産業機器、再生可能エネルギーおよび EV用エコシステム向け絶縁電源ソリューション

2024年11月

岡野 力

FAE

MPSジャパン

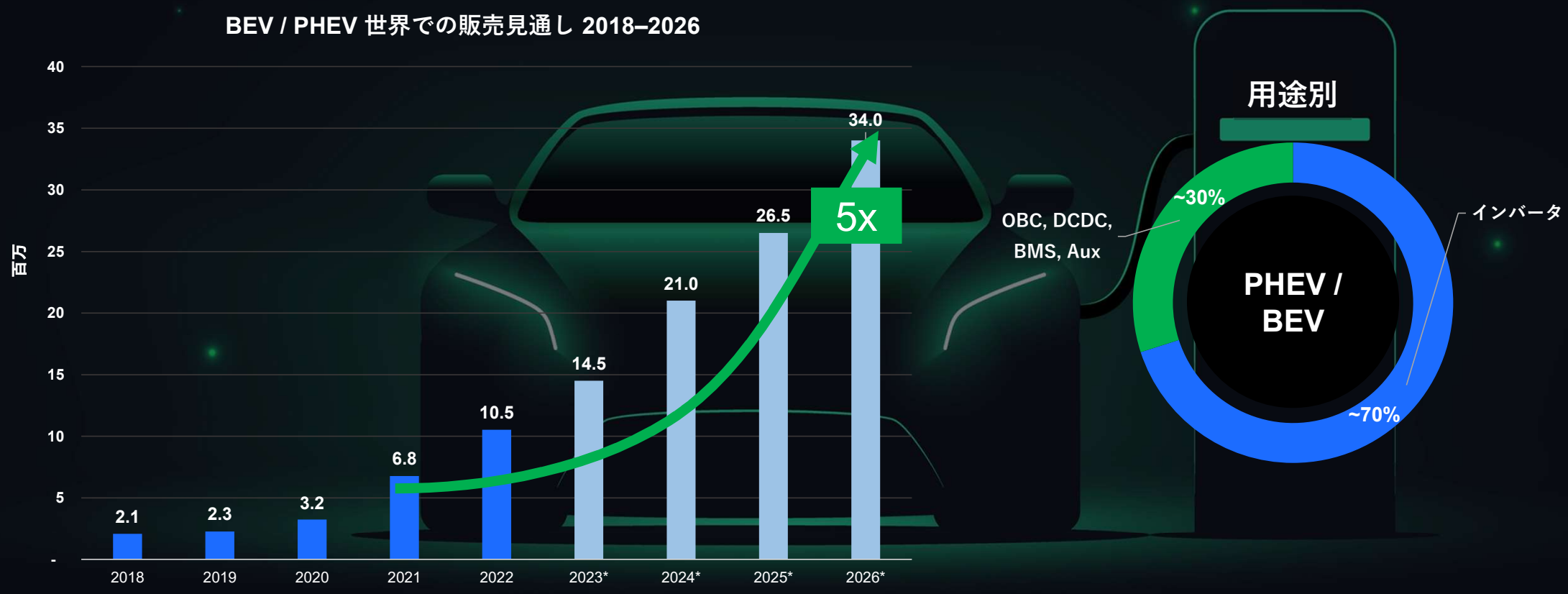
トピック

- 再生可能エネルギーを使用したアプリケーションの台頭
- EVおよびDC高速充電システムの概要
- フライバックに対するLLCトポロジーの利点
- 絶縁型ゲートドライバおよび電源モジュールの概要
- デジタルアイソレータ

グリーンエネルギーの台頭

- 脱炭素化は再生可能エネルギーインフラに大転換を促す
  - ソーラーインバータ
  - DC充電ステーション
  - 電気自動車
  - エネルギー貯蔵
- 多くのシステムが400V / 800Vに移行中。効率と電力密度を最大化するSiCの需要が高まっている
- SiCやIGBT MOSFETをバイアスするため、ソフトスイッチングトポロジーが使用されている
  - より高い絶縁性
  - より小型のソリューション

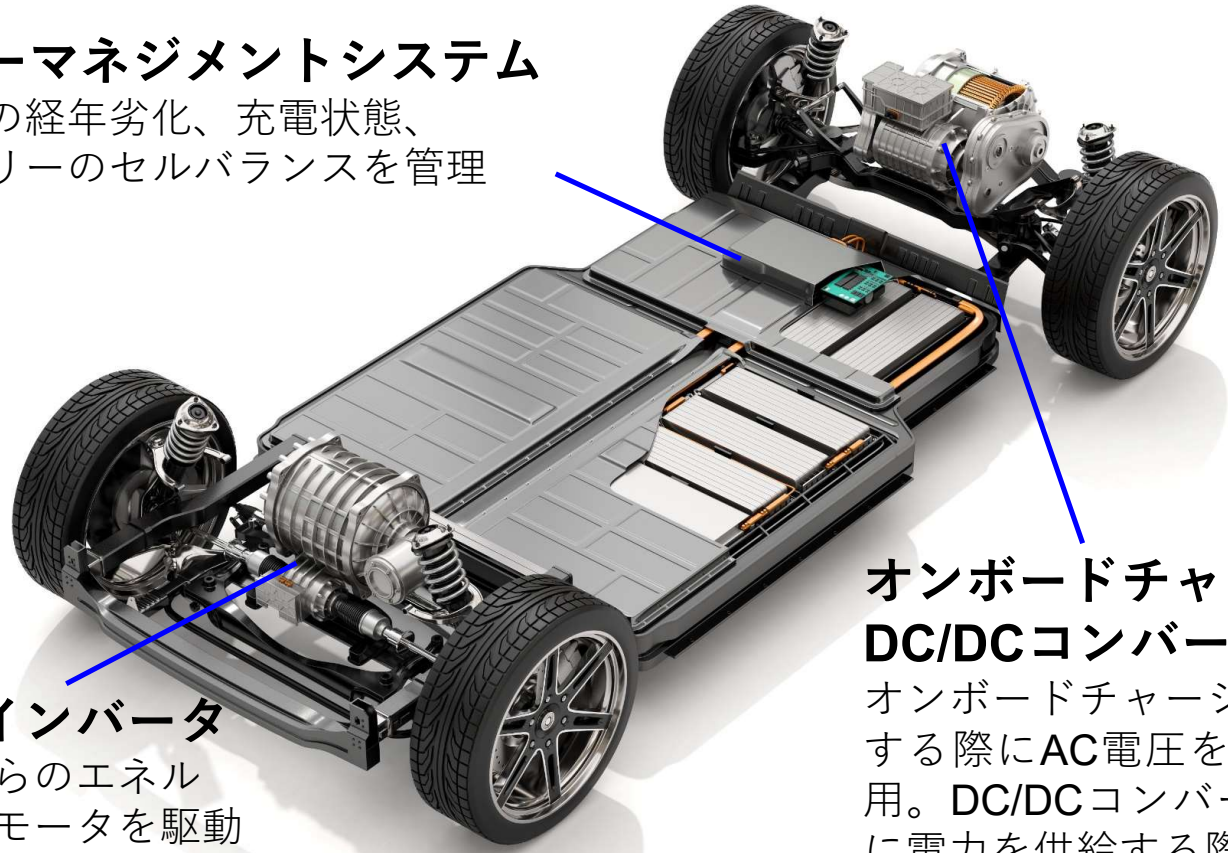
EVの販売台数が急増



*2023–2026 are projections

電気自動車のシステム

バッテリーマネジメントシステム
バッテリーの経年劣化、充電状態、
車両バッテリーのセルバランスを管理



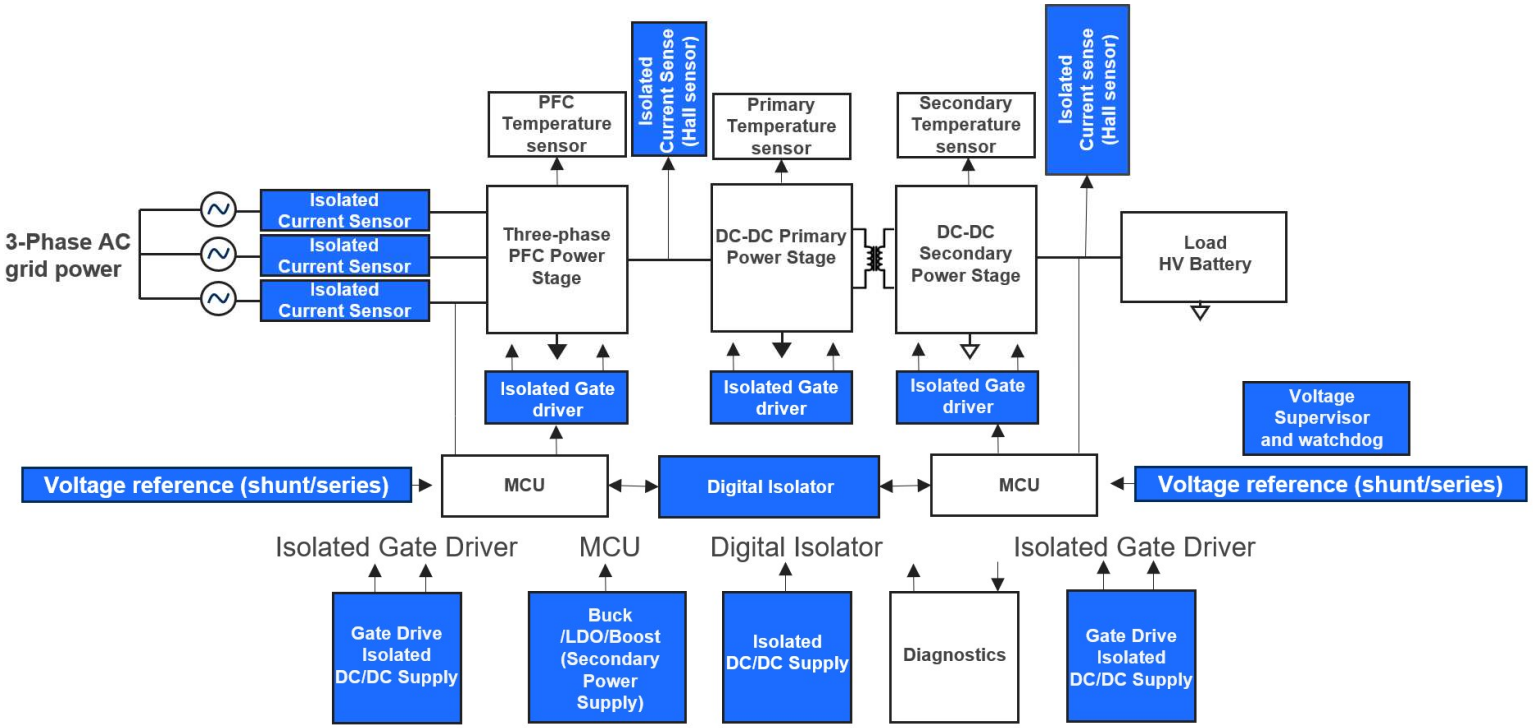
オンボードチャージャと
DC/DCコンバータ
オンボードチャージャは、ACチャージャを使用する際にAC電圧をDC電圧に変換するために使用。DC/DCコンバータは、車両のサブシステムに電力を供給する際、高電圧バッテリーを48V / 12Vに変換するために使用

