabilité.

3./ Appliquez le critère de Barkhausen et conclure sur le risque d'instabilité.

4./ Déterminer suivant le signe et la valeur numérique de  $k$  (qui est le gain en boucle fermée de l'AOP), le comportement du montage.

5./ Donner le montage qui réalise un oscillateur sinusoïdal...

6./ Donner conditions et la fréquence des oscillations (et éventuellement l'amplitude...)