

## Un régulateur linéaire négatif qui conjugue un niveau de bruit de 0,8 $\mu\text{Veff}$ et un taux de réjection de l'alimentation (PSRR) de 74 dB à 1 MHz

Par Molly Zhu, Senior applications engineer, groupe Power by Linear™, Analog Devices, Inc.

Les régulateurs linéaires à faible chute de tension (LDO) sont utilisés depuis des décennies dans les applications où le bruit représente un critère sensible. Néanmoins, il est de plus en plus difficile de minimiser le niveau de bruit, dans la mesure où les capteurs de précision, les convertisseurs de données à haut débit et haute résolution (analogique/numérique et numérique/analogique) et autres synthétiseurs de fréquence (PLL/VCO) exigent des régulateurs LDO classiques de produire un bruit de sortie ultra-bas avec un taux très élevé de réjection de l'alimentation PSRR (*Power Supply Rejection Ratio*). À titre d'exemple, lorsqu'un capteur est mis sous tension, le bruit de l'alimentation affecte directement la précision du résultat de la mesure. Les régulateurs à découpage sont souvent utilisés dans les systèmes de distribution d'énergie pour améliorer le rendement global du système. Pour réaliser une alimentation silencieuse, on utilise généralement un régulateur LDO pour post-réguler la sortie d'un convertisseur à découpage relativement bruyant sans recourir à de volumineux condensateurs de filtrage de sortie. Les performances PSRR du régulateur LDO aux fréquences élevées deviennent une caractéristique prédominante.

Introduit en 2015, le LT3042 est le premier régulateur linéaire de l'industrie à afficher un bruit en sortie de seulement 0,8  $\mu\text{Veff}$  et un taux PSRR de 79 dB à 1 MHz. Deux composants similaires, le LT3045 et le LT3045-1 affichent des valeurs nominales supérieures et des caractéristiques supplémentaires. Ces trois composants sont des régulateurs LDO positifs. Lorsqu'un système est équipé d'instruments nécessitant des alimentations symétriques tels qu'un ampli-op ou un convertisseur analogique/numérique, il convient d'incorporer un régulateur LDO négatif dans la conception d'une alimentation polarisée. Le LT3094 est le premier régulateur LDO négatif à très faible bruit de sortie et PSRR ultra élevé. Le tableau 1 présente ses principales caractéristiques, ainsi que celles de composants et dispositifs similaires.

### Exemple d'application

Le régulateur LT3094 comprend une source de courant de référence haute précision suivie d'un tampon de sortie haute performance. La tension de sortie négative est fixée par une source de courant haute précision de -100  $\mu\text{A}$  à travers une seule résistance. Cette architecture basée sur une source de courant de référence offre une large plage de tension de sortie (comprise entre 0 et -19,5 V) avec un bruit de sortie virtuellement constant, un taux PSRR et une régulation de charge indépendants de la tension de sortie programmée. La Figure 1 représente une application typique ; la carte de démonstration est illustrée à la Figure 2. Au total, cette solution occupe environ 10 × 10 mm.

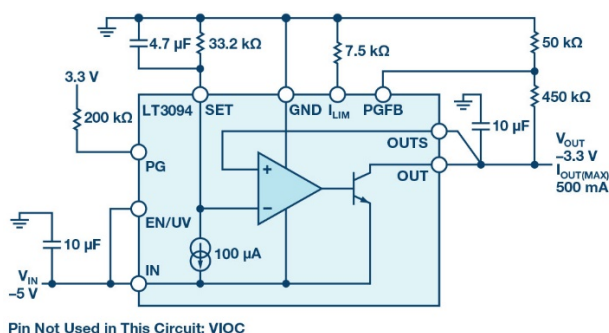


Figure 1. Solution à faible tension de bruit en sortie (-3,3 V)



Figure 2. Circuit de démonstration comprenant un composant à -3,3 V de faible encombrement

