

## GENERATEURS DE FONCTIONS <sup>1</sup>

On appelle générateurs de fonctions, les montages capables de fournir simultanément des signaux de formes différentes.

### 1° PARTIE : GENERATEUR DE FONCTIONS A INTEGRATEUR DE MILLER

Le schéma d'un générateur de fonction à intégrateur de Miller est donné en figure 1. Il utilise deux amplificateurs opérationnels supposés idéaux.

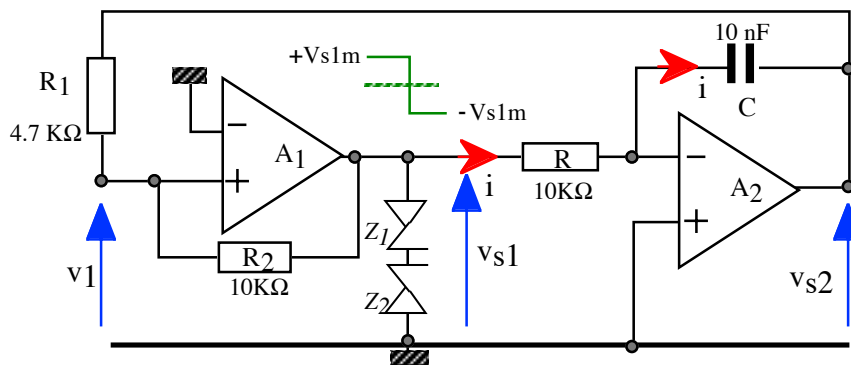


Figure 1 : Générateur de fonctions à intégrateur de Miller.

- Le premier étage  $A_1$  est un montage « trigger » ou « comparateur à hystérésis. L'amplificateur  $A_1$  présente un défaut majeur à savoir une imprécision de ses niveaux de sortie haut et bas inférieurs de 1 à 2 volts aux tensions d'alimentations  $+V_{CC}$  et  $-V_{EE}$ . Pour obtenir une meilleure précision et une bonne symétrie des niveaux de sortie  $v_{s1}$  nécessaires dans les montages étudiés, on utilise à la sortie de  $A_1$  deux diodes Zener  $Z_1$  et  $Z_2$  identiques de tension  $V_z = 6,2$  V. Ces diodes Zener sont montées en série et alimentées par le courant de sortie maximum de l'amplificateur  $A_1$ . Dans ces conditions :  $+V_{s1m}$  et  $-V_{s1m}$  représentent les deux niveaux de la sortie  $v_{s1}$  avec :

$$|V_{s1m}| = V_z + V_{direct} = 6,8V.$$

- Le deuxième étage  $A_2$  dont la sortie  $v_{s2}$  est reliée à l'entrée  $-$  de  $A_2$  par l'intermédiaire d'une capacité  $C$ , constitue avec la résistance  $R$ , un montage « intégrateur de Miller ».
- Calculer la valeur des tensions de sortie  $V_{s2\min}$  et  $V_{s2\max}$  pour lesquelles la tension de sortie  $v_{s1}$  change d'état. Faire l'A.N.
  - On suppose qu'à l'instant  $t = 0$ , les tensions  $v_{s1}$  et  $v_{s2}$  sont respectivement égales à  $-V_{s1m}$  et  $V_{s2\min}$ . Déterminer l'expression de la tension  $v_{s2}(t)$ . Comment évolue  $v_{s2}(t)$  ensuite ?
  - Dessiner les tensions  $v_{s1}(t)$ ,  $v_{s2}(t)$  et  $v_1(t)$ . Déterminer l'expression de la fréquence  $F$  d'oscillation du montage. Faire l'A.N.

<sup>1</sup> Ph.ROUX©2009

## 2° PARTIE : GENERATEUR A FREQUENCE COMMANDEE PAR TENSION

On se propose d'étudier un montage multivibrateur astable (figure 2) dont la fréquence d'oscillation est proportionnelle à une tension de commande  $E_c$  « montage V.C.O. (Voltage Controlled Oscillator) ».

