



alimentation linéaire variable *Ensemble*

Alimentation 0–50 V / 0–2 A + alim symétrique double

Steve Griffin (Royaume-Uni)

Le jour où l'auteur a ouvert une alimentation qu'il avait lui-même construite 40 ans auparavant, le circuit qu'il découvrit lui sembla bien éloigné de ses standards de conception actuels. Aussi entreprit-il d'en réduire le câblage, d'y substituer quelques composants modernes et d'y combiner deux alimentations.

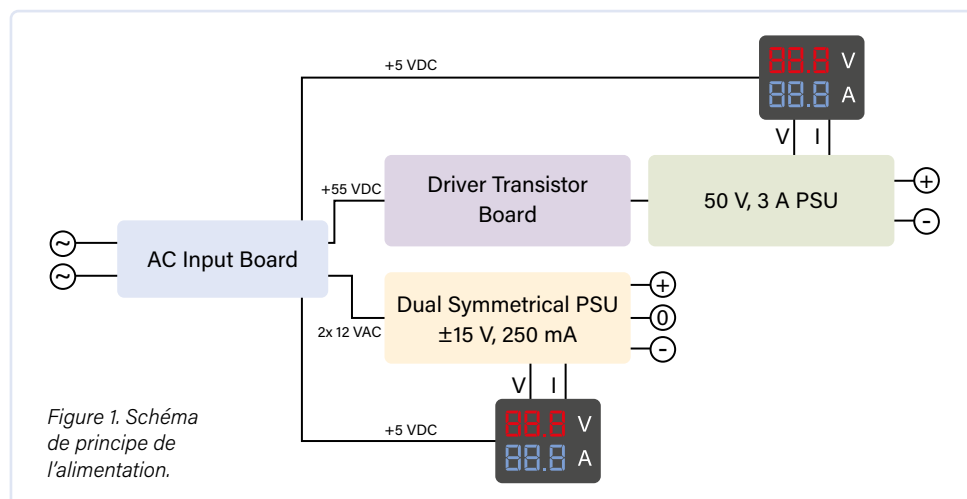
C'est en feuilletant le numéro d'été *Circuits de vacances* de l'année 1980 que je suis tombé sur une alimentation de laboratoire parfaite pour moi [1]. Sa description me convainquit qu'elle couvrirait tous mes besoins, dont celui d'alimentation symétrique à faible courant permettant d'alimenter des amplificateurs opérationnels. Elle allait d'ailleurs être mon premier grand projet : un instrument en boîtier. Après quelques semaines consacrées à la gravure du circuit, au soudage, au câblage et à l'ajout d'un cadran de mesure, l'alimentation était prête. Elle fonctionnait à merveille, et continua de le faire durant 40 ans.

40 ans plus tard

Quarante années de manipulation avaient tout de même rendu les marquages du panneau avant peu lisibles, aussi me suis-je décidé un

jour à le rafraîchir. Mon idée était d'en créer un nouveau à l'aide d'un logiciel de CAO. C'est en démontant ledit panneau pour l'étudier que j'ai revu mon câblage d'alors. J'en fus horrifié. Était-ce vraiment moi qui avais câblé cette alim comme ça ? Je ne pouvais décemment pas refaire l'extérieur sans revoir également l'intérieur. C'est alors que me vint l'idée d'une conception entièrement nouvelle, qui cette fois reposerait sur des composants modernes, autrement dit des CMS, et sur des connecteurs récents.

La **figure 1** montre le schéma de principe de la nouvelle conception. Commençons par l'alimentation de 50 V.



