

Alimentations de laboratoire à hautes performances

Par J.-C. BAUD

La société française C.N.B. électronique fabrique et commercialise depuis quelques mois plusieurs familles d'alimentations qui vont du petit module pour circuit imprimé à l'alimentation d'équipement, en passant par les blocs 1 ou 2 litres, les alimentations à tiroir et les alimentations de laboratoire.

Du fait des performances des dernières alimentations citées il nous a paru intéressant dans cet article de développer la technique et les circuits utilisés.

En effet, l'alimentation de laboratoire est un outil de travail dans lequel le technicien doit avoir une confiance absolue tant au niveau de la fiabilité qu'à celui de ses caractéristiques. En outre, il importe que ces derniers paramètres ne soient pas pour l'utilisateur d'un prix prohibitif.

Ce sont ces trois objectifs performance, fiabilité et coût optimal qui ont été recherchés pour aboutir à la famille des alimentations de laboratoire C.N.7 de C.N.B. électronique. Comme nous le verrons c'est, entre autres, l'utilisation de nouveaux circuits intégrés de hautes performances qui a permis la réalisation de ces alimentations.

Conception d'ensemble de l'alimentation de laboratoire

Comme nous pourrions le voir figure 1, le synoptique d'une alimentation C.N.7 de CNB électronique est à peu près identique à celui de nombreuses alimentations de laboratoire. Cependant, afin d'éviter un grand nombre de composants actifs et passifs et donc pour augmenter la fiabilité, il est seulement utilisé (sauf pour l'étage de puissance)

deux circuits intégrés récemment commercialisés par *National Semiconductor*. Nous citerons les LM-10 qui, comme nous l'allons voir sont des circuits intégrés de hautes performances à bien des égards.

Si nous examinons le synoptique de la figure 2, nous pouvons voir que le LM-10 comprend deux circuits im-

portants pour une alimentation de laboratoire :

- 1) un amplificateur opérationnel
- 2) une tension de référence avec amplificateur.

L'ensemble intégré dans un même boîtier et ayant les caractéristiques ci-dessous :



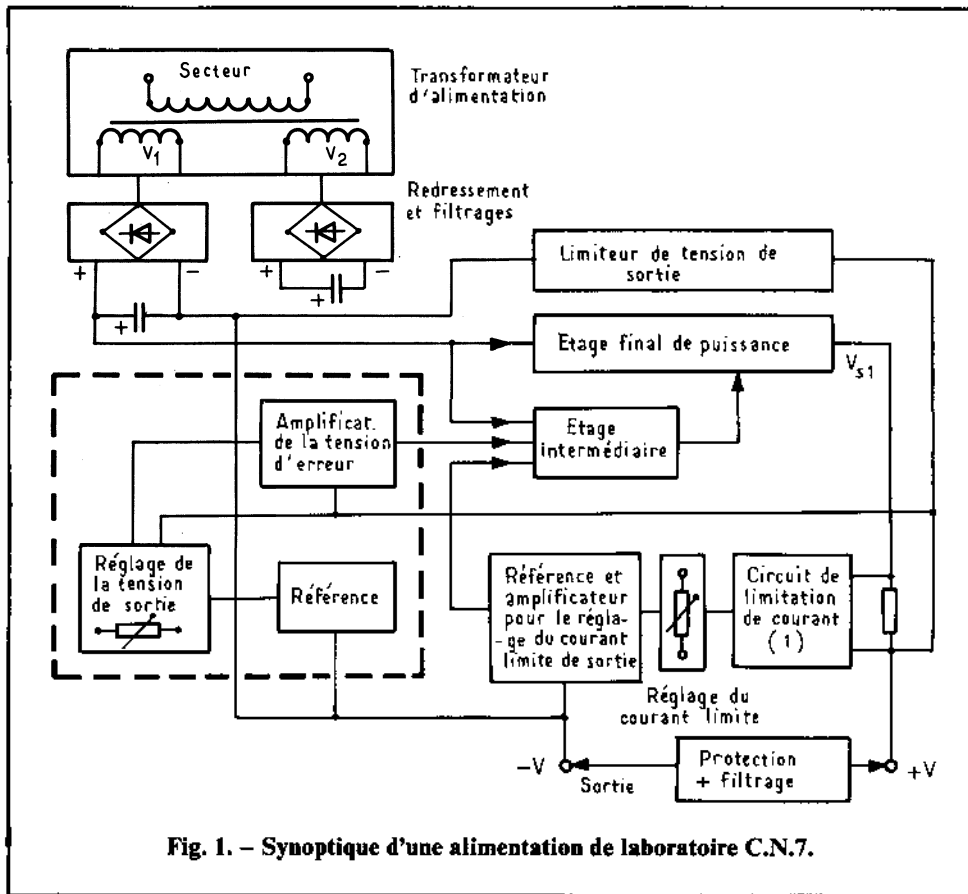


Fig. 1. - Synoptique d'une alimentation de laboratoire C.N.7.

