

L'oscillateur à courant de fuites de DTC4R

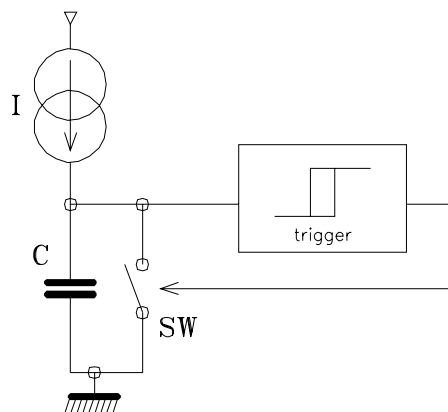
La fonction de cet oscillateur est de permettre la mesure du courant de fuite d'un transistor MOS *in situ*, en fournissant un signal dont la fréquence est proportionnelle au courant en question.

Les avantages potentiels de cette méthode sont qu'il n'y a pas de limite inférieure au courant mesurable, et que la mesure est effectuée dans des conditions similaires à celle qu'on rencontre dans certains circuits particulièrement sensibles aux fuites (échantillonneurs-bloqueurs, filtres à capacités commutées, à courants commutés, mémoires RAM dynamiques).

Dans ce document, on expliquera le principe de ce circuit par étapes successives :

1. Oscillateur à relaxation
2. Oscillateur symétrique (multivibrateur)
3. Oscillateur à relaxation à courant de fuite
4. Multivibrateur à courant de fuite

1. Oscillateur à relaxation



Le but est d'avoir une période d'oscillation déterminée par la durée de charge de la capacité C par le courant I , du seuil inférieur au seuil supérieur du trigger de Schmitt.

Lorsque le seuil supérieur est atteint, l'interrupteur SW est utilisé pour décharger C jusqu'au seuil inférieur.

Pour que la fréquence soit proportionnelle à I , il faut que la durée de la décharge par SW soit négligeable par rapport à celle de la charge.

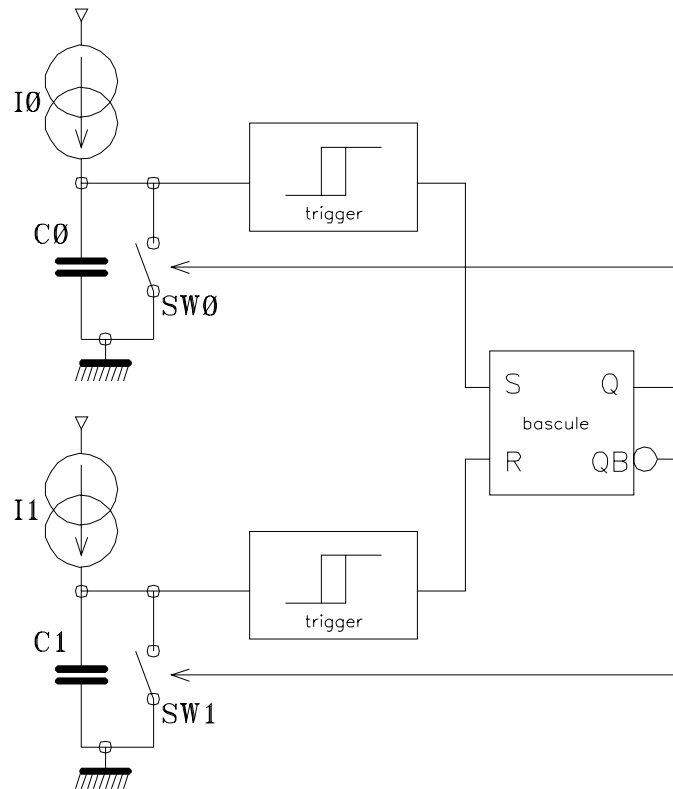
Si on satisfait cette condition, on verra apparaître deux problèmes secondaires :

- le signal de sortie du trigger sera constitué d'impulsion très brèves, difficiles à transmettre
- l'arrêt de la décharge au seuil inférieur ne sera pas obtenu avec précision

2. Oscillateur symétrique (multivibrateur)

Pour remédier aux inconvénients de l'oscillateur simple, on peut créer une structure symétrique, telle que les deux demi-périodes du signal de sortie soient chacune déterminée par la charge d'un condensateur par un courant connu.

