

## ALIMENTATIONS A

Dans le domaine de l'alimentation stabilisée, un des objectifs majeurs est la recherche du plus faible volume, par unité de puissance délivrée ; un objectif particulièrement important pour les alimentations à découpage, secteur d'activité où les constructeurs sont nombreux et la compétition serrée.

Dans un premier temps, on peut arriver à diminuer le nombre de composants discrets par l'intégration des éléments du système de commande.

Mais un gain substantiel de la taille des composants les plus encombrants peut être atteint par un choix judicieux du schéma de base et de ses composants.

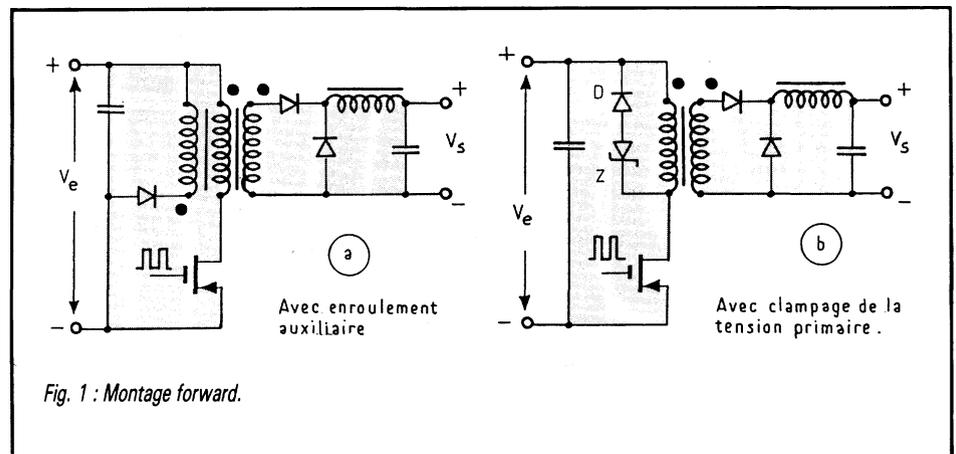
Actuellement, pour des puissances fournies comprises entre 50 et 1 000 W, le choix du montage « forward » apparaît le plus logique en raison des avantages qu'il présente ; en outre, la valeur des éléments qui le constituent peut être réduite par une meilleure exploitation des paramètres de commutation.

### Le montage « forward » et ses limites

Le montage « forward », à un seul transistor de commutation, s'est

imposé pour les alimentations à découpage de moyenne puissance en raison de la simplification qu'il présente par rapport aux dispositifs « push-pull ».

Par ailleurs, cette configuration génère une faible ondulation résiduelle



# DÉCOUPAGE : COMPACTITÉ ACCRUE

de la tension de sortie ainsi qu'un courant efficace primaire réduit, par comparaison avec le montage « fly-back » que l'on rencontre surtout pour des faibles puissances.

Avec le montage « forward », une des contraintes principales est d'assurer la démagnétisation du noyau du transformateur, quelles que soient les conditions de tension d'entrée et de charge.

A chaque cycle du découpage un temps doit être consacré à cette démagnétisation pour laquelle on utilise généralement un enroulement supplémentaire du transformateur — qui a le même nombre de tours que le primaire — et qui peut éventuellement retourner vers la source, l'énergie récupérée (figure 1a).

Cette disposition limite le rapport cyclique à une valeur qui ne peut dépasser 50 % et qui ne permet pas d'obtenir le fonctionnement optimal.

Par contre, un rapport cyclique plus élevé entraîne une baisse des pertes au primaire, occasionnée par la réduction du courant efficace et une diminution de la valeur du condensateur de filtrage d'entrée pour un temps de maintien identique.

D'autres contraintes sont inhérentes au dispositif à modulation de largeur dans lequel le signal d'erreur est comparé à une tension en dent de scie dont la durée et l'amplitude sont constantes.

Pour compenser les variations dues aux fluctuations de la tension d'entrée, il est nécessaire de maintenir un fort gain de boucle qui est proportionnel à la tension d'entrée.

