

Secondary Side Synchronous Rectification Controller IC

BM1R001xxF series Technical Design

BM1R00146F BM1R00147F BM1R00148F BM1R00149F BM1R00150F

このアプリケーションノートは、BM1R00146F～150F を使用した二次側同期整流回路の設計事例について説明します。

概要

BM1R00146F～150F は低消費高精度シャントレギュレータを内蔵した同期整流コントロール IC です。同期整流コントロール部では、不連続～臨界～連続モードの全てに対応し、PWM 方式のコンバータにも適用可能です。また、高耐圧 120V プロセス採用により、ドレイン電圧を直接モニタすることを実現します。シャントレギュレータ部では、回路電流の低消費化により待機時電力の削減に貢献します。これらの 2 つの分野は IC 内部で独立した回路構成になっており、同期整流コントロールのみ使用するなど、様々なアプリケーションに対応することが可能です

概要

- 低消費シャントレギュレータ内蔵により
待機時消費電力を削減
- 同期整流用 MOSFET 配置 : High/Low Side に対応
- 高耐圧プロセスドレイン端子耐圧 120V
- PWM、疑似共振、LLC 等様々な駆動方式に対応
- SH_IN 端子、SH_OUT 端子過電圧保護内蔵
- 過熱保護 (TSD) 内蔵
- 自動シャットダウン機能内蔵
- フロー対応 SOP8 パッケージ

重要特性

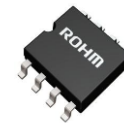
- 入力電圧範囲 : 2.7V ~ 32V
- 動作回路電流 (SW 停止時) : 800uA(Typ)
- 自動シャットダウン時回路電流 : 120uA(Typ)
- ドレインモニタ端子耐圧 : 120V
- 動作温度範囲 : -40°C ~ +105°C

パッケージ

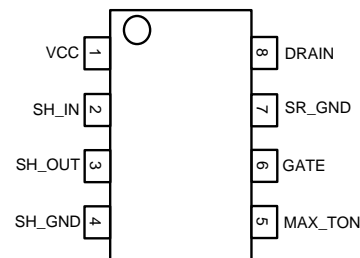
SOP8

W(Typ) x D(Typ) x H(Max)

5.00mm×6.20mm×1.71mm



端子配置図



シリーズ一覧

Part Number	Compulsion ON Time (Typ.) [us]	Compulsion OFF Time (Typ.) [us]	SH_IN OVP	SH_OUT OVP	TSD	SLEEP MODE
BM1R00146F	NONE	1.3	Auto Restart	Auto Restart	Auto Restart	Yes
BM1R00147F	NONE	2.0				
BM1R00148F	NONE	3.0				
BM1R00149F	NONE	3.6				
BM1R00150F	NONE	4.6				

設計手順

二次側に搭載されている整流ダイオード、シャントレギュレータを BM1R00146F~150F に置き換える際の設計手順について説明します。

1. 同期整流回路部

1-1. 同期整流用 MOSFET の選定

初めに整流ダイオードから置き換える同期整流用 MOSFET を選定します。整流ダイオードに発生する逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F を目安にして、置き換える MOSFET の最大ドレインソース間電圧、ピーク電流、 R_{on} による損失、パッケージの最大許容損失などを考慮し、選定してください。また必ず製品に組み込んだ状態にて確認を行い、必要に応じてヒートシンク等の放熱を行ってください。

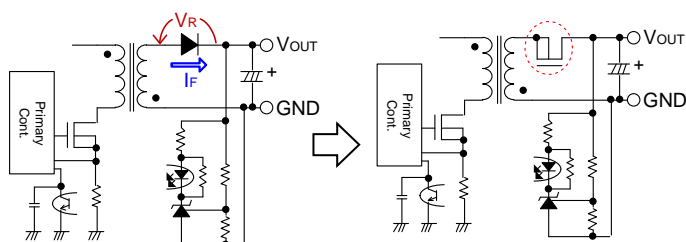


Figure 1. 設計手順 MOSFET の選定

1-2. IC の選択

様々な電源に対応出来る様、強制 OFF 時間(Compulsion OFF Time)のラインアップを展開しております。先程確認した整流ダイオードに発生する逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F と、二次側 MOSFET 最大 ON 時間 t_{MAX_ON} を算出することで対応する IC を選択します。同期整流用 MOSFET の配置につきまして BM1R00146F~150F は Low side、High side どちらでも構成が可能です。

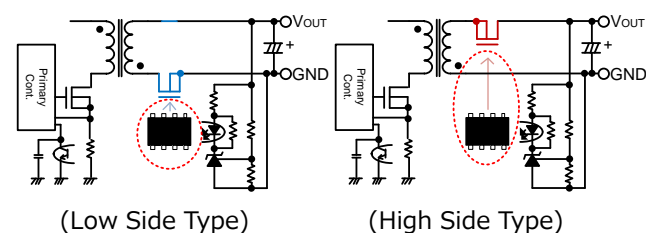


Figure 2. 設計手順 IC の選択

1-3. 周辺回路部品の選定

MOSFET スwitchング時に発生するサージ電圧での誤検出を防ぐために、DRAIN 端子には対策が必要になります。また IC の電源端子 VCC への給電回路設定を行います。

2. シャントレギュレータ回路部

BM1R00146F~150F には低消費高精度シャントレギュレータを内蔵しており、シャントレギュレータ部の消費電力削減に貢献します。またシャントレギュレータは同期整流コントローラと IC 内部で完全に分離されており、High Side タイプのフライバックアプリケーションでもシャントレギュレータを GND 基準で使用することが可能です。

IC 内蔵のシャントレギュレータを使用されない場合には、レギュレータ部端子(SH_IN、SH_OUT、SH_GND)を OPEN にしてください。

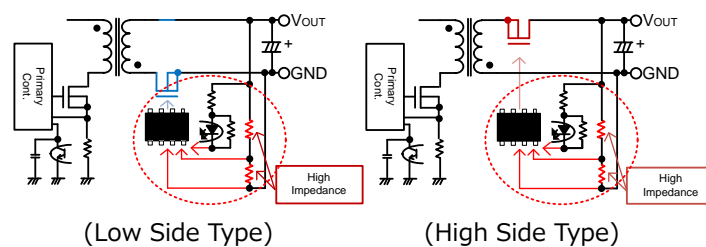


Figure 3. 設計手順 シャントレギュレータの選定

設計事例

下記仕様の電源において、二次側に搭載されている整流ダイオード、シャントレギュレータを BM1R00146F~150F に置き換える設計事例について説明します。

<電源仕様>

- ・入力電圧(VIN) 400Vdc
- ・出力電圧(VOUT) 5V
- ・出力電流(IOUT) 10A
- ・電源方式 : 絶縁型 PWM 方式フライバックコンバータ、
スイッチング周波数 130kHz

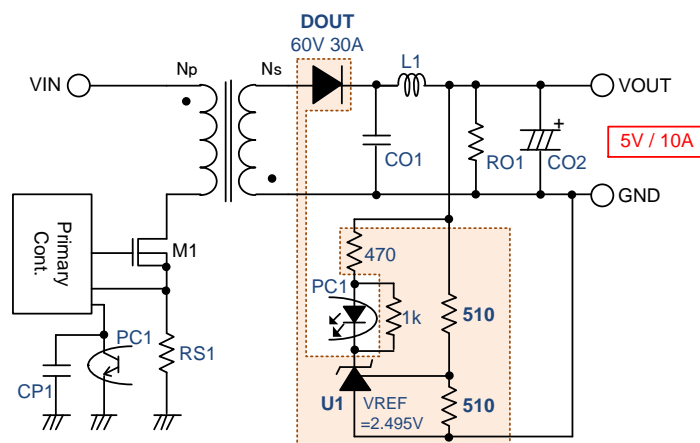


Figure 4. BM1R00146F~150F 置き換え前 回路図

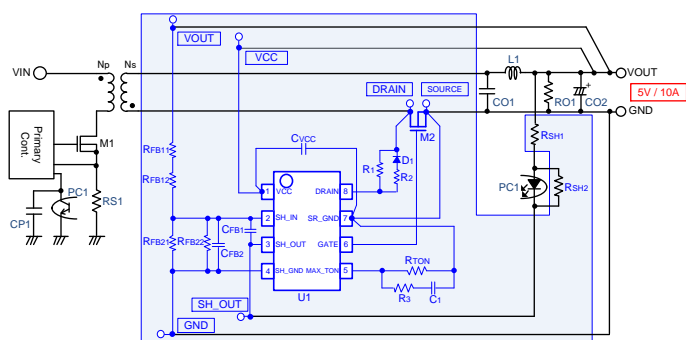


Figure 5. BM1R00146F~150F 置き換え後 回路図
(Low Side Type)

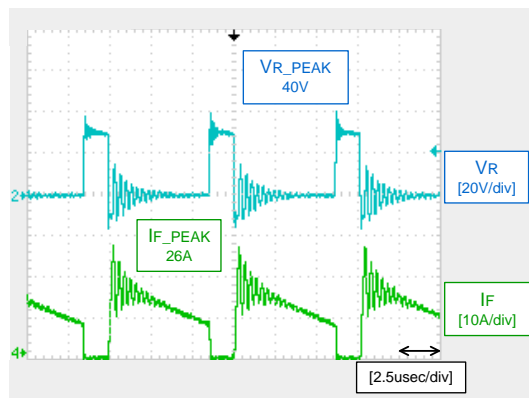


Figure 8. 整流ダイオード逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F 波形

置き換える MOSFET の最大ドレインソース間電圧 V_{DS} 、ドレイン電流 I_D を検討する際には、測定した整流ダイオード逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F を目安として選定してください。また選定の際には R_{on} による損失、パッケージの最大許容損失 P_D などあわせて考慮してください。MOSFET M2 の R_{on} が高すぎる場合、MOSFET が異常発熱する恐れがあります。製品に組み込んだ状態で確認を行い、必要に応じてヒートシンク等の放熱を行ってください。

