

INSTRUMENTATION

Mesurer la réponse du circuit de contrôle d'une alimentation avec un oscilloscope à génération de signaux

LA PLUPART DES ALIMENTATIONS ET DES RÉGULATEURS DE TENSION SONT ESSENTIELLEMENT DES AMPLIFICATEURS AVEC UNE BOUCLE DE RÉTROACTION FERMÉE. À L'AIDE D'UN OSCILLOSCOPE, D'UNE SOURCE DE SIGNAUX ET D'UN LOGICIEL AUTOMATISÉ, LES MESURES DE CETTE BOUCLE DE CONTRÔLE PEUVENT ÊTRE EFFECTUÉES RAPIDEMENT ET PRÉSENTÉES SOUS FORME DE DIAGRAMMES DE BODE, CE QUI FACILITE L'ÉVALUATION DES MARGES ET DES PERFORMANCES DU MONTAGE.



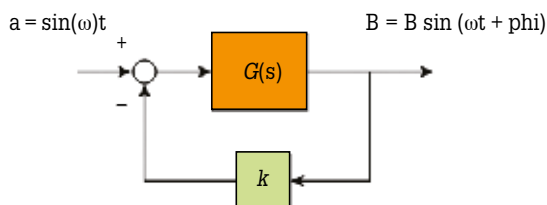
Lee Morgan (Tektronix)
 Directeur général du marketing technique pour la région EMEA chez Tektronix, Lee Morgan est spécialisé dans les domaines des systèmes embarqués, de l'alimentation électrique et de l'automobile.

Même si l'analyse de la réponse en fréquence peut être effectuée à l'aide d'un équipement spécialisé, les oscilloscopes les plus récents peuvent être utilisés pour mesurer la réponse d'une boucle de contrôle de l'alimentation. En utilisant un oscilloscope, une source de signaux et un logiciel d'automatisation, les mesures peuvent être effectuées rapidement et présentées sous forme de diagrammes de Bode familiers, ce qui facilite l'évaluation des marges et la comparaison des performances du montage avec les modèles. Un diagramme de Bode représente la réponse en fréquence du système à l'aide de deux graphiques: un diagramme d'amplitude et un diagramme de phase (déphasage en degrés). À partir de ces tracés, les marges de gain et les marges de phase peuvent être déterminées pour évaluer la stabilité de l'alimentation.

INTRODUCTION À L'ANALYSE DE LA RÉPONSE EN FRÉQUENCE

La réponse fréquentielle d'un système est une fonction dépendant de la fréquence qui exprime comment un signal de référence (généralement une forme d'onde sinusoïdale) d'une fréquence particulière à l'entrée du système (excitation) est transféré à travers le système. La figure 1 illustre une boucle de contrôle

■ **Figure 1.- Boucle de contrôle schématique**



Dans cette boucle de contrôle, une onde sinusoïdale $a(t)$ est appliquée à un système doté d'une fonction de transfert $G(s)$ et d'un coefficient de rétroaction k .

généralisée dans laquelle une onde sinusoïdale $a(t)$ est appliquée à un système doté d'une fonction de transfert $G(s)$. Une fois que les transitoires dus aux conditions initiales ont disparu, la sortie $B(t)$ devient une onde sinusoïdale, mais avec une magnitude B et une phase relative ω différentes. L'amplitude et la phase de la sortie $B(t)$ sont en fait liées à la fonction de transfert $G(s)$ à la fréquence (ω rad/s) de la sinusoïde d'entrée. Le coefficient de rétroaction k détermine comment le signal d'entrée est conditionné, en fonction des charges à la sortie.

