

基板上のDC-DCコンバータとLDOレギュレータ回路のEMIおよびPI問題トップ3

Kenneth Wyatt

Wyatt Technical Services LLC
ken@emc-seminars.com

Steve Sandler

Picotest Systems, Inc.
steve@picotest.com

現代社会で使われるデバイスは、小さなパッケージに多くの電子機器を押し込むという傾向が長く続いていて、システム性能やデータ信号速度、オペレーティング効率も上昇する一方である。高速のシリコン MOSFET や、さらに高速の eGaN FET を実装することで高効率を実現でき、スイッチング周波数を増やしたりアルミ電解コンデンサやタンタル・コンデンサを小さなセラミック・コンデンサと入れ替えることによってサイズもコンパクトになる。この傾向により、結果的に EMI や信号インテグリティ (SI)、電源インテグリティ (PI) の各分野間で相互作用が高まっている。

1. はじめに

EMI は、システムが作り出す高速電流と電圧信号によって生み出される電磁エミッションの指標である。電源インテグリティは、電源デバイスの電源品質の指標である。つまり、電源電圧が高速デバイスの許容動作電圧範囲内に維持されなければならないということである。モデムや基準クロック、低雑音増幅器 (LNA) などのデバイスは全て電源レール上の雑音に敏感なので、結果としてタイミングジッタやスプリアス応答がアイパターンの開きを狭くし、信号と雑音の電力比 (SNR) の低下が起こる。これもまた電源インテグリティの指標である。電源自体が電磁ノイズ源であり、電源によって発生するノイズ源がシステムによって拡散しないようにしなければならない。

本稿では、EMI および電源インテグリティ問題に共通して最も重要な以下3つの原因を扱いつつ、設計時に問題を回避し最小化するコツについても述べる。

1. スイッチ波形上のリングングがエミッション・スペクトラムに基板共振のピークを発生させる。
2. DC-DC コンバータからスイッチング周波数のノイズが発生し、高速スイッチングデバイスによって GHz にまで達する広帯域のスイッチング高調波を生じうる。

3. Q 値の高いコンデンサと電源平面が共振することにより発生する DC-DC コンバータまたは LDO レギュレータ内の電源平面共振。

2. リンギングと放射エミッション

スイッチング波形上のリングング (かなり一般的) は、結果として生じる RF スペクトラム内に広帯域の共振を起こすことが可能である。DC-DC コンバータまたは低損失 (LDO) リニア・レギュレータから発生する共振周波数は、かなり低くて数 kHz なのに対して、MOSFET などスイッチング・デバイスのある PDN により生じる共振周波数は数百 MHz かそれ以上になる。

スイッチングからのこの高調波エネルギーは、PDN とデバイス共振によって「捕捉」されるが、それはタイムドメイン内のリングングから明らかである。このリングングの電流と電圧は EMI を発生させる。リングングの大きさと EMI は、共振の鋭さ (Q 値) および共振の特性インピーダンスと、スイッチングによる高調波エネルギーの発生に関連している。例えば、DC-DC 降圧 (buck) コンバータのデモ基板は、ローデ・シュワルツ社のオシロスコープ RTE 1104 と 1.5 GHz のアクティブ・プローブ RT-ZS20 の測定例では、216 MHz のスイッチ波形上に重なる非常に大きなリングングがあった。

これは図2ではっきり見ることができる。

Fischer Custom Communications 社の電流プローブ F-33-1 を使って、

[※訳者注] ・PI (power integrity) : 「パワー・インテグリティ」電源の完成度

・PDN (power distribution network) : 「パワー・ディストリビューション・ネットワーク」電子機器などの電源供給網で電源 (DC-DCコンバータ等) と負荷への接続トレースやデカップリングコンデンサ、リターンランド板を含むものを意味する。

・LDO (Low Dropout) : 「低損失」の意