

Résoudre le problème du filtrage en mode commun et en mode normal au stade de la conception

par Hidetoshi Yamamoto, EMI division, Murata

L'émission et la réception du bruit électromagnétique constituent un sérieux challenge pour les ingénieurs électroniciens. Dans cet article, nous allons analyser les différences entre bruit en mode commun et en mode normal, avant de présenter la configuration de base des filtres permettant d'éliminer ces bruits.

Le bruit étant une énergie électrique, il est naturellement transporté par un conducteur connecté. Cependant, si ce conducteur fait partie d'un ensemble de conducteurs dans un même câble, la conduction a lieu en mode commun et en mode normal. Le test de la Figure 1 illustre un cas fréquemment rencontré dans l'antiparasitage d'appareils électroniques. L'appareil électronique est connecté par un câble d'interface et le bruit émis par le câble fait office d'antenne. En l'absence de câble, le niveau de bruit est faible, comme le montre la Figure 1a. Cependant, quand on branche un câble, le bruit augmente dans la plage de fréquence 100MHz - 300MHz, comme le montre la Figure 1b.

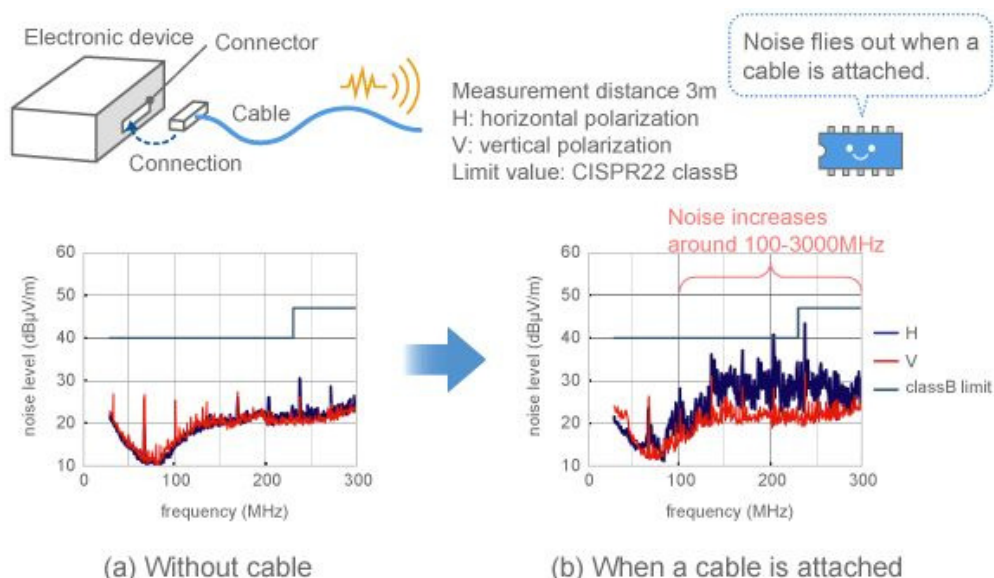
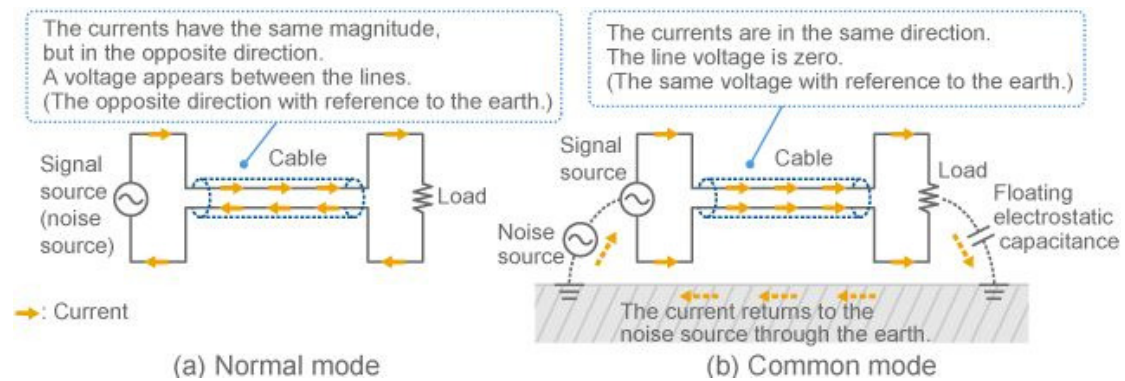


