

Technologies Nano Cap et QuiCur de ROHM : une conception durable des circuits d'alimentation

Auteur : Michael Maurer Responsable du Marketing des applications chez
ROHM Semiconductor Europe

La prise de conscience croissante en faveur de la durabilité de la consommation d'énergie conduit à une plus grande électrification dans de multiples applications. En particulier dans le secteur automobile, cela a abouti à une demande croissante de composants électroniques et de ressources de conception. Entre autres, le nombre de condensateurs nécessaires pour stabiliser les tensions d'alimentation a nettement augmenté. En raison de la situation précaire du marché mondial, y compris en ce qui concerne les composants passifs, la demande d'alimentations qui se passent autant que possible de condensateurs de sortie ou ne nécessitent que de très petites valeurs de capacité augmente également. En conséquence, le nombre de condensateurs utilisés aux fins les plus diverses doit être réduit. Pour réduire l'effort de conception des circuits d'alimentation avec des spécifications changeantes, des circuits intégrés d'alimentation de haute qualité sont nécessaires afin d'assurer une excellente réactivité et un fonctionnement stable.

Pour assurer une alimentation stable, un circuit intégré d'alimentation surveille en permanence la tension de sortie et la compare à une tension de référence interne au moyen d'un circuit amplificateur de défaut. Des temps de réponse plus courts permettent d'annuler plus rapidement les changements de tension de sortie causés par des fluctuations de la tension d'entrée et / ou du courant de charge. D'autre part, une trop grande réduction du temps de réponse provoque l'instabilité du circuit et l'oscillation de la tension de sortie. Étant donné que la capacité de sortie influence également la vitesse de réponse, il était jusqu'à présent difficile de parvenir au comportement de réponse souhaité.

Avec QuiCur™ (Quick Current), ROHM a développé une nouvelle technologie d'alimentation en courant qui améliore avec les circuits de convertisseurs DC/DC (régulateurs de commutation) et LDO (régulateurs linéaires) les tensions de sortie en cas de transitoires (variations de charge) en termes de vitesse de réaction et de stabilité.

L'intégration de la technologie QuiCur™ permet d'obtenir une alimentation en tension idéale sans rendre instable l'amplificateur de défaut et ainsi tout le circuit. Les condensateurs de sortie à capacité réduite ont non seulement diminué le nombre de composants externes et la zone de montage nécessaire, mais permettent également d'adapter la capacité et la tension AC (relation proportionnelle constante négative). Cela

garantit un fonctionnement stable même si la capacité augmente en raison de changements de spécifications, par exemple en raison du vieillissement, de la polarisation... Cela réduit considérablement les ressources pour la conception de circuits d'alimentation en permettant un fonctionnement stable avec moins de composants externes.

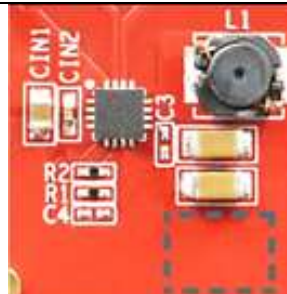
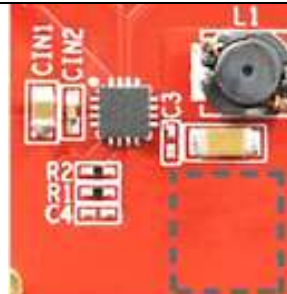
Régulateur de commutation conventionnel	Régulateur de commutation avec technologie QuiCur™	
BD9S400	BD9S402 Mode = Low	BD9S402 Mode = High
		
$C_{OUT} = 4 \times 22\mu F$	$C_{OUT} = 2 \times 22\mu F$	$C_{OUT} = 1 \times 22\mu F$

Illustration 1 : Comparaison des besoins en espace de régulateurs de tension comparables

