

こうして使おうパワーデバイス:応用編

第8回 高効率, 低歪み, 使いやすさの進化が進むD級アンプ



トランジスタやFETは、リニアな増幅動作では電圧、電流をなめらかに連続制御できますが、低効率で発熱が大きくなります。そこで、高速のオン/オフを繰り返して平均の電圧、電流を高効率で連続制御するスイッチング制御が広く用いられています。今回は、MOSFETのもつ高速スイッチング、低オン抵抗という特長を生かして数十kHzの帯域幅のオーディオ出力をPWM制御するD級アンプと、それに最適なデバイスを紹介します。

オーディオ用パワー・アンプの基本構成

オーディオ信号は音(空気の振動)を電気信号に置き換えたもので、可聴周波数域で正負に振れる交流信号です。スピーカを駆動して音を出すには、数十Hz～数十kHzの帯域幅で4～8Ωの誘導負荷を駆動するパワー・アンプが用いられます。リニア方式が主流でしたが、最近では高効率で発熱の小さいD級アンプが広く用いられています。

リニア方式のアンプは、増幅素子の動作点の違いでA級、B級、AB級というように分類されています。

A級アンプは振幅全体を1個の素子で増幅するもので、素子の能動領域の中央付近が動作点になります(A級動作)。リニアな特性は優れていますが、効率が低いのが難点です。B級アンプは2個の増幅素子が正側と負側をそれぞれ分担するもので、能動領域の端が動作点になります(B級動作)。効率は優れていますが、動作が不連続で歪が大きくなります。

AB級アンプは2個の増幅素子をオーバラップ動作させることで高効率と低歪を両立したもので、実際のオーディオ用パワー・アンプでは最も広く普及しています。

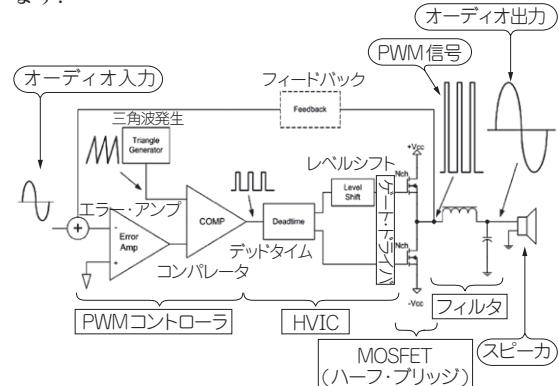


図1 D級アンプ

要因になっています。

モータ駆動用のドライバでは数百nsのデッド・タイムをもたせるのが普通ですが、D級アンプでは、たとえばTHD(全高調波歪み)を0.1%に抑えるためには、デッド・タイムは最大でも±50ns程度に抑えることが必要です。

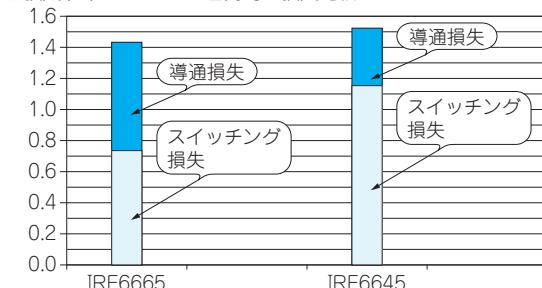
HVICではハイサイド側の遅延が大きくなる傾向があり、ローサイド側に遅延を付加して遅延時間のばらつきを抑える技術も用いられています。また、デッド・タイムの温度変動を抑えることも重要です。最近のオーディオ用HVICでは、デッド・タイムを±15nsに抑えた製品もあり、きわめて低歪みを実現できます。

なお、実際のアンプ回路では、適量の負帰還をかけてさらに歪みを低減することが多くなっています。

D級アンプ用MOSFETの選択

MOSFETの選択では、オン抵抗とQg(ゲート電荷)に注意が必要です。電源用やモータ駆動用では、主にオン抵抗から生じる定常損失が最大の問題になります。一方、高速スイッチングを行うD級アンプでは、主にQgで決まるスイッチング損失の影響が大きくなります。

全損失(W) 100W/6Ω出力時の損失比較



	IRF6665	IRF6645
ドレイン-ソース間耐圧	V _{DS}	100V
許容損失	R _D	42W
オン抵抗	R _{DS(on)}	max 62mΩ typ 53mΩ
ゲート電荷	Q _g	max 13nC typ 8.4nC
		20nC 14nC

図2 IRF6665 vs IRF6645

同一のプロセス技術で比較すると、チップ・サイズを小型化するとQgが小さくなる代わりにオン抵抗は

大きくなり、大型化するとオン抵抗が小さくなる代わりにQgが大きくなるというトレード・オフの関係があります。IRでは低オン抵抗の製品だけでなく、オーディオ用として低QgのMOSFETを幅広く製品化しています。

さらに、同じオーディオ用でも、4Ω負荷の車載用オーディオには低オン抵抗のMOSFET、8Ω負荷の家庭用オーディオには低QgのMOSFETと、負荷条件の違いによってもきめ細かい使い分けが可能です。

オーディオ機器メーカーの設計の負担を減らすPowIRaudio™

IRではD級アンプ用として高効率、低歪みのパワー・デバイスを数多く供給してきました。個別のHVICとMOSFETを組み合わせることによって、幅広い要求仕様に合わせて柔軟にオーディオ機器を設計できます。

一方、D級アンプが広く普及するにつれて、もっと簡単に使えるD級アンプICへの要望も高くなっています。ただし、HVICとMOSFETをモノリシック化すると基本性能の低下が避けられません。そこでIRでは、別チップのHVICとMOSFETを組み合わせて小型パッケージに封入したパワー・モジュール製品PowIRaudio™を2012年に発売しました。

PowIRaudio™は、DC-DCコンバータのSupIRBuck®に相当する、高性能と簡単さを両立したパワー・モジュールです。ユーザはHVICとMOSFETを個別に選択する必要がないだけでなく、最適化した保護回路を内蔵していることから信頼性も高く、部品点数も大幅に削減できる製品です。

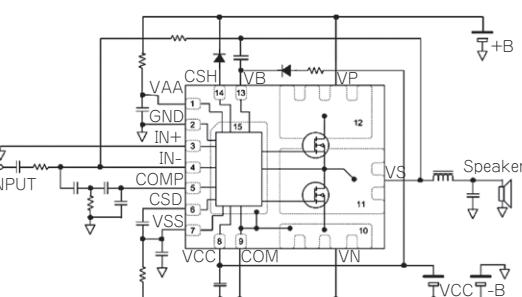


図3 PowIRaudio™