Amplificateur opérationnel :

Offset d'entrée = 0,3 mV.
 Dérive de l'offset = 2 $\mu\text{V}/^\circ\text{C}$
 Courant offset entrée = 0,25 nA
 Dérive = 2 pA/ $^\circ\text{C}$
 Réjection en mode commun = 102 dB
 Réjection de l'alimentation = 96 dB.

Référence

Régulation secteur = 0,001 %/V
 Régulation charge = 0,01 %
 Dérive en température = 0,002 %/ $^\circ\text{C}$
 Gain de l'amplificateur = 75 V/mV
 Courant d'alimentation = μA .

Les quelques caractéristiques mentionnées ci-dessus nous montrent bien que nous avons à faire à un circuit performant non seulement au niveau des amplificateurs, mais de la tension de référence fixée à 200 mV.

Régulation en tension

Si un tel circuit est utilisé dans l'étage de l'alimentation qui consiste à attaquer le ou les ballasts de sortie pour stabiliser la tension continue disponible et pouvoir faire varier cette dernière, nous obtenons le circuit de la figure 3, où le LM-10 commande le transistor T_1 (P.N.P.).

L'ensemble agissant en régulateur shunt, la tension au point A commande la base du ballast. R_5 et C_1 ont pour but d'éliminer les oscillations de basses fréquences.

La tension de référence issue des bornes 1 et 8 du LM-10 est appliquée à l'entrée 3 du même circuit par l'intermédiaire des résistances R_3 , P_1 et T_3 qui ont pour but, notamment avec P_1 de commander l'entrée du LM-10 de façon que la tension de sortie de l'alimentation puisse varier de 0 V à V_s max.

Pour que l'alimentation puisse réellement être ajustable en tension à partir de 0 V, une tension négative est appliquée sur la sortie +V par l'intermédiaire d'un régulateur.

L'entrée inverseuse (-) du LM-10 reçoit la tension positive de sortie qui est comparée à la tension de référence. Selon la valeur de +V, la sortie du LM-10 commandera T_1 de façon que la tension appliquée à la base du transistor ballast permette de compenser ou une hausse ou une baisse de la tension de sortie.

Avec un tel schéma de principe, les caractéristiques techniques obtenues notamment en régulation, stabilité et bruit sont les suivantes :

a) La régulation en tension en fonction de la charge, qui est la valeur

maximale de la variation de la tension de sortie de l'alimentation en fonction de la charge spécifiée qui peut varier de 0 au maximum (les autres paramètres étant constants).

Ainsi, si une alimentation est spécifiée pour délivrer une tension de 24 V continu avec un courant de 5 A, la charge résistive maximale admissible en sortie pour les spécifications est de

$$5 = \frac{24}{\text{charge}}$$

$$\text{charge} = \frac{24}{5} = 4,8 \Omega$$

dans ces conditions, et pour autant que le transformateur soit bien étudié, nous pouvons obtenir une régulation meilleure que $1 \cdot 10^{-4} + 1 \text{ mV}$ avec le circuit de principe de la figure 3.

b) Le bruit est également une caractéristique importante d'une alimentation, il doit être le plus faible possible aussi bien lorsque l'alimentation ne débite pas que lorsqu'elle délivre un maximum de courant.

L'oscillogramme de la figure 4 illustre le bruit de sortie de l'alimentation avec V_s réglé au maximum et un courant de 1/10 du maximum spécifié, l'oscilloscope étant réglé à 1 mV par cm ou div. et la vitesse de balayage et de 5 ms, le bruit mesuré sur cette alimentation était inférieur à 250 μV efficaces. En chargeant au maximum la sortie de l'alimentation, le bruit de sortie devient légèrement plus important comme nous pouvons le voir dans l'oscillogramme de la figure 5. Il a été mesuré 400 μV efficaces, ce qui est une valeur très performante.

c) En ce qui concerne la stabilité de la valeur de la tension de sortie, elle est définie comme étant la variation en fonction du temps. Cette stabilité

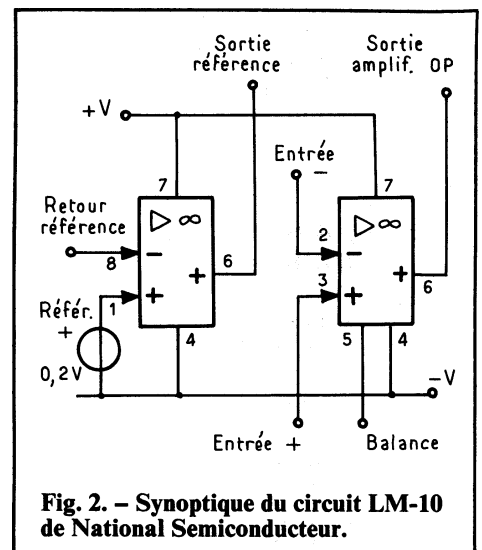


Fig. 2. - Synoptique du circuit LM-10 de National Semiconductor.

est mesurée après une période de préchauffage de l'ordre 1/2 heure et à une température ambiante constante.

