

Recommandations générales de conception pour la conformité CEM

Par Paul Lee, Directeur De l'Ingénierie, Murata Power Solutions

Les réglementations de compatibilité électromagnétique (CEM) affectent de multiples aspects de la conception des circuits et des systèmes. Cependant, il existe de nombreuses techniques pouvant réduire les émissions aussi bien que la susceptibilité aux interférences électromagnétiques (IEM).

Commençons par le côté alimentation du système : faites en sorte de créer le moins possible de boucles de lignes d'alimentation et de découpler les lignes aux limites des zones d'alimentation locales, à l'aide de filtres de faible Q (figure 1). Les sections haut débit du système devraient être placées le plus près possible de l'arrivée d'alimentation, et les sections les plus lentes placées plus loin, pour réduire les transitoires de plans d'alimentations.

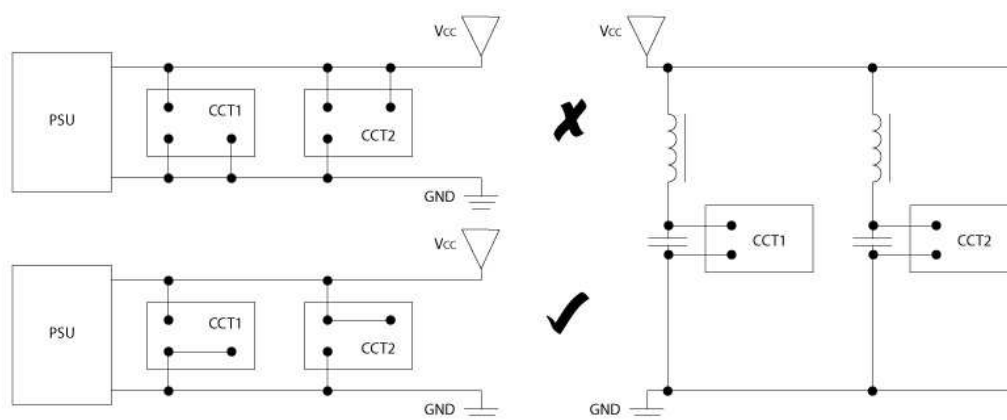


Figure 1 – Les lignes d'alimentation – éliminez les boucles et découpez les limites de zones d'alimentation locale

Placez des filtres passe-bas sur les lignes de signaux, de manière à ne garder que la bande passante minimum nécessaire. Sur les lignes à large

bande passante, gardez les boucles d'arrivée et de retour fermées. Sur les lignes HF ou RF, veillez à implémenter les terminaisons de manière à minimiser les réflexions, les oscillations et les dépassements. Quant aux lignes transportant des signaux extérieurs, le mieux est de les terminer sur le bord de la carte ; évitez les terminaisons de conducteurs sur la surface de carte et ne laissez pas de conducteurs libres traverser la carte. Il importe que tous les signaux sur la carte soient tracés sans « conducteurs volants. »

Pour éviter les résonances à l'intérieur d'un conducteur de signal, écartez les câbles ou les pistes distants de moins du quart de la longueur d'onde du signal. Limitez la vitesse de montée et de descente des fronts de signaux et d'horloges pour réduire la diaphonie, car les fronts raides produisent de larges spectres HF.

Considérations sur le circuit imprimé (PCB)

Lors de l'optimisation d'un tracé de circuit imprimé, quelques points sont à vérifier pour une meilleure performance CEM. Les points suivants devraient être évités : les fentes d'ouverture, particulièrement dans les plans de masse ou près des chemins de courant ; les pistes d'alimentation fines, qui créent des zones de haute impédance donnant naissance à de fortes IEM ; et le recouvrement de plans d'alimentation. Séparez ces derniers par une masse commune pour réduire le bruit système et le couplage de signaux de puissance.

