

De la logique qui simplifie la vie

Auteur : Manu Venkatesgowda, Ingénieur Applications Microchip

Manu Venkatesgowda de Microchip Technology Inc. explique comment une cellule logique configurable peut simplifier l'implémentation de fonctions complexes sur un microcontrôleur.

Parfois, les choses les plus simples peuvent apporter beaucoup. La plupart des concepteurs de systèmes embarqués ont besoin d'un certain nombre de signaux, ou de logique, pour répondre aux besoins de l'application finale. Ils en viennent à concevoir des cartes logiques complexes pour répondre à ces besoins. Mais s'il y avait un moyen plus simple de réaliser quelque chose de complexe ? Certains microcontrôleurs disposent de périphériques très souples pour réaliser les fonctions nécessaires aux applications complexes.

C'est là que les cellules CLC (Configurable Logic Cell, ou cellule logique configurable) entrent en scène. Le périphérique CLC a été ajouté au jeu de périphériques des MCU (Micro Controller Unit, ou microcontrôleur) PIC® de Microchip, et permet aux utilisateurs de concevoir des fonctions simples, capables de s'interfacer au MCU. Ce périphérique CLC permet à l'utilisateur de spécifier des combinaisons de signaux, comme les entrées d'une fonction logique, et d'utiliser la sortie logique pour contrôler d'autres périphériques ou des broches d'E/S, en offrant ainsi aux utilisateurs une grande souplesse pour concevoir la fonction de leur choix.

Pour faciliter les choses, le CLC est supporté par le MCC (MPLAB® Code Configurator, ou configurateur de code MPLAB®) de Microchip. Celui-ci permet au concepteur de disposer facilement des portes logiques par glisser-déposer, pour connecter les entrées et les sorties de manière graphique, et de générer le code C d'un simple clic, ce qui simplifie grandement l'implémentation des modules CLC.

Les périphériques CIP (Core-Independent Peripherals, ou périphériques indépendants du cœur) sont capables de gérer des tâches sans nécessiter de code supplémentaire, ni l'aide de la CPU pour fonctionner. Le CLC est un CIP qui simplifie la mise en œuvre de systèmes de commande complexes, et offre par la même occasion une très grande souplesse aux concepteurs, en déchargeant la CPU afin de booster les performances du microcontrôleur. Continuez à lire pour apprendre comment le CLC peut servir à implémenter une détection de phase de signal, à générer des formes d'onde complémentaires, ou à surveiller plusieurs paramètres d'une application. Avec une grande variété d'entrées, de déclencheurs et de sorties, les possibilités offertes par le CLC sont infinies.

Présentation générale

Le CLC est un périphérique configurable par l'utilisateur, un peu comme un PLD (Programmable Logic Device, ou dispositif logique programmable), mais intégré dans un microcontrôleur. Des entrées internes ou externes peuvent servir d'entrées au CLC. Le CLC reçoit des entrées provenant d'autres périphériques ou de broches d'entrée. Il effectue ensuite les opérations logiques prévues et fournit un résultat, qui peut servir à contrôler d'autres périphériques ou d'autres broches E/S.

Le CLC peut recevoir des signaux, comme des signaux d'horloge internes, ou

des sorties provenant d'un autre périphérique ou d'événements périphériques comme une entrée de timer. Les signaux d'entrée sélectionnés peuvent être dirigés vers la fonction logique désirée par l'intermédiaire de l'étage de signalisation.

Le CLC supporte différentes fonctions logiques telles que AND, OR, NOT, XOR, NAND, NOR ou XNOR. Dans le CLC, les sorties de l'étape de signalisation sont des entrées pour l'étage de sélection de fonction logique. L'étage de polarité de sortie est le dernier étage du CLC, et permet de sélectionner la polarité désirée.

Le CLC peut servir de périphérique indépendant pour implémenter des fonctions logiques séquentielles ou combinatoires, facilitant ainsi le déclenchement d'événements et de réponses rapides. On peut aussi l'utiliser avec d'autres périphériques pour étendre leurs capacités, en facilitant l'implémentation de fonctionnalités complexes au niveau matériel.

S'agissant d'un périphérique CIP (voir plus haut), le CLC réduit effectivement la bande passante CPU nécessaire à une application, en déchargeant la CPU de nombreuses réponses à des événements logiques pour confier ces tâches au périphérique. Cela réduit aussi les besoins en mémoire Flash et mémoire RAM puisqu'aucun algorithme logiciel n'est utilisé.

