GaN Systems

GN010 アプリケーションノート

GaN Systems GaNトランジスタのEZDrive®ソリューション

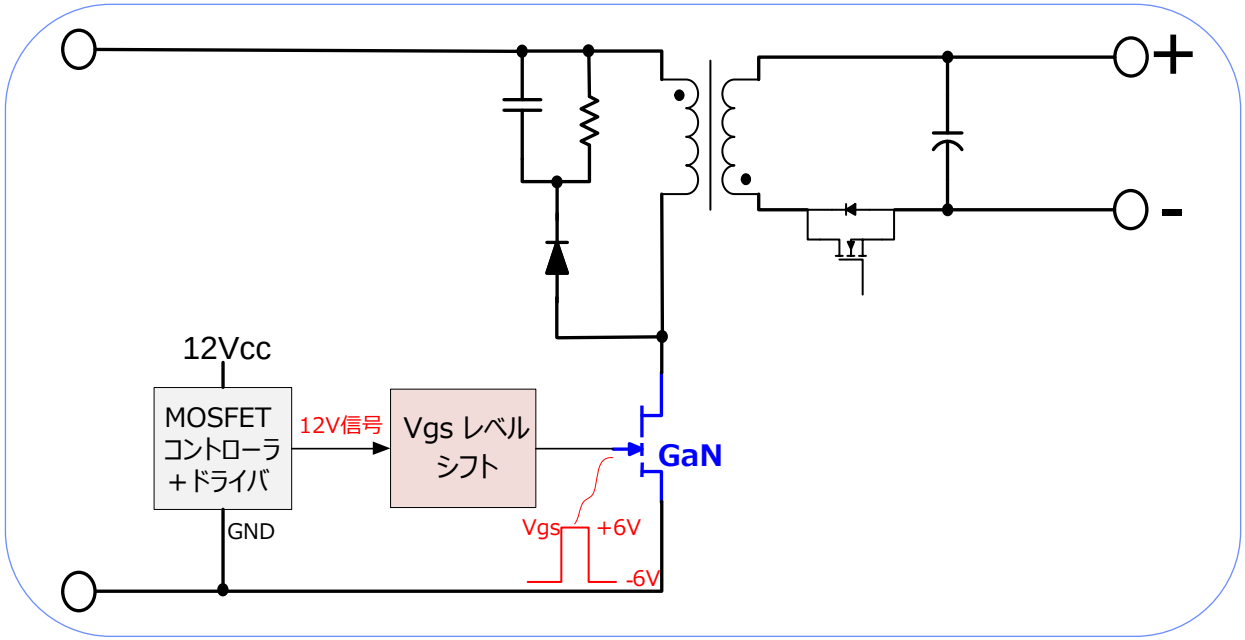
2022年7月

GaN Systems Inc.

目次

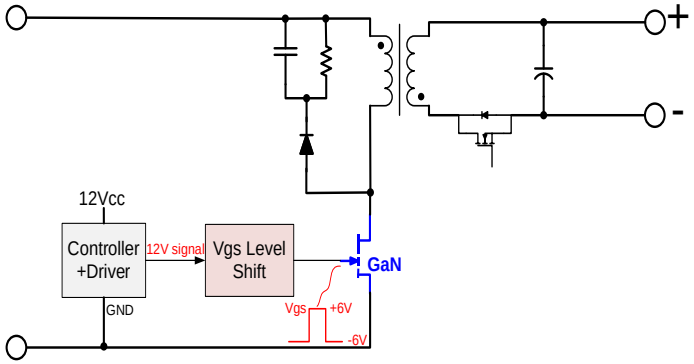
- はじめに
- GaN ディスクリート vs IC
- GaN Systemsのソリューション：EZDrive回路
- EZDrive回路の動作検証
- まとめ

GaNをMOSFET用コントローラ/ドライバで動かす場合



- 上図のドライブ内蔵コントローラの出力信号は12V
- GaNトランジスタのターンオン電圧は+6V
- Vgsレベルシフトの追加が必要

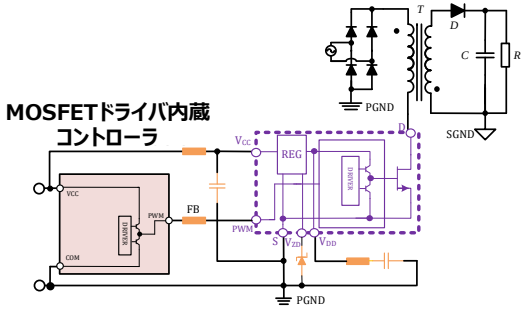
ソリューション: IC または ディスクリート GaN



- 上図のドライブ内蔵コントローラの出力信号は12V
- GaNトランジスタのターンオン電圧は+6V
- Vgsレベルシフトの追加が必要

IC

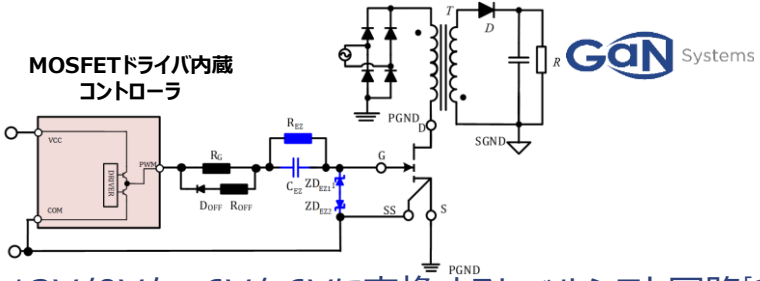
モノシリックIC GaN



- 12V/0Vを+6V/0Vに変換する内部レギュレータ

ディスクリート

GaN Systems EZDrive 回路+GaN



- 12V/0Vを+6V/-6Vに変換するレベルシフト回路[1]

参考文献：

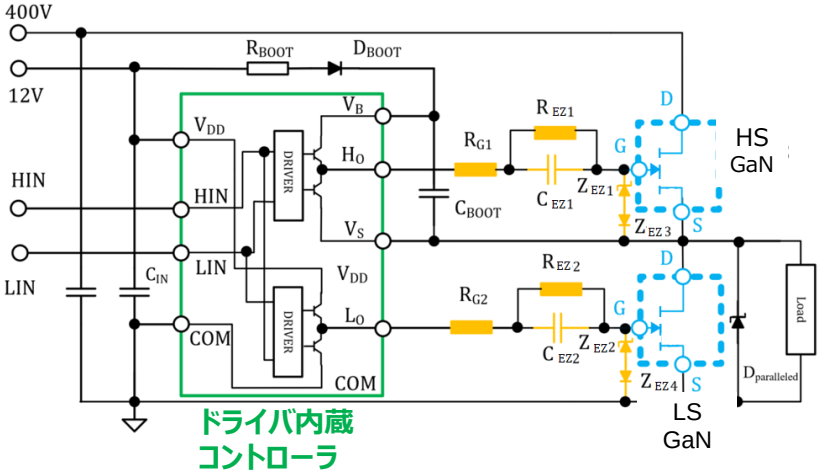
[1] Laszlo Balogh, “Design And Application Guide for High Speed MOSFET Gate Drive Circuits”, Texas Instruments Incorporated, 2002

目次

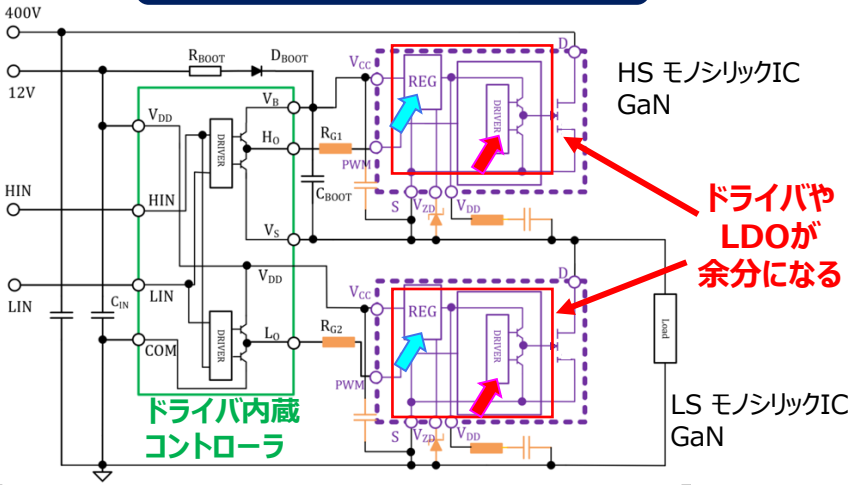
- はじめに
- GaN ディスクリート vs IC
- GaN Systemsのソリューション：EZDrive回路
- EZDrive回路の動作検証
- まとめ

