

Le LM 396 : un régulateur 10 A en boîtier TO3

par P. ALLIAS

Le régulateur de tension tripolaire est désormais un composant très répandu et à peu près bien connu... Toutefois, le modèle présenté aujourd'hui se démarque assez nettement par l'un des paramètres essentiels, le courant disponible en sortie. Nous passons ici rapidement sur les avantages, qui sont évidents, mais nous exposons les contraintes liées à cette performance ainsi que les remarques personnelles qui nous ont été inspirées par notre expérimentation.

Caractéristiques et contraintes d'emploi

Le LM 396 de NS disponible chez *Générim* semble pouvoir être résumé en trois chiffres :

- 10 A disponibles en sortie.
- 70 W dissipables avant entrée en action de la protection interne.
- 20 V maximum entre l'entrée et la sortie.

De fait, toute manipulation engagée sur le LM 396 se trouve en général limitée par la combinaison de deux de ces facteurs ; pour 10 A et 70 W, la tension différentielle entrée-sortie maximale devient 7 V et pour 20 V et 70 W le courant maximal devient 3,5 A. Tout l'art de l'utilisation de ce composant réside donc dans le maintien de la tension différentielle à une valeur aussi faible que possible sans pour autant tomber en dessous de 2,5 V qui représentent le seuil de non-régulation pour la version actuelle. Notons à ce sujet que le fabricant annonce la disponibilité prochaine d'une version « -5 » à cinq broches qui pourra travailler avec 1 V différentiel à pleine charge. Ceci constitue, à notre avis, une première dans ce domaine car ce résultat ne peut être obtenu qu'en utilisant un élément PNP comme balast...

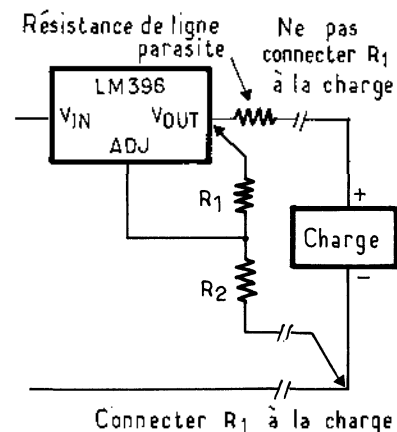
Compte tenu de l'ensemble des remarques précédentes, le refroidis-

sement doit être considéré très soigneusement.

Pour définir les caractéristiques du radiateur à employer, il est nécessaire de calculer la puissance continue à dissiper dans le pire des cas. Celle-là étant égale au produit de la tension différentielle par le courant, il est impératif de connaître précisément les caractéristiques de l'alimentation non régulée. A titre d'exemple, considérons une alimentation de 10 V en sortie et 15 V en entrée. Pour un courant de 10 A en

sortie, la puissance à dissiper vaut 50 W. Pour une augmentation de 10 % de la tension d'entrée, la puissance passe à 65 W, soit une augmentation de 30 %. Il est donc fortement conseillé de tester l'alimentation non régulée pour déterminer sa tension continue moyenne, à pleine charge et pour une tension secteur maximale. Dans la plupart des cas, les conditions les plus défavorables sont réunies pour le courant maximal, à condition toutefois que la résistance de sortie de l'alimentation

Fig. 1. - Branchement convenable du pont diviseur de référence.



