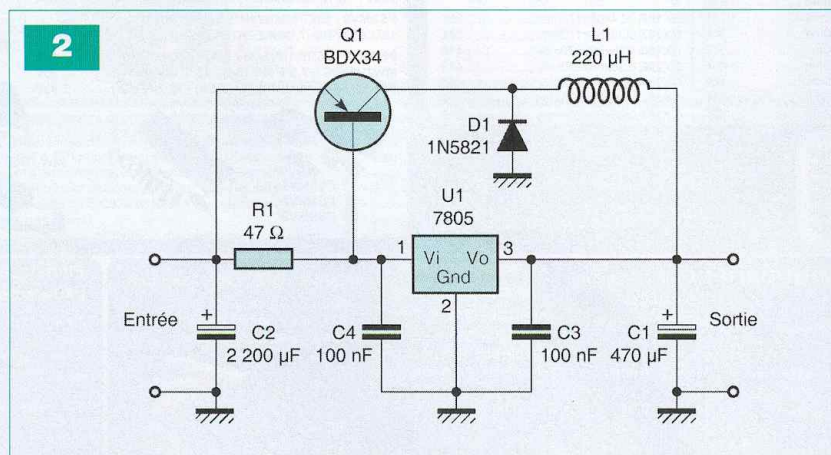
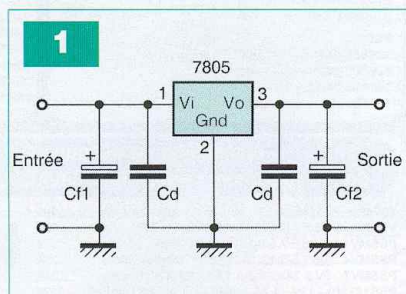


Alimentations à découpage

Les alimentations à découpage sont de plus en plus présentes dans les électroniques. Ce sujet pouvant être relativement complexe, peu d'articles en abordent le principe de fonctionnement.

En partant d'une régulation linéaire classique, nous exposerons l'évolution vers une version simple à découpage. Ceci permettra d'en analyser le fonctionnement, sans passer par les développements théoriques classiques. Autrement dit, une vision « pratique » des choses. Vous pourrez utiliser la réalisation proposée pour augmenter considérablement l'autonomie d'un appareil alimenté par piles.



Alimentation linéaire

Nous supposons que la majorité de nos lecteurs a déjà utilisé les régulateurs de la série 78xx dont nous rappelons le schéma de base en **figure 1**. Avec un 7805, la sortie est, bien entendu, fixée à un potentiel de 5 V, l'entrée devant recevoir un minimum de 7,5 V pour obtenir un fonctionnement correct. Les deux condensateurs Cd sont des découplages qui évitent une éventuelle entrée en oscillation du régulateur. Cf1 est le condensateur « réservoir » qui filtre la tension continue issue d'un redresseur. On prévoit souvent un autre

