

# SA828/838 UNE FAMILLE DE CI NUMERIQUES GENERATEURS DE MLI COMMANDES PAR MICROPROCESSEUR

La commande des machines asynchrones en MLI se développe. MITEL propose un CI générateur de signaux MLI entièrement numérique, autonome, destiné à la commande des machines asynchrones et des alimentations.

## PRESENTATION

Plusieurs fabricants proposent depuis quelques années des circuits générateurs de signaux MLI analogiques. Ceux ci utilisent des potentiomètres pour la commande de paramètres tels que la vitesse, les rampes d'accélération et de décélération, la suppression des impulsions brèves et les temps morts. Cependant une demande est apparue sur le marché des variateurs de vitesse pour des unités de commande numériques avec entrée des paramètres par clavier et, souvent, avec la possibilité de communiquer avec un microprocesseur ou un microcontrôleur extérieur.

Dans ce but, MITEL a conçu un circuit intégré générateur de signaux MLI entièrement numérique qui possède une interface normalisée pour microprocesseur. Ce circuit permet d'obtenir une commande de moteur complète avec le minimum de matériel et de logiciel tout en offrant stabilité, précision et grande gamme de vitesse.

De plus, cette solution bon marché peut être configurée par logiciel pour être utilisée avec toute la gamme des interrupteurs de puissance (y compris les interrupteurs rapides permettant un fonctionnement silencieux).

## TECHNIQUES DE COMMANDE EN MLI

Le procédé de modulation de largeur d'impulsion utilisé est montré à la figure 1. Le signal de référence est comparé à un signal triangulaire de fréquence beaucoup plus élevée et d'amplitude légèrement plus grande (appelé porteuse). Les coïncidences entre la référence et la porteuse déterminent les instants de commutation des sorties MLI.

La tension des sorties MLI est amplifiée par un étage à interrupteurs de puissance (voir plus loin) avant de servir à alimenter la machine. Les inductances des enroulements de la machine vont filtrer les harmoniques de fréquence élevée de la tension, laissant passer un courant de la forme souhaitée c'est à dire  $\sin\omega t$ .

La famille SA8x8 utilise un procédé très proche de celui qui vient d'être décrit, mais qui diffère par l'échantillonnage de la référence (voir la figue 2). Etant donné que le circuit utilise une variante numérique du procédé pour augmenter la stabilité, la référence est échantillonnée à chaque maximum et minimum de la porteuse. Ceci est appelé : échantillonnage régulier à double front. Quoi qu'il en soit la comparaison des deux signaux est faite en analogique. Le SA828 possède trois voies identiques décalées de  $120^\circ$  pour fournir les signaux nécessaires à la commande d'une machine triphasée.

Le procédé décrit ci dessus est *asynchrone*. C'est à dire que la fréquence de la porteuse est indépendante et n'est donc pas nécessairement un multiple entier de celle de la référence (qui varie). Ceci permet un interfaçage facile avec l'électronique de puissance.

L'autre approche (MLI *synchrone*) fixe la porteuse à un multiple entier de la référence. Ceci implique que la fréquence de la porteuse varie avec celle de la référence ce qui rend l'interfaçage avec l'électronique de puissance difficile et dans certains cas impossible.

## DESCRIPTION FONCTIONNELLE

### Interface pour microprocesseur

Le synoptique de la figure 3 montre l'architecture interne du SA828. Le circuit est commandé par l'intermédiaire d'une interface industrielle normalisée 8 bits. La logique d'adressage est intégrée sur la puce ce qui évite d'avoir à mettre une «glu logique» entre le microprocesseur et le SA828. Le circuit possède également un «identificateur de bus» Novel qui adapte automatiquement l'interface au format des cycles machine Intel ou Motorola sans intervention de l'utilisateur. Ce dispositif est connu sous le nom d'«interface MOTEL». Les microprocesseurs des familles 80XX et 68XXX ainsi que les microcontrôleurs de types 8051 et 6805 peuvent être utilisés directement (voir note d'application AN4677).

Des lignes de *chip select* et de lecture/écriture sont présentes ainsi qu'une entrée de reset qui permet de revenir à un état défini à tout moment.

Tout le circuit, à l'exception de l'interface pour microprocesseur est synchronisé par une entrée d'horloge. L'horloge est en principe générée avec un quartz (de fréquence inférieure ou égale à 12,5MHz) pour assurer une bonne stabilité en température.

Il est à noter que l'interface pour microprocesseur est entièrement indépendante du circuit d'horloge ce qui permet au microprocesseur de charger tous les paramètres de façon asynchrone.

Le circuit contient une série de registres qui peuvent être écrit directement à travers l'interface. Ceux ci sont utilisés pour déterminer tous les aspects des sorties MLI, entre autre la fréquence de la porteuse, la suppression des impulsions brèves, la vitesse de rotation. Ceci permet d'économiser sur le nombre de composants et d'utiliser le même circuit pour divers types de moteurs, en modifiant simplement le logiciel.