Si les deux courants de charge ont la même valeur, on obtient un signal "carré" de fréquence proportionnelle à cette valeur, sans faire appel à une décharge de "durée négligeable".



La sortie d'une bascule RS est utilisée pour déterminer quelle capacité est en train de "travailler".

Pendant que C0 est en train d'être chargé par I0, SW1 reste fermé et maintient C1 déchargé.
Pendant que C1 est en train d'être chargé par I1, SW0 reste fermé et maintient C0 déchargé.

Les durées de décharge par SW0 et SW1 sont masquées par les durées de charge.
Le seuil bas des triggers n'intervient pas, les capacités étant déchargées entièrement.
(En fait on pourrait utiliser de simples comparateurs à la place des triggers.)

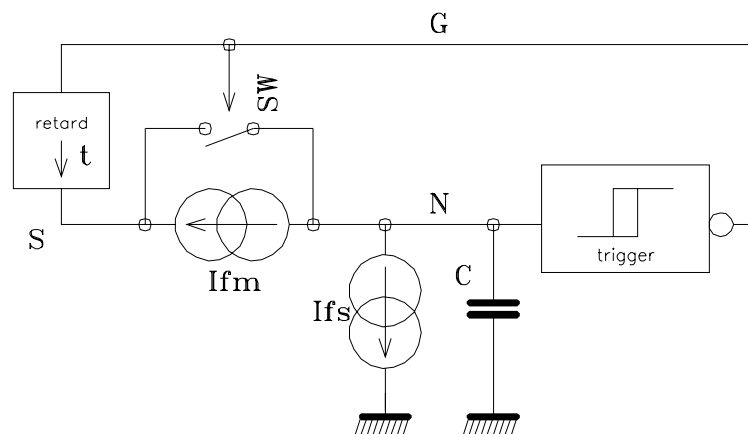
3. Oscillateur à relaxation à courant de fuite

Si on veut mesurer le courant de fuite caractéristique de la technologie, il faut éviter toute autre source de courant parasite au niveau de la capacité de mesure. Pour cela on va réaliser l'interrupteur de décharge avec le transistor même dont on veut mesurer la fuite.

Dans le cas d'un transistor N-MOS, on veut mesurer le courant de fuite avec $V_{GS} = 0$ et $V_{DS} > 0$, on va donc faire la mesure avec $V_G = V_S = 0$, donc on va utiliser le courant de fuite pour décharger lentement une capacité C .

Ensuite on va utiliser le même MOS pour charger rapidement C avec $V_G = V_S > 0$.

(Autrement dit on a permuté charge et décharge par rapport aux exemples précédents.)



Si G est à l'état logique haut, SW est fermé et C est chargé rapidement jusqu'au seuil haut du trigger. Alors G passe à l'état logique bas (0 Volts), SW s'ouvre et le noeud S passe aussi à l'état bas.

