Utilisation d'un générateur PRG comme source de synchronisation

Auteur : Mary Iva Rosario Salimbao, Ingénieur Applications Microchip

Mary Iva Rosario Salimbao de Microchip Technology Inc. explique comment un périphérique générateur de rampe programmable peut servir à produire des signaux de référence ou des sources de synchronisation

Le générateur PRG (Programmable Ramp Generator, ou générateur de rampe programmable), présent dans plusieurs microcontrôleurs PIC® 8 bits récents de Microchip Technology, est un périphérique analogique très souple, permettant de simplifier les applications nécessitant une variation de tension linéaire. Comme son nom l'indique, un générateur PRG peut produire des rampes montantes, descendantes, ou alternativement montantes et descendantes, sous contrôle logiciel. Cependant, une fois configuré, ce périphérique peut fonctionner indépendamment du processeur coeur, et ainsi permettre à la CPU (Central Processing Unit, ou processeur central) de travailler à d'autres tâches, de passer en mode veille ou de se consacrer davantage au rôle de superviseur système. Les temps de montée et de descente peuvent être réglés dynamiquement à l'aide d'une source de courant constant intégrée. Les possibilités d'entrée/sortie très souples offrent aux concepteurs toute liberté d'interconnexion avec des sources de signaux externes, ou avec les signaux d'autres périphériques du microcontrôleur. Cela donne souvent un système plus réactif, tout en minimisant les sources de bruit et l'encombrement global, grâce à la réduction du nombre de composants externes. La Figure 1 montre un schéma fonctionnel du périphérique.

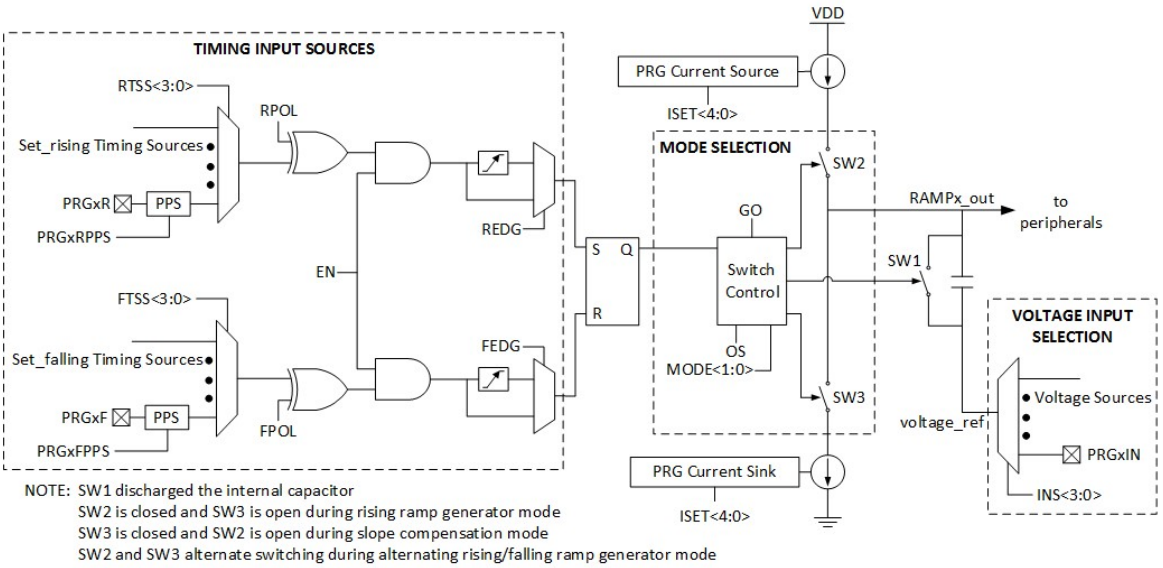


Fig. 1 : Schéma fonctionnel simplifié du module PRG

Un outil très utile pour configurer le PRG est le MCC (MPLAB® Code Configurator, ou configurateur de code MPLAB®) , un plug-in (ou module

additionnel) convivial pour l'IDE (Integrated Development Environmet, ou environnement de développement intégré) MPLAB, voir Figure 3. Celui-ci permet de créer des drivers pour gérer et piloter les périphériques de microcontrôleurs PIC Microchip, tels que le PRG. Différentes fonctions peuvent être implémentées avec un PRG, et chacune d'elles peut être paramétrée à l'aide de MCC.