Les moignons de pistes devraient être interdits. Ils causent des réflexions et des harmoniques (figure 2). De même, ne créez pas de concentrations locales de vias et de pastilles traversantes. Ne faites pas faire de boucles aux pistes, même entre couches, car cela crée des antennes réceptrices ou rayonnantes très efficaces. De même, ne conservez pas de surfaces conductrices flottantes, car ce sont des sources de rayonnement créant des IEM. Connectez-les si possible au plan de masse. Ces surfaces sont souvent placées sur la carte à des fins de dissipation thermique, aussi la polarité ne devrait pas importer, mais vérifiez la fiche technique du composant.

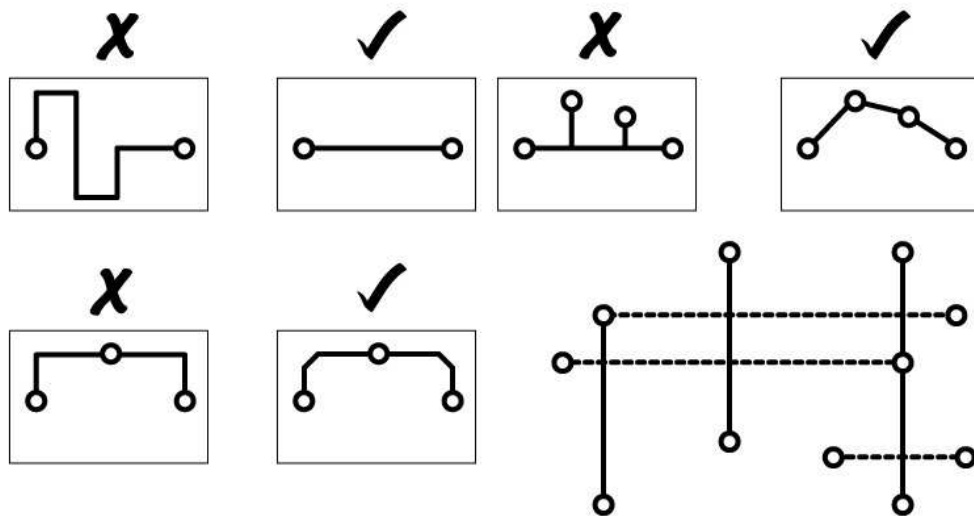


Figure 2 – Réduisez la longueur des pistes HF, évitez les moignons de pistes, biseautez les coins et tracez orthogonalement les pistes routées sur des couches adjacentes.

Assurez-vous que toutes les pistes signal se trouvent dans une structure « stripline », incluant un plan de masse et un plan d'alimentation chaque fois que possible. Souvenez-vous que le courant de retour d'une ligne signal possède une « image miroir » dans un plan de masse au-dessus ou en-dessous de lui, et que ces routes miroir ne doivent pas être interrompues ou combinées. Les pistes HF et RF doivent être aussi courtes que possible, et les pistes HF tracées les premières. Le biseautage de pistes (les coins sont « coupés ») permet de réduire les concentrations de champ, ce qui améliore la CEM. Une dernière astuce pour les lignes signal est de tracer les pistes de couches adjacentes orthogonalement, chaque fois que possible. Toutes ces astuces sont résumées figure 2.

Il est possible d'entourer les composants et terminaisons sensibles d'un anneau de garde ou d'un remplissage de cuivre connecté à la masse (figure 3). La présence d'un anneau de garde sur le pourtour des couches contenant des pistes réduit les émissions de la carte. Ne connectez cet anneau à la masse qu'en un seul point et ne l'utilisez pour rien d'autre (par exemple, ne

l'utilisez pas pour le retour de masse d'un circuit).

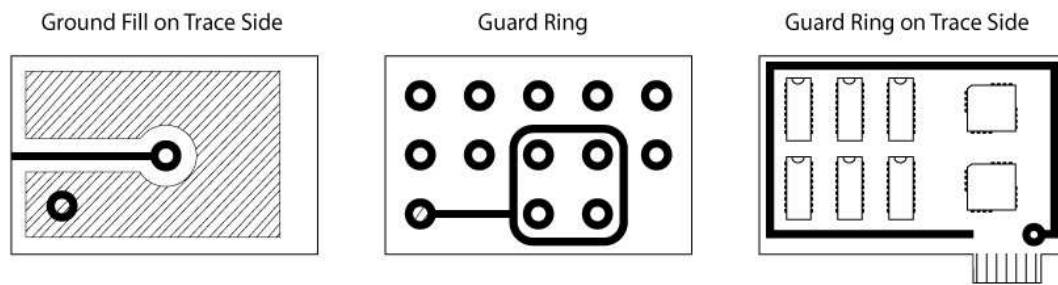


Figure 3 – Utilisez des anneaux de garde et des remplissages de cuivre connectés à la masse