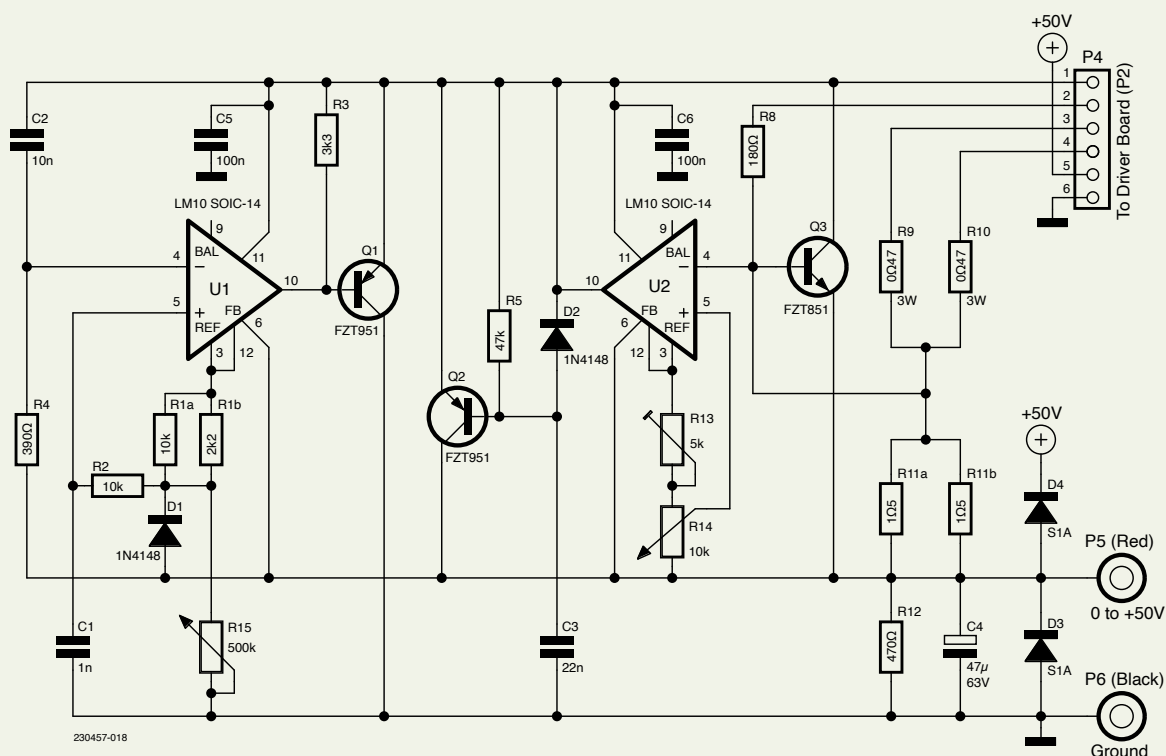


Figure 2. Le circuit du régulateur de 50 V. Les valeurs de R1A et R1B ont été calculées empiriquement en utilisant mes composants. Elles donnent une tension de sortie maximale de 50 V et sont traversées par 100 μ A si P1 (en butée) vaut exactement 500 k Ω

Rénovation de l'alimentation 0-50 V

Je tenais avant tout à mettre un peu d'ordre dans le câblage, d'où le choix d'une conception tripartite comprenant : une carte de régulation, une carte de commande, et un refroidisseur pour les transistors de puissance. L'ensemble est relié par un câblage soigné et des connecteurs multivoies.

J'aurais bien sûr pu me procurer une alimentation à découpage fiable pour une somme raisonnable, mais la passion de l'électronique était trop forte, et je trouve la création de dispositifs électroniques utiles éminemment gratifiante.



Ce projet nécessite la manipulation d'un transformateur alimenté par le secteur. Ne le réalisez pas si vous n'avez aucune expérience avec la tension du secteur, ou demandez l'assistance d'une personne expérimentée pour cette partie de l'assemblage !

La nouvelle conception

Le nouveau circuit (figure 2 pour la carte de régulation, figure 3 pour la carte de commande) suit fidèlement la conception originale de 1980, y compris la numérotation des composants. La majorité de ces derniers sont maintenant des CMS, à l'exception notable des semi-conducteurs, inexistantes au format CMS actuel et dont il m'a fallu trouver des équivalents. Les composants inchangés sont le transformateur, le condensateur réservoir, les transistors de puissance 2N3055, ainsi que le boîtier.