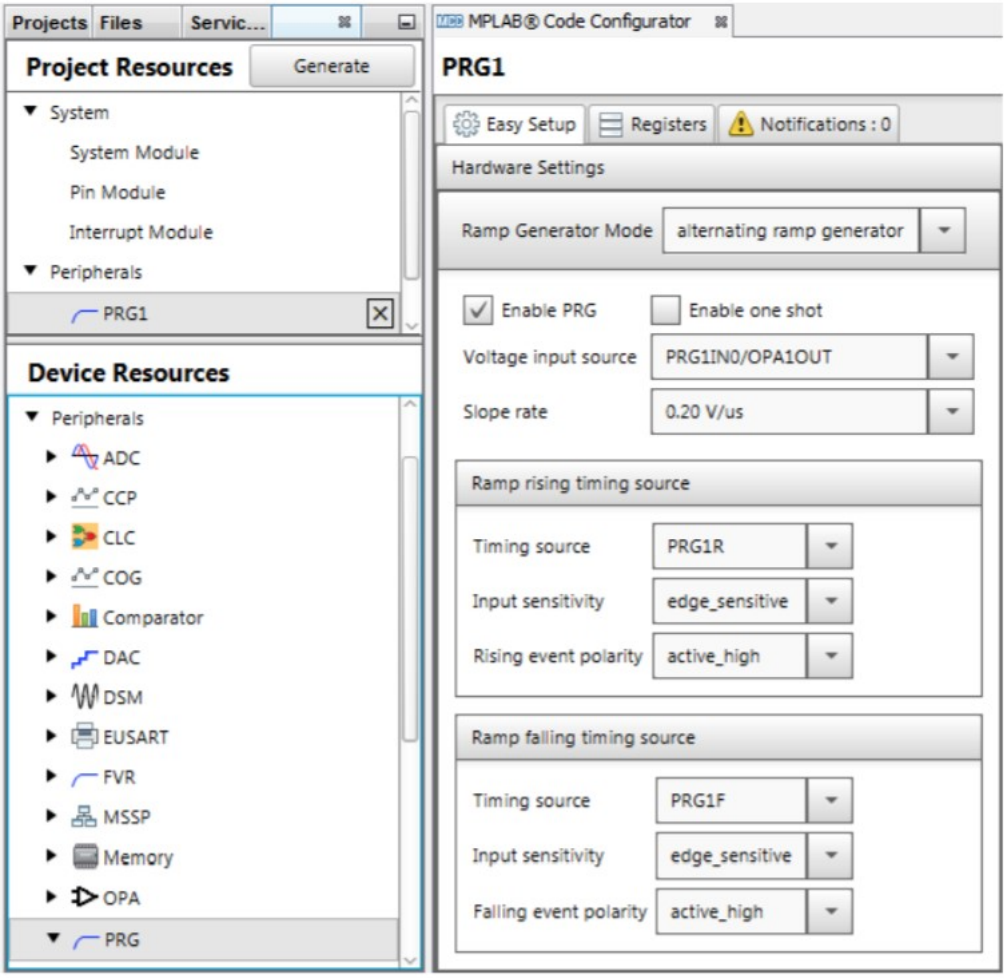


Figure 2 : MCC - Paramètres matériels du module PRG

Générateur de signal triangulaire

Un générateur TWG (Triangular Wave Generator, ou générateur de signaux triangulaires) produit une forme d'onde périodique non-sinusoïdale, de forme triangulaire, avec des temps de montée et de descente égaux. Pour produire une onde triangulaire, le PRG doit être configuré en mode alternatif montée-descente. MCC permet de configurer les sources de synchronisation montante (RS) et descendante (FS). Le PRG détermine la fréquence d'oscillation en sortie grâce à ces deux tensions de référence, qui déclenchent la montée et la descente de la rampe. Ces références déterminent aussi les tensions crête minimum et maximum du signal triangulaire.