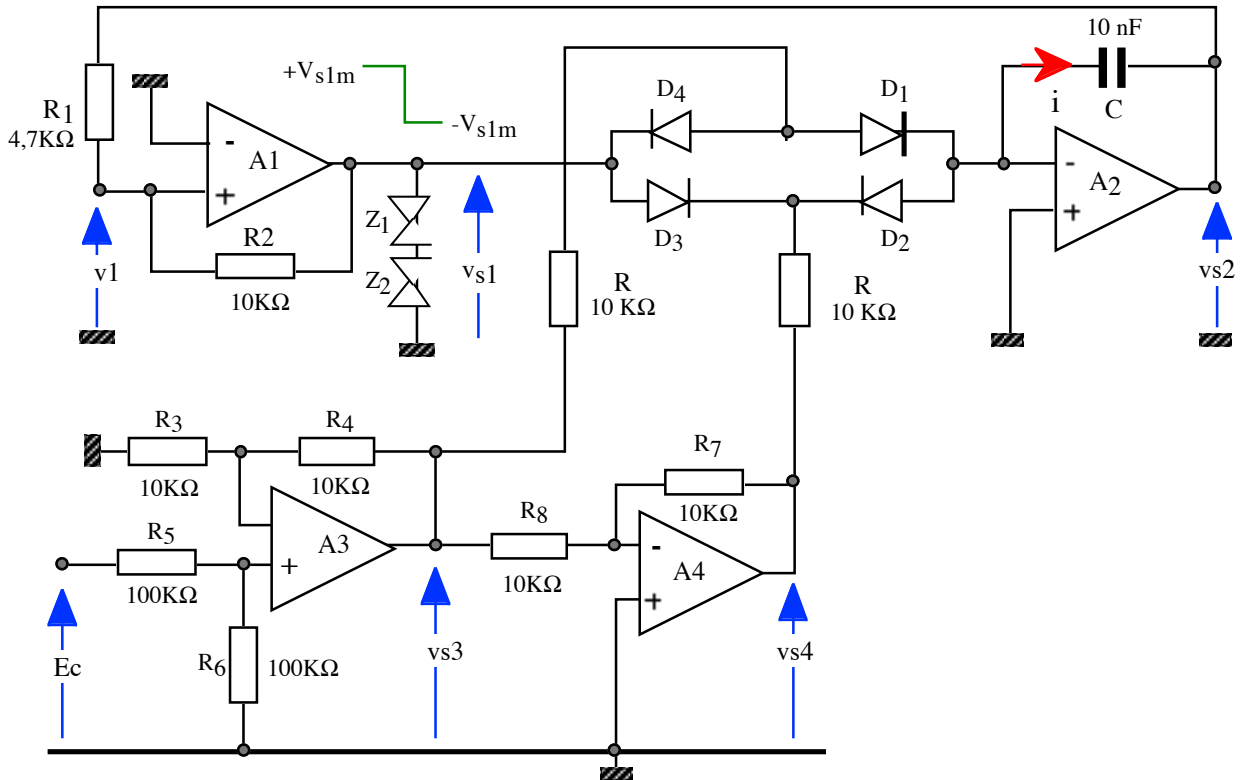


Figure 2 : Générateur de fonctions à fréquence commandée par  $E_c$  (V.C.O.)

1. Déterminer les expressions des tensions  $v_{s3}$  et  $v_{s4}$  en fonction de la tension positive  $E_c$ .
2. La liaison entre le montage comparateur  $A_1$  et l'intégrateur  $A_2$  s'effectue par l'intermédiaire d'un commutateur à diodes. Expliquer le fonctionnement de ce commutateur.
3. Déterminer la fréquence d'oscillation  $F_c$ . On nommera  $V_d$  la tension de seuil d'une diode au silicium (0,6 V).
4. Tracer le graphe  $F_c = f(E_c)$  pour  $0,6 < E_c < 10V$ .
5. On considère le montage de la figure 3.

L'action conjuguée de la tension continue  $E_c$  et d'une tension variable  $v_e$  appliquées aux deux entrées du montage  $A_3$ , permet de créer un générateur de fonctions modulable en fréquence.

- a. Déterminer l'expression des tensions  $v_{s3}$  et  $v_{s4}$  en fonction de  $E_c$  et  $v_e$ .
- b. En déduire la fréquence d'oscillation  $F_2$  du montage.

