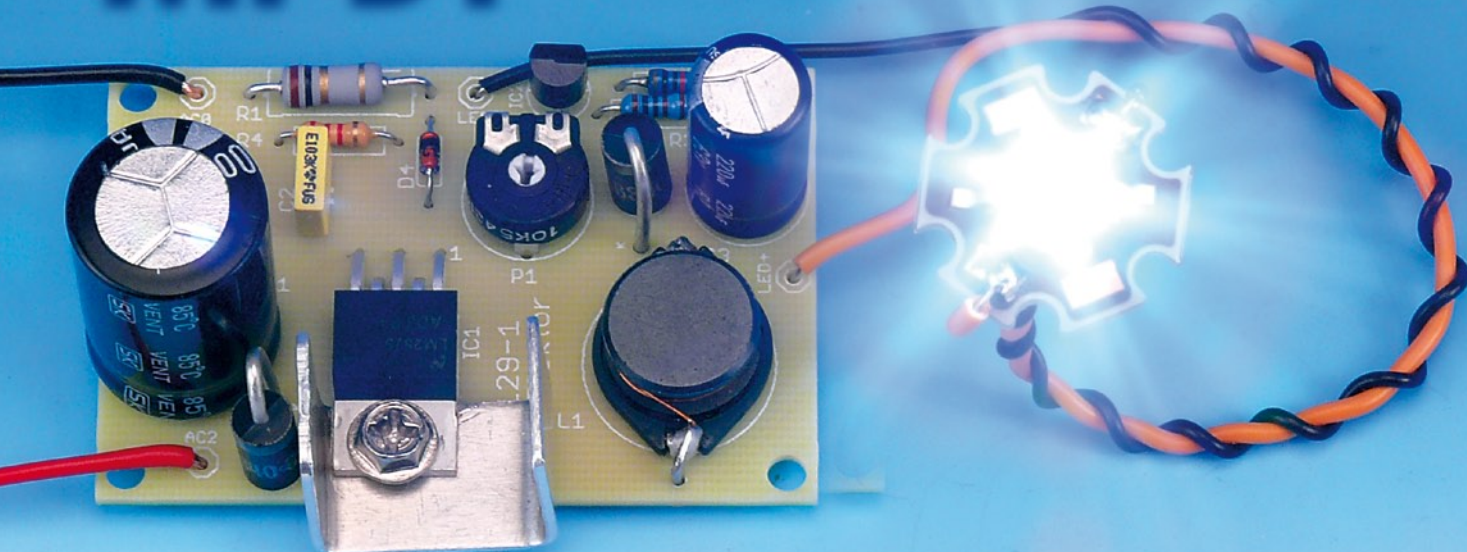


MPDP



Module Pilote pour DEL de Puissance

Thomas Scherer

Cette année, le rendement des DEL a enfin dépassé celui des lampes à incandescence. Les DEL de puissance constituent donc pour la première fois un éclairage alternatif réaliste et économique en énergie. Elles ne brilleront toutefois qu'avec un peu d'électronique : il leur faut un module de puissance universel.

Une chose est certaine : le 21^e siècle sera celui des sources lumineuses à semi-conducteurs. Les raisons ? Voir l'encadré : « DEL actuelles ».

Du courant pour les DEL

La faible résistance dynamique des DEL et la valeur élevée de leur coef-

ficient de température négatif à l'état passant excluent un fonctionnement à tension constante. Elles requièrent un courant constant. C'est aussi pour-



Figure 1. La DEL 3 W de Cree dont l'auteur s'est servi est un composant électronique particulièrement esthétique.