トラクション・インバータ
高電圧バッテリーからのエネルギーを変換して電気モータを駆動すると同時に、回生ブレーキからエネルギーを回収

DC高速充電システム

DC高速充電ステーション

- 3相交流電圧を250V～800VのDC電圧に変換
- 350kW以上の出力を得るために、右側のサブユニットを搭載
- 力率改善 (PFC) ステージは、3相AC電圧を中間DC電圧に変換
- 二次ステージは、中間DC電圧を目標とするバッテリー充電電圧に変換



絶縁型ゲートドライバ / 電源ICロードマップ

シングルチャネル

MP18811
4A/4A、3kV$_{RMS}$
50ns(±5ns)の伝搬遅延
CMTI >100kV/μs

MP1918
100V ハーフブリッジGaNドライバ、3.6V$_{CC}$～5.5V$_{CC}$、
10ns伝搬遅延、
CH間の遅延ずれ1.5ns

MID1W2424
1.5W 絶縁型電源モジュール、
5kV$_{RMS}$、24VIN～24VOUT、
トランス内蔵、
SOIC16-WB

MID3W2424
3W 絶縁型電源モジュール、
3kV$_{RMS}$、24V$_{IN}$～24V$_{OUT}$、
トランス内蔵、
LGA (10mm x 10mm)

MP1907A
100V ハーフブリッジドライバ、2.5A シンク電流、
QFN-10 (3mm x 3mm)

MPQ18913
絶縁バイアス電源用ドライバ、
最大5MHzの周波数、
自動共振周波数検知

デュアルチャネル

MP18831
デュアル入力ハーフブリッジ、
4A / 8A、
2.5kV$_{RMS}$ / 3kV$_{RMS}$ / 5kV$_{RMS}$、
20ns 伝搬遅延、
CMTI >100kV/μs、
AEC-Q100 グレード 1

MP18851
デュアルで独立した入力、
4A / 8A、
2.5kV$_{RMS}$ / 3kV$_{RMS}$ / 5kV$_{RMS}$
20ns 伝搬遅延、
CMTI >100kV/μs、
AEC-Q100 グレード1

MP18871
PWM入力ハーフブリッジ、
4A / 8A、
2.5kV$_{RMS}$ / 3kV$_{RMS}$ / 5kV$_{RMS}$
20ns伝搬遅延、
CMTI >100kV/μs、
AEC-Q100 グレード1

MIE1W0505
1W絶縁型電源モジュール、
5kV$_{RMS}$、5V$_{IN}$ ～ 5V$_{OUT}$、
トランス内蔵、
SOIC-16 WB または
LGA (4mm x 6mm)

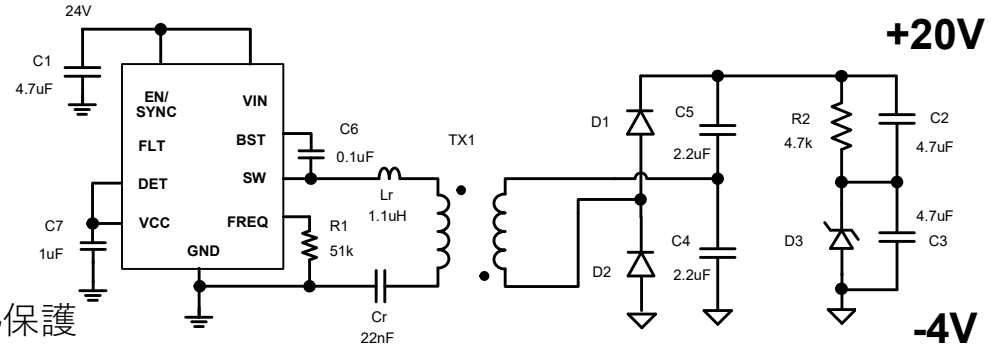
ゲートドライバ　　絶縁型電源

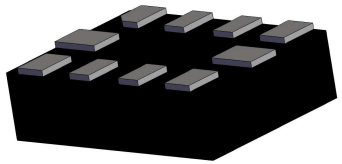
サンプル出荷中　量産中

MPQ18913 / 4 – 絶縁バイアス電源用、30V、0.5A、LLCトランスドライバ

特長

- 5V～30Vの入力電圧範囲 (50Vサージ)
- 絶縁型LLC共振コンバータ用のハーフブリッジ・トランスドライバ
- 周波数調整可能: 750kHz～5MHz (MPQ18913) または 750kHz～ 10MHz (MPQ18914)
- スイッチング同期のための外部クロック入力
- 自動共振周波数検知
- EMI低減のためのスペクトラム拡散を選択可能
- ソフトスタート内蔵
- 過電流保護 (OCP)、短絡保護 (SCP) 、過電圧保護 (OVP) 、過熱保護 (OTP) 、および故障 (FLT) 報告機能
- 最大5Wまで対応
- ウェッタブルフランク付きQFN-10パッケージ (2mm x 2.5mm)





QFN-10パッケージ (2mm x 2.5mm) で提供

アプリケーション例

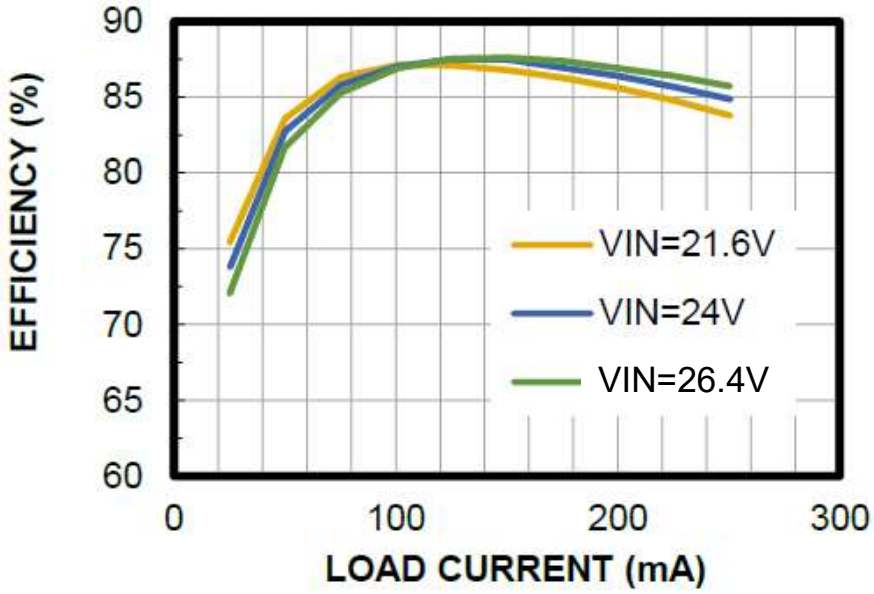
- IGBT / SiC ゲートドライバ・バイアス
- EV用DC高速充電ステーション
- EV用トラクション・インバータ / オンボードチャージャ

MPQ18913 評価ボード

EVQ18913-D-00A 評価ボード

$24V_{IN}$, $24V_{OUT}$、 1.33MHz

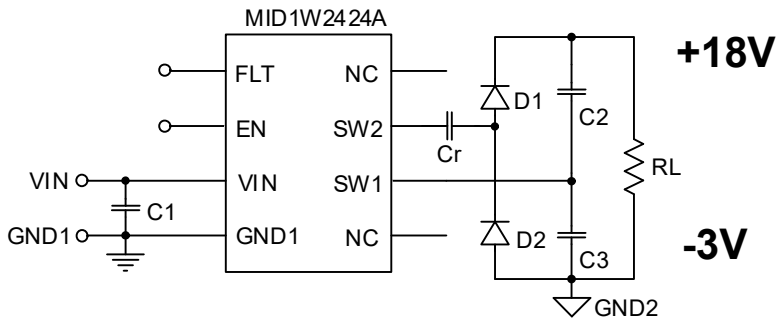
Efficiency vs. Load Current



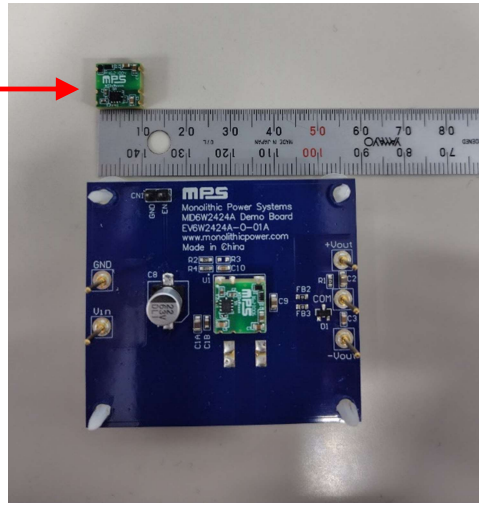
MID1W2424A – 1.5W 24V 絶縁型モジュール

特長

- 5V～30Vの入力電圧動作範囲 (50Vサージ)
- 3kV$_{RMS}$、5kV$_{RMS}$絶縁電圧オプション
- 1.5W出力電力オプション
- トランス内蔵
- フル負荷で60%の効率
- 100kV/μs CMTI
- 8pFの絶縁容量
- ソフトスタート, 過電流保護 (OCP) 、入力過電圧保護 (OVP) 、過熱保護 (OTP) および故障 (FLT) 表示
- **AEC-Q100のオプションあり**
- SOICW-16 パッケージ(高さはわずか2.65mm!)



