

ELE6308

Microélectronique Analogique et Mixte

Complément de Laboratoire 1

N.B. Pour ce laboratoire, on suppose:

a- Sauf exception, toutes les longueurs (L) des transistors PMOS utilisés sont égales à $1\mu\text{m}$.

b- Pour tous les transistors PMOS utilisés, le substrat et la source doivent être reliés (utiliser le symbole *pfet* de la librairie *cmosp18*). La valeur de la tension de seuil V_{TH} est identique pour les transistors PMOS de même taille.

Partie 1 : Miroirs de courant

1.1 Miroir Simple

Un miroir de courant (MC) idéal est un circuit qui permet de refléter un courant d'entrée I_{in} en un courant de sortie I_{out} . La valeur de I_{out} reste proportionnelle à I_{in} indépendamment de la valeur de la charge connectée à sa sortie R_{out} et la tension de sortie V_{out} . Cependant dans un circuit MC réel que nous proposons de simuler, l'étage de sortie est une source de courant basée sur des transistors CMOS dont l'impédance de sortie est finie et dont la valeur du courant varie en fonction de V_{out} .

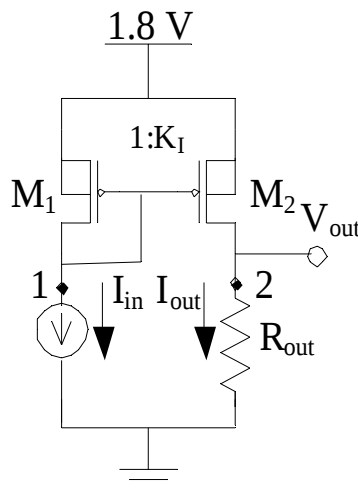


Figure 1 Miroir de courant simple

Pour ce laboratoire on utilisera le modèle de transistor **PNP5** disponible dans la technologie 0.18 μm . La relation qui lie le courant I_E et la tension V_E au bornes de la diode est donnée par

$$I_E = I_S \exp \frac{qV_E}{kT} \quad (4)$$

où

$$V_E(T) = \frac{kT}{q} \ln \frac{I_E}{I_S} \quad (5)$$

T est la température, k est la constante de Boltzmann, q est la charge d'un électron et I_S est le courant de saturation de la diode. Ce courant est *proportionnel à la surface (S) de la diode d'émetteur* ($I_S = KS$).

La tension $V_E(T)$ possède un coefficient de température négatif, $TC(V_E) \approx -2 \text{ mV/C}$. La technique pour obtenir un TC positif est de faire la différence de deux tensions de diodes polarisées en direct et avec des *densités de courant différentes*, comme illustré à la Figure 5.

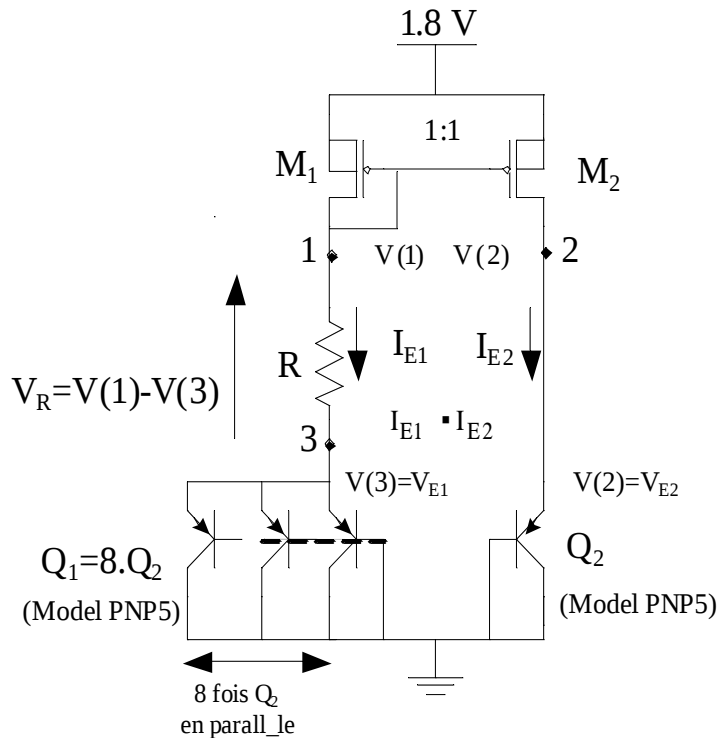


Figure 5 Circuit de mesure de la température utilisant un miroir de courant simple.

