

10 problèmes liés au pilotage de LED résolus par le microcontrôleur PIC12HV752

Cet article dresse une liste de 10 bonnes raisons d'apprécier ce microcontrôleur 8 bits, petit et économique. Les ingénieurs en électromécanique embarquée vont l'adorer ! L'article présente chaque point comme une solution à un problème bien spécifique auquel ne manque pas d'être confronté, un jour ou l'autre, tout développeur de pilote LED expérimenté et conscient des contraintes budgétaires.



Le PIC12HV752 est un petit microcontrôleur économique à signal mixte, conçu spécialement pour combler les développeurs de systèmes d'éclairage par LED. Car ce type d'ingénieur recherche sans cesse des solutions nouvelles et innovantes d'éclairage à semi-conducteurs (SSL, *Solid State Lighting*) en vue d'une meilleure efficacité énergétique. Les développeurs d'éclairage par LED veulent aussi, en « ajoutant de l'intelligence à l'éclairage », que leur entreprise se démarque de la concurrence. Quelle que soit la manière choisie pour parvenir à leurs fins (offrir des fonctionnalités de communication, une détection avancée, des entrées tactiles ou bien simplement davantage de flexibilité), un « cerveau » doit dorénavant absolument être présent, sous forme d'un petit microcontrôleur à base de mémoire Flash. Malheureusement (ou bien devrait-on dire « heureusement » ?), puisque ces applications ont la capacité potentielle d'être produites à très grande échelle, l'accent est toujours mis sur le coût total de la solution, ainsi que sur sa taille, la plupart du temps.

Aussi, ne soyez pas surpris si toutes les fonctionnalités ciblées dans les 10 points ci-dessous finissent par se traduire par une réduction significative des coûts ET de la taille du système en général.

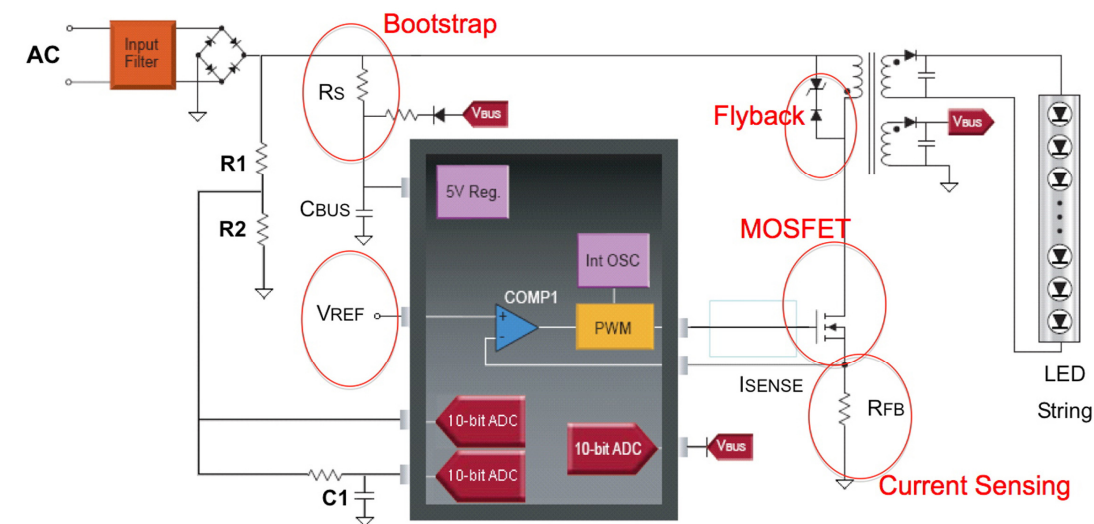
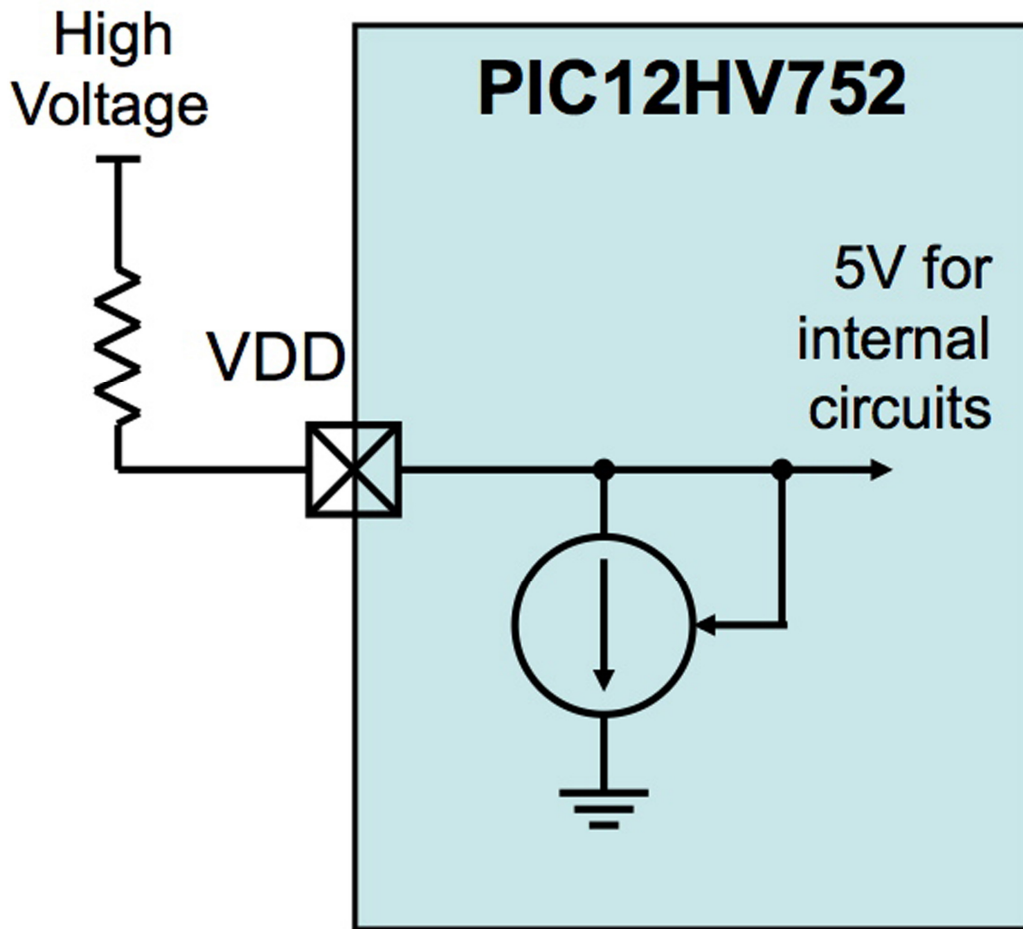