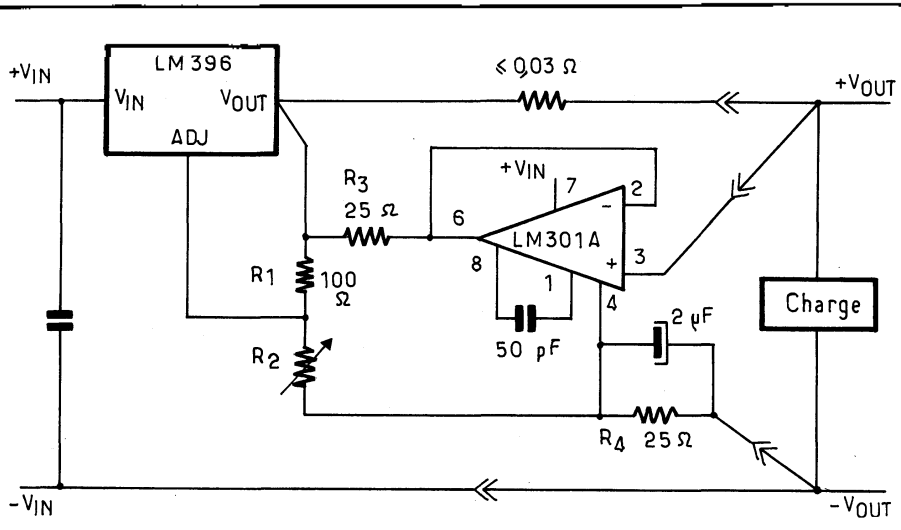


Fig. 2. - Réalisation d'un branchement « 4 fils ».
Résistance de ligne parasite induite par le câblage ou la mise en parallèle des ballasts.

non régulée soit inférieure à $\frac{V_o - V_s}{2 I_M}$ avec V_o tension d'entrée à vide et V_s tension de sortie régulée. Dans le cas où cette résistance de sortie est plus forte, la dissipation maximale peut se produire pour une valeur de courant différente du maximum.

L'un des points nécessitant une attention particulière est la capacité de filtrage. En effet, pour des valeurs de courant compatibles avec les possibilités du LM 396, les caractéristiques de celle-ci sont imposées plus par l'ondulation en courant que par l'ondulation en tension. L'ondulation en courant est, en général, deux à trois fois plus grande que le courant moyen en sortie du filtre. Si le condensateur présente une résistance équivalente-série de 0,05 Ω , sa dissipation interne peut atteindre une trentaine de watts pour 10 A en sortie, ce qui peut évidemment être néfaste.

En ce qui concerne l'ondulation en tension, il faut noter que la recherche d'une tension différentielle minimale se trouve limitée par cette dernière.

A titre d'exemple, une alimentation 5 V en sortie doit présenter une tension d'entrée minimale de 7,5 V. Si l'ondulation de cette dernière vaut quatre volts crêtes à crêtes, la tension moyenne à prendre en compte pour le calcul de la dissipation sera 9,5 V, provoquant ainsi une tension différentielle de 4,5 V.

Il faut noter que la valeur classique de 2 000 μF par ampère engendre deux volts crête à crête d'ondulation. Pour 10 A, voilà déjà 20 000 μF pour un résultat moyen...

La réjection de cette ondulation résiduelle nécessite l'emploi d'un condensateur d'une vingtaine de microfarads entre la masse et la patte d'ajustement pour atteindre la valeur typique de 74 dB. Les photos 1 et 2 montrent les résultats pratiques observés sur notre exemplaire d'essais.

Pour 1,6 V_{pp} aux bornes du condensateur de filtrage, 0,5 mV environ en sortie, c'est-à-dire 70 dB minimum à 100 Hz.

Régulation en charge

Le LM 396 étant un dispositif tripolaire, il n'est pas possible d'envisager directement un fonctionnement en mode 4 fils. La résistance de sortie R_w de l'ensemble est constituée de la patte de connexion en série avec le fil de sortie. Ainsi que le montre la figure 1, le pied du pont diviseur est bien connecté directe-

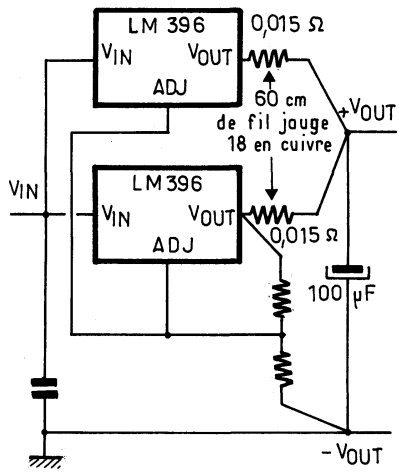


Fig. 3. - Mise en parallèle de plusieurs régulateurs.

