

Multivibrateurs astables et monostables

Le bon fonctionnement des systèmes numériques nécessite souvent la présence de références temporelles :

- celles-ci peuvent se présenter sous la forme d'une suite d'impulsions désignée par le terme "signal d'horloge" pouvant servir à cadencer le fonctionnement d'un microprocesseur ou simplement à faire clignoter une diode électroluminescente. Le circuit générant ce signal est alors selon le cas appelé multivibrateur astable (car sans état stable, en perpétuelle oscillation) ou oscillateur.

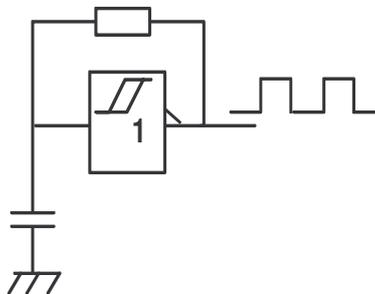
- ces références peuvent être également une temporisation se déclenchant à un moment précis pour obtenir une impulsion calibrée d'une durée déterminée ou pour alimenter un actionneur pendant un certain temps. On parle alors de multivibrateur monostable (car un seul état stable : l'état repos) ou de temporisateur (timer).

Nous allons passer en revue quelques circuits et montages réalisant ces fonctions.

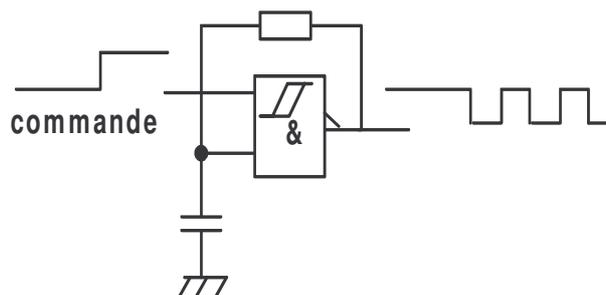
1. Multivibrateur astable

Comme nous l'avons vu, ce montage fournit à sa sortie un signal carré de fréquence fixe, un peu à la manière d'un métronome. Il n'a pas d'entrée sauf éventuellement pour interdire ou autoriser le fonctionnement. Le principe utilisé est une charge de condensateur qui fait basculer la sortie de la porte au NL0 ; le rebouclage on provoque alors la décharge qui fini par refaire basculer la porte au NL1 et provoquer de nouveau la charge du condensateur, le cycle se poursuivant indéfiniment.

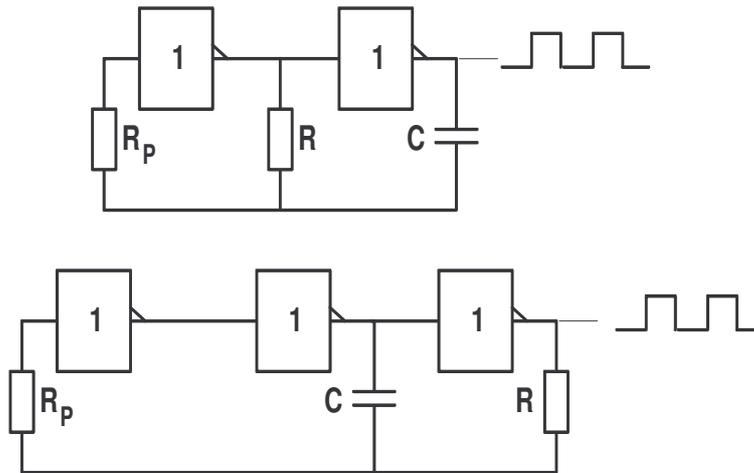
D'une manière générale lorsque l'on ne souhaite pas une grande stabilité on peut se contenter d'un inverseur à entrée à hystérésis.



