

LES TIMERS

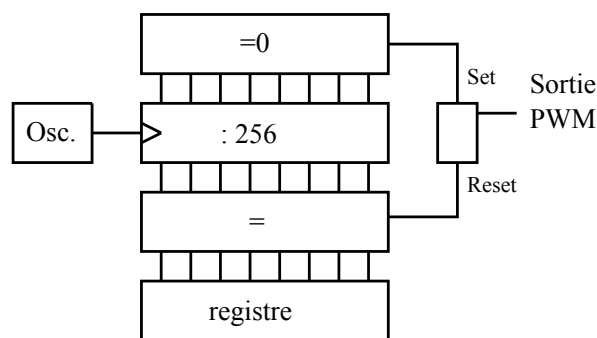
Pierre-Yves Rochat

rév 2020/03/27

INTRODUCTION

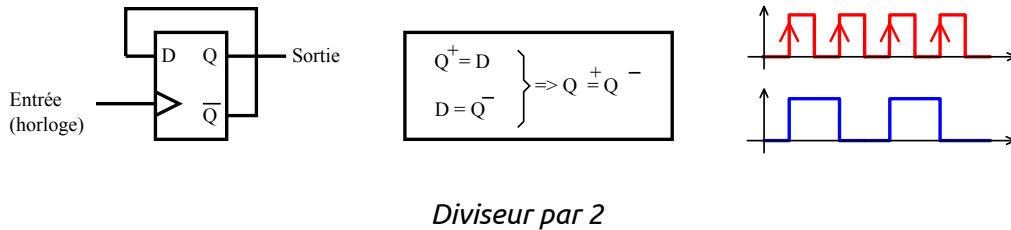
La gestion du temps est essentielle dans la programmation des microcontrôleurs. Il est souvent difficile de l'assurer correctement en utilisant uniquement les instructions du processeur. C'est la raison pour laquelle les microcontrôleurs offrent presque toujours des circuits spécialisés dans le comptage et la gestion du temps, appelés les *timers*.

Dans le chapitre sur la modulation de largeur d'impulsion (PWM), nous avons proposé le montage suivant, pour faciliter la génération de signaux PWM :

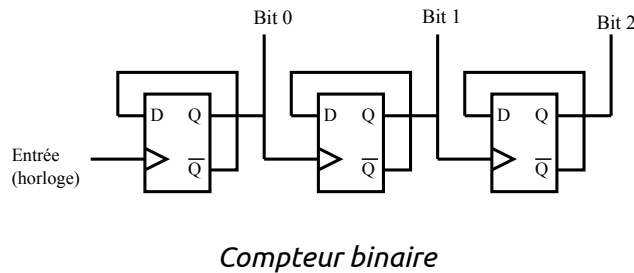


Compteur générant du PWM

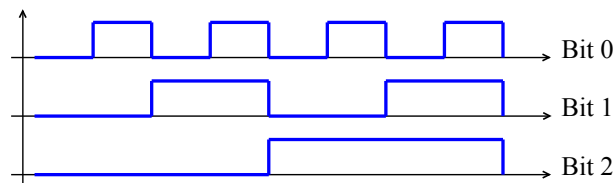
Ce montage est basé sur un compteur binaire, qu'on appelle aussi un *diviseur de fréquence*. Rappelons qu'à chaque flanc montant de l'horloge, le compteur passe à la valeur binaire suivante.



En ajoutant bout à bout plusieurs diviseurs par 2, on obtient un compteur binaire :



On peut observer que lorsqu'un signal de fréquence fixe F_0 est placé sur l'entrée, les sorties successives prennent des fréquences sous-multiples : la fréquence est divisée par 2, par 4, par 8, etc.