Caractéristiques techniques

- Source de courant universelle à découpage pour DEL
- Rendement atteignant 87 %
- Tension d'entrée : $2 \times 6 \dots 27 \text{ V} \approx$
- Tension d'entrée maximale : 40 V
- Courant de sortie réglable 0,1...1 A (max. 2 A)
- Jusqu'à huit DEL blanches en série
- Tension de sortie maximale 34 V
- Plusieurs modules desservis par un seul transformateur

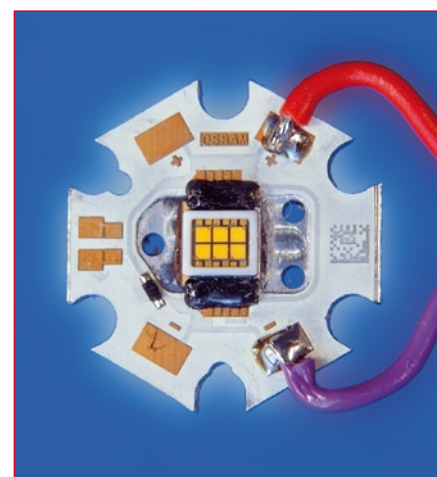


Figure 2. Avec OSTAR, une DEL Hexa 3 W, Osram est bien positionnée sur le marché de l'éclairage par semi-conducteurs.

DEL actuelles

Pour:

Le rendement lumineux d'une lampe à incandescence à 2 700 K, sa température de couleur standard, n'atteint au plus que 15 lm/W = 3%. Sa durée de vie ne dépasse pas 1000 h. Une lampe halogène vit 4x plus longtemps et son rendement de 5%, soit 25 lm/W, améliore quelque peu son pouvoir éclairant.

Les lampes fluorescentes dépassent un rendement de 20% (donc plus de 100 lm/W) et leur durée de vie atteint 10 000 h. La forme ramassée des lampes modernes à économie d'énergie leur permet d'arriver tout au plus à environ 60 lm/W. Elles n'atteignent malheureusement leur luminosité normale qu'après quelque temps (et jamais à basse température) et détestent être allumées et éteintes trop souvent.

Caractéristiques des DEL blanches [1] actuelles à haute puissance :

- rendement lumineux dépassant 100 lm/W (dépassant actuellement déjà 150 lm/W) ;
- durée de vie dépassant les 50 000 heures ;
- peuvent être allumées et éteintes très rapidement et aussi souvent qu'il est nécessaire ;
- dimensions réduites = plus de liberté dans le stylisme de l'éclairage..

Contre:

Les avantages des DEL de puissance sont si évidents qu'il est étonnant qu'on ne puisse toujours pas en acheter partout. Les modèles déjà disponibles, comportant un grand nombre de petites DEL 5 mm, ne servent pas à grand-chose. Les raisons qui parlent en défaveur d'éclairages DEL professionnels seraient leur prix élevé et les exigences de refroidissement.

Une seule « bonne » DEL blanche 3 W comme celle de la **figure 1** ne coûte actuellement que dans les 6 euros. Les DEL spéciales à haut rendement, types 5 W, multiples (voir la **figure 2**) ou RGB (dans l'illustration) sont bien plus coûteuses. Il faut aussi éviter qu'une DEL chauffe trop sous peine de raccourcir sa durée de vie. Le refroidissement améliore aussi le rendement qui diminue avec la température. Un bon refroidissement ne s'obtient toutefois pas sans peine. Voilà pourquoi les éclairages à DEL de bonne qualité ne sont actuellement disponibles que comme « lampes de styliste » haut de gamme.

Attention aux DEL brillantes !
 Ne jamais regarder directement les DEL !
 Les DEL très brillantes sont plus que désagréables. Elles présentent un danger pour les yeux car elles peuvent endommager la rétine.

quoi on ne les monte pas en parallèle, mais en série. Sinon, la dispersion de leurs caractéristiques causerait une répartition inégale de la charge et de la luminosité.

L'efficacité énergétique des DEL de puissance destinées à l'éclairage joue un rôle essentiel. Bref, il est indispensable de les piloter par un régulateur à découpage. Hélas, la sortie des régulateurs à découpage intégrés de type courant ne fournit pas un courant constant mais une tension constante. Il n'est pas non plus possible de s'en servir comme source de courant à découpage. La tension de référence interne pour l'amplificateur de correction est de l'ordre de 2,5 V dans la plupart des cas, rarement de 1,2 V. Même avec une référence de 1,2 V, la chute de tension aux bornes d'une résistance shunt n'est pas une solution utilisable pour assurer la régulation de courant : il faut une résistance shunt de 1,2 Ω pour une chute de tension de 1,2 V avec un courant de 1 A. Voilà déjà 1,2 W de puissance dissipée. Des puces pilotes de DEL font bien leur apparition, mais presque toujours en boîtiers CMS difficiles à souder. Une petite astuce dans le circuit constitue une meilleure solution.

