

ECLAIRAGE

Le contrôleur de ballast se dote d'un cœur Risc pour des lampes efficaces

La commande des lampes fluorescentes bénéficie d'un microcontrôleur depuis quelques années pour des besoins de logistique et de gestion de l'énergie. En dotant ses derniers circuits d'un cœur AVR 8/16 bits, Atmel offre aux éclairages les fonctions de communication et de contrôle de la luminosité.

A l'opposé des lampes à incandescence qui convertissent pratiquement 90% de l'énergie consommée en chaleur, les lampes fluorescentes (LFL dans le cas de tubes linéaires) sont bien plus efficaces pour convertir l'énergie électrique en énergie lumineuse. Alors que les premières utilisent un filament résistif porté à incandescence, les secondes exploitent un arc électrique qui parcourt la lampe entre deux électrodes placées aux extrémités. Cet arc est conduit par un mélange de vapeur de mercure et gaz rares (néon, krypton ou argon) enfermés dans un tube muni d'un revêtement phosphoré. Le gaz excité réagit par émission photoélectrique, principalement dans l'ultraviolet. Le phosphore réagit à son tour pour réémettre une lumière visible.

Le démarrage de ce type d'éclairage implique la création d'un arc électrique dans un gaz plus ou moins froid au sein d'un tube de plus ou moins grande longueur. Il y a donc une forte résistance initiale à surmonter au moyen de l'une des trois techniques suivantes. La pre-

mière repose sur l'ionisation du gaz par application d'un potentiel électrique élevé; la seconde sur une haute tension appliquée aux électrodes; et la plus simple sur un préchauffage à l'aide de filaments. Chaque lampe est conçue pour une technique particulière, selon la rapidité recherchée pour l'opération. Dans tous les cas, l'excitation provoque l'échauffement du gaz et favorise la conduction du courant, ce qui confère à ces tubes fluorescents une caractéristique à résistance

négative. Il faut donc un dispositif de limitation du courant; le plus basique étant une inductance ballast dimensionnée pour la tension et la fréquence d'utilisation. Le ballast électromagnétique est donc spécifique à un réseau électrique et à un type de tube. Il doit respecter la technique de démarrage, être adapté à la taille du tube qui conditionne la puissance électrique consommée, et bien sûr câblé pour une disposition et un nombre de tubes appropriés.

Optimiser la consommation

Les systèmes ballast ont peu à peu bénéficié des techniques de conversion d'énergie à découpage et intégré non seulement la fonction de démarrage, mais aussi un étage de correction de facteur de puissance, nécessaire pour que le découpage à haute fréquence ne perturbe pas le réseau électrique. Il est en effet devenu

possible de commander les tubes grâce à un inverseur en demi-pont à fréquence variable, à partir d'une tension redressée, indépendamment de la tension et de la fréquence du réseau, et de gagner ainsi environ 10% d'efficacité.

Plus récemment, l'intégration de microcontrôleurs dans les circuits de commande de ballast a initié l'ère des ballasts programmables, encore plus souples, et permis d'imaginer de nouvelles applications telles que la gestion d'éclairage en réseau, la commande de luminosité automatique, la gestion des stocks, et même l'optimisation du contraste pour la vidéoprojection, dans le cas de lampes à décharge à haute intensité (HID). Ces dernières, également utilisées dans l'automobile ou pour l'éclairage urbain, bénéficieront d'une commande d'intensité lumineuse ajustable automatiquement vers un niveau de veille minimal, car elles sont particulièrement réfractaires au

rallumage à chaud.

Pour l'utilisateur final, outre les fonctions de commande, l'intérêt se situe bien sûr au niveau de la consommation d'énergie. Un ballast plus efficace, doté d'un bon facteur de puissance et d'une certaine intelligence, permettra à une lampe de moins consommer sur une durée de vie accrue. La détection d'un défaut également permise par un contrôle intelligent n'a rien de superflu: certaines lam-



De l'éclairage urbain à la projection vidéo, les ballasts deviennent programmables.

pes peuvent voir leur consommation augmentée dans le cas d'un ballast qui s'évertue à tenter de démarrer un tube absent ou défectueux.

Un intérêt logistique

Atmel propose depuis peu deux catégories de microcontrôleurs particulièrement adaptés aux applications ballast. La première a été développée pour les besoins d'un fabricant de lampes fluorescentes qui en avait gardé jusqu'alors l'usage exclusif. Basé sur un cœur 80C51, le circuit référencé AT83EB5114 servira aux ballasts électroniques n'offrant pas de fonction d'atténuation. Doté d'une Eeprom série de 256 octets empilée sur la puce, ce composant pourra stocker les paramètres d'utilisation de différents tubes et s'adapter au type détecté. La gestion des stocks est alors nettement simplifiée pour le fabricant puisqu'un seul modèle de ballast convient à de nombreuses références de tubes.

