

EXPERIMENTATION ET EVOLUTION DES CIRCUITS FONDAMENTAUX

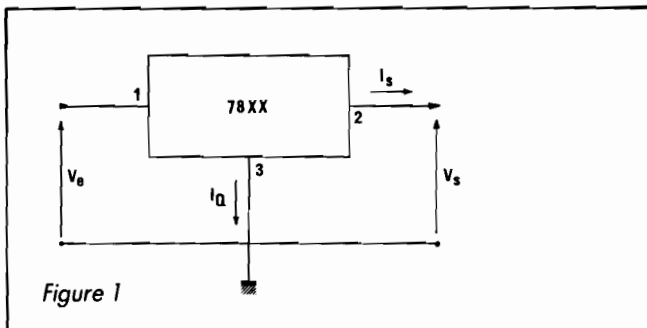
Amélioration des performances d'un régulateur « trois pattes »

L'avènement, déjà ancien maintenant, des circuits intégrés régulateurs de tension à trois pattes a considérablement simplifié la construction d'alimentations stabilisées à sortie fixe : un composant unique, aussi facile à manipuler qu'un vulgaire transistor, remplace tout un montage plus ou moins complexe. S'il est possible de modifier la tension de sortie d'un tel circuit, on n'y parvient qu'au prix d'une dégradation importante des performances. Il en va tout autrement de leurs analogues à sortie variable, d'apparition plus récente. Nous nous proposons de montrer tout ce qu'on peut tirer de ces étonnantes petites bêtes, au prix de quelques adjonctions simples.

UN PARAMETRE LIMITATIF : LE COURANT DE POLARISATION

Dans un régulateur à sortie fixe, on dispose d'une borne d'entrée où s'applique la tension non stabilisée V_e , d'une sortie pour la tension V_s régu-

lée et d'une troisième connexion, normalement réunie à la masse (fig. 1). A travers cette dernière circule le courant de polarisation I_Q , né-



cessaire au fonctionnement des divers circuits internes. D'une intensité typique généralement voisine de 5 mA (tableau, ligne 6), ce courant varie de quelques centaines de microampères, avec la tension d'entrée et avec l'intensité délivrée en sortie (tableau, ligne 7).

Imaginons alors – ce que proposent certaines notes d'applications – qu'on adopte le schéma de la figure 2, en vue de modifier ou de rendre variable la tension de sortie. Désignons par V_N (nominale) la différence de potentiel imposée, par le régulateur entre ses bornes 2 et 3. On trouvera, en sortie :

$$V_s = V_N \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) + I_Q R_2$$

expression qui fait clairement

apparaître l'influence néfaste de I_Q et plus encore de ses variations ΔI_Q . Précisons sur un exemple numérique, en prenant $V_N = 5 \text{ V}$, $R_1 = 220 \Omega$ et R_2 variable de 0 à 1 k Ω (potentiomètre). Si l'on donne à R_2 sa valeur maximale, on trouve :

$$V_s = 5 \left(1 + \frac{1000}{220} \right)$$

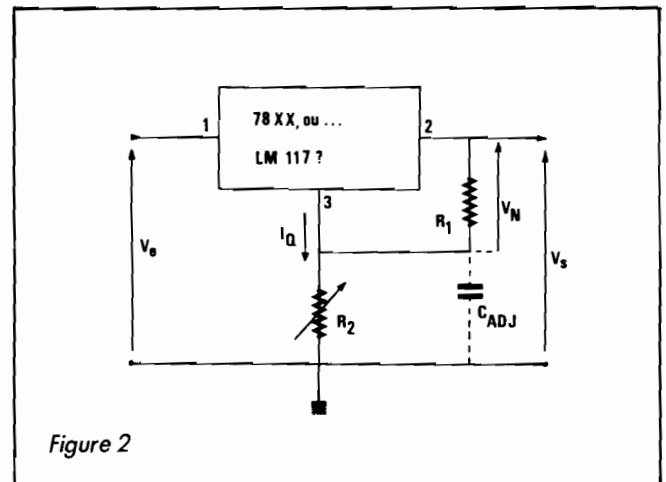
$$+ 5 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3$$