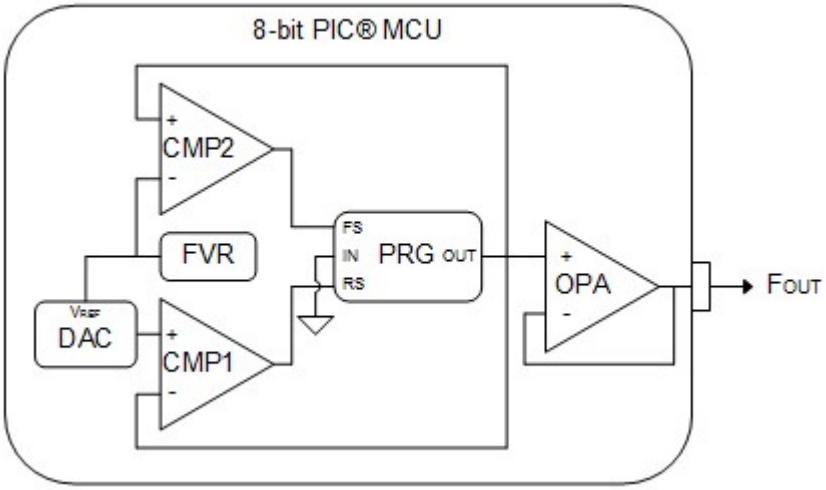


Fig. 3 : Intégration du périphérique pour un générateur d'onde triangulaire

Quand la sortie PRG est en dessous du niveau de tension fixé par un convertisseur numérique-analogique (CNA), l'entrée RS du PRG est déclenchée, et le condensateur interne est chargé par la source de courant. Quand la sortie PRG dépasse la tension de référence FVR (Fixed Voltage Reference, ou référence de tension fixe), l'entrée FS est déclenchée et le condensateur interne est chargé par le puits de courant.

Etant donné que le PRG ne dispose pas de broche de sortie, sa sortie est bufferisée par un ampli op à gain unitaire. La fréquence de sortie peut être calculée, mais sa précision peut être affectée par différents facteurs, comme la résistance parasite du condensateur, le bruit, la variance de production ou la température.

La valeur de la fréquence varie en changeant la tension de sortie du CNA ou la "Slope Rate" (SR) (pente de la rampe) du PRG. La pente de la rampe de sortie est déterminée par les paramètres actuels du PRG.

La Figure 4 montre le comportement idéal de l'implémentation. En général, l'onde triangulaire générée se compose de rampes montantes et descendantes symétriques, alternant périodiquement.

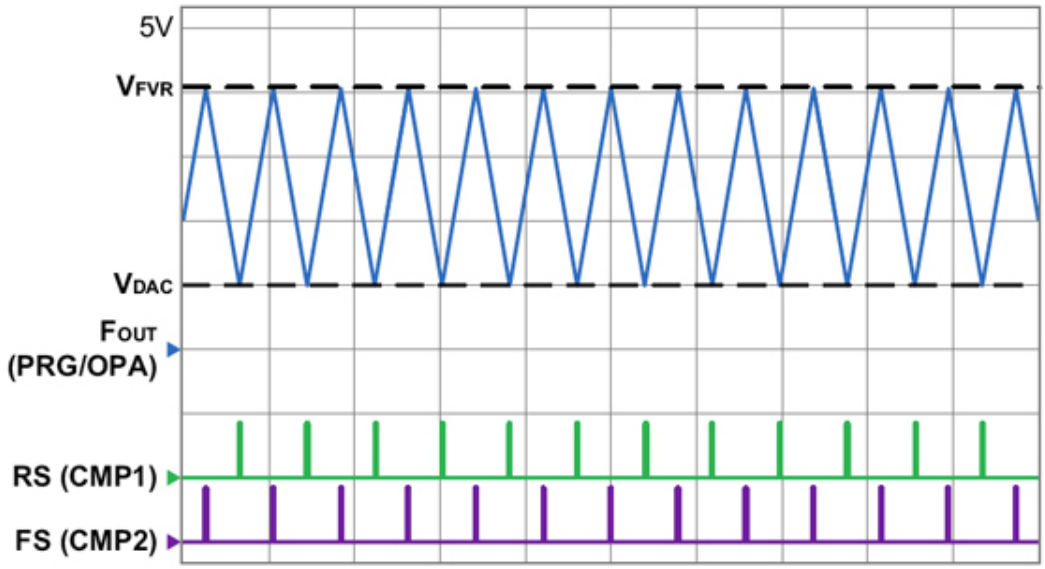


Fig. 4 : Chronogramme du générateur d'onde triangulaire

Les tensions maxi et mini sont définies respectivement par V_{FVR} et V_{DAC} . Les déclenchements montants et descendants se font quand le signal atteint la tension maximum ou la tension minimum. Modifier la valeur de la pente (SR) dans MCC permet de régler la fréquence. Une variation de la tension V_{DAC} se traduit aussi par un changement de la fréquence, mais la tension minimum augmentera ou diminuera en fonction.

