パワーエレクトロニクスのEMC設計 パート1:レギュレータ

Zachariah Peterson
Owner, Northwest Engineering Solutions

1. はじめに

現代の電子機器には低いEMIおよびEMC適合が必須であり、これは両方ともデバイスの電源セクションのコンポーネント選択と物理的なレイアウトに関連している。混合信号システムに供給される低ノイズ電源をはじめとして、高い電力効率や高い電力レベルを必要としている設計は多い。その結果、多くのシステムでEMIとEMCの課題が明確になり、再設計につながることがよくある。

2部構成のこのシリーズでは、電気ノイズの発生と伝搬に影響を与えるメカニズムと物理的な原理について、概要を説明する。焦点は、電源でのノイズの発生と、ノイズが電気システムの他の領域にどのように放射または伝導するかである。これらのシステムのPCBレイアウトについて、EMIの抑制とEMC設計における適合性確保を重点的に説明して、本稿を締めくくる。

まず電源レギュレータ、それらが生成するノイズ、およびノイズが回路設計とコンポーネントの選択にどのように関連しているかを見てみよう。電圧レギュレータは外部電源を使用しない殆どすべてのシステムで一般的なので、電力変換用の電圧レギュレータの選択と設計は、EMCを達成するために重要である。

2. 電圧レギュレータからのノイズを調べる

電圧レギュレータは、最も単純なタイプの電力レギュレータである。電圧をあるレベルで受け取り、それを別のレベルに変換しながら、電力効率の最大化を試みる。電圧レギュレータには、スイッチング レギュレータとリニア レギュレータの2つの形式がある。それぞれの形式には、異なるノイズ特性と電力変換能力がある。さまざまなタイプのレギュレータと電源間のトレードオフは、バッテリ寿命、EMI/EMCコンプライアンス、さらには開発中の製品の基本動作に大きな影響を与える可能性がある。

● リニアレギュレータ

リニア レギュレータとLDO(低ドロップアウトレギュレータ／low dropout regulator)は、入力電圧をより低いレベルに降圧することで動作し、その効率は回路または部品の降圧メカニズムに依存する。スイッチング動作に依存せずに目標電圧を生成し安定化するため、EMIは直接生成されない。LDOは、低電力、低ノイズの要求を満たすために現代の電子機器で使用される標準的な選択肢である。

これら2種類のレギュレータは、表1にまとめたように単純なノイズ抑制メカニズムを備えている。

低ノイズ、高効率の電力を小規模回路に直接供給する目的では、入力電圧余裕が正しく設定されている限りLDOの方が明らかに優れている。昇圧または降圧動作および高電力供給に対する高効率を実現するためは、設計者は通常スイッチングレギュレータを選択する。

● スイッチングレギュレータ

LDOは、低ノイズ電力供給可能で低電力のデジタルおよびアナログのシステムに適しており、PSRR値が高いので回路レベルで過剰なEMIを伝達しない。ただし、より大きな電流が必要な場合は、しばしばスイッチングレギュレータが必要になる。スイッチングレギュレータは、リアクティブ成分(インダクタンスとキャパシタンス)でのエネルギーの周期的な蓄積と放出を通じて電力を供給しているので、回路のスイッチング周波数で低周波ノイズが高周波リップルに変換される。

最近のスイッチングレギュレータは伝導ノイズと放射ノイズを生成するが、殆どの場合、特定の放射を低減できるよう回路の設計とレイアウトを最適化できる。設置型システムでの伝導エミッションは、より多くの電流を必要とする傾向があるのでシステムはスイッチング中により大きなdV/dtおよびdI/dtイベントを生成し、よく大きな問題となる。対照的にバッテリで動作するポータブルデバイスでは、伝導ノイズの出口を提供する外部接続がないため、デバイスは主に放射エミッションを生成することになる。

●例:集積型ゲートドライバを有するDC-DCコンバータ

実際のシステムに実装できる例として、図1を参照していただきたい。このシステムは、制御ブロックを使用して設計内のFETを変調し、降圧トポロジで必要な出力電力を生成する。制御回路は通常、特定のレギュレータトポロジ向けに設計されたゲートドライバチップとして入手できる。外部FETは、システム内の他の場所で見られる高いdV/dtおよびdI/dt動作を生成するスイッチングノードである。

	標準リニアレギュレータ	LDO
出力電力	入力未満	入力未満
効率	効率が落ちることがあり得る。	低いドロップアウト電圧で、90%超過が可能
ノイズの抑制	乏しい:一部の回路はノイズを直線的にしかスケールダウンしない。	とても高い:PSRR※1に伴う60dB以上の非線形抑制を実現

表1. 標準リニアレギュレータとLDOの特徴比較

[※訳者注] 1. Power Supply Rejection Ratioの略で、電源電圧変動除去比の意味。