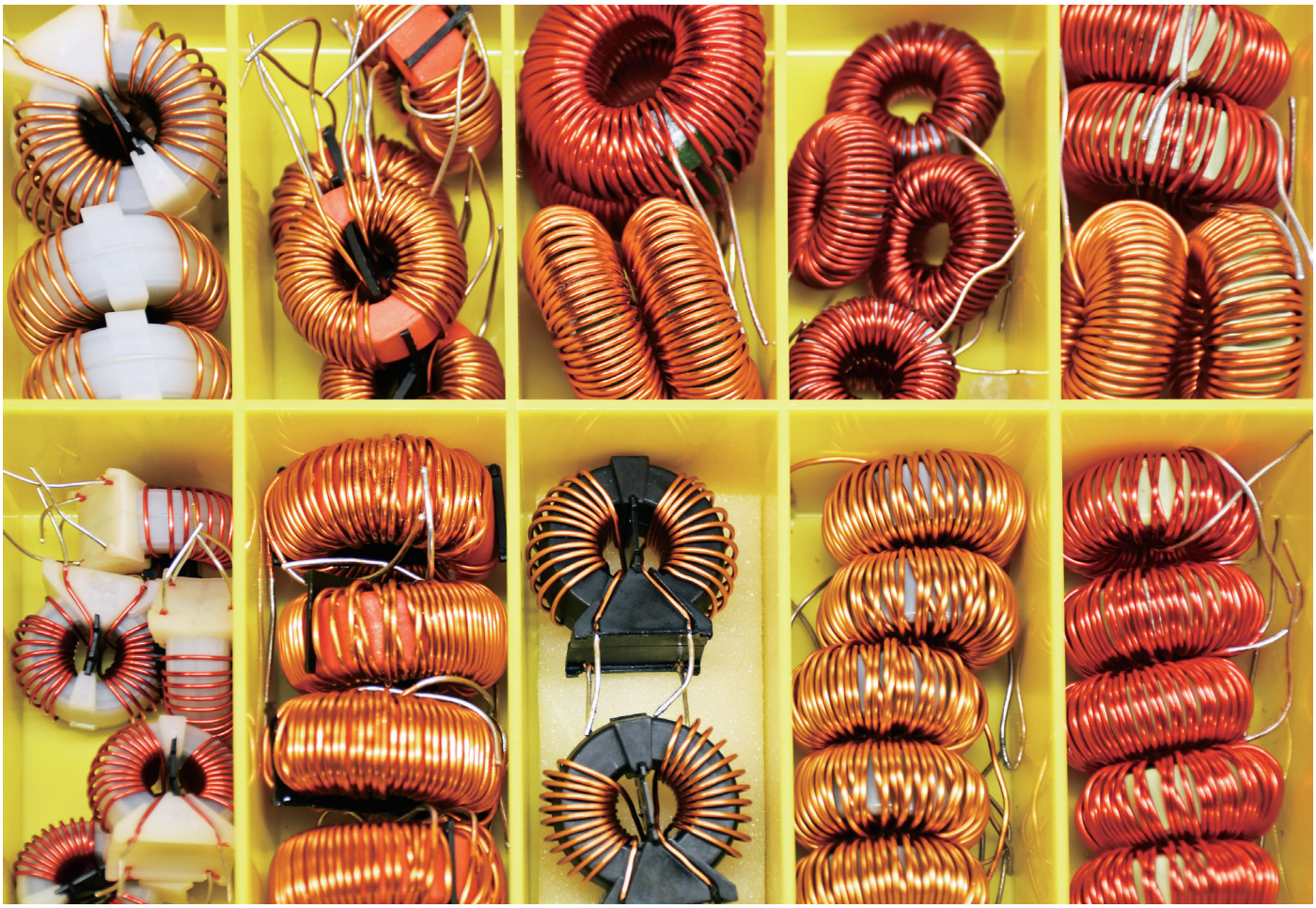
コモンモードチョークを使うのはマジックではない

Lorandt Foelkel M.Eng.
Würth Elektronik eiSos GmbH & Co. KG

はじめに

電子設計エンジニアが電源を開発する際、どこかの時点で電磁両立性(EMC)で揉めるのは付き物と言ってよい。スイッチング電源(SMPS:Switch Mode Power Supplies)内の電磁妨害(EMI: Electromagnetic Interference)は、非常に高い周波数が関係しているため課題となることが多い。この高い周波数範囲では、電子機器部品の寄生的な影響が支配的役割を占めるようになるので部品は予想と違う動作をする。本稿では、EMIの観点から低電圧バックコンバータ(buck converter: 降圧·非絶縁方式コンバータ)についての基本を解説し、バックコンバータ設計でEMCに対応するコツをいくつか伝授する。



SMPS を設計する場合、EMC は設計段階の最後に試験されることが多い。設計プロセスの初期に EMI について考慮されていないと EMC 試験の合格は非常にむずかしくなり、コストが高くなる。十分に信頼性の高い EMC 製品設計にする最適な方法は、部品の寄生的特性を考慮し、設計の初期にいくつかのシンプルな EMI 設計ルール（設計ガイド）に従うことである。部品を正しく選択して配置することは、測定試験所で優れた EMC 結果を得るために重要である。