(選定例 M2 : $V_{DS}=60V$, $I_D=50A$, $R_{on}=4m\Omega$, $P_D=120W$)
ROHM 製 MOSFET につきましては豊富なラインアップで幅広い用途に対応しております。また Web サポートページには MOSFET 選定ツールもございますので、ぜひご活用ください。

注意 : BM1R00146F~150F の DRAIN 端子の絶対最大定格は $120V(T_a=25^\circ C)$ となっております。IC の DRAIN 端子に印加される電圧が絶対最大定格を超えないことをご確認ください。絶対最大定格を超える電圧が DRAIN 端子に印加される場合は P11.【フライバックアプリケーションでのトラブルシューティング】『3.サージの影響を受け VDS2 が二次側 MOSFET の VDS 耐圧以上になる場合』の項をご参照ください。またトランスの設計が必要な際には ROHM Web サポートページ内の AC/DC Design Library に様々な設計事例がございますので、こちらもぜひご活用ください。

1. 同期整流回路部

1-1. 同期整流用 MOSFET M2 の選定

二次側整流ダイオード DOUT から置き換える同期整流用 MOSFET M2 を選定します。まず置き換える前に整流ダイオード DOUT に発生する逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F の確認を行います。

<波形例>

$V_{IN}=400Vdc$

$I_{OUT}=10A (MAX)$

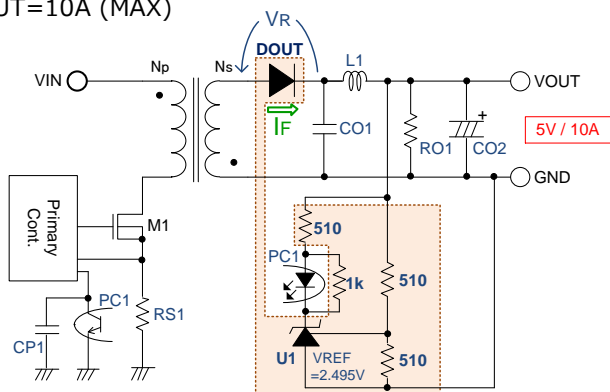


Figure 7. 整流ダイオード逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F

1-2. IC の選択

BM1R00146F~150F は様々な電源に対応出来る様、強制 OFF 時間(Compulsion OFF Time)のラインアップを展開しております。

<強制 OFF 時間>

DRAIN 端子に発生する共振波形で二次側 MOSFET の GATE=ON を防止するためのマスク時間

<連続モード動作時、強制 OFF 時間の決定基準>

IC を選択する際には一次側コントローラのスイッチング周波数と一次側、二次側 MOSFET それぞれの ON 時間を考慮する必要があります。

IC の選択は、下記手順にて行います。

1.置き換え前の整流ダイオード DOUT に発生する逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F の波形確認

(一次側 MOSFET M1 の ON 時間 : t_1 、一次側コントローラの 1 周期 : t_p を測定)

2.二次側 MOSFET 最大 ON 時間 t_{MAX_ON} を設定

(t_{MAX_ON} 設定によって連続モードでの重負荷時、一次側と二次側の MOSFET 同時 ON 動作による破壊を防止)

3.IC の選択

(下記式より必要な強制 OFF 時間 t_{OFF} を算出)

$$t_{OFF} [\mu\text{sec}] < t_p [\mu\text{sec}] - (t_{MAX_ON} [\mu\text{sec}] - t_1 [\mu\text{sec}])$$

また連続モード動作を行わない場合の強制 OFF 時間の算出方法は P6.【参考. 連続モード動作を行わない場合の強制 OFF 時間算出方法】をご参照ください。

1-2-1. 置き換え前の整流ダイオード DOUT に発生する逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F の波形確認

<波形例>

$V_{IN}=400\text{Vdc}$

$I_{OUT}=10\text{A (MAX)}$

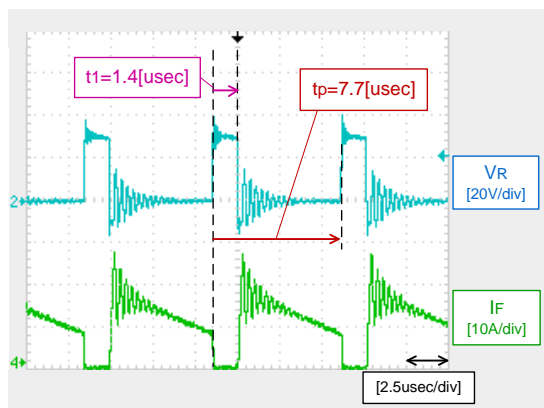


Figure 9. 整流ダイオード逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F (連続モード動作時)

Figure 9. の波形より一次側 MOSFET M1 の ON 時間 $t_1=1.4\mu\text{sec}$ 、一次側コントローラの 1 周期 $t_p=7.7\mu\text{sec}$ であることがわかります。

1-2-2. 二次側 MOSFET 最大 ON 時間 t_{MAX_ON} を設定

MAX_TON 端子にて最大 ON 時間 t_{MAX_ON} を設定します。DRAIN 端子電圧が $V_{CC}(=出力電圧 V_{OUT}) \times 1.4\text{V(Typ)}$ 以上の Rise エッジを検出した場合、カウントを開始します。そして抵抗 R_{TON} で設定した最大 ON 時間 t_{MAX_ON} が経過すると、強制的に二次側 MOSFET M2 を OFF させます。

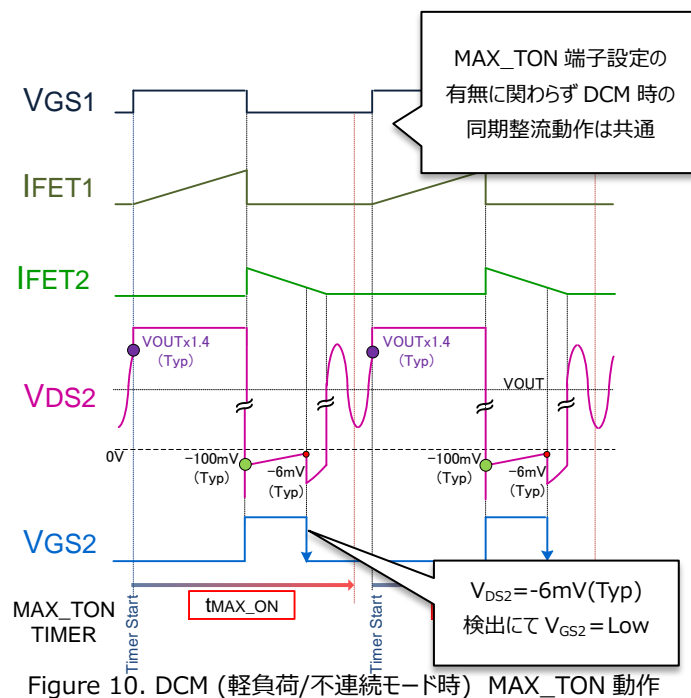


Figure 10. DCM (輕負荷/不連続モード時) MAX_TON 動作

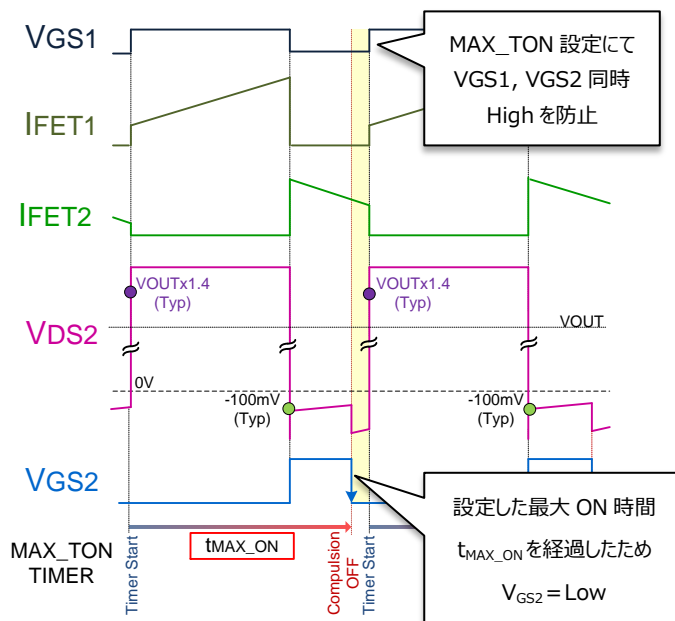


Figure 11. CCM (重負荷/連続モード動作時) MAX_TON 動作

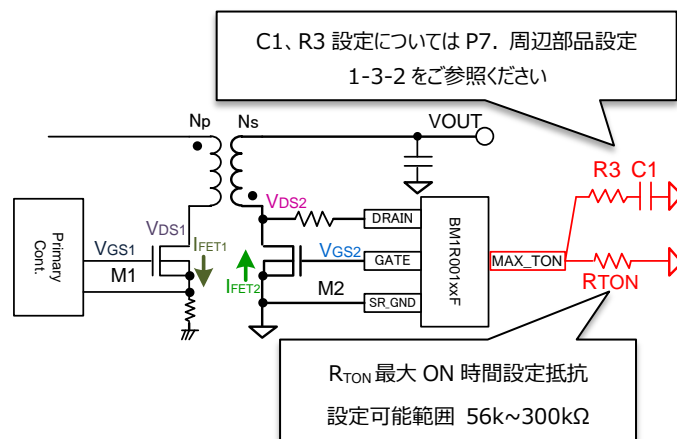


Figure 12. MAX_TON 端子設定(連続モード動作時)

最大 ON 時間 t_{MAX_ON} は一次側コントローラの 1 周期 t_p よりも、必ず短くなるよう設定を行う必要があります。抵抗 R_{TON} は 56k~300k の範囲で設定可能で、最大 ON 時間 t_{MAX_ON} はその抵抗値に比例します。設定する最大 ON 時間が 10 μ sec($R_{TON}=100k\Omega$)に近づくほど精度は向上します。