GaN ディスクリート vs IC ソリューション

GaN Systems EZDriveソリューション



モノシリックICソリューション



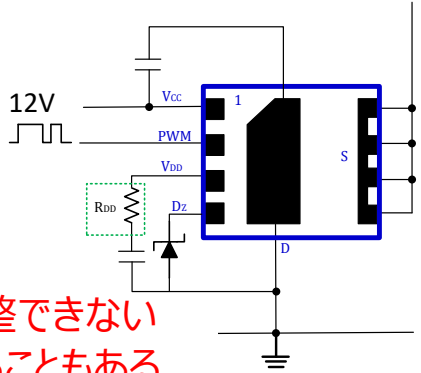
少ない回路ブロック + 標準部品 (コスト効果: 同じ数の受動部品,余分なドライバ無し)	IC = 2つの余分なドライバ + 2つの余分な LDO (コストアップ、複雑)
ターンオン、オフの制御や、負バイアスドライブが可能 (EMIと効率の最適化)	ターンオン時のみ制御可能 (最適化が十分でない)

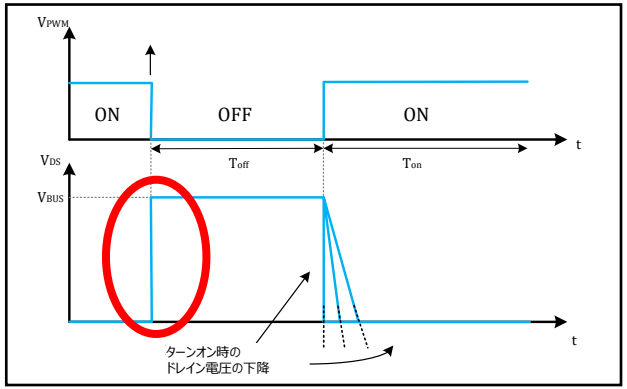
HB:ハーフブリッジ
HS: ハイサイド
LS: ローサイド
HV:高圧

GaN Systems GaN　HV HB ブートストラップ コントローラ/ドライバ　外付け部品　IC（GaN＋ドライバ＋LDO）

ディスクリートソリューションは低コストでEMIと効率の最適化ができる

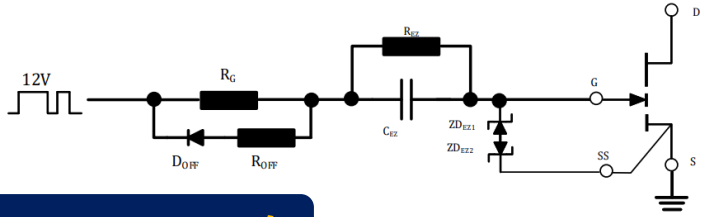
GaN ディスクリート vs IC T_{ON}/T_{OFF} のドレイン電圧制御

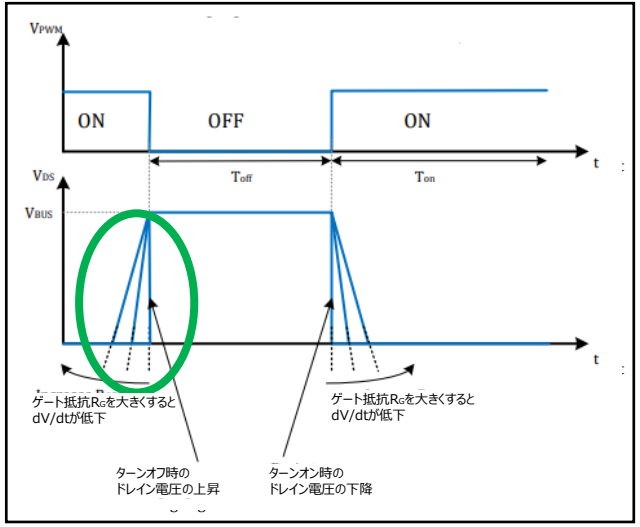




モノシリックIC GaN

- ターンオフ時ドレイン電圧の上昇は調整できない
- 設計の制約となり、最適化に影響することもある





ディスクリートGaN と EZDrive回路

- ドレイン電圧のターンオフ時の上昇 と ターンオン時の下降の**両方**を調整できる
- EMI と 効率 の最適化が可能

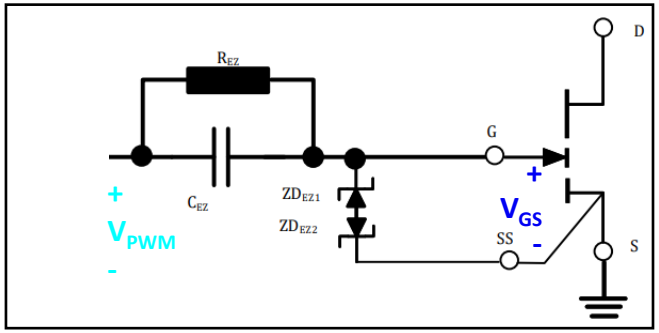
目次

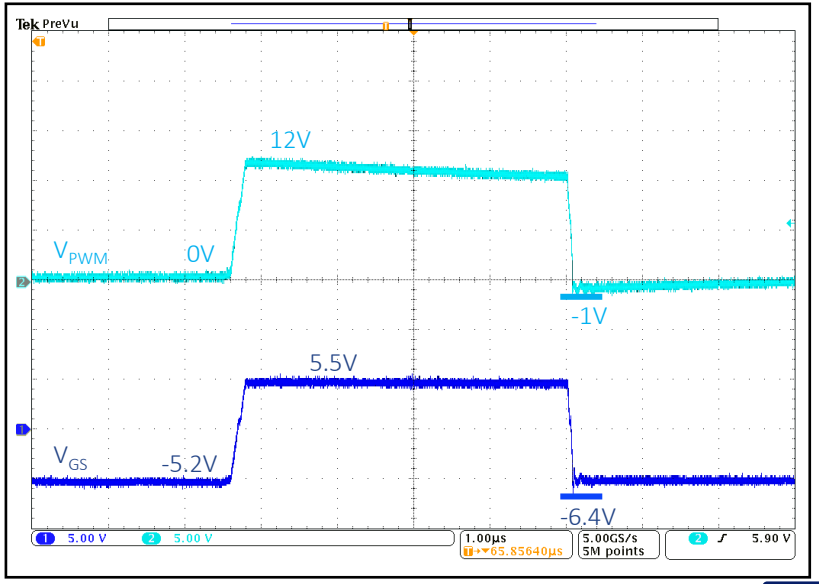
- はじめに
- GaN ディスクリート vs IC
- GaN Systemsのソリューション：EZDrive回路
- EZDrive回路の動作検証
- まとめ

EZDrive 回路

GaN SystemsのEZDrive 回路は、MOSFET用ドライバを用いて、低コストで簡単に実装できる **GaN用ドライブ回路**です.

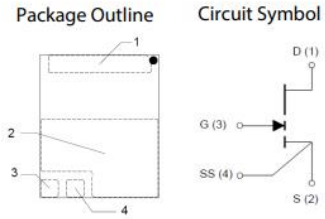
- 12VのドライバでGaNをドライブできます.
- レベルシフト回路は4つの部品で構成されます.
- ターンオン／オフのスルーレイトは、外付けのゲート抵抗 Rg により調整でき、EMI を最適化できます.
- 様々な電力、動作周波数、そして、標準的なドライバ内蔵コントローラに合わせた調整が可能です.
- 様々なドライバ内蔵コントローラ、シングル、デュアル または ハイサイド/ローサイド ドライバ、 に適用できます.