La courbe de la figure 6 montre les variations de la tension de sortie d'une alimentation sur une durée de 8 heures. Nous pouvons voir qu'avec une température ambiante constante, la variation de V_s est inférieure à $4 \cdot 10^{-4}$.

Il faut noter que du fait des performances du circuit LM-10 notamment sa très faible dérive en fonction de la température, nous obtenons une excellente stabilité de la tension de sortie même quand la température ambiante varie dans de fortes proportions. Ainsi, du fait que l'alimentation est capable de fonctionner dans une plage de température comprise entre 0 et 60 °C, la tension de sortie pour cette plage de température ne subira pas une grande variation. En fait, le coefficient de température est spécifié à $2 \cdot 10^{-4} + 0,4 \text{ mV}/^\circ\text{C}$

Régulation en courant

Les alimentations de laboratoire ne régulent pas seulement en tension, mais aussi en courant, permettant ainsi à l'utilisateur de régler au choix le courant limite à ne pas dépasser.

Comme pour la régulation en tension, la régulation en courant repose sur l'utilisation d'un LM-10, comme nous pouvons le voir sur le schéma de principe de la figure 7 qui comprend avec P_1 l'élément d'ajustage du courant limite de sortie qui peut varier de quelques mA au courant maximal spécifié.

Dans le circuit de la figure 7, T_5 , R_1 et C_4 ont pour but de limiter la tension de sortie après un court-circuit de l'alimentation. De même, quand la sortie de l'alimentation est en court-circuit l'amplificateur de limitation de courant agit en 100 μs environ. Durant ce temps, le courant crête qui pourrait endommager le ballast de sortie est limité par T_4 dont la base et l'émetteur sont connectés aux bornes de la résistance R_5 (Résistance du courant limite).

Selon la valeur de la résistance R_5 , et du courant la traversant, la chute de tension à ses bornes lorsqu'elle atteint 200 mV bloque l'étage de puissance de l'alimentation composé des transistors T_1 , T_2 et T_3 . En effet, la tension de référence issue du LM-10 est injectée à l'entrée non inverseuse (+) du même circuit par l'intermédiaire du potentiomètre P_1 de telle sorte que cette valeur réin-

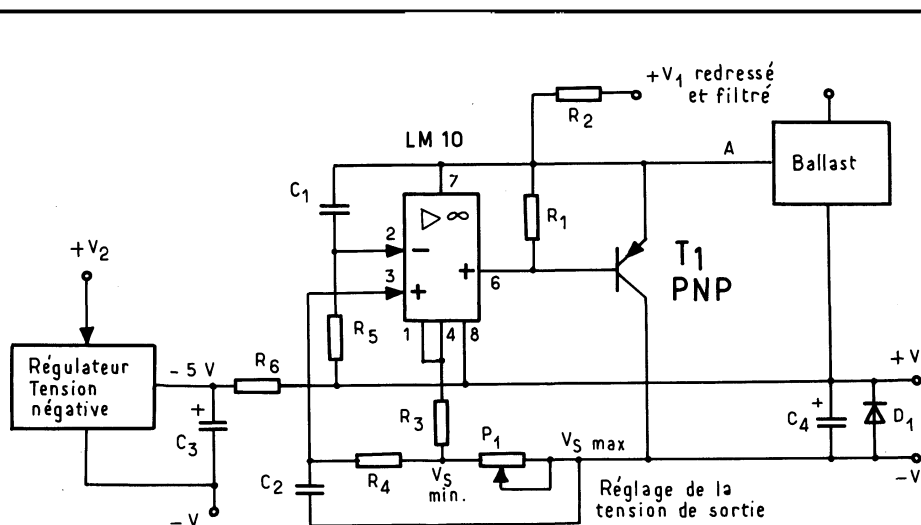


Fig. 3. - Schéma de principe simplifié du circuit de régulation en tension de l'alimentation.

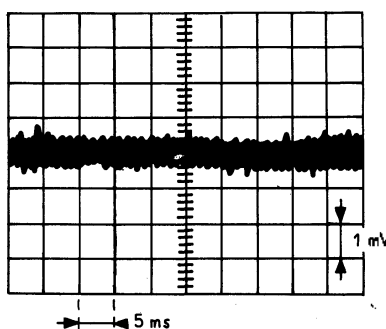


Fig. 4. - Bruit de sortie de l'alimentation avec $I_s = 10\%$ de la valeur maximale spécifiée, 1 mV/div. et 5 ms/div.