Si ce gain est optimal pour les faibles valeurs de la tension d'entrée,

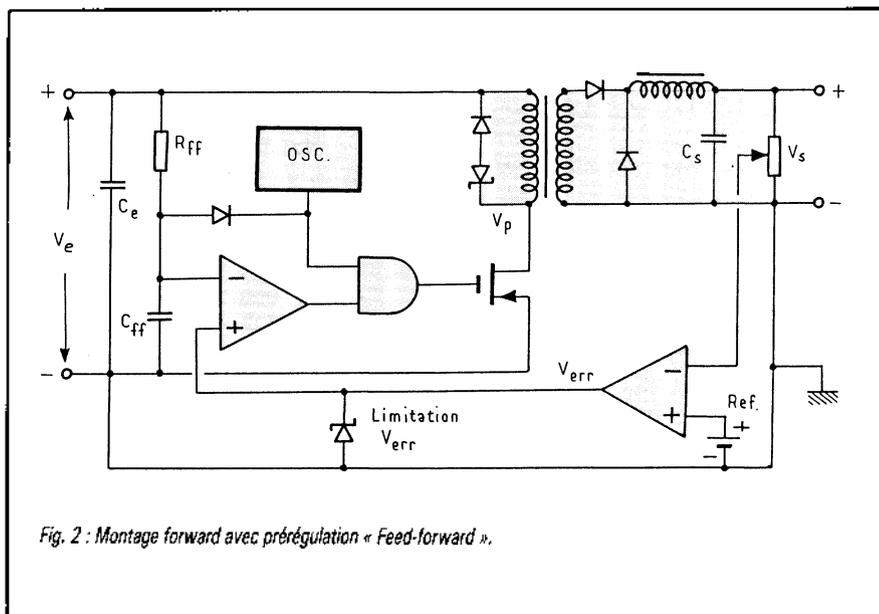


Fig. 2 : Montage forward avec préréglage « Feed-forward ».

le système risque de devenir instable aux tensions les plus élevées, à cause de la réduction de la marge de phase de la fonction de gain.

Dans une régulation en tension par modulation de largeur la réponse à un changement du courant de sortie s'effectue à partir de l'appréciation de la variation de la tension de sortie  $V_s$ .

Comme le gain est élevé pour obtenir un taux de régulation correct en fonction des fluctuations de l'entrée, une brusque variation de charge peut entraîner un temps de conduction maximal et causer, si la tension d'entrée est à son niveau le plus haut, une saturation du transformateur dans le cas où le rapport cyclique maximal n'est pas rigoureusement contrôlé.

Ces difficultés peuvent disparaître par l'emploi de la préréglage amont. (feed-forward).

## Les solutions d'ordre pratique

Le rapport cyclique peut être augmenté au-delà de 50 %, en remplaçant l'enroulement supplémentaire du transformateur par un circuit de « clamping » connecté aux bornes du primaire (figure 1b).

La démagnétisation s'effectuera si une durée suffisante permet l'équilibrage tension-temps :

$$V_e \times \tau \times \tau_{\max} < (1 - \tau_{\max}) (V_z + V_d)$$

avec :

$V_e$  : tension d'entrée,

$\tau$  : rapport cyclique,

$V_z$  : tension de zener,

$V_d$  : chute de tension directe dans la diode.

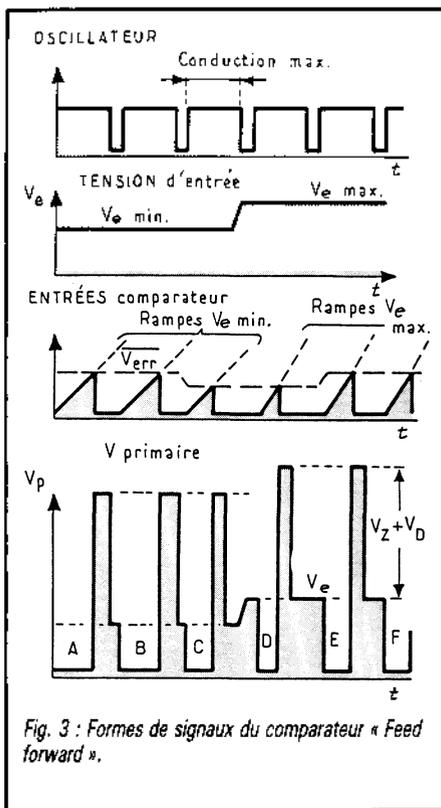


Fig. 3 : Formes de signaux du comparateur « Feed forward ».