Les potentiomètres

Le potentiomètre R14 permet de régler la valeur du courant de sortie, tandis que le potentiomètre R15 sert à ajuster la tension de sortie. Tous

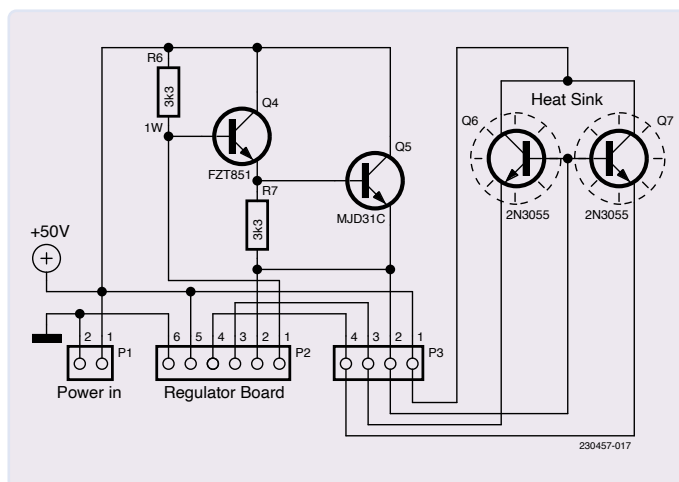


Figure 3. La carte de commande et le dissipateur thermique. Les transistors Q6 et Q7 sont représentés « sur circuit » par souci de lisibilité, mais sont en fait reliés à P3. Q5 nécessite un petit dissipateur – un modèle adhésif 5°C/W suffit. Q6 et Q7 peuvent être montés à l'aide de kits d'isolation sur un gros dissipateur ou fixés au boîtier.

deux doivent être configurés avant utilisation. Pour R14, l'ajustable R13 doit être réglé pour limiter l'intensité maximale de sortie. Pour R15, l'auteur du projet original avait choisi d'utiliser des résistances fixes afin que la tension de sortie maximale soit de 50 V, limite obtenue en faisant passer à travers R15 un courant de 100 μ A.

Je n'ai pas modifié le circuit d'origine, si ce n'est que j'ai utilisé des CMS, ajouté des condensateurs de découplage pour U1 et U2, et séparé R11 en deux composants afin de dissiper au mieux la chaleur produite, et aussi avoir plus d'options pour le circuit limiteur de courant à contre-réaction rapide construit autour de Q3.

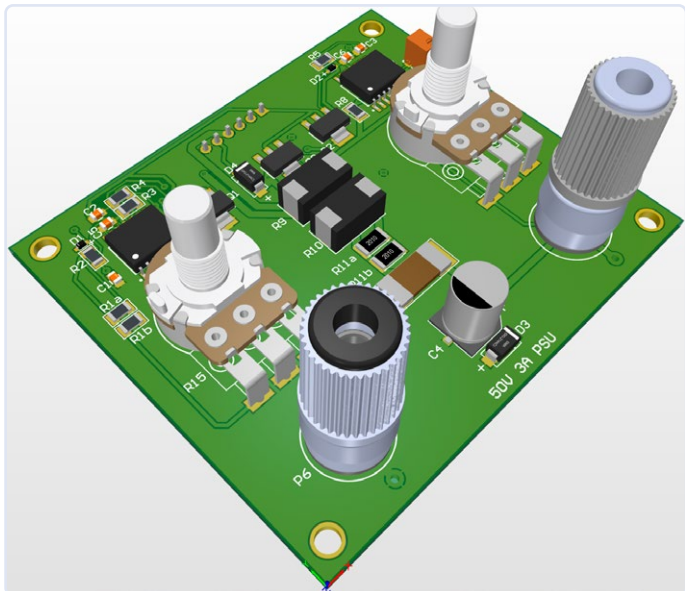


Figure 4. Modèle 3D de la carte du régulateur de 50 V.

Au besoin, l'article original [1] et les notes d'application de *National Semiconductor* relatives à l'ampli-op LM10 vous aideront à mieux comprendre le fonctionnement du circuit.