La fréquence d'oscillation du PRG dépend de la source de courant et du puits de courant choisis, de la capacitance interne, et des valeurs de déclenchement montant et descendant. En plaçant une capacitance supplémentaire en sortie du PRG, on peut obtenir des plages de fréquence plus basses.

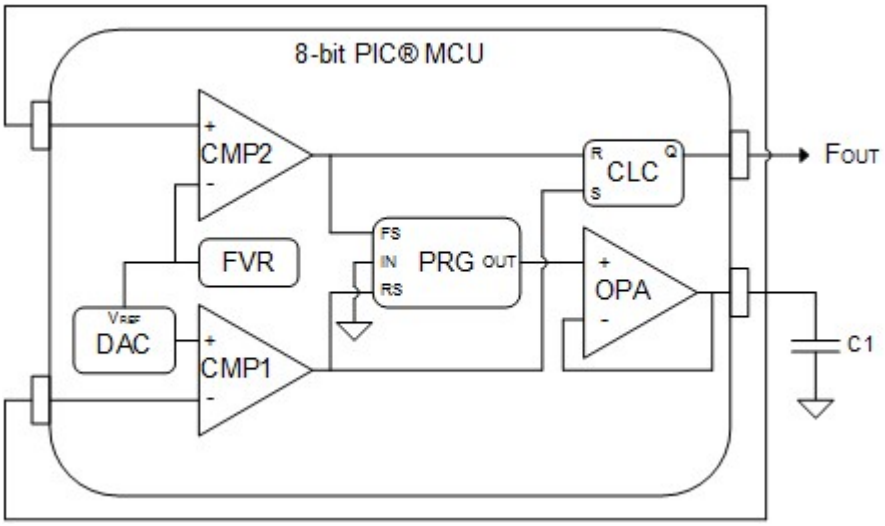


Fig. 5 : Ajout d'une cellule CLC et d'un condensateur pour des fréquences de sortie plus faibles

En ajoutant une cellule CLC (Configurable Logic Cell, ou cellule logique configurable) et un condensateur externe C1, les valeurs des tensions de

déclenchement déterminées par le CNA et la référence de tension FVR peuvent déclencher les événements de montée et de descente, respectivement. C1 est ajouté en sortie de l'ampli op, en parallèle avec le condensateur interne du PRG. La capacité supplémentaire allonge le temps entre les événements déclencheurs, ce qui se traduit par une fréquence F_{OUT} inférieure.

Connecter la CLC à la sortie des comparateurs permet au générateur de signaux de produire des ondes rectangulaires ou des impulsions. Le CLC est configuré comme un "latch" SR (loquet verrouillant la valeur de la pente) et la fréquence basse F_{OUT} est fonction de sa valeur de sortie. Comme avec le PRG, les références de tension déclenchent les entrées Set (initialisation) et Reset (réinitialisation). F_{OUT} est présent quand la tension en C1 (OPA_{OUT}) tombe sous le niveau de tension du CNA. Une fois qu'OPA_{OUT} passe au-dessus de FVR, F_{OUT} est réinitialisé.

Oscillateur VCO
Un oscillateur VCO (Voltage Controlled Oscillator, ou oscillateur piloté en tension) est un oscillateur électronique, dont la tension de pilotage en entrée détermine la fréquence d'oscillation. La fréquence instantanée du VCO est en général prévue pour être proportionnelle à la tension instantanée ; plus la tension d'entrée est haute, plus la fréquence d'oscillation est élevée. Le fonctionnement du PRG dans le cas d'une implémentation VCO est semblable au cas TWG, sauf que la fréquence de sortie est obtenue à partir du latch SR de la CLC et qu'une tension variable V_{CNTRL} active l'entrée RS du PRG.