Détails sur la technologie QuiCur™

Pour un comportement transitoire optimal, il faut trouver un compromis entre le facteur d'amplification et la fréquence limite pour un comportement stable dans les régulateurs de commutation conventionnels. La combinaison du comportement de transmission de l'étage de puissance et de l'amplificateur de défaut joue un rôle important. Observons tout d'abord le schéma fonctionnel et la fonction de transmission de l'amplificateur de défaut d'un régulateur de commutation conventionnel :

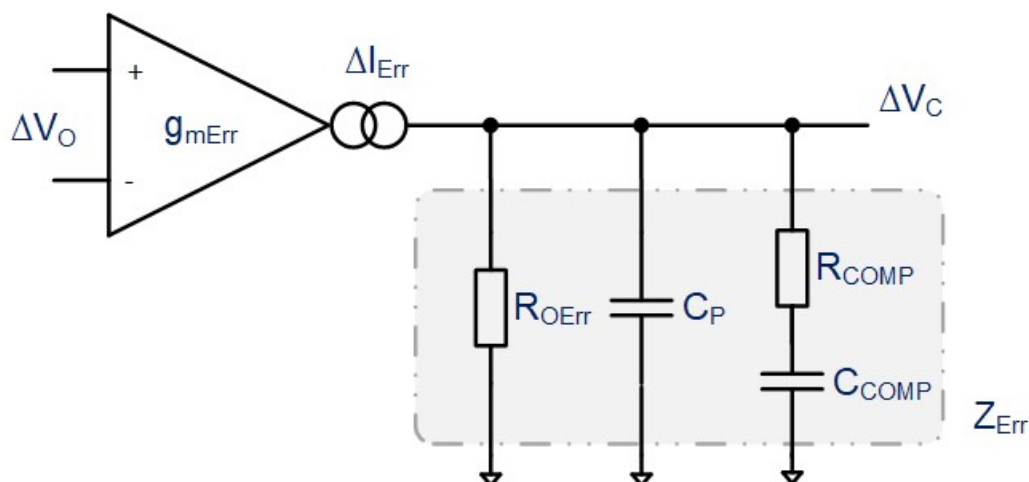


Illustration 2 : schéma fonctionnel amplificateur de défaut conventionnel

La fonction de transfert peut être calculée sous la forme de $\Delta V_C = -\Delta V_O * g_{mErr} * Z_{Err}$