Figure 1 - Exemple de bruit émis par le câble d'un appareil électronique

Un câble d'interface renfermant généralement un conducteur de protection, un conducteur d'alimentation et un conducteur de signalisation, comment savoir lequel transporte le bruit ? Dans l'exemple de la Figure 1, le câble pourrait être blindé, auquel cas le bruit pourrait aussi être conduit par le blindage. Résultat : le bruit en mode commun est induit à toutes les bornes du connecteur qui est raccordé au câble. En revanche, la masse d'un circuit électrique est généralement considérée comme le point de référence où le bruit est minimum. Si le bruit est superposé à cette masse comme le montre la Figure 1, il le sera aussi à l'alimentation et à la signalisation. C'est pourquoi on l'appelle parfois bruit en mode commun.

Dans un circuit électrique, le courant fait des allers-retours sur son parcours. Si on isole une partie du circuit par un câble comme illustré à la Figure 2a, on voit que le câble se compose de deux fils par lesquels le courant électrique passe et revient. Le courant se propage dans un sens sur un des conducteurs et dans le sens inverse dans l'autre, mais avec la même magnitude. Au total, la valeur est donc toujours zéro. Ce type de circulation du courant est appelé mode normal.

En revanche, le courant peut aussi se propager dans les deux conducteurs dans le même sens ; c'est l'exemple de la Figure 2b. C'est ce qu'on appelle le mode commun. Comme le montre la figure, le courant se propage dans le même sens parce que la même tension est appliquée à chaque conducteur. Cela est dû au courant qui fuit via la capacité électrostatique flottante de la charge opposée à la terre et repart vers la source de bruit via la terre. (Le courant peut aussi provenir d'une connexion directe entre la charge et la source de bruit, sans passage par la terre).



Figures 2a et 2b - Le mode commun et le mode normal

Le mode normal sur deux conducteurs (Figure 2a) est parfois appelé mode différentiel.

En général, on utilise des condensateurs (C) et des inductances (L) pour former un filtre passe-bas au centre du câble ou à un point de connexion de celui-ci. Ce filtre sert de chemin de transmission du bruit et bloque la conduction du bruit. Comme on le voit à la Figure 3, insérer un condensateur entre les conducteurs et mettre un élément d'impédance en série permet de constituer un filtre en mode normal. Le courant en mode normal se propage dans le même sens que celui des opérations du circuit. Les valeurs de L et de C sont ajustées de façon à ce que la fréquence de coupure du filtre passe-bas ne dépasse pas celle des éléments nécessaires aux opérations du circuit. Si tous les conducteurs sont flottants par rapport à la masse, le circuit est considéré comme équilibré et un même élément d'impédance est utilisé pour les deux conducteurs. Il faut alors maintenir l'équilibre pour que l'impédance reste la même. Si un côté est relié à la masse, ce qui est généralement le cas d'un circuit numérique, le circuit est considéré comme dissymétrique, et on n'utilise en principe pas d'élément d'impédance pour la masse. Ici, les termes "équilibré" et "dissymétrique" font référence à la façon dont la tension est maintenue par rapport à la terre en mode normal. Si la tension est appliquée aux deux conducteurs de façon symétrique, le circuit est équilibré, alors que si elle est concentrée sur un seul conducteur, le circuit est dissymétrique. L'autre conducteur du circuit dissymétrique est la masse, à laquelle aucune tension, ou presque, n'est appliquée.

