

Travaux pratiques d'électronique:

circuit intégré (préparation)

M. Di Marco, A. R-Véronneau
Lundi 12 novembre 2007

Le but de ce TP est de fabriquer un circuit simulant un dé à jouer, dont les points sont représentés par des LEDs. Dans un premier temps, vous devez réfléchir à la partie logique du circuit intégré, tester votre montage sur le proto-board, et finalement réaliser le montage sur un vero-board grâce à des soudures. Vous pourrez apporter votre dé électronique à la maison !

1 Le circuit intégré

La partie principale du montage consistera en un compteur numérique HEF4060B (voir figure 1), qui dispose d'un oscillateur intégré, auquel R_7 , R_8 , C_1 sont ajoutés pour produire un signal d'horloge de fréquence f_{osc} . Ce signal est divisé par l'électronique interne par un facteur de division CT tel qu'indiqué sur le dessin du circuit intégré; par exemple, sur la sortie CT_3 (qui correspond à la broche 7), un signal rectangulaire de fréquence $f_{CT_3} = \frac{f_{osc}}{2^3} = \frac{f_{osc}}{8}$ est fourni, sur CT_4 (broche 5) $f_{CT_4} = \frac{f_{osc}}{2^4} = \frac{f_{osc}}{16}$, sur CT_5 (broche 4) $f_{CT_5} = \frac{f_{osc}}{2^5} = \frac{f_{osc}}{32}$, etc. Ainsi, un signal apparaît sur chaque sortie avec une fréquence basée sur un nombre binaire croissant: le système *compte*.

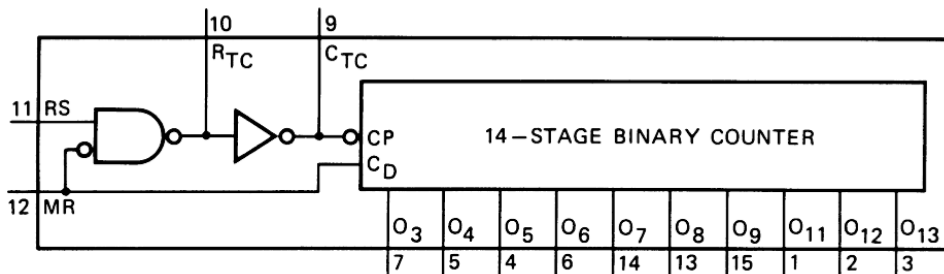


Figure 1: Diagramme fonctionnel du circuit intégré CD4060. Le signal d'horloge externe passe par l'entrée RS (broche 11), et le signal de remise à 0 de l'horloge passe par l'entrée MR (broche 12). Les entrées R_{TC} (broche 10) et C_{TC} (broche 9) servent à brancher les résistance et condensateur de l'oscillateur RC R_7 et C_1 , respectivement. La résistance R_8 est branchée à la broche 11 afin de stabiliser la réponse en fréquence du circuit. Les sorties $O_3, O_4 \dots O_{13}$, correspondent à $CT_3, CT_4 \dots CT_{13}$ dans le texte.

1.1 Remise à 0 de l'horloge

Un signal haut ("high") sur MR remet le compteur à 0, i.e. le signal sur les sorties $CT_3 \dots 13$ devient bas ("low"), peu importe les conditions à l'entrée du circuit.

1.2 Fréquence de l'oscillateur RC

La figure 2 montre les connexions des composants externes de l'oscillateur RC. Le fabricant fournit la constante de temps de l'oscillateur, qui reste valable si certaines spécifications sur $R7$, $R8$, $C1$ sont respectées:

$$f_{osc} = \frac{1}{2.3 \times R7 \times C1} \quad (1)$$

$$R7 < R8 \quad (2)$$

$$C1 \geq 100 \text{ pF} \quad (3)$$

$$10 \text{ k}\Omega \leq R7 \leq 1 \text{ M}\Omega \quad (4)$$

Calculez quelques combinaisons possibles de $R7$, $R8$, $C1$ permettant d'obtenir une fréquence de 1 et 10 kHz.