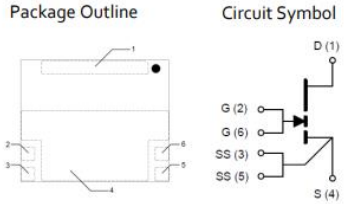


No.1 Solution: Kelvin Source Examples

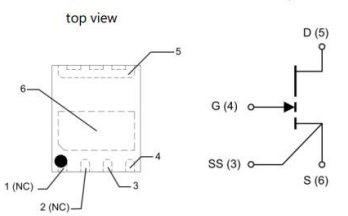
Source Sense（SS）を介してGaNHEMTを駆動します。



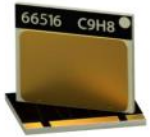
GS66508B

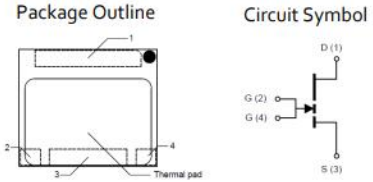


GS66516B



GS-065-011-1-L



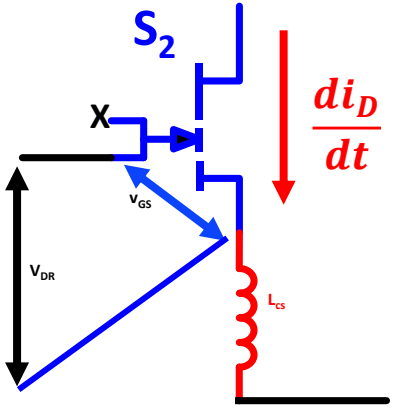


The thermal pad is internally connected to Source (S pin 3) and substrate

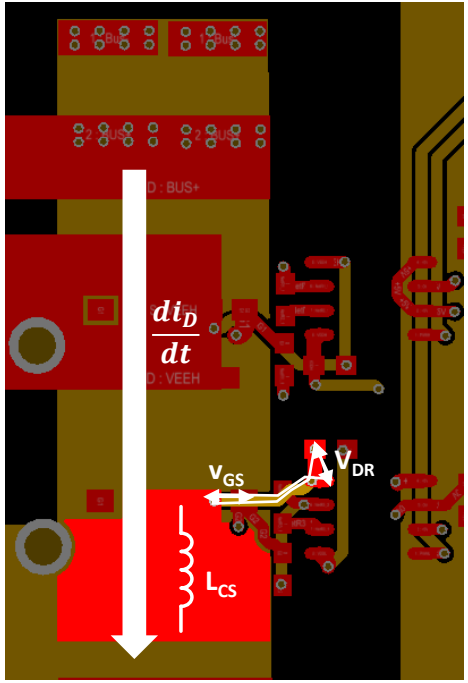
GS66516T

Source senseのないデバイスの場合は、次のページに示すようにレイアウトでKelvin sourceを作成します.

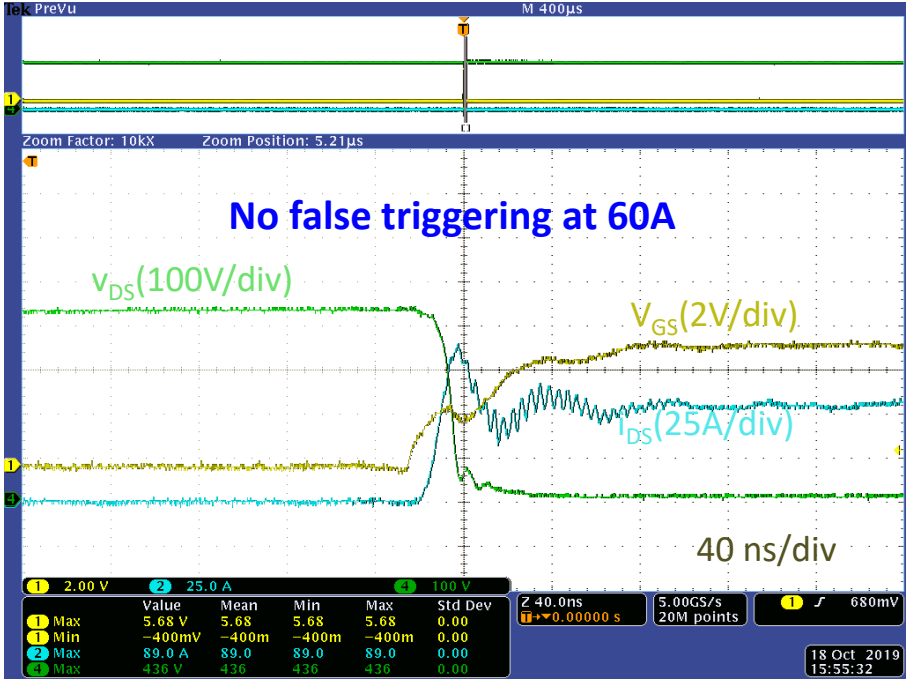
No.1 Solution: Kelvin Source



Kelvin Source



The control group
(Optimum design with Kelvin source)

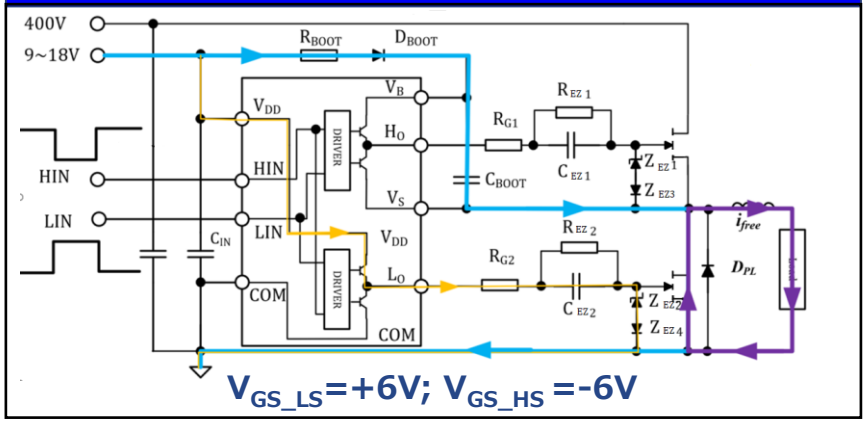


Switching-on @ V_{BUS}=400V, I_{LOAD}=60A, R_G=10Ω

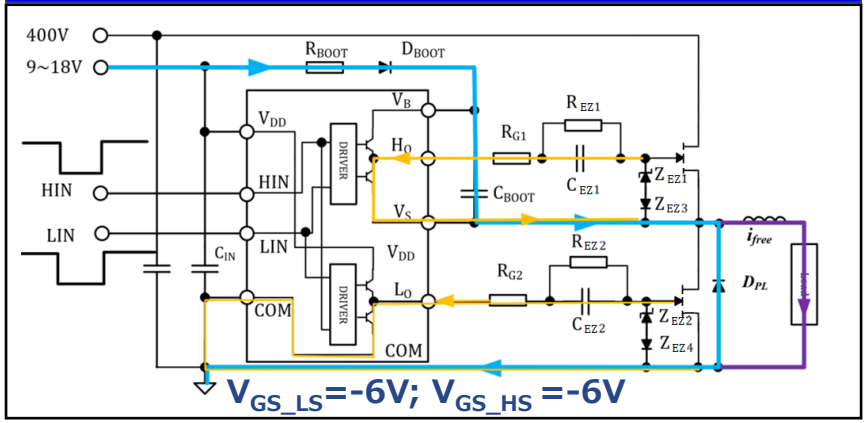
- **Kelvin Source is employed to minimize the coupling between the power loop and gate loop.**
- 予測可能で効率的なスイッチング遷移は、**elvin Source**を使用して全電流で実現されます。

EZDrive回路の動作モード

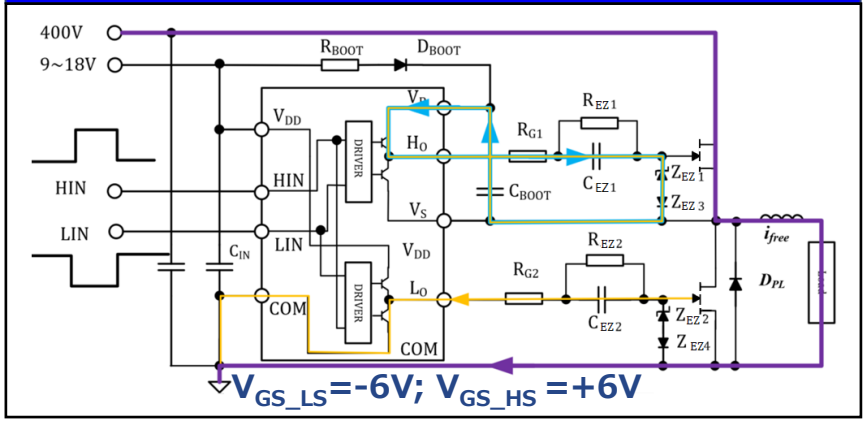
モード 1: C_{BOOT} 充電 (HS GaN: オフ; LS GaN: オン)