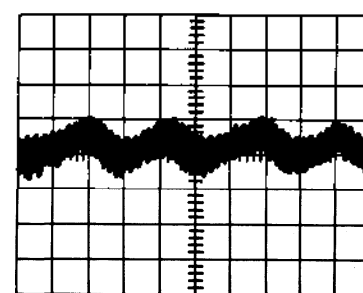


Fig. 5. - Bruit de sortie de l'alimentation avec $I_s = 100\%$ de la valeur maximale spécifiée, 1 mV/div. et 5 ms/div.

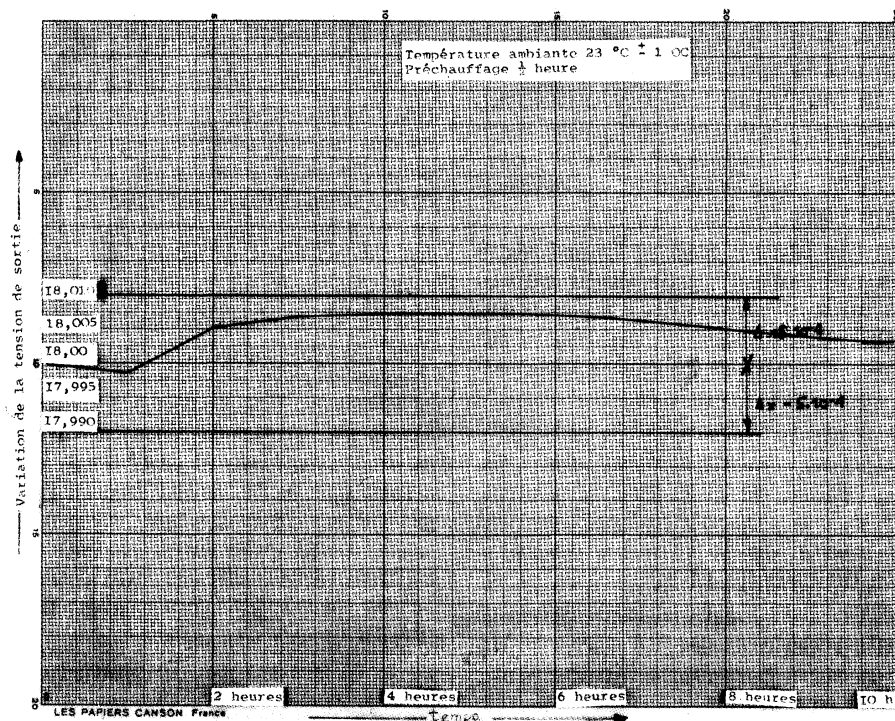


Fig. 6. - Stabilité de la tension de sortie dans le temps.

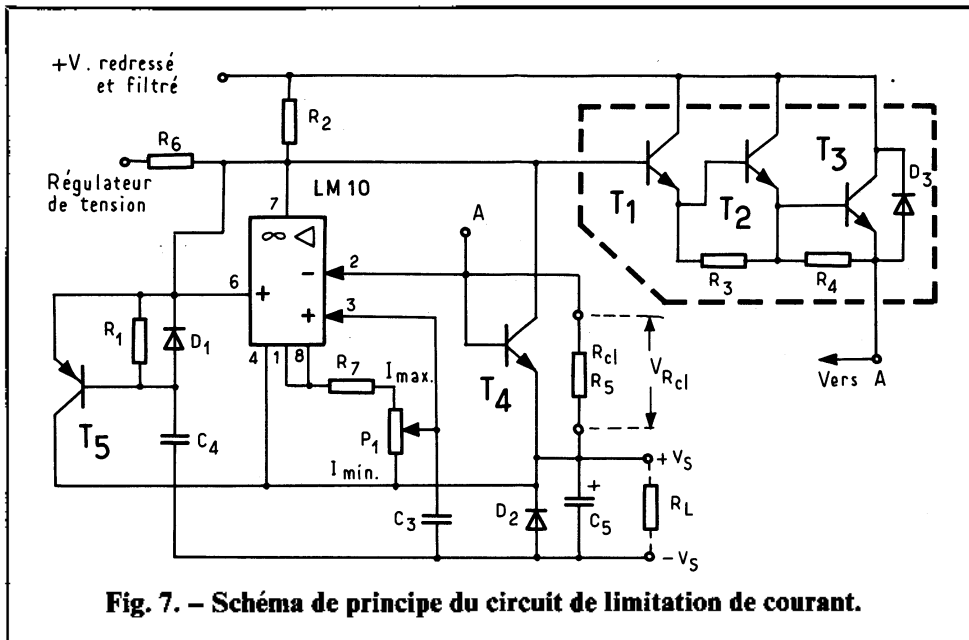


Fig. 7. - Schéma de principe du circuit de limitation de courant.

jectée varie de 0 à 0,2 V sur cette entrée.