Réduction du câblage

Contrairement à la conception originale, les potentiomètres sont montés directement sur la carte du régulateur (cf. **figure 4**). Cela permet de se passer de cinq fils volants et offre davantage d'options pour l'assemblage du boîtier. Autre différence, les transistors de commande sont maintenant sur une carte séparée, ce qui ici réduit le nombre de fils dans le boîtier. J'ai en effet assemblé la carte de commande et les transistors de puissance sur le panneau arrière, leur liaison avec la carte de régulation se faisant avec le connecteur P4. Ce dernier est monté face cuivre pour permettre le montage de la carte sur le panneau avant, mais il peut l'être face composants pour un montage horizontal de la carte.

Carte d'entrée CA

Cette carte fournit à l'alimentation de 50 V une protection par fusible, le redressement, et un connecteur pour le condensateur C1 fixé au châssis (**figure 5**). Elle délivre au transformateur de 12 V de l'alimentation double (voir ci-dessous) la tension CA du secteur. J'ai choisi un transformateur à montage sur châssis car il offre plus de liberté quant au choix du modèle qu'un transformateur encartable, qui lui a des exigences de câblage précises.

Les deux alimentations sont protégées par les fusibles réarmables F2 et F3 à courant de maintien de 100 mA. Chaque enroulement secondaire alimente directement la carte de régulation via le connecteur P5. J'ai utilisé un transfo à deux sorties de 20 V, câblées en série pour fournir 40 V_{eff} soit 56 V une fois la tension redressée et lissée. La conception d'origine spécifiait une puissance nominale de 80 à 100 VA, mais j'ai choisi un modèle de 120 VA délivrant jusqu'à 3 A, valeur en accord avec les caractéristiques des transistors de sortie.

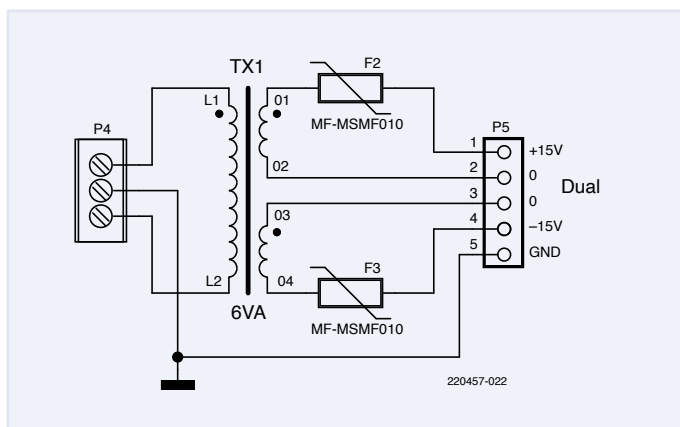


Figure 6. Le transfo et les fusibles pour la carte de l'alimentation double sont également montés sur la carte d'entrée CA.