Ce circuit dispose de quatre canaux PWM afin d'assurer le contrôle du facteur de puissance et du circuit ballast. La précision de la commande est assurée par une résolution élevée des blocs de modulation de largeur d'impulsion (16 bits). En plus d'un amplificateur pour conditionner une tension shunt, image du courant dans les tubes, il intègre six canaux de conversion analogique-numérique 10 bits. Un triple système d'horloge est également prévu : un oscillateur pour résonateur à quartz ou céramique 24MHz, ou bien deux oscillateurs pour un réseau RC externe, l'un étant optimisé pour la précision, l'autre pour la faible consommation. La solution RC sera préférée pour des raisons de coût mais elle sacrifie la performance de l'ensemble en limitant la fréquence d'opération à 12 MHz. Le cœur 80C51 n'étant pas vraiment monocycle, la performance plane à 2 Mips à une telle fréquence.

Le circuit possède trois modes d'activité réduite pour gérer la consommation d'énergie. Un premier mode d'oisiveté interrompt le fonctionnement du cœur mais garde ses périphériques actifs ; une veille plus profonde ne conserve que l'activité de la conversion A/N. Lorsqu'il est

complètement mis hors circuit, le microcontrôleur sauvegarde le contenu de sa Ram et toutes les fonctions sont désactivées.

Ce composant étant destiné aux applications faible coût à forts volumes, il est doté de 4 Ko de Rom masquée ; un équivalent flash est également disponible pour des besoins de développement (AT89EB5114). Alimentés entre 3 V et 3,6 V, ces circuits en

technologie 0,35 μm sont qualifiés sur la gamme de température industrielle et disponibles en boîtier SO20 ou SO24.

Un contrôle de luminosité variable

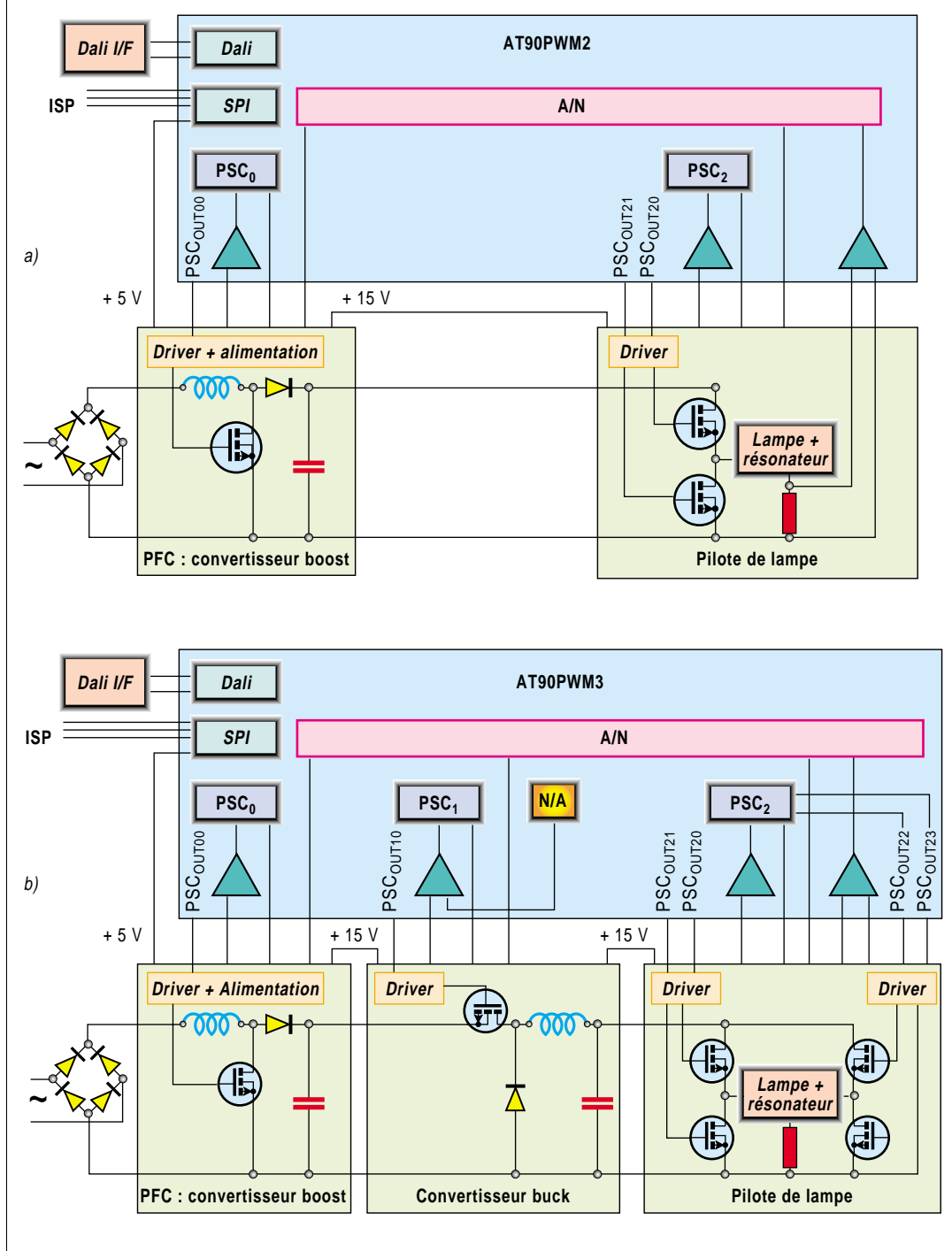
Pour passer à la performance supérieure et offrir les fonctions de contrôle de luminosité et héberger les protocoles pour un bus de communication, Atmel est