Si la différence de potentiel aux bornes de R_5 (R_{cl}) est identique à la tension sur l'entrée non inverseuse, le courant de sortie est limité proportionnellement à cette valeur. Ainsi, si nous prenons $R_5 = 0,2 \Omega$, la plage de réglage du courant limite sera de 1 A puisque nous aurons dans ce cas une différence de potentiel aux bornes de cette résistance de 0,2V correspondant à la valeur maximale de l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel du LM-10.

Puisque nous utilisons le même circuit pour la régulation en courant que pour la régulation en tension, il va de soi que les performances techniques sont très approchantes. Ainsi, la régulation en courant est elle aussi excellente que celle mentionnée pour la tension.

Quand le potentiomètre P_1 est réglé pour que le courant de sortie soit limité au minimum, celui-ci est d'environ 5 mA, alors que réglé pour un courant maximum celui-ci a pour valeur :

$$I_{max} = \frac{V_{R_{cl}}}{R_{cl}}$$

avec $V_{R_{cl}} = 200 \text{ mV}$ qui correspond à la valeur de la tension de référence du circuit LM-10.

Il est à noter que pour le circuit de limitation de courant, la tension de sortie est un paramètre indépendant si T_1, T_2 et T_3 sont sélectionnés en fonction de la tension V_{CE} maximale admissible. En effet, durant un court-circuit, cette tension V_{CE} peut être importante. En outre, il importe que

les transistors T_1 et T_2 supportent un courant crête relativement important.

La limitation du courant de sortie est, comme le montre la figure 8, du type rectangulaire, et le passage du fonctionnement « tension constante » à « courant constant » ou réciproquement s'effectue automatiquement selon la charge R_L ; la valeur de la tension de sortie est bien sur le courant de sortie imposé à l'alimentation.

Ainsi, ce mode de fonctionnement se traduit par :

- 1) Si R_L est supérieure au rapport $\frac{V_{SORTIE}}{I_{SORTIE}}$, l'alimentation fonctionne dans le mode « tension constante » pour la valeur de la tension de sortie sélectionnée, et le courant de sortie peut dans ce cas varier de quelques mA (seuil minimum du courant limite) à $I_{SORTIE MAX}$ sélectionné. En effet, le courant dans R_L est dans ce cas inférieur au courant limite pré-réglé et si R_L varie de l'infini à $\frac{V_{SORTIE}}{I_{SORTIE}}$, le courant de 0 à I de sortie et la tension de sortie est constante. Dans ce mode de fonctionnement, si le courant, dans la charge R_L est supérieur au courant limite pré-réglé ou aux possibilités de l'alimentation, cette dernière fonctionnera automatiquement en mode de limitation de courant avec I_{SORTIE} pré-réglé ou $I_{SORTIE MAXIMUM}$.
- 2) Si la résistance de charge est inférieure au rapport $\frac{V_{SORTIE}}{I_{SORTIE}}$, l'alimentation fonctionne dans le mode « courant constant » pour la valeur du courant maximum sélectionné

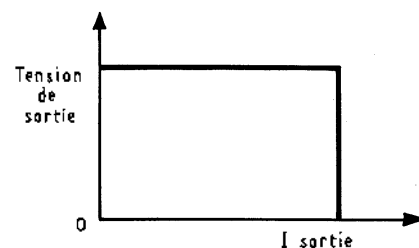


Fig. 8. - Caractéristique du mode de fonctionnement dit rectangulaire d'une alimentation.

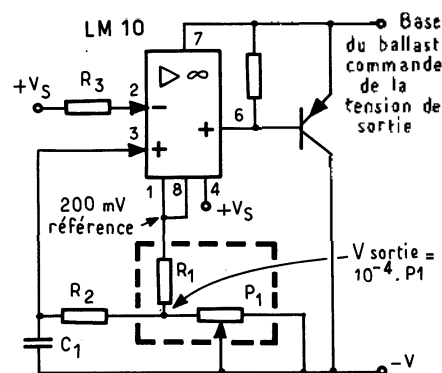


Fig. 9. - Accessibilité aux diverses possibilités d'accès extérieur pour le réglage de la tension de sortie.