Remplissage de cuivre connecté à la masse entourant une piste

Anneau de garde

Anneau de garde sur une face portant des pistes

Considérations sur les composants

A présent, passons aux aspects CEM de certains composants spécifiques. La première étape est de placer les circuits de polarisation et des circuits pull up et pull down près des points à alimenter ou à piloter. L'intensité du signal de commande en sortie des circuits d'horloge devrait être minimisée. Pour augmenter le couplage entre une ligne de signal et son retour et annuler entre eux les champs dispersés par les lignes de transport de courant et les lignes signal, un excellent moyen d'est d'utiliser des bobines d'arrêt (chokes) de mode commun.

Réduisez les bruits dans les composants et les transitoires sur les lignes d'alimentation en découplant les lignes d'alimentation passant près des composants. Comme condensateurs de découplage et de bypass, les condensateurs céramiques multicouches seront préférés en raison de leur basse impédance, de leur haute fréquence de résonance et de leur stabilité.

Lorsque cela est possible, utilisez des composants discrets pour obtenir un filtrage optimum. Des composants à monter en surface sont préférables à cause de la faiblesse de leurs effets parasites et des effets d'antenne causés par les terminaisons des composants traversants. Ajoutez un filtrage sur les câbles et une protection contre les surtensions sur leurs terminaisons. Cela est particulièrement important pour le câblage externe au système. Si possible, tout câblage externe devrait être isolé à la périphérie du système.

Vous pouvez minimiser la charge capacitive sur les sorties numériques en minimisant la sortance, spécialement sur les circuits intégrés CMOS, car cela réduit le courant de charge et les pics subis par le composant.

Le blindage, tout en améliorant efficacement la CEM, peut être coûteux et devrait pour cette raison n'être utilisé qu'en dernier ressort. Lorsque vous disposez de composants de blindage, utilisez-les pour les circuits à commutation rapide, les circuits d'alimentation secteur et les circuits basse puissance. Etudiez l'intérêt des boucliers magnétiques faits de bandes de cuivre, dits « belly bands », à enrouler autour des transformateurs ou des bobines, et celui des boucliers électrostatiques entre enroulements de transformateur. Et, d'une manière générale, le fait de minimiser la bande passante de l'ensemble des composants du système et d'isoler les circuits lorsque c'est possible réduit la susceptibilité et les émissions.

Les composants dédiés à la CEM

Des composants comme les transformateurs d'isolation, les bobines standard et les bobines d'arrêt de mode commun offrent des solutions simples à certains problèmes de CEM apparaissant dans un circuit existant.

Les bobines

Les bobines sont idéales pour réduire les IEM sur les lignes d'alimentation ou filtrer les signaux à fort courant. Dans les alimentations à découpage (SMPS), les inductances servent souvent à la fois au stockage d'énergie et au filtrage de ligne (figure 4). Nous recommandons d'utiliser une inductance toroïdale ou blindée si vous suspectez l'existence de problèmes de CEM. Les bobines toroïdales contiennent mieux le champ magnétique à l'intérieur du noyau et par conséquent leur rayonnement est virtuellement nul. En même temps, la susceptibilité aux IEM d'une bobine toroïdale est très basse.