Circuit MPDP

Tournons-nous plutôt vers les régulateurs à découpage intégrés en boîtier TO220, robustes et peu coûteux, comme le LM2575-ADJ.

L'astuce permettant de métamorphoser ces puces en source de courant à découpage consiste à « surélever » le signal d'erreur. Le circuit de la **figure 3** représentant un « module pilote universel pour DEL de puissance » surprend par son extrême simplicité et sa facilité de réalisation.

D1 et D2 redressent la tension du transformateur secteur. Ce dernier dis-

pose de deux enroulements secondaires identiques ou d'un enroulement à prise médiane. On évite ainsi les pertes dues au trajet de diodes supplémentaires d'un redresseur en pont. Les diodes Schottky réduisent la chute de tension à moins de 0,5 V. La tension redressée alimente le régulateur à découpage IC1 (un « buck converter », autrement dit un convertisseur dévolteur) par la broche 1. La tension à l'entrée doit donc toujours rester plus élevée qu'à la sortie. Cette puce comporte un amplificateur de correction commandant un modulateur d'impul-

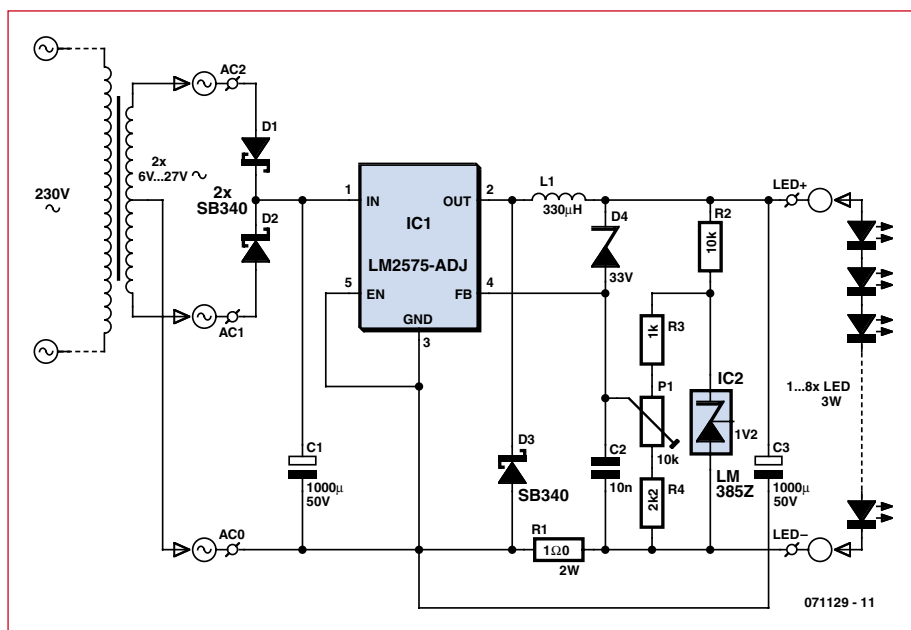


Figure 3. Circuit du convertisseur à découpage tension/courant.

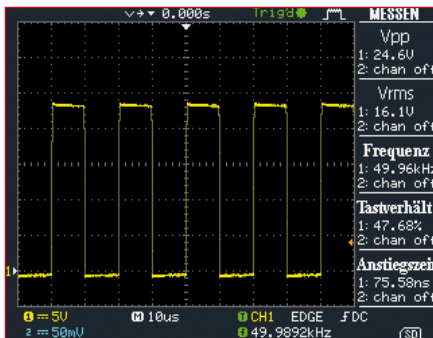


Figure 4. Le rapport cyclique du régulateur à découpage est de l'ordre de 50 % avec une alimentation de 25 V et 5 DEL de puissance 3 W/0,7 A connectées au MPDP.