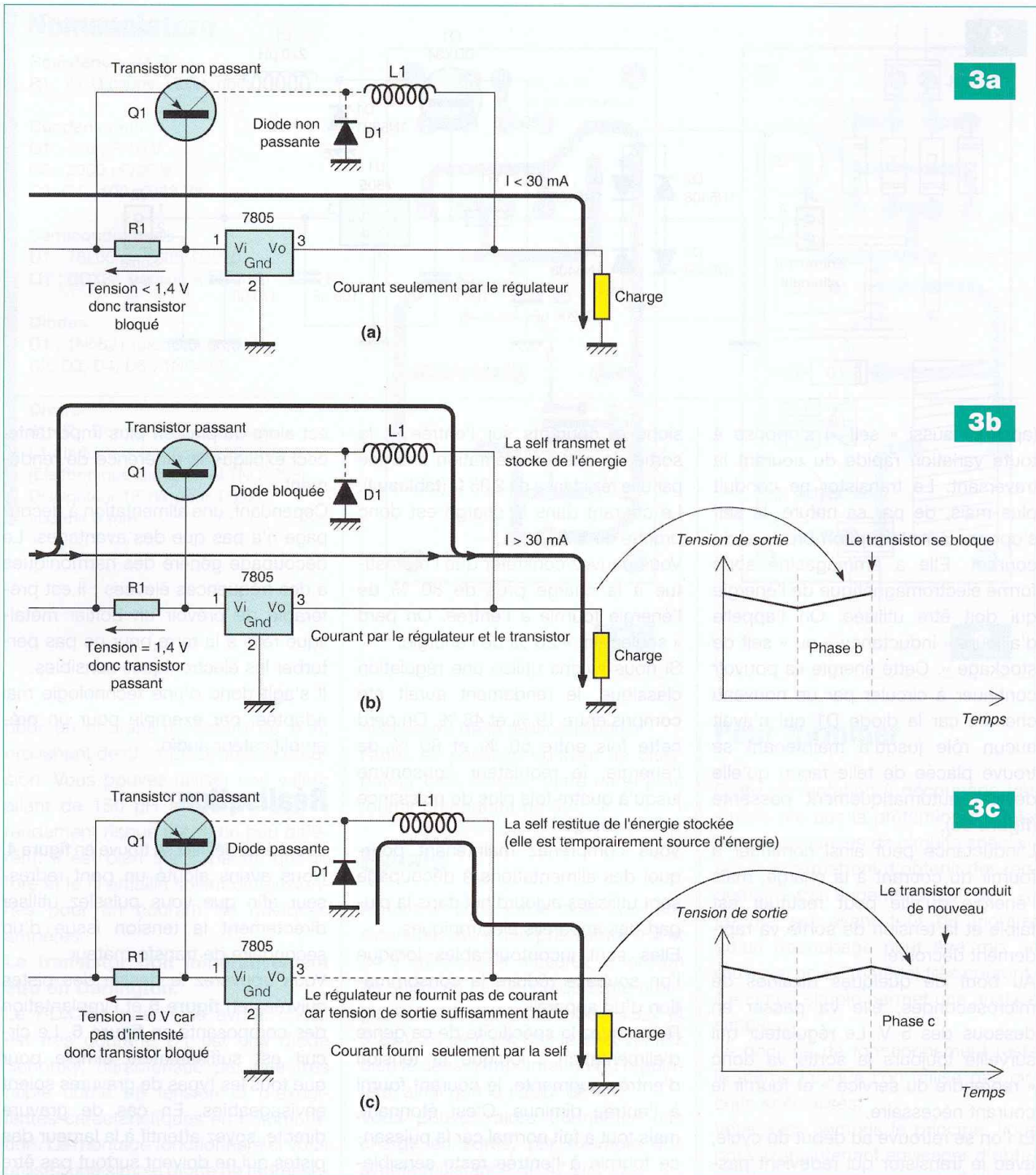
condensateur « réservoir » en sortie (Cf2), mais de capacité moindre.

Ce modèle d'alimentation donne depuis longtemps toute satisfaction, mais il a un défaut majeur : dès que l'intensité fournie à la charge dépasse quelques dizaines de milliampères, l'échauffement du régulateur devient important. Si on souhaite délivrer le courant maximum autorisé de 1A pour un boîtier TO220, on doit recourir à un dissipateur de taille respectable. Cette chaleur dissipée en pure perte est un gaspillage d'énergie que l'on cherche aujourd'hui à limiter le plus possible, surtout lorsque l'on alimente une maquette par piles ou accumulateurs et que l'on souhaite obtenir une autonomie conséquente.

Évolution vers le découpage

La solution est, bien sûr, l'alimentation à découpage. Pour y accéder, vous serez peut-être étonné de constater qu'il suffit d'ajouter seulement quatre composants au schéma précédent. Vous trouverez cette évolution en **figure 2**.

Ce schéma laisse quelque peu complexe au premier abord, mais vous



constatez que le fonctionnement est simple. Deux conditions de fonctionnement sont à considérer :

- un courant dans la charge inférieur à une trentaine de milliampères
- un courant nettement plus important.

Dans le premier cas, on se retrouve avec le régulateur effectuant seul le travail. Les composants complémentaires sont inactifs. Le fonctionnement se fait donc en mode linéaire (**figure 3a**) et la sortie fournit une tension de 5 V parfaitement continue.