**Table 1. Principales caractéristiques des régulateurs LDO LT3094 et faible bruit**

|                                                   | LT3015   | LT3090   | LT3042   | LT3045-1 | LT3094   |
|---------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Sortie Positive/Négative                          | Négative | Négative | Positive | Positive | Négative |
| Courant de sortie (A)                             | 1,5      | 0,6      | 0,2      | 0,5      | 0,5      |
| Bruit de sortie (10 Hz à 100 kHz) ( $\mu$ V)      | 60       | 18       | 0,8      | 0,8      | 0,8      |
| Bruit localisé à 10 kHz (nV/ $\sqrt{\text{Hz}}$ ) | 240      | 57       | 2        | 2        | 2        |
| PSRR à 1 MHz (dB)                                 | 30       | 20       | 79       | 76       | 74       |
| Limite de courant programmable                    |          | •        | •        | •        | •        |
| Signal PG ( <i>Power Good</i> ) programmable      |          |          | •        | •        | •        |
| Broche VIOC                                       |          |          |          | •        | •        |
| Mise en parallèle possible                        |          | •        | •        | •        | •        |
| Possibilité de démarrage rapide                   |          |          | •        | •        | •        |

Le régulateur LT3094 se caractérise par un bruit de sortie ultra-bas, à savoir 0,8  $\mu$ Veff entre 10 Hz et 100 kHz pour un taux PSRR très élevé, soit de 74 dB à 1 MHz. De plus, ce composant présente une limite de courant programmable, un signal *Power Good* (PG) programmable, une capacité de démarrage rapide et une broche de contrôle de tension d'entrée/sortie (VIOC), également programmable. Lorsque le LT3094 post-régule un convertisseur à découpage, la tension appliquée aux bornes du régulateur LDO reste constante grâce au fonctionnement de la broche VIOC, si la tension de sortie du régulateur LDO est variable.

Le LT3094 évite les dommages éventuels grâce à une protection interne, qui comprend une limitation des courants internes avec repliement, une limitation thermique, ainsi que des protections contre les courants inverses et les tensions inverses.

## Mise en parallèle directe pour une intensité de sortie accrue

Le LT3094 peut être facilement mis en parallèle pour augmenter le courant de sortie. La Figure 3 représente une solution utilisant deux régulateurs LT3094 montés en parallèle afin de produire un courant de sortie de 1 A. Pour ce faire, les broches SET sont interconnectées, une résistance SET ( $R_{SET}$ ) étant insérée entre la broche SET et la masse. Le courant qui traverse la résistance  $R_{SET}$  est de 200  $\mu$ A, soit le double du courant SET qui parcourt un composant unique. Pour que le courant soit bien partagé, une petite résistance de protection de 20 m $\Omega$  est utilisée sur chaque sortie du régulateur LT3094.

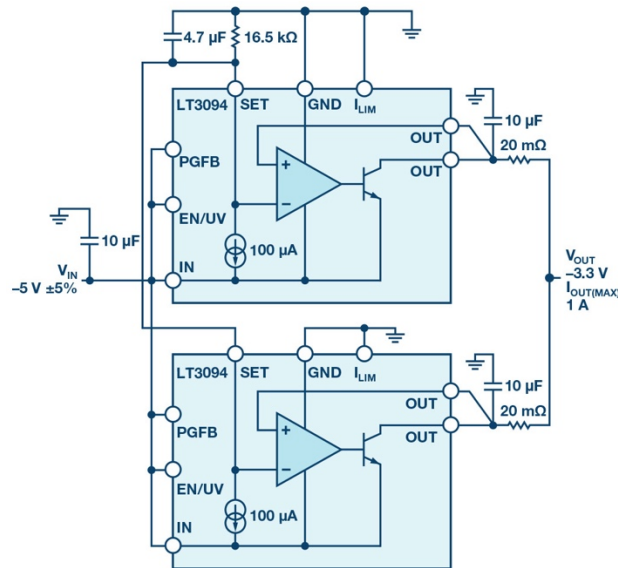


Figure 3. Montage en parallèle de deux régulateurs LT3094

La Figure 4 illustre les performances thermiques du circuit représenté en Figure 3 sous une tension d'entrée de -5 V et une tension de sortie de -3,3 V pour un courant de charge de 1 A. La température de chaque composant atteint 50 °C, ce qui indique que la chaleur est répartie de façon équitable. Le nombre de circuits pouvant être montés en parallèle n'est pas limité, de sorte que le courant de sortie peut augmenter tandis que le niveau de bruit en sortie restera faible.