MID1W2424A
約10 x 10mm

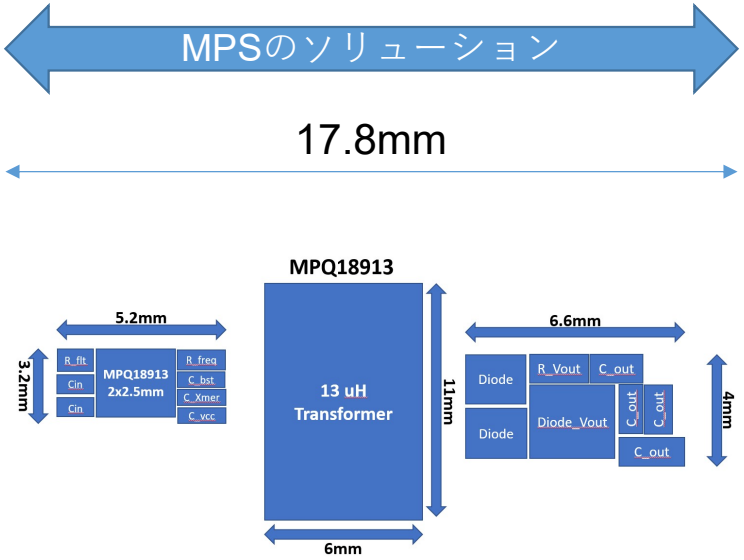


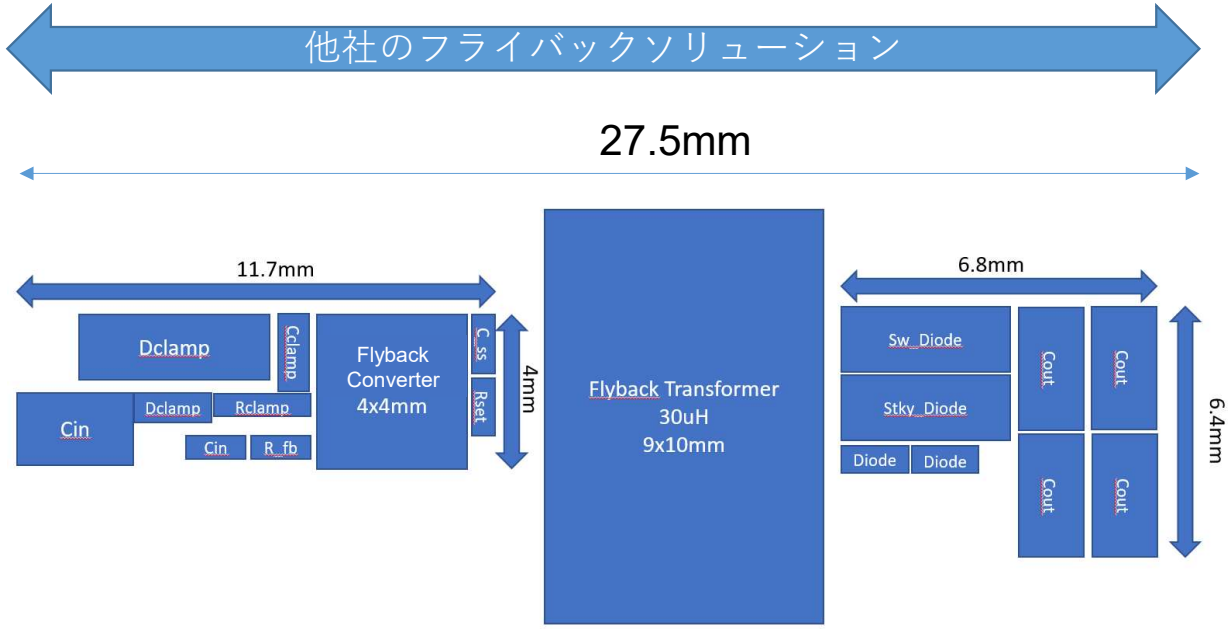
MID1W2424Aを搭載した評価ボード
(C8はEMIフィルタなので不要)

アプリケーション例

- IGBT / SiC ゲートドライバ・バイアス
- EV用DC高速充電ステーション
- EV用トラクション・インバータ / オンボードチャージャ

PCBフットプリント分析 – 絶縁型バイアス電源





ソリューションサイズ: 109mm²
総面積: 196mm²
部品数: 21

40%も小さなサイズ!

ソリューションサイズ: 180mm²
総面積: 275mm²
部品数: 26

MPQ18913 vs. フライバックのBOMコスト分析

	MPQ18913 LLC共振トポロジー	PSRフライバック コンバータトポロジー
高電圧コンデンサ	11.6μF (= $0.12)	4.7μF + 0.1μF (= $0.05)
低電圧コンデンサ	2μF (= $0.01)	64μF + 47nF (= $0.32)
ショットキーダイオード	2 (= $0.08)	1 (= $0.04)
ツェナーダイオード	0	3 (= $0.12)
スイッチングダイオード	0	1 (= $0.04)
抵抗	2 (= $0.02)	3 (= $0.03)
トランス	13μH、11 x 6mm ($0.36)	30μH、9mm x 10mm ($0.50)
IC	X	X
BOMコスト	**= $0.59 + X**	**= $1.10 + X**

46%も低いBOMコストを実現!

低電圧コンデンサは$0.05/10μFと想定
高電圧コンデンサは$0.10/10μFと想定

MPQ18913 vs. MID1W2424 BOMサイズ比較

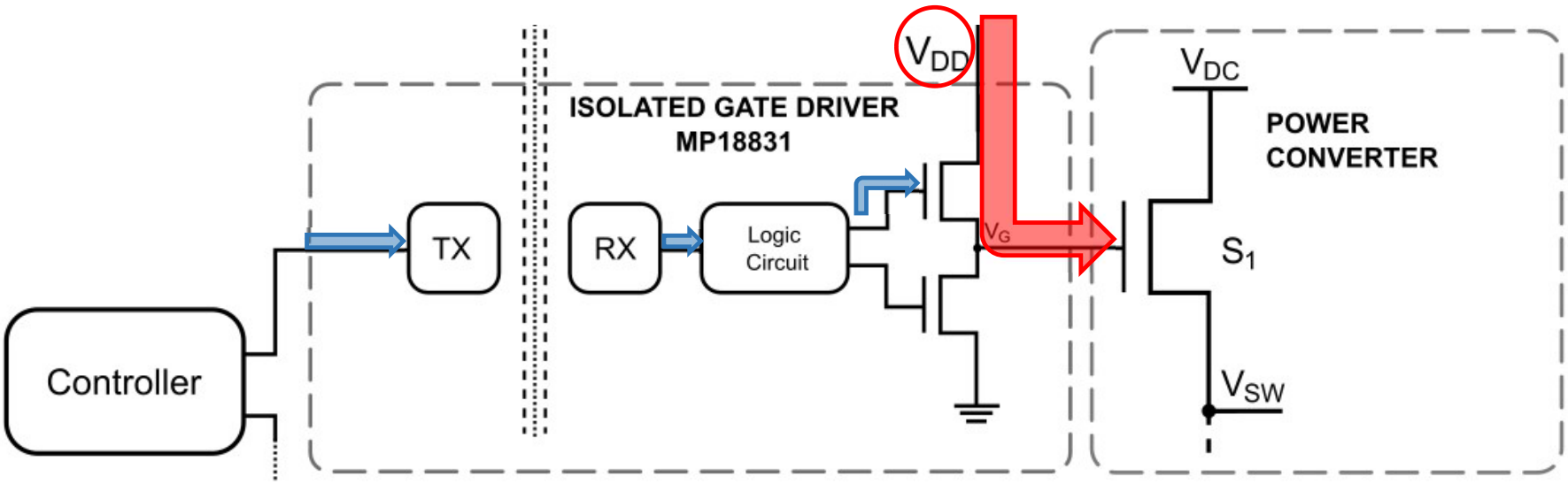
	ディスクリート・ソリューション MPQ18913	モジュール・ソリューション MID1W2424
低電圧側PCB面積サイズ	25mm^2	120mm^2
トランスサイズ	7mmx9mm = 63mm^2	N/A
高電圧側PCB面積サイズ	30mm^2	30mm^2
総面積	120mm^2	150mm^2
最大高さ	9mm	2.65mm

- トランスの高さは7.1mmの沿面要件によって推定
- ディスクリート・ソリューションは63mm^{2}のトランスのためより小さい
- **モジュール・ソリューションの主な利点はトランスを内蔵することによる全体の高さ要件**