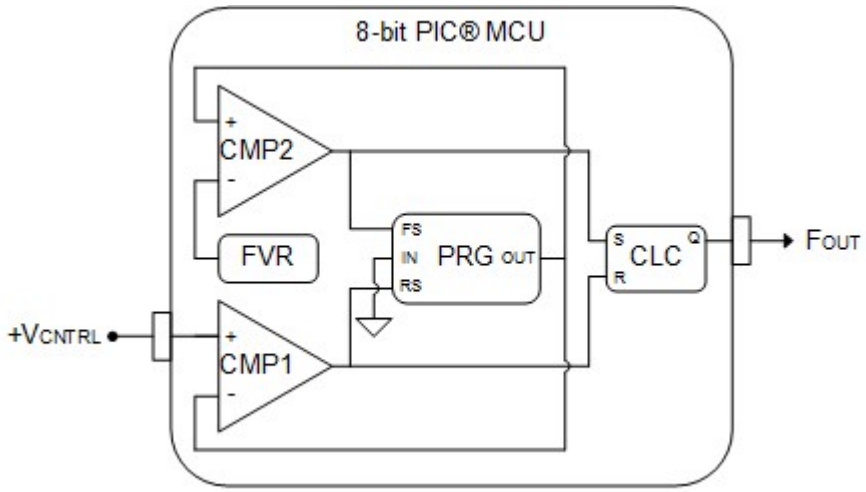


Fig. 6 : Configuration pour un oscillateur VCO

Une entrée V_{CNTRL} plus élevée réduit le temps nécessaire pour re-déclencher l'événement montant. Par conséquent, la commutation entre source de courant et puits de courant se fait plus rapidement, et la fréquence d'oscillation augmente.

Le rapport entre la tension de commande et la fréquence de sortie est illustré en Fig. 7 pour trois valeurs de pente PRG différentes. On peut faire varier la valeur de SR selon la gamme de fréquences désirée. Des valeurs de SR plus basses peuvent produire des fréquences allant de quelque hertz à environ 500 kHz. Des valeurs de SR plus élevées, permettent d'atteindre la zone du mégahertz.

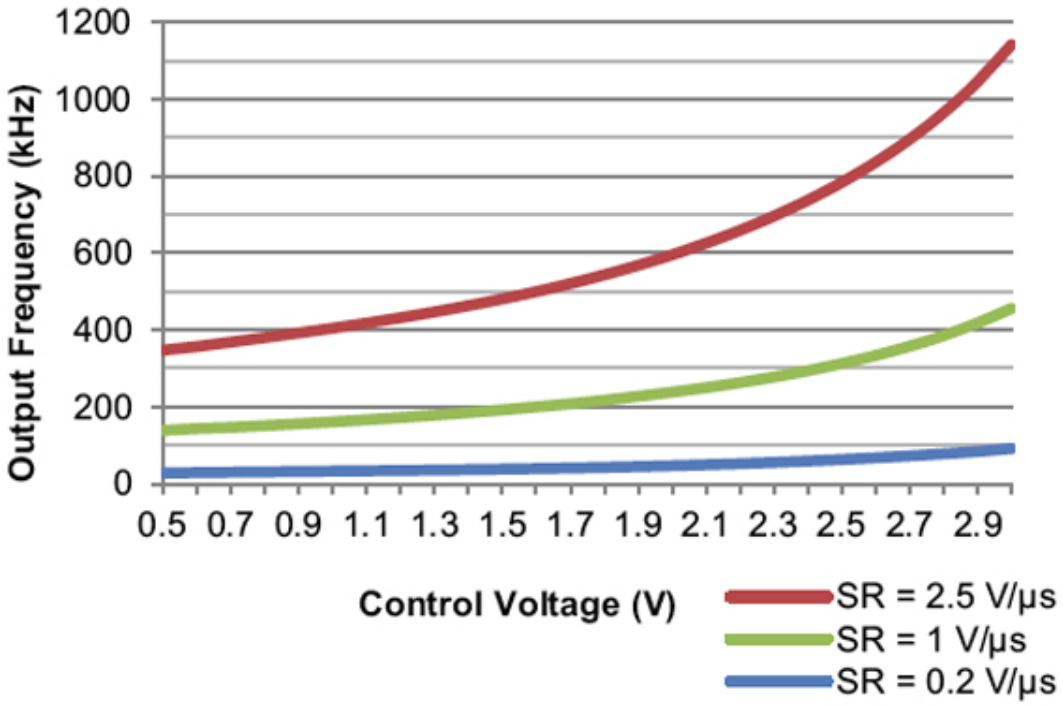


Fig. 7 : Fréquence de sortie VCO en fonction de la tension de commande

Avec deux valeurs de tension de commande et une pente SR constante, une diminution de V_{CNTRL} réduit la fréquence VCO en sortie du CLC.