### Fréquence de la porteuse

La fréquence de la porteuse dépend directement de l'horloge principale et du contenu des

registres d'initialisation. Des fréquences de porteuse allant jusqu'à 24kHz sont possibles pour permettre l'utilisation de la totalité des interrupteurs de puissance depuis les MOSFET ou IGBT (aux fréquences ultrasoniques) jusqu'aux transistors bipolaires aux fréquences basses. Si une gamme de fréquence différente est souhaitée, il suffit de changer le quartz.

## Sélection de la fréquence maximum du fondamental

La fréquence maximum du fondamental (c'est à dire la valeur maximum de la fréquence du fondamental de la tension de sortie) peut être choisie grâce aux registres d'initialisation. Elle est également une fonction de la fréquence de la porteuse. Il en résulte qu'une «échelle glissante» est obtenue permettant des fréquences de la référence allant de 0-1,95Hz à 0-4000Hz en fonction du choix de la fréquence de la porteuse. On obtient ainsi une grande souplesse dans le choix des fréquences. Il y a en fait 42 combinaisons de fréquence de porteuse et de fréquence maximum du fondamental. La fréquence maximum du fondamental sert aussi à limiter la vitesse maximum du moteur.

## Commande de la vitesse de rotation

La fréquence de la tension fournie par l'onduleur à commande MLI dépend d'un mot de 12 bits écrit directement dans le SA828 par le microcontrôleur. De plus, un bit de signe permet de changer l'ordre des phases (RYB pour l'ordre direct, RBY pour l'ordre inverse). Ceci, ajouté à la commande de la fréquence maximum du fondamental mentionnée plus haut permet d'obtenir une commande de vitesse allant de  $\pm 500\mu\text{Hz}$  à  $\pm 4000\text{Hz}$  sans modification du matériel pour 300 000 valeurs de vitesse.

Il est toujours possible d'imposer une fréquence nulle quelles que soient la fréquence de la porteuse et la fréquence maximum du fondamental, pour obtenir un freinage par injection de courant continu. Ceci est particulièrement utile dans les machines-outils où la broche doit être immobilisée rapidement.

## Forme d'onde de la référence

La forme d'onde désirée est contenue dans une ROM de 384 octets intégrée à la puce. Seuls les premiers  $90^\circ$  sont mis en mémoire, le reste de l'onde étant reconstitué par symétrie. Ceci limite la taille de la ROM et donc le prix du circuit intégré.

Deux formes d'onde sont disponibles :

1. Sinusoïdale pure. Utilisée pour des applications où la pureté de la tension de sortie est de grande importance ou pour une utilisation en monophasé : alimentations à découpage et alimentations sans interruption. La référence est SA8X82.

2. Sinusoïdale avec addition d'harmonique trois à une amplitude du sixième de celle du fondamental. Utilisée dans les commandes de moteurs. La référence est SA8X81.

On peut démontrer que, avec une référence sinusoïdale, la valeur efficace du fondamental de la tension de sortie est de seulement 78,54% de la valeur que l'on aurait avec un onduleur pleine onde. Ceci n'est évidemment pas satisfaisant et conduit à un déclassement du moteur.

Pour faire usage de la totalité de la tension d'alimentation il est nécessaire d'augmenter l'amplitude du fondamental de la tension de sortie.

Ceci est obtenu en ajoutant de l'harmonique trois dans la référence comme il est montré à la figure 5.

La figure 5a montre les deux composantes, la figure 5b montre la somme des deux. Le contenu harmonique de la tension n'est pas modifié du fait de la disparition de l'harmonique trois dans un système triphasé par contre l'amplitude du fondamental est augmentée de 15,5% comme il est montré en pointillé sur la figure 5b.

## Commande de l'amplitude

La majorité des applications de commande de moteur exige des caractéristiques  $V=f(F)$  du type de celles présentées à la figure 6.

Si le circuit est utilisé pour alimenter un moteur dont la charge est quelconque, une courbe telle que celle de la figure 6b est utilisée. Si la charge du moteur est de type parabolique (par ex : un ventilateur) une courbe telle que celle de la figure 6b permet d'économiser l'énergie aux basses vitesses.

Des mots de 8 bits sont écrits successivement dans le SA828 pour reproduire ces courbes ou tout aussi bien n'importe quelle fonction complexe  $V=f(F)$ . Habituellement ces courbes sont contenues dans une table en mémoire du microcontrôleur et l'amplitude sera modifiée à chaque fois que la fréquence le sera.

Si le circuit intégré est utilisé dans une alimentation à découpage, une alimentation sans interruption ou n'importe quelle application de type générateur de fonction l'amplitude sera définie une fois pour toute.