passé à la puissance supérieure en utilisant son cœur Mega AVR. Cette architecture Risc 8/16 bits quasiment monocycle offrira en effet une vitesse d'exécution de 16 Mips sans cristal externe. Les circuits de la famille AT90PWMx ont par ailleurs été enrichis en matière de canaux PWM afin de générer des commandes plus sophistiquées, notamment pour les lampes HID qui apprécieront

Des applications plus ou moins évoluées

FIGURE

Selon le type de lampe et la finesse de la commande requise, les étages de conversion d'énergie pourront exploiter 6 à 10 canaux PWM. Le schéma de principe en b à base d'AT90PWM3 conviendra notamment aux lampes HID.



un étage abaisseur en aval du bloc PFC ainsi qu'une commande de type « full bridge » (figure). Le fabricant n'a pas hésité non plus à étendre la gamme de fonctionnement en température.

Un modulateur d'impulsions amélioré

En réponse aux expériences rapportées sur les ballasts à microcontrôleur, Atmel a amélioré le modulateur de largeur d'impulsions pour les applications d'éclairage. Identifié par le sigle PSC (Power stage controller) ou bien caractérisé PWM 12 bits, ce bloc offre deux sorties complémentaires avec temps mort programmable. Sa principale qualité est d'offrir un mode de modulation amélioré permettant d'obtenir une résolution moyenne élevée, tout en conservant une cadence de compteur raisonnable.

Les applications envisagées impliquent en effet des fréquences de découpage relativement importantes, allant de 50 à 100 kHz. La résolution de 16 bits

offerte sur les blocs standard n'est alors en pratique jamais utilisée, et une résolution de 12 bits implique déjà une base de temps très rapide. Le mode d'amélioration de résolution permet au bloc PSC d'étaler un pas de résolution sur 16 cycles, faisant gagner 4 bits sur la résolution moyenne.

Le pas de la modulation est alors inférieur à 25 Hz pour une fréquence de découpage de 150 kHz asservie par une PLL embarquée fournissant une base de temps de 64 MHz. C'est aussi l'intégration de cette boucle à verrouillage de phase qui permet au cœur de fonctionner sous 16 MHz, à partir d'un simple oscillateur RC à 8 MHz lui permettant de développer sa puissance de calcul de 1 Mips par MHz.

Le bloc PSC dispose également d'une entrée de contrôle, issue de l'un des comparateurs analogiques synchrones (8 MHz), pour une prise en compte rapide des dépassements d'intensité. Il est aussi prévu pour synchroniser l'acquisition analogique-numérique (8 ou 11 canaux sur 10 bits

en 8 μ s). Ce bloc d'acquisition bénéficiera de l'association d'un ou deux amplificateurs à condensateurs commutés. Le convertisseur numérique-analogique 10 bits proposé sur le circuit AT90PWM3 permettra de fixer un seuil de comparaison. Certains l'utiliseront aussi lors du débogage, pour superviser des valeurs numériques à l'aide d'un signal analogique. En effet, sur ce type de système, il n'est pas toujours possible de fixer un point d'arrêt et les fonctions de débogage existantes ne permettent pas tout.

Pour héberger un logiciel de contrôle évolué, le programmeur disposera de 8 Ko de mémoire flash, 512 octets de Eeprom et autant de Ram. Les deux circuits AT90PWM2 et AT90PWM3 intègrent en outre une Uart bimode pour les fonctions de communication. En plus de l'application standard, cette interface dispose d'un mode biphasé pour l'utilisation sur un bus Dali. Elle gère ainsi l'encodage et le décodage Manchester, les trames de don-

nées 16 ou 17 bits et la fonction d'autosynchronisation propres à ce protocole. Supportée par ces aides matérielles, une fonctionnalité Dali complète nécessitera moins de 4 Ko de code.

Réalisé dans un procédé 0,35 μ m différent des circuits précédents, les trois microcontrôleurs à base d'AVR seront alimentés sous une plage plus étendue, allant de 2,7 à 5,5 V. L'alimentation du microcontrôleur est une fonction relativement critique pour le démarrage correct du système. Atmel propose un design de référence, mis au point avec Ixys qui fournira les semiconducteurs de puissance recommandés. Le ballast est conçu pour faire fonctionner deux tubes fluorescents linéaires 39W à partir d'une entrée universelle 90-265 VAC 50/60 Hz ou 90-250 VDC. Il assure le fonctionnement correct en présence d'un seul tube et le contrôle de l'atténuation par un protocole de type Dali, Swiss ou signal 0-10 V, détecté automatiquement.

JEAN-FLORENT HELIE
(JOURNALISTE)