EMI の放射源は、次の2つである。

・交流電界源 E（高いシステムインピーダンスにおいて）
・交流磁界源 H（低いシステムインピーダンスにおいて）

非絶縁方式の DC/DC コンバータには比較的低いインピーダンス・ノードとループ（遠方界のインピーダンス 377 Ωよりはるかに低い）があるので、磁界が DC/DC バックコンバータの主要な放射源である。電流ループ・ノードは高周波磁界を発生するが、放射源との距離が境界距離（λ /2 π）に進むにつれて徐々に電磁界（電波）に移行する。

EMI の観点から言えば、最も高い di/dt による電流ループは入力エリア（図1「A」参照）であり、それは最も高い高周波妨害を発生させるので、バックコンバータで最重要のループと考えなければならない。出力エリア（図1「B」参照）の電流の di/dt は、入力エリア（図1「A」参照）に比べてそれほど高くないので通常ノイズの発生は少ない。

理論的には、入出力コンデンサはバックコンバータのスイッチング電流に対して低いインピーダンスであるのが理想的と考えられている。残念なことに実際にはコンデンサは等価直列抵抗（ESR: Rs）と等価直列インダクタンス（ESL:Ls）を有し、そのためコンデンサのインピーダンスが上昇してコンデンサ全体で高周波電圧の降下が発生する（図2参照）。負荷に接続された出力に加えて、この電圧により、寄生インダクタンスも持つ電源供給入力ラインに誘導電流が生じる。