## Suppression des impulsions brèves / temps morts

La figure 7 montre le circuit de puissance classique utilisé dans un onduleur triphasé à commande MLI.

Il est essentiel lorsque l'on commande les interrupteurs d'un circuit tel que celui de la figure 7 de s'assurer, avant de mettre en conduction un interrupteur, que l'autre interrupteur du même bras est bien éteint. Si cette règle n'était pas respectée cela produirait un court-circuit aux bornes de l'alimentation continue au moment de la conduction simultanée des deux interrupteurs. Ceci se produirait inévitablement si l'on commandait simultanément les deux interrupteurs, à cause des durées non nulles de fermeture et d'ouverture de ceux-ci.

Pour éviter ce problème le SA828 permet d'introduire un «temps mort» pendant lequel les deux interrupteurs d'un bras sont fermés. Quand un temps suffisant s'est écoulé pour que l'on soit sûr que les deux interrupteurs sont bien fermés, un nouveau

changement d'état est autorisé. Le résultat final est que les commandes d'un même bras sont quasi-complémentaires plutôt que strictement complémentaires. La figure 8 montre le résultat de l'application de ce temps mort. La durée de ce temps mort peut être réglée en écrivant un octet dans le SA828. Cette durée est également fonction de la fréquence de la porteuse de façon à s'adapter à tous les types d'interrupteurs. La gamme de valeurs va de 1 à plus de 400 pour une fréquence d'horloge donnée.

Les pertes dans les interrupteurs dépendent largement du nombre de commutations que le composant doit assurer par unité de temps. De façon à minimiser ces pertes, le SA828 supprime toutes les impulsions de commande de durée inférieures à une valeur déterminée. Dans ce cas aucun changement d'état n'intervient et les pertes en commutation sont diminuées. Cette durée est généralement de l'ordre de grandeur du temps qu'il faut à l'interrupteur pour se fermer puis s'ouvrir. La figure 9 montre l'effet de la fonction de suppression des impulsions brèves.

La durée minimale d'une impulsion est réglée en écrivant un octet dans le SA828 de la même façon que pour la durée du temps mort.

### Autres caractéristiques

Le SA828 possède six sorties MLI correspondant aux interrupteurs du haut et du bas des trois phases. De plus le circuit possède une sortie qui fournit un front descendant pour indiquer le passage par 0° de chaque phase. Ceci peut être utilisé pour créer une boucle d'asservissement de vitesse.

Une autre caractéristique utile est la présence d'une entrée de défaut. Lorsque la broche SET TRIP est mise au niveau haut, toutes les sorties MLI sont bloquées instantanément sans intervention du logiciel. Un signal d'acquiescement TRIP est fourni.

### APPLICATIONS

La figure 10 montre une application typique du SA828 dans une commande de machine asynchrone. En règle générale un microcontrôleur avec ROM et RAM intégrée donnera un circuit avec le minimum de composants tout en ayant assez d'entrées-sorties pour s'interfacer directement avec le clavier, l'afficheur et le chien de garde.

Il est tout à fait possible de fabriquer un système fonctionnel avec seulement deux circuits intégrés : un microcontrôleur et un SA828. Ceci représente une économie considérable sur le matériel en comparaison des autres solutions.

Des systèmes semblables peuvent être développés pour fournir un démarrage progressif ou un freinage dynamique.

Il est à noter qu'une fois que les différents paramètres ont été écrits dans les registres du SA828 la séquence MLI commence et se poursuit sans aucune intervention du microcontrôleur, tant que, par exemple, la vitesse de rotation n'est pas modifiée. Ceci libère le microcontrôleur pour d'autres tâches telles que la

scrutation du clavier, la gestion de l'afficheur ou du chien de garde. En raison de la simplicité du logiciel, le temps et le coût de développement de celui-ci sont considérablement diminués.

Cette gamme de produit est accompagnée d'un ensemble très complet de documentation, d'outils de développement matériel et logiciel, y compris une carte d'évaluation qui contient le logiciel nécessaire pour évaluer le circuit dans un environnement de fréquence variable. La référence commande est PWMDEMO. De plus un support technique en ligne est disponible pour les utilisateurs actuels ou potentiels.

Le SA828 est disponible en quantités commerciales et est actuellement en usage dans de nombreuses commandes de machines asynchrones commercialisées dans le monde.

### PRODUITS SIMILAIRES

Une version monophasée du SA828 (sous le nom de SA838) est aussi disponible pour des applications telles que les alimentations à découpage ou sans interruption. Elle possède deux sorties MLI seulement ce qui lui permet d'être connectée à un étage de puissance en H.

De plus MITEL a en projet une famille de circuits MLI ne nécessitant pas de microcontrôleur pour des applications à faible coût dans le domaine de l'électroménager.