Dans le cas où les tensions aux nœuds 1 et 2 sont égales $V(1)=V(2)$, la différence de tension V_R aux bornes de la résistance R est égale à

$$\begin{aligned} V_R &= V(1) - V(3) = V_{E2} - V_{E1} = \Delta V_E(T) \\ &= \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{E2}}{I_{S2}} - \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{E1}}{I_{S1}} \\ &= \frac{kT}{q} \ln \frac{I_{E2} I_{S1}}{I_{E1} I_{S2}} \end{aligned} \quad (6)$$

Si nous choisissons $I_{E1} = I_{E2}$ et des dimensions différentes pour le couple de transistors (Q_1, Q_2) avec un rapport A , $A = \frac{\text{Surface de l'émetteur de } Q1}{\text{Surface de l'émetteur de } Q2} = 8$, alors l'équation (6) devient

$$V_R = \Delta V_E(T) = \frac{kT}{q} \ln[A] = \frac{kT}{q} \ln[8] = 0.1792 * T \text{ (mV/K)} \quad (7)$$

La température T est exprimée en degré K ($T_{\text{°K}} = T_{\text{°C}} + 273.16$).

La tension V_R devient *proportionnelle à la température* (PTAT) si $A > 1$. Le courant qui traverse chaque diode de l'émetteur de Q_1 et Q_2 est égal à

$$I_{E1} = I_{E2} = \frac{V_R}{R} = \frac{0.1792}{R} * T \text{ (mA/K)} \quad (8)$$

Si on suppose que la valeur de la résistance R est invariable avec la température (T) alors le courant est aussi proportionnel à T .

Pour cette partie du laboratoire on demande de concevoir un miroir de courant de type simple, puis de type super-Wilson, qui permet de maintenir les courants de diode I_{E1} et I_{E2} à la même valeur selon les schémas des figures 5 et 6.

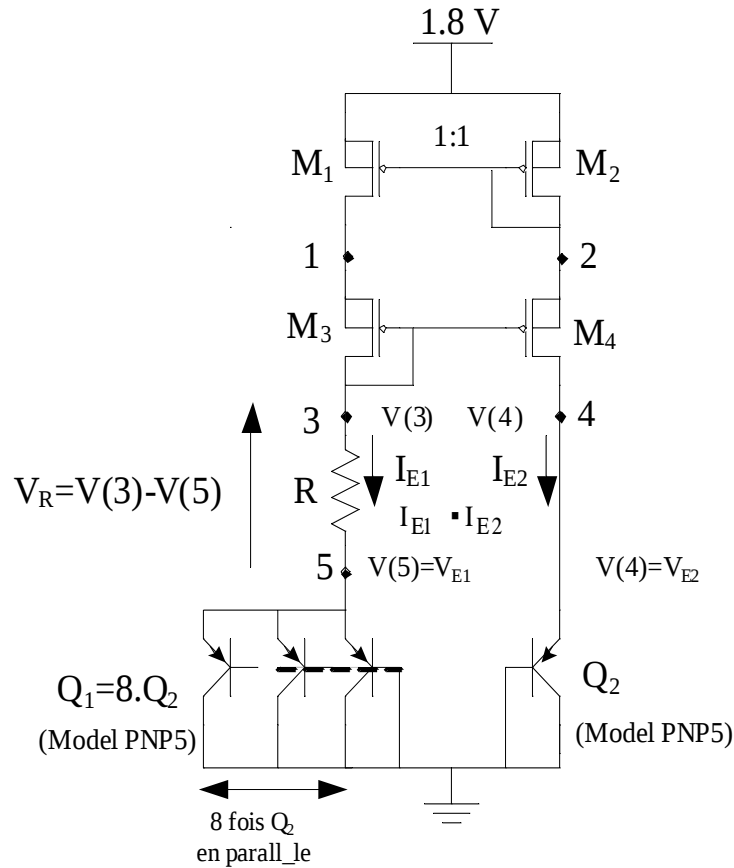


Figure 6 Circuit de mesure de la température utilisant un miroir de courant super-Wilson.

Références:

- [1] D. A. Johns, and K. Martin, Analog Integrated Circuit Design, John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [2] B. Razavi, Design of analog CMOS integrated circuits, McGraw Hill, 2001.
- [3] P. Allen and D. Holberg, CMOS Analog Circuit Design, Oxford, 2001