Image 2 – Flyback éteint

●1. Alimentation haute tension à courant continu

Ce qui vient tout de suite à l'esprit, quand on veut ajouter un microcontrôleur à ce qui autrement serait un simple circuit convertisseur DC-DC (analogique), c'est que, comme chacun sait, les microcontrôleurs sont assez capricieux concernant leur propre alimentation. Vous serez donc heureux d'apprendre qu'avec le PIC12HV752, vous n'aurez pas besoin de prévoir de rail 5 V bien régulé. Les lettres « HV » de la référence de ce composant indiquent en fait qu'il inclut un régulateur de shunt intégré. Vous n'aurez donc qu'à placer une seule résistance en série et à la connecter directement à une source d'alimentation haute tension. Le shunt (qui fonctionne comme une diode Zener) se charge d'ajuster la quantité de courant absorbée, en fonction des besoins, pour permettre une chute de tension sur la résistance suffisante pour garantir que pas plus de 5 V (+/- 10 %) ne soient présents sur ses bornes (V_{dd}-GND). Il existe une valeur minimum de courant requise pour produire une alimentation proprement régulée : 1 mA suffit, sur toute la plage de température comprise entre -40 et +85 °C. Dans le cas contraire, il suffit d'appliquer la loi d'Ohm pour déterminer la plus petite résistance nécessaire, ainsi que sa puissance.

Pour s'assurer qu'aucun autre composant externe ne soit requis, le PIC12HV752 intègre un circuit Power-On Reset (POR) de réinitialisation à la mise sous tension et un circuit de détection des microcoupures (BOR) garantissant un fonctionnement sûr lors des fluctuations de l'alimentation.



●2. Surveillance de la tension d'alimentation

Outre la réinitialisation et les conditions variables de l'alimentation, il existe de nombreuses autres raisons pour vouloir une référence de tension absolue. C'est pourquoi le PIC12HV752 intègre une référence de tension fixe (FVR pour *Fixed Voltage Reference*) avec une sortie nominale de 1,2 V pouvant être alimentée directement, sans avoir besoin de connexion externe, via un canal d'entrée de convertisseur analogique-numérique (CAN) 10 bits, et/ou via une entrée de comparateur analogique. De cette manière, le microcontrôleur peut comparer sa tension V_{dd} à une tension absolue, ce qui se révèle très utile en cas d'alimentation par batterie, pour détecter des conditions d'alimentation faibles, ou sur une application à topologie flyback, pour aider à réguler la sortie de tension d'une alimentation secondaire conçue pour soulager le régulateur de shunt (voir point 1), après une brève séquence d'amorce. Ce dernier cas permet d'améliorer l'efficacité générale du circuit pour un coût de calcul informatique somme toute très modeste.