Oscillateur VCDCO

Un circuit VCO standard modifie directement la fréquence d'oscillateur. Dans le cas d'un oscillateur VCDCO (Voltage-Controlled Duty Cycle Oscillator, ou oscillateur à coefficient d'utilisation piloté par tension), la tension de commande modifie le coefficient d'utilisation du signal de sortie.

Un arrangement similaire au VCO est implémenté pour le VCDCO, sauf qu'une base de temps déclenche le début de l'impulsion de sortie. Les modules PWM et TMR déterminent la période et la fréquence de l'oscillateur, tandis que le PRG détermine son coefficient d'utilisation en fonction de la valeur de V_{CNTRL}.

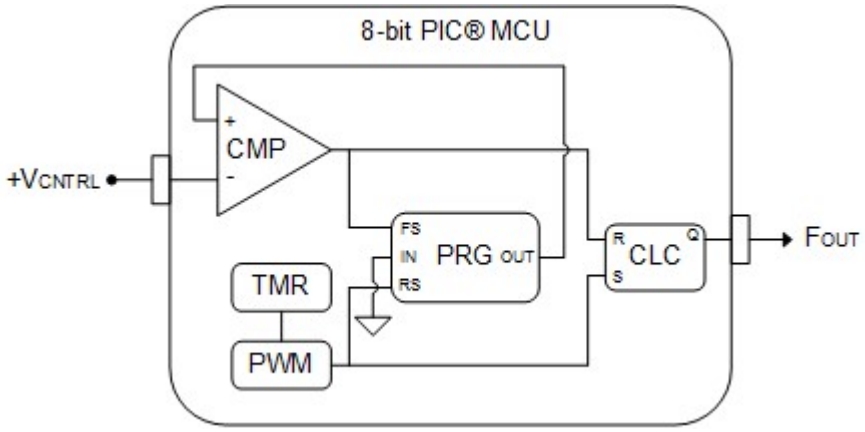


Fig. 8 : Utilisation d'un déclencheur temporel pour un VCDCO

Le front montant du PWM déclenche l'entrée RS du PRG et active le CLC. Quand la sortie PRG dépasse le niveau de V_{CNTRL}, l'entrée FS est déclenchée, le condensateur PRG est court-circuité, et la CLC est réinitialisée. Le PRG et la sortie CLC reste Bas, jusqu'au prochain débordement de TMR et front positif PWM.

Augmenter V_{CNTRL} prolonge la rampe montante et la durée de l'impulsion positive en sortie.

Le coefficient d'utilisation est égal au rapport V_{CNTRL} sur V_{MAX}. Pour élargir la plage de coefficients d'utilisation, la période du timer (temporisateur) doit être égale au temps de montée de la rampe pour atteindre V_{MAX} , avec la pente considérée.

Quand deux valeurs différentes de V_{CNTRL} sont utilisées, la séquence de déclenchement de RS peut rester uniforme, compte tenu de la période constante du timer et du PWM. Cependant, il peut y avoir un délai supplémentaire avant le déclenchement de FS, du fait de la pente constante et d'une tension V_{CNTRL} plus élevée.

Les valeurs de pente PRG et de période TMR2 dépendent de la fréquence et de la plage de coefficient d'utilisation désirés pour le VCDCO. Le coefficient d'utilisation PWM peut être réglé assez bas pour déclencher l'entrée RS du PRG. F_{OUT} est encore obtenue à partir d'un latch SR du CLC. Les sorties PWM et CMP servent également d'entrées Set et Reset au CLC.

Monostable asynchrone
Un monostable asynchrone (AOS pour Asynchronous One-Shot) produit une impulsion unique en sortie, quand il est déclenché par un signal externe. Communément appelés multivibrateurs monostables, les monostables ont un état stable. Si cet état stable est Bas, un déclenchement externe fait passer la sortie à l'état Haut pendant une certaine période. À la fin de la période, le monostable retourne à son état stable et attend le prochain déclenchement.