Si un dispositif empêche le rapport cyclique de dépasser une valeur maximale, il est possible de l'utiliser jusqu'à 75 %.

Un accroissement du rapport cyclique conduit à un plus grand rapport de transformation et par suite à un courant efficace primaire plus faible, d'où une réduction des pertes dans le primaire et dans le transistor de commutation.

Toutefois, en contrepartie des avantages résultant de l'augmentation du rapport cyclique, une valeur plus élevée de la tension pendant le blocage exige l'emploi d'un transistor ayant une meilleure tenue au claquage.

Une amélioration importante des conditions de gain et l'élimination de la dépendance de ce gain vis-à-vis de la tension d'entrée peuvent être obtenus par l'utilisation de la pré-régulation amont (feed-forward).

Dans cette disposition (figure 2) le signal d'erreur provenant de l'écart de la sortie par rapport à une référence fixe, est comparé à un signal en dent de scie dont la pente et proportionnelle à la tension d'entrée.

La rampe est produite en chargeant un condensateur par une source de courant variant linéairement avec l'entrée. L'oscillateur a deux rôles :

- a) il définit la valeur maximale du temps de conduction,
- b) il remet à zéro la rampe par décharge du condensateur Cff durant le blocage.

Ce type de régulation est également connue sous le nom de commande à tension-temps constant, car le produit volt x secondes du signal du secondaire du transformateur est indépendant de la valeur de la tension d'entrée.

En effet, nous avons d'une part (en supposant le rendement égal à 1) en première approximation :

$$V_s = \frac{V_e}{n} \tau$$

et d'autre part :

$$\frac{V_e}{R_{ff} C_{ff} F} \times \tau = V_{err}$$

puisque la conduction cesse quand la tension de rampe est égale à  $V_{err}$ .

Avec  $V_e$  : tension d'entrée,  
 $V_s$  : tension de sortie,  
 $n$  : rapport de transformation,

$R_{ff} C_{ff}$  : constante de temps,  
 $F$  : fréquence de découpage,

$\tau$  : rapport cyclique,  
 $V_{err}$  : tension d'erreur.  
 De ces deux relations on déduit :

$$V_s = \frac{R_{ff} C_{ff} F V_{err}}{n}$$

Ce qui montre que la tension de sortie est indépendante de la tension d'entrée.

Le diagramme simplifié de la figure 3 représente les formes d'onde théorique du comparateur et de l'étage de puissance dans différentes conditions :

- Pour les trois premières périodes de l'oscillateur, la tension d'entrée est basse ; pour les 3 autres, elle est haute.

A ce changement de niveau correspond un changement de pente de la rampe à l'entrée du comparateur.

- Pour les deux périodes placées au centre du diagramme, dans l'échelle des temps, la tension d'erreur est plus faible, correspondant par exemple à une modification du réglage de la valeur de tension de sortie.

La tension obtenue en sortie après filtrage est à l'image des surfaces inférieures du signal appliqué au primaire du transforma-