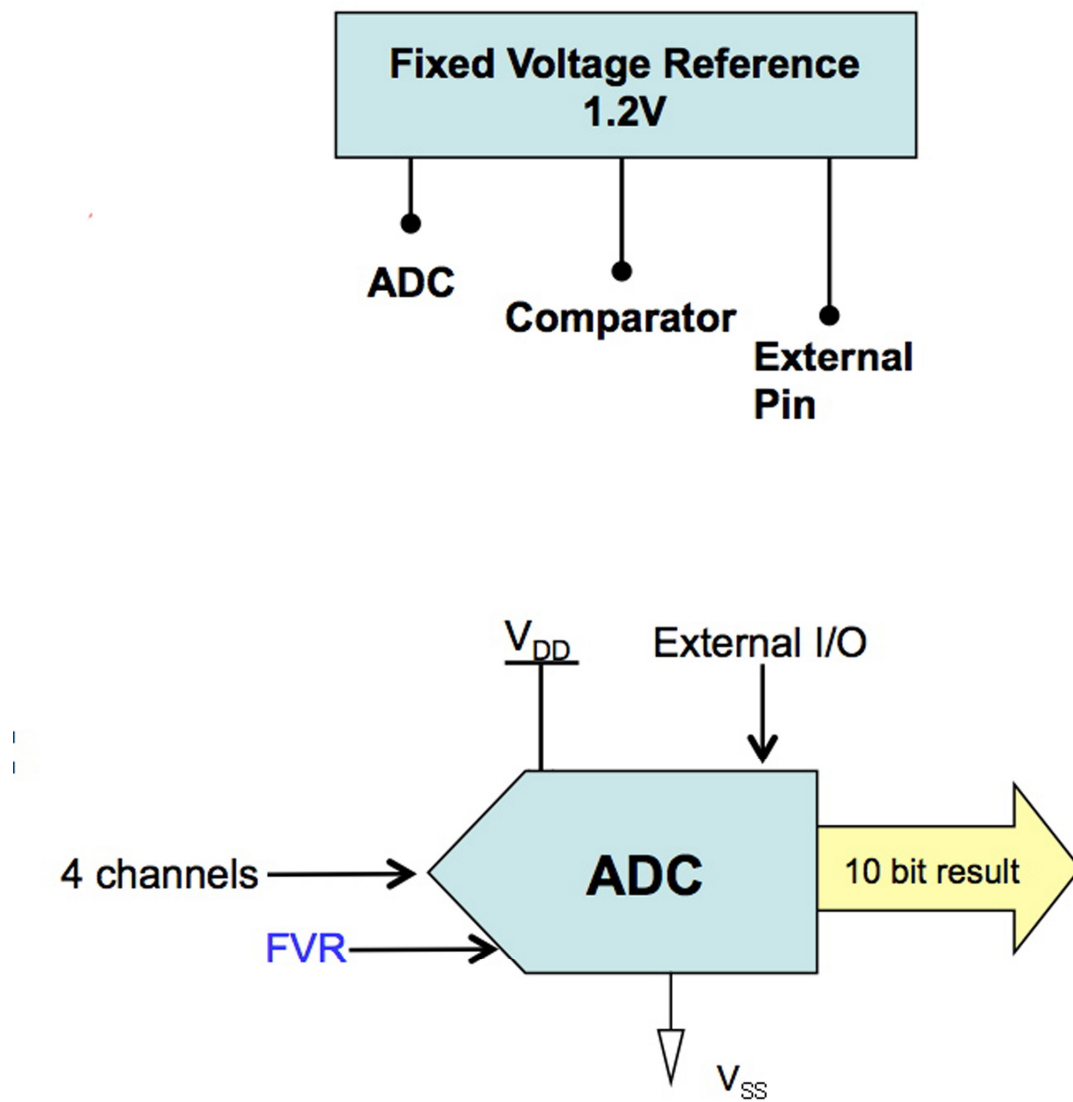


Figure 2a - Surveillance de la tension d'alimentation

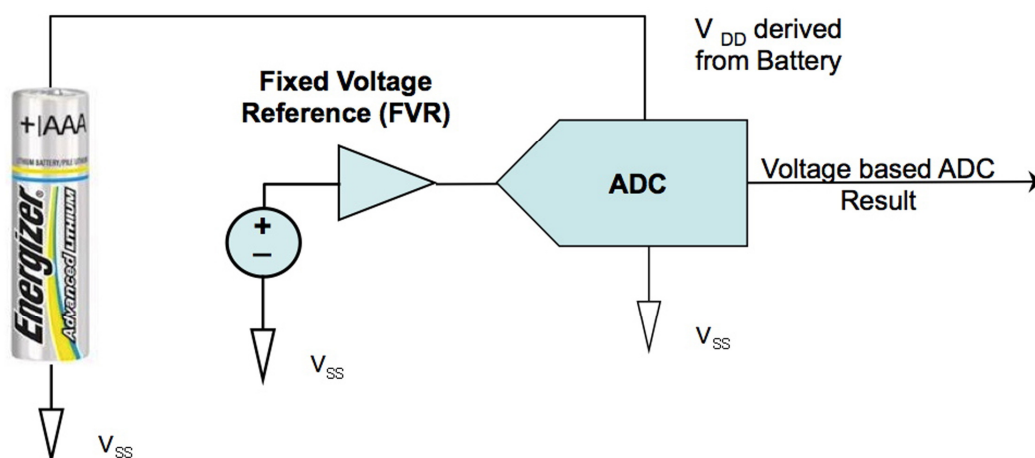


Figure 2b - Surveillance de la tension de la batterie

●3. Fonctionnement à (plus) haute fréquence

Le module comparateur analogique intégré au PIC12HV752 n'est pas le genre de composant qu'on s'attend à trouver dans n'importe quel microcontrôleur. Ce module comparateur-ci affiche un temps de réponse inférieur à 30 ns, ce qui est tout indiqué pour contrôler le courant de crête via votre convertisseur buck, fonctionnant à une cadence maximale de 500 kHz. La plupart des convertisseurs DC-DC économiques s'arrêtent bien en deçà de cette limite pour fonctionner normalement entre 150 et 250 KHz, pour un bon compromis entre le coût et la taille.

Certains développeurs trouveront intéressante la possibilité de basculer le comparateur sur un mode d'alimentation (plus) bas, permettant de diminuer la consommation pour gagner en vitesse du temps de réponse. Car, en portant celui-ci à quelques 200 ns, le mode faible puissance offre une réduction significative de la consommation électrique du module. C'est une option intéressante si le comparateur sert de détecteur de seuil de tension uniquement sur des applications alternatives, qui peuvent être alimentées par batteries.

Figure 3 - Fonctionnement à (plus) haute fréquence

