

Contrôle Moteur CC

MLI Logicielle

giamarchi@iut-nimes.fr

Pour faire varier la vitesse d'un moteur à courant continu, on utilise systématiquement un hacheur à transistor. La commande du transistor est un signal carré à rapport cyclique variable et à période fixe. La période est adaptée à la constante de temps du moteur et le rapport cyclique permet de faire varier la vitesse du moteur.

I. Introduction

Les moteurs à courant continu existent sous une grande variété de taille, de prix et de qualité. Les aimants permanents utilisés dans les moteurs CC permettent d'obtenir, maintenant, des modèles de très hautes performances. Pour contrôler ce type de moteur, il existe essentiellement deux méthodes. La première consiste à utiliser un amplificateur de puissance avec une tension proportionnelle à la vitesse désirée. Cette technique montre, à l'évidence, une perte considérable de puissance dans l'amplificateur. Ceci est inacceptable sur un robot mobile dont l'énergie est limitée.

La meilleure solution consiste à commuter le moteur avec un rapport cyclique adapté à la vitesse. Cette technique est aussi mieux adaptée aux moteurs de qualité moyenne que l'on trouve plus communément.

II. Principe

La modulation de largeur d'impulsion MLI (Pulse Width Modulation, PWM en anglais) est la technique employée pour réduire la puissance moyenne transmise à une charge comme un moteur.

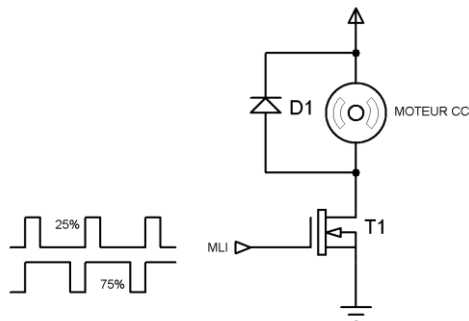


Figure 1 : les signaux de contrôle de la vitesse d'un moteur CC

Le moteur étant équivalent à un circuit LR, sa constante de temps L/R doit être plus grande que la période du signal qui lui est appliqué. Les constantes de temps des moteurs CC sont voisines de 1 ms environ, ce qui impose des fréquences de 1kHz minimum. L'inertie du moteur intègre les impulsions et le courant dans le moteur est quasiment constant. Pour éviter les vibrations de la carcasse du moteur aux fréquences audibles, on choisit souvent des fréquences supérieures à 20kHz. Cette technique autorise les démarrages à bas régime.

III. MLI analogique

Il existe différentes techniques pour obtenir cette modulation. Les plus simples sont entièrement analogiques et utilisent des amplificateurs opérationnels ou des circuits de type 555.

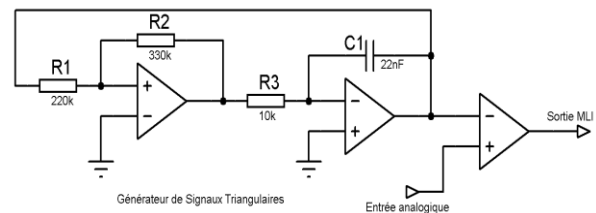


Figure 2 : schéma à ampli. op.

On peut, par exemple, transformer une commande de vitesse analogique en la comparant avec un triangle. Le résultat est un signal de type MLI dont la période est définie par le triangle et le rapport cyclique (rapport entre la largeur de l'impulsion et la période) est la durée pendant laquelle la commande est supérieure au triangle.

Une autre solution est d'utiliser un 555 en monostable déclenché par un autre qui définit la période ou encore d'utiliser des composants spécialisés pour l'alimentation à découpage.

Ces dernières solutions sont toujours d'actualité. Mais dès que l'application devient complexe, les microcontrôleurs sont incontournables et proposent de nouvelles solutions pour générer les signaux nécessaires. C'est plus précisément l'objet de cet article.

IV. Les microcontrôleurs

Les microcontrôleurs ont révolutionné le monde des composants électroniques et les applications qui s'y rapportent. C'est encore plus vrai en robotique mobile, où il faut réduire le nombre de composants en accroissant les capacités.

On a donc inventé des techniques de programmation pour générer des signaux de type MLI pour contrôler des moteurs de tous types et en particulier à courant continu.