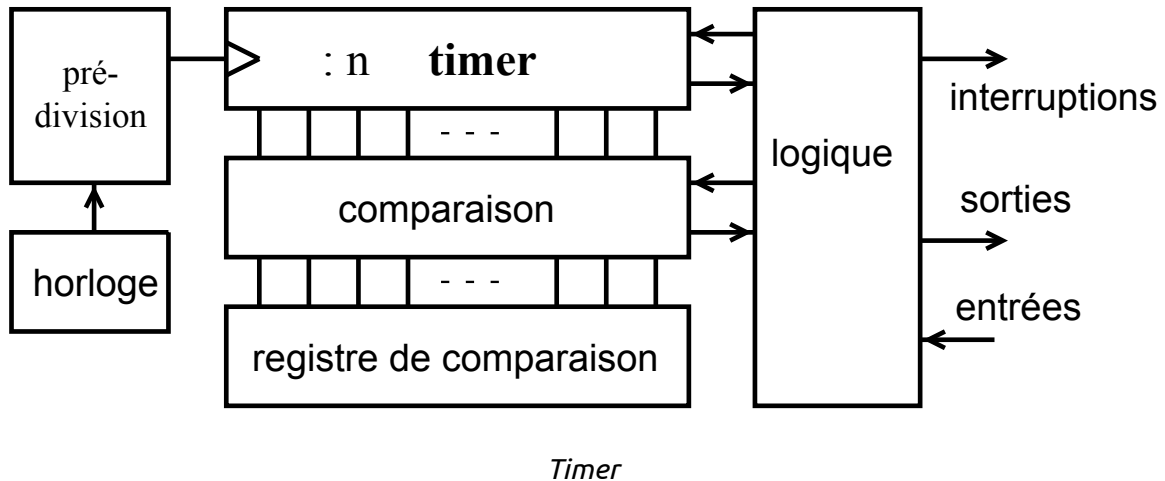
Chronogramme d'un compteur binaire

Le terme anglais *timer* désigne non seulement le compteur binaire, mais aussi souvent l'ensemble du montage. Les traductions françaises, *minuterie* ou *temporisateur*, ne sont que rarement utilisées. C'est la raison pour laquelle nous utiliserons ici plutôt l'anglicisme *timer*, que nous considérerons comme un néologisme.

Le PWM n'est pas la seule application des timers. Beaucoup de tâches — liées le plus souvent à la gestion du temps ou au comptage d'événements — peuvent lui être confiées.

LES TIMERS

La figure ci-dessous généralise ce concept :

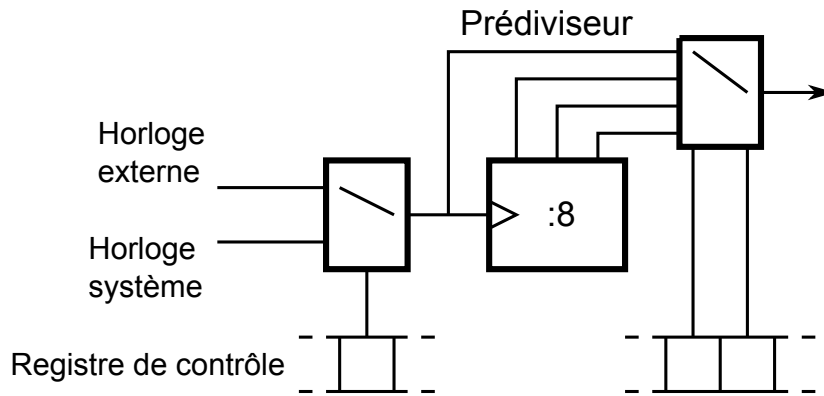


On y trouve :

- Un **compteur binaire**. Il peut être de 8 bits, 16 bits, parfois même de 32 bits. C'est le timer proprement dit.
- Une **horloge**, c'est-à-dire un oscillateur (OSC). Il s'agit généralement de l'horloge également utilisée pour le processeur.
- Un système de **choix de l'horloge et du prédiviseur**, qui permet de choisir une fréquence d'horloge bien adaptée au problème à résoudre.
- Une logique de **comparaison**, par exemple pour tester l'égalité.
- Un **registre de comparaison**, associé à la logique de comparaison. Plusieurs registres de comparaison sont souvent présents.
- Une logique de gestion, permettant de faire interagir des **entrées** et des **sorties** avec le timer, ainsi qu'à générer des **interruptions** dans certaines conditions.