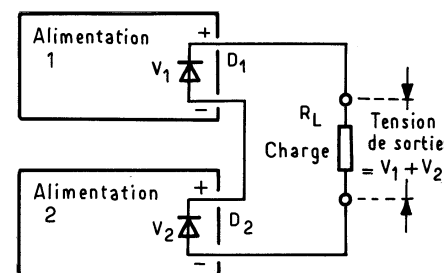


Fig. 10. - Mise en série de deux alimentations.

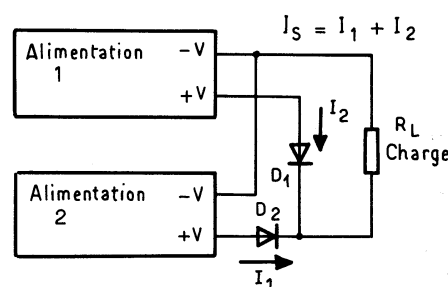


Fig. 11. - Mise en parallèle de deux alimentations.

avec limitation de la tension à celle pré-réglée. Ainsi, la tension aux bornes de la charge varie de 0 à V_{SORTIE} .

Dans le cas où R_L varie de 0 au rapport $\frac{V_{\text{SORTIE}}}{I_{\text{SORTIE}}}$, la tension de sortie de l'alimentation varie de 0 à V_{SORTIE} pré-réglé et $I = I_{\text{SORTIE}} = \text{constant}$.

Il faut noter qu'en cas de réglages de la tension et du courant de sortie tels que $R_L = \frac{V_{\text{SORTIE}}}{I_{\text{SORTIE}}}$, nous obtenons un mode de fonctionnement instable.

Pour les alimentations de laboratoire *C.N.B. électronique*, le réglage du courant limite de sortie suit une progression linéaire. Ainsi, pour une valeur de R_{cL} de $0,1\Omega$ ($I_{s, \text{max}} 2A$), nous avons deux possibilités d'accès extérieur pour limiter le courant I_s .

a) par tension ; soit 100 mV par ampère

b) par résistance ; variable selon les cas de 10 k Ω , 5 k Ω , 2 k Ω ou 1 k Ω par ampère.

Il en est de même pour ce qui concerne l'accessibilité du réglage extérieur de la tension de sortie qui suit également une loi linéaire. Cette tension de sortie peut être programmée extérieurement de multiples façons au choix. En effet, si nous nous référons au schéma simplifié de la figure 9, nous pouvons voir qu'en agissant sur les valeurs R_1 et P_1 nous obtiendrons les possibilités ci-dessous mentionnées compte tenu du fait que la tension de sortie de l'alimentation est proportionnelle à la valeur de P_1 si R_1 est égal à 2 k Ω dans le rapport.

$$V_{\text{SORTIE}} = 10^{-4} \cdot P_1$$

Ainsi, si l'utilisateur souhaite programmer extérieurement la tension de sortie de l'alimentation à l'aide de valeurs résistives ; plusieurs possibilités s'offrent à lui s'il consent à modifier R_1 . En effet, prenons le cas où $R_1 = 2 \text{ k}\Omega$ et $P_1 = 500 \text{ k}\Omega$, la tension de sortie de l'alimentation est dans ce cas de : $10^{-4} \cdot 500 \cdot 10^3 = 50 \text{ V}$, soit une progression linéaire possible avec 10 k Ω par volt qui en divisant la valeur de R_1 par deux peut devenir 5 k Ω par volt ou en multipliant cette valeur par deux, devenir 20 k Ω /volt, etc.

Sachant que la tension de référence est de 0,2 V, il va de soit que la tension maximale de sortie est obtenue pour cette valeur ; soit en direct pour le cas cité plus haut de 0,2 V pour 50 V ou 4 mV/volt, soit par le biais d'un réseau de résistances en lieu et