Les fonctions logiques implémentées au niveau matériel réagissent plus vite aux événements que celles implémentées en logiciel. En outre, le CLC supporte un niveau d'intégration supérieur sans aucun composant externe, réduisant ainsi la taille globale du circuit imprimé.

Détecteur de phase

La souplesse et la simplicité du CLC permettent d'étendre les capacités de conception d'un MCU PIC. Un bon exemple pour expliquer les capacités d'un CLC est un détecteur de phase. Un détecteur de phase peut servir à de nombreuses applications, y compris à la mesure de distances. Le principe est que lorsqu'une onde RF continue est transmise vers une cible, la distance à la cible est proportionnelle au déphasage entre les ondes transmises et reçues. Le CLC peut servir à mesurer la différence de phase entre deux signaux de même fréquence. Les ondes transmises et reçues servent d'entrées au CLC, et la différence de phase entre les deux signaux en sortie du CLC peut servir à calculer la distance entre la source et la cible.

Dans l'implémentation du détecteur de phase à base de CLC, la fonction logique AND-OR du CLC peut servir à mettre en oeuvre une fonction XOR, pour mesurer la magnitude de la différence de phase, et la fonction logique Flip-Flop D permet d'obtenir les données d'avance et de retard des signaux. En dehors des ondes rectangulaires, il est possible de mesurer le déphasage entre d'autres types de signaux analogiques, tels que des signaux sinusoïdaux. La Fig. 1 décrit la configuration d'un détecteur de phase à base de CLC.

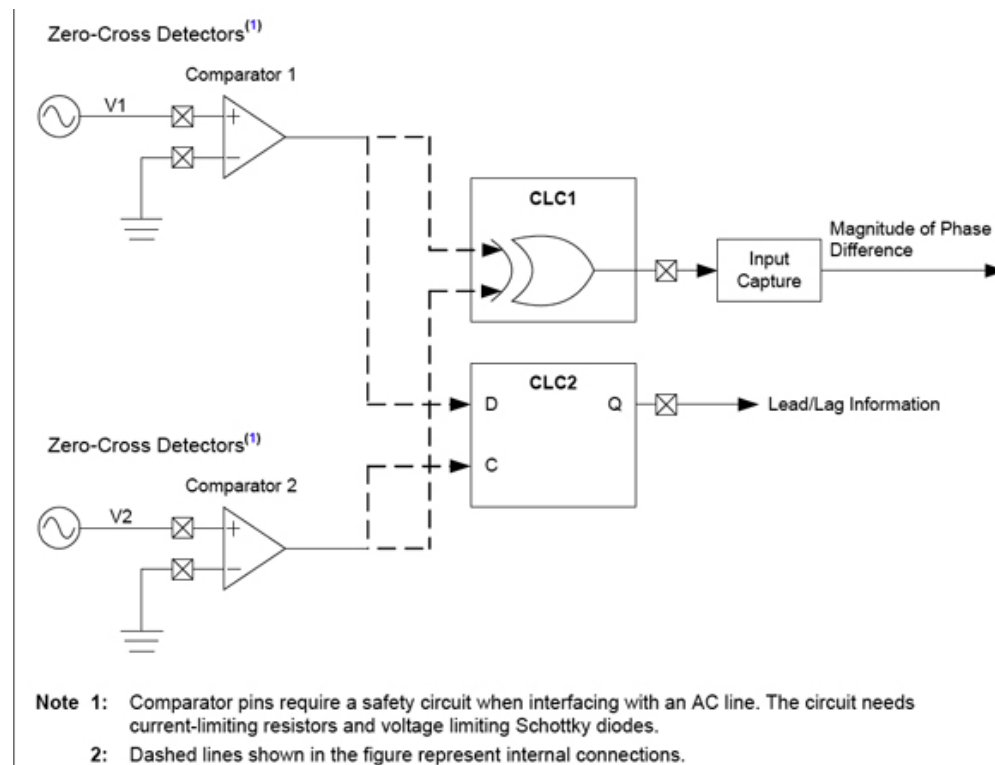


Fig. 1 : Détecteur de phase

Les signaux source, dont la différence de phase doit être mesurée, sont injectés en entrée de deux comparateurs, configurés en ZCD (Zero Cross Detector, ou détecteur de passage à zéro). Ces ZCD convertissent les signaux analogiques d'entrée en ondes rectangulaires de même fréquence. Si les signaux source sont des ondes rectangulaires, les ZCD ne sont pas nécessaires. Les ondes rectangulaires sont routées en interne comme les entrées de plusieurs modules CLC.