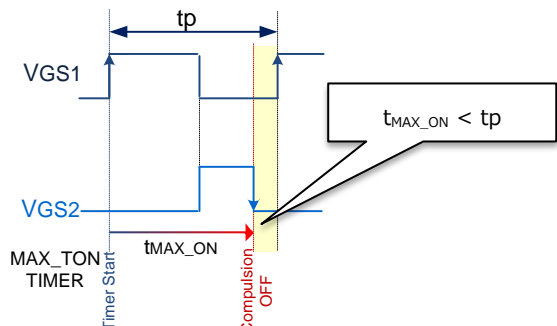


Figure 13. 最大 ON 時間 t_{MAX_ON} 設定

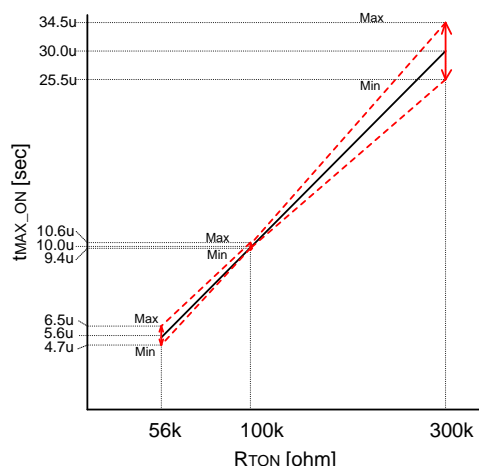


Figure 14. t_{MAX_ON} - R_{TON} 設定

一次側コントローラが PWM 制御方式の場合、バラつきを考慮した R_{TON} の設定方法は下記の式で表されます。

$$R_{TON}[k\Omega] < \frac{10000[k\Omega \cdot kHz]}{(1 + \Delta T_{MAX_TON}[\%] + \Delta R_{TON}[\%] + \Delta F_{MAX}[\%]) \times F_{MAX}[kHz]}$$

- F_{MAX} [kHz] : 一次側 最大周波数
- ΔF_{MAX} [%] : 一次側 最大周波数精度
- ΔT_{MAX_ON} [%] : 二次側 MAX_TON タイマー時間精度
- ΔR_{TON} [%] : 二次側 MAX_TON 抵抗精度

今回の設計事例では

- $F_{MAX} = 130$ [kHz]
- $\Delta F_{MAX} = 5$ [%]
- $\Delta T_{MAX_ON} = 7$ [%]
- $\Delta R_{TON} = 1$ [%]

より、 R_{TON} は下記の式より算出できます。

$$R_{TON}[k\Omega] < \frac{10000[k\Omega \cdot kHz]}{(1 + 7[\%] + 1[\%] + 5[\%]) \times 130[kHz]} = 68.1[k\Omega]$$

この結果より、本設計事例では R_{TON} を 68k Ω 以下で設定することになります。ただし本式は理想状態であるため、選定の際には実機での十分な動作確認をお願い致します。本設計事例では 68k Ω とします。 $R_{TON}=68k\Omega$ の場合、最大 ON 時間 t_{MAX_ON} は下記式より 6.8 μ secと算出されます。

$$t_{MAX_ON}[\mu sec] = \frac{R_{TON}[k\Omega]}{10[k\Omega / \mu sec]} = \frac{68[k\Omega]}{10[k\Omega / \mu sec]} = 6.8[\mu sec]$$

【参考. 一次側コントローラがジッター機能を搭載している場合】
バラつきを考慮した R_{TON} の設定方法は下記の式で表されます。

$$R_{TON}[k\Omega] < \frac{10000[k\Omega \cdot kHz]}{(1 + \Delta T_{MAX_TON}[\%] + \Delta R_{TON}[\%] + \Delta F_{MAX}[\%]) \times (F_{MAX}[kHz] + F_{JITTER}[kHz])}$$

- F_{MAX} [kHz] : 一次側 最大周波数
- ΔF_{MAX} [%] : 一次側 最大周波数精度
- F_{JITTER} [kHz] : 一次側 ジッター周波数
- ΔT_{MAX_ON} [%] : 二次側 MAX_TON タイマー時間精度
- ΔR_{TON} [%] : 二次側 MAX_TON 抵抗精度

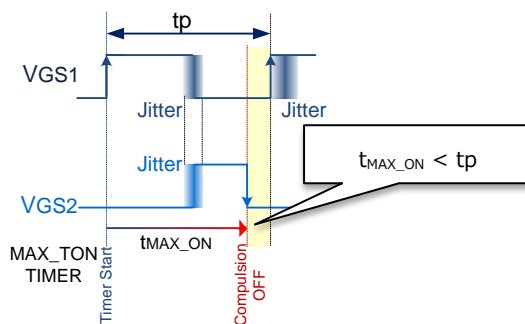


Figure 15. 最大 ON 時間 T_{MAX_ON} 設定(ジッター機能搭載時)

【参考. 連続モード動作を行わない場合の MAX_TON 端子設定】
不連続モードや擬似共振制御、LLC アプリケーションでは連続モード動作とはならないため、MAX_TON 端子設定は不要になります。その場合、MAX_TON 端子は VCC にプルアップすることで機能を無効化することが出来ます。VCC プルアップ時は MAX_TON 端子に接続する部品は不要になります。

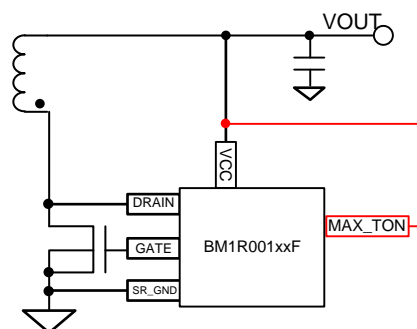


Figure 16. MAX_TON 端子設定
(連続モード非動作時)

【参考.連続モード動作を行わない場合の強制 OFF 時間算出方法】
最大 ON 時間 t_{MAX_ON} の設定を行わないため、 t_{MAX_ON} の算出は不要です。代わりに整流ダイオードが ON してから順方向電流 I_F が 0 になるまでの時間 t_{ON} を測定します。必要な強制 OFF 時間 t_{OFF} は以下の式で表されます。

$$t_{OFF}[\mu\text{sec}] < t_p[\mu\text{sec}] - t_{ON}[\mu\text{sec}]$$

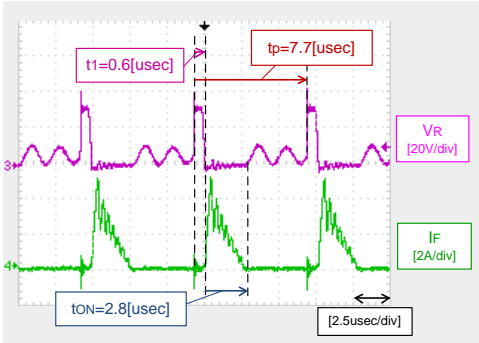


Figure 17. 整流ダイオード逆方向電圧 V_R 、順方向電流 I_F
(連続モード非動作時)

1-2-3. IC の選択

1-2-1 にて測定した一次側 MOSFET M1 の ON 時間 t_1 、一次側コントローラの 1 周期 t_p 、また 1-2-2 にて算出した最大 ON 時間 t_{MAX_ON} より、必要な強制 OFF 時間 t_{OFF} は以下の式で表されます。
 $t_{OFF}[\mu\text{sec}] < t_p[\mu\text{sec}] - (t_{MAX_ON}[\mu\text{sec}] - t_1[\mu\text{sec}])$
 $7.7[\mu\text{sec}] - (6.8[\mu\text{sec}] - 1.4[\mu\text{sec}]) = 2.3[\mu\text{sec}]$
上記の算出結果より、本設計事例ではバラつきを考慮し強制 OFF 時間 t_{OFF} が 2 μs(Typ.) の BM1R00147F を選択します。(強制 OFF 時間バラつきは ±9% になります) ただし本式は理想状態であるため、選択の際には実機での十分な動作確認をお願いします。

Table 1. シリーズ一覧

Part Number	Compulsion ON Time (Typ.) [us]	Compulsion OFF Time (Typ.) [us]
BM1R00146F	NONE	1.3
BM1R00147F	NONE	2.0
BM1R00148F	NONE	3.0
BM1R00149F	NONE	3.6
BM1R00150F	NONE	4.6

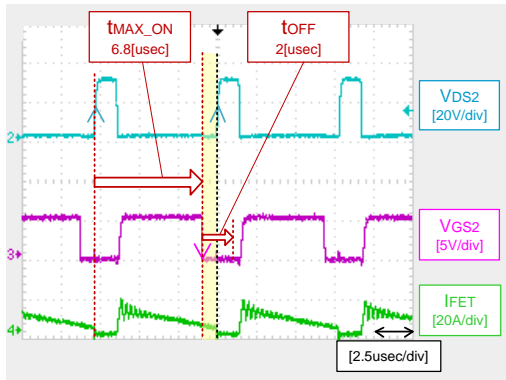


Figure 18. BM1R00147F, $R_{TON}=68\text{k}\Omega$ 設定
重負荷時 二次側同期整流動作波形

1-3. 周辺回路部品の選定

1-3-1. DRAIN 端子 D1, R1, R2

DRAIN 端子電圧にて二次側 MOSFET の GATE を制御します。DRAIN 端子の V_{DS2} 検出レベルは数 mV と低く、MOSFET 切り替わり時のわずかなサージ電圧で誤検出してしまいます。そのため DRAIN 端子はサージを吸収するための対策が必要になります。

