Défis et opportunités dans la conception de convertisseur d'énergie numérique

Dr. Michael Hallworth, XP Power

La conversion de puissance à contrôle numérique a connu une croissance rapide au cours des cinq dernières années, profitant des nombreux avantages qu'elle peut apporter dans un domaine traditionnellement analogique. L'adoption croissante du contrôle numérique a été soutenue par les fournisseurs de microcontrôleurs, avec l'arrivé de nombreux nouveaux produits ciblant spécifiquement ce marché.

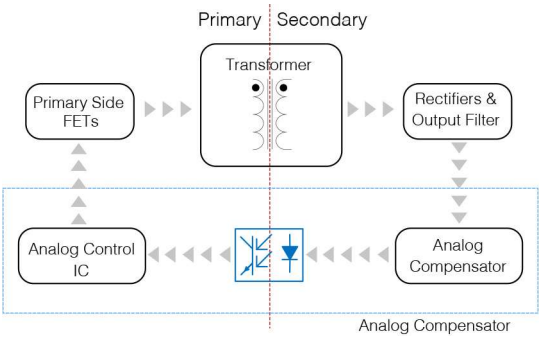


Figure 1: Une alimentation à commande analogique

Dans une alimentation électrique analogique traditionnelle, la commande est mise en œuvre en utilisant un circuit intégré de commande constitué d'amplificateurs opérationnels et de comparateurs associés à une série de condensateurs externes et de résistances sélectionnés avec soin pour former le réseau de compensation. Ce réseau de compensation est conçu pour fournir à l'alimentation la régulation souhaitée, la réponse sur charge transitoire et la stabilité en fréquence ou dans le domaine s. Le réseau de compensation est fixe et souvent limité par la bande passante de l'optocoupleur, dans la boucle de retour. Ceci est illustré à la figure 1.

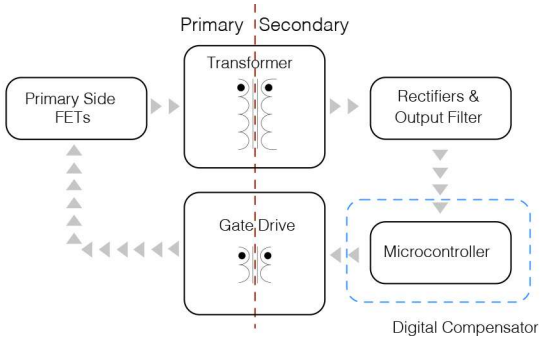


Figure 2: Une alimentation à commande numérique

Alimentation numérique désigne une boucle de régulation numérique qui régule et stabilise l'alimentation en remplaçant les circuits de commande analogiques qui ont traditionnellement été utilisés dans les alimentations à découpage. Dans l'alimentation numérique représentée sur la figure 2, le circuit intégré de commande analogique et son réseau de compensation analogique associé ont été remplacés par le microcontrôleur.

Le microcontrôleur est utilisé pour fermer la boucle de retour de l'alimentation. Dans une alimentation à commande numérique typique, un module de conversion analogique-numérique (ADC) intégré au microcontrôleur échantillonne la tension ou le courant de sortie et le compare à une valeur de référence, le résultat étant un terme d'erreur. Ce terme d'erreur est utilisé comme entrée pour le contrôleur à temps discret. Ce contrôleur à temps discret est exécuté à des intervalles exacts, prédéfinis, chaque fois qu'un nouvel échantillon ADC est disponible.

Tout comme les compensateurs analogiques dans le domaine s, le contrôleur à temps discret a une réponse en fréquence dans le temps ou le domaine z. Les coefficients du régulateur déterminent la réponse en fréquence et la stabilité de l'alimentation électrique et doivent être calculés analytiquement pour stabiliser l'alimentation.

Les microcontrôleurs ont été utilisés dans le domaine de l'alimentation électrique pendant de nombreuses années aux fins de la mise en œuvre de fonctionnalités de base telles que les interfaces série et le contrôle de la vitesse des ventilateurs, en utilisant des microcontrôleurs relativement simples et peu coûteux. Auparavant, le contrôle numérique intégral était plus répandu sur le marché des serveurs et des télécoms, et moins répandu dans les marchés industriels et médicaux.

Le principal facteur d'interdiction du passage au contrôle numérique a été la combinaison du coût et de la complexité associée à la conversion numérique. Le coût d'un microcontrôleur moderne avec la fonctionnalité DSP nécessaire pour mettre en œuvre un contrôle numérique complet a considérablement diminué ces

dernières années, mais la complexité reste un problème, découlant de la nécessité d'une approche mixte pour concevoir l'alimentation, où les ingénieurs doivent combiner leur compétence à concevoir une alimentation à découpage, avec la capacité d'écrire du code efficace et de stabiliser la boucle de contrôle à temps discret.

Le développement d'un firmware robuste et efficace pour une alimentation peut prendre beaucoup de temps en fonction de la complexité de la conception. La vérification, les essais et la documentation requis pour diverses approbations de sécurité nécessitent des ressources substantielles pour développer une alimentation numérique robuste et fiable. Bien sûr, une fois l'investissement initial effectué, l'un des avantages de l'alimentation numérique est la possibilité de réutiliser le firmware pour de nombreux produits différents. Le changement de firmware pour des produits avec des tensions de sortie différentes au sein d'une même série peut être aussi simple que de changer les coefficients du contrôleur.