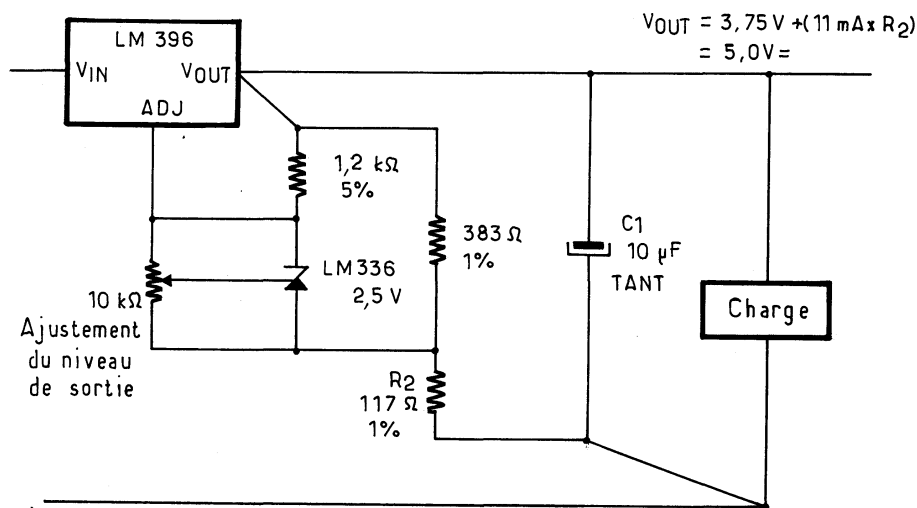


Fig. 4. - Amélioration de la régulation par adjonction d'une référence externe.
La régulation peut être améliorée en ajoutant un LM 336 pour porter la référence réelle à 3,75 V. Les régulations ligne et charge sont augmentées dans un rapport 3 à 1, en incluant les effets thermiques.

ment sur la charge, mais la meilleure régulation implique la connexion de l'autre branche du pont le plus près possible du boîtier du LM 396. Bien que cela puisse paraître curieux, ce branchement permet de ne pas multiplier R_w par le rapport $\frac{R_2 + R_1}{R_1}$, ce qui aurait été le

cas si la branche haute du pont avait été reliée à la charge. La valeur de R_w est d'environ $13 \text{ m}\Omega$ par mètre, ce qui provoque une chute de 130 mV par mètre pour un courant de 10 A .

La figure 2 montre le recours possible pour réaliser un montage 4 fils, mais il faut bien reconnaître que l'on perd alors quelques-uns des avantages du régulateur tripolaire.

Le 301 A reproduit une image de la perte due à la résistance R_w aux bornes de R_3 . Le courant traversant cette dernière est extrait de la patte V_- de l'amplificateur opérationnel par R_4 .

La chute de tension aux bornes de R_4 augmente alors la tension de sortie d'une valeur égale à la perte en ligne due à R_w , annulant ainsi cet effet néfaste. Il faut toutefois noter qu'il sera judicieux d'employer un amplificateur opérationnel doté d'un courant de polarisation aussi faible que possible, car celui-ci crée une erreur de base d'environ 40 mV . Peut-être qu'à ce titre, le 301 A ne représente pas le choix le plus judicieux possible et que certains Bi FET de la nouvelle génération LF 400 seraient mieux adaptés.

Mise en parallèle de régulateurs

Cette mise en parallèle n'est généralement pas recommandée puisque les courants ne se répartissent pas également. Le composant dont la référence interne est la plus forte fournira l'effort maximum. Par exemple, sur une charge acceptant 18 A , l'un des régulateurs fonctionnera en limitation à 16 A pendant que le second délivrera 2 A . La dissipation interne qui en résulte dans le premier régulateur rend impossible une estimation sérieuse de fiabilité. Si la régulation en charge n'est pas le paramètre critique, une solution telle que celle de la figure 3 peut être envisagée. Dans ce cas, la répartition des courants entre les régulateurs n'engendre qu'une dispersion située entre 1 et 3 A . La chute de tension de sortie induite n'est toutefois que de 150 mV à 20 A .