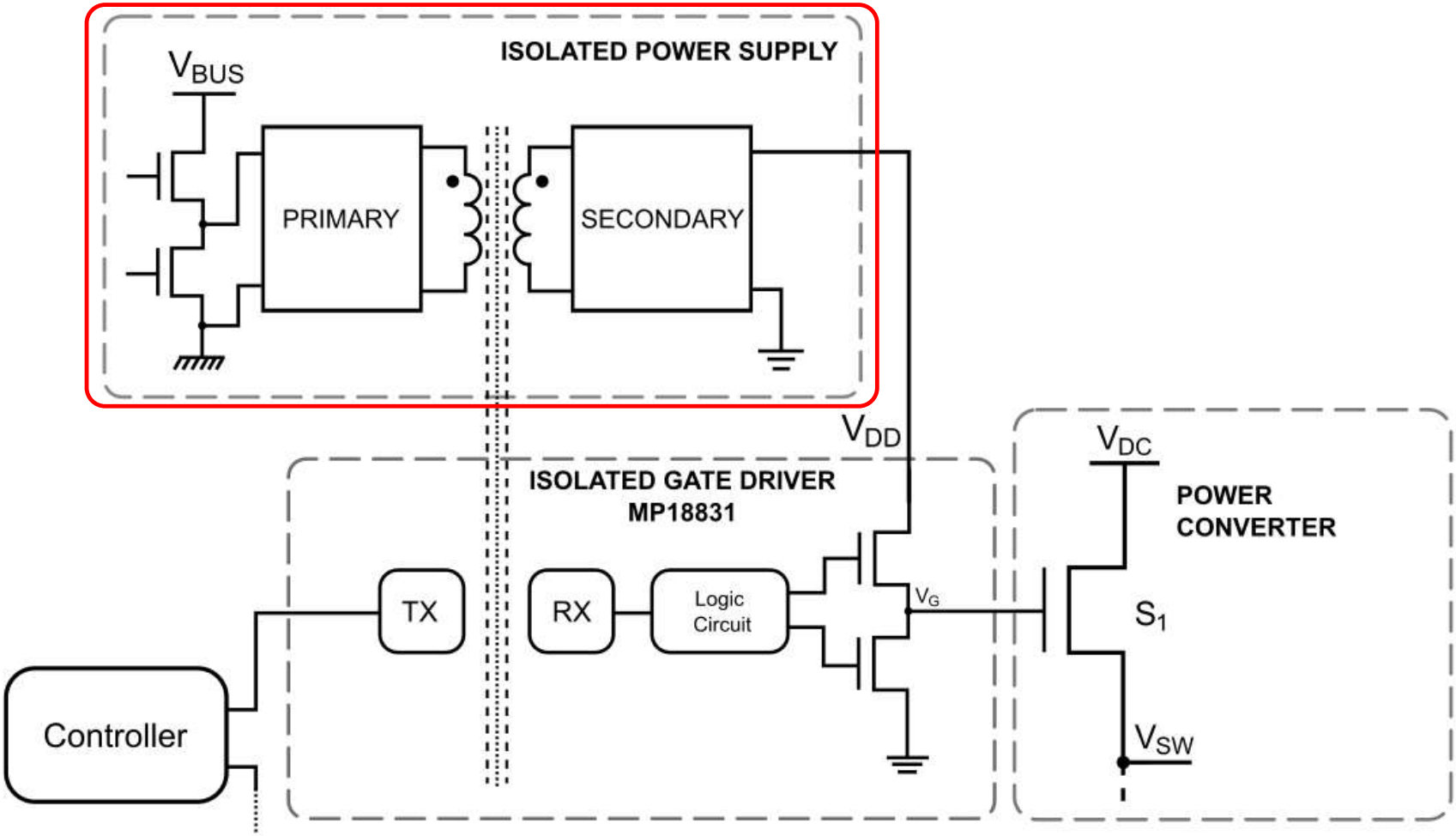
MPQ18913 vs. フライバックトポロジー

	MPQ18913 / 4 LLC共振トポロジー	他社のPSR フライバックトポロジー
スイッチング周波数	高い (最大10MHz)	低い (400kHz未満)
トランスサイズ	13μH (11mm x 6mm)	30μH (10mm x 10mm)
漏れインダクタンス	共振タンクの一部として漏れインダクタンスを利用	漏れインダクタンスが電圧スパイクと余分な損失を引き起こす
絶縁電圧	高い (最大5kV)	低い (1.5kV)
絶縁容量	低い (6pF)	高い (13pF～25pF)
EMIエミッション	良い	悪い
パッケージサイズ	2mm x 2.5mm	4mm x 4mm
ダイオード (ツェナー含む)	3	6
ソリューションサイズ	109mm^2	180mm^2
BOM部品数	21	26

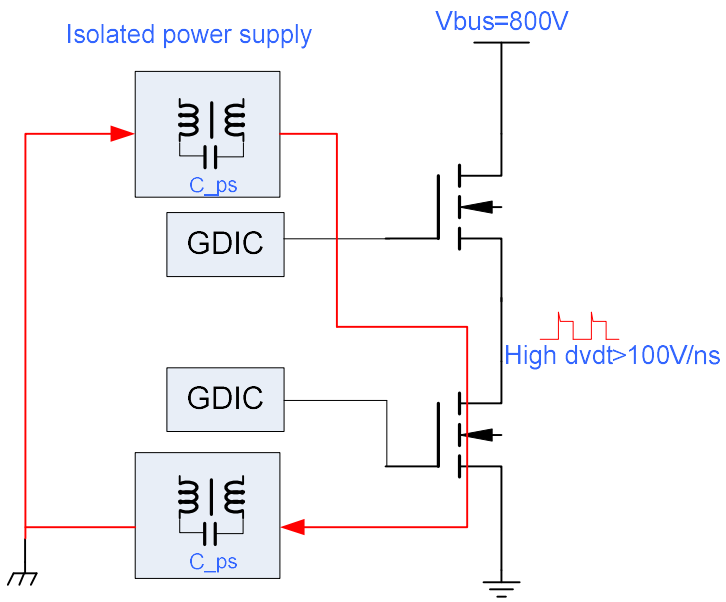
ゲートドライバ用の絶縁電源



ゲートドライバ用の絶縁電源 (続き)



ゲートドライバ電源用のトランス要件



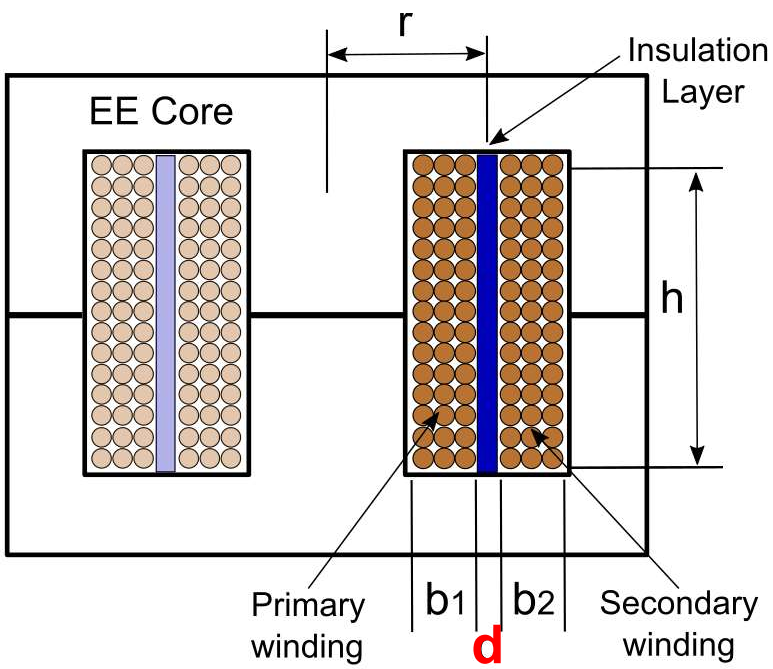
高電力システムにおけるトレンド:

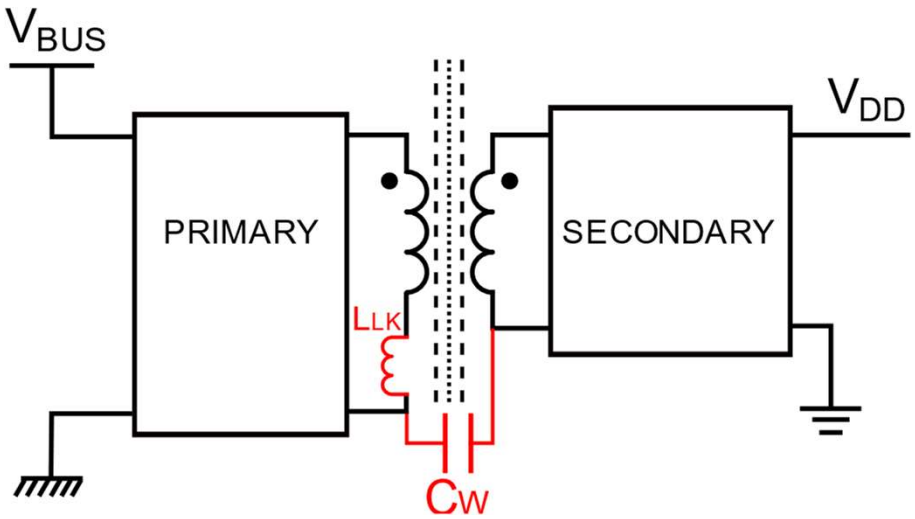
- バス電圧の増加 → トランス用により高い絶縁性が必要
- より高いdV/dt →より低い巻線間容量が必要
  - 20pFコンデンサを想定
  - I_{CM} = 100V/ns x 20pF / 2 = 1A
  - I_{CM} はMCU、GDICおよびGDPSに問題を引き起こす

低巻線間容量トランスの設計

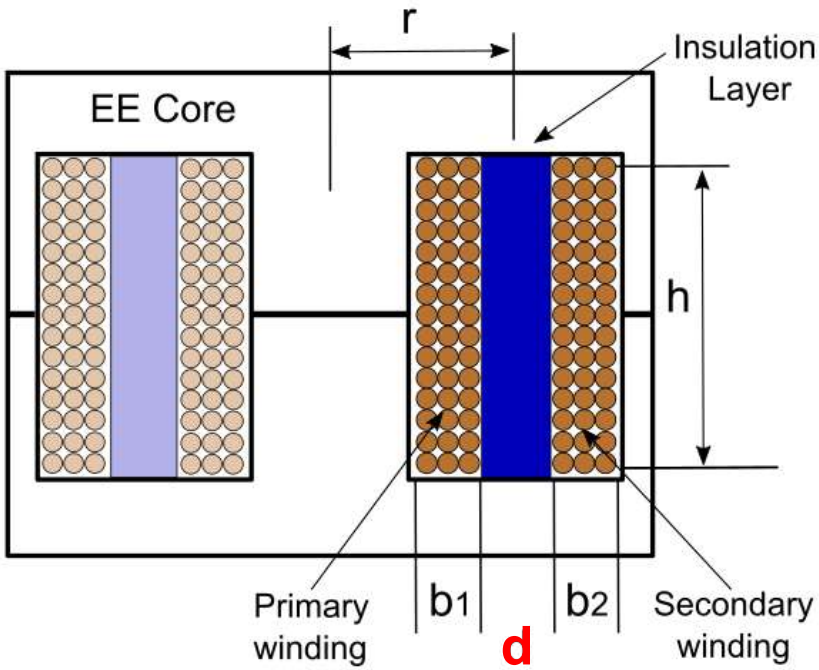
$$C_W = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