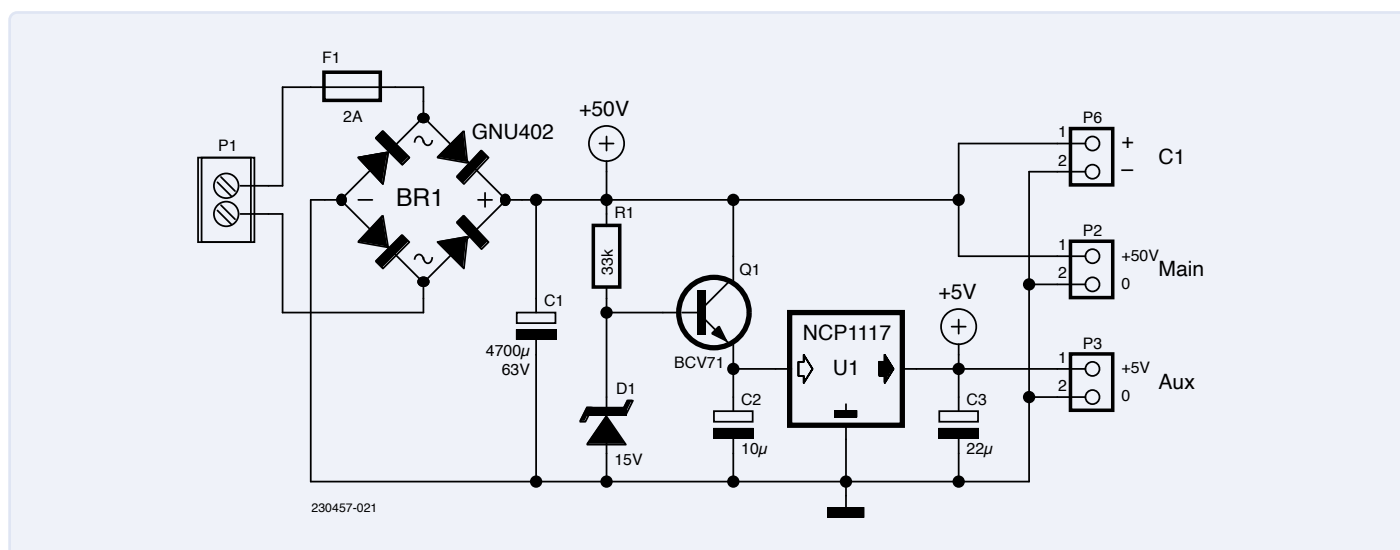


Figure 5. Ce circuit est placé sur la carte d'entrée CA. Il alimente l'unité de régulation et fournit l'alimentation auxiliaire de 5 V pour les afficheurs. Trop gros pour la carte, C1 est monté sur le châssis et relié à P6.

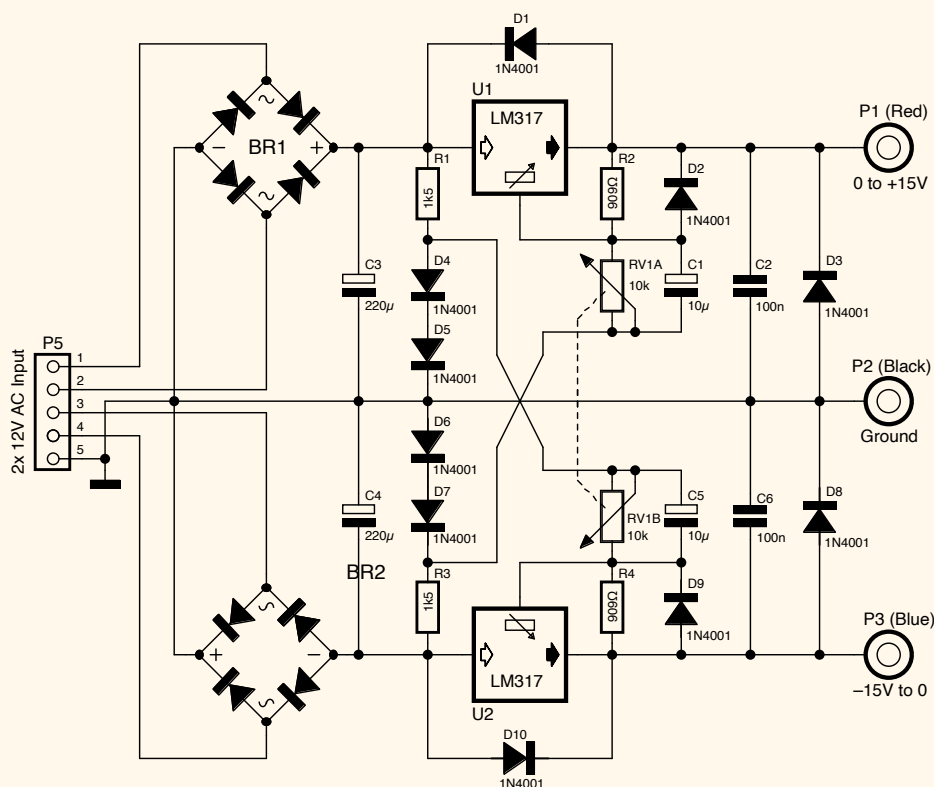


Figure 7. Circuit de l'alimentation variable double. Pour des courants positifs plus élevés, U1 peut être remplacé par un LT1085/4/3 et un dissipateur. Remplacez de même U2 par un LT1033 avec dissipateur pour obtenir des courants négatifs plus élevés.