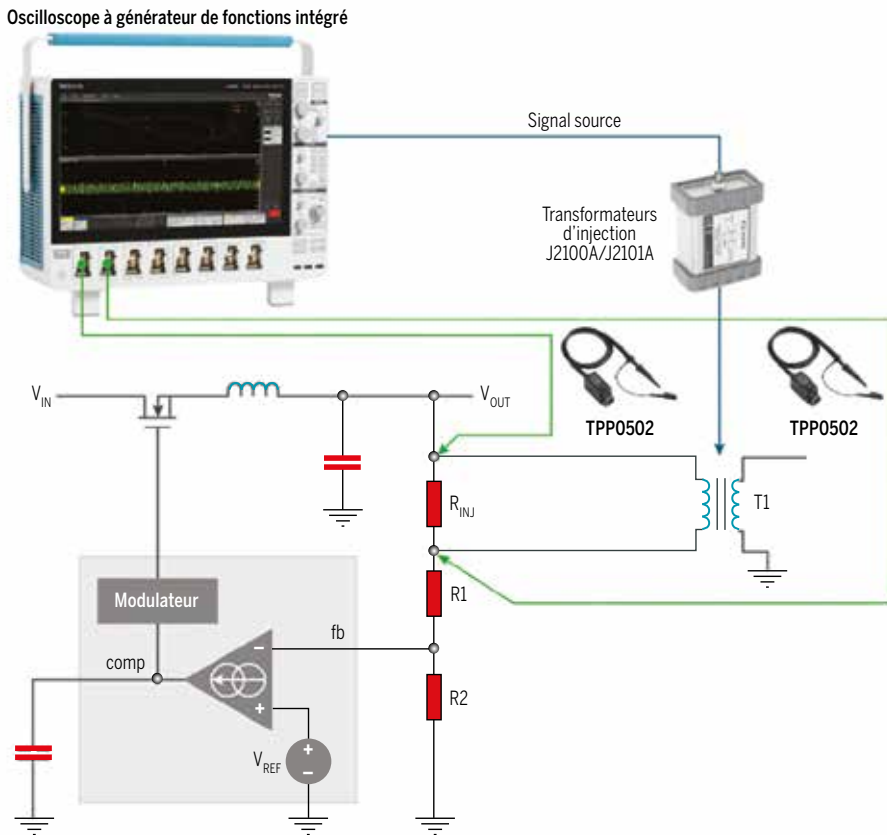
Pour comprendre le comportement du système, le signal d'entrée sinusoïdal est balayé sur toute une gamme de fréquences et à des amplitudes variables. Cela permet de représenter le gain et le déphasage de la boucle sur une gamme de fréquences, et fournit des informations précieuses

sur la vitesse de la boucle de contrôle et la stabilité de l'alimentation. En mesurant séquentiellement le gain et la phase à différentes fréquences, on peut tracer un graphique du gain et de la phase en fonction de la fréquence. Avec des échelles de fréquence logarithmiques, les tracés peuvent couvrir de très larges gammes de fréquences. Ces tracés sont souvent appelés tracés

de Bode en raison de leur utilisation dans les méthodes de conception des systèmes de contrôle mises au point par Hendrik Wade Bode.

Dans la conception des alimentations, les mesures de la boucle de contrôle aident à caractériser la façon dont une alimentation réagit aux changements des conditions de charge de sortie, aux changements de tension d'entrée, aux changements de température, etc. Une alimentation idéale doit réagir rapidement et maintenir une sortie constante, mais sans oscillation ou bourdonnement (*ringing*) excessif. On y parvient généralement en contrôlant la commutation rapide des composants (généralement un Mosfet) entre l'alimentation et la charge. Plus le temps de commutation est long par rapport au temps d'arrêt, plus la puissance fournie à la charge est élevée.

■ **Figure 2.- Montage de mesure de la réponse de la boucle de contrôle**



Ce montage comporte un oscilloscope intégrant un générateur de fonctions aléatoires, un transformateur d'injection/isolation, une résistance d'injection et deux sondes passives à faible atténuation.

Une alimentation ou un régulateur instable peuvent osciller, ce qui se traduit par une ondulation apparente très importante au niveau de la bande passante de la boucle de contrôle. Cette oscillation peut également causer des problèmes d'interférence électromagnétique.

MESURER À L'AIDE D'UN OSCILLOSCOPE

Le fait de mesurer le gain et la phase réels du circuit sur toute une gamme de fréquences donne confiance dans la stabilité de la conception, bien plus qu'en se fiant uniquement à la simulation.