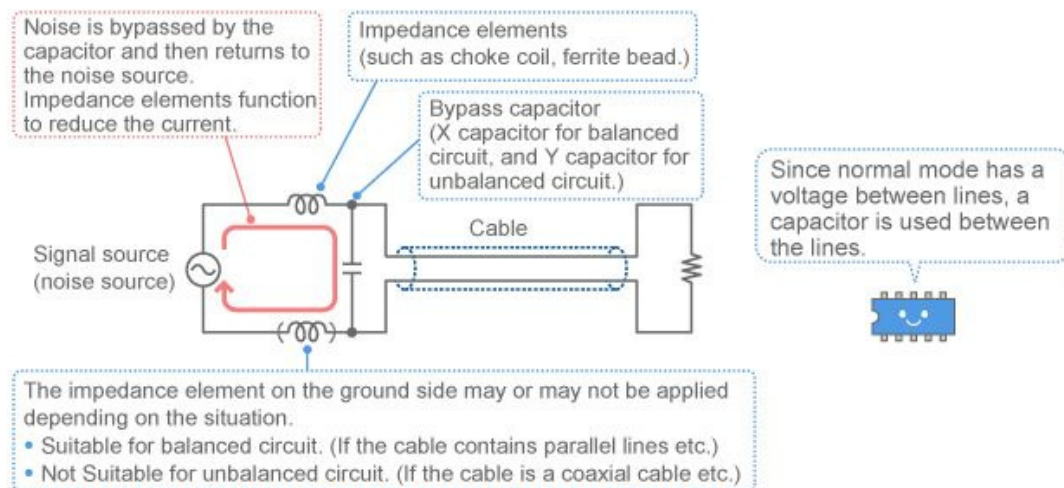


Figure 3 - Exemple de configuration de filtre en mode normal

La Figure 4 montre comment on peut créer un filtre de mode commun en raccordant des condensateurs à la masse (condensateur Y). Autant que possible, utiliser une bobine d'arrêt comme élément d'impédance. Si le câble est constitué d'un certain nombre de fils, il peut être efficace de créer une sorte de bobine d'arrêt de mode commun en enroulant le câble autour d'un tore de ferrite ou en l'intercalant avec. En mode commun, le bruit peut se produire sur la masse à laquelle le condensateur Y est connecté. Dans ce cas, l'effet du condensateur Y est réduit parce qu'il n'a pas été raccordé à une masse appropriée.

Il convient alors de créer un point de masse séparé auquel le condensateur Y sera relié. Comme on le voit sur la figure, le câblage de cette masse est destiné à créer un chemin de retour pour le bruit.

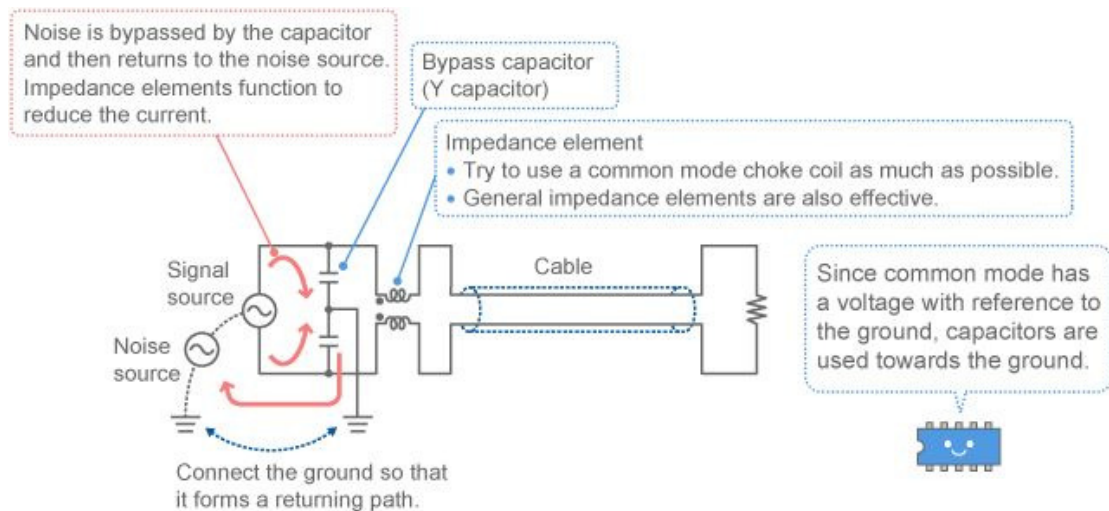


Figure 4 - Configuration de base d'un filtre en mode commun

Depuis quelques années, on utilise plus fréquemment les signaux différentiels pour la transmission numérique haut débit comme l'USB. Les signaux différentiels renferment un bruit de mode commun qui est légèrement différent de ceux décrits jusqu'à présent.

Un signal différentiel applique un signal d'inversion de phase à chaque conducteur de la paire et reçoit un signal de tension côté récepteur (Figure 5). Si les deux courants sont symétriques, les composantes du courant sont uniquement en mode normal, et le mécanisme de la Figure 5 permet donc d'avoir un bruit très faible. De plus, une induction de bruit venant de l'extérieur aura moins d'incidence.