La valeur de la fréquence du signal de sortie dépend évidemment du circuit RC, mais aussi de la position des seuils de la porte. On consultera donc la documentation constructeur. Le même montage avec une porte NAND ou NOR permet de disposer d'une entrée de commande d'autorisation de fonctionnement (active à l'état 1)

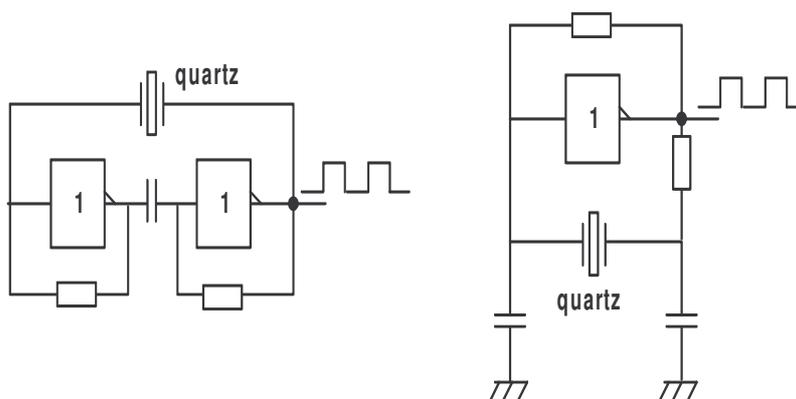


La forte impédance d'entrée des circuits MOS permet la réalisation d'astable avec des portes classiques.



Le premier de ces schémas est à éviter en haute fréquence, car il n'oscille pas si la valeur de la capacité est trop faible. Dans les deux cas la valeur de la période du signal de sortie vaut théoriquement $2,2 RC$ (en supposant que les portes ont un seuil de déclenchement stable à la moitié de l'alimentation, ce qui est faux). Les résistances R_p servent à protéger l'entrée des portes et peuvent prendre des valeurs entre $47\text{ k}\Omega$ et $220\text{ k}\Omega$. Plusieurs variantes autour de ces montages sont possibles pour disposer d'une entrée de commande (à l'aide d'une porte NAND comme précédemment) ou d'un rapport cyclique différent de 0,5 à l'aide de diodes permettant la décharge du condensateur dans une résistance différente de R .

Lorsque le montage nécessite un signal d'horloge de fréquence stable et précise (microprocesseur, montre etc...), on utilise alors un oscillateur à quartz. Le quartz est un cristal qui a la propriété de se déformer mécaniquement lorsqu'il est soumis à une tension électrique : c'est l'effet piézo-électrique, ce phénomène étant réversible. Cette déformation favorise certaines fréquences particulières (fonction de la taille du cristal), l'oscillateur se calant alors de manière stable sur une de ses fréquences suivant la conception du montage. On parle d'oscillateur car on retrouve une oscillation sinusoïdale dans le circuit, même si le signal de sortie est carré. Deux schémas couramment utilisés sont donnés ci-après;

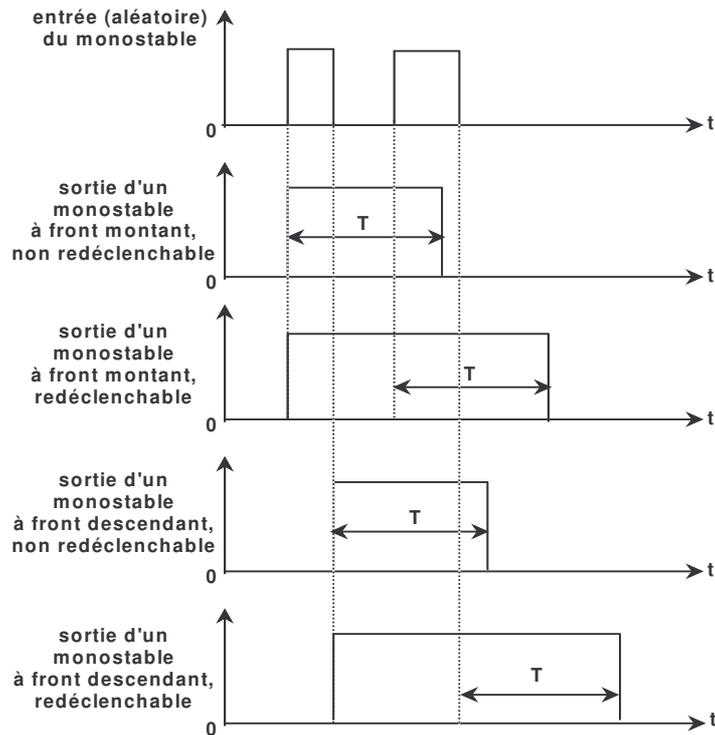


Ces montages fournissent une tension de sortie de fréquence élevée, couramment plusieurs mégahertz, le quartz de plus faible valeur commercialisé oscillant à $32,768\text{ kHz}$ soit 2^{15} Hz . Lorsque l'on souhaite une fréquence plus basse, il suffit de diviser celle-ci à l'aide de compteurs (circuit 74HC4060 par exemple comprenant à la fois les diviseurs et l'oscillateur).