La boucle de contrôle numérique présente de nombreux avantages par rapport à sa contrepartie analogique. Elle est insensible à l'environnement, à la température, au vieillissement et aux tolérances des composants de la boucle de régulation. Elle permet au système de surveiller les performances de l'alimentation en temps réel et d'ajuster les paramètres pour ajuster les performances selon les besoins. De plus, les techniques avancées de contrôle à temps discret, nous permettent d'obtenir des performances supérieures à celles des compensateurs analogiques, récupérant des transitoires en quelques périodes de commutation, ce qui est particulièrement intéressant sur le marché des convertisseurs Point Of Load (POL) de puissance numérique.

La demande sans cesse croissante pour des convertisseurs de puissance à haut rendement est un domaine clé où l'énergie numérique offre des solutions au-delà de la capacité des schémas de contrôle analogiques typiques. Cela peut impliquer d'ajuster le fonctionnement de l'alimentation pour obtenir une commutation avec une tension ou un courant nul - réduisant les pertes et augmentant l'efficacité.

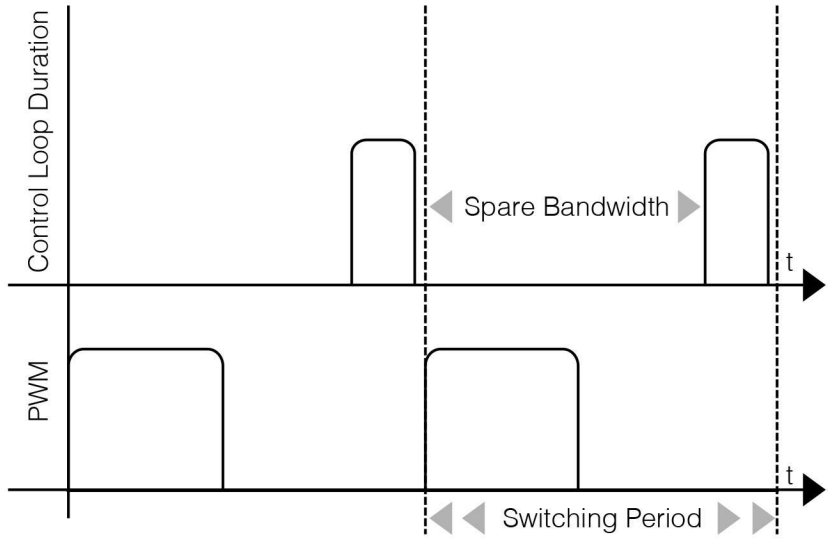


Figure 3: Durée typique d'une boucle de contrôle par rapport à la période de commutation PWM

Les derniers microcontrôleurs pour les applications numérique de puissance contiennent une fonctionnalité DSP qui permet à la boucle de contrôle numérique de s'exécuter en une fraction d'une seule période de commutation PWM. La figure 3 montre la période de commutation PWM d'une alimentation numérique typique. Dans cet exemple simple, la tension de sortie est échantillonnée une fois par cycle de commutation. Un temps de conversion ADC de quelques centaines de nanosecondes est typique pour un microcontrôleur conçu pour les applications d'alimentation numérique. Après la conversion ADC, la routine de service d'interruption est appelée pour exécuter le contrôleur de temps discret. C'est une routine temporelle critique.

Comme le montre la Figure 3, pour cet exemple, le temps que le MCU ne passe pas à exécuter le contrôleur est une bande passante disponible. Cette bande passante disponible peut être utilisée pour effectuer d'autres tâches ou fonctions spécifiques à une application. Toutes les tâches de faible priorité sont exécutées dans une boucle lente et seront interrompues chaque fois que les tâches de haute priorité se produisent, telles que l'interruption ADC pour exécuter le code de boucle de contrôle.

Compte tenu de la flexibilité qu'un microcontrôleur ajoute à la conception, la conversion de puissance à contrôle numérique se prête bien aux applications d'alimentation standard ou modifiées, où le produit standard peut ne pas satisfaire tous les aspects des exigences du client. Il peut y avoir des exigences de communication spécifiques telles que le contrôle de l'alimentation par USB, I2C ou EtherCAT. Le client peut exiger que la tension de sortie ou les limites de courant soient ajustées ou nécessitent une surveillance en temps réel, un séquencement du rail d'alimentation ou un partage de courant précis entre les modules de sortie. Les exigences spécifiques aux applications qui peuvent nécessiter des modifications matérielles traditionnelles peuvent souvent être implémentées dans le firmware. Pour sûr, le microcontrôleur à haute performance utilisé dans une alimentation numérique sera plus coûteux que le circuit intégré analogique qu'il remplace. Cependant, le contrôleur numérique ouvre la possibilité d'implémenter d'autres fonctionnalités dans le MCU plutôt que d'utiliser des composants discrets. Cela peut conduire à une réduction du nombre de composants et à des solutions plus compactes, en particulier pour les conceptions présentant des exigences de signal complexes ou des rails d'alimentation multiples pouvant être contrôlés à l'aide d'un seul microcontrôleur. Le résultat peut être une solution globale plus rentable. Bien sûr, pour certaines exigences complexes, le numérique peut être la seule solution réaliste.

XP Power possède les connaissances et la capacité nécessaires pour mettre en œuvre des solutions d'alimentation complexes en utilisant la diversité de notre gamme de produits standard. Avec une MCU au cœur de l'alimentation électrique, les possibilités de solutions d'alimentation spécifiques à l'application sont étendues. Compte tenu des nombreux avantages que présente l'énergie numérique, nous sommes convaincus d’une présence toujours croissante de l'énergie numérique au cours des prochaines années.