$$V_s = 27,7 + 5 = 32,7 \text{ V}$$

Les variations du courant de sortie I_s s'accompagnent de variations ΔI_Q de 0,2 mA, auxquelles correspondent, en sortie, des écarts :

$$\Delta V_s = 0,2 \cdot 10^{-3} \cdot 10^3 = 0,2 \text{ V}$$

difficilement acceptables.



LES REGULATEURS A TENSION VARIABLE

Avec l'apparition de la famille LM 117 (217, 317), on dispose de régulateurs « trois pattes » spécialement conçus pour un réglage de la tension de sortie. A cet effet, deux caractéristiques ont été profondément modifiées :

- la tension nominale, entre les bornes 2 et 3, est ramenée à 1,2 V. La plage des variations en sortie, à l'aide du montage de la figure 2, s'étend alors de 1,2 à 37 V ;

- le courant de polarisation I_Q ne vaut plus que 50 μ A, et ses variations sont de l'ordre de 0,2 μ A. Avec les valeurs de l'exemple précédent, on voit que les variations ΔV_s dues à ce paramètre sont ramenées de 0,2 V à 0,2 mV !

D'autres caractéristiques, elles aussi, s'améliorent de façon sensible. Pour permettre au lecteur une comparaison rapide, nous avons rassemblé, dans le tableau ci-joint, quelques données essentielles concernant, d'une part, un régulateur fixe de 12 V et, d'autre part, le modèle LM 117 T, réglable de 1,2 à 37 V. Tous deux sont présentés en boîtier plastique TO 220. Nous laisserons de côté les rubriques dont l'interprétation est immédiate, pour commenter celles qui nécessitent des explications complémentaires.

Le courant minimal en sortie

Cette notion ne s'applique qu'au LM 117. On ne peut maintenir la qualité de régulation sur la sortie 2 qu'en lui faisant délivrer un courant d'au moins 3,5 mA : nous choisirons 5 mA par mesure de sécurité. Cette intensité, qui doit circuler même en l'ab-

sence de charge externe, sera alors consommée par la résistance R_1 , qui « voit » la tension V_N de 1,2 V. Ceci impose, pour R_1 , la valeur maximale :

$$R_1 = \frac{1,2 \text{ V}}{5 \text{ mA}} = 240 \Omega$$

Tension de bruit

Il s'agit de la valeur efficace dans la bande de fréquence comprise entre 10 Hz et 10 kHz et qui atteint typiquement 75 μ V pour le LM 7812. Pour le modèle LM 117, la tension de bruit, proportionnelle à V_s , s'exprime en pourcentage de cette dernière. Ainsi, pour $V_s = 12$ V, on trouve :

$$V_n = \frac{0,003}{100} 12 \text{ V} = 36 \mu\text{V}$$

soit à peine la moitié par rapport au 7812.

Réjection de l'ondulation

Le plus souvent, la tension non stabilisée s'obtient par redressement à double alter-

nance à partir du secteur et filtrage par un condensateur. Elle est alors affectée d'une ondulation résiduelle à 100 Hz, que le régulateur doit atténuer au mieux.

Limitée à 65 dB, cette réjection pour le LM 117 peut atteindre 80 dB si l'on découple la résistance R_2 par un condensateur électrolytique de 10 μ F (tableau ligne 9 et fig. 2). Elle devient ainsi nettement meilleure que pour un régulateur fixe (72 dB pour le LM 7812).

Le prix

Paramètre rarement évoqué dans les études techniques, le prix, toutes choses égales par ailleurs, nous paraît pourtant déterminant. Le tableau (ligne 10) montre que la différence (il s'agit de valeurs moyennes, au détail) reste très faible. Si l'on ajoute que le LM 117 permet de ne stocker qu'un seul type – et, par là, de bénéficier de rabais en achetant par quantités –, l'avantage s'inscrit toujours du même côté.