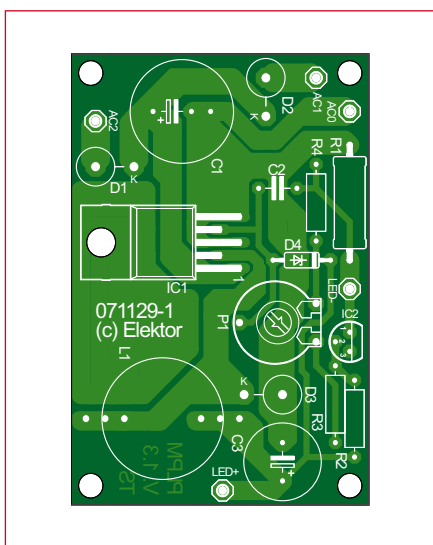


Figure 5. La carte MPDP ne mesure que 60 x40 mm.

Liste des pièces

Résistances :

- R1 = 1 Ω / 2 W (couche carbone ou métal)
- R2 = 10 kΩ
- R3 = 1 kΩ
- R4 = 2kΩ2
- P1 = 10 kΩ

Condensateurs :

- C1 = 1000 μF/50 V*
- C2 = 100 nF
- C3 = 220 μF/35 V*

Semi-conducteurs :

- D1 à D3 = SB340*
- D4 = ZPD33V*
- IC1 = LM2575T-ADJ*
- IC2 = LM385Z1.2

Divers :

- L1 = 330 μH / 1,9 A* (inductance de puissance CMS, par exemple FASTRON PISR-331M-04, désignation Reichelt L-PISR 330 μ)
- Tr = 2 x 6 à 27 V*
- Platine 071129-1

* voir encadré « Puissance et assemblage »

sions en largeur à transistor de commutation. Le signal MLP se trouve à la broche 2 (voir la figure 4). IC1 ajuste le signal pour que la tension à la broche 4 soit exactement 1,2 V.

L'enroulement L1 est une inductance fixe peu coûteuse dont la valeur exacte n'est pas d'une importance capitale. Il est important par contre qu'elle puisse supporter environ 2 A et que D3 soit une diode Schottky. La chute de tension aux bornes de la résistance shunt R1 est augmentée de 1,2 V par la référence de tension IC2 – et voilà l'astuce. Les valeurs des résistances R3 et R4 sont telles que la plage d'ajustement du courant de sortie à l'aide de P1 est située entre 100 mA et 1 A. D4 limite la tension de sortie maximale à 34,2 V. Et voilà.

Réalisation du circuit MPDP

La question de l'adaptation au nombre de DEL utilisées est traitée dans l'encadré « Puissance et assemblage ». L'absence de CMS permet de limiter à deux les aspects à considérer lors de l'assemblage de la petite carte de la figure 5 :

Les fils de connexion des trois diodes D1 à D3 sont épais. Les diodes sont montées verticalement. Vu les forces exercées, il faut éviter de plier les fils. Il faut immobiliser le fil avec des brucelles à l'endroit même où il pénètre dans le corps de la diode pour éviter d'endommager le boîtier de celle-ci.

Le composant IC1 peut être vissé à plat sur la carte pour autant que la puissance de sortie n'atteigne pas 10 W. La chaleur est alors évacuée d'une vis M3 à un écrou M3 soudé à la piste de la face opposée (figure 6). Il faut recourir à un petit dissipateur thermique si la puissance de sortie dépasse 10 W.

La figure 7 représente le prototype équipé. La petite cornière alu dont il est muni sert de refroidisseur pour une puissance de sortie d'environ 15 W. Un MPDP peut piloter jusqu'à huit DEL blanches en série. Si cela ne suffit pas, il est possible de raccorder plusieurs MPDP en parallèle à un transfo.