●4. Réduction des pertes de détection

Conçu pour être utilisé avec les comparateurs, dans une topologie de convertisseur typique buck ou flyback, le PIC12HV752 est doté d'un module CNA 5 bits « à gamme limitée », avec toutes les connexions internes nécessaires pour fonctionner comme détecteur de courant de crête dans le circuit résonnant. Sans doute pensez-vous que 5 bits ne seront suffisants que pour les applications de régulation les plus rudimentaires, alors lisez les explications suivantes sur le fonctionnement réel du module ! Pour des raisons d'efficacité, vous détectez le courant (de crête) en appliquant la résistance série la plus faible possible à la charge (la chaîne de LED). Pour être réaliste, vous recherchez une valeur résistive retournant quelques centaines de mV (300). Avec une valeur plus grande, c'est une perte d'énergie ; avec moins, vous seriez embêté, avec un faible rapport signal sur bruit (SNR). Si ce signal est appliqué d'un côté d'un comparateur (rapide) tandis que le CNA est connecté de l'autre côté pour fixer le seuil de déclenchement, le module CNA devrait offrir la résolution maximale, en particulier sur la plage située entre 0 et 300 mV. C'est exactement de cette manière que le mode « à gamme limitée » du PIC12HV752 fonctionne, vous offrant la résolution effective qu'un CNA 9 bits vous offrirait (10 mV à 5 V), le coût en moins.