Capacités en entrée et en sortie

Le LM 396 accepte une large gamme de capacités en entrée et en

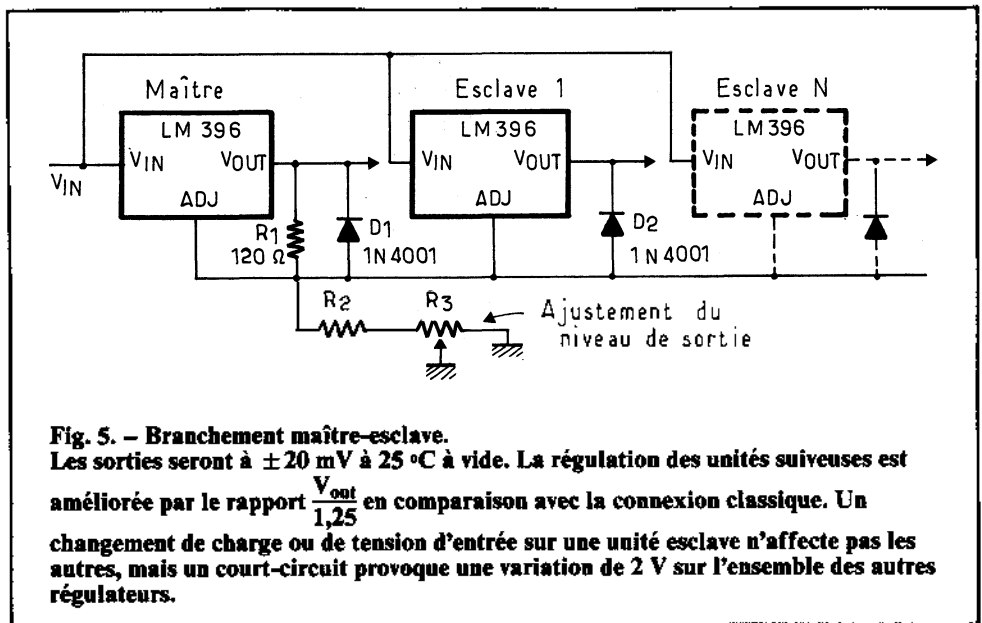
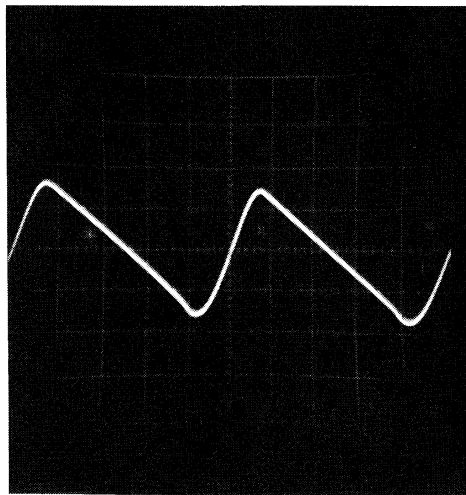


Fig. 5. - Branchement maître-esclave.

Les sorties seront à $\pm 20 \text{ mV}$ à 25°C à vide. La régulation des unités suiveuses est

améliorée par le rapport $\frac{V_{out}}{1,25}$ en comparaison avec la connexion classique. Un

changement de charge ou de tension d'entrée sur une unité esclave n'affecte pas les autres, mais un court-circuit provoque une variation de 2 V sur l'ensemble des autres régulateurs.



Ondulation résiduelle aux bornes du condensateur de filtrage pour 5 A en sortie. $Y = 500 \text{ mV/div}$, $X = 2 \text{ ms/div}$.