Second cas, la charge est telle que l'intensité consommée est supérieure à 30 mA.

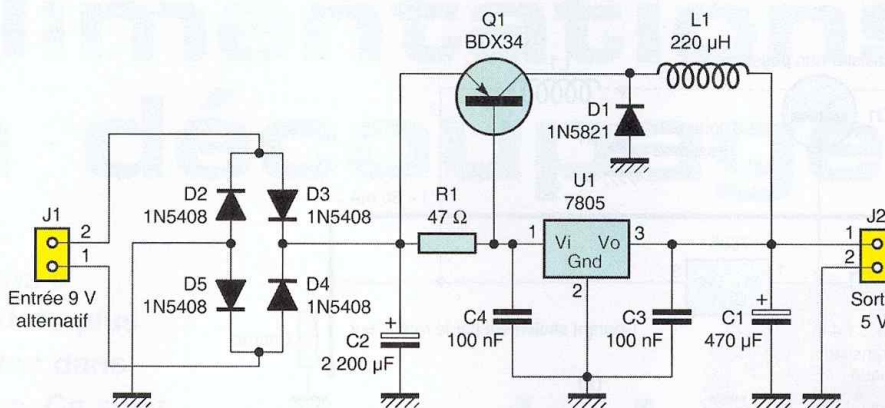
Vous devez savoir qu'un transistor Darlington devient passant lorsque la tension entre base et émetteur est d'environ 1,4 V. Les 30 mA dans la charge traversent également la résistance R1, il apparaît donc aux bornes de celle-ci une tension de 1,41 V ($47 \Omega \times 30 \text{ mA} = 1,41 \text{ V} : U = R \times I$). En conséquence, le transistor entre en conduction et alimente en courant

la sortie par l'intermédiaire de l'inductance L1. De l'énergie est alors transmise vers la sortie, alimentant la charge. La tension de sortie va rapidement dépasser 5 V (**figure 3b**).

Le régulateur 7805 s'adapte à la situation et ne fournit plus de courant à la charge. De ce fait, il n'y a plus de courant dans R1, donc plus de tension aux bornes de R1 et le transistor n'est plus passant. C'est la fin de la phase (b) du chronogramme.

Nous rappelons qu'une inductance

4



(appelée aussi « self ») s'oppose à toute variation rapide du courant la traversant. Le transistor ne conduit plus mais, de par sa nature, la self s'oppose à l'interruption brusque du courant. Elle a emmagasiné sous forme électromagnétique de l'énergie qui doit être utilisée. On l'appelle d'ailleurs « inductance » ou « self de stockage ». Cette énergie va pouvoir continuer à circuler par un nouveau chemin, car la diode D1 qui n'avait aucun rôle jusqu'à maintenant se trouve placée de telle façon qu'elle devient automatiquement passante (figure 3c).

L'inductance peut ainsi continuer à fournir du courant à la charge, mais l'énergie qu'elle peut restituer est faible et la tension de sortie va rapidement décroître.

Au bout de quelques dizaines de microsecondes, elle va passer en dessous des 5 V. Le régulateur qui surveille toujours la sortie va donc « reprendre du service » et fournir le courant nécessaire.

Et l'on se retrouve au début du cycle, avec le transistor qui redevient passant, alimentant la self, etc.

Les variations de la sortie autour des 5 V sont peu importantes, de l'ordre de 20 mV. Elles peuvent varier selon le fabricant du régulateur. La fréquence précise du cycle dépend du courant dans la charge, des caractéristiques du régulateur et de la valeur de l'inductance. Elle avoisine 30 kHz.

Performances

Pour démontrer l'intérêt de cette technologie, nous avons relevé ten-

sions et courants sur l'entrée et la sortie de cette alimentation chargée par une résistance de 2,35 Ω (tableau I). Le courant dans la charge est donc proche de 2 A.

Vous pouvez constater que l'on restitue à la charge près de 80 % de l'énergie fournie à l'entrée. On perd « seulement » 20 % de l'énergie.

Si nous avions utilisé une régulation classique, le rendement aurait été compris entre 19 % et 48 %. On perd cette fois entre 50 % et 80 % de l'énergie, le régulateur consomme jusqu'à quatre fois plus de puissance que la charge !