モード 2: C_{BOOT} 充電 (HS GaN: オフ; LS GaN: オフ)



モード 3: C_{BOOT} 放電 (HS GaN: オン; LS GaN: オフ)



主回路電流の流れ →
ゲート電流の流れ →
C_{BOOT} 電流の流れ →

HS: ハイサイド
LS: ローサイド
CBOOT:ブートストラップC
(HSゲート電源用コンデンサ)

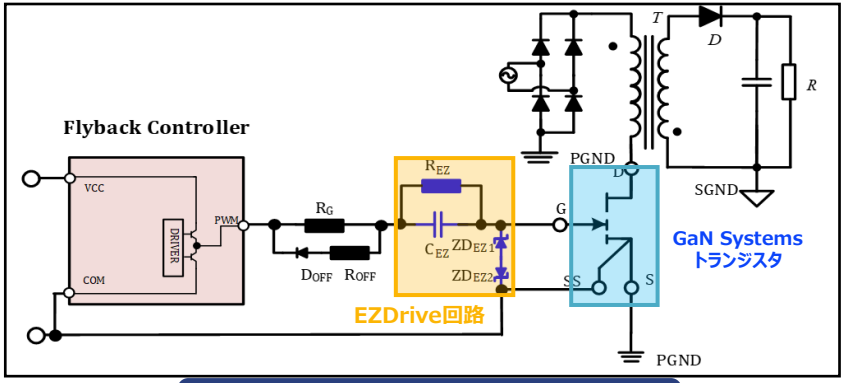
- ハーフブリッジのEZDrive の動作モードは、既存の非絶縁ハイサイドドライバのブートストラップ回路と**同様です**
- **広い入力電圧範囲のコントローラ**を選択できます (9~18V)

EZDrive 回路　応用例

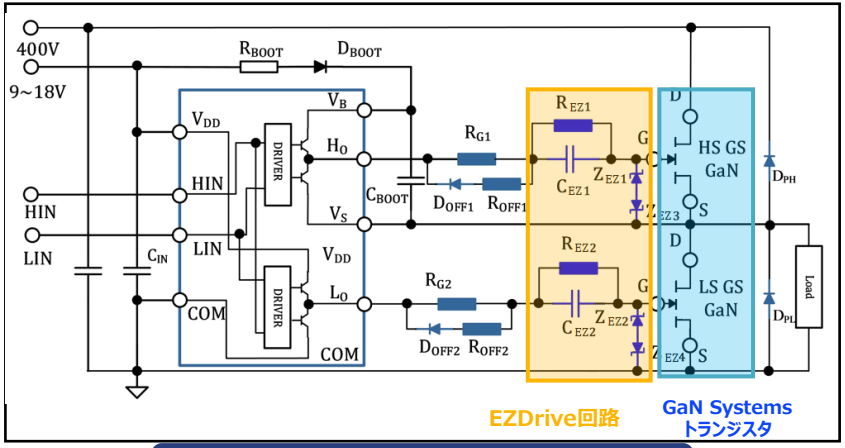
EZDrive 回路の代表的な応用例

- フライバック
- ハーフブリッジ
- 昇圧型 PFC

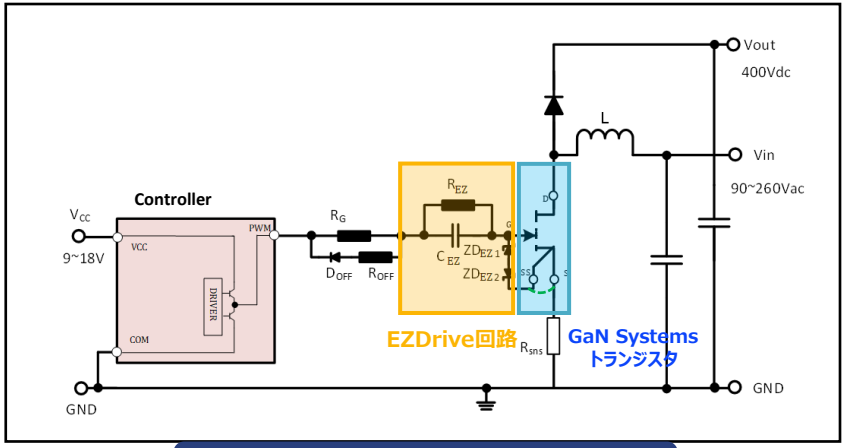
ソリューション = GaN ディスクリート + EZDrive 回路 + 汎用コントローラ



フライバックのEZDrive回路



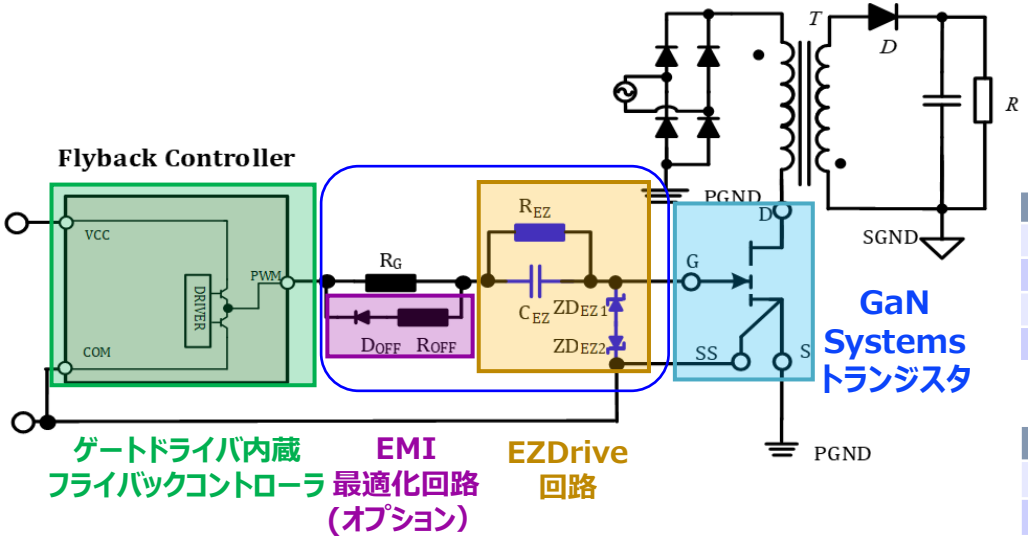
ハーフブリッジのEZDrive回路



昇圧型PFC のEZDrive回路

フライバック EZDrive 回路

- フライバックコントローラの事例（NCP1342、NCP1250）
- 回路と部品表はフライバック用EZDrive回路の推奨値を示しています.
  - オプションとして、シリコンMOSFETを用いた設計と同様に, “動作回路”を用いて、さらに効率とEMIの最適化が可能です



EZDrive回路

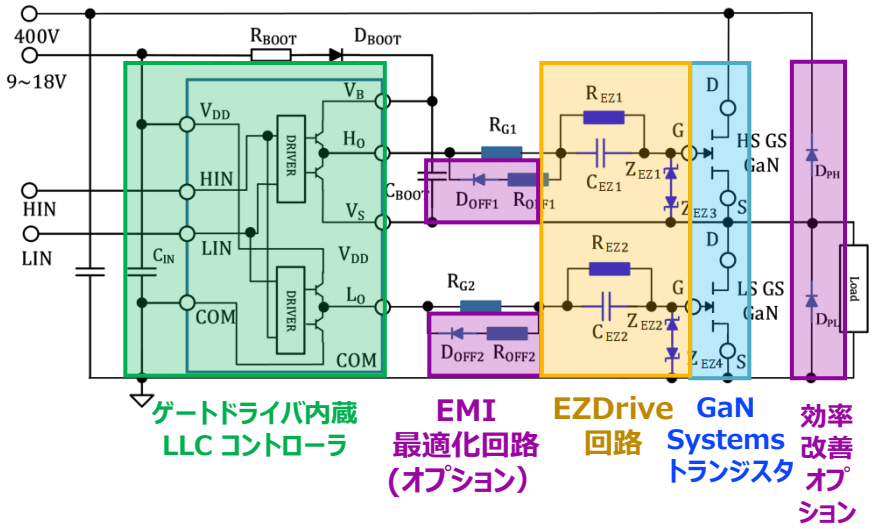
シンボル	部品定数	サイズ(mm)	機能
R_{EZ}	~ 10 kΩ	1005 / 1608	ドライブ電圧を維持する
C_{EZ}	~ 47 nF	1005 / 1608	ターンオフ用負電圧を保持する
Z_{EZ1}	5.6VZener	SOD923F/1608	正のゲート電圧をクランプする
Z_{EZ2}	9.1VZener	SOD923F/1608	負のゲート電圧をクラップする