Pratiquement toutes ces techniques utilisent une ressource interne importante qu'est l'interruption. On paramètre le microcontrôleur pour obtenir une interruption régulière du programme afin de traiter notre contrôle des moteurs. Cette dernière technique,

quoique convenable, n'est pas sans poser des problèmes dans certains cas.

V. MLI logicielle

Il existe plusieurs types de programmation pour obtenir le même résultat, mais chacune a ses avantages et ses inconvénients.

□ 1^{ère} méthode

La première consiste à modifier la ligne affectée au moteur à chaque interruption. La durée d'une interruption est calculée pendant celle-ci, en fonction du rapport cyclique souhaitée. Le problème apparaît pour les valeurs proches des valeurs limites 0% et 100%, car le temps passé dans l'interruption peut être supérieur à la durée du signal à appliquer au moteur. On considère que cette méthode permet de générer des signaux de rapport cyclique compris entre 10% et 90%.

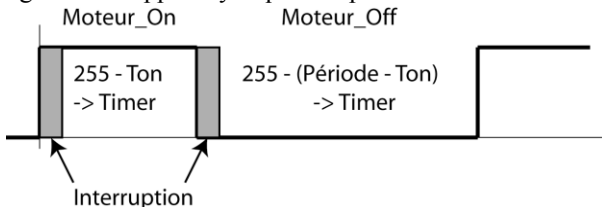


Figure 3 : Le signal change à chaque interruption

□ Routine MLI (méthode n°1) vitesse entre 10 et 90% à fréquence 2kHz

```

Btfsc Mot_pin      ; test si la ligne est à 0
Goto  MLI_bas
MLI_haut           ; génère le temps haut
Movf MLI_Vit,W    ; transfère la vitesse dans W
Sublw .255        ; 255 - W
Movwf TMR0       ; pour durée de l'état haut
Moteur_On        ; ligne moteur à 1
goto            MLI_fin
MLI_bas           ; génère le temps bas
Movf MLI_Vit,W    ; transfère la vitesse dans W
Addlw .5          ; 255 - (250 - W)
Movwf TMR0       ; pour durée de l'état bas
Moteur_Off       ; ligne moteur à 0
MLI_fin
  
```

Listing 1 : méthode n°1, en assembleur pour PIC

Ce dernier problème peut être résolu en restant dans l'interruption et en calculant l'autre partie du signal. Alors il devient possible de générer des signaux MLI de fréquences 20kHz maximum (quartz 20MHz) avec une précision de 0 à 100% en utilisant moins de 25% du temps. L'écriture de cette routine est longue et fastidieuse.

Cette première méthode montre déjà des limites d'utilisation. Dans beaucoup de cas, une précision sur 4 ou 6 bits est suffisante et permet d'augmenter la fréquence, critère plus intéressant.

□ 2^{ème} méthode

La deuxième méthode consiste à incrémenter un compteur à chaque interruption. Puis une variable contenant la vitesse est ajoutée à ce compteur. Si le résultat dépasse la capacité du compteur, le bit de retenue est positionnée et la ligne du moteur est mise à 1 et inversement. La période du signal est égale à la précision multipliée par la durée entre deux interruptions.

Une addition supplémentaire est nécessaire pour atteindre les 100%, voir listing.

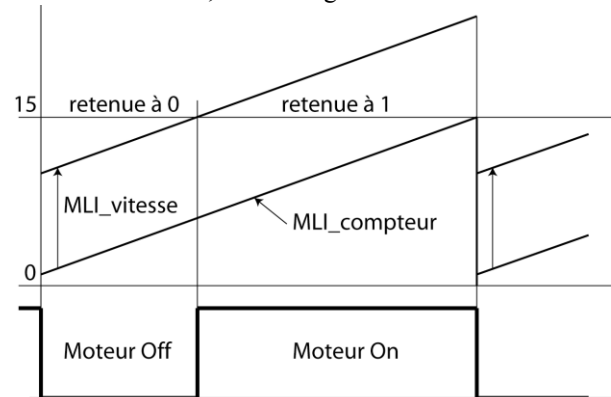


Figure 4 : Un compteur est incrémenté à chaque interruption

□ Routine MLI (méthode n°2) répétée toutes les 50µs

```

Movlw 0x10          ; précision sur 4 bits
Addwf MLI_compt,F  ; fréquence : 1,2kHz
Btfsc STATUS,Z     ; test si égale à 0
Addwf MLI_compt,F  ; addition suppl.
Movf  MLI_compt,W  ; transfère le compteur dans W
Addwf MLI_vitesse,W ; ajoute la variable vitesse
Btfsc STATUS,C     ; teste la retenue
Moteur_On          ; retenue à 1 → ligne moteur à 1
Btfss STATUS,C     ; teste à nouveau la retenue
Moteur_Off         ; retenue à 0 → ligne moteur à 0
  
```

Listing 2 : méthode n°2, en assembleur pour PIC

□ 3^{ème} méthode

Cette dernière méthode est peu employée. Pourtant elle n'est pas plus compliquée que la précédente et permet de générer des signaux de fréquence plus élevée.