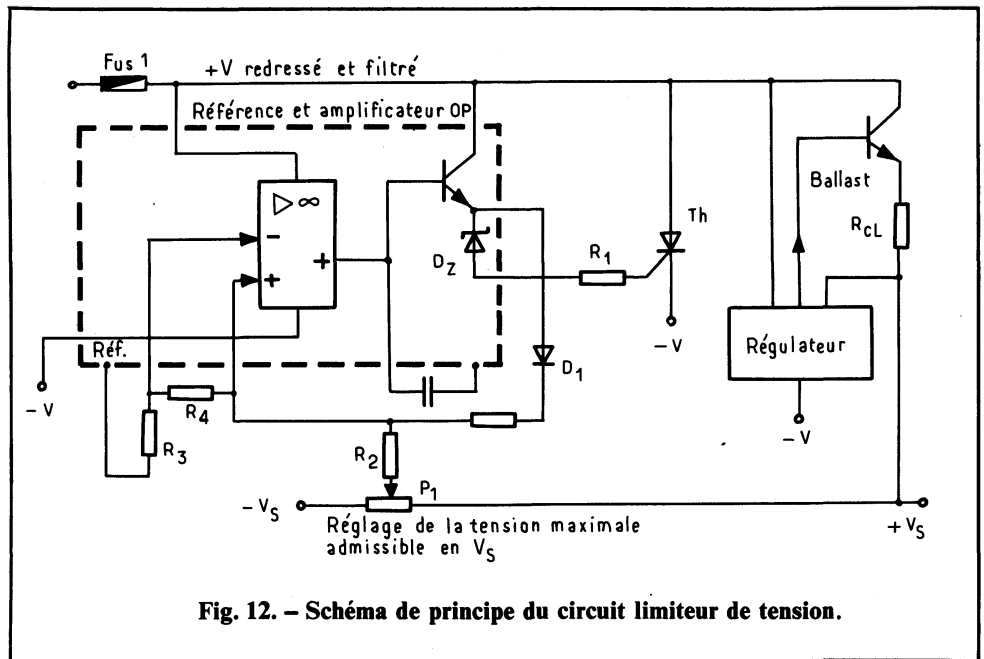


Fig. 12. - Schéma de principe du circuit limiteur de tension.

place de R_1 et P_1 , afin de choisir la valeur de la tension de programmation pour 1 V de tension de sortie.

Nous pouvons voir à l'image des exemples simples cités ci-dessus, que l'accessibilité extérieure pour la programmation de la tension et du courant de sortie est très souple et permet une adaptation à pratiquement toutes les applications qui nécessitent une programmation extérieure des données de sortie de l'alimentation.

Mise en série et en parallèle des alimentations

Comme pratiquement toutes les alimentations de laboratoire du marché, les alimentations de la série C.N.7 de *C.N.B. électronique* peuvent être branchées en série ou en parallèle, et cela qu'elles soient simple, double ou triple.

La mise en série de deux ou plusieurs alimentations permet à l'utilisateur, ou d'obtenir une alimentation double symétrique ($-V, 0, +V$) avec possibilité de réglage indépendant du $+V$ et du $-V$, ou d'obtenir une tension de sortie (entre $+V$ et $-V$ de chaque alimentation) supérieure à une seule alimentation. On constate en effet de nombreuses demandes d'alimentation doubles (deux alimentations indépendantes dans un même boîtier) précisément pour cette caractéristique.

La mise en série des alimentations s'effectue directement comme l'illustre le synoptique de la figure 10. En effet, afin que chaque alimentation ne puisse pas recevoir le courant débité par la ou les autres (en cas de coupure secteur d'une ali-

mentation par exemple, des diodes D_1 et D_2 sont incorporées dans chaque alimentation.

Pour la mise en parallèle d'alimentations de laboratoire, on prendra soin d'ajuster pour chacune d'elles les tensions de sorties afin qu'elles soient le plus possible identiques, cela pour que les débits en courant s'équilibrent au mieux. Ce mode de fonctionnement est illustré dans la figure 11, où nous pouvons voir que comme pour le cas précédent, deux diodes de protection D_1 et D_2 protègent chaque alimentation contre le risque de retour de courant délivré par les autres alimentations en cas d'incident et notamment en cas de coupure intempestive du secteur.

Les alimentations de laboratoire de

la série C.N.7 offrent aussi l'avantage de recevoir plusieurs options intéressantes telles que :

- 1) affichages numériques du courant et de la tension de sortie (en lieu et place des deux indicateurs analogiques) ;
- 2) réglage du courant limite et de la tension de sortie par potentiomètres 10 tours, ceci afin d'augmenter la finesse de ces réglages.

Et enfin, deux options que nous allons examiner plus en détail :

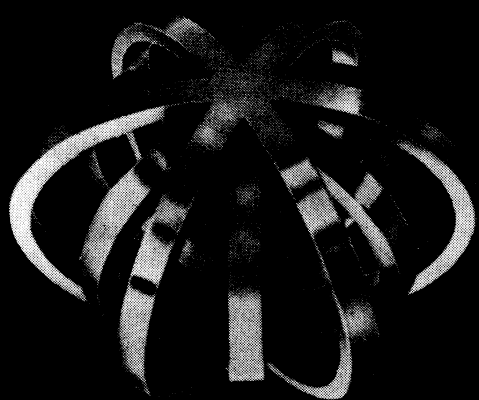
- 3) circuit limiteur de tension fixe ou variable ;
- 4) Sortie additionnelle d'une tension fixe de 5 V pouvant débiter un courant de 1 A. Cette option permet d'alimenter un circuit logique tout en disposant de la tension variable de l'alimentation, ce qui évitera dans de nombreux cas à l'utilisateur de faire appel à plusieurs alimentations.