Notez que les transformateurs à montage sur châssis sont coûteux et qu'il est donc préférable de déterminer (choisir) le courant de sortie maximal souhaité avant d'en acheter un. Ce transformateur alimente ensuite BR1, un pont redresseur de 100 V/4 A à tension directe max. de 1 V ; il fournit 55 V à C1, un électrolytique de 4700 μF /63 V, lui aussi coûteux et dont le choix mérite donc réflexion. La valeur nominale de 63 V convient, à condition que la tension de sortie efficace du transfo ne dépasse pas 40 V_{eff} .

Alimentation symétrique double

Ce circuit est simple à réaliser et repose sur des CMS faciles à se procurer. Sa conception est inspirée des notes d'application du fabricant, avec ici et là quelques embellissements. La plage de la tension de sortie va de 0 V à ± 15 V (double voie) pour un courant de sortie maximal de 250 mA, mais ces deux valeurs nominales peuvent aisément être adaptées. Elles conviennent à mon usage, p. ex. pour alimenter des amplis-ops.

Le circuit est simple (**figure 7**). Il est construit autour de deux régulateurs de tension linéaires ajustables : un LM317, et un régulateur négatif LM337, chacun réglable par un potentiomètre double. Le circuit comprend des diodes de protection contre les transitoires, ainsi que des circuits de polarisation minimisant l'effet de la tension de référence de 1,25 V requise par les puces régulatrices. De tels circuits empêchent normalement d'ajuster les tensions de sortie jusqu'à zéro, mais ce problème peut en grande partie être résolu en utilisant la chute de tension directe de deux diodes de polarisation dans les circuits d'ajustement positif et négatif. Le potentiomètre et les trois jacks (**figure 8**) servent au maintien du CI (circuit imprimé) sur le panneau avant, ce qui simplifie l'assemblage final. Là encore le connecteur P5 est monté face cuivre.

Circuit de l'alimentation double

Cette carte n'a besoin que de deux tensions d'entrée de 12 V_{eff} pour fonctionner, car les ponts redresseurs et les condensateurs réservoirs sont inclus sur le CI. Les condensateurs doivent valoir au moins 1,5 fois la tension de crête du transformateur, soit $1,41 \times 12 \text{ V} \times 1,5 = 25 \text{ V}$. Viennent ensuite les régulateurs linéaires. Je vous renvoie aux notes de conception du fabricant pour ce qui est de leur principe de fonctionnement, mais vous trouverez mes propres calculs dans l'encadré **Calculs**.

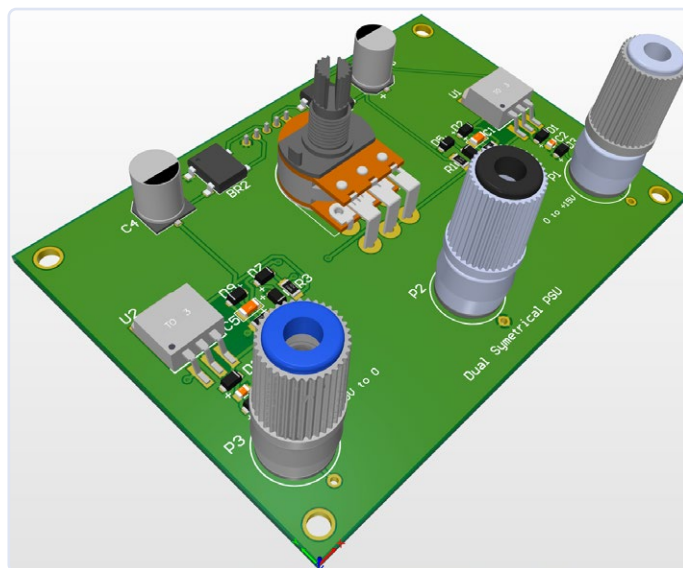
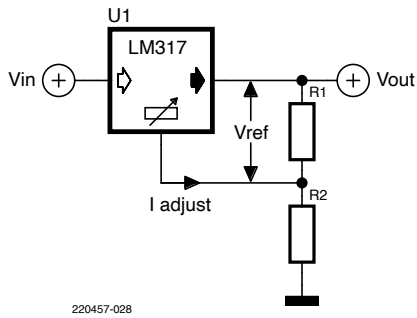


Figure 8. Modèle 3D du circuit de l'alimentation double.

