

第6章

セラミック・コンデンサやフェライト・ビーズと特性を比較

波形で見る コモン・モード・チョーク・コイルの効果

伊藤健一，熊谷英樹

コモン・モード・チョーク・コイルは、差動信号波形に影響を与ることなく、コモン・モード・ノイズを抑制するフィルタである。ここでは、放射ノイズを抑えるために利用する機会の多い部品であるセラミック・コンデンサやフェライト・ビーズと特性を比較する。

(編集部)

差動伝送はUSB (Universal Serial Bus) やHDMI (High-Definition Multimedia Interface) をはじめとして、身近な電化製品に数多く使われています。その理由は高速伝送が可能であり、外来ノイズに強いからです。

例えば図1のようにコモン・モード・ノイズが加わったとしても、受信信号は差分によって判定されるため、ノイズの影響を受けにくい方式となっています。

伝送速度は高速であるにもかかわらず、放射ノイズが少ないことも特徴の一つです。これは差動信号の電流が逆向きで同じ大きさで流れるため、発生する磁界を打ち消しあうからです(図2)。

このように差動伝送は利点が多いのですが、信号線間に

発生するスキューなどの影響により、わずかにコモン・モード電流が流れ、それが原因で放射ノイズが問題になることがあります。ディファレンシャル・モード電流とコモン・モード電流と放射電界の関係を図3に示します。図3より、ディファレンシャル・モード電流に比べコモン・モード電流は、ほんのわずかの電流でもノイズの放射が大きくなることが分かります。そのため差動伝送を用いる場合には、コモン・モード電流(コモン・モード・ノイズ)の対策が必要になります。

● なぜコモン・モード・チョーク・コイルが効くのか

差動伝送線路のノイズ対策には、差動信号の波形品位が維持できることと、コモン・モード電流を抑制できることが求められます。そこでノイズ対策部品としては、コモン・モード・チョーク・コイルが最適な対策部品となります。

コモン・モード・チョーク・コイルは、伝送モードの違いにより、コモン・モード・ノイズを除去します。ノイズ成分はコモン・モードで、差動信号はディファレンシャル・モードで伝送されるため、コモン・モード・チョーク・コイルにより、信号とノイズの成分を分離できます。

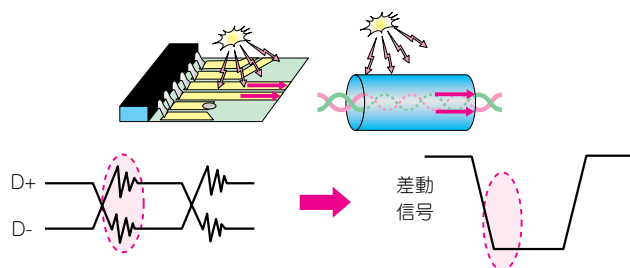
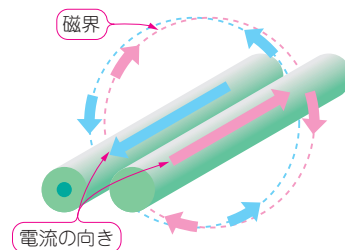


図1 外来ノイズに強い差動伝送

近接した伝送線路にコモン・モード・ノイズが誘起されても除去される

図2

差動信号の電流の向きと磁界



Keyword

コモン・モード・ノイズ，ディファレンシャル・モード，コモン・モード・チョーク・コイル，SerDes，フェライト・ビーズ，セラミック・コンデンサ

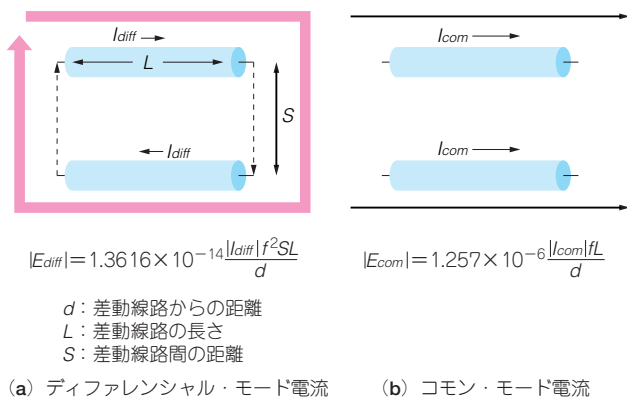


図3 モード別の放射電界強度⁽¹⁾

コモン・モード電流は、ほんのわずかでもノイズの放射が大きくなる。

コモン・モード・チョーク・コイルの構造は図4に示すように、複数の線を一つのフェライト・コアに巻くことにより形成しています。理想的なコモン・モード・チョーク・コイルは、コモン・モード電流に対しては、フェライト・コア内部で磁束が足し合わされるため、大きなインピーダンスを発生するインダクタとして働きます。