Montage du MPDP

L'utilisation de plusieurs DEL 1 W comme dans la figure 8 ne pose aucun problème sérieux de dissipation de chaleur. On peut simplement visser les DEL en cercle sur la tôle laquée du corps de lampe usuellement utilisée. Se servir d'un peu de pâte ther-

mique et de vis en plastique. Les choses se compliquent toutefois lorsque de « véritables » DEL de puissance de 3 W ou plus sont utilisées : la figure 9 représente le montage de l'électronique MPDP, ci-inclus un « transformateur électronique » détourné de son utilisation (voir l'article dans ce numéro). La DEL OSTAR Hexa « blanc chaud » qui trône au milieu consomme joyeusement 15 W dont 12 finissent en chaleur. Des tests ont révélé que la tôle conduit mal la chaleur et que la température de la DEL en fonctionnement dépasse largement les 110 °C ! Un morceau de tôle d'aluminium améliore la situation.

(071129e)



« ACULED » de PerkinElmer Elcos

Attention !

Ne jamais raccorder de DEL à un MPDP sous tension ! Si C3 est chargé, le courant de décharge aura raison des DEL à coup sûr. Donc, toujours veiller à raccorder les DEL au MPDP avant la mise sous tension.

Liens et bibliographie :

[1] Principe des DEL blanches (en anglais) :

<http://en.wikipedia.org/wiki/LED>

[2] Refroidissement des DEL (Perkin-Elmer) :

http://optoelectronics.perkinelmer.com/Content/ApplicationNotes/APP_ThermalManagementofACULEDVHL.pdf

Puissance et assemblage

On peut adapter l'assemblage du module au nombre de DEL en série. L'assemblage universel selon le schéma de connexion est représenté en gras.

En fonction du nombre de DEL blanches				
LEDs	Sec. transfo	C1	C2	D4
1	2 x 6 V	16 V	16 V	ZPD12V
1...2	2 x 9 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...3	2 x 9 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...4	2 x 12 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...5	2 x 15 V	25 V	25 V	ZPD22V
1...6	2 x 18 V	35 V	35 V	ZPD27V
1...7	2 x 24 V	50 V	35 V	ZPD33V
1...8	2 x 27 V	50 V	35 V	ZPD33V

La puissance du transfo requise est donnée par la puissance des DEL raccordées divisée par le rendement du circuit. Ajoutons-y une petite réserve. Exemple : on raccorde quatre DEL 3 W. Le courant traversant les DEL est de 750 mA. Choisissons une tension de 4 V à l'état passant comme le cas le plus défavorable. La charge est donc de $4 \times 3 = 12$ W. Le rendement total du MPDP atteint sans peine 85 %. Un calcul prudent avec 80 % indique que le transfo doit être capable de fournir $12 \text{ W} / 0,8 = 15$ W. Un transfo de 18 VA avec 2 secondaires de 12 V ne causera donc pas de mauvaises surprises.

La même stratégie fonctionne aussi à des puissances plus élevées (jusqu'à environ 50 W). On peut atteindre un courant de 2 A avec $R1 = 0,47 \Omega / 2 \text{ W}$, $C1 = 2 \text{ 200 } \mu\text{F}$ et D...D3 = SB540, IC1 du type LM2576T-ADJ et 100 μH pour L1. Il faut bien entendu mieux refroidir IC1. Et si le LM2576 est remplacé inopinément par un P3596 – pas d'effolement, tout fonctionnera.

Dans le cas des DEL RGB de puissance, il vaut mieux choisir des exemplaires avec anodes et cathodes séparées. Les couleurs, mises séparément en série, sont traitées par leur propre MPDP. Des potentiomètres trimmer permettent d'atteindre le rapport de couleurs voulu.

Quand on ajuste le courant passant dans les DEL au moyen de P1, on peut mesurer la chute de tension qu'il provoque dans R1 au moyen d'un voltmètre. Il est préférable d'effectuer ce genre d'essai avec une « pseudo DEL » : une résistance de 10 Ω pouvant dissiper 10 W. La vie des DEL en sera prolongée.