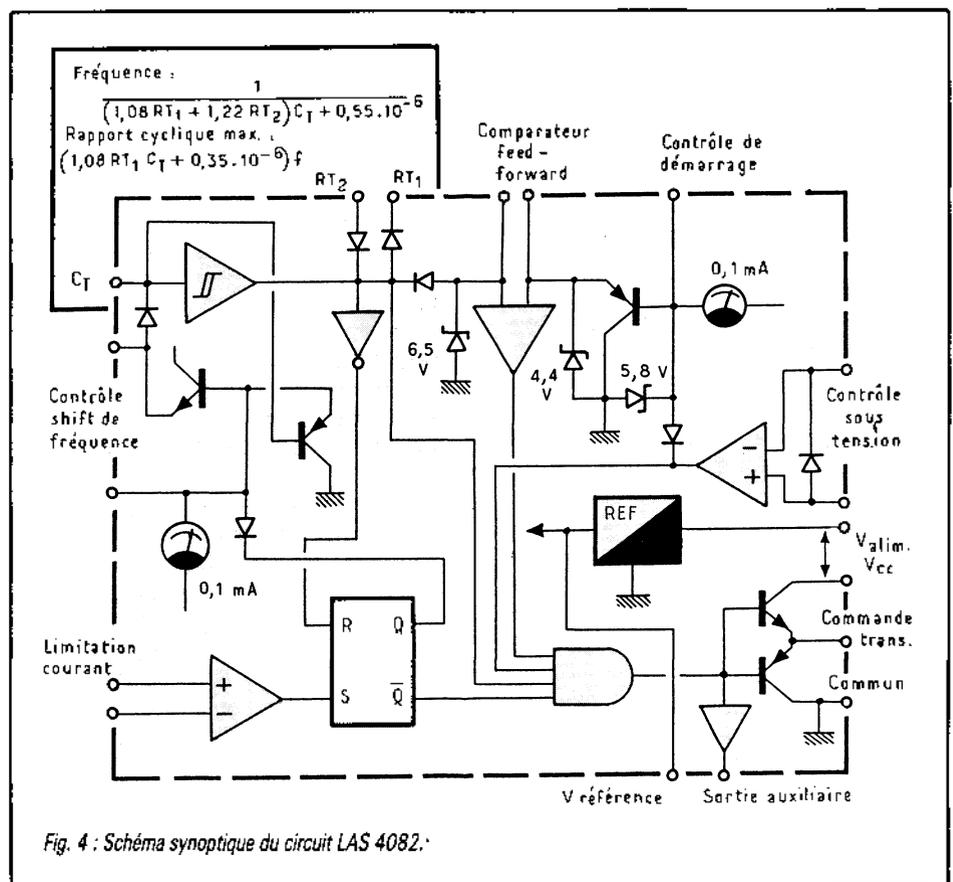


Fig. 4 : Schéma synoptique du circuit LAS 4082.

teur.  
Les aires A B E F sont équivalentes pour un réglage identique de  $V_s$  bien que la tension d'entrée ait varié.

De même, pour une autre valeur de la tension d'erreur, on retrouve la même égalité des aires C et D. En résumé, la tension de sortie dépend seulement de la tension d'erreur et est peu dépendante des fluctuations de l'entrée.

## Les circuits intégrés LAS 4082 et LAS 4182

La mise en œuvre du montage décrit ci-dessus requiert un dispositif de contrôle réunissant les différentes fonctions de commande et de protection.

Ces fonctions sont incluses dans les circuits intégrés *Lambda* LAS 4082 et LAS 4182 qui comportent dans un seul boîtier dual-in-line un oscillateur à temps de conduction maximal contrôlé, un dispositif de contrôle de démarrage et de blocage en sous tension, une limitation du courant cycle par cycle, un étage de puissance à sortie « totem-pôle » (figure 4).

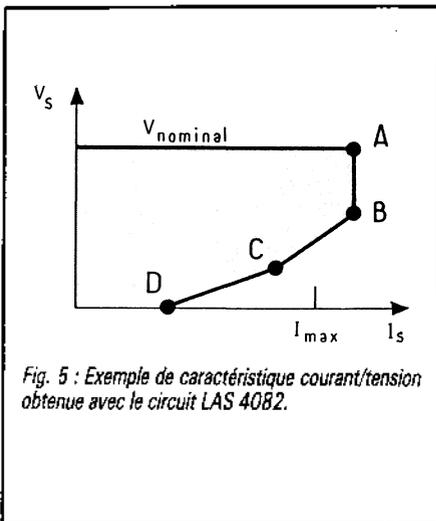


Fig. 5 : Exemple de caractéristique courant/tension obtenue avec le circuit LAS 4082.