一方、ディファレンシャル・モード電流に対しては、フェライト・コア内部で磁束が打ち消し合うため、インピーダンスが発生しません。つまり差動信号に対してはインピーダンスが低くなり、信号波形に影響を与えませんが、コモン・モード・ノイズに対してはインピーダンスが高くなり、ノイズを抑制する力が働くことになります。

コモン・モード・ノイズを除去するために、差動信号とグラウンド間にコンデンサを用いる方法や、差動信号線路それぞれにフェライト・ビーズを用いる方法などもあります。しかし、いずれの場合も差動信号の品位を維持することは困難なため、ノイズ対策部品としてはコモン・モード・チョーク・コイルを選択することになります。

● 伝送波形の比較評価

写真1に米国National Semiconductor社のSerDes評価ボード「SERDES24-35USB」を示します。写真1に示す評価ボードは、外部から入力したパラレル信号をシリアル化の差動信号に変換するシリアルライザ「DS90C241」を搭載しています。差動線路は写真1のDOUT+とDOUT-であり、この線路を抵抗で終端したときの伝送波形を測定しました。この場合、デシリアルライザと接続用のケーブルは用いておらず、理想的な伝送波形となっています。

図5に信号伝送速度を840Mbps(最大)としたときの伝送

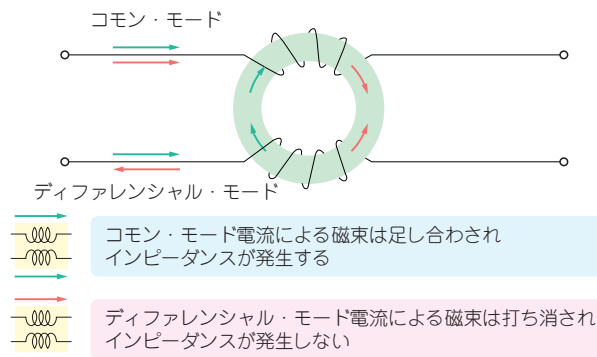


図4 コモン・モードチョーク・コイルの原理

差動信号に対してはインピーダンスがなくなり、信号波形に影響を与えない。

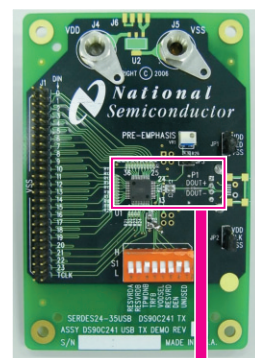
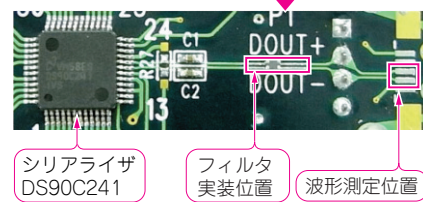


写真1
SerDes 評価ボード
National Semiconductor 社の「SERDES 24-35USB」。



シリアルライザ DS90C241 フィルタ実装位置 波形測定位置

波形を示します。4.7pFのセラミック・コンデンサや、ノイズ対策部品として一般的に使われるフェライト・ビーズのときは伝送波形がひずんでいます。コモン・モード・チョーク・コイルを用いた場合には、フィルタの使用前後で波形品質が変わらないことが分かります。

● 放射ノイズの比較評価

SerDesの評価基板とデシリアルライザ「DS90C124」を搭載した基板をシールド・ケースで覆い、それぞれの基板を3mのケーブルで接続し、ケーブルから放射するノイズを測定しました。写真2にその測定環境を示します。

図6に放射ノイズの測定結果を示します。信号伝送速度は280Mbps(最大)です。図6からコンデンサはほとんどノイズを除去できないことが分かります。また、フェライト・ビーズも200MHz～1GHzまで、十分なノイズ除去効