

基地局用 RFパワーアンプの バイアス

基地局のパワーアンプは、適切なRF性能が得られるようにバイアスをかける必要があります。このアーティクルでは、RF業界でよく採用される2種類のバイアス方法について説明し、その特性を分析するとともに、既存のICでバイアスを実現する方法を示します。現在、基地局アンプに適していると言われるパワーデバイスは、このアーティクルでも例に使っているDMOS(LDMOS) MOSFETです。なお、今後、GaN FETやHFET、SiCなど次世代デバイスが利用できるようになったとき、このアーティクルに書かれた内容はそれらのパワーデバイスにもそのまま利用できます。

各種RFクラスとバイアス

RF回路のLDMOSアンプは、入力RF波形がのるDCバイアスレベルによって変化する非線形性を示します。つまり、RFゲート信号は一定に保たれるものの、出力電流(I_{out})の高調波成分はLDMOSデバイス(図1)のゲートに印可されるDCバイアスによって変化するということです。LDMOSアンプの電流の高調波成分は、RF負荷において帯域内干渉や帯域外干渉(近接帯域の干渉)を引きおこすやっかいな成分です。

線形性がもっとも高くなるのは、出力電流が入力電圧の後を追う場合、つまり、導通角を 360° とした場合です。MOSFETをこの方法で動作(Aクラス動作)させると歪みがもっとも小さくなります。しかし、発熱量という点では、Aクラス動作はDC電流が大きく、もっとも不利な動作になります。

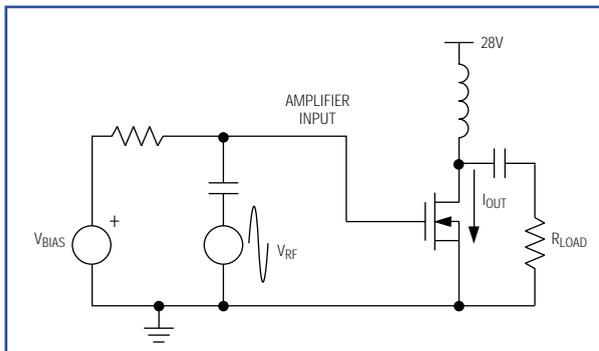


図1 ゲートに非安定化DCバイアスを印可したLDMOSデバイス

28Vという公称電源電圧で高RF出力を出そうとすると、アンプのDC電力による発熱量が大きくなりすぎてしまいます。このため、アンプ最終段以外では基本的にAクラス動作が採用されますが、発熱量が桁違いに大きい最終段では基本的にABクラスのバイアスが採用されます。ABクラス動作では、入力電圧の全範囲にわたって電流が出力されるわけではなく、アンプの導通角が 360° よりも小さくなります。

RF信号に発生する歪みは、Aクラス動作よりもABクラス動作のほうが大きくなります。歪みの周波数成分も、より広範囲でより密になります。一方、アンプに流入する電流の平均値は小さくなり、発熱が少なくなります。つまり、RFアンプ製品に採用するクラスは、線形性と効率のトレードオフによって決めるものと言えます。

バイアス条件とLDMOS挙動

バイアスを正しく印可するためには、温度や電源電圧が変化してもLDMOS電流に含まれるDC成分を正しく制御しなければなりません。このとき最終的な目標となるのは、RFアンプのゲインと歪みレベルの変動を適切な範囲内に収めることです。このため、適切なバイアスと線形化によって歪みを最小に抑えます。

LDMOSのゲインは、 $I_{out} = K(V_{gs} - V_{th})^2$ であり、ここでKは電子移動度による反射ゲイン定数、 V_{th} はFETスレッショルドです。Kも V_{th} も温度依存性を持ちます。図2を見ると、LDMOS特性の温度による変化がわかります。ABクラス動作では、温度が高いほどゲインが高くなる領域(交差点の左側)で動作するようにバイアスをかけます。これに対しAクラス動作では、交差点の右側が動作領域になります。

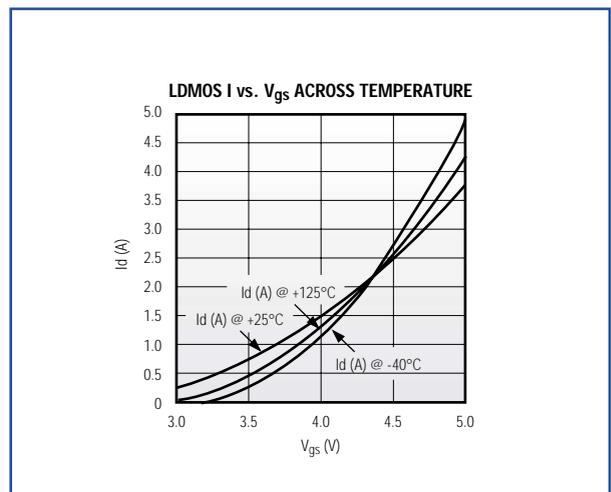


図2 LDMOS特性の温度変化

DS1847によるAクラスバイアスとABクラスバイアス

図3は、DS1847(デュアル温度制御可変抵抗)をLDMOSアンプのゲートに接続した回路です。DS1847の内蔵温度センサはルックアップテーブルに読み込んだ温度を与えます。この温度とルックアップテーブルによって256ポジションの可変抵抗出力2本が調整され、アンプのゲートに適切なバイアス電圧が印可されます。ユーザは、LDMOSアンプの出力電流が一定となるようにルックアップテーブルを設定します。LDMOS特性は図2(あるいはメーカーのデータシート)から読みとります。2つの抵抗によって基準電圧を分割しているため、温度が変化してもゲート電圧を一定に保つことができます。

*Wireless Design & Development*の2003年11月号にも同様の記事が掲載されています。

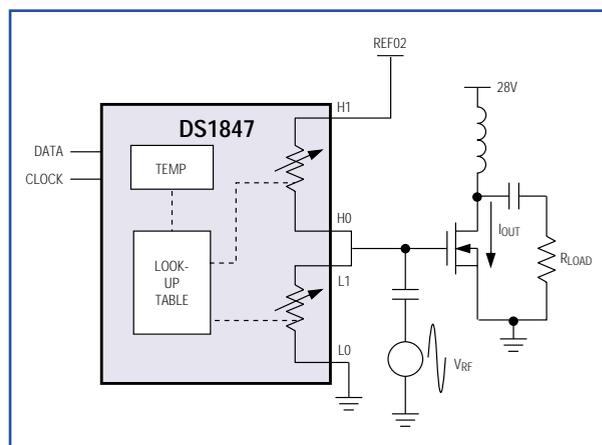


図3. DS1847(デュアル温度制御可変抵抗)によってLDMOSアンプのゲートを制御。