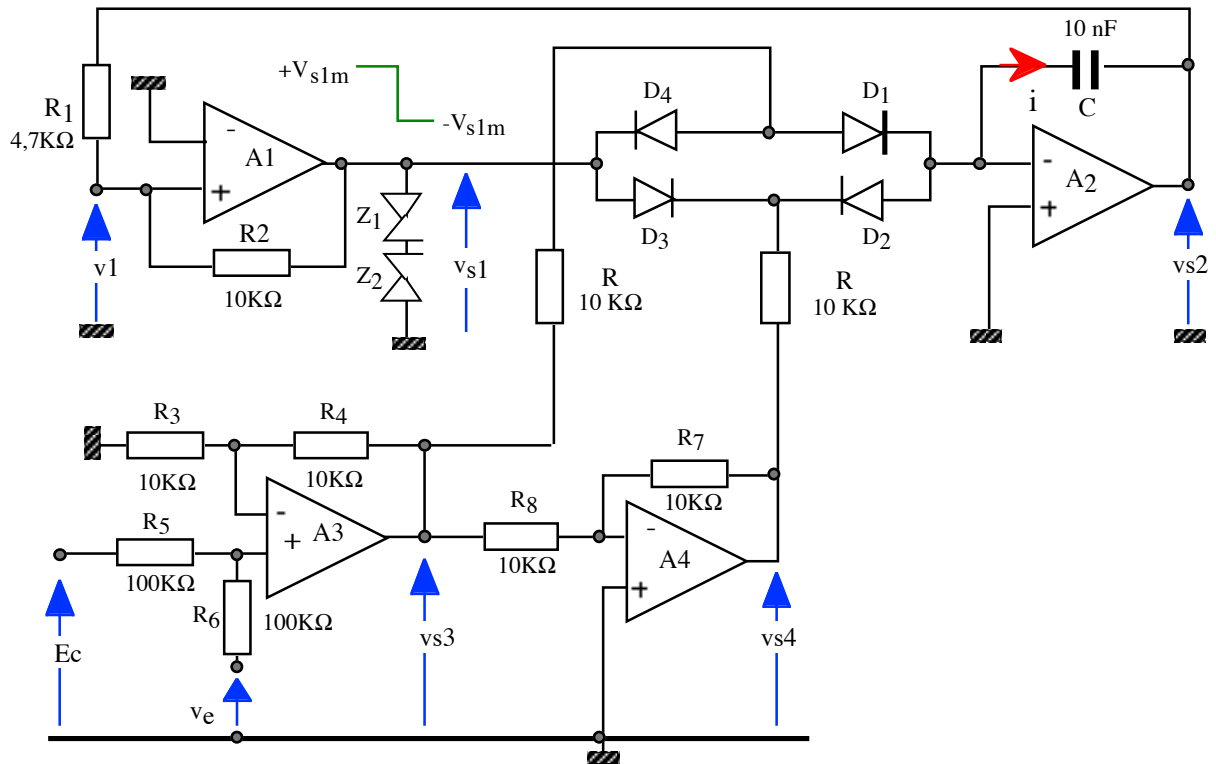


Figure 3 : générateur de fonction modulée en fréquences

6. On donne  $E_c = 7\text{V}$  et  $v_e = 2 \sin(\omega t)$ . Expliquer à l'aide du graphe  $F_c = f(E_c)$  le fonctionnement du montage.

## GENERATEURS DE FONCTIONS <sup>2</sup>

### 1° PARTIE : GENERATEUR DE FONCTIONS A INTEGRATEUR DE MILLER

1. Recherche des tensions de sortie  $V_{s2\ min}$  et  $V_{s2\ max}$  pour lesquelles la tension de sortie  $v_{s1}$  change d'état. Exprimons la tension  $v_1$  en utilisant le théorème de superposition :

$$v_1 = \pm |V_{s1m}| \frac{R_1}{R_1 + R_2} + v_{s2} \frac{R_2}{R_1 + R_2} \quad (1)$$