2. Multivibrateurs monostables

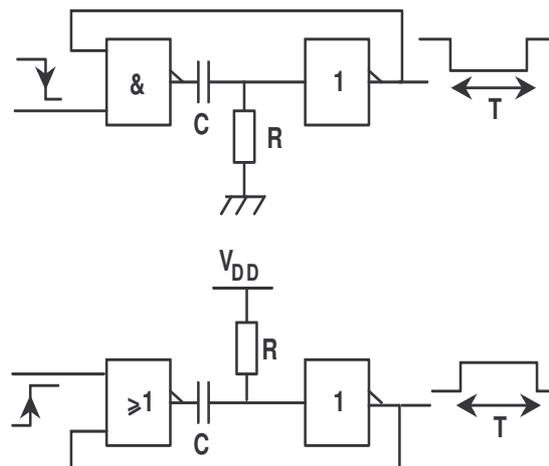
Ils fournissent à partir d'un front une impulsion de durée bien déterminée. Le déclenchement peut se faire sur front montant ou descendant.

De même le circuit peut être ou non redéclenchable ("retriggerable" en anglais). On parle de monostable non redéclenchable dans le cas où le premier front actif déclenche la temporisation, la sortie passant par exemple au NL1. L'entrée étant ensuite inhibée, la sortie repassera à 0 un temps T après ce premier front. Avec un monostable redéclenchable, chaque nouveau front actif arrivant avant que la sortie ne soit passée à 0 re-initialise la durée T , le signal de sortie ne retombant qu'un temps T après le dernier front.



Lorsque la durée du monostable doit être précise, il est conseillé d'utiliser des circuits spécialisés comme le 74HC4538 .

La forte impédance d'entrée de la logique CMOS permet de nouveau de réaliser facilement de monostable avec quelques portes. Le premier des schémas ci-après représente un montage déclenchant sur front montant, le second sur front descendant. Celui-ci donne une impulsion négative en sortie, si on souhaite une positive, il suffit d'ajouter un inverseur.



Le principe de fonctionnement est relativement simple : le front actif fait basculer les portes et provoque la charge du condensateur. Le niveau de sortie change alors et vient inhiber l'entrée par le rebouclage : ces monostables sont donc non redéclençables. La charge du condensateur finit par provoquer un nouveau basculement de l'entrée et le retour à l'état initial. La durée de ces monostables vaut théoriquement $0,7 R C$.

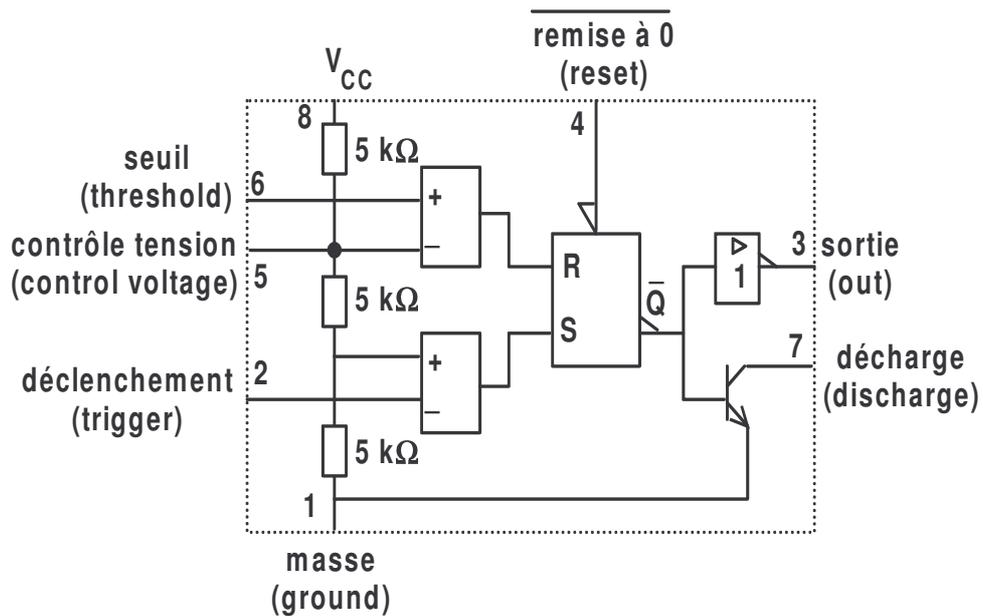
Pour une nouvelle conception, on préférera réaliser la fonction monostable en comptant N impulsions issues d'une horloge (l'horloge du système généralement) à partir d'un événement déclencheur. Cette solution, bien que gourmande en fonctions logiques diverses (mais les circuits intégrés modernes ont une grande densité d'intégration) évite l'utilisation d'un circuit RC.