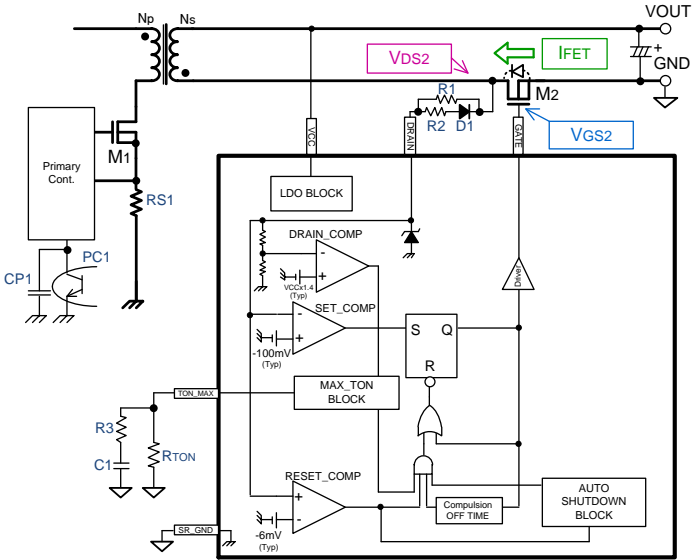


Figure 19. 二次側同期整流部 ブロック図

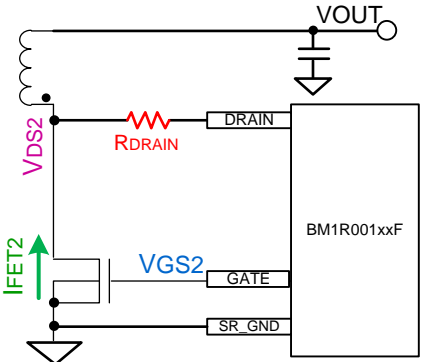


Figure 20. DRAIN 端子部回路 (サージ対策なし)

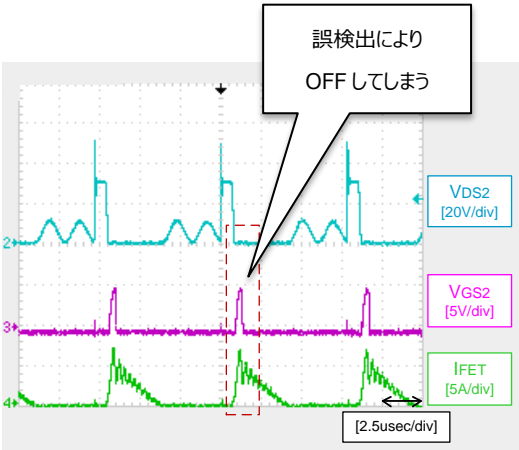


Figure 21. 二次側同期整流動作波形 (サージ対策なし)

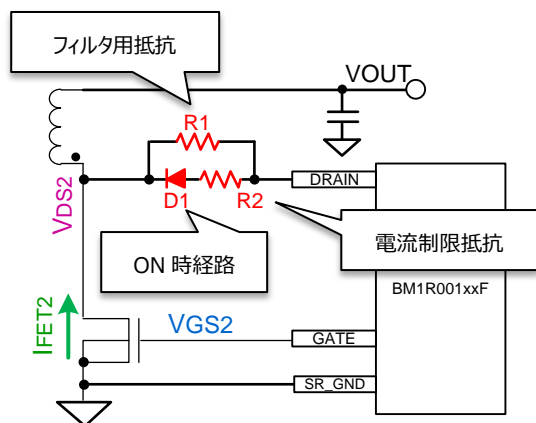


Figure 22. DRAIN 端子部回路 (サージ対策あり)

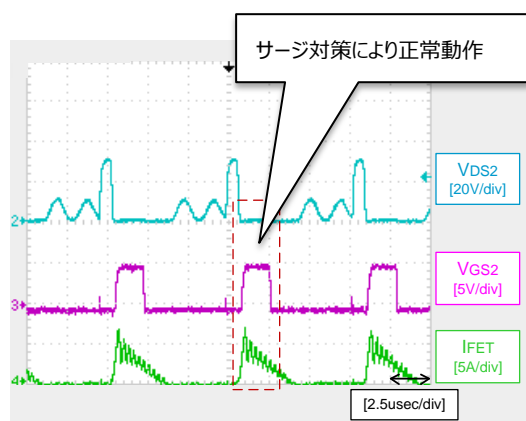


Figure 23. 二次側同期整流動作波形 (サージ対策あり)

ダイオード D1 は順方向電圧 V_f が低い小信号ショットキーバリアダイオードを選定してください。また DRAIN 端子はハイインピーダンスのため、D1 は V_{DS2} 以上の耐圧は必要なく、低耐圧の製品を選定することが可能です。本設計事例では ROHM 製 RB751VM-40 ($V_R=30V$, $I_O=30mA$, $V_{f_MAX}=0.37V$)を選定します。

R1 は V_{DS2} 検出フィルタ用抵抗になります。300Ω~2kΩ程度を挿入してください。R1 の定数設定は P9.【フライバックアプリケーションでのトラブルシューティング】『1. 二次側 MOSFET が即 OFF してしまう場合』の項を参考に V_{DS2} 波形、 V_{GS2} 波形を確認の上選定してください。本設計事例では 1kΩを選定します。

R2 は電流制限抵抗になります。二次側 MOSFET M2 に電流 I_{FET2} が流れ始める瞬間、二次側 MOSFET は OFF 状態のため I_{FET2} は二次側 MOSFET のボディダイオードを流れ $V_{DS2} = -V_{f_M2}$ となります。IC の DRAIN 端子には負電圧が入力されるため IC から電流 I_d がソースされます。この時に流れる電流 I_d は IC 保護のため 6mA 以下になるよう R2 を挿入してください。R2 は下記式より算出します。

$$R_2[\Omega] > \frac{V_{f_M2_MAX}[V] - V_{f_D1_MIN}[V] - V_{f_ESD_MIN}[V]}{6[mA]}$$

M2 の V_f 最大値 $V_{f_M2_MAX} = 1.2V$ 、D1 の V_f 最小値 $V_{f_D1_MIN} = 0.2V$ 、IC 内部 ESD ダイオードの V_f 最小値 $V_{f_ESD_MIN} = 0.4V$ とした場合、 $R_2 > 100\Omega$ となります。マージンを考慮し、150Ωを選定

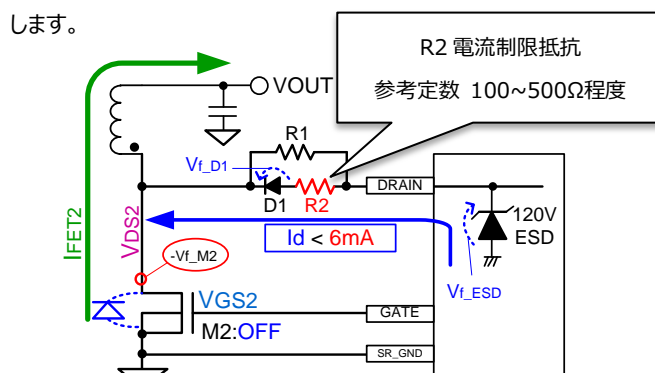


Figure 24. R2 電流制限抵抗設定 回路図

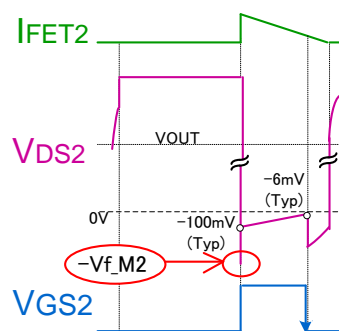


Figure 25. R2 電流制限抵抗設定 動作波形

1-3-2. MAX_TON 端子 C1, R3

MAX_TON 端子電圧は 0.4V(Typ)が出力されます。スイッチングノイズの影響を軽減させるため、コンデンサ C1、抵抗 R3 を直列に接続してください。この C1 と R3 は MAX_TON 端子の位相補償も兼ねているため、必ず接続してください。C1 は 1000pF、R3 は 1kΩ程度を推奨します。

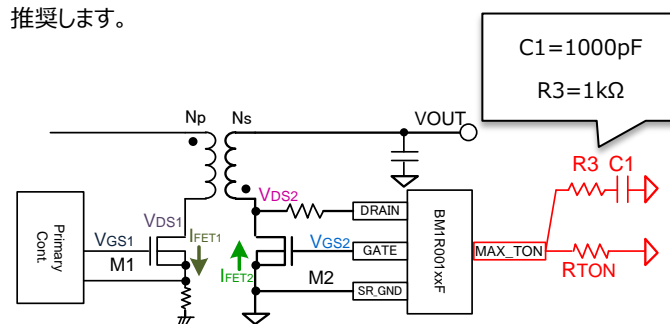


Figure 26. MAX_TON 端子 C1, R3 設定 (連続モード動作時)

1-3-3. VCC 端子

IC の電源端子です。VCC=2.3V(Typ)以上で動作を開始し、VCC=2.25V(Typ)以下でシャットダウンします。本設計事例では二次側出力 $V_{OUT}=5V$ のため、Low Side Type の場合、Figure 27 のように VCC へ接続する最も簡単な給電が可能です。High Side Type の場合は二次側 GND と IC の GND 端子 SR_GND が共通ではないため、Figure 28 のように補助電源回路を追加、もしくは Figure 29 のようにトランス二次側に補助巻線を設けるなど、別途電源電圧を用意してください。

IC 安定動作のために、VCC 端子コンデンサ CVCC は 1uF 以上を選定してください。極端に大きい容量を選定しますと起動時間が長くなりますので、ご注意ください。本設計例では 10uF を選定します。

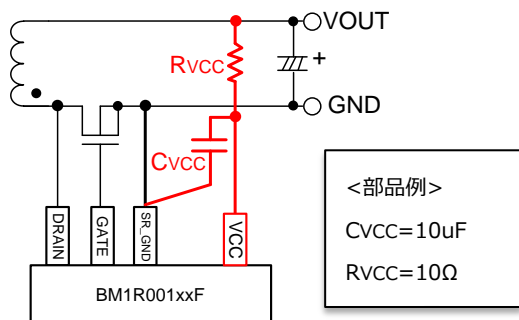


Figure 27. VCC 給電方法例 1 (Low Side Type)