効率とEMI の最適化回路 (オプション)

シンボル	部品定数	サイズ(mm)	機能
D_{OFF}	20V/1A	SOD923F/1608	ターンオフのスピード調整
R_{OFF}	0 Ω	1005/1608	ターンオフのスピード調整

ハーフブリッジ EZDrive 回路

- ハーフブリッジコントローラの事例（NCP1399 、 NCP13992）
- 回路と部品表はフライバック用EZDrive回路の推奨値を示しています.
  - オプションとして、シリコンMOSFETを用いた設計と同様に, “動作回路”を用いて、さらに効率とEMIの最適化が可能です



EZDrive回路

シンボル	部品定数	サイズ(mm)	機能
R_{EZ}	~ 10 kΩ	1005 / 1608	ドライブ電圧を維持する
C_{EZ}	~ 47 nF	1005 / 1608	ターンオフ用負電圧を保持する
Z_{EZ1}	5.6VZener	SOD923F/1608	正のゲート電圧をクランプする
Z_{EZ2}	9.1VZener	SOD923F/1608	負のゲート電圧をクラップする

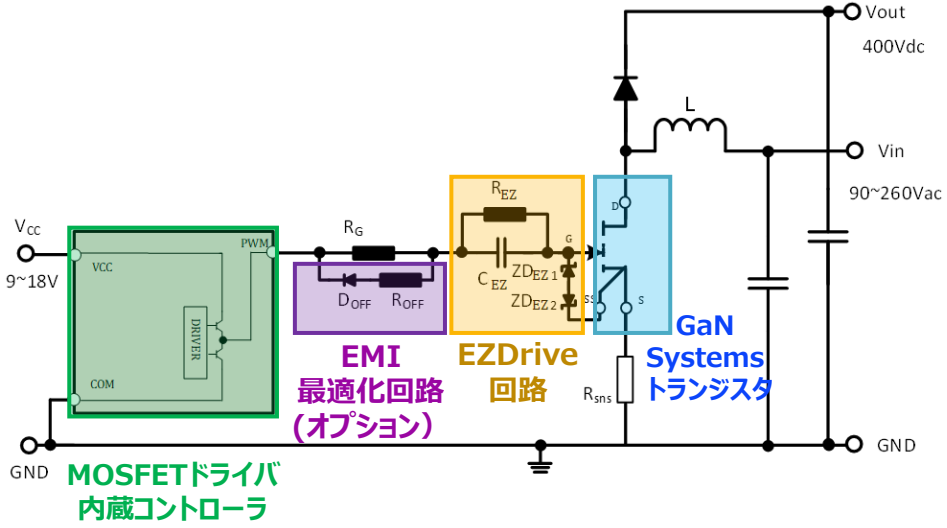
効率とEMI の最適化回路

シンボル	部品定数	PKG.サイズ(mm)	機能
$D_{OFF1,2}$	20V/1A	SOD923F/1608	ターンオフスピード調整用ダイオード
$R_{OFF1,2}$	0 Ω	1005 / 1608	ターンオフスピード調整用抵抗
D_{PL}	600V FRD 1A	SOD123F/SMA	C_{BOOT} の過充電防止、LSデッドタイムロスP_{DT} 低減（注1）
D_{PH}	600V FRD 1A	SOD123F/SMA	オプション HSデッドタイムロスP_{DT} 低減(注1)

注1：コントローラにブートストラップ電圧を調整するための内部同期ブート機能がある場合、DPHおよびDPLは必要ありません。

昇圧型PFC EZDrive 回路

- 昇圧型 PFC コントローラの事例（NCP1616, NCP1615, L6562A）
- 回路と部品表は昇圧PFC用EZDrive回路の推奨値を示しています.
  - オプションとして、シリコンMOSFETを用いた設計と同様に, “動作回路”を用いて、さらに効率とEMIの最適化が可能です



EZDrive回路

シンボル	部品定数	サイズ(mm)	機能
R_{EZ}	~ 10 kΩ	1005 / 1608	ドライブ電圧を維持する
C_{EZ}	~ 47 nF	1005 / 1608	ターンオフ用負電圧を保持する
Z_{EZ1}	5.6VZener	SOD923F/1608	正のゲート電圧をクランプする
Z_{EZ2}	9.1VZener	SOD923F/1608	負のゲート電圧をクラップする

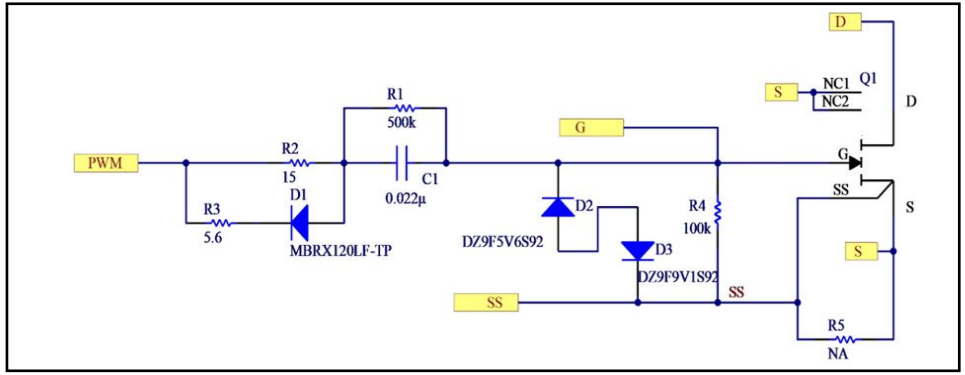
効率とEMI の最適化回路 (オプション)

シンボル	部品定数	サイズ(mm)	機能
D_{OFF}	20V/1A	SOD923F/1608	ターンオフのスピード調整用ダイオード
R_{OFF}	0 Ω	1005/1608	ターンオフのスピード調整

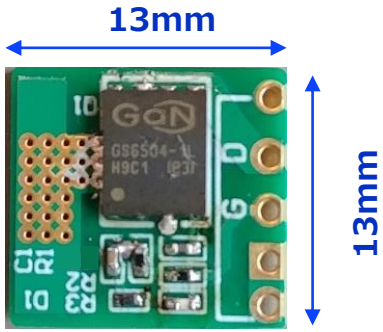
目次

- はじめに
- GaN ディスクリート vs IC
- GaN Systemsのソリューション：EZDrive回路
- EZDrive回路の動作検証
- まとめ