Calculs



La tension de sortie maximale du circuit est donnée par la formule :

$$V_{out} = V_{ref} \cdot \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right)$$

Avec, applicable aux deux sorties :

V_{out} = tension de sortie souhaitée (15 V)

V_{ref} = 1,25 V

R_1 = valeur de la résistance à déterminer (résistances R_2 & R_4 du circuit physique)

R_2 = valeur de la résistance maximale du potentiomètre (RV1 = 10 k Ω dans le circuit physique)

On trouve R_1 par réarrangement des termes :

$$R_1 = \frac{R_2}{\frac{V_{out}}{V_{ref}} - 1} \therefore R_1 = \frac{10 \text{ k}}{\frac{15}{1.25} - 1} = 909 \Omega$$

Obtenir une valeur maximale précise importe guère en pratique, mais si vous souhaitez de la précision, mesurez R_2 et insérez sa valeur dans la formule.

Lorsqu'on cherche les valeurs pour les tensions de sortie les plus basses, il ne faut pas oublier que la tension directe des diodes dépend de la température de jonction et du courant qui les traverse. J'ai utilisé des résistances de 1,5 k Ω pour R_1 et R_3 après avoir consulté les caractéristiques V/I des diodes données par les notes de conception. Les notes du régulateur fournissent une autre solution, mais j'ai constaté qu'elle affectait aussi la tension de sortie maximale.

Tensions de sortie plus hautes

Ce circuit peut servir d'alim de labo autonome par simple ajout d'un transformateur à double sortie. Avec un refroidissement adéquat, les puces régulatrices spécifiées peuvent supporter jusqu'à 1,5 A et une tension d'entrée maximale de 37 V. Si vous avez besoin de tensions de sortie plus hautes, le transformateur, le condensateur et les régulateurs devront être mis à niveau. Il existe pour cela des régulateurs à faible chute de tension (LDO) à brochage compatible et pouvant délivrer jusqu'à 5 A, p. ex. les LM1084 et LM1085. Il faudra également tenir compte de l'intensité que peuvent supporter les autres composants du circuit.

Mesures

J'ai également ajouté des modules voltmètre/ampèremètre simples et bon marché afin de visualiser la valeur de sortie positive des deux régulateurs. Le CI offre aussi des connexions de sortie supplémentaires pour l'ajout éventuel de shunts de mesure de courant avant les prises banane de 4 mm – qu'il faudra alors isoler du CI : vous pouvez recourir à un kit d'isolation pour brochage TO-3, mais une gaine et des rondelles en plastique conviennent.

Figure 9. Câblage des cartes. **A** : entrée du secteur CA protégée par fusibles. **B** : carte d'entrée CA. **C** : transformateur de 40 V_{eff}. **C1** : condensateur C1 de la fig. 4. **D** : carte de l'alimentation variable double. **E** : carte de commande ; les transistors de puissance Q6 et Q7 sont montés sur un dissipateur commun à l'aide de kits d'isolation TO-3. **F** : carte de l'alimentation variable de 50 V. **G** : afficheurs. « ! » indique que toutes les parties métalliques exposées doivent être reliées à la terre.

