

アプリケーションにおける高性能eGaN® FET トランジスタの実用的な測定方法



動機

eGaN FETベースのコンバータの回路内の特性の進歩が、高性能な測定の要件を厳しくしています。この記事では、各アプリケーションにおいて、高性能eGaN FETを正確に評価するための技術的な能力とさまざまな測定手法とを比較します。

測定に及ぼす帯域幅の影響

ハーフブリッジなどのeGaN FETベースのコンバータを評価するとき、ドレインとゲートの標準的な波形の測定には、立ち上がり時間と降下時間、ピークのオーバーシュート、アンダーシュートとオーバーシュートのリングング周波数などがあります。システム帯域幅の選択は、これらの測定に直接影響します。通常、測定システムは、図1に示すように低域通過特性です。このシステム帯域幅に関する測定波形のリングングの周波数は、測定の精度を決定します。米テクトロニクス製の帯域幅2 GHzのオシロスコープMSO5204と1 GHzのプロブTPP1000を使って測定することができる低いスイッチング周波数(500 kHz)のプロトタイプと高いスイッチング周波数(10 MHz)のプロトタイプの波形を図2に示します。ほとんどのパラメータは、システム帯域幅を低くしても、低周波基板に対しては測定可能ですが、高周波基板に対してはデッドタイムだけが部分的にしか測定できません。ただし、システム帯域幅の設定が高ければ(500 MHzや1 GHz)測定可能です。

測定手法の影響

波形を信頼性高く忠実度高く補足するためには、入力容量が小さく、接地ループ接続の短いプロブで、適切なプロービング手法を使うこ

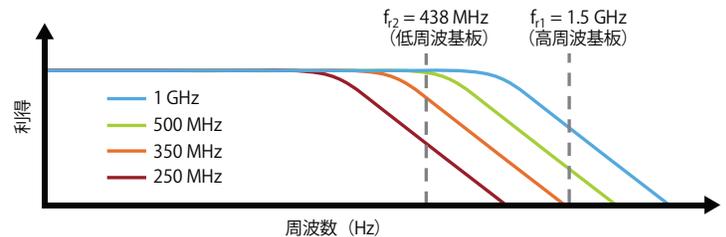
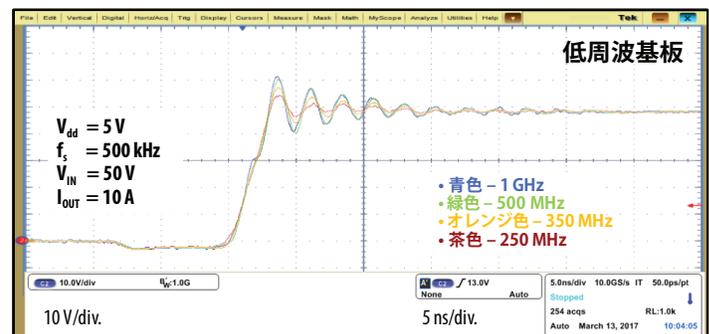
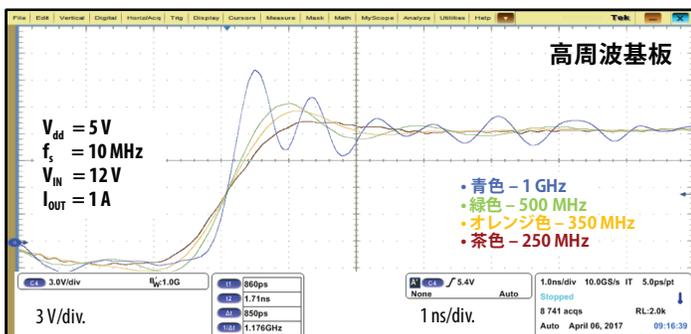


図1: 標準的なスコープとプローブのシステムの低域通過特性

とが重要です。ユーザーは、1点接地を行い、アース線の範囲内で多くのテスト・ポイントをプローブで当たることができるため、長いアース線は便利ですが、オーバーシュートやリングング周波数の測定を妨げる分布インダクタンスが生じます。短いアース線(ばねクリップ)に比べて長いアース線(ワニ口のクリップ)を使った場合の影響が図3です。短いアース線は、測定可能なリングング周波数において、よりきれいな波形が得られます。プローブのリード間の相対的な位置、すなわち短い接地ループは重要ですが、リードの絶対的な位置は、それほど測定に影響を与えません。図3の「遠隔点」は、「近接点」よりもeGaN FETから離れていますが、短い接地ループでは、対応する波形はほぼ同じです。

高い電圧の同相信号による差動測定

ハーフブリッジなどの多くのeGaN FETベースの電源回路では、ハイサイド・スイッチのゲートソース間など、高い同相差動電圧測定が重要です。この場合の参照ノードは、低い同相電圧と高い同相電圧との



システム帯域幅	250 MHz	350 MHz	500 MHz	1 GHz
デッドタイム	×	×	✓	✓
リングング周波数	×	×	×	×
オーバーシュート	×	×	×	×
立ち上がり時間	×	×	×	×