フライバック回路　動作検証テストのセットアップ



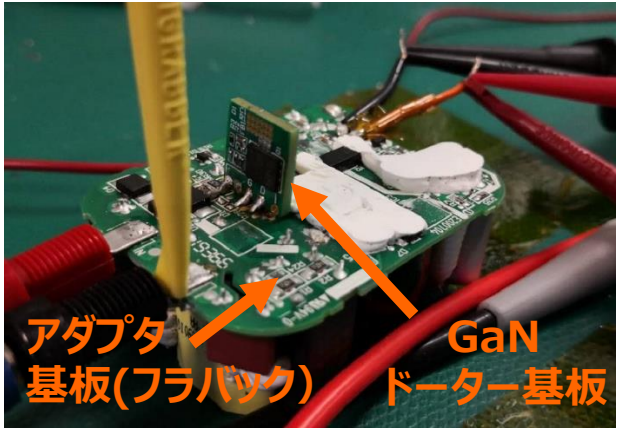
フライバック EZDrive回路の効率最適化

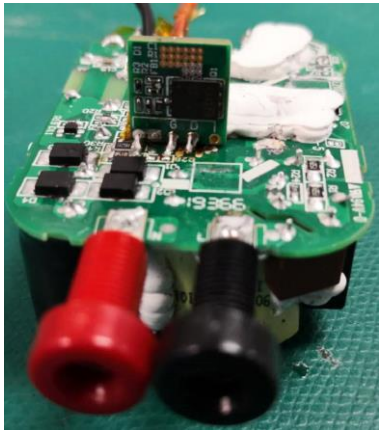


表面

裏面

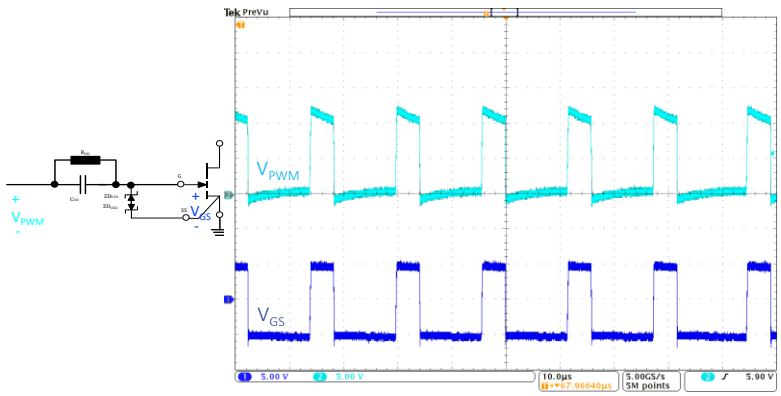
- GaNトランジスタとEZDrive部品を実装したドーター基板を用います
- 既存のアダプタ回路を改造します
- GaN ＋ EZDrive回路のドーター基板をはんだ付けします

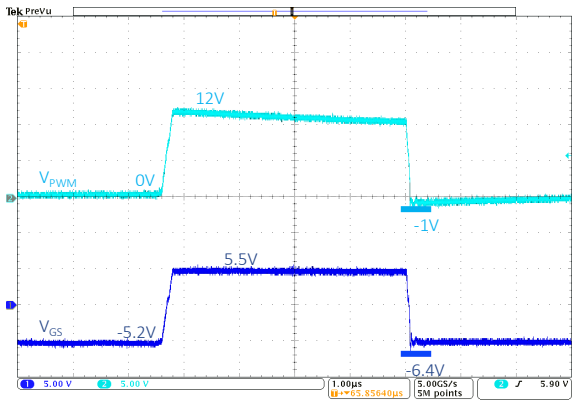




フライバック回路の動作検証結果

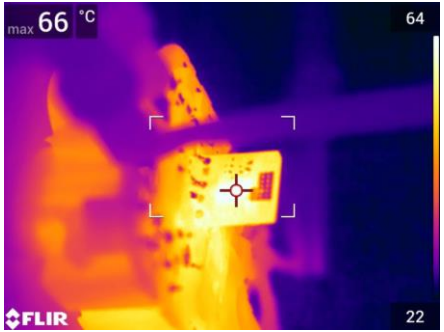
EZDrive 波形 (V_{PWM} と V_{GS}) @フル負荷時(18V/1.67A出力)





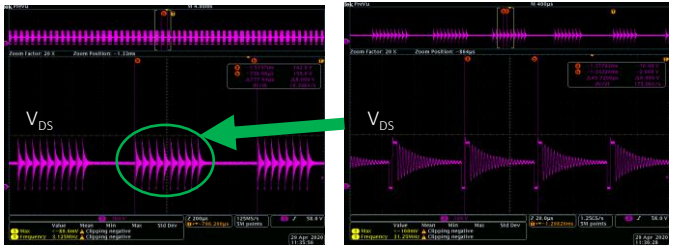
部品温度 フル出力時

115Vac入力@18V/1.67A出力



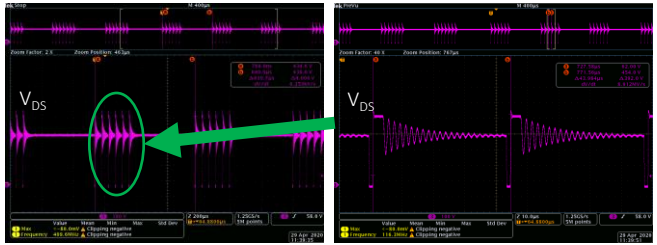
スキップモード動作 @5%負荷

スキップ周波数:1.2KHz　パルス周波数:22KHz



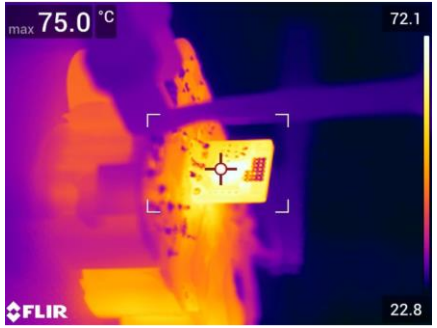
115Vac入力, 平均周波数=13KHz

スキップ周波数:1.6KHz　パルス周波数:22KHz



230Vac入力, 平均周波数=8KHz

230Vac入力@18V/1.67A出力

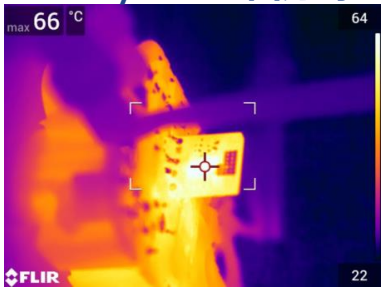


- V_{GS}は全動作条件で**オーバーシュート/アンダーシュート無し**
- **動作温度は低い**

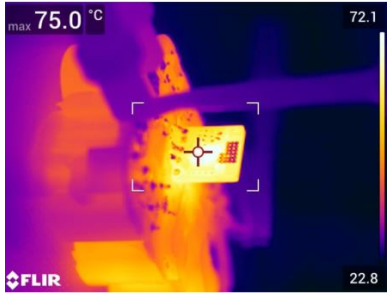
フライバック回路動作検証結果

部品温度分布@フル負荷

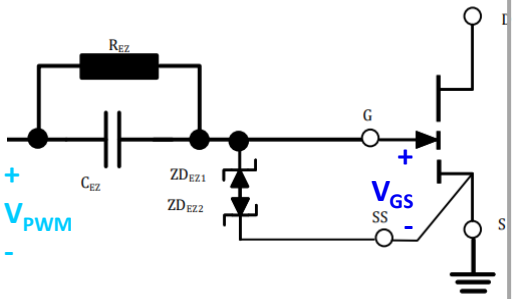
115Vac入力
18V/1.67A出力時

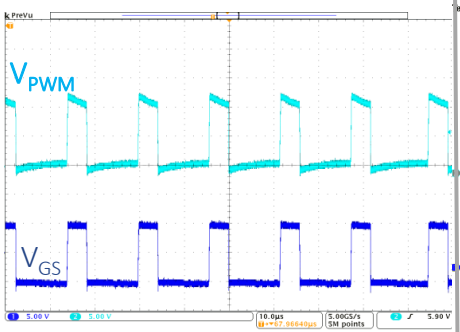


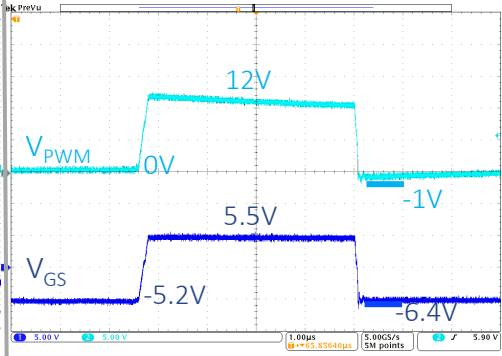
230Vac入力
18V/1.67A出力時



EZDrive 波形(V_{PWM}とV_{GS}) @ フル負荷 (18V/1.67A 出力)