Pour mesurer la réponse d'une boucle de contrôle, l'utilisateur doit injecter un stimulus sur une plage de fréquences dans le circuit de rétroaction de la boucle. Au moyen d'un oscilloscope, d'une source de signaux et d'un logiciel d'automatisation, les mesures peuvent être effectuées rapidement et présentées sous forme de diagrammes de Bode familiers. Les oscilloscopes modernes peuvent par exemple être équipés du logiciel Advanced Power Measurement and Analysis. Ce logiciel

d'application comprend plusieurs mesures de réponse en fréquence, notamment :

- La réponse de la boucle de contrôle;
- Le taux de réjection de l'alimentation (PSRR);
- L'impédance.

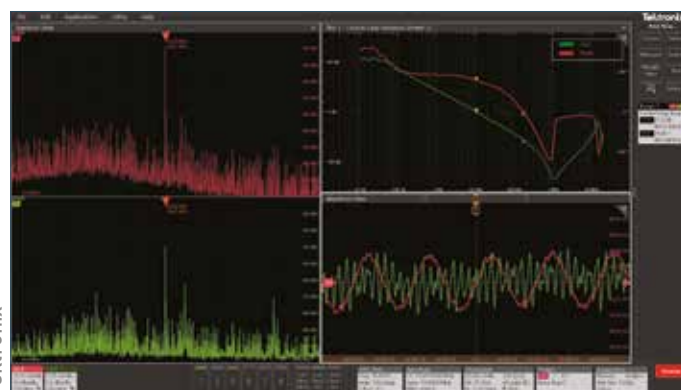


Diagramme de Bode (en haut à droite) avec une plage de balayage allant de 10 Hz à 20 MHz.

Pour déterminer les mesures de la boucle de contrôle, le logiciel d'analyse remplit les fonctions importantes suivantes :

- Il contrôle le générateur de fonctions;
- Il calcule et trace le gain ($20 \log V_{OUT}/V_{IN}$) en fonction des deux entrées de tension, où V_{IN} est la tension de stimulation du

générateur de fonction;

- Il calcule et trace le déphasage entre V_{IN} et V_{OUT} en fonction des deux entrées de tension;

- Il calcule le gain et la marge de phase.

Deux sondes, appliquées à une résistance d'injection de faible valeur, fournissent toutes les informations dont le logiciel d'analyse a besoin. Celui-ci mesure d'une part les amplitudes du stimulus et de la réponse pour calculer le gain, et d'autre part le retard de phase entre le stimulus et la réponse.

Pour mesurer la réponse d'un système d'alimentation, un signal connu doit être injecté dans la boucle de rétroaction. Plusieurs oscilloscopes offrent des sources de signaux intégrées qui peuvent être utilisées pour injecter un signal dans la boucle de rétroaction à travers un transformateur d'isolement. Dans cet exemple, le générateur de fonctions arbitraires est utilisé pour produire des ondes sinusoïdales sur une plage de fréquences spécifiée. Le convertisseur DC-DC ou le régulateur linéaire à faible chute de tension (LDO) doivent être configurés avec une petite résistance d'injection/termination (5 à 10 Ω) dans sa boucle de rétroaction afin qu'un signal de perturbation provenant du générateur de fonctions puisse être injecté dans la boucle. Pour éviter de surcharger la boucle de contrôle, l'amplitude du signal d'injection doit être faible.

Un transformateur d'injection ayant une réponse plate sur une large bande passante est connecté à la résistance d'injection et isole la source de signal mise à la terre de l'alimentation.

Le choix du transformateur d'injection dépend des fréquences qui intéressent l'application. Les sondes passives à faible capacité et à faible atténuation telles que la TPP0502 sont recommandées pour les mesures de tension. Une faible atténuation de la sonde permet

en effet d'obtenir une bonne sensibilité. L'atténuation 2x de la TPP0502 permet ici de mesurer avec une sensibilité verticale de 500 μV/div sur un oscilloscope MSO série 6, et de 1 mV/div sur un MSO série 4 ou 5. La faible capacité de 12,7 pF minimise les effets de charge de la sonde. ■