C_Wを減らすには → 巻線間の距離を増やす





低巻線間容量トランスの設計

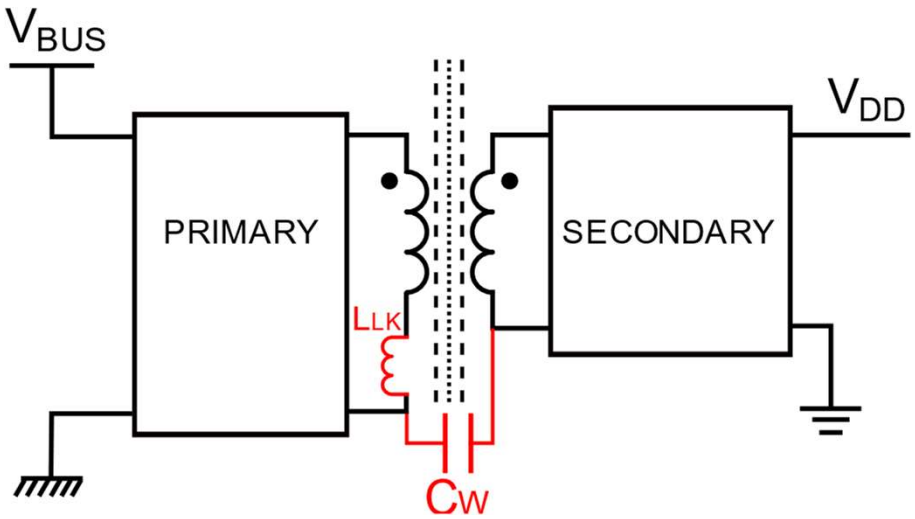


$$C_W = \frac{\epsilon_0 \epsilon_r A}{d}$$

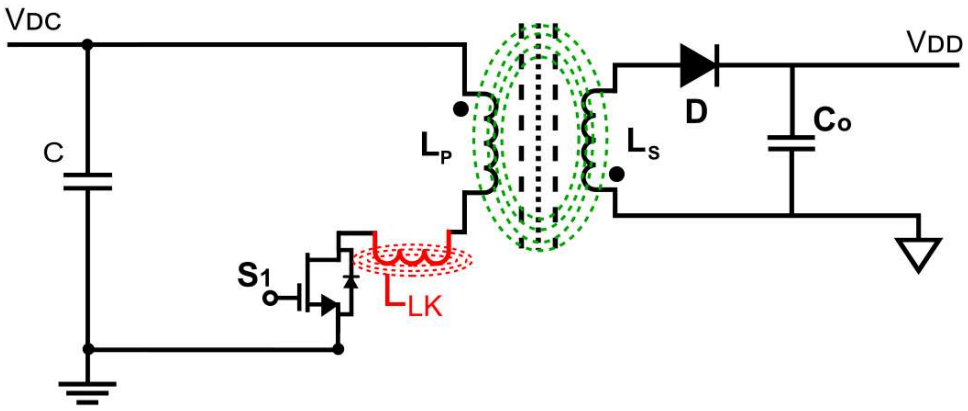
C_Wを減らすには → 巻線間の距離を増やす

巻線間の距離を増やすと → L_{LK}が増加

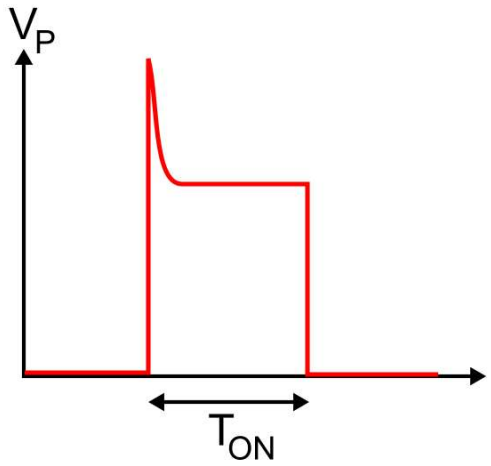
$$L_{LK} = \frac{8\pi^2 \times r \times N_P^2}{h}\left(d + \frac{b_1 + b_2}{3}\right)$$



L_{LK}とフライバックコンバータの動作

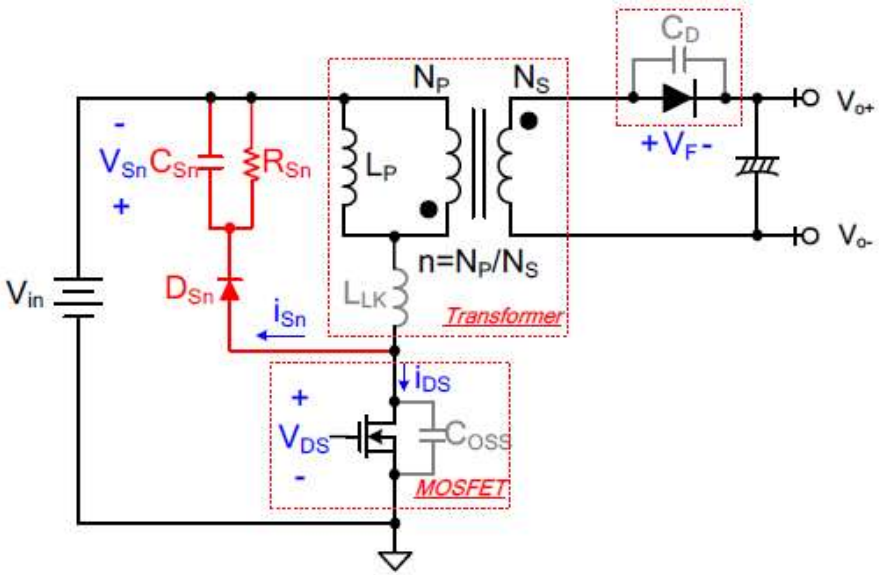


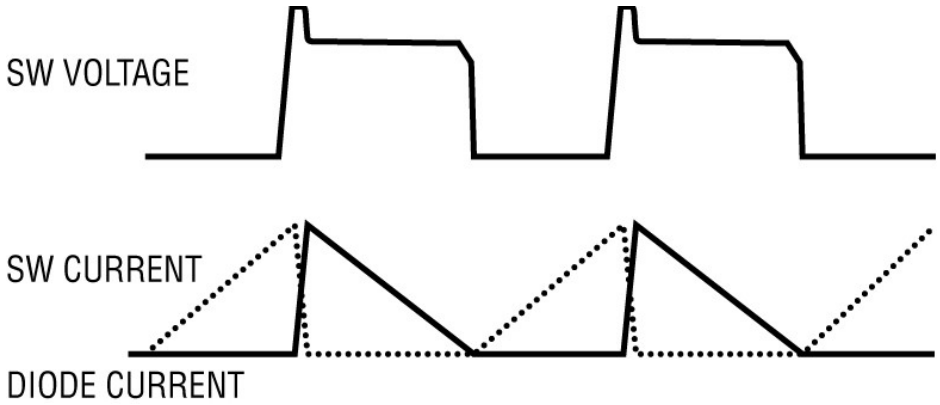
フライバックコンバータ



一次側の電圧

クランプ回路付きフライバックコンバータ

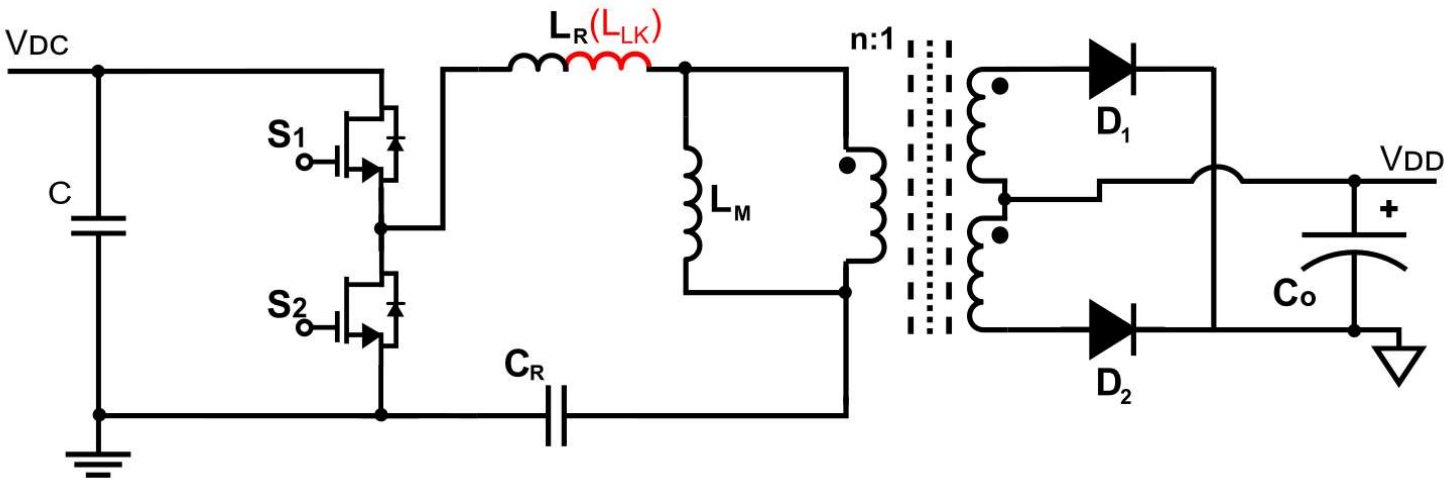




スイッチング電圧スパイクはデバイスの定格を上げ、スナバ設計を複雑にし、
損失とノイズを発生させ、最大動作周波数を制限する。

漏れが大きいほど、フライバックの性能は悪化する。

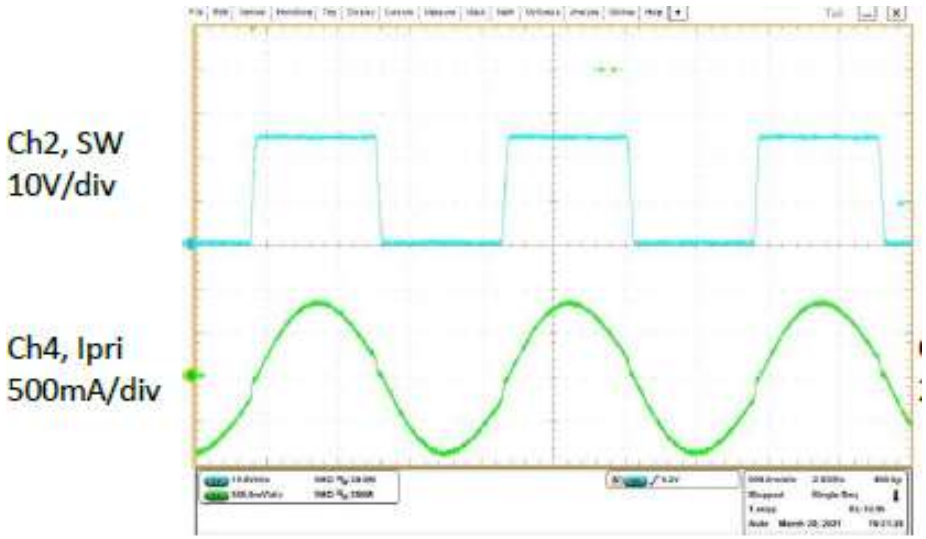
L_{LK}とLLCコンバータの動作



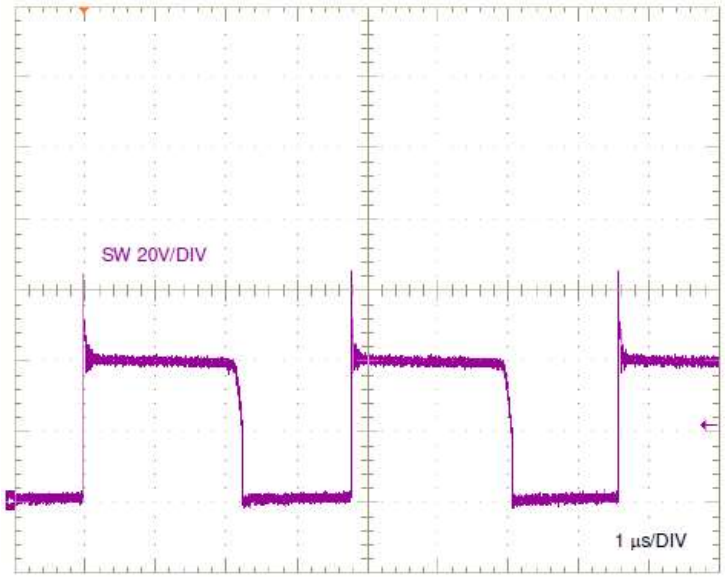
ソフトスイッチング - ZVS → LLCで高いスイッチング周波数が達成可能に

MPQ18913 / 4 vs. フライバック スイッチング波形

スイッチノードのオーバーシュートとリンギングが発生する
フライバックのハードスイッチングに対して、
MPQ18913はソフトスイッチングトポロジーを採用しているため、
スイッチノードでのオーバーシュート / リンギングがありません。