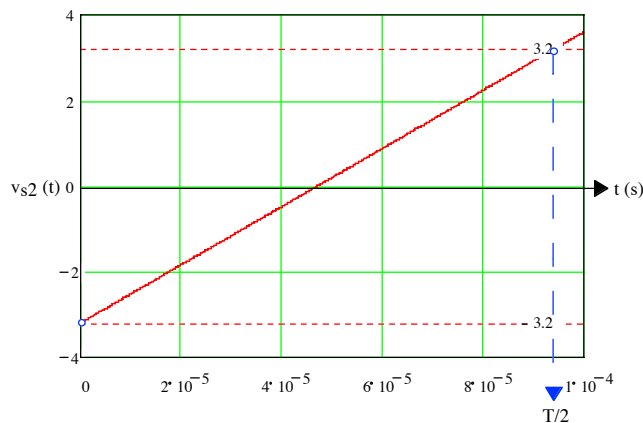
Sachant que le montage  $A_1$  est un comparateur à 0 volt, on en déduit les deux valeurs de la tension de sortie  $v_{s2}$  qui correspondent à  $v_1 = 0$  :

$$V_{s2\ max} = |V_{s1m}| \frac{R_1}{R_2} \quad V_{s2\ min} = -|V_{s1m}| \frac{R_1}{R_2}$$

$$V_{s2\ max} = 3,2\ V \text{ et } V_{s2\ min} = -3,2\ V$$

2. Exprimons le courant  $i$  :  $i = -C \frac{dv_{s2}(t)}{dt}$ , avec :  $i = -\frac{V_{s1m}}{R}$ . On en déduit :

$$v_{s2}(t) = \frac{V_{s1m}}{RC} t + V_{s2\ min} \quad (2)$$

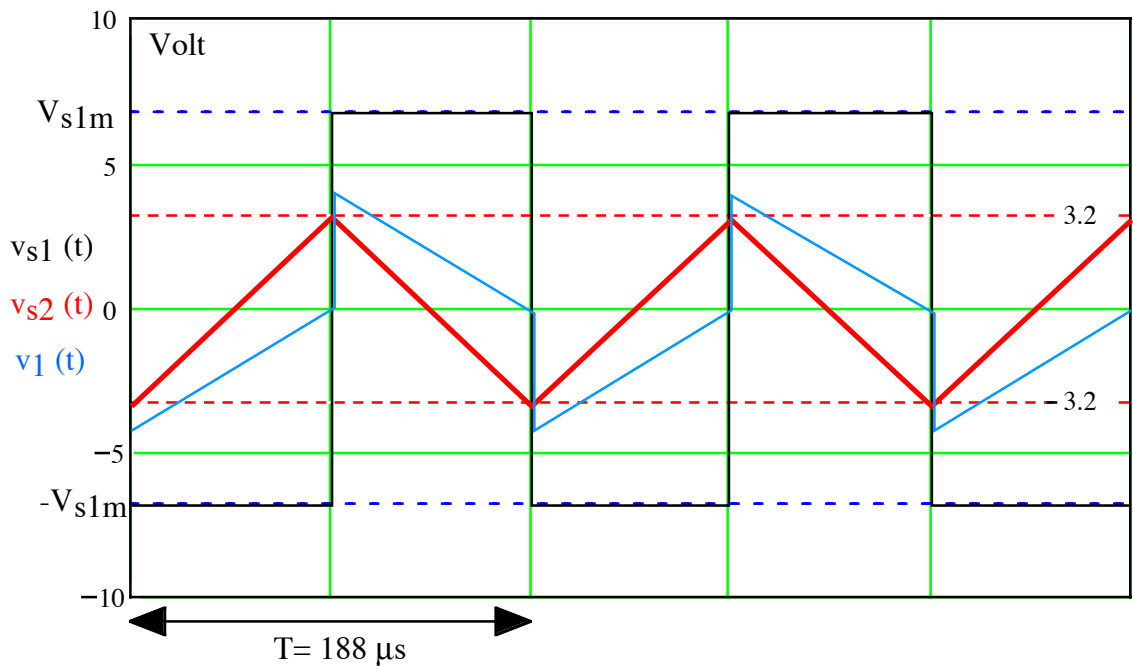


La croissance de la tension  $v_{s2}(t)$  est linéaire, elle s'arrête lorsque  $v_{s2}(t)$  atteint  $V_{s2\ max}$ . La tension  $v_{s1}(t)$  commute alors vers  $+V_{s1m}$ . La capacité  $C$  se décharge ensuite linéairement selon l'expression (avec nouvelle origine du temps) :

$$v_{s2}(t) = -\frac{V_{s1m}}{RC} t + V_{s2\ max} \quad (3)$$

Ensuite la capacité se charge à nouveau et ainsi de suite...