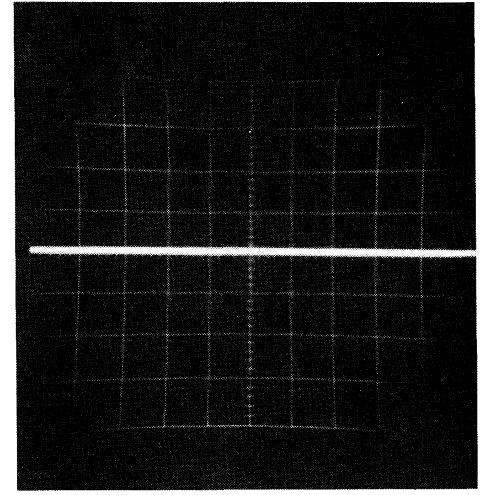
sortie, mais des grandes longueurs de pistes ou des valeurs trop faibles en sortie peuvent créer des problèmes. En général, si un condensateur de sortie est utilisé, il ne doit pas être inférieur à $1 \mu\text{F}$. Un $10 \mu\text{F}$ au tantale solide améliore de beaucoup l'impédance de sortie haute fréquence. Il doit être monté le plus près possible du régulateur avec des connexions très courtes.

Amélioration de la régulation

Le schéma de la figure 4 présente une solution pratique et simple à mettre en œuvre, utilisant une référence externe $2,5 \text{ V}$ type LM 336. De cette manière, la référence réelle de l'ensemble est portée à $3,75 \text{ V}$ et les régulations ligne et charge sont améliorées dans un rapport $3 : 1$.

Régulateurs esclaves

La figure 5 regroupe plusieurs régulateurs permettant de séparer des



Ondulation résiduelle en sortie pour 5 A débités. $Y = 5 \text{ mV/div}$, $X = 2 \text{ ms/div}$. Des photos 1 et 2 on déduit une réjection d'ondulation égale à environ 70 dB .

alimentations de diverses cartes tout en maintenant un asservissement des tensions esclaves par rapport à la tension maîtresse. La dispersion des diverses sorties n'est que de 20 mV à 25°C en l'absence de charge. Le niveau de régulation des unités esclaves est accru dans

un rapport égal à $\frac{V_{out}}{1,25}$ par rapport au branchement classique. Celui du maître reste inchangé. La connexion d'une charge sur un esclave ne se répercute pas sur les autres, mais tous sont affectés par les variations du maître. Un court-circuit sur l'un des esclaves provoque une chute générale d'environ 2 V .

Commentaire sur les essais

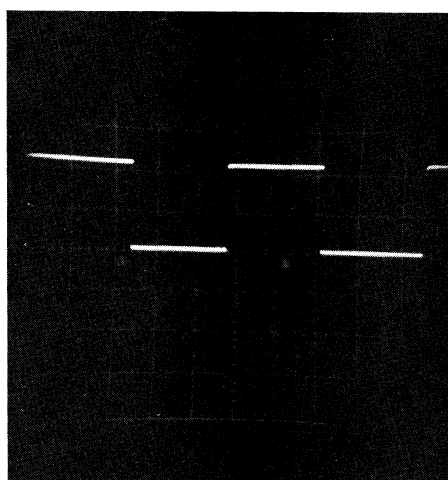
De toute évidence, la mise en œuvre d'un LM 396 pose des problèmes qui

LES MAGNÉTOSCOPES A CASSETTES

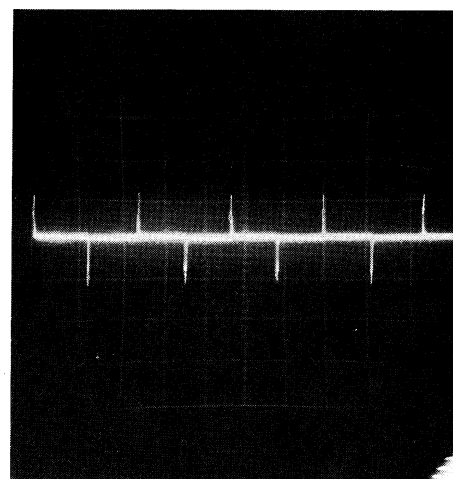
Ch. Dartevelle

- Principaux modèles, enregistrement, standards, quel standard choisir ?
- Utilisation des vidéocassettes - copie de films, de vidéocassettes, de diapositives. Utilisation des caméras vidéo.
- Amélioration des V.H.S., entretien des vidéocassettes, commande automatique TV/magnétoscope. Défauts des images et remèdes. Réparation des bandes vidéo.