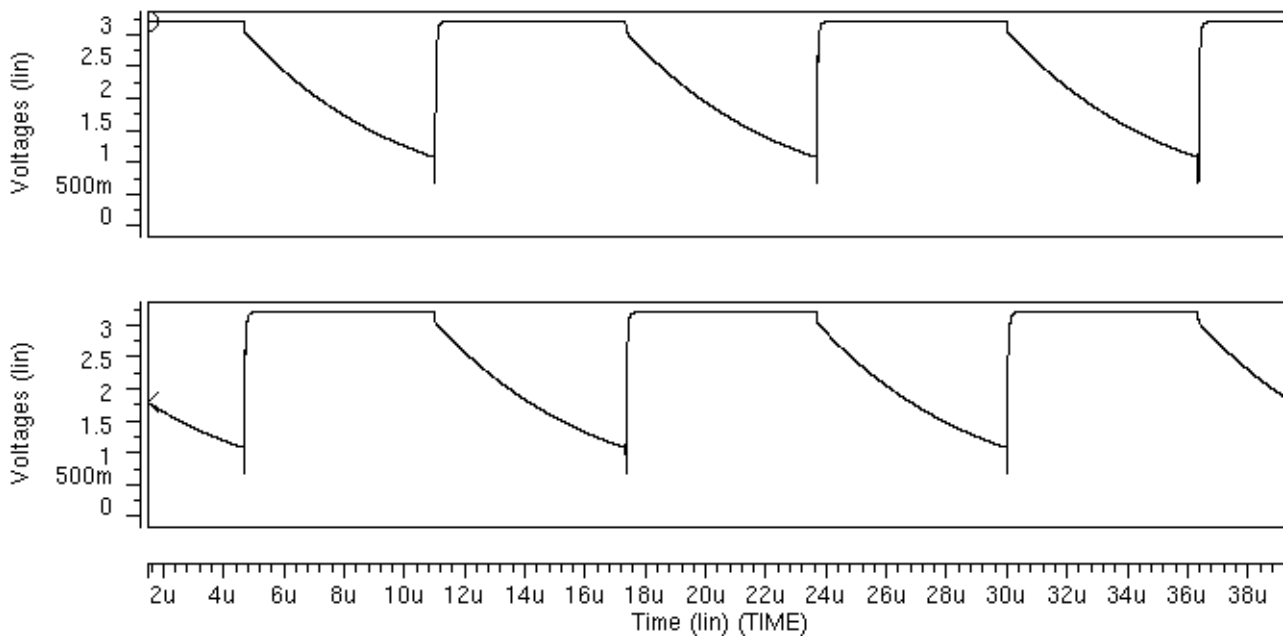
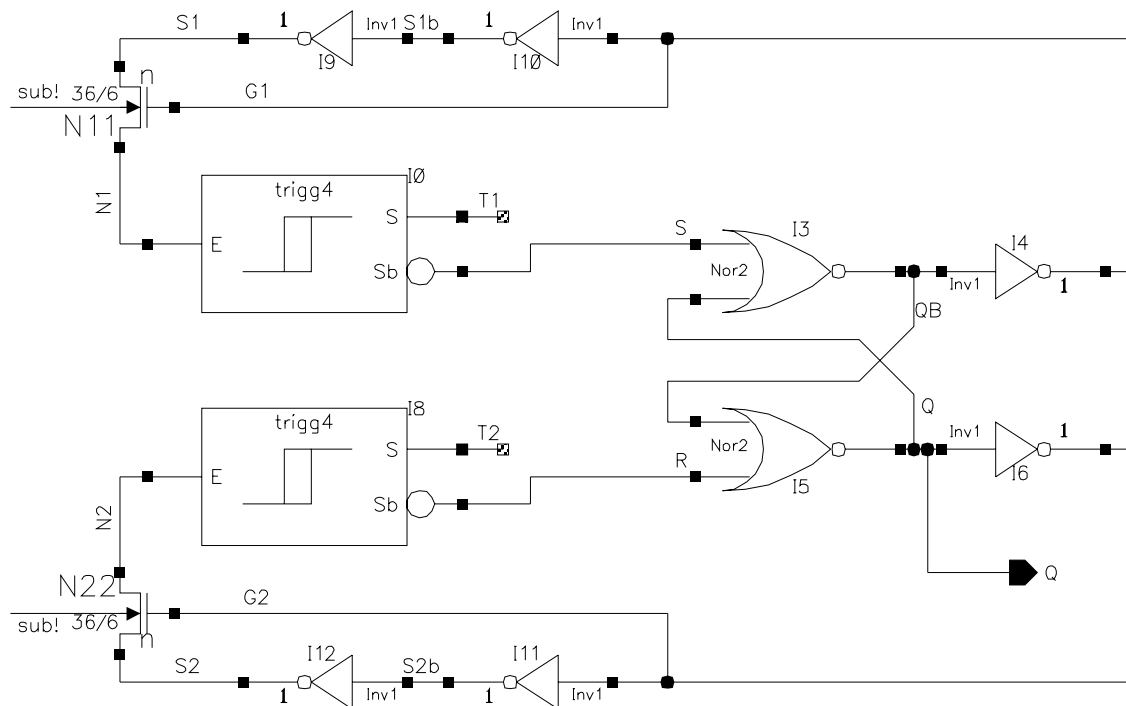
Alors C est déchargé lentement par I_{fs} (courant de fuite vers le substrat) et I_{fm} (courant de fuite de l'interrupteur, c'est à dire courant de fuite Drain-Source du MOS).