3. Graphes des tensions  $v_{s1}(t)$ ,  $v_{s2}(t)$  et  $v_1(t)$



Considérons l'équation (2), lorsque  $t = T/2$ , la tension  $v_{s2}(T/2) = v_{s2\max}$ . Sachant que :

$$V_{s2\max} - V_{s2\min} = 2|V_{s1m}| \frac{R_1}{R_2}$$

On obtient alors :

$$F = \frac{1}{T} = \frac{R_2}{4RR_1C} = 5,32\text{kHz}$$

La tension  $v_1(t)$  sur l'entrée + du comparateur  $A_1$ , représentée sur le graphe, est conforme à l'équation (1).  $V_{1\max} = 4,35\text{ V}$  et  $V_{1\min} = -4,35\text{ V}$ .

**2° PARTIE : GENERATEUR A FREQUENCE COMMANDEE PAR TENSION**

1.  $A_3$  est monté en amplificateur de gain  $2 (1 + \frac{R_3}{R_4})$ .

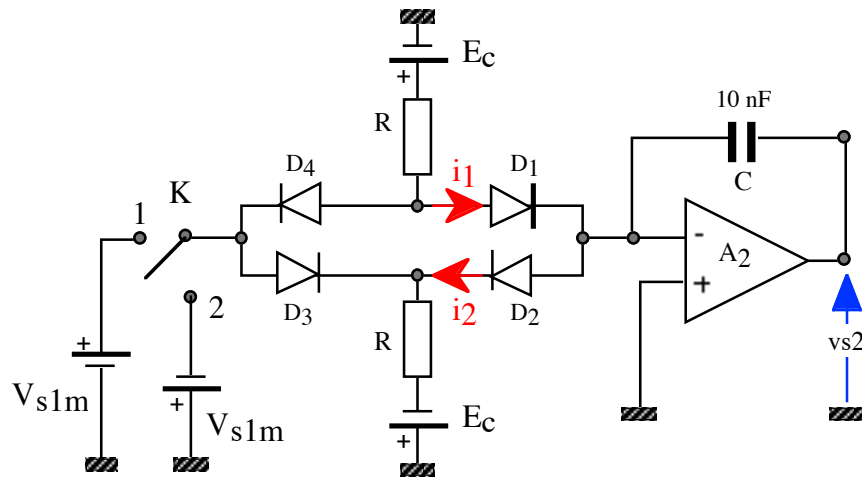
Sachant que  $V_+(A_3) = E_c/2$  :  $v_{s3} = +E_c$ .

$A_4$  est monté en amplificateur de gain  $-1 (-\frac{R_7}{R_8})$ . On a donc :  $v_{s4} = -E_c$ .

2. Pour illustrer le fonctionnement du commutateur à diodes, on considère la figure suivante où l'interrupteur K est relié aux bornes 1 ou 2 selon l'état de la sortie du comparateur  $A_1$ .

	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$D_4$	Courant
K en 1	Passante	Bloquée	Passante	Bloquée	$i_1 = \frac{E_c - V_d}{R}$
Ken 2	Bloquée	Passante	Bloquée	Passante	$i_2 = \frac{E_c - V_d}{R}$

$V_d (0,6\text{V})$  est la tension aux bornes d'une diode passante. La tension à l'entrée - de  $A_2$  est nulle (pseudo-masse).



3. L'analyse du fonctionnement du montage est similaire à celle de la 1<sup>o</sup> partie : le comparateur conduit aux mêmes valeurs de  $v_{s2\max}$  et  $v_{s2\min}$ . Seul le courant qui circule dans le condensateur est différent à savoir :  $|i| = \frac{E_c - V_d}{R}$ .