PRÉDIVISION

Voici comment peut se présenter le choix de l'horloge et du prédiviseur :



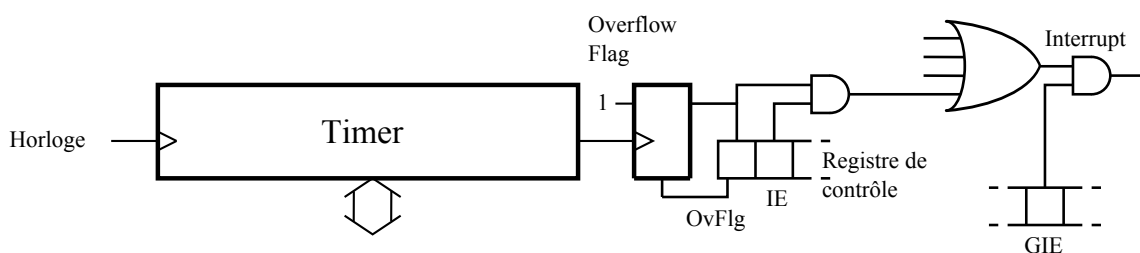
Exemple de système de choix de l'horloge

Un premier multiplexeur permet de choisir entre une horloge interne ou externe. Un compteur binaire, utilisé en diviseur de fréquence, fournit des signaux à des fréquences sous-multiples de celle de l'horloge. Un second multiplexeur permet de choisir la fréquence qui commande le timer.

Les deux multiplexeurs sont commandés par des bits d'un registre de contrôle, dont le rôle est de fixer le mode de fonctionnement du timer.

LOGIQUE DE GESTION

Une logique permet de mettre en œuvre le timer. Elle diffère beaucoup d'un microcontrôleur à l'autre. En voici un exemple très simple :



Exemple de logique de gestion d'un timer

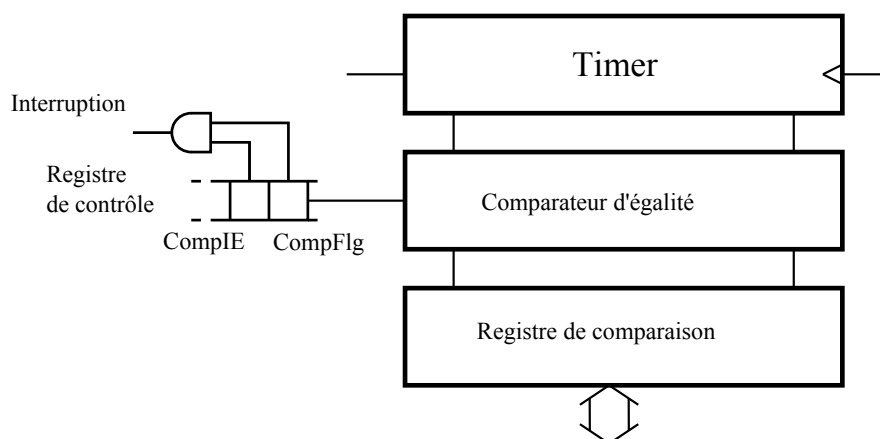
On y trouve une bascule qui détecte le dépassement de capacité du timer. C'est le moment où le compteur binaire repasse à la valeur 0. La bascule est mise à 1 à cet instant. Elle fait généralement partie d'un registre de contrôle et peut donc être lue en tout temps.

Il faut pouvoir remettre ce fanion à zéro lors qu'il a été pris en compte. Parfois, il faut écrire un 0 dans le bit correspondant du registre. Mais sur certains microcontrôleurs, c'est l'écriture de la valeur 1 qui met ce fanion à 0 . C'est le cas des timers des AVR.