CLC1 et le périphérique de capture d'entrée (IC pour Input Capture, ou capture d'entrée) servent à déterminer la magnitude de la différence de phase. CLC1 est configuré en fonction logique AND-OR, dont dérive la fonctionnalité XOR. La sortie "XOR-ée" de CLC1 est connectée en externe, comme signal source de l'IC. La largeur d'impulsion de la sortie XOR-ée fournit la magnitude de la différence de phase entre les deux ondes, et elle est mesurée par l'IC. Si la sortie CLC1 ne produit aucun signal, c'est que les signaux source sont en phase.

Afin de déterminer l'avance et le retard de phase des deux ondes d'entrée, le CLC est configuré en mode Flip-Flop D, avec une onde rectangulaire servant d'entrée D, et l'autre servant d'horloge. La sortie Haut ou Bas de CLC2, détermine si l'entrée D est en avance ou en retard de phase par rapport à l'entrée horloge. Mesurer l'angle de phase entre deux signaux de même fréquence est utile pour de nombreuses applications, notamment le comptage, les systèmes de puissance numériques, les communications et les instruments médicaux.

Générateur de forme d'onde complémentaire

Une autre manière d'utiliser le CLC est d'en faire un générateur CWG (Complementary Waveform Generator, ou générateur de forme d'onde complémentaire). Le CWG produit une forme d'onde complémentaire dont la "bande morte" est contrôlée par la source d'entrée. Un délai de bande-morte est inséré entre deux signaux pour empêcher le courant "shoot-through" (courant

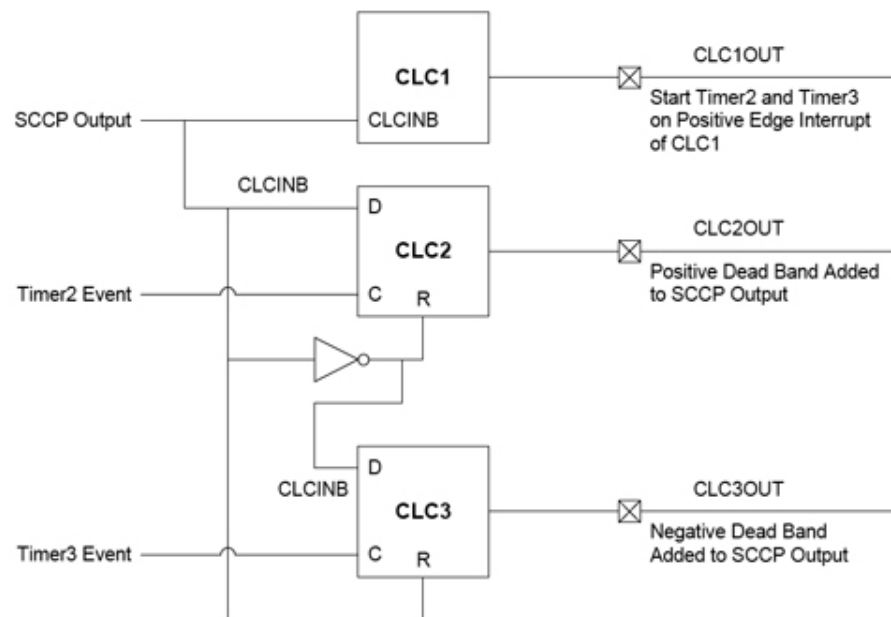
d'appel) dans certaines alimentations électriques.

Cette application illustre l'utilisation des capacités de détection et d'interruption de front du périphérique CLC, pour générer une forme d'onde complémentaire avec un module SCCP (Single Capture / Compare / PWM, ou capture-comparaison-PWM simple) comme source d'entrée.

Souvent, certaines applications, comme les commandes moteur, ont besoin de plusieurs générateurs de signaux complémentaires pour pouvoir fonctionner. Le module MCCP (Multiple Capture / Compare / PWM, ou capture-comparaison-PWM multiple) peut produire des formes d'onde complémentaires avec des signaux sans chevauchement, en contrôlant la bande morte en sortie. Cependant, si l'application a besoin de plus d'instances de MCCP que celles disponibles dans le dispositif, alors le SCCP, en association avec le CLC, peut être utilisé.

Les périphériques CLC et le SCCP peuvent servir à générer une forme d'onde complémentaire avec la bande morte nécessaire, car le SCCP tout seul ne peut pas produire de signaux sans chevauchement.

Une bande morte peut être ajoutée pour les deux sorties SCCP : celle calée sur front et celle calée sur centre. La Fig. 2 montre la configuration de CLC1, CLC2 et CLC3 pour contrôler la bande morte de la sortie SCCP en mode "calé sur front".