A chaque interruption, on ajoute la valeur de la variable vitesse dans un compteur et on utilise la retenue pour activer le moteur. Cette technique appelée modulation de la fréquence des impulsions MFI (Pulse Frequency Modulation, PFM en anglais) permet de

multiplier par 5 au plus la fréquence du signal et d'augmenter la précision par rapport à la méthode précédente.

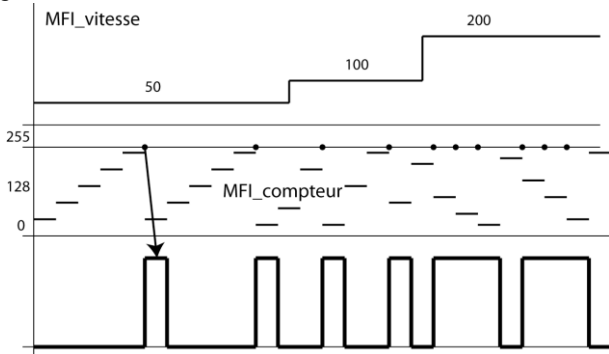


Figure 5 : La modulation de la fréquence des impulsions

❑ Routine MFI (méthode n°3) répétée toutes les 50µs

```

Movf  MFI_vitesse,W ; transfère la vitesse dans W
Addwf MFI_compt,F ; ajoute la vitesse au compteur
Btfsc STATUS,C ; teste la retenue
Moteur_On ; retenue à 1 → ligne moteur à 1
Btfss STATUS,C ; teste à nouveau la retenue
Moteur_Off ; retenue à 0 → ligne moteur à 0
    
```

Listing 3 : méthode n°3, en assembleur pour PIC

VI. MLI enfoui

L'évolution et la demande a fait que l'on trouve, maintenant des microcontrôleurs équipés, en interne, de structures pour générer des signaux MLI. Finie la programmation, il suffit de paramétrer, à l'initialisation, la période et la précision, et de changer le rapport cyclique à la volée, la synchronisation s'occupant de la mise à jour.

Ces microcontrôleurs ont simplifié la commande des moteurs en robotique. Le programmeur pouvant se concentrer sur le comportement de sa création.

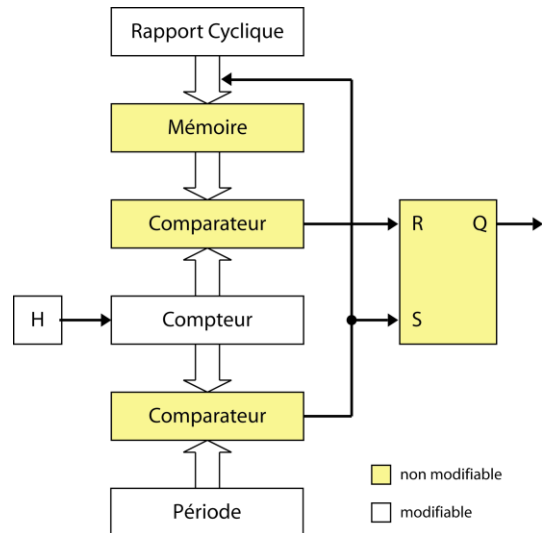


Figure 6 : Structure d'un générateur de signaux MLI pour microcontrôleur

VII. Conclusion

Malgré l'apparition de microcontrôleurs à MLI interne, il existe beaucoup de cas où cette ressource doit être utilisée pour autre chose que la commande de moteurs. C'est dans ces cas là qu'il peut être intéressant de connaître d'autres méthodes pour créer des signaux de ce type.

Références

[1] Contrôle d'un moteur CC par MLI : Electronique Pratique n°296 F. Giamarchi
 [2] Commande moteur CC01 F. Giamarchi