Vous comprenez maintenant pourquoi des alimentations à découpage sont utilisées aujourd'hui dans la plupart des appareils électroniques.

Elles sont incontournables lorsque l'on souhaite réduire la consommation d'un appareil.

Remarquez la spécificité de ce genre d'alimentation : lorsque la tension d'entrée augmente, le courant fourni à l'entrée diminue. C'est étonnant, mais tout à fait normal car la puissance fournie à l'entrée reste sensiblement la même ($P = \text{tension} \times \text{intensité}$).

Dans une régulation « linéaire », le courant reste constant (le même que dans la charge), la puissance fournie

est alors de plus en plus importante, ceci explique la différence de rendement.

Cependant, une alimentation à découpage n'a pas que des avantages. Le découpage génère des harmoniques à des fréquences élevées : il est préférable de prévoir un boîtier métallique relié à la terre pour ne pas perturber les électroniques sensibles.

Il s'agit donc d'une technologie mal adaptée, par exemple pour un pré-amplificateur audio.

Réalisation

Le schéma définitif se trouve en figure 4. Nous avons ajouté un pont redresseur afin que vous puissiez utiliser directement la tension issue d'un secondaire de transformateur.

Vous trouverez le dessin des pistes cuivrées en figure 5 et l'implantation des composants en figure 6. Le circuit est suffisamment simple pour que tous les types de gravures soient envisageables. En cas de gravure directe, soyez attentif à la largeur des pistes qui ne doivent surtout pas être trop fines.

L'inductance n'a pas une valeur critique. Celle que nous avons employée est une self de 220 µH donnée

Mesures pour un courant dans la charge = 2,05A

Tension d'entrée	Courant d'entrée	Puissance d'entrée	Tension de sortie	Puissance dans la charge	Rendement alimentation découpage	Rendement si régulation linéaire
10 V	1,27 A	12,7 W	4,82 V	9,88 W	78 %	48 %
12 V	1,05 A	12,6 W	4,83 V	9,9 W	79 %	40 %
18 V	0,71 A	12,78 W	4,85 V	9,94 W	78 %	27 %
20 V	0,64 A	12,8 W	4,85 V	9,94 W	78 %	24 %
25 V	0,52 A	13 W	4,86 V	9,96 W	77 %	19 %

Tableau I

Nomenclature

Résistance 1/4 W

R1 : 47 Ω (jaune, violet, noir)

Condensateurs

C1 : 470 μ F/16 V

C2 : 2200 μ F/25 V

C3, C4 : 100 nF/63 VK

Semiconducteurs

U1 : 78L05 ou 7805 TO220

Q1 : BDX34 (version A ou B ou C)

Diodes

D1 : 1N5821 (diode Schottky)