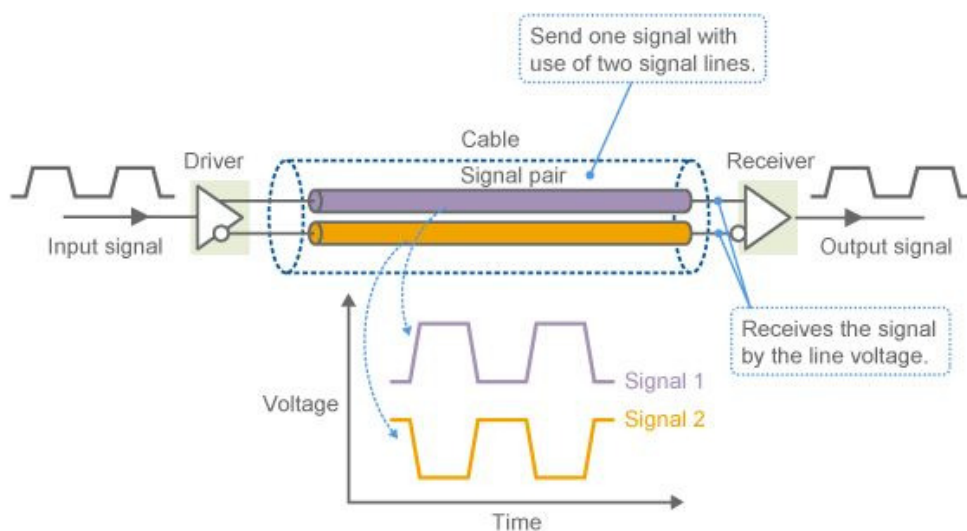


Figure 5 - Forme d'onde du signal différentiel

Toutefois, s'il existe une légère dissymétrie dans les signaux envoyés par les deux conducteurs, les éléments dissymétriques passent en mode commun.

Les facteurs sources de dissymétrie sont les temps de montée et de descente, le débit ou l'ampleur de l'écart, ou encore la superposition de bruit de mode commun.

Les trois premiers constituent davantage un problème d'intégrité du signal que de bruit. La dissymétrie de la forme du signal est due à une différence de longueur ou à un coude des fils, ou bien encore à un écart dans les impédances des résistances d'extrémité. Le bruit de mode commun est dû à une dissymétrie du signal sous la forme d'harmoniques de la fréquence du signal dans le spectre du bruit.

Le bruit superposé est souvent appliqué de l'extérieur à l'alimentation ou à la masse du pilote ou du récepteur. Bien que le bruit puisse ressembler à des harmoniques, il peut survenir à une fréquence qui n'a rien à voir avec la fréquence du signal.

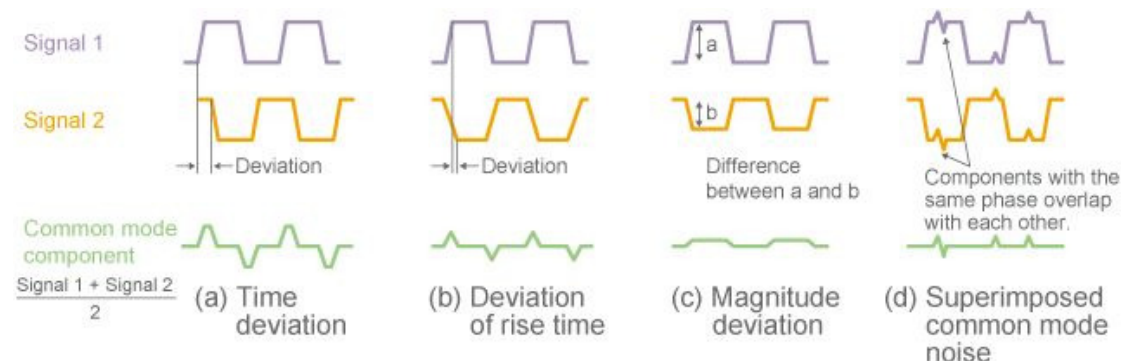


Figure 6 - Facteurs de création du mode commun

En principe, on utilise des bobines d'arrêt pour bloquer le courant de mode commun et supprimer toute dissymétrie des signaux différentiels. Elles sont généralement prévues côté pilote, mais peuvent aussi être utilisées côté récepteur en cas de présence de bruit de ce côté. On choisit ici pour les bobines d'arrêt de mode commun des éléments à faible atténuation en mode différentiel de façon à ne pas perturber le signal différentiel. Enfin, on utilise aussi un câble blindé pour l'antiparasitage du signal différentiel.