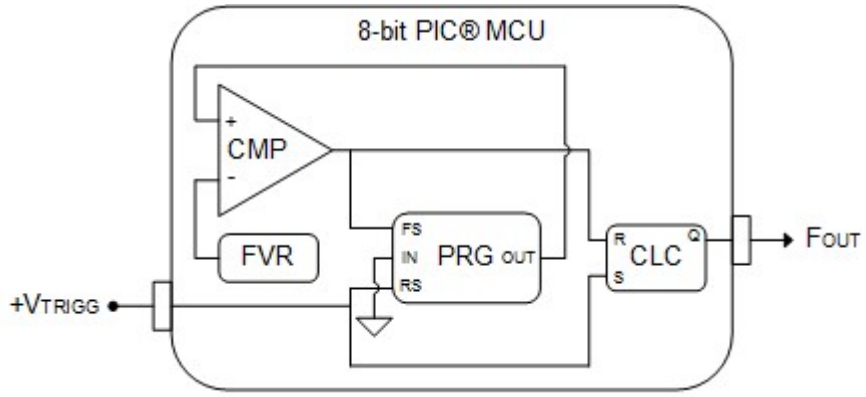


Fig. 9 : Utilisation d'un déclenchement externe pour monostable

L'état réinitialisé du CLC est l'état stable du monostable. Un déclenchement externe active l'entrée RS du PRG et envoie la sortie du monostable vers le CLC.

Quand le PRG atteint FVR, l'entrée FS est déclenchée, le condensateur interne du PRG est court-circuité et la sortie CLC est réinitialisée. La durée de l'impulsion dépend de la tension FVR et de la pente PRG.

Une tension de déclenchement externe peut remplacer les modules PWM et TMR pour éliminer la séquence de déclenchement périodique de l'entrée RS de PRG et des sources d'activation CLC. Les impulsions de sortie sont fournies par la sortie CLC.

Monostable piloté en tension
L'exemple suivant est une évolution du monostable précédent. Une entrée sert de déclencheur, tandis qu'une autre entrée détermine la période du monostable. Une application du monostable permet de contrôler la période active d'un contrôleur PFC (Power Factor Correction, ou compensation de facteur de puissance) CrCM (Critical Conduction Mode, ou mode de conduction critique).

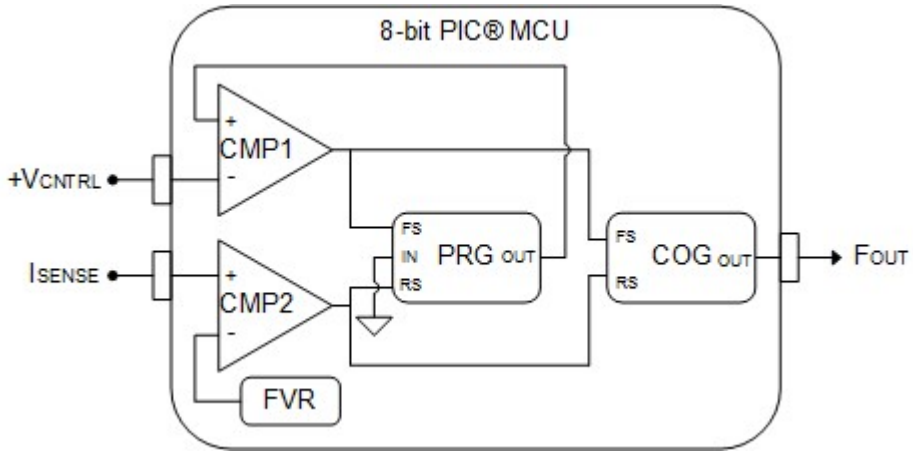


Fig. 10 : Configuration pour un monostable piloté en tension

La tension d'entrée V_{CNTRL} détermine la période du monostable ou la période active de la sortie. Une valeur supérieure de V_{CNTRL} produit une plus longue période active. Quand le signal de rampe montante du PRG atteint V_{CNTRL}, le condensateur PRG est court-circuité et le coefficient d'utilisation du générateur COG (Complementary Output Generator, ou générateur à sortie complémentaire) prend fin. La sortie reste Bas jusqu'à ce qu'un signal re-déclenche la rampe montante du PRG et le début de la période COG.