3. Circuit intégré NE 555

Il s'agit d'un circuit spécialisé couramment utilisé dans la réalisation d'astable et de monostable.

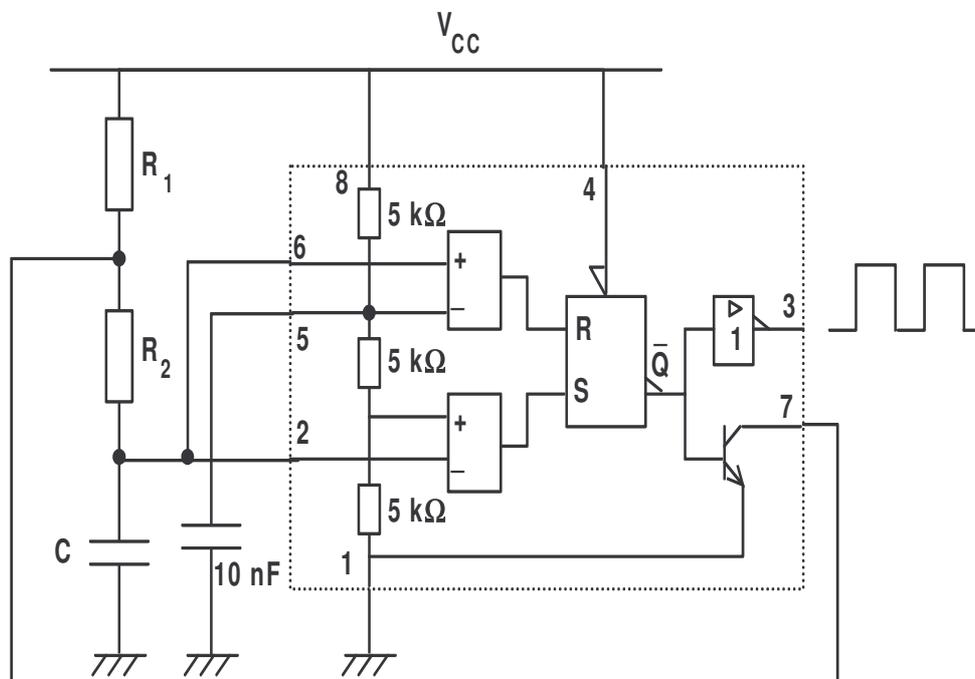
3.1. Structure interne simplifiée

Ce circuit est constitué de deux comparateurs ayant pour seuil un tiers et deux tiers de la tension d'alimentation. Ces valeurs sont obtenues à l'aide d'un pont diviseur composé de trois résistances de $5 \text{ k}\Omega$ chacune. Les sorties des comparateurs attaquent ensuite une bascule RS. La sortie de cette bascule commande un transistor (la résistance de protection de la base est incluse dans la bascule) et un amplificateur de sortie pouvant fournir ou absorber 200 mA . Une entrée de remise à 0, active au niveau bas, permet de saturer le transistor et de mettre la sortie au NL0.