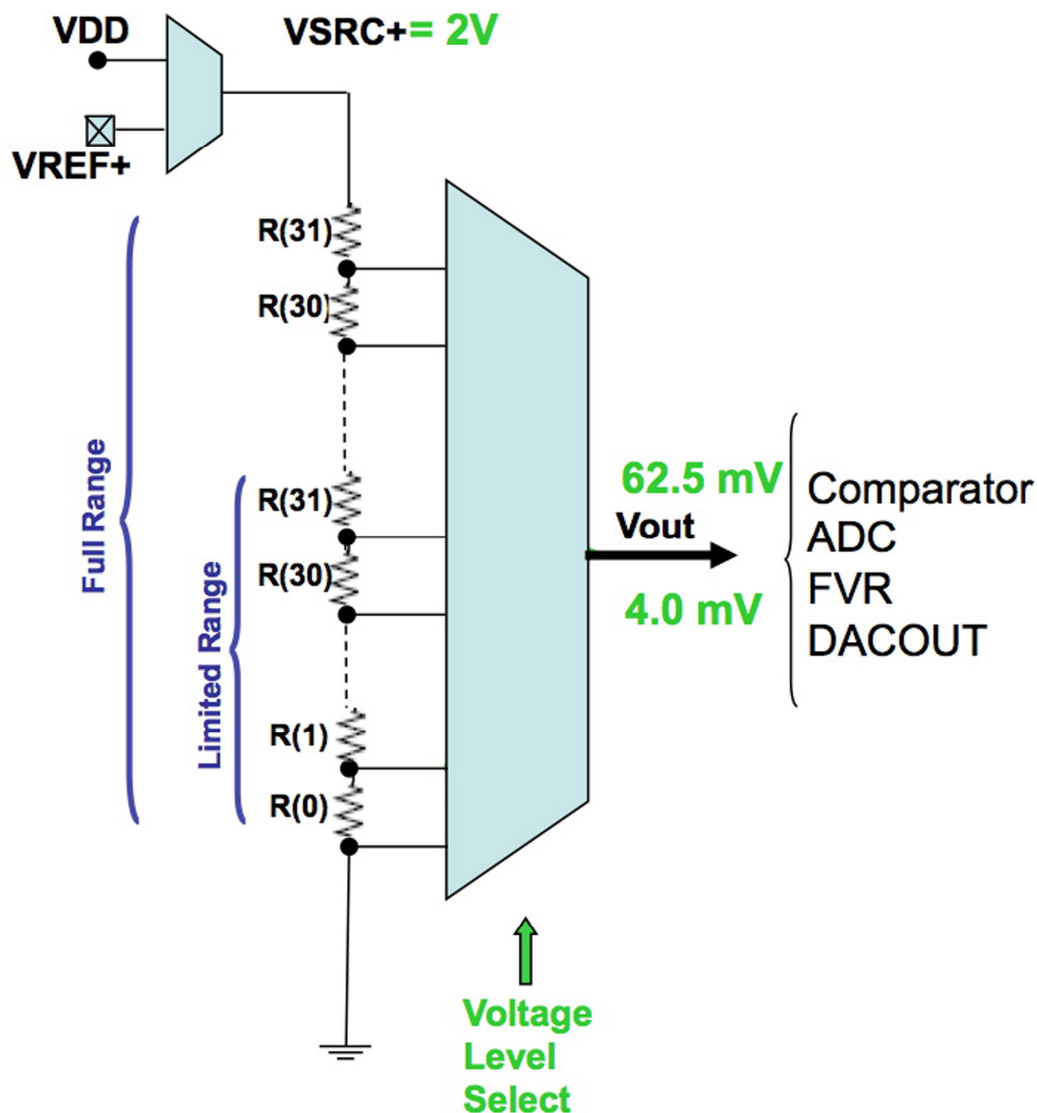


Figure 4 – Réduction des pertes de détection

●5. Réduction des pertes de commutation

Les topologies à commutation synchrone sont utilisées dans les systèmes de convertisseurs DC-DC pour augmenter l'efficacité (et réduire les pertes dites de commutation) quand la tension de sortie est relativement basse (courtes chaînes ou LED isolées).

Essentiellement, la chute de tension directe sur la diode « flyback », présente dans toutes les topologies buck et boost, peut être considérée comme une source de pertes. En la remplaçant par un deuxième élément actif, on peut réduire ces pertes, en intégrant un MOSFET supplémentaire et un circuit basique pour le piloter, avec le timing (complémentaire) adéquat. De fait, avec le PIC12HV752, cette opération est très facile à réaliser, puisque la sortie du comparateur (ou du module PWM) peut être alimentée par un petit module, connu sous le nom de générateur de sortie complémentaire (COG), qui offre deux signaux de sortie complémentaires prêts à piloter les deux MOSFET.