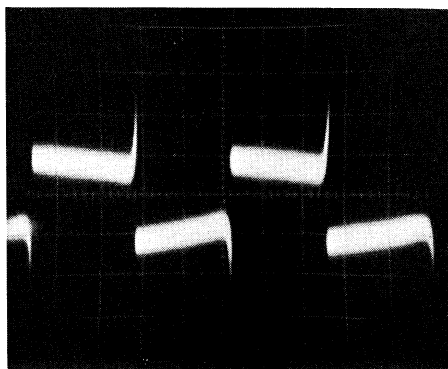
232 pages, format : 16 x 24



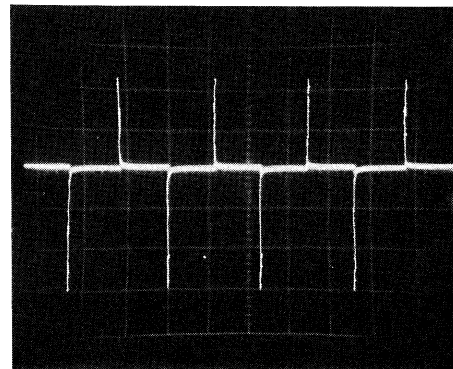
Evolution du courant débité par commutation d'une charge de 1Ω sous 5 V par un transistor bipolaire.
Y = 2 A/div, X = 2 ms/div.



Evolution de la tension de sortie observée en couplage AC.
Y = 10 mV/div, X = 2 ms/div.



Réponse transitoire observée en couplage AC avec condensateur tantale de $10\mu\text{F}$ découplant la patte de référence.
Y = 1V/div, X = 0,5 ms/div.



Même observation qu'à la photo 5 mais sans condensateur découplant la patte de référence.

sont moins liés au composant lui-même qu'à son environnement. En particulier, ainsi que nous l'avons déjà indiqué, le choix du transformateur, des diodes et du condensateur de filtrage nécessite une attention particulière. En ce qui nous concerne, le condensateur utilisé est un $21\,500\mu\text{F}$, ce qui provoque, pour 5 A en sortie, l'ondulation observée sur la photo 1.

Les problèmes liés au câblage, outre ceux propres à la réalisation du branchement 3 fils, ont mis en évidence un point qui, à notre avis, mérite une amélioration sur les modèles futurs. En effet, la patte de sortie du boîtier TO3 est classiquement constituée par un fil métallique dont le diamètre est d'environ 1,5 mm pour être en rapport avec les niveaux de courant de sortie et de régulation, mais la perle de verre qui réalise l'isolation et le scellement du boîtier est d'une dimension très peu supérieure, ce qui la rend fragile. Pour une plus grande facilité d'emploi, nous aurions apprécié un boîtier dans le style ISO TOP de Thomson-CSF à connexions par

cosses « fast-on » et semelle isolée. Gageons que dans l'avenir, une solution de ce type deviendra disponible, ce qui renforcera encore l'intérêt évident de ce composant.

Pour terminer le chapitre des observations pratiques, l'examen des photos 3 et 4 met en évidence le bon niveau de régulation obtenu en commutant, par l'intermédiaire d'un transistor, une résistance de $1\Omega-50\text{W}$ en sortie du LM 396 à une fréquence d'environ 100 Hz.

On peut encore citer l'excellent comportement du LM 396 sur une charge difficile constituée par une mini perceuse de laboratoire, bien connue pour la croissance importante du courant consommé lors du travail. Après un démarrage sous 14,00 V, la tension se stabilise rapidement entre 13,99 V et 14,00 V et toute tentative de blocage du mandrin avec les doigts se traduit instantanément par une cuisante brûlure sans que la tension observée sur oscilloscope en mode AC ne subisse aucune variation notable.

P. A.