$$\frac{\Delta V_C}{\Delta V_O} = -g_{mErr} * Z_{Err}.$$

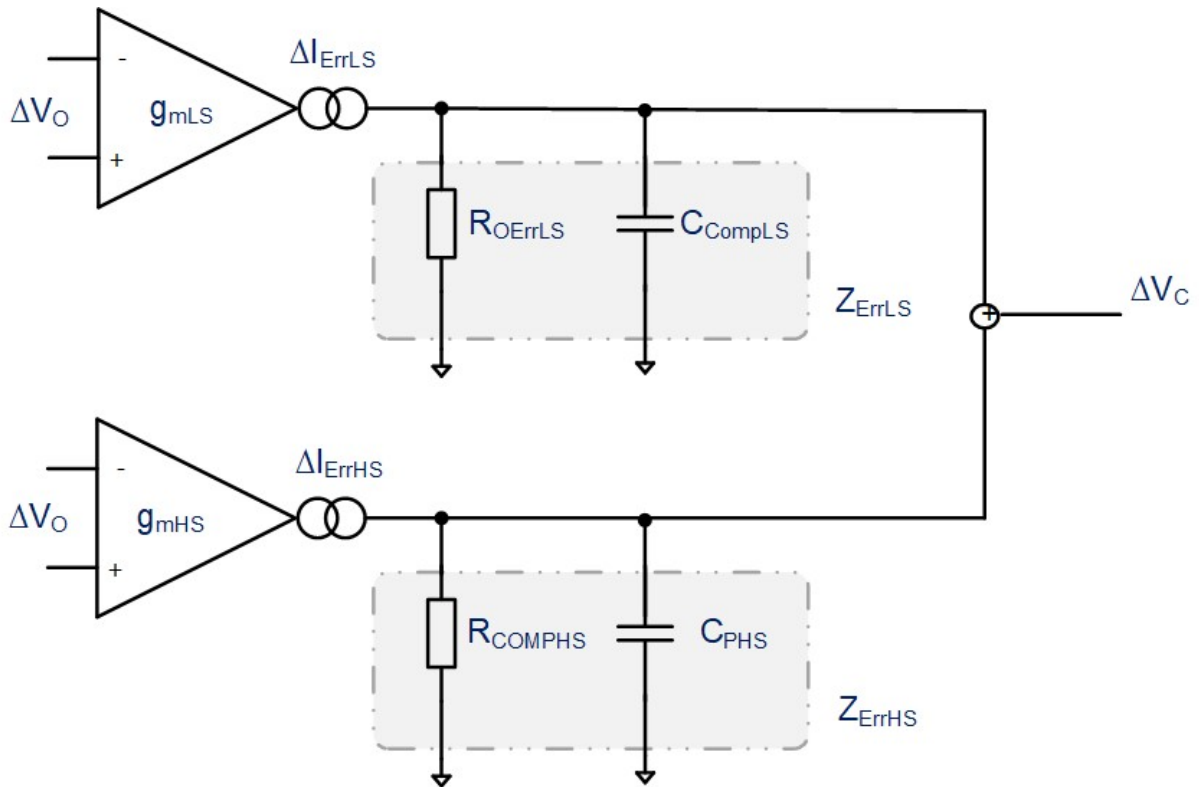


Illustration 3 : schéma fonctionnel amplificateur de défaut QuiCur™

Avec la nouvelle architecture de l'amplificateur de défaut, la séparation en 2 chemins séparés, le calcul suivant de la tension de contrôle donne ΔV_C :

$$\Delta V_C = -\Delta V_O * g_{mLS} * Z_{ErrLS} - \Delta V_O * g_{mHS} * Z_{ErrHS}$$

À partir de cette équation, il est maintenant possible de calculer la fonction de transmission de la nouvelle architecture d'amplificateur de défaut :

$$\frac{\Delta V_C}{\Delta V_O} = -(g_{mLS} * Z_{ErrLS} + g_{mHS} * Z_{ErrHS})$$

Comme on peut facilement le constater, on dispose maintenant de 2 chemins indépendants l'un de l'autre, pour lesquels l'amplification g_m et les propriétés de filtre peuvent être réglées indépendamment les unes des autres.

Le comportement transitoire d'un régulateur de commutation est le produit de la fonction de transmission de l'amplificateur de défaut et de l'étage de puissance, que nous pouvons calculer en fonction de la résistance interne ($R_i = 1 / g_m$), de la charge et de la capacité de sortie avec

$$\frac{\Delta V_C}{\Delta V_O} = \frac{g_m * R_L}{1 + j\omega C_O R_L}$$

Si nous comparons maintenant les diagrammes de Bode des deux régulateurs de commutation avec des propriétés comparables, nous pouvons voir dans le diagramme de Bode avec la technologie QuiCur™ une amplification globale moindre ainsi qu'une caractéristique de phase avec une réponse de phase presque constante jusqu'à des fréquences bien supérieures au passage 0 dB.