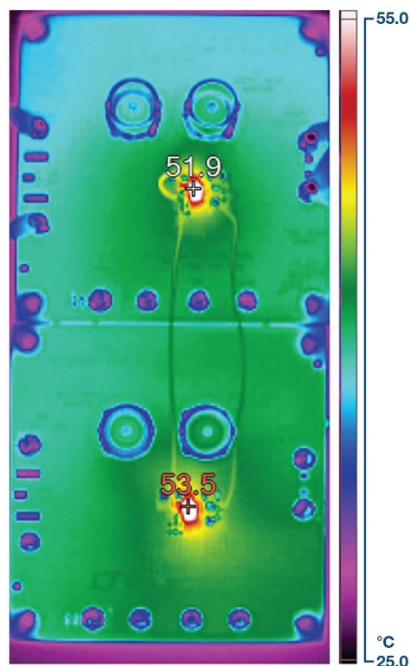


Figure 4. Image thermique de deux régulateurs LT3094 montés en parallèle

## Une double alimentation positive et négative avec tension de sortie variable

Une alimentation électrique est généralement composée d'un convertisseur à découpage post-régulé par un régulateur LDO afin d'atteindre un faible niveau de bruit en sortie conjugué à un rendement élevé. La différence de tension optimisée entre l'entrée et la sortie des régulateurs LDO doit être d'environ -1 V pour maintenir un bon compromis entre dissipation de puissance et réjection de l'alimentation (PSRR). Il est difficile de maintenir cette différence de tension dans un système à tension de sortie variable, mais avec la broche VIOC, le LT3094 dispose d'une fonction de suivi qui maintient la tension aux bornes du régulateur LDO à un niveau constant, même si la tension de sortie varie.

La Figure 5 représente le schéma de principe d'une double alimentation qui comprend les circuits LT8582, LT3045-1 et LT3094. Le convertisseur continu-continu double voie LT8582 est doté de commutateurs internes qui peuvent générer des sorties positives et négatives à partir d'une seule entrée. La première voie du LT8582 est configurée en convertisseur SEPIC (*Single Ended Primary Inductor Converter*) pour générer une sortie positive, tandis que la seconde est un convertisseur inverseur chargé de générer le rail négatif. Pour la tension négative, la tension appliquée aux bornes du LT3094 est contrôlée par la tension VIOC comme suit :

$$\begin{aligned} V_{LDO(IN2)} - V_{LDO(OUT)} &= V_{IOC} \\ &= V_{FBX2} - R2 \times I_{FBX} \end{aligned} \quad (1)$$

où la tension  $V_{FBX2}$  est de 0 mV et le courant  $I_{FBX}$  de 83,3  $\mu$ A. Lorsque la résistance R2 est fixée à 14,7 k $\Omega$ , la tension VIOC est de 1,23 V sur la plage de tension de sortie variable. À 133 k $\Omega$ , la résistance R1 limite la tension d'entrée du LT3094 à 16,5 V, calculée comme suit :

$$V_{LDOIN(MAX)} = V_{FBX} (1 + R1/40 \text{ k}\Omega) - R1 \times I_{FBX} \quad (2)$$

Les images thermiques du circuit alimenté sous 12 V en entrée sont illustrées en Figure 6. Lorsque la tension de sortie passe de  $\pm 3,3$  à  $\pm 12$  V, l'élévation de température du LT3094 reste constante. Le tableau 2 présente les valeurs de tension et de courant des trois composants, tandis que la Figure 7 montre la réponse transitoire de l'alimentation  $\pm 5$  V avec 12 V en entrée.