Dans un contrôleur à conduction critique, le générateur COG commande la commutation du MOSFET (Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor, ou transistor MOS à effet de champ). Le signal de retour de l'amplificateur d'erreur est renvoyé sur V_{CNTRL}. Un signal de retour constant se traduira par une période active fixe. Pendant les états On et Off, le courant d'inducteur grimpe jusqu'au niveau de la tension de référence, ou redescend jusqu'à zéro, respectivement. La Fig. 11 montre le comportement typique du courant d'inducteur pour un contrôleur CrCM.

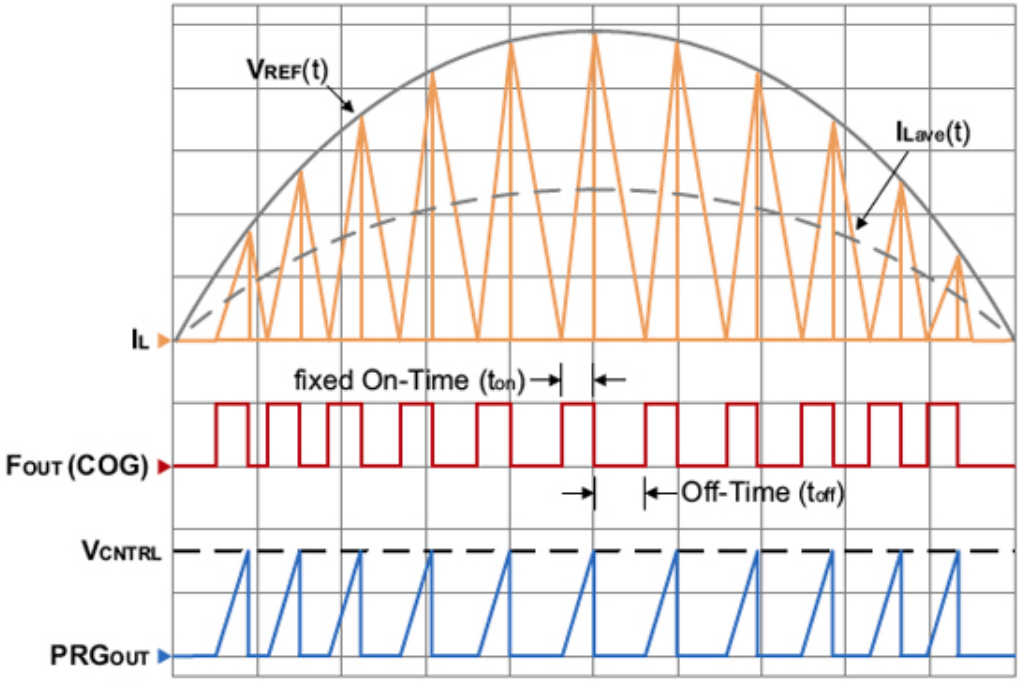


Fig. 11 : Signal du courant d'inducteur pour un contrôleur CrCM à période active fixe

Pour configurer les périphériques avec MCC, remplacer les modules PWM et TMR par un deuxième CMP. Dans la liste des sources d'entrée positives et négatives, sélectionner une broche CINx+ et FVR, respectivement. Au lieu du CLC, choisir un module COG et utiliser les comparateurs comme sources d'événement montant et descendant. Pour une application de conversion d'énergie, le périphérique COG est plus adapté qu'un driver de sortie.

Conclusion

Les différentes fonctions du PRG montrent l'intérêt d'utiliser des rampes de tension comme signaux de référence ou comme sources de synchronisation. Ces fonctions peuvent être facilement configurées grâce à la convivialité de MCC. En dehors de plusieurs autres périphériques des microcontrôleurs PIC Microchip, d'autres applications à base de PRG peuvent être envisagées.

Ressources supplémentaires :

1. Exemples de fonctions implémentées à l'aide d'un générateur de rampe programmable
   Note d'application :
   http://ww1.microchip.com/downloads/cn/AppNotes/cn587053.pdf
2. Environnement de programmation graphique Microchip MCC (MPLAB Code Configurator, ou configurateur de code MPLAB) :
   http://www.microchip.com/mplab/mplab-code-configurator