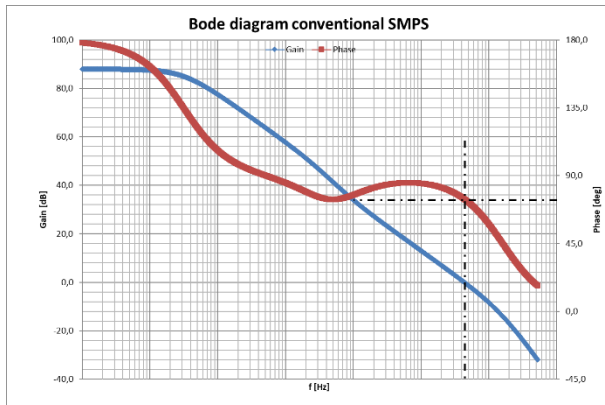


Illustration 4 : régulateur de commutation conventionnel

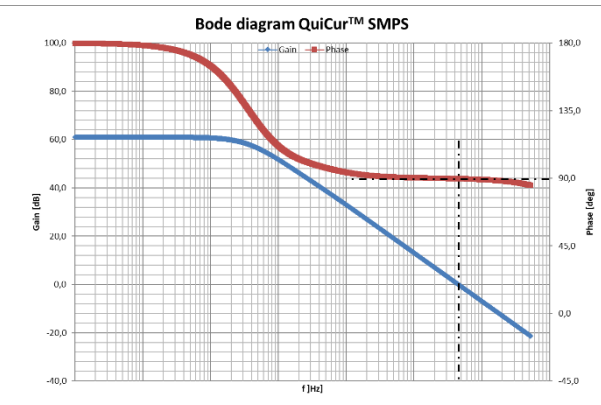


Illustration 5 :

Observons maintenant l'influence des valeurs de capacité de sortie lorsqu'elles sont assujetties à des tolérances. Dans l'exemple qui suit maintenant, la valeur standard est réduite de moitié, passant de 44 μF à 22 μF . Comme on peut le voir dans les diagrammes de Bode ci-dessous, cela déplace la fréquence du passage d'amplification de 0 dB à une valeur plus élevée. Cela modifie la réserve de phase, le degré de stabilité d'un régulateur de tension. La réserve de phase peut être relevée dans les diagrammes aux points d'intersection de la verticale du passage 0 dB avec la caractéristique de phase.

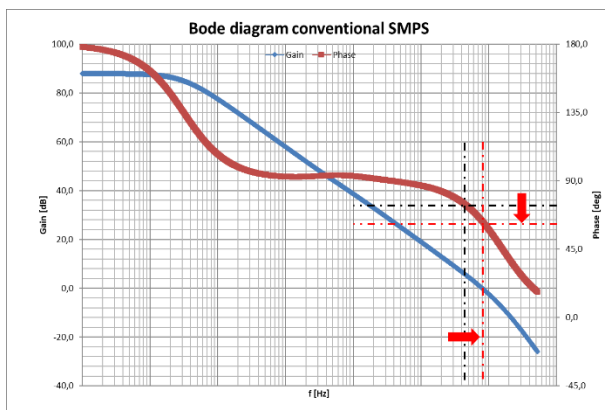


Illustration 6 : régulateur de commutation conventionnel 22 μF

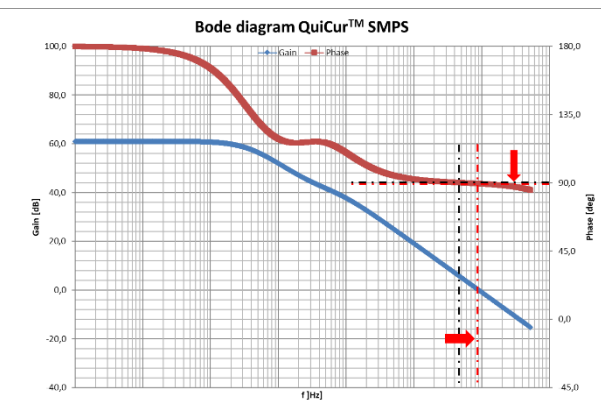


Illustration 7 : régulateur de

Un autre avantage de cette nouvelle technologie est obtenu en divisant l'amplificateur de défaut en un chemin de signal lent et rapide. Le chemin lent assure alors la précision de la tension de sortie et le chemin de signal rapide traite les fluctuations de tension de sortie

causées par les transitoires. Étant donné que les deux chemins de signal ont des amplificateurs séparés, ils peuvent être réglés indépendamment l'un de l'autre. Les deux diagrammes de Bode ci-dessous montrent l'amplification et la phase de chaque régulateur de commutation. À gauche en standard et à droite avec une fréquence de passage 0 dB environ deux fois plus élevée, les deux diagrammes enregistrés avec seulement 22 μF de capacité de sortie.