La cellule de retard t sert à éviter que S passe à zéro alors que SW n'est pas encore ouvert, ce qui causerait une décharge prématurée de C .

Lorsque le potentiel de N atteint le seuil bas du trigger, G passe à l'état haut et le cycle recommence.

4. Multivibrateur à courant de fuite

Pour le jeu de masques DTC4R, on a utilisé la disposition symétrique (multivibrateur) pour faire un oscillateur mesurant le courant de fuite de deux transistors identiques MOS de dimensions minimales (N11 et N22 sur le schéma).



Simulation HSPICE, noeuds N1 et N2

Les capacités de mesure n'apparaissent pas explicitement sur le schéma car on utilise pour cette fonction les capacités de grille des transistors d'entrée du trigger.

Les sources S1 et S2 sont commandées par des cellules de retard constituées chacune de deux inverseurs en cascade.

La bascule RS est construite avec deux portes NOR.

On doit se poser la question suivante : est-on sûr que l'oscillateur va démarrer ?

En d'autres termes existe-t-il un état symétrique stable ?

Tant que QB est complément de Q il n'y a pas de danger. Mais certaines bascules présentent une singularité de fonctionnement : lorsque les deux entrées S et R sont à l'état haut, les deux sorties Q et QB sont au même état.

Par exemple dans le circuit ci-dessus, si les entrées S et R de la bascule étaient reliées directement aux sorties T1 et T2 des triggers, on pourrait avoir un état stable avec $T1 = T2 = G1 = G2 = 1$.

Par contre en reliant S et R aux sorties complémentées Sb des triggers, si par accident S et R sont à 1 simultanément, on aura $G1 = G2 = 1$ donc charge rapide de N1 et N2 entraînant le basculement des deux triggers aboutissant à $R = S = 0$. Alors Qb est obligatoirement complément de Q, on est sorti de la symétrie et l'oscillation démarre.

bascule RS en NOR

entrée R	entrée S	sortie Q	sortie QB
1	0	0	1
0	1	1	0
0	0	état antérieur	complément de Q
1	1	0	0

5. Conclusions

Les résultats des tests montrent que ce circuit est extrêmement sensible au potentiel du substrat ainsi qu'à l'éclairage ambiant.

Le test sous pointes donne des résultats ininterprétables (oscillation cahotique plutôt que périodique) probablement parce que le contact de substrat par la face arrière n'est pas de qualité suffisante pour maintenir constant le potentiel de substrat.

Par contre dans un boîtier en métal avec soudure eutectique de la face arrière, on obtient une oscillation périodique dont la fréquence varie en fonction de la température et de la tension d'alimentation (à condition d'assurer une obscurité parfaite).

Ces variations de fréquence présentent en outre un hystérésis qu'on peut attribuer aux charges mobiles dans les oxydes de grille.