Sur la Figure 5, aucun condensateur autre que les condensateurs de sortie du LT8582 n'est placé à l'entrée du LT3094. En général, un condensateur d'entrée réduit l'ondulation de sortie, mais ce n'est pas le cas du LT3094. Si le régulateur LT3094 dispose de condensateurs d'entrée, les courants de commutation fournis par le convertisseur à découpage traversent le condensateur d'entrée, ce qui provoque le couplage électromagnétique entre le convertisseur à découpage et la sortie du LT3094. Le bruit de sortie va alors augmenter, ce qui dégradera le taux de réjection de l'alimentation. Si le régulateur à découpage est placé à moins de 5 cm (2 pouces) du LT3094, il est recommandé d'éviter de positionner un condensateur à l'entrée du LT3094 afin d'obtenir des performances PSRR optimales.

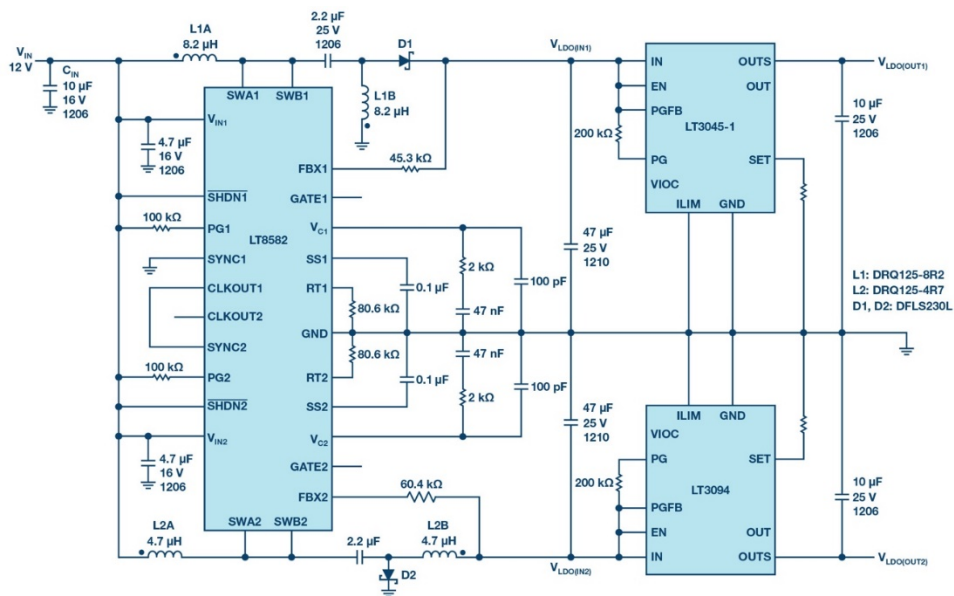


Figure 5. Alimentation positive/négative à double sortie ajustable avec taux de réjection de l'alimentation élevé et fonctionnement à basse température