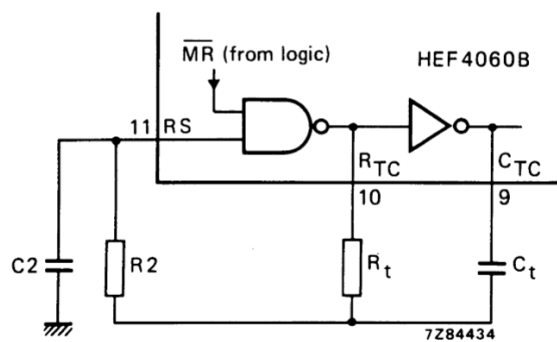


Figure 2: Oscillateur RC du circuit intégré CD4060. Les composants C_t , R_t , R_2 correspondent à $C1$, $R7$, $R8$ dans le texte (cette renumérotation est justifiée, vous verrez pourquoi plus tard). Pour notre application, $C_2 = 0$.

2 Un peu de logique

1. Combien de bits logiques sont nécessaires pour représenter les 6 configurations d'un dé ? Produisez la table de vérité (tableau 1) pour ces X bits. Combien d'états possibles ne sont pas utilisés ? Ceux-ci serviront à la remise à zero de l'horloge.

bit	1	2	3	...
	0	0	0	0
	0	0	0	1
	0	0	1	0
	0	0	1	1
...				

Table 1: Table de vérité pour X bits.

2. La figure 3 montre les 6 configurations d'un dé en utilisant 7 LEDs, et la convention de numérotation. Montrez qu'il suffit de 4 commandes "on/off" pour obtenir les 6 configurations du dé, et définissez-les.

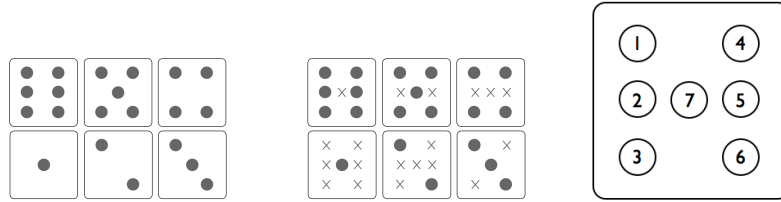


Figure 3: Configurations du dé à LEDs, **prière de suivre la convention de numérotation des LEDs** (figure de droite).

3. Faites un schéma des connexions des LEDs à ces 4 commandes et remplissez la table de vérité (tableau 2) pour les 6 configurations et 4 commandes.

face	commande			
	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Table 2: Table de vérité des commandes nécessaires pour obtenir chacune des configurations du dé.

3 Montage

Le montage du dé à LEDs consiste en un circuit intégré, une pile de 9V, 7 LEDs représentant les six configurations du dé, ainsi que quelques diodes et un transistor qui serviront à la logique du circuit.

Après avoir réfléchi aux questions ci-dessous, créez un montage permettant de contrôler votre futur dé à LEDs.

3.1 LEDs

Les spécifications des LEDs et diodes sont données à la figure 6. Le fabricant indique que le fonctionnement des LEDs de 3mm est idéal lorsqu'un courant de 2mA les traverse. Notez aussi qu'il est avantageux d'utiliser un courant le moins élevé possible afin de ne pas épuiser la pile.

1. Choisissez entre un dé à LEDs rouges ou vertes. Quelle est la tension de seuil des LEDs que vous avez choisies ? (Voir figure 6).
2. Avec une pile de 9V et deux LEDs en série avec une résistance R_X , quelle valeur de R_X permet d'obtenir un courant suffisant pour allumer les 2 diodes ?
3. Avec une pile de 9V et une seule LED en série avec une résistance R_Y , quelle valeur de R_Y permet d'obtenir un courant suffisant pour allumer la diode, sans pour autant épuiser la pile ?
4. Le circuit de la figure 4 représente 2 LEDs et une résistance en série branchées à deux commandes (A et B), qui sont à l'état **haut** quand elles sont branchées ("on") et à l'état **bas** lorsqu'elles sont débranchées ("off").