Lumière et température

Il va sans dire qu'un coup d'œil au descriptif technique des DEL s'impose **avant** de réaliser l'éclairage et de raccorder l'électronique en amont. Le comportement thermique, en particulier, dépend du produit utilisé. Des graphiques du spectre typique des DEL blanches et du rendement en fonction de la température sont donnés à titre indicatif. Ils sont accompagnés d'un tableau des valeurs types. Les DEL de puissance actuellement disponibles n'atteignent malheureusement pas encore les records actuels de plus de 150 lm/W. On peut formuler la règle empirique suivante : « un watt d'une DEL correspond à peu près à quatre watts d'une lampe à incandescence ».

Il est indispensable de refroidir les DEL de puissance. Les DEL déjà montées sur un petit support alu sont plus simples à utiliser. La référence [2] contient des précisions supplémentaires sur la gestion thermique des DEL de puissance. Cette même source nous a fourni l'illustration « ACULED ».

Valeurs types des DEL de puissance 3 W

Flux lumineux :	100...200 lm
Angle de rayonnement (luminosité de 50 %) :	120°
Durée de vie (luminosité de 70 %) :	jusqu'à 50.000 h
Température max. de la couche d'arrêt :	150...185 °C
Résistance therm. couche d'arrêt/boîtier :	< 15 K/W
Courant de fonctionnement :	700 mA
Tension à l'état passant à 0,7 A :	3,1...3,9 V
Dérive de température de la tension à l'état passant :	-2 mV/K
Résistance dynamique :	< 1 Ω

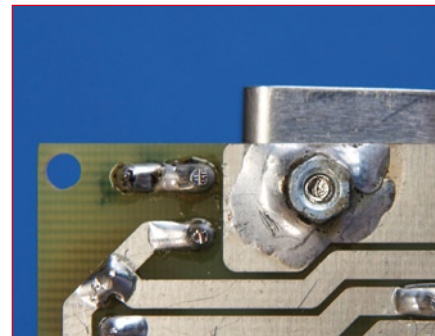


Figure 6. Si la puissance dissipée est faible, la dissipation de chaleur peut être assurée par un écrou M3 soudé à la piste de la face opposée.

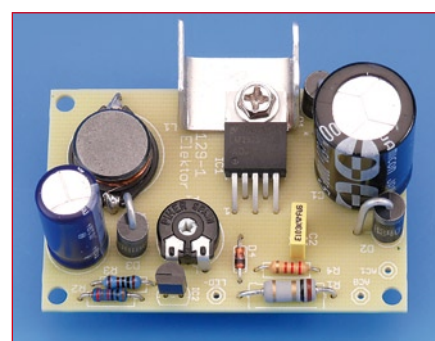


Figure 7. Voilà à quoi ressemble le prototype. Le refroidissement est assuré par un petit morceau de tôle d'aluminium sur lequel IC1 est vissé.

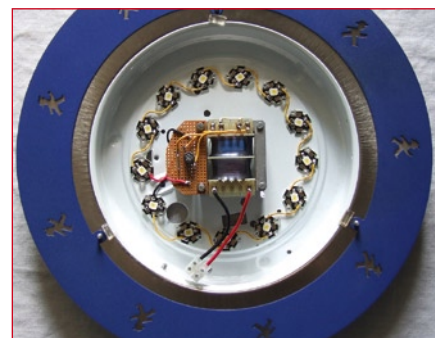


Figure 8. Une tentative antérieure de l'auteur avec 13 DEL de 1 W chacune en série – encore sans MPDP.

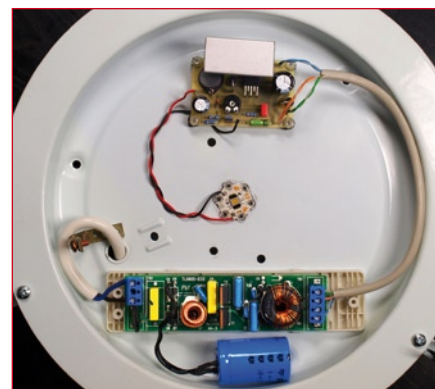


Figure 9. L'électronique montée dans un plafonnier. On peut voir un « transformateur électronique » modifié, un MPDP et une DEL OSTAR au centre.