AUGMENTONS LE COURANT DE SORTIE

Nous ne traiterons plus maintenant que du LM 117 et de ses frères. Ses protections internes le mettent à l'abri des courts-circuits en sortie, des surcharges et d'un échauffement excessif. Il importe, lors des diverses applications, de ne pas perdre le bénéfice de ces dispositifs. L'un des cas à prendre en considération est celui de l'augmentation du courant de sortie, par l'emploi de transistors ballast.

Les notes d'applications donnent souvent des schémas fort efficaces, mais qui nécessitent l'introduction de composants actifs externes pour réintroduire des protections. C'est là une complication à laquelle le schéma de la figure 3 permet d'échapper.

Dans ce montage, la tension de sortie V_s reste imposée par le circuit intégré, associé aux résistances R_1 et R_2 . Le courant total de sortie, lui, se par-

Régulateur		LM 7812	LM 117
1 Tension de sortie	V_s	12 V ($\pm 8\%$)	1,2 à 37 V
2 Courant maximal en sortie	$I_{s \text{ max}}$	1 A	1,5 A
3 Courant minimal en sortie	$I_{s \text{ min}}$		3,5 mA
4 Régulation vis-à-vis de l'entrée	$\frac{\Delta V_s}{\Delta V_e}$	0,02 % de ΔV_e	0,02 % de ΔV_e
5 Régulation vis-à-vis de la sortie	ΔV_s	30 mV de 10 mA à 1 A	0,3 % de V_s de 10 mA à 1 A
6 Courant de polarisation	I_Q	5 mA	50 μ A
7 Variation du courant de polarisation	ΔI_Q	0,2 mA	0,2 μ A
8 Tension de bruit (valeur efficace)	V_n	75 μ V	0,003 % de V_s
9 Réjection de l'ondulation à 100 Hz	$\frac{\Delta V_e}{\Delta V_s}$	72 dB	65 dB (a) 80 dB (b)
10 Prix unitaire (moyen)		5 F	7 F

(a) En l'absence du condensateur C_{ADJ} .

(b) Avec condensateur C_{ADJ} de 10 μ F (voir fig. 2).

tage entre deux voies : d'une part, la résistances R_3 , la diode D et le régulateur ; d'autre part, la résistance R_4 , et l'espace émetteur-collecteur du transistor PNP de puissance, T. Dans la jonction émetteur-base du transistor et dans la diode, on observe sensiblement la même chute de potentiel, voisine de 0,7 V (silicium). Il en va donc de même aux bornes des résistances R_3 et R_4 . Les intensités entre les deux voies se partagent donc dans le rapport :

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{R_3}{R_4}$$

Protection contre les surintensités

Grâce aux protections internes et en supposant, pour l'instant, que n'interviennent pas les limitations thermiques, l'intensité à travers le LM 117 n'atteint, au maximum, que 1,5 A. L'intensité maximale dans le transistor sera donc :