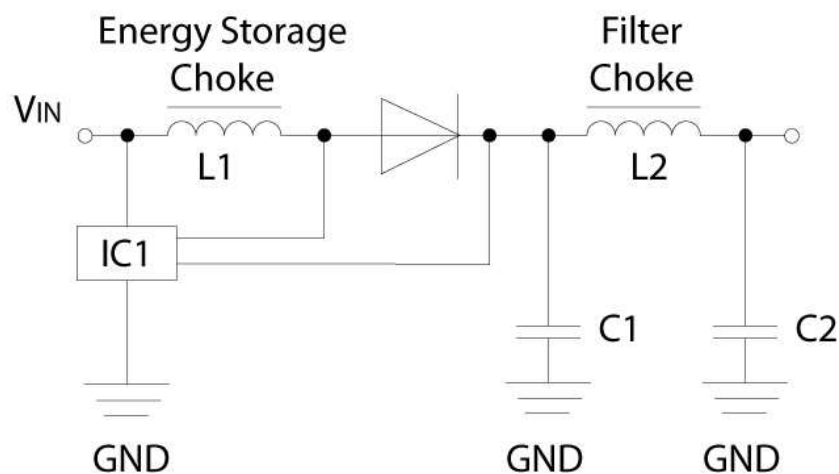


Figure 4 – Configuration de base d'une alimentation à découpage et de ses filtres

Bobine d'arrêt de stockage d'énergie

Bobine d'arrêt de filtrage

Dans les sections de circuits dédiées à l'alimentation, le fait de placer une inductance entre l'alimentation locale et le secteur assure un bon filtrage de l'alimentation et réduit les bruits des circuits situés dans le système, ce qui évite de polluer la ligne d'alimentation électrique principale. Pour sélectionner une inductance, prenez en compte le niveau du courant et la vitesse relative de commutation dans la section de circuit concernée. D'une manière générale, choisissez la plus faible valeur d'inductance assurant le filtrage

désiré, car les valeurs plus élevées donnent des fréquences d'auto-résonnance plus basses, ce qui peut produire des oscillations gênantes et des perturbations dans le circuit. Une résistance est souvent placée en face de la bobine pour abaisser le Q du filtre et amortir les oscillations. De faibles inductances auront aussi en général de plus faibles pertes DC et produiront des tensions transitoires plus basses lors des échelons de charge.

Pour les lignes de signaux ayant une charge ou une commande réactive, il peut être nécessaire d'utiliser une terminaison adaptée employant des circuits passifs réactifs. Il faut connaître la réponse en fréquence de la charge ou de la commande, mais le réseau RLC correspondant est relativement simple et facile à caractériser. Un autre domaine où les inductances améliorent les IEM est le réseau de polarisation d'un amplificateur (figure 5). En plaçant un élément inductif dans le circuit de polarisation ou dans les branches de compensation, il est possible d'ajouter un filtre au circuit sans charger le signal d'une inductance supplémentaire. Un choix judicieux de la valeur d'inductance est recommandé et il est essentiel de placer l'inductance près de l'amplificateur. Cette méthode convient au filtrage des bruits HF, en particulier sur les signaux vidéo et TV.