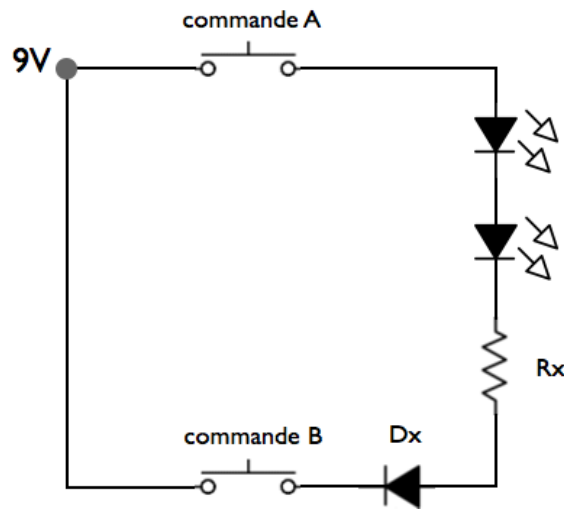


Figure 4: Circuit de commande pour 2 LEDs et une résistance en série.

- (a) Quelle est le rôle de la diode Dx ?
- (b) Produisez la table de vérité pour que les LEDs soient allumées ou éteintes (tableau 3).

A	B	LEDs
0	0	éteintes
1	0	...

Table 3: Table de vérité des commandes pour le circuit de la figure 4, pour que les LEDs soient allumées ou éteintes.

3.2 Transistor

Dans le montage du dé à LEDs, le transistor BC557B est opéré comme un interrupteur.

1. En observant la figure 5, décrivez l'effet d'appliquer $I_B \neq 0$ sur V_{CE} . Quelle est la polarisation de ce BJT ?
2. En extrapolant les courbes (I_B, V_{CE}) de la figure 5 pour $I_C = -2$ mA, estimez à quelle valeur de I_B le transistor passe du mode de blocage en mode de saturation.
3. Pour $V_{in} = -9V$, quelle résistance faut-il mettre à l'entrée de la base pour obtenir le I_B estimé précédemment ?
4. Faites un schéma d'un circuit comprenant ce BJT servant d'interrupteur pour 2 LEDs en série avec une résistance au collecteur. Une seule alimentation de 9V fournit la tension au collecteur et à la base. Utilisez les R_b, R_x calculés précédemment.
5. Produisez la table de vérité (comme au tableau 3) en utilisant $I_b = 0$ et $I_b \neq 0$ pour la commande A, et un interrupteur entre l'émetteur et l'alimentation pour la commande B.