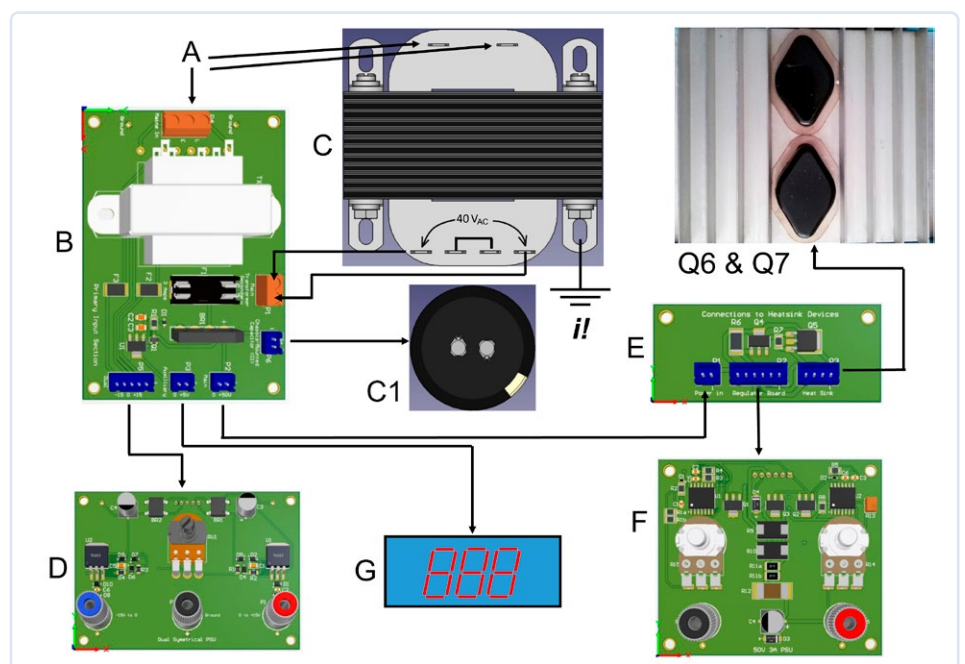




Figure 10. L'alimentation Ensemble, prête pour 40 années supplémentaires de service.

Alimentation auxiliaire de 5 V

Le circuit de l'alimentation auxiliaire de 5 V servant aux modules de mesure est placé sur la carte d'entrée CA (**figure 5**). C'est le plus complexe. L'entrée du régulateur LDO de 5 V doit d'abord être réduite pour que la limite de sa tension d'entrée ne soit pas dépassée. Pour cela une diode Zener (D1) maintient la base d'un transistor NPN discret (Q1) à environ 15 V. Le LDO (U1) voit ainsi à ses bornes une tension d'environ 14,3 V provenant du rail d'alimentation de 50–55 V.

Assemblage

L'alimentation *Ensemble* comprend quatre CI, un gros condensateur (C1), un transformateur, un dissipateur de chaleur portant Q6 et Q7, et deux afficheurs. La **figure 9** montre comment les relier. J'ai monté le tout dans un boîtier métallique adapté. Le résultat est plutôt satisfaisant à mes yeux (**figure 10**).

Fabrication des CI

J'ai fait fabriquer les cartes par paires (CI régulateur de 50 V + CI de commande, et CI alim double + CI entrée CA) afin d'en réduire le coût. Pour cela une rainure en V doit être placée entre les cartes. Vous trouverez sur la page du projet [2] les fichiers de conception ainsi que la liste des composants. ◀

VF : Hervé Moreau — 220457-04



Questions ou commentaires ?

Envoyez un courriel à l'auteur (steve@totalfive.co.uk) ou contactez Elektor (redaction@elektor.fr).



À propos de l'auteur

L'électronique est depuis toujours le passe-temps de Steve Griffin. Il a débuté dans la réparation électronique, a enseigné l'électronique, et a travaillé comme technicien supérieur à l'université de Warwick au Royaume-Uni, où il a notamment œuvré sur des capteurs à haute sensibilité, conduit des recherches sur des semi-conducteurs, et réalisé des circuits de charge rapide pour batteries HT. Il dessine et fabrique souvent des circuits originaux, et depuis peu s'intéresse à la conception et à l'impression 3D.



Produits

- > **Système d'alimentation linéaire numérique Miniware (MDP-M01+ MDP-P906) (SKU 20458)**
www.elektor.fr/20458
- > **Alimentation programmable Joy-IT DPM8605 (0-60 V, 0-5 A) (SKU 19385)**
www.elektor.fr/19385

LIENS

- [1] Alimentation de laboratoire 0-50 V/0-2 A, Elektor 7/1980 : <https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-198007/51324>
- [2] Ce projet sur Elektor Labs : <https://elektormagazine.fr/labs/bench-power-supply-ensemble>
- [3] Partie 1 sur Elektor Labs : <https://elektormagazine.fr/labs/variable-0-50v-2a-supply-refresh>
- [4] Partie 2 sur Elektor Labs : <https://elektormagazine.com/labs/simple-dual-voltage-bench-power-supply>