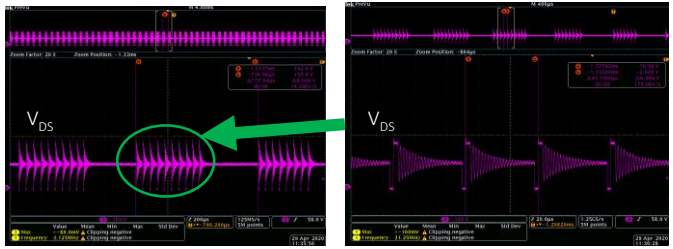






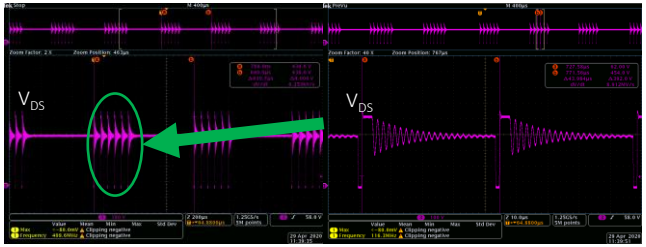
スキップモード動作@ 5%負荷

スキップ周波数:1.2KHz　パルス周波数:22KHz



115Vac入力，平均周波数=13KHz

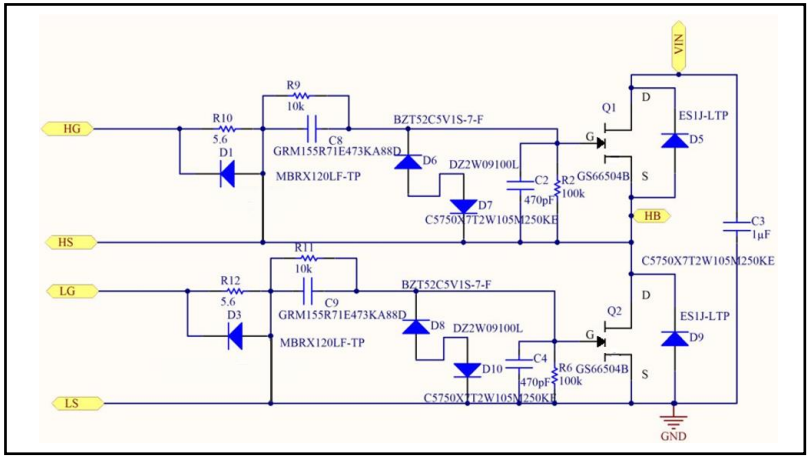
スキップ周波数:1.6KHz　パルス周波数:22KHz



230Vac入力，平均周波数=8KHz

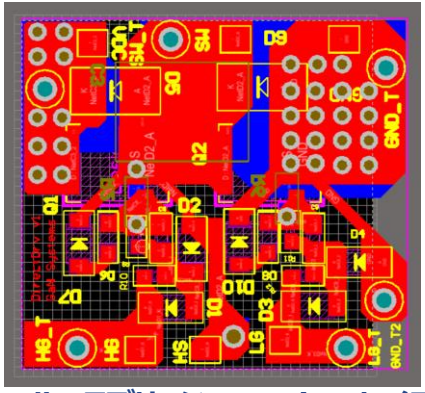
- V_{GS}は全動作条件で**オーバーシュート/アンダーシュート無し**
- **動作温度は低い**

ハーフブリッジ LLC回路動作検証のセットアップ



ハーフブリッジLLC EZDrive 回路図

テスト回路 (表面)



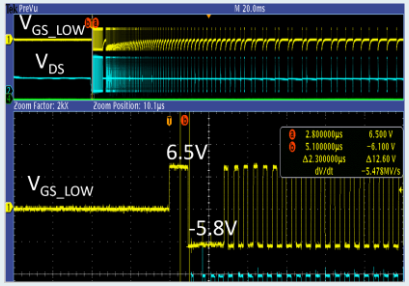
ハーフブリッジ EZDrive レイアウト

GS66504B GaN x 2

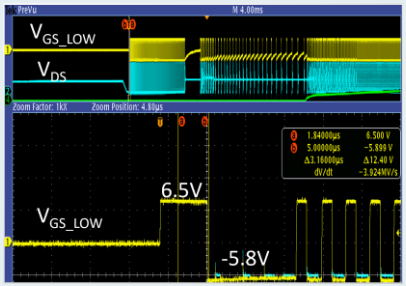
EZDrive ドーター基板

テスト基板(裏面)

ハーフブリッジ LLC 動作検証結果

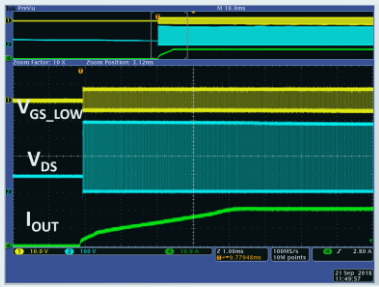


@ 無負荷 (I_{out}=0A)

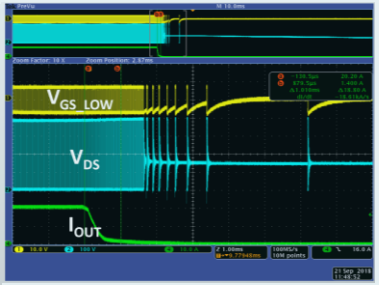


@ フル負荷 (I_{out}=20A)

起動時

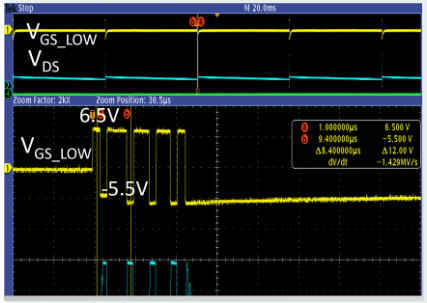


0A to 20A

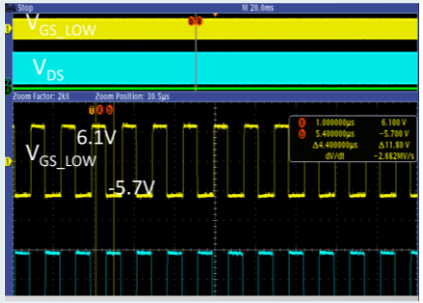


20A to 0A

負荷急変時

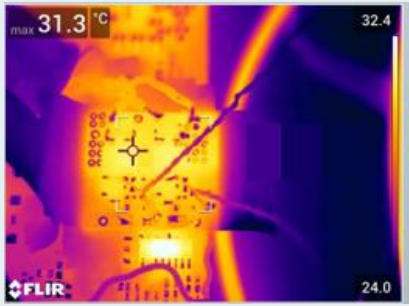


@ 負負荷 (I_{out}=0A)

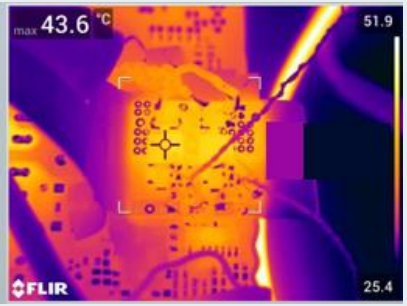


@ フル負荷 (I_{out}=20A)

定常動作



@ 50%負荷 (10A)



@ フル負荷 (20A)