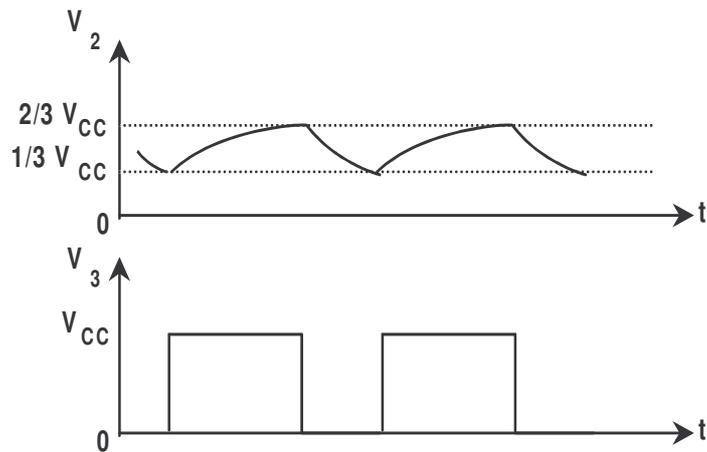


3.2. Utilisation en astable

Le schéma est donné ci-après. La tension aux bornes du condensateur, chargé par V_{CC} à travers R_1 et R_2 , finit par provoquer le changement d'état de la bascule (à $2/3$ de V_{CC} par l'intermédiaire du comparateur du haut qui met l'entrée R au NL1). Le condensateur est alors déchargé dans le transistor à travers R_2 . Lorsque la tension à ses bornes atteint un tiers de l'alimentation, le comparateur du bas remet la bascule à 1 et le cycle recommence.



Les chronogrammes de la tension aux bornes du condensateur sur la borne 2 et en sortie sur la borne 3 sont représentés ci-après.

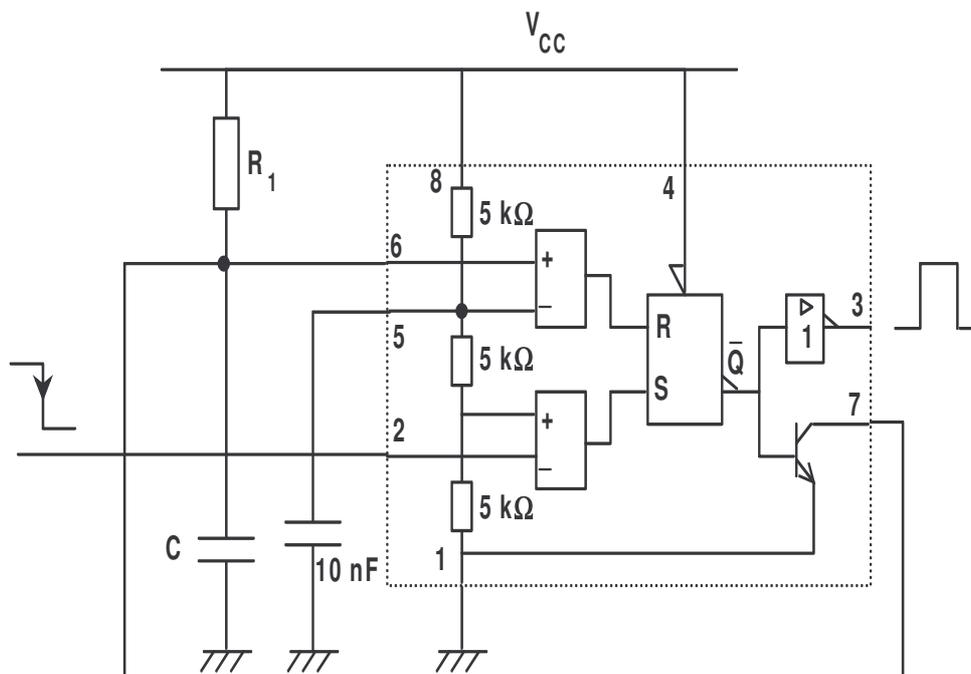


La période en sortie vaut $0,7 (R_1 + 2 R_2) C$. La fréquence maximale pouvant être obtenue est de l'ordre de 500 kHz.