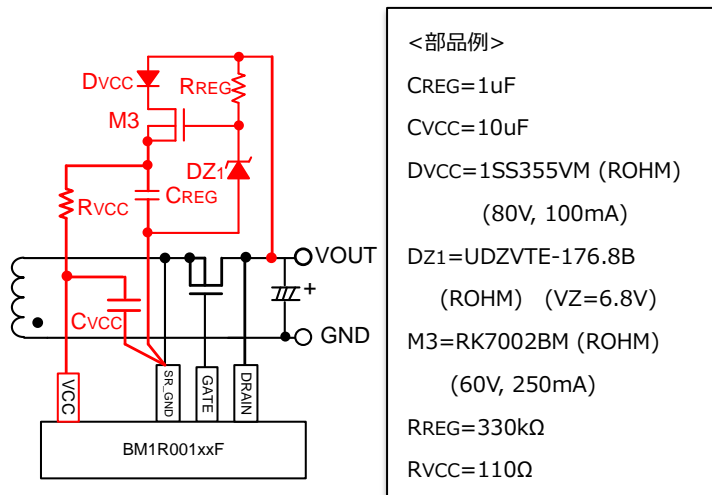


Figure 28. VCC 給電方法例 2 (High Side Type)

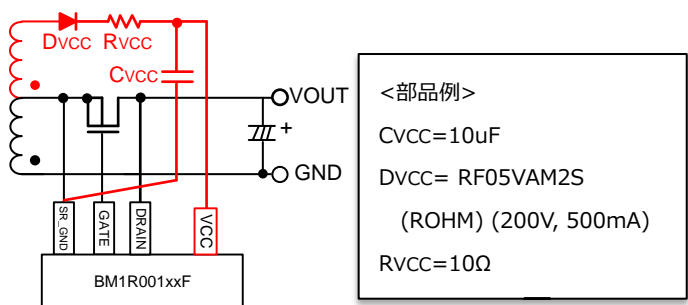


Figure 29. VCC 給電方法例 3 (High Side Type)

2. シャントレギュレータ回路部

本機種は低消費、かつ高精度のシャントレギュレータを内蔵しております。抵抗 R_{FB1} , R_{FB2} にて出力電圧 V_{OUT} の設定を行います。内蔵シャントレギュレータは CMOS 構成のため、ベース電流を設定する必要がありません。そのため抵抗 R_{FB1} , R_{FB2} はハイインピーダンス化が可能となり、待機電力を減少します。動作安定化のため $I_{FB}=10\mu A$ 程度となるよう抵抗 R_{FB1} , R_{FB2} の選定をします。内蔵シャントレギュレータ基準電圧 $V_{REF}=0.8V(Typ)$ との関係は次式の通りになります。

$$V_{OUT}[V] = \left(1 + \frac{R_{FB1}[\Omega]}{R_{FB2}[\Omega]}\right) \times V_{REF}[V]$$

本設計事例では $V_{OUT}=5V$ 設定のため、 R_{FB1} , R_{FB2} は下記式より算出します。

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{420[k\Omega]}{80[k\Omega]}\right) \times 0.8[V] = 5[V]$$

$$R_{FB1} = 420[k\Omega]$$

$$R_{FB2} = 80[k\Omega]$$

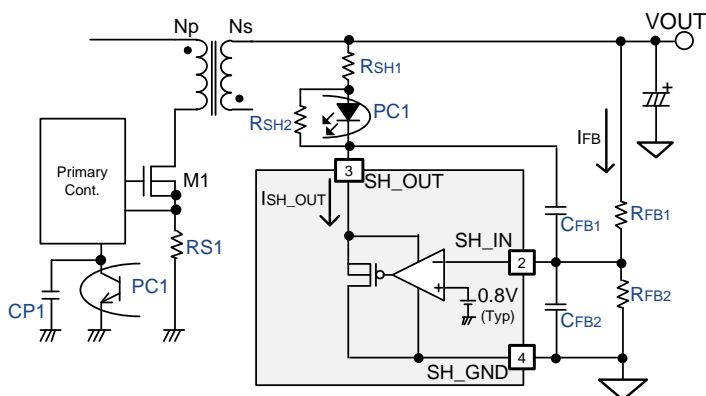


Figure 30. 内蔵シャントレギュレータ部 回路図

C_{FB1} は位相補償用のコンデンサです。1000pF 程度を選定してください。

C_{FB2} は SH_IN 端子ノイズ除去用のコンデンサです。容量値の目安としては 100~470pF 程度になります。本設計事例では 220pF とします。

抵抗 R_{SH1} にて出力負荷応答を調整することが可能です。 R_{SH1} を小さくすることで負荷変動を抑えることが出来ますが安定性とトレードオフの関係になりますので、選定の際は十分にご考慮ください。本設計事例では 510Ω とします。

抵抗 R_{SH2} にて内蔵シャントレギュレータの回路電流を設定します。 $SH_IN=Low$ 時、 SH_OUT 端子電流の最大値 $I_{SH_OUT_max}=75\mu A$ のため、フォトカプラ PC1 の V_f 最小値 V_{f_min} と R_{SH2} の関係は下記式を満たす必要があります。

$$R_{SH2}[\Omega] < \frac{V_{f_min}[V]}{75[\mu A]}$$

本設計事例に使用しますフォトカプラ PC1 の $V_{f_min}=1.1V$ とした場合、

$$R_{SH2}[\Omega] < \frac{1.1[V]}{75[\mu A]} = 14.7[k\Omega]$$

R_{SH2} は 14.7kΩ 以下と算出されます。マージンを考慮して 12kΩ を選択します。

フライバックアプリケーションでのトラブルシューティング

1. 二次側 MOSFET が即 OFF してしまう場合

DRAIN 端子電圧に発生するノイズにより、二次側 MOSFET が OFF してしまう場合があります。

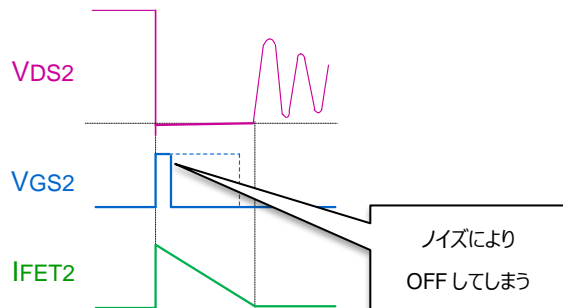


Figure 31. 二次側 MOSFET 即 OFF 動作波形

<対策 1-①：フェライトビーズ B1 を挿入、DRAIN 端子接続抵抗 R1 を大きくする>

サージ吸収用フェライトビーズ B1 を挿入、またフィルタ用抵抗 R1 の値を大きくすることで、誤検出を防ぐことができます。フェライトビーズ B1 は低周波領域で高インピーダンスになるタイプを推奨します。

(部品例：MPZ1608S102AT (TDK))

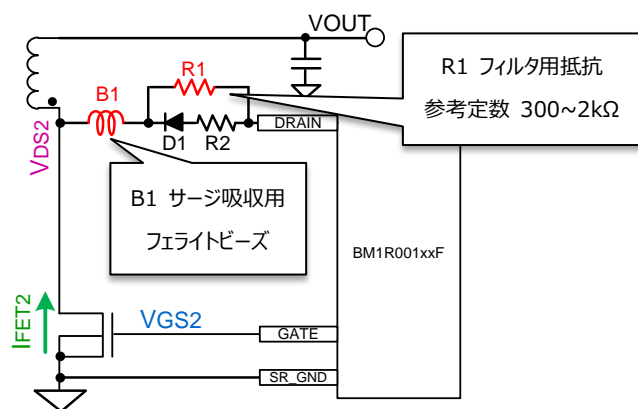


Figure 32. 対策 1-① B1 挿入、R1 抵抗値調整

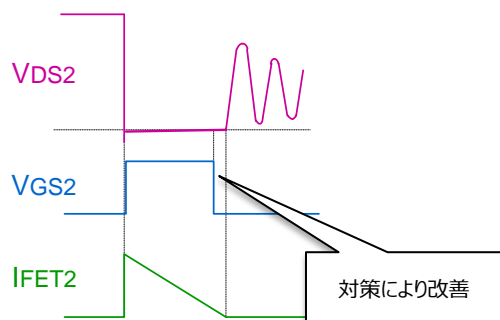


Figure 33. 対策 1-①実施後 動作波形

■対策 1-① 背反事象

B1、R1 のインピーダンスを大きくしすぎた場合、軽負荷時に二次側 MOSFET が共振動作により ON してしまうことがあります。そのため軽負荷時での動作確認が必要になります。(P9.【フライバックアプリケーションのトラブルシューティング】『2. 軽負荷時 二次側 MOSFET が共振動作により ON してしまう場合』をご参照ください)

2. 軽負荷時二次側 MOSFET が共振動作により ON してしまう場合
フィルタ用抵抗 R1 の値が大きすぎる場合、軽負荷時に二次側 MOSFET が ON してしまう場合があります。

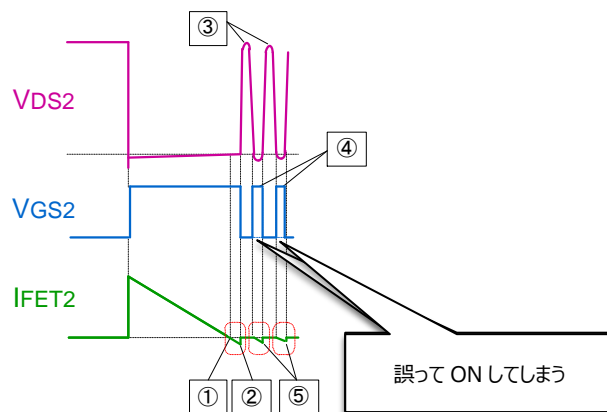


Figure 34. 軽負荷時 誤検出動作波形

- ①OFF タイミングを決定する R1 の抵抗値が大きいため DRAIN 端子電圧の検出が遅れ、 V_{GS2} が Low にならない
 - ② V_{GS2} = Low になるまで、 I_{FET2} が逆流状態になる
 - ③逆流状態を蓄積して二次側 MOSFET が OFF するため、 V_{DS2} の共振振幅が大きくなる。
 - ④ V_{DS2} が再度、負電圧となり V_{GS2} = High になってしまう (誤って二次側 MOSFET が ON してしまう)。
 - ⑤②同様に I_{FET2} は逆流した電流が流れる。
- その後③、④、⑤を繰り返します。