$$I_{2 \max} = \frac{R_3}{R_4} \cdot 1,5$$

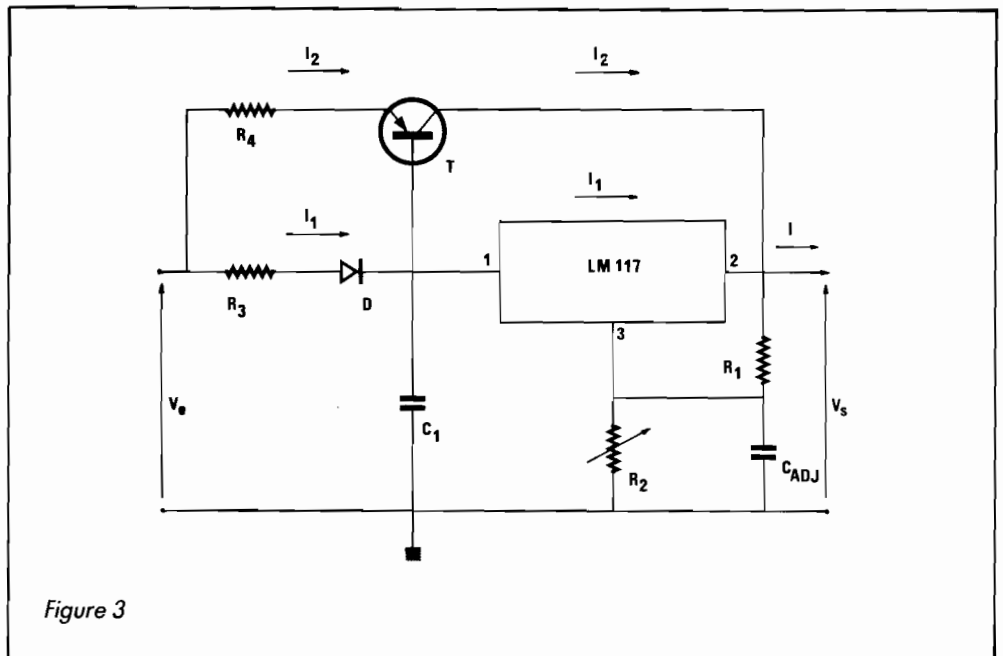


Figure 3

Au total, l'intensité maximale, à la sortie du montage devient :

$$I_{\max} = \left(\frac{R_3}{R_4} + 1 \right) 1,5$$

Pratiquement, on choisit R_3 pour que la chute maximale

de tension y soit voisine de volt, ce qui donne, ici :

$$R_3 = \frac{1}{1,5} = 0,66 \Omega$$

soit 0,68 Ω pour prendre une valeur normalisée. Il faut naturellement penser à la puis-

sance dissipée, qui atteint :

$$R_3 = I_{\max} \times 1 \text{ V} = 1,5 \text{ W}$$

et on adoptera 3 W par mesure de sécurité. La résistance R_4 est maintenant déterminée par l'intensité totale souhaitée. Si, par exemple, on veut $I_{\max} = 5 \text{ A}$, soit $I_2 = 3,5 \text{ A}$, on prendra :

$$R_4 = \frac{I_1}{I_2} R_3 = \frac{1,5}{3,5} \cdot 0,66$$

$$R_4 = 0,28 \Omega \approx 0,27 \Omega$$

La puissance maximale dissipée dans R_4 atteint 3,5 W : une résistance de 5 à 7 W conviendra.

Protection thermique

Le régulateur limite la puissance qu'il dissipe en tenant compte, évidemment, de sa propre température et non de celle du transistor. On pourra englober ce dernier dans le dispositif limitateur en le montant sur le même radiateur que le LM 117, avec un bon couplage thermique. Un échauffement excessif du transistor est alors transmis au régulateur, ce qui agit sur I_1 et, par voie de conséquence, sur I_2 .