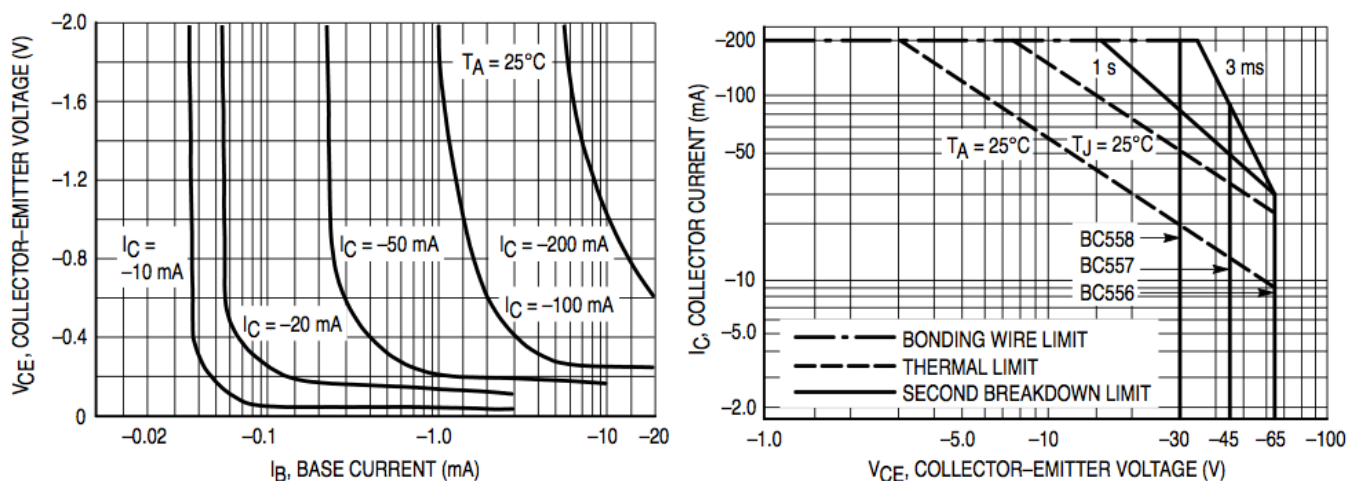


Figure 5: Courbe (I_B, V_{CE}) du transistor BC557B (à gauche), région active et intervalles d'opération sûre (à droite).

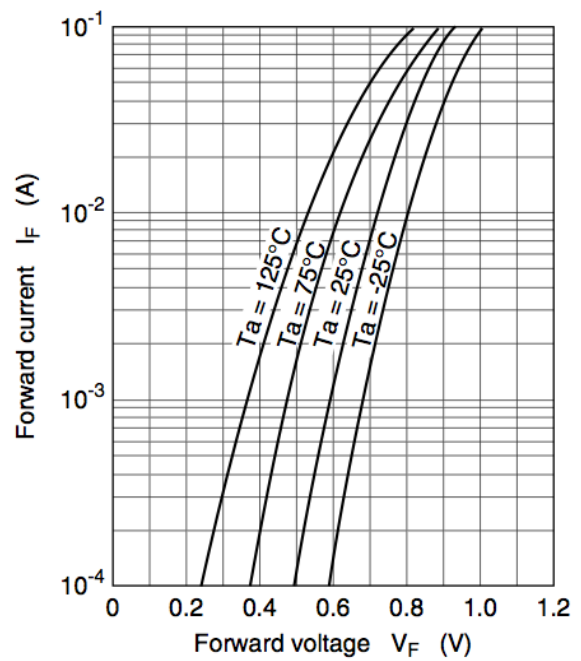
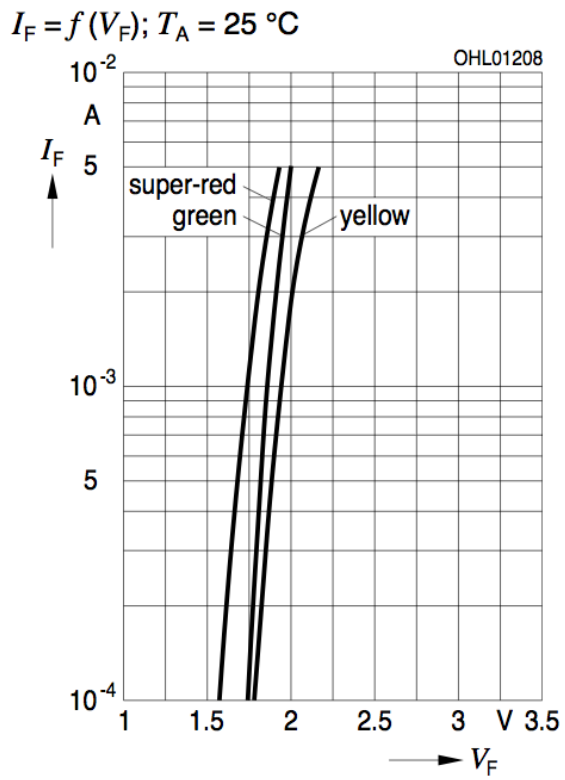


Fig.1 Forward current vs. Forward voltage

Figure 6: Courbes (V,I) des LEDs (figure de gauche) et diodes (figure de droite) qui serviront au montage du dé à LEDs.