Note: Inverter operation shown in the figure is done using the CLC register bits.

Fig. 2 : Générateur de formes d'onde complémentaires en mode calé sur front avec CLC

Par exemple, un circuit "full-bridge" (pont complet) de commande moteur peut être piloté à l'aide d'un périphérique MCCP dont la sortie produit une forme d'onde complémentaire. Cependant, si plusieurs circuits "full-bridge" de commande moteur doivent être pilotés, et que le nombre de périphériques MCCP disponibles sur le dispositif est insuffisant, alors on peut utiliser un SCCP avec le CLC.

Surveillance de paramètres multiples

Souvent, certaines applications nécessitent la surveillance de différents paramètres, tels que température, pression et humidité, simultanément. Si ces paramètres viennent à franchir le seuil supérieur ou inférieur défini, une mesure corrective peut être déclenchée pour éviter tout dommage éventuel.

Plusieurs comparateurs sont disponibles pour servir d'entrées source au CLC. Dans un microcontrôleur, un comparateur ne peut servir qu'à surveiller un seul paramètre. Les sorties de plusieurs comparateurs peuvent être combinées grâce au CLC, pour surveiller plusieurs paramètres.-

Les mesures nécessaires peuvent être prises dès qu'un ou plusieurs paramètres surveillés dépasse une certaine limite. La Fig. 3 montre la configuration du CLC pour surveiller deux paramètres différents.

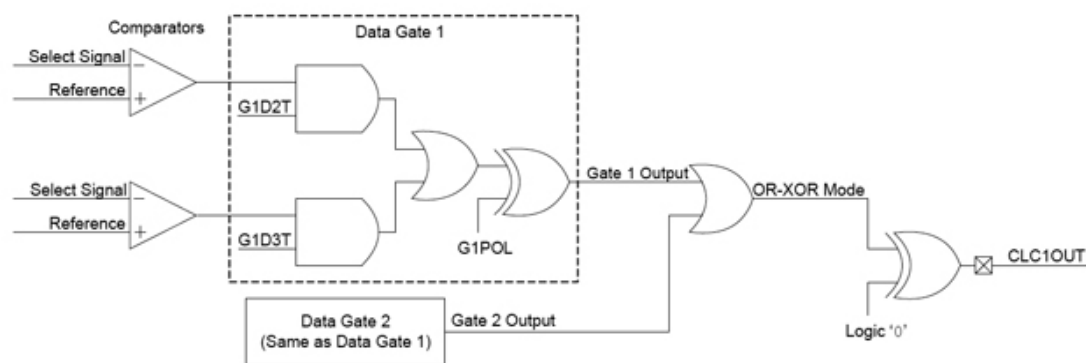


Fig. 3 : Surveillance de plusieurs paramètres à l'aide de CLC

Dans la pratique, cette application trouve une utilisation pour la surveillance de température et de pression dans une installation industrielle, pour que l'usine puisse être arrêtée si l'un ou l'autre des paramètres dépasse un seuil pré-établi. Cela peut aussi servir à mesurer des niveaux de tension au sein d'une UPS (Uninterruptible Power Supply, ou alimentation ininterrompue) hors-ligne.

Résumé

L'ajout d'une cellule logique configurable à l'ensemble de périphériques, permet aux utilisateurs d'intégrer certains circuits logiques embarqués à l'intérieur même du microcontrôleur PIC. Combiner les sorties de différents périphériques permet de renforcer les capacités des périphériques existants, et d'élargir ainsi l'horizon des applications que ces périphériques sont capables de gérer.

Etant donné que les fonctions logiques implémentées au niveau matériel ont un temps de réponse plus rapide que celles implémentées en logiciel, le CLC contribue à rendre le système plus rapide dans son ensemble. Il offre aussi un plus haut niveau d'intégration, sans recourir à des portes logiques externes, pour implémenter certaines fonctions logiques, ce qui réduit d'autant le nombre de composants nécessaires et donc la taille globale du circuit imprimé. Le CLC permet également de combiner plusieurs signaux d'entrée grâce à des portes logiques, afin de produire de nouveaux signaux différents.

Toutes ces entrées et sorties très souples, et toutes ces fonctions logiques, sont faciles à implémenter à l'aide d'un outil graphique, appelé MCC (MPLAB Code Configurator, ou configurateur de code MPLAB), qui génère du code C facile à lire pour votre application.

Ressources additionnelles :

1. Note d'application sur l'extension des capacités de MCU PIC à l'aide de CLC : <http://ww1.microchip.com/downloads/en/AppNotes/00002133a.pdf>