Le module COG permet un contrôle supplémentaire des deux signaux de sortie, en offrant ce qu'on appelle une zone morte, afin d'empêcher un dangereux phénomène de recouvrement entre les capacités des portes des deux MOSFET (court-circuit du lien CC, ou *shoot-through*). En réalité, le COG peut faire bien plus pour garantir un contrôle sûr des sorties synchrones, y compris :

- Blanking d'entrée (suppression), pour éviter le bruit sur la contre-réaction en courant et la production de commutations multiples
- Délai de phase, pour stabiliser le système sans avoir recours à un réseau de compensation externe
- Sélection des sources d'entrée sur front montant et descendant (PWM, comparateur, broches)
- Contrôle de la zone morte indépendant du front montant et descendant
- Sélection des sources d'arrêt
- Possibilité de redémarrage automatique
- Contrôle de la broche d'arrêt automatique

Toutes ces fonctionnalités offrent la flexibilité nécessaire pour vous aider à obtenir le compromis idéal entre le nombre de composants, le coût et l'efficacité.

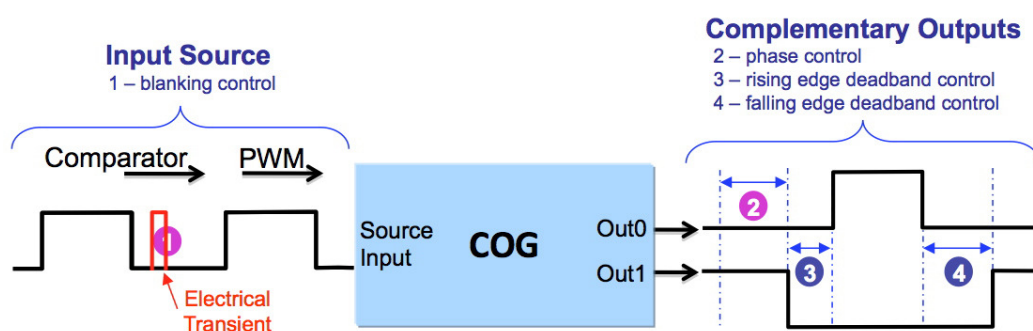


Figure 5 - Réduction des pertes de commutation

●6. Pilotage de MOSFET

Parmi le peu de composants requis pour monter un convertisseur DC-DC, au moins un MOSFET (de puissance) est toujours nécessaire. Bien que les microcontrôleurs PIC soient connus pour leurs excellentes performances en termes de source et sink (25 mA), il faut plus que cela pour garantir qu'un MOSFET reste hors de la zone linéaire.

On trouve facilement des pilotes de MOSFET à un prix raisonnable, mais avant de faire son choix, toutes les données doivent être prises en compte. Le PIC12HV752 fait de son mieux pour vos aider à réduire les coûts en offrant 50 mA (sink et source) sur deux broches d'E/S (correspondant, bien sûr, aux deux sorties du COG). Alors que ces valeurs sont loin d'être du même ordre que les ampères fournis par certains circuits de pilotage de MOSFET discrets, c'est un compromis à évaluer avec beaucoup d'attention. D'un côté : le coût supplémentaire et les contraintes d'espace supposées par le pilote de MOSFET (probablement double). De l'autre : les pertes, entraînant une efficacité moindre du convertisseur, ainsi que de la chaleur devant être dissipée. Le choix va dépendre des spécifications du système. Par exemple, les systèmes à faible consommation sont moins affectés par les pertes d'efficacité, mais sont plus sensibles aux problèmes de coûts. Les composants MOSFET (logiques)

avancés devenant de plus en plus abordables (même si la transition est lente), ils vont sans doute de plus en plus souvent contribuer faire pencher la balance en faveur d'une solution plus simple.

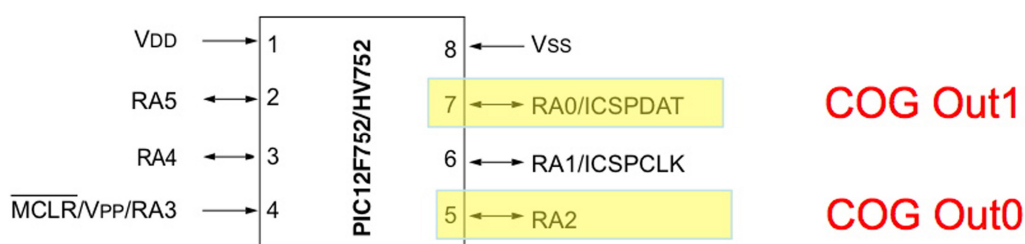


Figure 6 – Pilotage de MOSFET

●7. Consommation électrique

Vous avez sans doute remarqué que le PIC12HV752 est conçu pour offrir une solution hybride, dans laquelle la conversion DC-DC au coeur du système de pilotage de LED est menée à bien en analogique, pratiquement entièrement de manière automatique, après que le microcontrôleur a réalisé une simple initialisation. Les exigences MIPS de ce type d'application sont minimales, à tel point que j'aime appeler cette solution Zero-MIPS. Toute la « puissance de calcul » du microcontrôleur est en fait mise à disposition du développeur pour fournir l'« intelligence », tandis que le travail difficile est réalisé en arrière plan, par une association ingénieuse des modules comparateurs (ou PWM), CNA et COG.