<対策 2-①：DRAIN 端子接続抵抗 R1 を小さくする>

フィルタ用抵抗 R1 の値を小さくすることで、 V_{DS2} の共振振幅が低くなり誤って二次側 MOSFET が ON する動作を防ぐことができます。

■対策 2-① 背反事象

R1 を小さくしすぎた場合、ノイズフィルタ効果も小さくなるため、DRAIN 端子電圧に発生するノイズにより二次側 MOSFET が即 OFF してしまう場合がありますので動作確認が必要になります。(P9.【フライバックアプリケーションのトラブルシューティング】『1. 二次側 MOSFET が即 OFF してしまう場合』をご参照ください)

<対策 2-②：強制 OFF 時間が長い機種に変更する>

二次側 MOSFET=OFF から共振一周期の時間より長い時間のシリーズ機種を選択することで二次側 MOSFET が誤って ON する動作をマスクすることが出来ます。

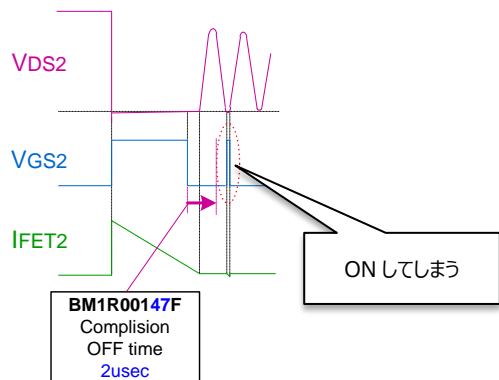


Figure 35. 対策 2-②実施前 動作波形

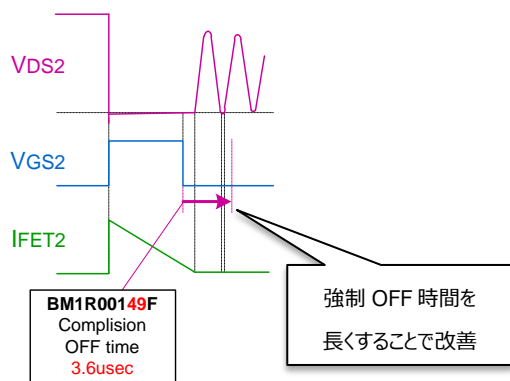


Figure 36. 対策 2-②実施後 動作波形

■対策 2-② 背反事象

強制 OFF 時間を長くしすぎた場合、重負荷時 強制 OFF 時間によって二次側 MOSFET の ON タイミングが遅れてしまうことがあるため重負荷時での動作確認が必要です。

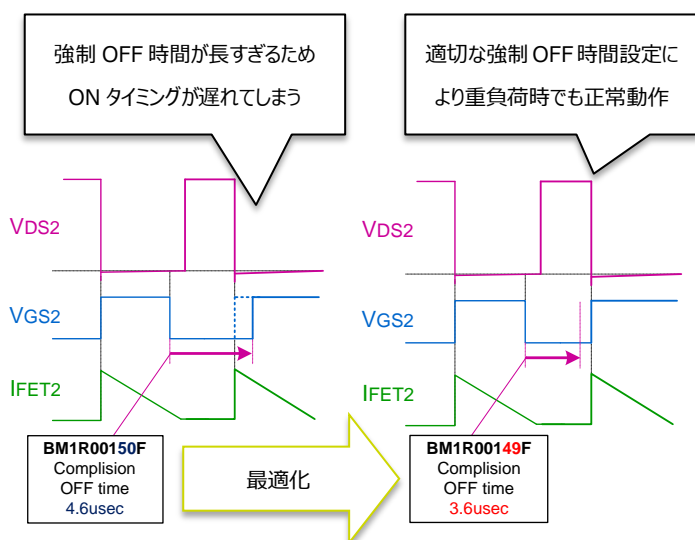


Figure 37. 対策 2-②背反事象

<対策 2-③：二次側 MOSFET の DRAIN-SOURCE 間にスナバ回路を追加する>

スナバ回路を追加することによって V_{DS2} の振幅を減衰させます。

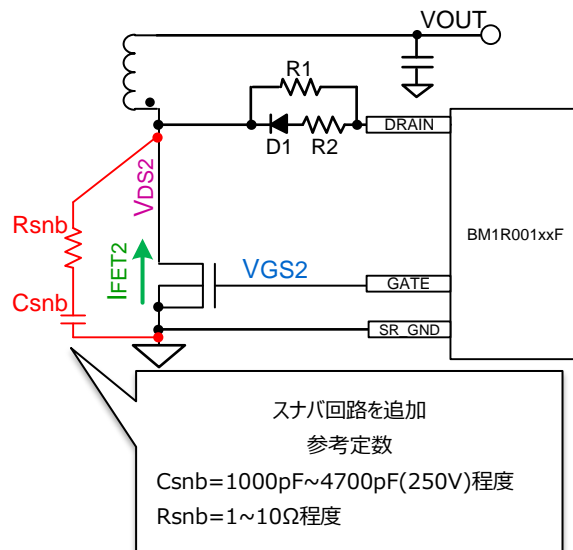


Figure 38. 対策 2-③ スナバ回路追加

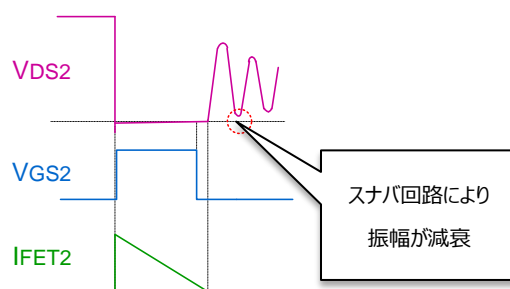


Figure 39. 対策 2-③実施後 動作波形

■対策 2-③ 背反事象

共振動作が起こる範囲(無負荷～中負荷)はスナバ回路の追加によって待機電力、効率が悪化するため特性確認が必要です。

<対策 2-④：トランスの巻線比 N_s / N_p を小さくする>

トランスの巻線比を変更することによって V_{DS2} の振幅を減衰させます。

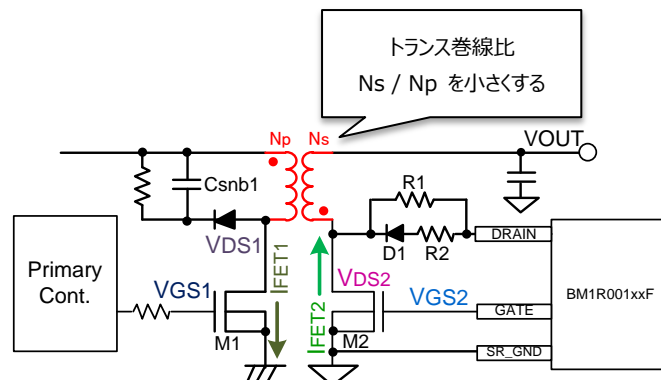


Figure 40. 対策 2-④ トランス巻線比調整

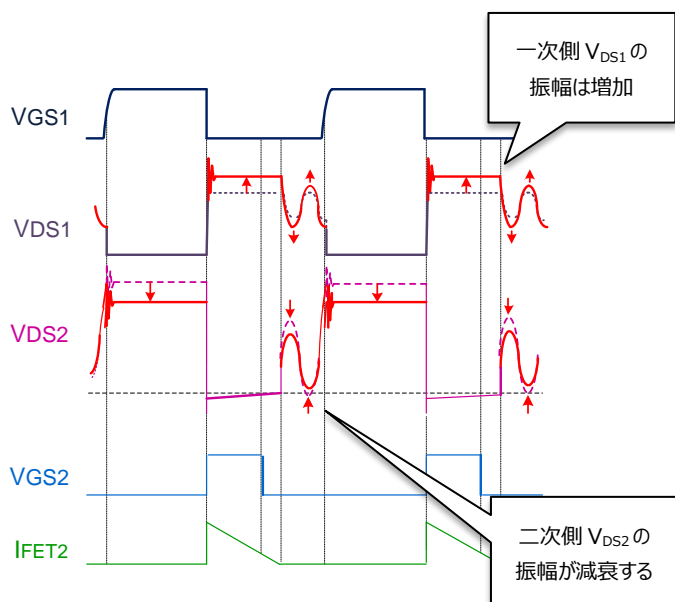
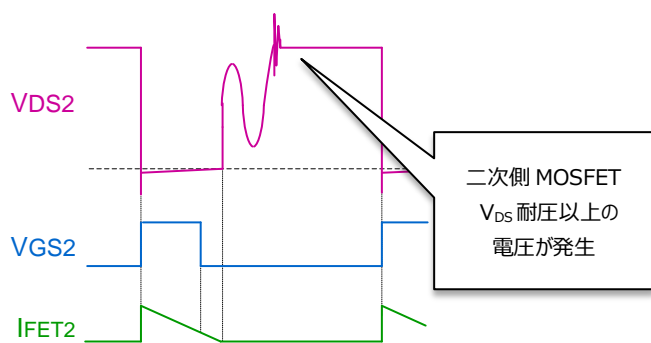


Figure 41. 対策 2-④実施後 動作波形

■対策 2-④ 背反事象

一次側 MOSFET の V_{DS1} が大きくなるため、一次側 MOSFET M1 の V_{DS} 耐圧マージンが小さくなります。 V_{DS1} が耐圧以上にならないようトランス巻線比を調整して下さい。