salon international des
**composants
électroniques 81**

composants
mesure
équipements

PARIS
6-11 avril

invitation sur demande
S.D.S.A. 20, rue Hamelin
F 75116 Paris
☎ 505.13.17 - ☎ 630400 F



PARIS
7-10 avril

colloque
international

sur les nouvelles orientations
des circuits intégrés

tables rondes
technico-économiques

avec les plus hautes autorités mondiales
de la microélectronique

aspects économiques de l'intégration
évolution des circuits intégrés
marché mondial et stratégies
interactions entre l'état et l'industrie

inscriptions : 11 rue Hamelin
75783 Paris Cedex 16
Tél. : (33) 1 505 14 27

Enroulement supplémentaire
du transformateur

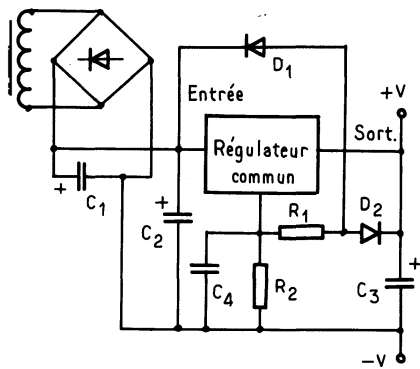


Fig. 13. - Schéma de principe de l'alimentation complémentaire 5 V - 1 A qui, en option, équipe les C.N.7.

Il est intéressant de noter que toutes les alimentations de la série C.N.7 peuvent être directement montées en rack 19" et que toutes les options ci-dessus mentionnées peuvent être cumulées.

Circuit de limitation de la tension de sortie

Chaque alimentation de laboratoire peut recevoir un circuit de limitation de tension tel celui montré dans le synoptique de la figure 12, ceci dans le but de protéger les circuits alimentés contre tout risque de dépassement de la tension de sortie délimitée par l'alimentation.

Le fonctionnement du circuit de limitation de tension repose sur le principe simple suivant :

La tension de sortie de l'alimentation (V_S) est connectée à travers P_1 et R_2 à l'entrée non inverseuse de l'amplificateur opérationnel utilisé ici en amplificateur d'erreur. L'entrée inverseuse de cet amplificateur reçoit via R_3 la tension de référence. En fonctionnement normal, la tension de point milieu de P_1 est inférieure à la tension issue de la référence et la diode D_2 est bloquée, ce qui évite au thyristor Th de faire court-circuit entre la tension alimentation +V et -V.

Si la tension V_S vient à dépasser le seuil fixé par P_1 l'amplificateur change d'état (dès que la tension aux bornes de R_4 change de polarité et que la tension au point milieu de P_1 est plus positive que la tension de référence) et via D_2 et R_1 le courant « gate » de Th permet à ce dernier d'être conducteur et de mettre en court-circuit les tensions d'entrée +V et -V de l'alimentation, ce qui provoque la fusion du fusible FUS 1.

Le limiteur de tension agit en moins de 5 μ s.

Pour éviter que l'action du limiteur de tension ne soit trop fréquente, celui-ci devra être réglé à une tension d'environ 10 % supérieure à la valeur souhaitée.

L'alimentation peut également recevoir un limiteur de tension fixe qui assurera l'utilisateur qu'en aucun cas la tension de sortie de l'alimentation ne dépassera à +10 % la valeur nominale spécifiée.

Sortie complémentaire 5 V - 1 A

Une sortie complémentaire 5 V - 1 A peut équiper chaque alimentation de laboratoire de la famille C.N. 7. Cette sortie se présente sous la forme d'une carte modulaire qui s'intègre à l'ensemble. Il va de soi que dans ce cas, le transformateur d'alimentation dispose d'un enroulement complémentaire.

Le schéma de principe de cette sortie 5 V - 1 A est illustré dans la figure 13 où les résistances R_1 et R_2 ont pour but d'ajuster la tension de sortie à 5,00 V.

Les diodes D_1 et D_2 sont des diodes de protection qui évitent d'endommager le régulateur lorsque la sortie est en court circuit (effet des décharges de C_3 et C_4).

Il est à noter que cette sortie complémentaire équipe systématiquement les alimentations à affichages numériques de la tension et du courant de sortie. En effet est dans ce cas en partie utilisée pour alimenter les afficheurs.

CONCLUSION

Une grande partie des alimentations de laboratoire de la série C.N.7 reposent sur les principes de fonctionnement décrits ci-dessus dont les circuits utilisent le LM-10 de *National Semi-conducteur*. Il s'ensuit une amélioration des performances pour un prix de revient très compétitif et une plus grande fiabilité du fait d'un nombre plus réduit de composants.

En outre, la maintenance de ces alimentations est très aisée et la technologie mise en œuvre a été étudiée pour répondre aux impératifs du marché.

J.C. B.