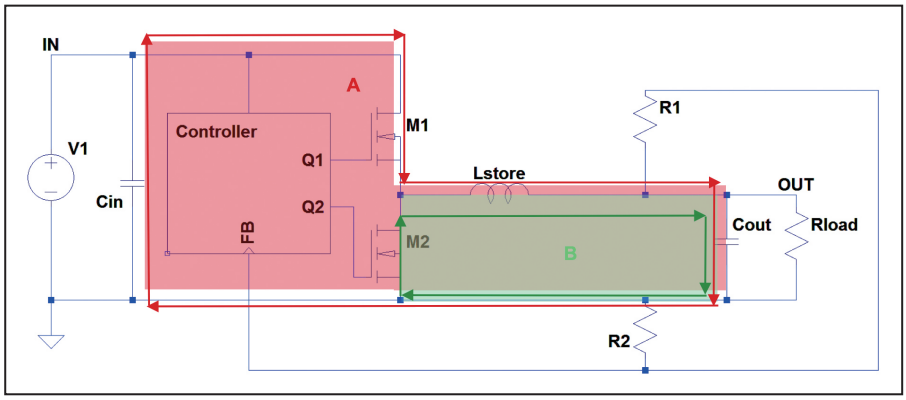


図1. 標準的なバックコンバータの主要な電流ループ2つ

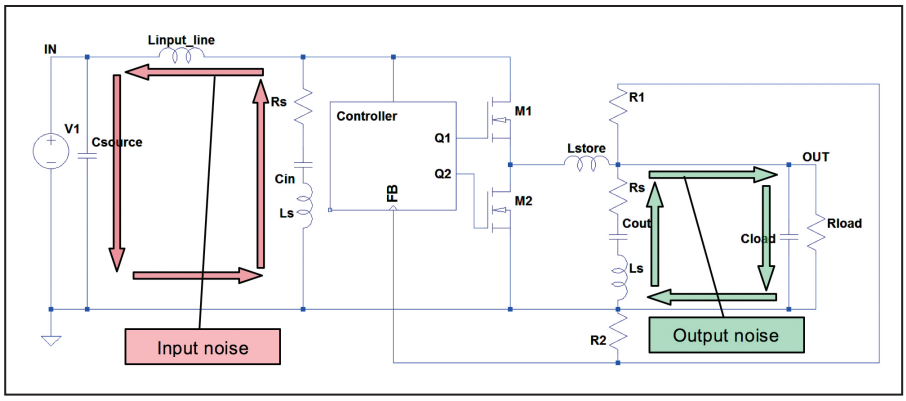


図2. 寄生的な電流ループ2つ

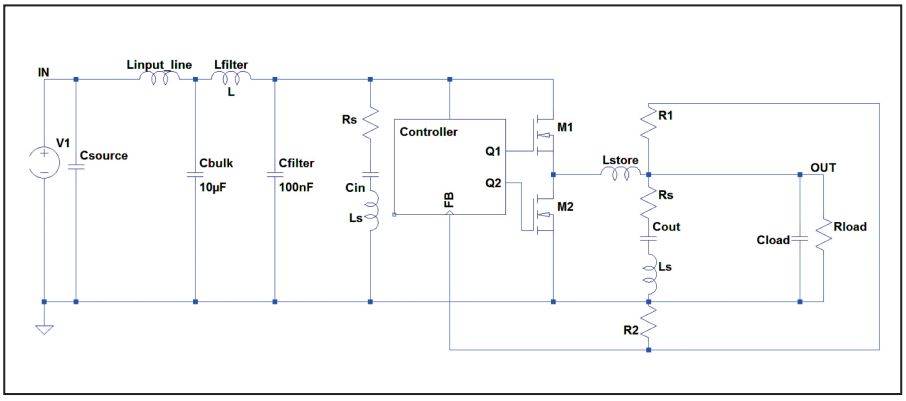


図3. ディファレンシャルノイズを減らすために入力フィルタを追加

バックコンバータ入力に不連続な電流が流れ、DC/DC コンバータへの供給ラインが非常に長くなる可能性があるので、相当な放射が入力から生じて伝導エミッション（150kHz~ 30MHz）の測定結果が簡単に限度値を超えてしまうこともある。

入力からのディファレンシャル・ノイズを減らすため入力ラインに LC フィルタを追加することを強く勧める（図3参照）。フィルタに純粋なインダクタンス（Lfilter）を使う場合、入力電源のリンギング全てを抑え安定した入力電源供給を確保するために単体の電解コンデンサ（Cbulk）の追加が必要なことがある。

Lfilter として 1 μH（例えば WE-PD2）、または インピーダンスが 100 MHz で 300 オームのチップビーズフェライト（例えば WE-CBF）を使うこともできる。Cbulk 用にはアルミニウム・ポリマーコンデンサを勧める。Cfilter には低 ESR かつ低 ESL でなければならないので、選択肢はセラミックコンデンサ（積層セラミックチップコンデンサ：MLCC※）などに限られる。

この DC/DC バックコンバータはディファレンシャル・ノイズ源と考えられ、フィルタが不十分な場合、他の全ての I/O または主電源入力にさえコモンモードノイズを発生させることになる。

コモンモードノイズフィルタにはコモンモード・チョーク（CMC：Common Mode Choke）の使用を推奨する。こういったチョークは同じパッケージで NiZn または MnZn などの異なるコア

[訳者注]
※MLCC：Multilayer Ceramic Chip Capacitors