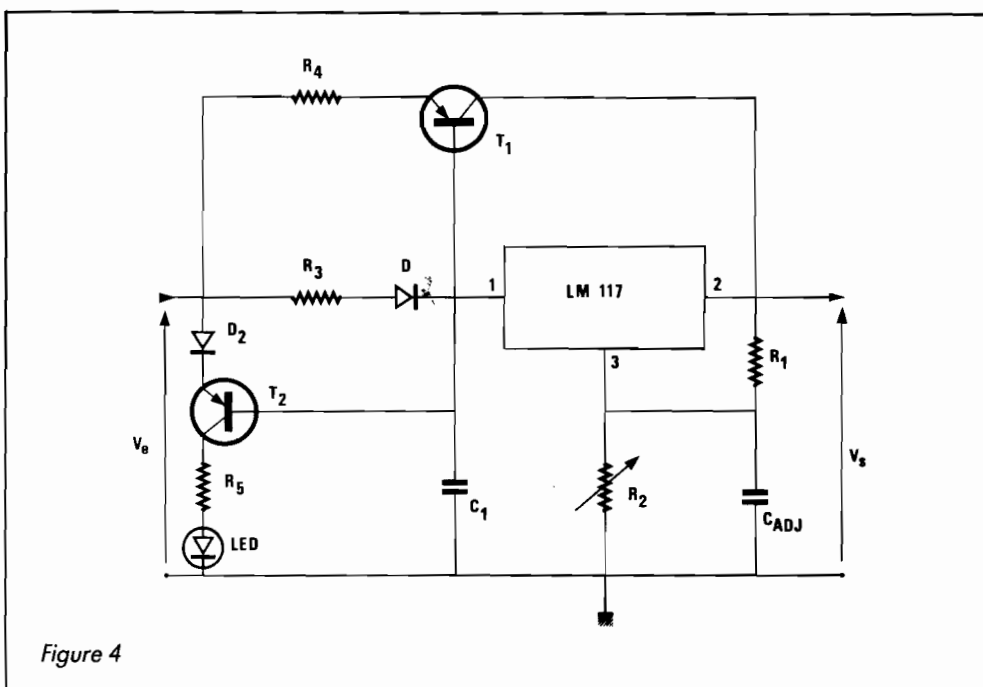


Figure 4

AJOUTONS UN INDICATEUR DE SURCHARGE

L'entrée en action du limiteur d'intensité entraîne une cessation de régulation de la tension de sortie qui, dans ses premières manifestations, risque d'échapper à l'utilisateur. Un dispositif visualisant la situation de surcharge apparaît donc utile. Nous en proposons un, très simple, à la figure 4. Lorsque la différence de potentiel aux bornes de l'ensemble $R_3 D_1$ atteint ou dépasse une valeur voisine de 1,6 V, le transistor T_2 commence à conduire, alimentant la diode électroluminescente LED, à travers R_5 . On déterminera R_5 en fonction de V_e pour que, à la saturation de T_2 , l'intensité traversant la diode électroluminescente soit comprise entre 10 et 20 mA environ, pour une luminosité confortable. Il ne faudra pas oublier que D_2 , l'espace émetteur-collecteur du transistor saturé, et la LED totalisent une chute de tension proche de 2,7 V.

ALIMENTATIONS AJUSTABLES A HAUTE TENSION

Certaines évolutions techniques, par exemple le développement des transistors à effet de champ de type MOSFET, ont remis au goût du jour les alimentations sous des tensions relativement élevées. En apparence, celles-ci semblent incompatibles avec l'emploi des régulateurs intégrés. En réalité, certains artifices permettent de pallier les limites propres des circuits.

Le schéma de la figure 5 montre un exemple d'alimentation réglable entre 1,2 et 150 V environ, avec un débit maximal de 25 mA. Ici, le LM 117 travaillant en mode flottant ne voit pas de différence de potentiel élevée entre son entrée 1 et sa sortie 2. La diode ze-