3. サージの影響を受け V_{DS2} が二次側 MOSFET の V_{DS} 耐圧以上になる場合


Figure 42. V_{DS2} サージ電圧発生時 動作波形

<対策 3-①：二次側 MOSFET の DRAIN - SOURCE 間に容量を挿入する>

二次側 MOSFET の DRAIN-SOURCE 間に容量を挿入することで、オーバーシュートした V_{DS2} を平滑化させます。

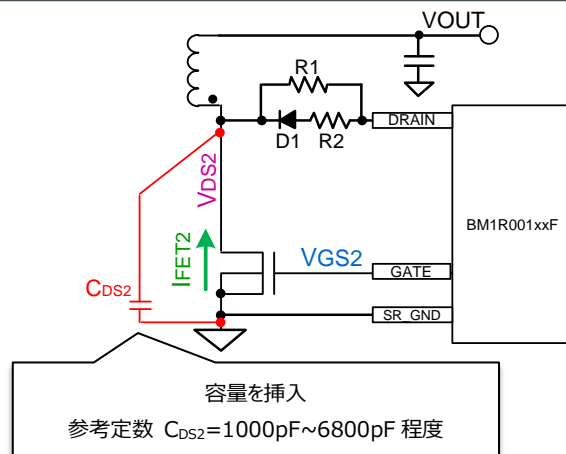


Figure 43. 対策 3-① 容量挿入

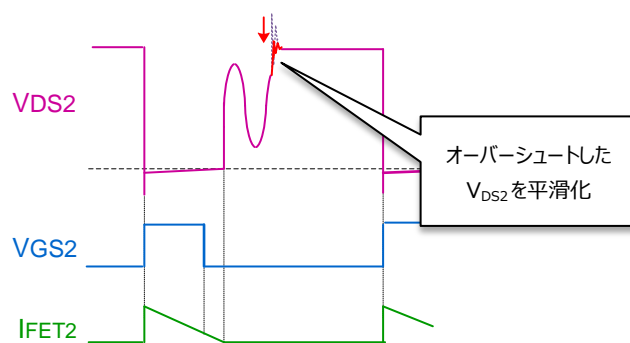


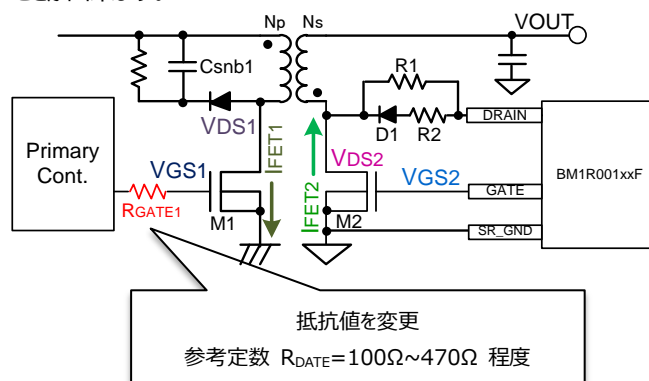
Figure 44. 対策 3-①実施後 動作波形

■対策 3-① 背反事象

共振が起こる範囲(無負荷～軽負荷)で、挿入した容量により効率が悪化するため特性確認が必要です。

<対策 3-②：一次側 FET の GATE 抵抗値を大きくする>

一次側 FET M1 の GATE 抵抗 R_{GATE1} の値を大きくし、 V_{GS1} の立ち上がり時間を遅くさせることで二次側 V_{DS2} のオーバーシュートを抑えることが出来ます。


Figure 45. R_{GATE} 抵抗値調整

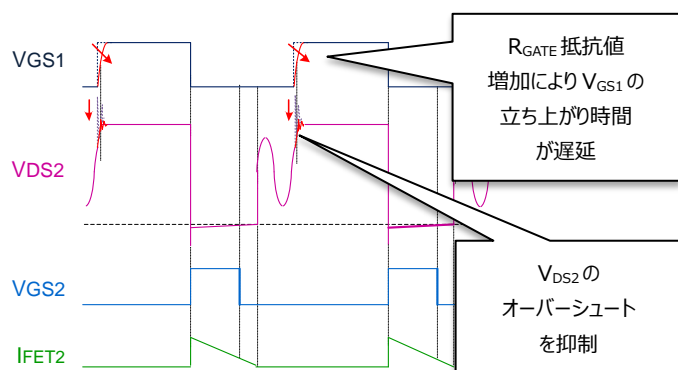


Figure 46. 対策 3-②実施後 動作波形

■対策 3-② 背反事象

R_{GATE1} の値を大きくすることで効率の悪化、また一次側 MOSFET M1 の発熱が懸念されるため特性確認が必要です。

<対策 3-③ : トランスの巻線比 N_s / N_p を小さくする>

トランスの巻線比を変更することによって V_{DS2} の振幅を減衰させます。

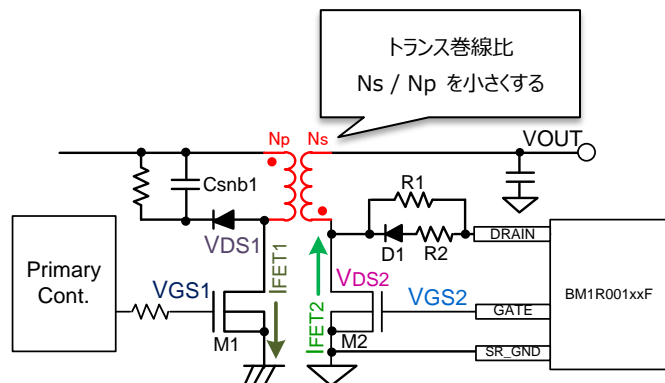


Figure 47. 対策 3-③ トランス巻線比調整

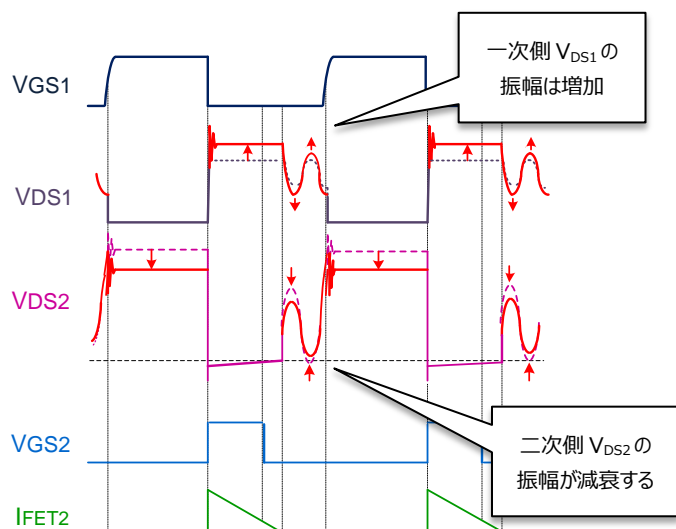


Figure 48. 対策 3-③実施後 動作波形

■対策 3-③ 背反事象

一次側 MOSFET の V_{DS1} が大きくなるため、一次側 MOSFET M1 の V_{DS} 耐圧マージンが小さくなります。 V_{DS1} が耐圧以上にならないようトランス巻線比を調整して下さい。

評価特性データ

入力 400Vdc での下記 3 種類の評価ボードの効率比較

出力 $V_{OUT}=5V$, $I_{OUT}=0-10A(MAX)$ sweep

・置き換え前 整流ダイオード搭載

・置き換え後 BM1R00147F (High Side Type)

・置き換え後 BM1R00147F (Low Side Type)