Il est d'ailleurs intéressant de remarquer qu'un bon nombre d'applications intégrant des solutions d'éclairage plus intelligentes s'articulent autour de ce que le luminaire peut faire lorsqu'il n'est PAS actif. Dans de tels cas, le microcontrôleur doit être en éveil et fonctionner en même temps, sa consommation devenant un point crucial du bilan de puissance de toute l'application. Vous serez ravi d'apprendre, dans ce cas, que le PIC12HV752 possède l'une des consommations actives les plus faibles (si ce n'est la plus faible) de tous les microcontrôleurs embarqués disponibles sur le marché, à l'heure où nous écrivons ces lignes. Cette consommation active a été mesurée inférieure à 45 $\mu\text{A}/\text{MHz}$ (à 2 V).

Quand le composant est inactif (en veille), c'est-à-dire quand il n'exécute pas de code et que tous les périphériques sont désactivés, la consommation du noyau chute à 10 nA, une valeur si faible qu'elle est pratiquement immesurable par les instruments que vous devez avoir sur votre bureau.

SLEEP Mode	10 nA
Active Mode	47 uA / MHz

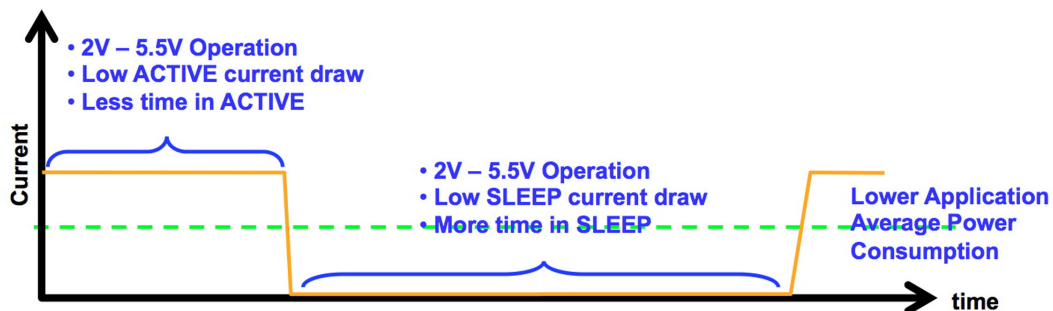


Figure 7a – Consommation électrique

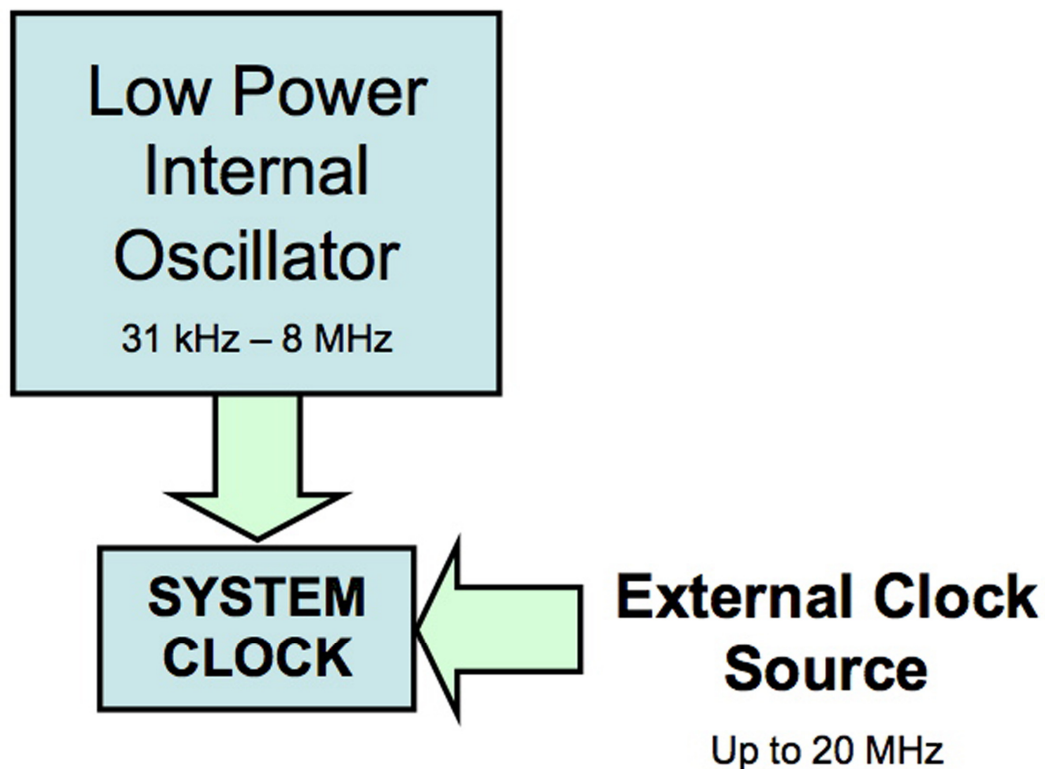


Figure 7b – Consommation électrique

●8. Volatilité

Le PIC12HV752 est un microcontrôleur Flash, ce qui signifie que le contenu de sa mémoire programmable peut être réécrit des centaines de milliers de fois. Cette particularité permet une durée de vie maximale au produit, car le nouveau code peut être injecté à la mémoire même si le produit est déjà déployé sur site. Mais ce n'est pas tout. Le microcontrôleur peut utiliser une partie de la mémoire Flash programmable pour y stocker les paramètres à l'exécution. La mémoire Flash du PIC12HV752 est garantie pour 100 000 cycles d'effacement/écriture et 40 ans de

conservation des données. Il est vrai que cela n'équivaut pas exactement aux fonctionnalités d'une EEPROM de données proprement dite, mais la mémoire Flash du PIC12HV752 peut s'avérer plus qu'appropriée pour de nombreuses applications d'éclairage, pour :

- Stocker un numéro de série unique (réaffectable)
- Stocker en permanence quelques données prédéfinies (courant, tension, température, etc.)
- Stocker en permanence des valeurs de calibrage
- Réaliser la tenue du journal (log)
- Maintenir à jour le comptage des utilisations