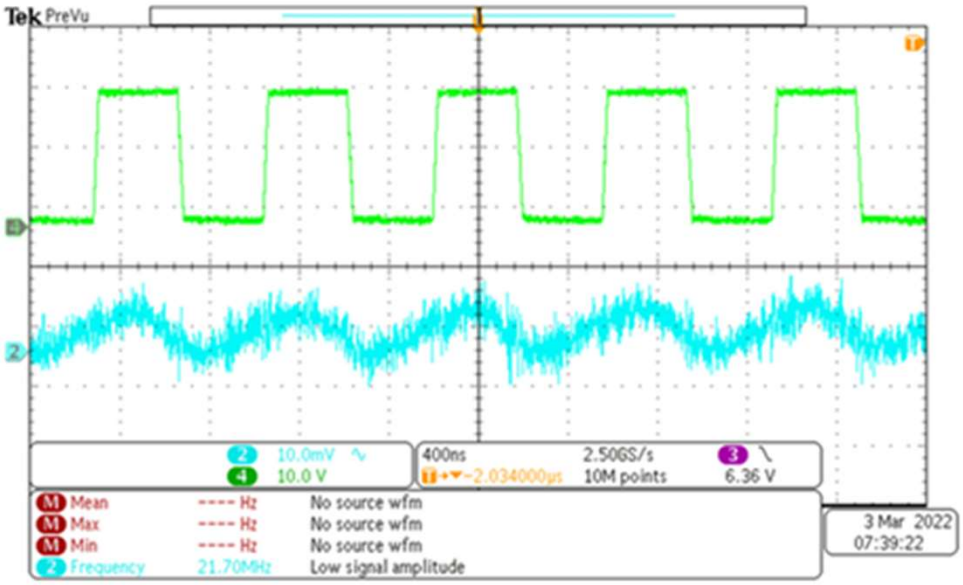
MPQ18913スイッチング波形 (上)



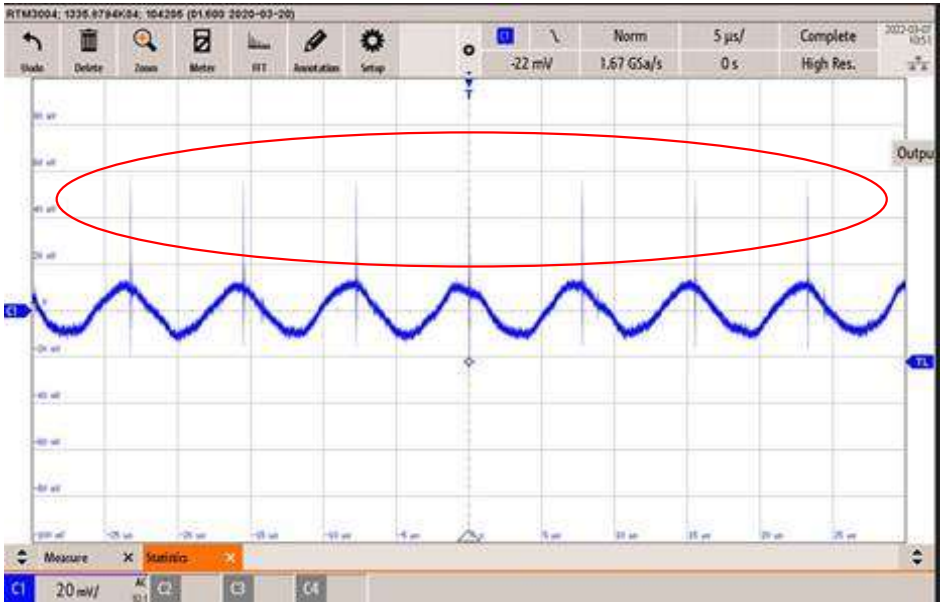
他社のフライバックスイッチング波形

MPQ18913 / 4 vs. フライバック トポロジー入力波形

MPQ18913はソフトスイッチング・トポロジーを採用しているため、
スイッチング・ノイズを入力レールに
カップリングさせるフライバックのハードスイッチングに比べ、
優れたEMI性能を実現しています (赤丸で囲んだ部分)。



MPQ18913入力電圧波形 (下)



他社のフライバック入力電圧波形

絶縁型ゲートドライバ / 電源ICロードマップ

シングルチャネル

デュアルチャネル

MP18811
4A/4A、3kV$_{RMS}$
50ns(±5ns)の伝搬遅延
CMTI >100kV/μs

MP1918
100V ハーフブリッジGaNドライバ、3.6V$_{CC}$～5.5V$_{CC}$、
10ns伝搬、
CH間の遅延ずれ1.5ns

MID1W2424
1.5W 絶縁型電源モジュール、
5kV$_{RMS}$、24VIN～24VOUT、
トランス内蔵、
SOIC16-WB

MID3W2424
3W 絶縁型電源モジュール、
3kV$_{RMS}$、24V$_{IN}$～24V$_{OUT}$、
トランス内蔵、
LGA (10mm x 10mm)

MP1907A
100V ハーフブリッジドライバ、2.5A シンク電流、
QFN-10 (3mm x 3mm)

MPQ18913
絶縁バイアス電源用ドライバ、
最大5MHzの周波数、
自動共振周波数検知

MP18831
デュアル入力ハーフブリッジ、
4A / 8A、
2.5kV$_{RMS}$ / 3kV$_{RMS}$ / 5kV$_{RMS}$、
20ns 伝搬遅延、
CMTI >100kV/μs、
AEC-Q100 グレード 1

MP18851
デュアルで独立した入力、
4A / 8A、
2.5kV$_{RMS}$ / 3kV$_{RMS}$ / 5kV$_{RMS}$
20ns 伝搬遅延、
CMTI >100kV/μs、
AEC-Q100 グレード1

MP18871
PWM入力ハーフブリッジ、
4A / 8A、
2.5kV$_{RMS}$ / 3kV$_{RMS}$ / 5kV$_{RMS}$
20ns伝搬遅延、
CMTI >100kV/μs、
AEC-Q100 グレード1

MIE1W0505
1W絶縁型電源モジュール、
5kV$_{RMS}$、5V$_{IN}$ ～ 5V$_{OUT}$、
トランス内蔵、
SOIC-16 WB または LGA
(4mm x 6mm)

ゲートドライバ

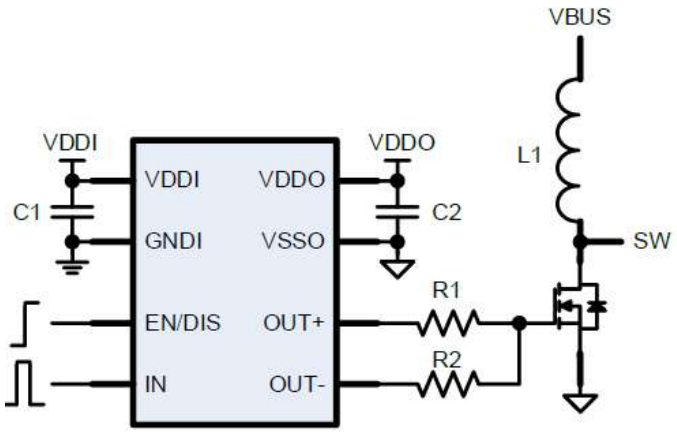
絶縁型電源

サンプル出荷中　量産中

MP(Q)18811 - 絶縁型シングルチャネルゲートドライバ

特長

- 3kV$_{RMS}$の絶縁 (SOIC-8 NB)
- CMTI >100kV/μs
- TTLおよびCMOS互換入力
- シングル / デュアル入力
- UVLOオプション付き30V出力駆動電源 (5V、8V、10V、12V、15V)
- 出力コンフィギュレーション: ミラークランプ付きシングル出力またはスプリット出力
- 4Aソース / 4A シンクのピーク電流出力
- 50ns (±5ns) の伝搬遅延
- アクティブミラークランプ
- 動作ジャンクション温度範囲 –40℃ ～ +150℃
- **ナローボディ SOIC-8 / ワイドボディ SOIC-8**



MP1883/5/71 – 絶縁型デュアルチャネルゲートドライバ

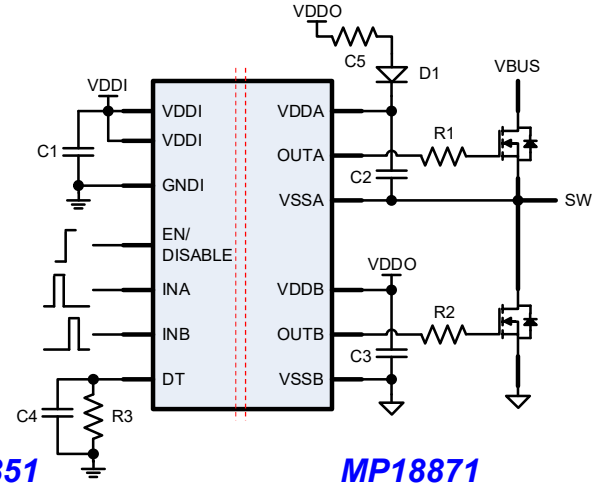
特長

- フレキシブルな製品群: 独立したデュアルチャネルドライバ
  デュアル / PWM入力ハーフブリッジドライバ
- 最大5kV$_{RMS}$ の絶縁
- CMTI >100kV/μs
- TTLおよびCMOS互換入力
- UVLOオプション付き30V出力駆動電源 (5V、8V、10V、12V、15V)
- 4A ソース / 8A シンクピーク電流出力
- 50ns (±5ns) の伝搬遅延
  ※MPQ188xxは40ns typ
- 動作ジャンクション温度範囲: -40°C～+150°C
- 標準的なナローボディである SOIC-16とワイドボディのSOIC-16 および LGA-13パッケージで提供 (5mm x 5mm)