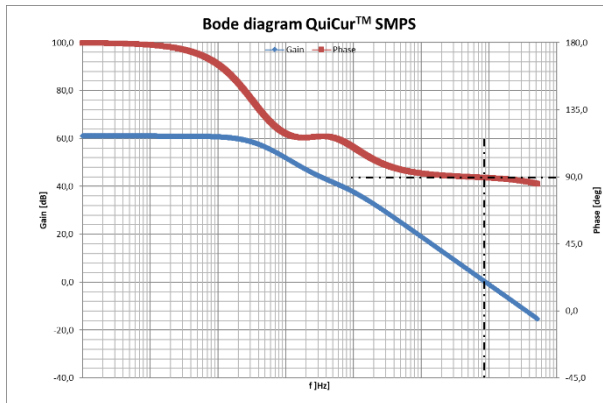


Illustration 8 : QuiCur™ lent

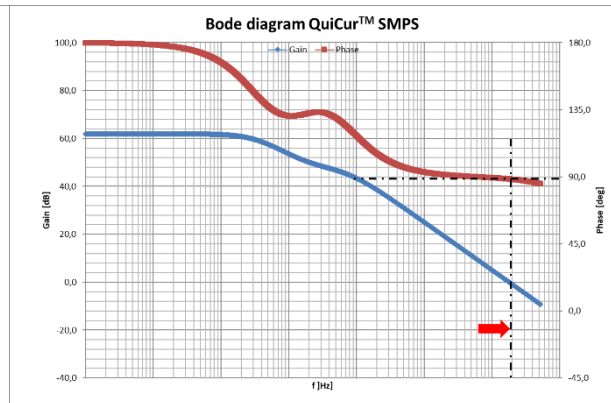


Illustration 9 : QuiCur™ rapide

Les diagrammes de Bode montrent clairement que les régulateurs de commutation dotés de la nouvelle technologie QuiCur™ novatrice peuvent garantir une réserve de phase nettement plus élevée et donc une stabilité améliorée. De même, la fréquence de passage de 0 dB peut également être configurée séparément, de sorte que le régulateur de commutation dispose d'un comportement transitoire optimisé sans alors devenir instable

Combinaison avec la technologie de régulation Nano Cap™

En 2020, ROHM a développé la technologie Nano Cap™ ultra-stable pour les circuits intégrés de régulateurs de tension LDO (Low Drop Out). Par rapport aux LDO conventionnels, cette technologie utilise également les informations de courant pour un contrôle précis de la tension de sortie. La combinaison de cette technologie Nano Cap™ en même temps que la technologie QuiCur™ permet désormais de réduire considérablement la valeur du condensateur de sortie, et ce avec un comportement transitoire significativement amélioré. La capacité de production peut ainsi être réduite à moins d'un dixième par rapport aux solutions conventionnelles. Idéalement, il est même possible d'éliminer complètement le condensateur de sortie et d'utiliser à la place le condensateur d'entrée de la charge (généralement un condensateur 100 nF) afin de stabiliser la tension.

Voici une comparaison entre un LDO Nano Cap™ et un LDO conventionnel comparable, sous des charges variables (transitoires), en fonction de la capacité de sortie. Comme on peut le voir dans les illustrations, les dépassements et passages en-dessous de la consigne des tensions de sortie dans le LDO Nano Cap™ sont nettement inférieurs à ceux d'un LDO conventionnel. Dans le cas d'une capacité de sortie de 1 μF , nous détectons un facteur de 5,2 ou 7,4 avec des sauts de charge identiques. Si l'on remplace maintenant le condensateur de sortie par un type 100 nF, le passage sous la consigne du LDO Nano Cap™ reste à la

même valeur et le dépassement augmente à 180 mV. Avec un LDO conventionnel, les dépassements et les passages en-dessous de la consigne augmentent significativement à des facteurs de 7,4 et 4,3 par rapport à la nouvelle technologie de ROHM avec la même capacité de sortie. Ces dépassements ou passages en-dessous de la consigne sont généralement en dehors de la plage de tension autorisée de la charge et présentent souvent pendant le processus de contrôle des oscillations qui ne peuvent être acceptées.