La génération d'interruptions est très importante dans l'utilisation des timers. Ici, on voit un fanion IE (*Interrupt Enable*) qui permet de générer une interruption. En effet, la porte logique *ET* nécessite qu'IE soit à 1 pour que l'interruption soit transmise. Elle ne sera effective que si l'autorisation générale des interruptions est activée (GIE ou *General Interrupt Enable*), comme toutes les autres interruptions.

REGISTRES DE COMPARAISON

La présence d'un ou de plusieurs registres de comparaison associés à un timer le rend beaucoup plus intéressant. En voici un exemple simple :



Exemple de registre de comparaison

Un comparateur d'égalité est placé entre le timer et un registre dont il est possible à tout moment de modifier la valeur. Chaque fois que le timer a la même valeur que le registre de comparaison, le fanion passe à 1 . À nouveau, il est possible de générer une interruption, avec un mécanisme similaire à celui du dépassement de capacité.

LES TIMERS DES MICROCONTRÔLEURS

Quelques années après l'apparition des premiers microprocesseurs, des circuits spécialisés incorporant des timers sont apparus sur le marché. C'est le cas du très célèbre 8253 d'Intel, datant de 1981, dont on trouve encore des descendants dans les PC modernes.

Les microcontrôleurs ont eux aussi très vite été complétés par des timers, comme le célèbre PIC16x84, qui incluait déjà un unique compteur 8 bits très simple, mais très utile.

Les microcontrôleurs ARM ont tous plusieurs timers. L'ATmega328, connu pour équiper les Arduino, a trois timers, le TIMER 0 de 8 bits, le TIMER 1 de 16 bits et le TIMER 2 de 8 bits, mais différent du TIMER 0. Ces timers sont riches en fonctionnalités permettant de nombreuses applications.

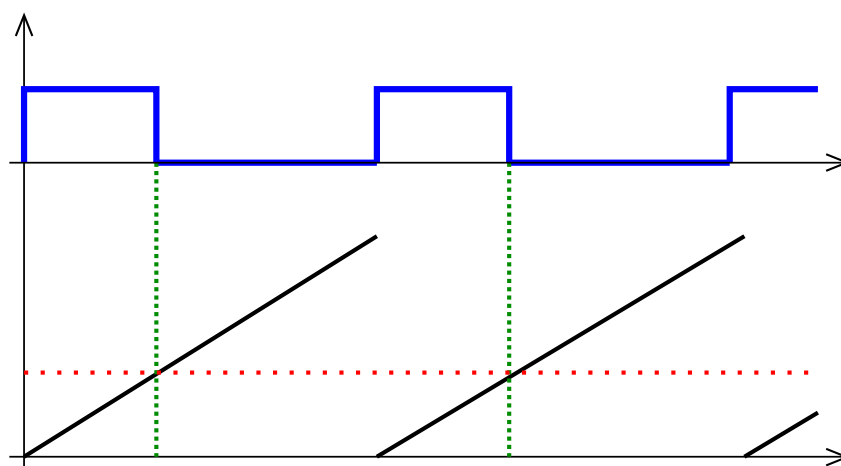
Les microcontrôleurs plus modernes ont souvent des timers très complexes. Dans les familles de microcontrôleurs ARM, les timers diffèrent d'un fabricant à l'autre : cette partie du microcontrôleur est propriétaire, elle n'est pas développée par la société ARM.

INTERRUPTIONS PRODUITES PAR LES TIMERS

Les timers deviennent intéressants lorsqu'ils sont associés à des interruptions. Une interruption peut être générée au dépassement de capacité du compteur. Des interruptions peuvent être produites par les registres de comparaison. Bien d'autres modes sont généralement disponibles !

PWM GÉNÉRÉ PAR UN TIMER

Les timers permettent de générer des signaux PWM, soit par leur action directe sur des sorties, soit au travers d'interruptions.



PWM généré par un timer