Pour obtenir un fonctionnement sûr et facile à mettre en œuvre, chacune de ces fonctions obéit à différents critères :

- la fréquence de l'oscillateur doit être dans les plages spécifiées de température et de tension d'entrée avec une fréquence initiale bien définie, de façon à éviter la nécessité d'un ajustage supplémentaire.

Le temps de conduction maximal

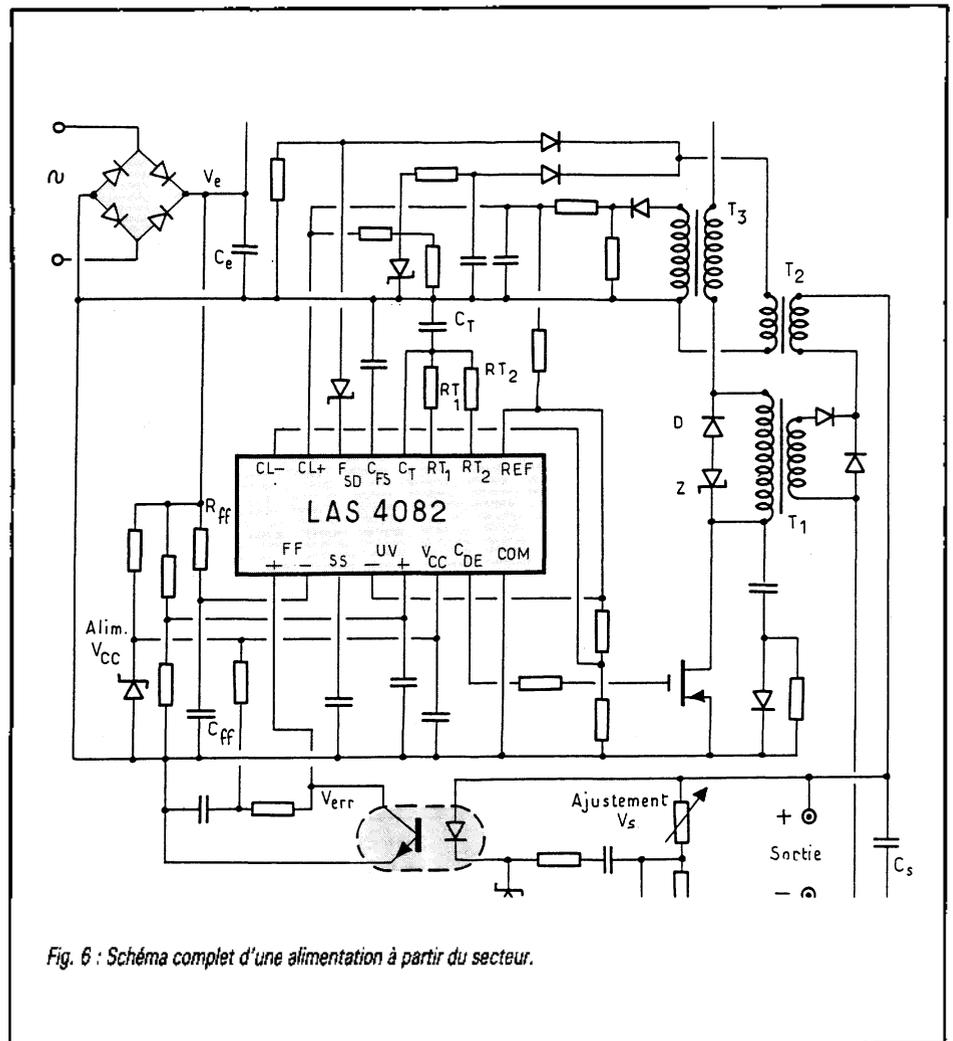


Fig. 6 : Schéma complet d'une alimentation à partir du secteur.

doit être également contrôlé avec une valeur initiale précise dans ces mêmes conditions de températures et tension d'entrée.