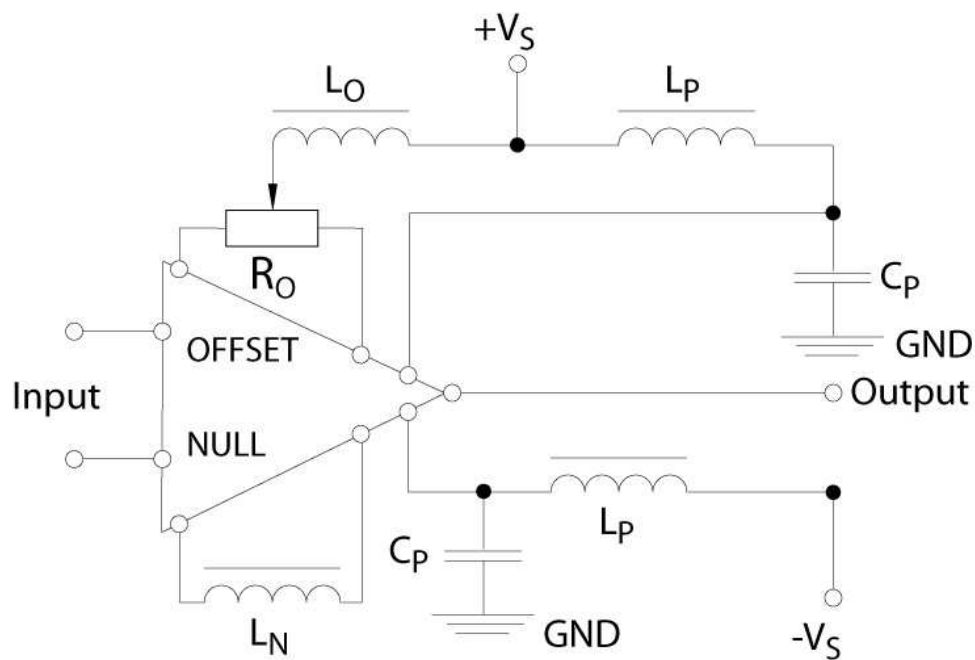


Figure 5 – Filtrage d'un amplificateur au moyen de bobines

Les bobines d'arrêt de mode commun

Les bobines d'arrêt (chokes) de mode commun s'utilisent pour éliminer les bruits de mode commun ou les IEM sur les câbles ou ceux induits sur les pistes de signaux. La bobine d'arrêt devrait être placée aussi près du circuit de commande ou de réception que possible, ou au point d'arrivée du signal sur la carte. La bobine d'arrêt agit en annulant les interférences apparaissant sur les lignes de signal et de retour (c'est-à-dire, les IEM induites) tout en permettant aux signaux de mode différentiel désirés et au courant continu de passer.

Choisir la bonne inductance aidera aussi à maintenir une bonne adaptation à l'impédance de ligne caractéristique et permettra de s'en servir comme filtre pour limiter la bande passante de la terminaison.

Sur les lignes d'alimentation, les bobines d'arrêt de mode commun réduisent les IEM de mode commun. Le bruit de mode différentiel peut aussi être filtré avec le même composant par une sélection judicieuse d'une bobine d'arrêt de mode commun délibérément conçue pour que le couplage entre ses enroulements soit très imparfait. Il en résulte une « inductance de fuite » qui agit comme une bobine d'arrêt en série sur chaque ligne.

Les transformateurs

Le principal bénéfice d'un transformateur de signal, du point de vue de la CEM, est de fournir une barrière d'isolation entre une ligne signal et les composants associés. C'est particulièrement vrai à l'endroit où la ligne signal quitte la carte ou le système. Cela concerne aussi les signaux envoyés ou reçus, car le fait d'isoler la ligne réduit le bruit de mode commun et élimine les différences de potentiel de masse (ou de retour de signal) entre systèmes.

Les convertisseurs DC-DC isolés

Un convertisseur DC-DC isolé aide véritablement à réduire la susceptibilité et les émissions conduites en isolant le rail d'alimentation et la masse de l'alimentation du système. En tant que composants à commutation, les convertisseurs DC-DC isolés possèdent eux-mêmes une fréquence de

commutation caractéristique qui peut nécessiter un filtrage additionnel, comme le montre le montage de la figure 6.

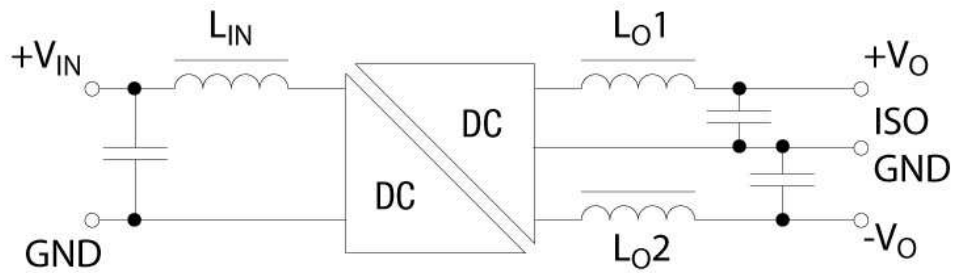


Figure 6 – Filtrage d'un convertisseur DC-DC isolé

Ces recommandations générales de conception devraient aider à minimiser les IEM et aider à obtenir du premier coup la certification CEM des systèmes.