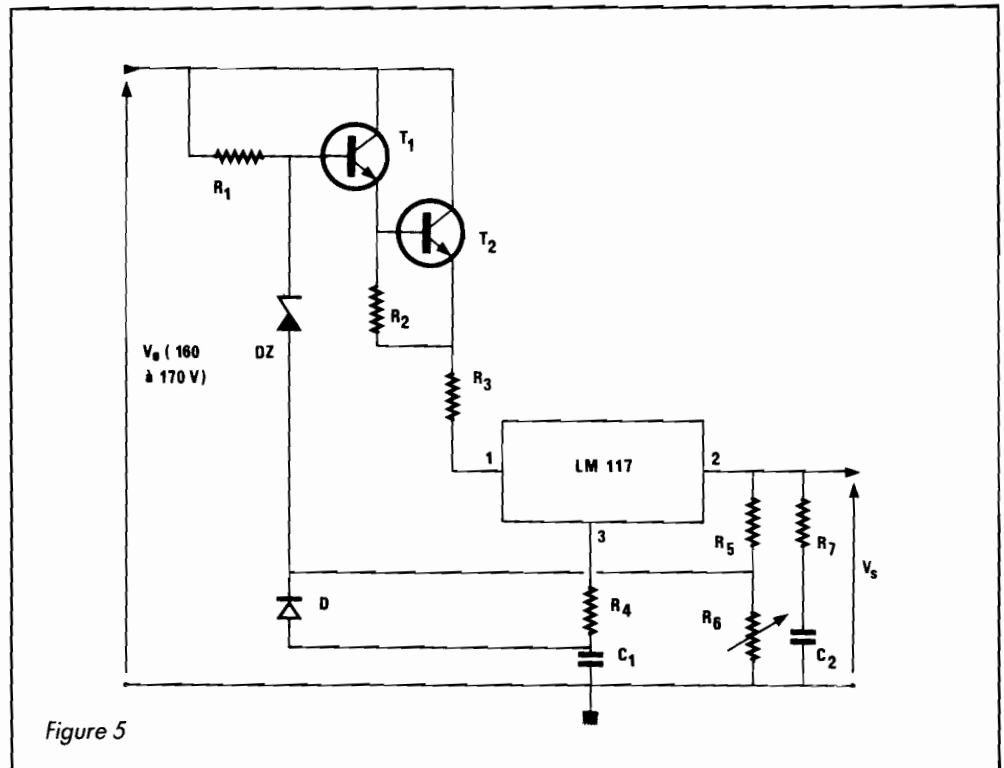


Figure 5

ner D_z (6,2 V), en association avec les espaces base-émetteur des transistors T_1 et T_2 , limite à 5 V environ la tension aux bornes du circuit. Les transistors sont évidemment des modèles à haute tension (200 V), qui n'offrent que des

gains en courant β relativement réduits : ceci impose le montage Darlington que montre la figure. La résistance R_3 limite le courant de court-circuit à environ 50 mA.

Le transistor T_2 , qui dissipe près de 5 W en fonctionne-

ment normal (25 mA en sortie), et jusqu'à 10 W en situation de court-circuit, sera énergiquement refroidi par un dissipateur. Le potentiomètre R_6 de réglage de la tension de sortie est un modèle bobiné capable de dissiper 5 W.

Valeurs des divers composants

R_1 : 100 k Ω (0,5 W)
 R_2 : 1 k Ω (0,5 W)
 R_3 : 100 Ω (0,5 W)
 R_4 : 100 Ω (0,5 W)
 R_5 : 150 Ω (0,5 W)
 R_6 : potentiomètre 20 k Ω (5 W)
 R_7 : 2,7 Ω (0,5 W)
 C_1 : 1 μ F (250 V)
 C_2 : 1 μ F (250 V)
 D_z : 6,2 V (0,5 W)
 D : 1N4001
 T_1, T_2 : BD 232.

POUR CONCLURE

Les régulateurs « trois pattes » simplifient considérablement la réalisation d'alimentations stabilisées. Par leurs performances nettement améliorées, les modèles LM 117, LM 217, LM 317 ouvrent la porte à la construction d'alimentations variables (ou ajustables) de très bonne qualité : ils tendent, par leur universalité, à remplacer toute la gamme des régulateurs fixes.

Au prix de l'adjonction d'un petit nombre de composants, il devient facile d'outrepasser les limites intrinsèques d'intensité et de tension. Le LM 117 apparaît alors comme la base d'une variété infinie d'alimentations que nos lecteurs pourront adapter à leurs besoins grâce aux indications fournies dans cet article.

R. RATEAU