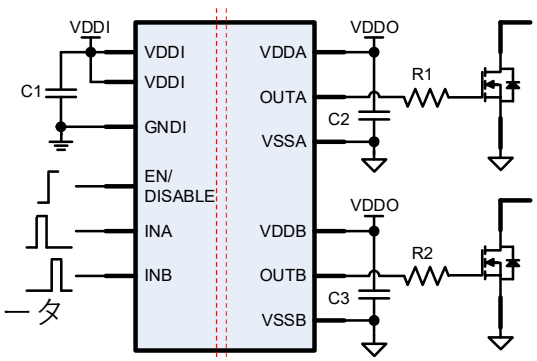
アプリケーション例

- ソーラーインバータ
- DC/ACインバータ
- オフライン絶縁型AC/DCコンバータ、ハーフ / フルブリッジコンバータ
- IGBT / SiC / MOSFET用バイアス

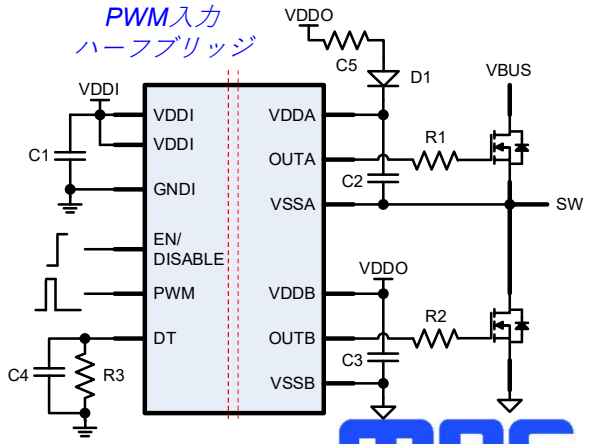
MP18831
デュアル入力
ハーフブリッジ



MP18851
デュアル独立ゲートドライバ



MP18871
PWM入力
ハーフブリッジ



MIE1W0505A – 5V～5V 絶縁型モジュール

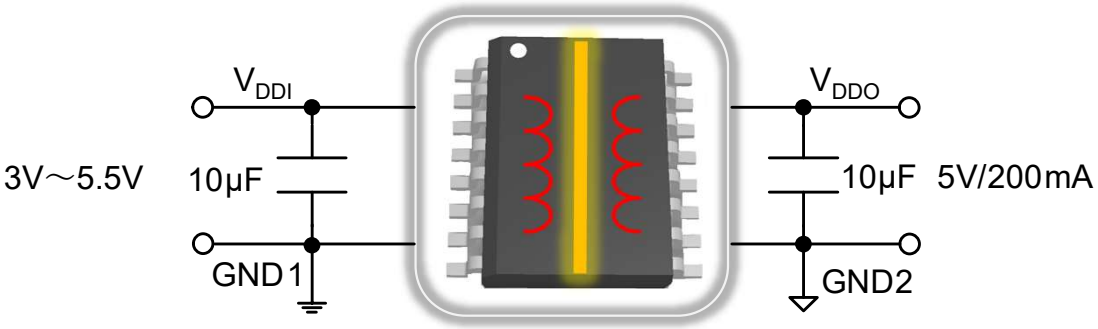
特長

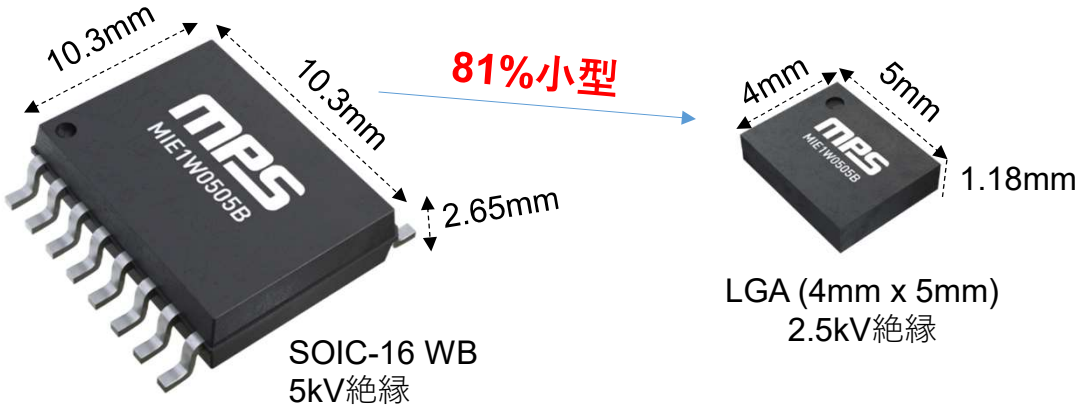
- 3V～5.5Vの入力電圧範囲
- 5V / 3.3Vの出力電圧
  - 5V → 5Vまたは5V → 3.3V >200mA (1W)
  - 3.3V → 3.3V >50mA (0.165W)
- すぐれたロード / ラインレギュレーション性能
- 1W出力定格オプション
- 短絡保護 (SCP)、過電流保護 (OCP) および過熱保護 (OTP)
- 5kV$_{RMS}$絶縁 (SOIC-16 WB)
- 3kV$_{RMS}$絶縁 (SOIC-8 WB)
- **2.5kV$_{RMS}$ 絶縁 (小型LGA 4mmx5mm)**
- 低エミッション: CISPR 32 Class B要件に準拠
- 小さなSOICW-16, SOIC-8 WB, または小型のLGAパッケージ (4mm x 5mm)

アプリケーション例

- BMS
- デジタルアイソレータバイアス電源

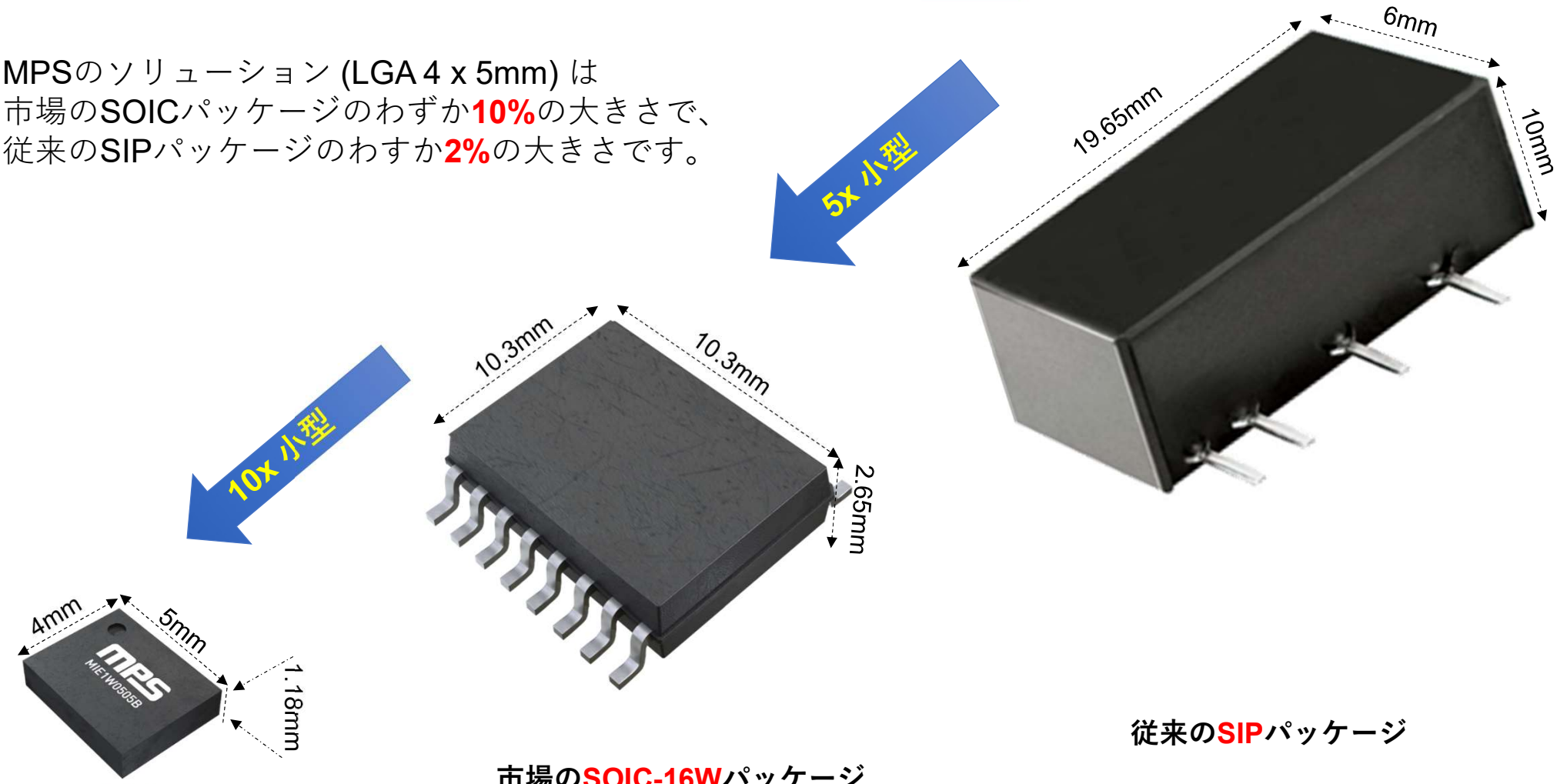
代表的な回路





MIE1W0505BGLVHは信じられないほど小型

MPSのソリューション (LGA 4 x 5mm) は
市場のSOICパッケージのわずか**10%**の大きさで、
従来のSIPパッケージのわすか**2%**の大きさです。



従来のSIPパッケージ

市場のSOIC-16Wパッケージ

MPS LGAパッケージ
(4mm x 5mm)