D2, D3, D4, D5 : 1N5408

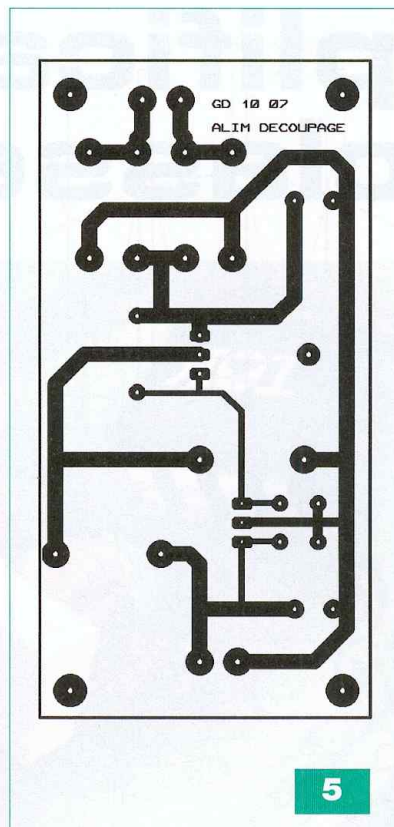
Divers

J1, J2 : Bornier à vis 2 contacts

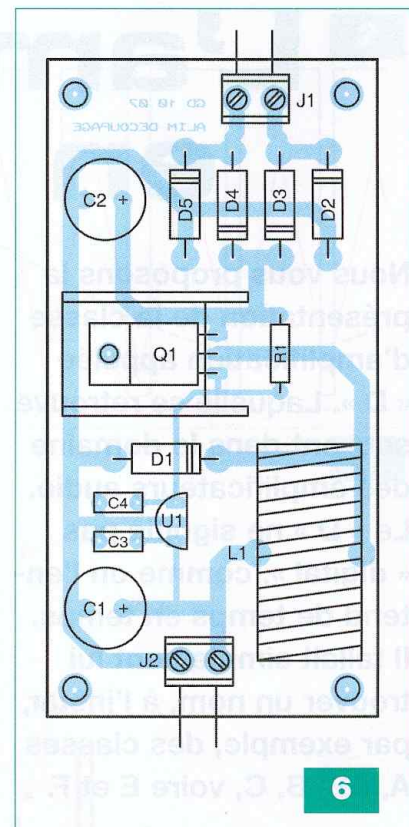
L1 : inductance torique 220 μ H/5 A

(Electronique Diffusion ALTNC2205)

Dissipateur 18°/W pour TO220, visserie 3 mm



5



6

pour un courant maximum de 5 A, provenant de chez Electronique Diffusion. Vous pouvez utiliser une valeur allant de 150 μ H à 800 μ H, seul le rendement risque d'être un peu différent. Il est bien sûr impératif que le tore et le fil émaillé soient dimensionnés pour un courant de quelques ampères.

Le transistor doit impérativement être un Darlington.

Le BDX34A que nous avons choisi est très courant. D1 est une diode Schottky, caractérisée par une très faible chute de tension et d'excellentes caractéristiques en commutation. Le montage fonctionnera si vous utilisez une simple diode de redressement, mais l'échauffement de celle-ci sera important et le rendement bien sûr nettement dégradé.

Le 7805 peut être une version 78L05 en boîtier plastique TO92, comme sur notre maquette, ou une version 7805 en boîtier TO220. Les performances resteront les mêmes dans les deux cas.

Le petit dissipateur pour TO220 que nous avons utilisé convient pour un courant consommé circulant dans la charge jusqu'à 2 A. Au-delà et pour un fonctionnement permanent, il est

nécessaire de le redimensionner.

Notez au passage qu'avec un dissipateur bien adapté, cette carte peut fournir un courant de 5 A.

Essais

Alimentez votre carte avec une tension alternative comprise entre 9 V et 24 V efficaces et mesurez la tension de sortie en l'absence de toute charge. Vous devez avoir entre 4,75 V et 5,25 V. Si ce n'est pas le cas, vérifiez bien le sens d'implantation du régulateur, ainsi que la valeur de R1.

Vous pouvez alors connecter une charge en sortie, par exemple une simple résistance de 47 Ω /1 W.

L'intensité délivrée sera alors suffisante pour que le découpage soit actif. Si vous mesurez toujours la même tension de sortie qu'à vide, c'est que tout fonctionne correctement. Dans le cas contraire, vérifiez le sens d'implantation du transistor et de la diode D1.

Si vous disposez d'un oscilloscope, vous pouvez observer la tension hachée sur le collecteur du transistor. Vous pouvez alors visualiser l'influence du courant débité dans la charge sur la fréquence du découpage.

Pour terminer

Cette alimentation à découpage très simple n'a pas la prétention d'égaliser les performances de circuits spécialisés qui permettent d'obtenir des rendements très supérieurs à 90 %.

Le but est avant tout de montrer qu'un découpage peut être mis en œuvre avec du matériel très courant. Ce circuit simple permet une analyse simple.

Le principe de fonctionnement reste le même lorsque l'on utilise des circuits spécialisés.

Vous avez compris le principe, vous pouvez maintenant envisager d'obtenir d'autres tensions que du 5 V, il suffit de changer le type de régulateur : 7812 pour du 12 V, 7815 pour du 15 V, etc. Vous pouvez même envisager un régulateur variable type LM317.

Bonne expérimentation !

G. DURAND

georg.durand@wanadoo.fr

Bibliographie

Datasheets ST Microelectronics
L7805, NS LM317