Ces caractéristiques permettent de fonctionner avec des rapports cycliques supérieurs à 50 %.

- Le comparateur *feed-forward* doit être linéaire dans une plage de tension d'entrée couvrant un rapport de 1 à 3, et la durée de la charge du condensateur doit être brève vis-à-vis du temps de blocage minimal.

De plus, la tension de la diode zener qui limite la tension d'erreur doit avoir une tolérance serrée.

- Un circuit de *blocage en sous-tension* empêche le fonctionnement de l'étage de sortie si la tension est inférieure à un seuil prédéterminé.

Ce dispositif de protection prévient l'apparition de courant efficace élevé dans le primaire du transformateur quand la tension d'entrée est faible et que les conditions de protection sont mal assurées.

Ce courant élevé provoque une dissipation excessive pouvant entraîner la destruction du transistor de commutation.

- Le circuit de contrôle au démarrage (*soft-start*) agit à la mise en route sur le rapport cyclique de manière à limiter le courant de sortie à une valeur satisfaisante.

Quant la tension d'entrée devient trop faible, le comparateur de blocage en sous-tension remet à zéro le circuit de contrôle de démarrage en déchargeant le condensateur correspondant.

- La *limitation de courant* peut agir cycle par cycle car la modulation de largeur s'effectue par déplacement du front arrière.

La réponse du comparateur de limitation de courant doit être inférieure au temps de conduction minimal, de manière à contrôler les variations rapides du courant principal.

En plus de l'action sur le temps de conduction, le circuit de limitation agit dans un deuxième temps sur la valeur de la fréquence de

l'oscillateur (*shift de fréquence*) pour réduire encore l'énergie commutée.

En outre, les entrées du comparateur de limitation sont flottantes et donnent ainsi une grande souplesse d'utilisation.

Le graphique de la figure 5, représente un exemple de caractéristique qui peut être obtenue en combinant l'information relative au courant avec la tension de sortie et celle d'une diode zener.

La limitation commence à agir au point A, qui est légèrement au-delà de la valeur du courant maximal prescrit pour la tension de sortie nominale.

De A à B, la limitation est à courant constant ce qui permet la réunion en parallèle de plusieurs sorties de sources identiques. A partir de B, où la tension de sortie devient inférieure à celle de la diode zener, la caractéristique devient repliée.

Si la tension baisse encore, la diminution du temps de conduction

culs et la réduction du courant moyen s'opère par le *shift de fréquence* qui provoque le repli accentué de la partie CD.

Le schéma de base d'un montage commutant à 100 kHz et employant un circuit LAS 4082 P (16 broches boîtier plastique) est donné à la figure 6. La tension d'erreur est générée par une diode zener programmable et est appliquée à l'entrée du comparateur *feed-forward* par l'intermédiaire d'un opto-coupleur qui assure avec le transformateur l'isolement réseau/utilisation.

L'alimentation complète utilisant ce montage et avec tous ses accessoires de connexion et de filtrage occupe pour une sortie 500 W (20 V/25 A) un volume inférieur à 2,5 dm<sup>3</sup>, ce qui représente un très bon rapport puissance/volume pour un appareil fonctionnant sans ventilation forcée.

## Conclusion

L'augmentation du rapport puissance délivrée/encombrement d'une alimentation à découpage de type « *forward* » peut être obtenue sans appel à des technologies très sophistiquées par :

- le choix d'une fréquence de commutation élevée : 100 kHz semble être actuellement un choix raisonnable en fonction des matériaux magnétiques proposés sur le marché.

- l'extension du rapport cyclique au-dessus de 50 %, par l'emploi d'une préréglage amont dans des conditions très strictes de contrôle des paramètres.

Ce résultat peut être atteint grâce aux circuits *Lambda* de la famille LAS 4082/LAS 4182 qui réunissent dans un boîtier toutes les fonctions nécessaires et présentent un ensemble de paramètres parfaitement spécifiés.

**Claude FORTIN**

*Lambda Electronique  
Service applications*