MID3W2424A – 24V～24V絶縁型モジュール

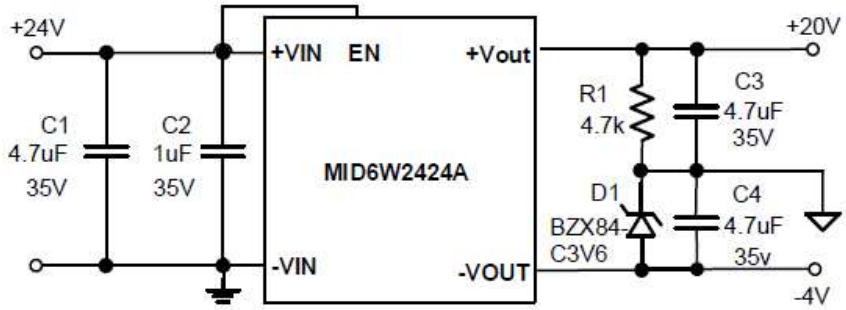
特長

- 5V～30V入力電圧範囲 (代表値 24V ±10%)
- 電力レベル 3W / 6W、**87%のピーク効率**
- トランスの巻数比
  - MID6W1224 / MID3W1224: 1:2巻数比
  - MID6W1524 / MID3W1524: 1:1.6巻数比
  - MID6W2424 / MID3W2424: 1:1巻数比
- 強力な磁界耐性
- 短絡保護 (SCP)、過電流保護 (OCP)
  および過熱保護 (OTP)
- 3kV$_{RMS}$絶縁
- LGA (10mm x 10mm) パッケージで提供
- -40° C～+105° Cの動作温度範囲

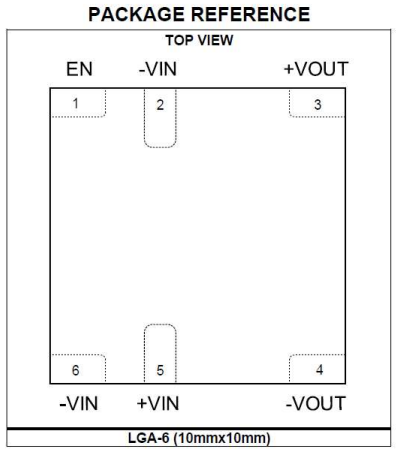
アプリケーション例

- SiC / IGBTゲートドライブ電源
- 産業オートメーション、PLC用I/Oモジュール
- グリッド保護リレー

代表的な回路

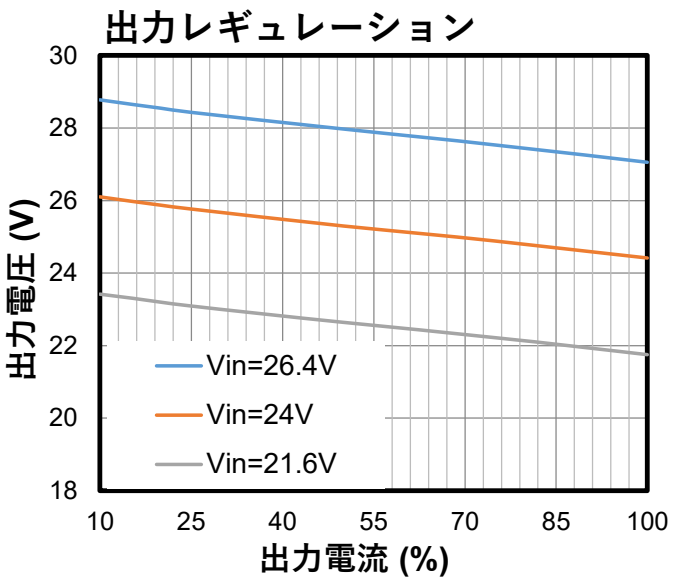


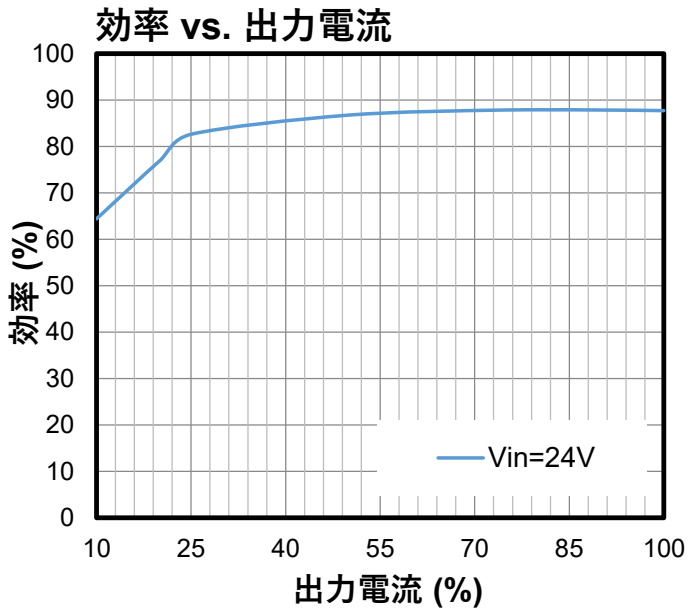
SiC ゲートドライブ電源



MID3W2424Aの性能

V_{IN} = 24V、I_{OUT} = 0.25A (Full Load)、T_A = 25° C





デジタルアイソレータのロードマップ

チャネル数

6 Ch

4 Ch

3 Ch

2 Ch

1 Ch

MP27933
5KV$_{RMS}$、150Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル = 3/3、
SOICW-16

MP27942
5KV$_{RMS}$、150Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル= 4/2、
SOICW-16

MP27931
5KV$_{RMS}$、150Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル = 3/1、
SOICW-16

MP27922
5KV$_{RMS}$、150Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル= 2/2、
SOICW-16

MP27921
5KV$_{RMS}$、150Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル= 2/1、
SOICW-16

MP27930
5KV$_{RMS}$、150Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル= 3/0,
SOICW-16

MP27911
5KV$_{RMS}$ / 2.5kV$_{RMS}$、20Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル= 1/1、
SOICW-8 / SOICN-8

MP27920
5KV$_{RMS}$ / 2.5kV$_{RMS}$、20Mbps、
CMTI >100kV/μs、
フォワード / リバースチャネル= 2/0,
SOICW-8/SOICN-8

デジタルアイソレータ

サンプル出荷中　量産中

MP279xx – 4チャネル～6チャネルのデジタルアイソレータ

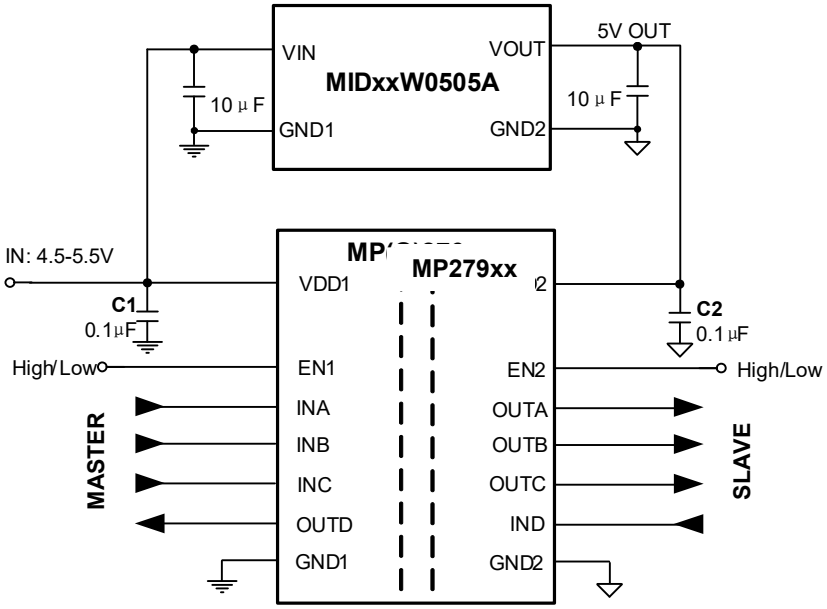
特長

- 2.5V～5.5Vの広い入力電圧範囲
- 最大150Mbpsのデータレート、オプションで20Mbps
- 超低電流
- 高い磁界耐性
- >±100kV/μsコモンモード過渡耐性 (CMTI)
- 5V駆動で13nsの伝搬遅延
- 5kV$_{RMS}$ 絶縁
- チャネルの方向を選択可能
  - 4チャネル (4/0、3/1、2/2)
  - 6チャネル (6/0、5/1、4/2、3/3)
- 出力初期値を選択可能
- SOICW-16パッケージで提供

アプリケーション例

- Eメーター
- 絶縁型ADCとDAC
- モーター制御と産業オートメーション
- SPI絶縁

代表的な回路

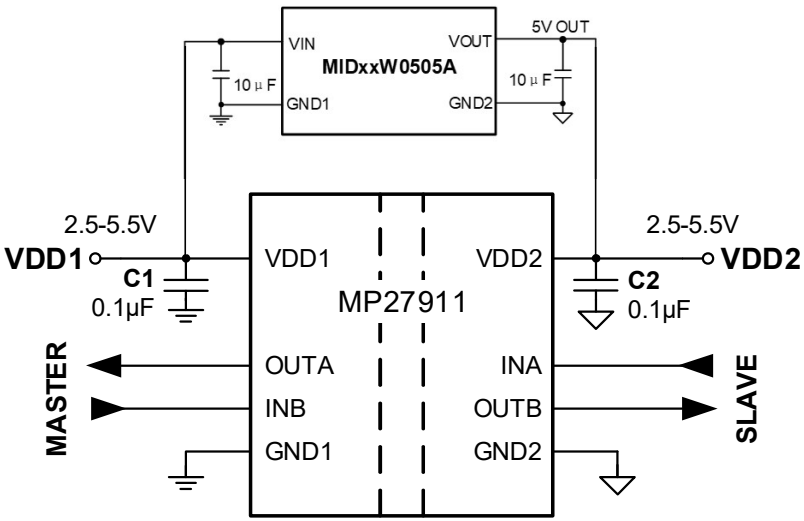


MP279xx – 2チャネル、デジタルアイソレータ

特長

- 2.5V～5.5Vの広い入力電圧範囲
- 最大150Mbpsのデータレート
- 超低電流
- 高い磁界耐性
- >±100kV/μsコモンモード過渡耐性 (CMTI)
- 5V駆動で13nsの伝搬遅延
- 5kV$_{RMS}$ (WB)または3kV$_{RMS}$ (NB) の絶縁
- チャネル検知選択可能
- 出力初期値選択可能
- SOIC-8 NBまたはSOIC-8 WBパッケージで提供

代表的な回路



ありがとうございました

電動化

Siカーバイド
ソリューション

機能集積
少ない部品点数
ソリューションコストの低減

800V ソリューション
高電圧充電
ソリューションを実現

テクノロジー

MPS BCD 電源 | アナログ

950+ SKU
フレキシブルでスケーラブルな
ソリューションを使用した
基板ポートフォリオ

MPSafe™
ASIL Dに対応

経験

12年間
自動車業界での実績

20億ドル+
車載用ユニットを出荷

品質

0.1 DPPM
品質レコード

低温走行

より速い
設計

より高い
性能

EMCレジリエンス
を達成

容量絶縁

機能集積
ソリューション

品質を向上

バッテリー駆動時間
を延長