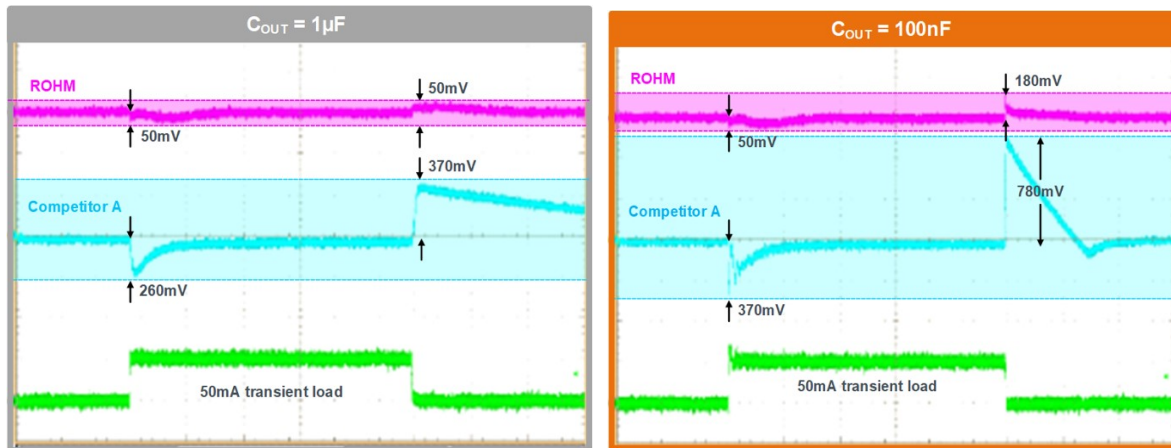


Illustration 10. Mesure de comparaison Nano Cap™ avec des LDO conventionnels

La technologie Nano Cap™ associée à la technologie QuiCur™ empêche les oscillations même avec de petites capacités de sortie, réduit les dépassements et passages en-dessous de la consigne et contribue à une plus grande préservation des ressources, à la réduction des besoins de circuits imprimés, à la simplification des conceptions et à la réduction des coûts.

Le nouveau circuit intégré du convertisseur DC/DC automobile assure un fonctionnement stable

Le BD9S402MUF-C est un circuit intégré de convertisseur DC/DC abaisseur (régulateur de commutation) avec MOSFET intégrés pour les applications automobiles telles que l'infodivertissement ou l'ADAS (Advanced Driver Assistance Systems). Le nouveau circuit intégré prend en charge des tensions de sortie de 0,6 V à $0,8 * V_{IN}$ et un courant de sortie de maximum 4 A à des fréquences de commutation de typiquement 2,2 MHz. Le BD9S402MUF-C dispose d'une taille compacte, exigée par les applications d'alimentation secondaire de plus en plus exigeantes pour les MCU et SoC hautes performances. À l'aide de la technologie QuiCur™, il permet un fonctionnement stable pour les surtensions ou sous-tensions de 30 mV de pointe dans le secteur (conditions de mesure : tension d'entrée de 5 V, tension de sortie de 1,2 V, capacité de sortie de 44 µF, variation du courant de charge de 0 à 1 A/1 µs). Cela implique une réduction de 25 % des fluctuations de tension de sortie par rapport aux produits standard de pointe avec des fonctionnalités équivalentes.