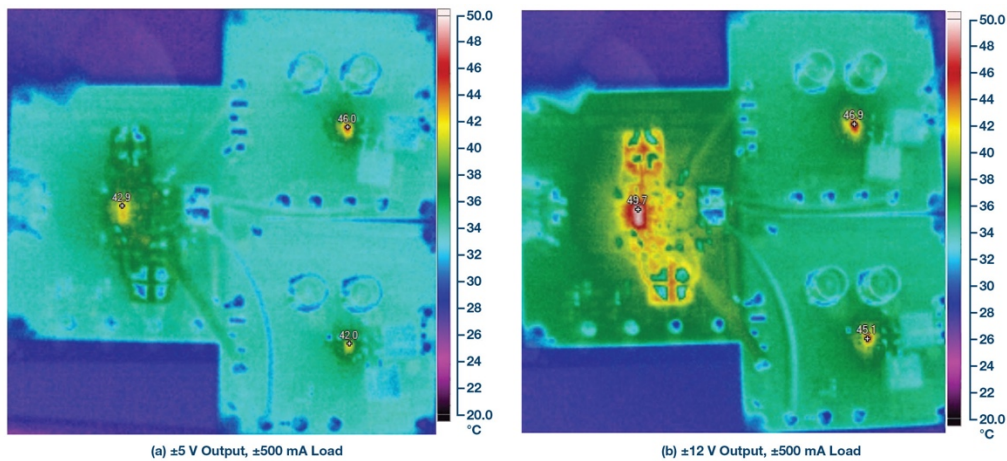


Figure 6. Image thermique d'une double alimentation avec entrée sous 12 V

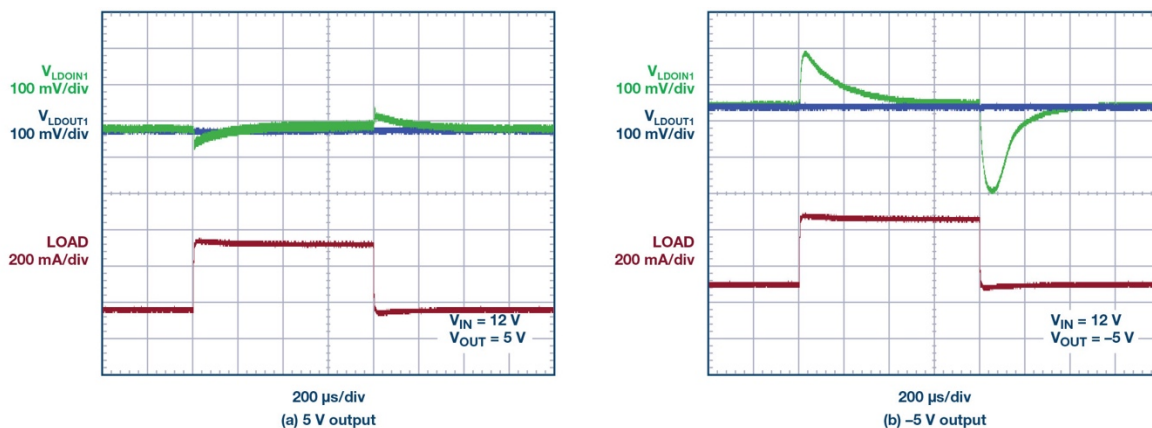


Figure 7. Réponse transitoire de la double alimentation avec entrée sous 12 V et sortie  $\pm 5$  V

Tableau 2. Performances des alimentations positive/négative à double sortie avec entrée sous 12 V d'entrée et charge de  $\pm 500$  mA

| V <sub>LDO(out)</sub> (V) | V <sub>LDO(in)</sub> (V) | V <sub>DROP</sub> (V) | LT3094<br>Augmentation de la température | I <sub>IN</sub> (A) | Rendement du système |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------|------------------------------------------|---------------------|----------------------|
| ±3,3                      | ±4,55                    | 1,25                  | 8 °C                                     | 0,48                | 57 %                 |
| ±5                        | ±6,25                    | 1,25                  | 8 °C                                     | 0,65                | 65 %                 |
| ±12                       | ±13,22                   | 1,22                  | 9 °C                                     | 1,25                | 78 %                 |

## Conclusion

Le LT3094 est un régulateur LDO négatif qui conjugue un niveau de bruit ultra-bas et un taux de réjection de l'alimentation PSRR très élevé. Grâce à son architecture basée sur un courant de référence, le niveau de bruit et le taux PSRR sont indépendants de la tension de sortie, ce qui permet de monter sans difficulté plusieurs LT3094 en parallèle pour augmenter le courant de charge et maintenir un bruit de sortie réduit. La broche VIOC minimise la dissipation de puissance du régulateur LDO lorsque le LT3094 post-régule un convertisseur à découpage, ce qui en fait une solution idéale pour les applications à tension de sortie variable.