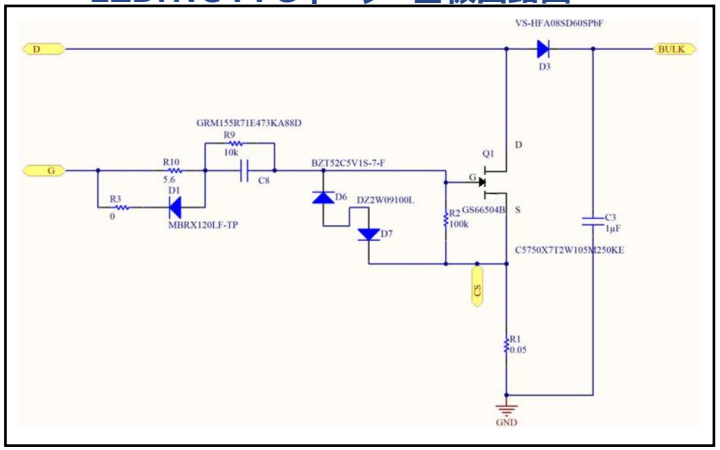
部品温度分布

- V_{GS}は全動作条件で**オーバーシュート/アンダーシュート無し**
- **動作温度は低い**

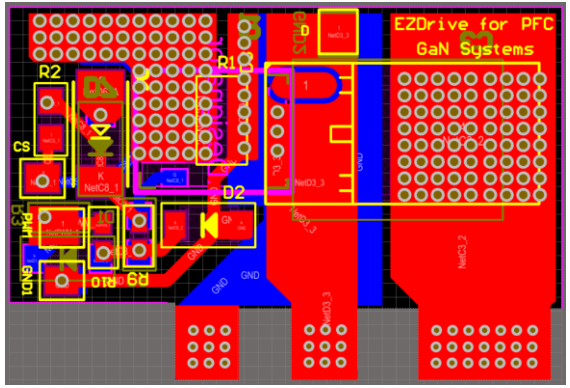
昇圧型PFC回路　動作検証テストのセットアップ

GaN Systems

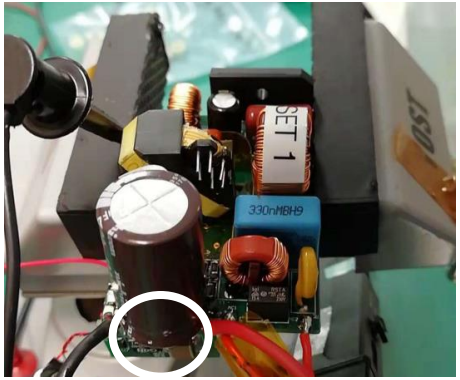
EZDrive PFC ドーター基板回路図



EZDrive PFC ドーター基板



臨界モードコントローラ L6562A を用いたPFC (上面)



臨界モードコントローラ L6562A を用いたPFC (側面) Side View)

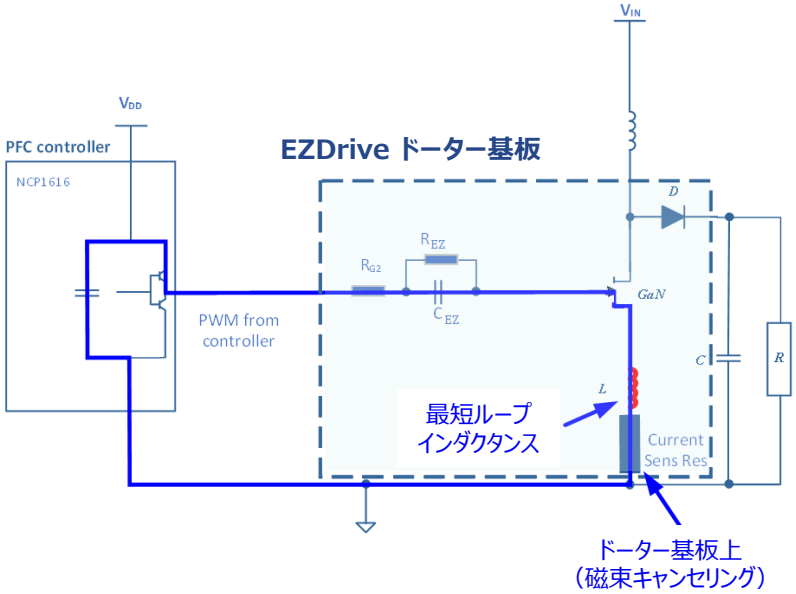
650V 15A GaNトランジスタ: GS66504B

top

bottom

昇圧型PFC ドーター基板のレイアウト

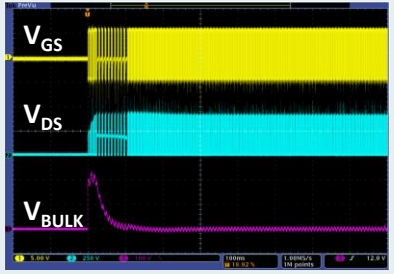
- 65Wを超える電力では、ドーター基板は、通常、放熱性能を改善するデザインが用いられます.
- 下表に推奨レイアウトを示します.



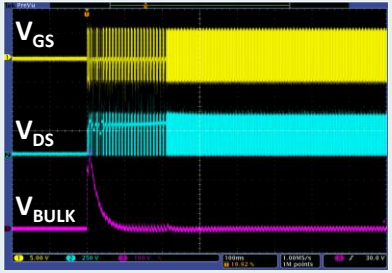
推奨レイアウト	目的
• 電流検出抵抗やパワーGNDとの間の配線を短くます.	配線インダクタンスの低減
• 電流検出抵抗を両面基板を介してGaNの裏面に配置します. • 4層基板を用いるとコモンインダクタンスを低減でき、放熱性能も改善れます.	磁束キャンセリング → 相互インダクタンスを低減できます
• スルーホールの抵抗の代わりに、 表面実装の電流検出抵抗を用います.	寄生インダクタンスを低減します

昇圧型 PFC 回路　動作検証結果

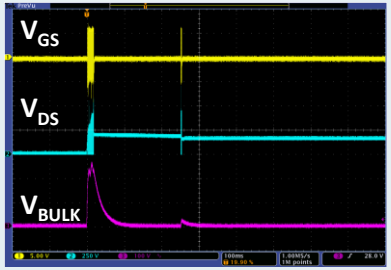
起動時



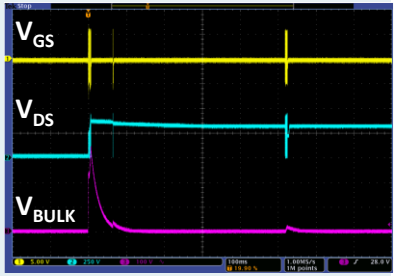
@ 110Vac フル負荷
(400V,0.5A)



@ 220Vac フル負荷
(400V,0.5A)

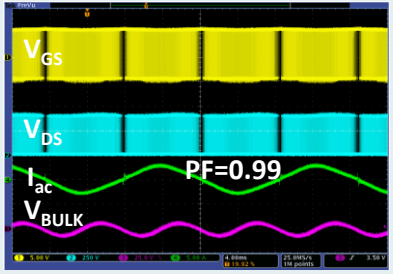


@ 110Vac 無負荷d
(400V,0A)

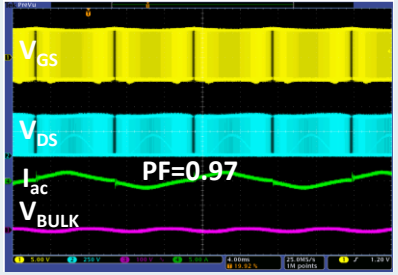


@ 220Vac 無負荷
(400V,0A)

定常動作時

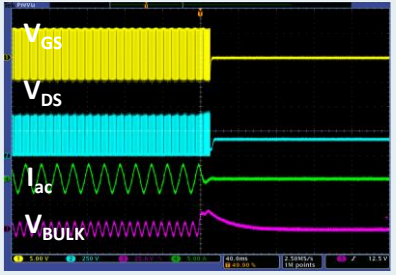


@ 110Vac & full load
(400V,0.5A)



@ 220Vac & full load
(400V,0.5A)

負荷急変時



フル負荷→無負荷(0.5A→0A)

無負荷→フル負荷(0A→0.5A)

- VGSとVDSは、全動作条件でオーバーシュート/アンダーシュート無し

目次

- はじめに
- GaN ディスクリート vs IC
- GaN Systemsのソリューション：EZDrive回路
- EZDrive回路の動作検証
- まとめ

EZDrive 回路ソリューションのまとめ

アプリケーション考慮事項	シリコン MOSFET	GaN Systems EZDrive回路	モノシリックIC GaN+ドライバ
トータル部品コスト	✓	✓	✗
最適化設計のための部品選択	✓	✓	✗
ドライバ内蔵コントローラの使用, 余剰機能の削除	✓	✓	✗
EMI 制御	✓	✓	✗
電力密度	✗	✓	✓

GaN Systemsの **EZDrive** 回路は、標準的なMOSFET用ドライバ内蔵コントローラを用いて、**低コスト**で簡単な方法で、GaNのドライブ回路を実装できます.

EZDrive ソリューション資料

- GaN トランジスタ情報
  - https://gansystems.com/gan-transistors/

- EZDrive 評価キット
  - https://gansystems.com/evaluation-boards/gs65011-evbez/

- 技術文献
  - https://gansystems.com/wp-content/uploads/2020/01/Using-Mosfet-Controllers-to-Drive-GaN-EHEMTs.pdf

- リファレンスデザイン
  - 情報、サンプル、設計に関してご連絡ください

Tomorrow's power today™

Product and application support at

gansystems.com