Le BD9S402MUF-C est également équipé d'une fonction de sélection du comportement transitoire. Celle-ci exploite les caractéristiques de la technologie QuiCur™ et permet à l'utilisateur, en réglant les broches GAIN sur « High/Low », de changer de priorité entre la

plus faible « variation de tension » (pour les tensions transitoires les plus faibles) et la « réduction de capacité » (pour garantir un fonctionnement stable à 22 μF). Par exemple, l'utilisateur peut régler la broche GAIN sur « High » s'il s'agit d'une alimentation pour un SoC qui nécessite une précision extrême de la tension d'alimentation, même avec des transitoires importants. Ou bien il peut régler la broche GAIN sur « Low » pour obtenir un bon équilibre entre la puissance et les coûts de condensateur lorsque l'alimentation est destinée à une charge dont les exigences en matière de précision de la tension transitoire sont moindres. En fin de compte, l'utilisateur peut réduire considérablement les ressources nécessaires à la conception des circuits d'alimentation, car un fonctionnement stable peut être facilement obtenu non seulement lors de la conception initiale, mais aussi lors de modifications des spécifications ou du modèle.

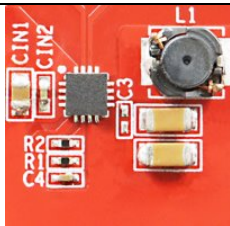
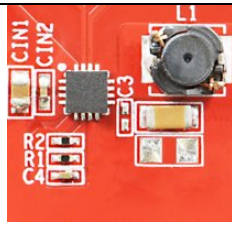
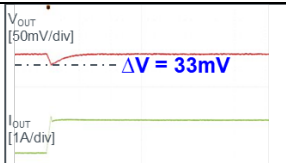
Priorité de conception	Réponse transitoire	Coûts
Réglage de gain	High	Low
Capacité de sortie	44 μF (2 x 22 μF)	22 μF (1 x 22 μF)
Disposition des circuits imprimés		
Réponse de saut $V_{\text{IN}} = 5 \text{ V}$ $V_{\text{OUT}} = 1 \text{ V}$ $I_{\text{OUT}} = 0 \text{ A} \rightarrow 2 \text{ A}$ (1 A/ μs) $f_{\text{SW}} = 2,2 \text{ MHz}$	 $\Delta V = 33\text{mV}$	 $\Delta V = 69\text{mV}$

Illustration 11.

Régulateur LDO pour les applications automobiles

Avec la série BD9xxN1, ROHM propose une série de circuits intégrés de régulateurs LDO pour applications automobiles. Les circuits intégrés sont optimisés pour l'alimentation directe 12 V embarquée dans de multiples applications de véhicules, telles que la chaîne de propulsion, la carrosserie du véhicule, l'ADAS et l'infodivertissement.

Les LDO primaires de la série BD9xxN1 répondent aux exigences de base des produits automobiles, comme le fonctionnement à plus de 125 °C et la qualification selon la norme AEC-Q100 pour la fiabilité dans le domaine automobile. En outre, les LDO fournissent des tensions d'entrée de plus de 40 V pour l'alimentation primaire. La technologie de régulation Nano Cap™ de ROHM associée à la technologie QuiCur™ prend en charge une capacité de sortie de 100 nF. De cette façon, elle assure un fonctionnement stable des applications, même si la tension d'entrée et le courant de charge fluctuent. Cela permet des

performances élevées avec un rapport équilibré entre la plage de capacité de sortie et la réponse.

En plus des MLCC (Multi-Layer Ceramic Capacitors) usuels de la classe μF , les nouveaux régulateurs peuvent fonctionner avec une très large gamme de capacités de sortie à partir de 100 nF dans des boîtiers ultracompacts au format 0603/0402. Dans le passé, cela n'était pas possible en raison de la stabilité insuffisante des circuits. Cette nouvelle option contribue non seulement à la miniaturisation des composants et des cartes, mais réduit également les exigences de conception en prenant en charge un plus large éventail de conditions de condensateur.

ROHM étendra les régulateurs de la série LDO avec la technologie Nano Cap™ à 22 modèles avec différentes tensions de sortie et différents boîtiers d'ici la fin de l'exercice 2022.

En 2023, 24 autres modèles prenant en charge un courant de sortie de 500 mA viendront s'y ajouter. Cela signifie qu'au total, 46 produits seront disponibles à la fin de l'exercice 2023, couvrant un éventail d'applications encore plus large.

www.rohm.com