●9. Espace

Le PIC12HV752 se présente en boîtiers à 8 broches, une compacité rendue possible par son haut degré d'intégration et la flexibilité de ses connexions internes. Parmi les boîtiers proposés, certains sont (relativement) gros, comme le DIP8 et le SOIC8, qui se révèlent très pratiques pour un prototypage rapide et les essais lab. Des boîtiers miniatures sont également proposés, comme l'option DFN 3 x 3 mm, qui associe des dimensions réduites avec un espacement entre les broches relativement large (0,6 mm), pour une utilisation facile et un montage peu onéreux.

●10. Coût

Le PIC12HV 752 ne sera pas seulement le composant le moins cher, avec un prix démarrant à 0,56 USD par commande de 10 000 pièces, mais vous apprécierez également le peu de composants supplémentaires nécessaires pour offrir une solution complète. Outre les éléments mentionnés précédemment, sachez que ce microcontrôleur intègre par ailleurs, directement sur la puce :

- 1 oscillateur de précision (réglé en usine à 1 %) avec options de sortie sélectionnables de 8 MHz, 4 MHz, 1 MHz et 31 MHz
- Des circuits de réinitialisation au réveil et de détection des microcoupures (POR et BOR)
- 1 temporisateur du Watchdog
- 4 temporisateurs (3x8 bits, 1x16 bits)
- 1 module de capture, comparaison, PWM
- Des résistances de pull-up/down sur chaque broche d'E/S (rappel à l'état haut/bas)
- 1 Interface de programmation et débogage de circuits

●Conclusion

J'espère que ces 10 points vous ont aidé à mieux cerner les avantages du microcontrôleur PIC12HV752 pour développer de petits pilotes de LED efficaces et au bon rapport coût/efficacité. Pareillement, toute autre application de conversion DC-DC (par exemple : les petites alimentations ou les chargeurs de batterie) requérant l'intelligence et la flexibilité d'un microcontrôleur ainsi que la facilité d'utilisation d'un commutateur analogique tirera profit de cette association entre intégration analogique et simplicité.

● **Références**

- Fiche technique du PIC12HV752 :

(<http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en552818>)

- Démonstration d'une lampe torche à LED haute puissance

(<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41625A%20.pdf>)

- Brochure des périphériques nouvelle génération

(<http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/41565c.pdf>)