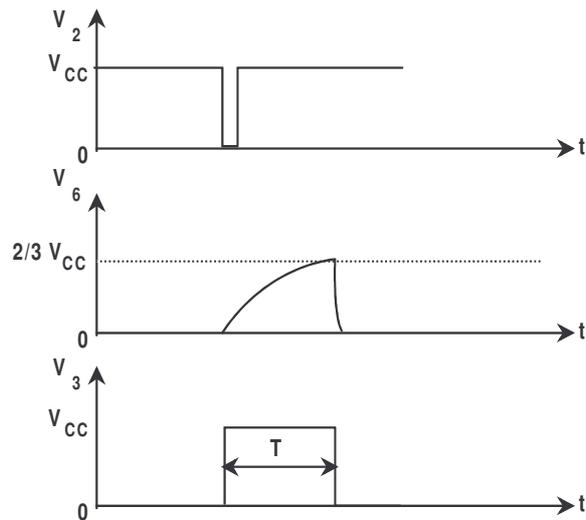
L'entrée appelée "contrôle tension" permet de modifier la valeur des seuils : avec le NE 555 monté en astable, il est donc possible de moduler la fréquence de sortie par une tension appliquée sur cette broche. La réalisation d'un convertisseur tension - fréquence ou d'un O. C. T. (Oscillateur Commandé en Tension ou V.C.O., Voltage Controlled Oscillator en anglais) devient relativement aisée. Lorsqu'elle n'est pas utilisée cette entrée doit être reliée à la masse par un condensateur de 10 nF, pour éviter toute réception de signal parasite.

3.3. Utilisation en monostable

Le déclenchement se fait sur front descendant. A l'origine la bascule est au niveau 1, la tension aux bornes du condensateur est forcée à zéro volts par la saturation du transistor; celui-ci est donc déchargé (c'est le seul état stable possible). Le passage à 0 de l'entrée provoque le passage à 1 du comparateur du bas et le changement d'état de la bascule. Le condensateur peut alors se charger par V_{CC} via R_1 . Lorsque la tension à ces bornes atteint deux tiers de l'alimentation le comparateur du haut passe à 1 et provoque le retour à l'état stable du montage.

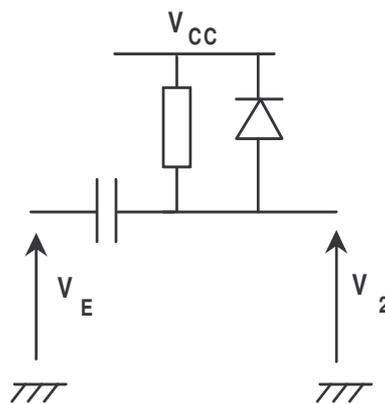


multivibrateurs astables et monostables

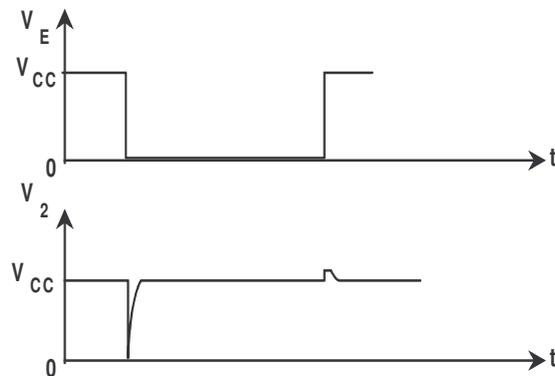


La durée de la temporisation vaut $1,1 R_1 C$.

Pour un fonctionnement correct, le signal d'entrée doit être remonté au niveau haut avant la fin de la temporisation (sinon les deux entrées de la bascule sont à 1). Dans certaines applications il est donc indispensable de faire précéder le montage par un circuit dérivateur comme celui ci-dessous.



Le circuit RC de faible constante de temps, transforme le front descendant du signal d'entrée en une impulsion très courte, tandis que la diode évite un dépassement de la tension d'alimentation lors de la décharge du condensateur (qui a lieu à la remontée du signal d'entrée).



Les deux schémas que nous venons de voir sont les applications de base de ce composant qui présente de nombreuses autres possibilités. Il existe un circuit NE 556 comprenant l'équivalent de deux NE 555.