システム帯域幅	250 MHz	350 MHz	500 MHz	1 GHz
デッドタイム	✓	✓	✓	✓
リングング周波数	✓	✓	✓	✓
オーバーシュート	×	×	✓	✓
立ち上がり時間	✓	✓	✓	✓

図2: スイッチ・ノード測定における測定システムの帯域幅の影響

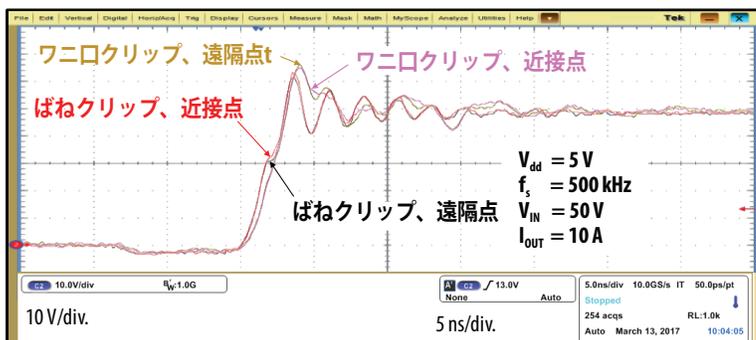


図3:測定手法の効果と測定点の選択

間で切り替わり、通常の差動プローブでは、この波形を正しく捕捉するために、同相信号除去比(CMRR)が十分ではありません。これらの波形を間接的に測定するには、オシロスコプの演算モードを使うことも1つの方法ですが、オシロスコプの入力では、チャンネルの不整合、不十分なCMRR、同相電圧の過電圧が問題となります。広い帯域幅(1 GHz)、非常に優れたCMRR(120 dB以上 @ 100 MHz)、大きな入力インピーダンスを備えたテクトロニクスのIsoVu TIVM1などの絶縁型光学測定システムは、これらの測定上の問題を軽減することができます。図4は、これらの測定システムを使う場合に得られる利点を、2本のプローブを使ってオシロスコプの演算機能を使って一方から他方を減算した結果と比較して示しています。

結論

この記事では、eGaN FETベースのパワー・コンバータ設計に対するさまざまな測定を考察しました。帯域幅、プロービング手法、広い帯域幅の絶縁プローブの適切な使用の影響について説明しました。

一般的に、表1に示すように、現在の最先端の測定システム(帯域幅が約1 GHz)は、eGaN FETベースのコンバータ設計の大部分の特性評価に適しています。さらに、これらの測定を正確に実施するためには、入力容量が小さく、接地ループが短いプローブを使うことが重要です。回路設計者は、より優れた測定技術と手法を組み合わせ、特定のアプリケーションの測定システムの要件への理解を深めれば、高性能eGaN FETベースの設計をより最適化できます。

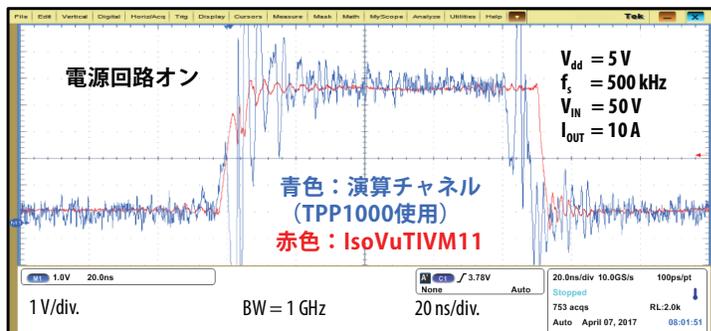
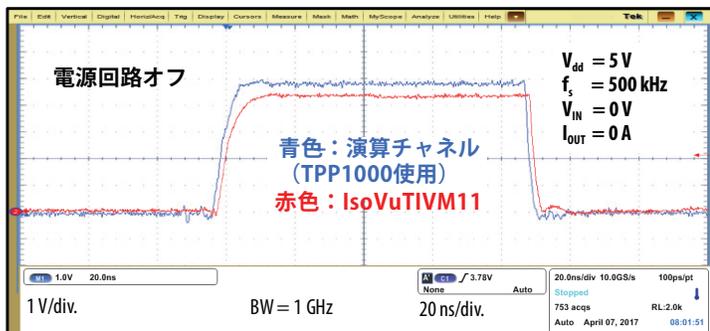


図4: ハイサイド・デバイスの差動電圧に対する高い同相スイッチング信号の影響: 演算モードを使った2本のプローブとIsoVu TIVM1との比較

チップ面積	型番	C _{oss} (pF)	Q _{gd} (nC)	R _{DS(on)} (mΩ)	最小帯域幅 (GHz)	t _{rise/fall, system} (ns)
小型	EPC8010	25	0.06	160	> 1	< 0.25
中型	EPC2016C	210	0.55	16	0.5-1	1.5-2
大型	EPC2001C	430	1.2	7	0.5	2-3
XL	EPC2022	840	2.4	3.2	0.5	3-4

表1: eGaN FET面積に基づくシステム要件の見積もり