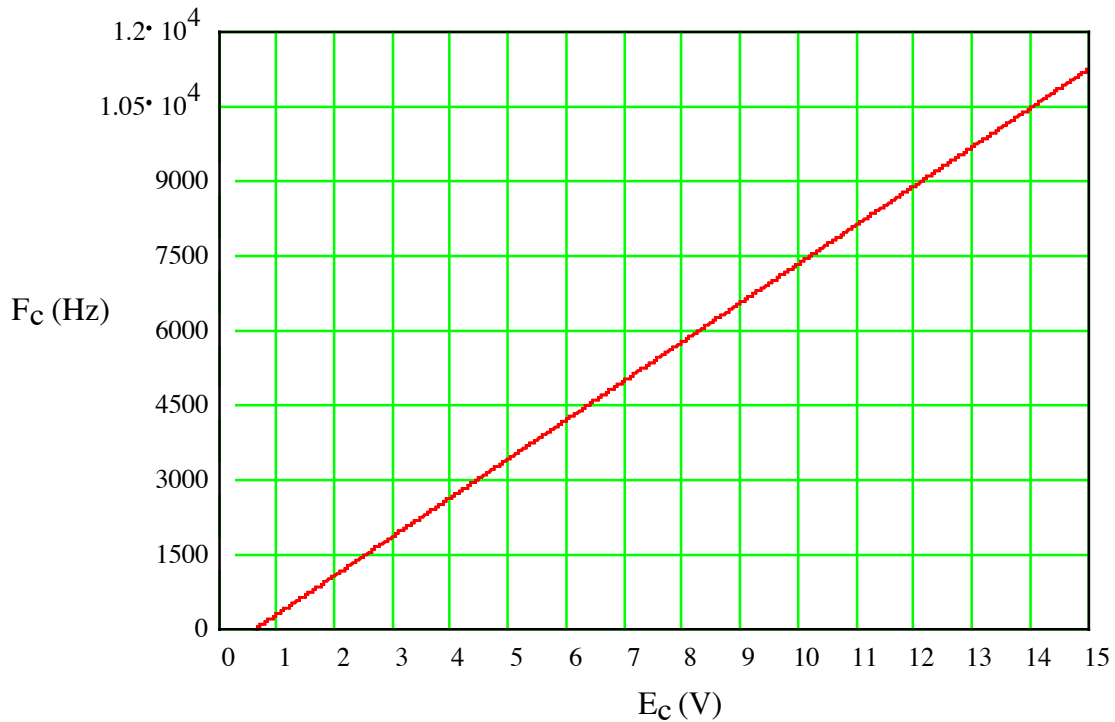
En particulier la relation (2) :  $v_{s2}(t) = \frac{V_{s1m}}{RC}t + V_{s2\min}$  devient :  $v_{s2}(t) = \frac{E_c - V_d}{RC}t + V_{s2\min}$

Pour  $t = T/2$ , on a encore :  $v_{s2}(T/2) = v_{s2\max}$ .

On en déduit alors :

$$F_C = \left( \frac{R_2}{4RR_1C} \right) \frac{E_c - V_d}{|V_{s1m}|} = F \frac{E_c - V_d}{|V_{s1m}|}$$

4. Graphe  $F_C = f(E_c)$  pour  $0,6 < E_c < 10V$ .



5. Exprimons la tension  $V_+$  de  $A_3$  :  $v_+ = v_e \frac{R_5}{R_5 + R_6} + E_c \frac{R_6}{R_5 + R_6} = \frac{v_e + E_c}{2}$

On a alors :  $v_{s3} = E_c + v_e$  et  $v_{s4} = -(E_c + v_e)$

Dans ces conditions :

$$F_2 = \left( \frac{R_2}{4RR_1C} \right) \frac{E_c + v_e - V_d}{|V_{s1m}|} = F \frac{E_c - V_d}{|V_{s1m}|}$$

La sortie  $v_{s2}(t)$  voit sa fréquence varier de 3,46 kHz à 6,56 kHz au rythme de la fréquence imposée par le générateur  $v_e(t)$ .