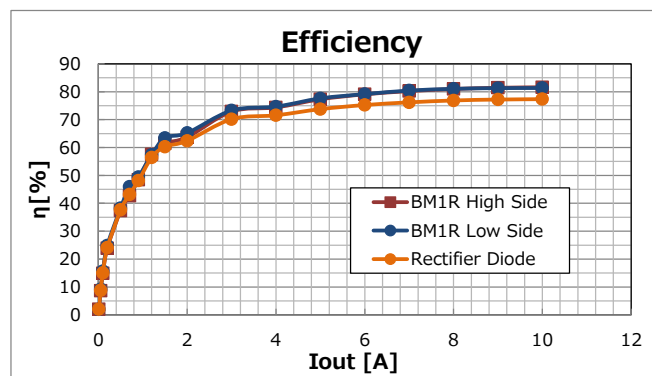


Figure 49. 効率データ

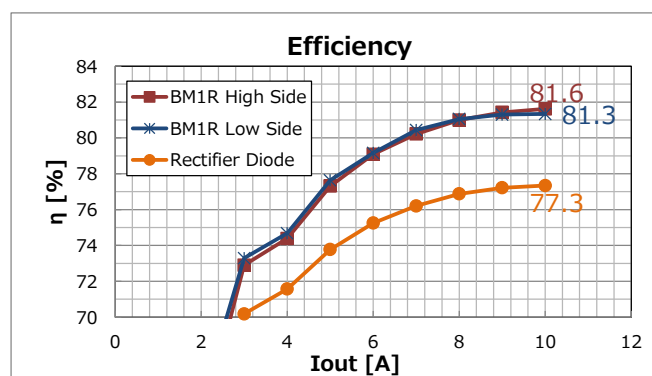


Figure 50. 効率データ拡大

評価回路図

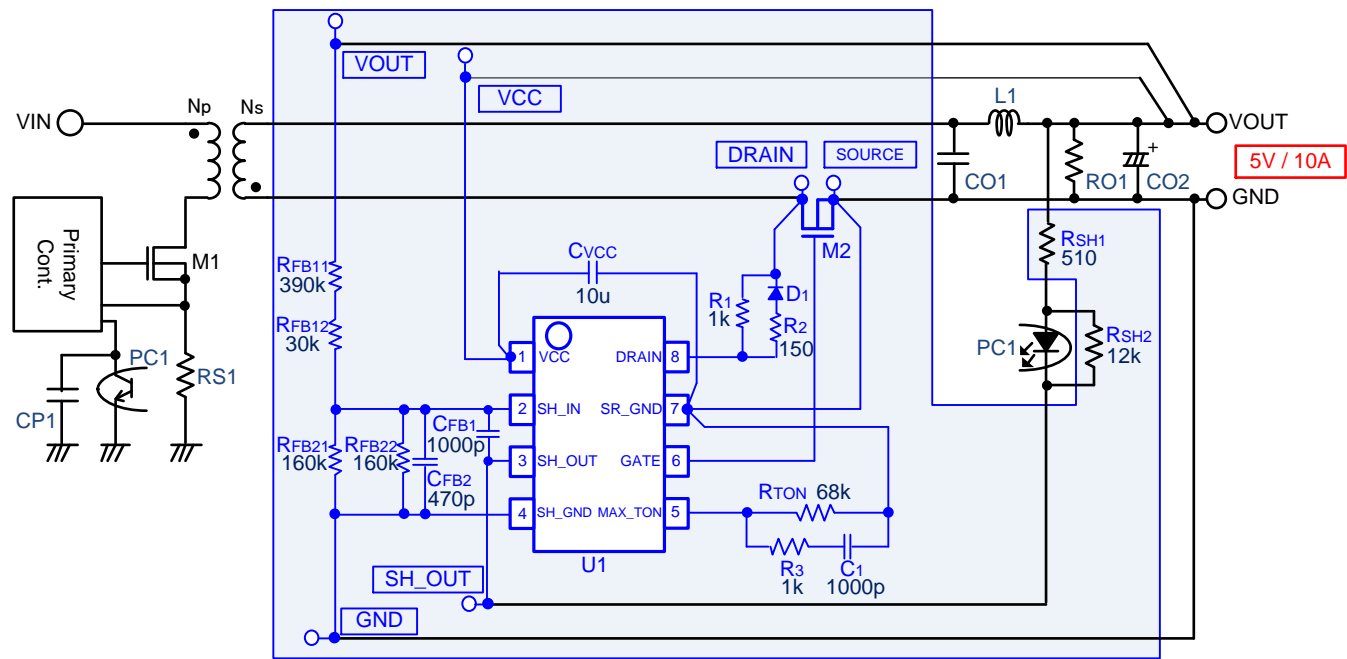


Figure 51. BM1R00147F 評価回路図
(Low Side Type)

Table 2. BM1R00147F 評価回路図 部品表
(Low Side Type)

No	Symbol	Type	Value	Rating	Part Number	Manufacturer
1	C1	Capacitor	1000pF	50V	GRM188R71H102KA01D	MURATA
2	CFB1	Capacitor	1000pF	50V	GRM188R71H102KA01D	MURATA
3	CFB2	Capacitor	220pF	50V	GRM188R71H221KA01D	MURATA
4	CVCC	Capacitor	10uF	50V	GRM31CB31H106KA12L	MURATA
5	D1	Diode	-	40V / 30mA	RB751VM-40	ROHM
6	R1	Resistor	1kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1001	ROHM
7	R2	Resistor	150Ω	1/10W	MCR03EZPFX1500	ROHM
8	R3	Resistor	1kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1001	ROHM
9	RFB11	Resistor	390kΩ	1/10W	MCR03EZPFX3903	ROHM
10	RFB12	Resistor	30kΩ	1/10W	MCR03EZPFX3002	ROHM
11	RFB21	Resistor	160kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1603	ROHM
12	RFB22	Resistor	160kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1603	ROHM
13	RREG	Resistor	330kΩ	1/10W	MCR03EZPFX3303	ROHM
14	RSH1	Resistor	510Ω	1/10W	MCR03EZPFX5100	ROHM
15	RSH2	Resistor	12kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1202	ROHM
16	RTON	Resistor	68kΩ	1/10W	MCR03EZPFX6802	ROHM
17	RVCC	Resistor	10Ω	1/4W	MCR18EZPF10R0	ROHM
18	U1	IC	-	-	BM1R00147F	ROHM

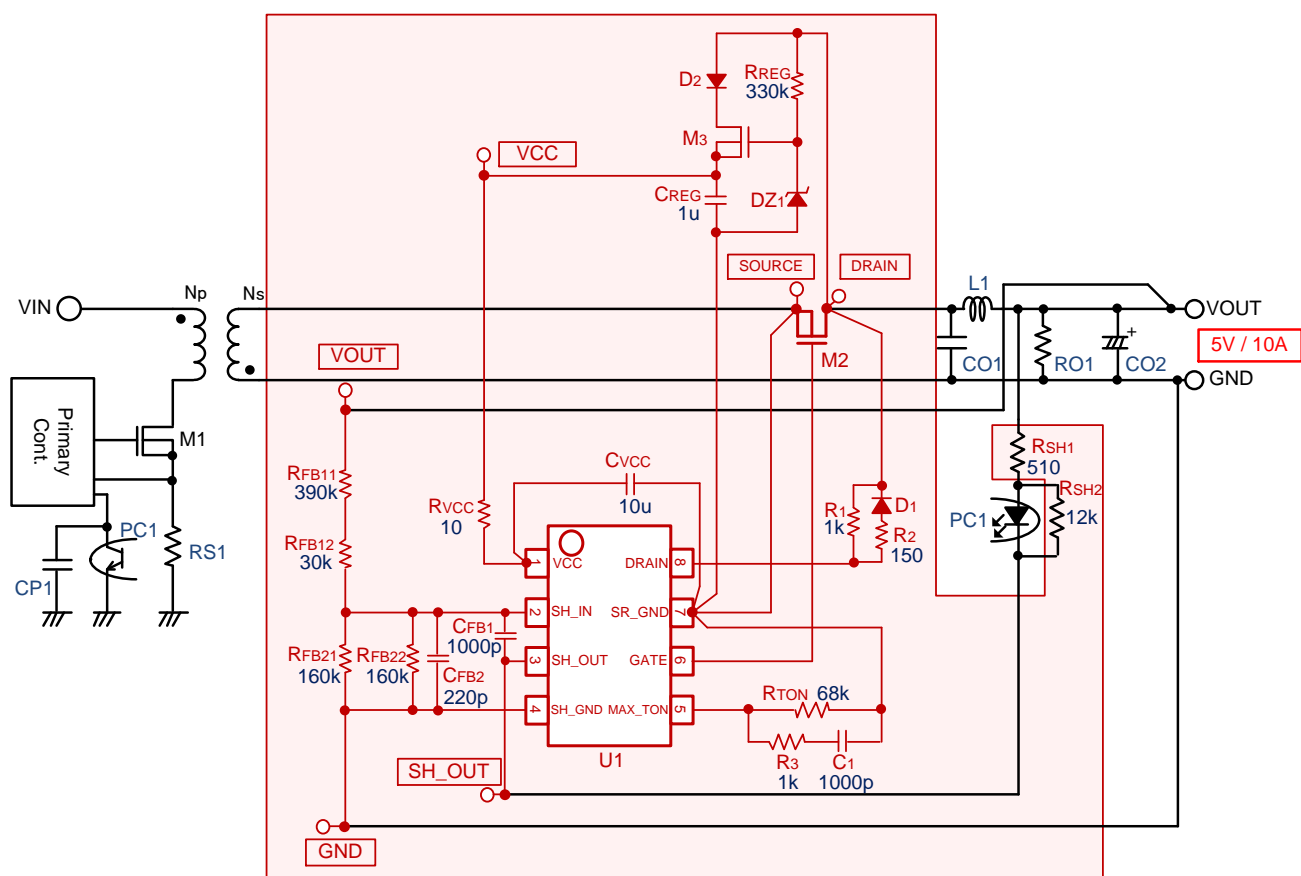


Figure 52. BM1R00147F 評価回路図

(High Side Type)

Table 3. BM1R00147F 評価回路図 部品表

(High Side Type)

No	Symbol	Type	Value	Rating	Part Number	Manufacturer
1	C1	Capacitor	1000pF	50V	GRM188R71H102KA01D	MURATA
2	CFB1	Capacitor	1000pF	50V	GRM188R71H102KA01D	MURATA
3	CFB2	Capacitor	220pF	50V	GRM188R71H221KA01D	MURATA
4	CREG	Capacitor	1uF	25V	GRM188R71E105KA12D	MURATA
5	Cvcc	Capacitor	10uF	50V	GRM31CB31H106KA12L	MURATA
6	D1	Diode	-	40V / 30mA	RB751VM-40	ROHM
7	D2	Diode	-	80V / 100mA	1SS355VM	ROHM
8	DZ1	Zener Diode	-	6.8V	UDZVTE-176.8B	ROHM
9	M3	MOSFET	-	60V / 0.25A	RK7002BM	ROHM
10	R1	Resistor	1kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1001	ROHM
11	R2	Resistor	150Ω	1/10W	MCR03EZPFX1500	ROHM
12	R3	Resistor	1kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1001	ROHM
13	RFB11	Resistor	390kΩ	1/10W	MCR03EZPFX3903	ROHM
14	RFB12	Resistor	30kΩ	1/10W	MCR03EZPFX3002	ROHM
15	RFB21	Resistor	160kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1603	ROHM
16	RFB22	Resistor	160kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1603	ROHM
17	RREG	Resistor	330kΩ	1/10W	MCR03EZPFX3303	ROHM
18	RSH1	Resistor	510Ω	1/10W	MCR03EZPFX5100	ROHM
19	RSH2	Resistor	12kΩ	1/10W	MCR03EZPFX1202	ROHM
20	RTON	Resistor	68kΩ	1/10W	MCR03EZPFX6802	ROHM
21	RVCC	Resistor	10Ω	1/4W	MCR18EZPF10R0	ROHM
22	U1	IC	-	-	BM1R00147F	ROHM

PCB レイアウトの注意点

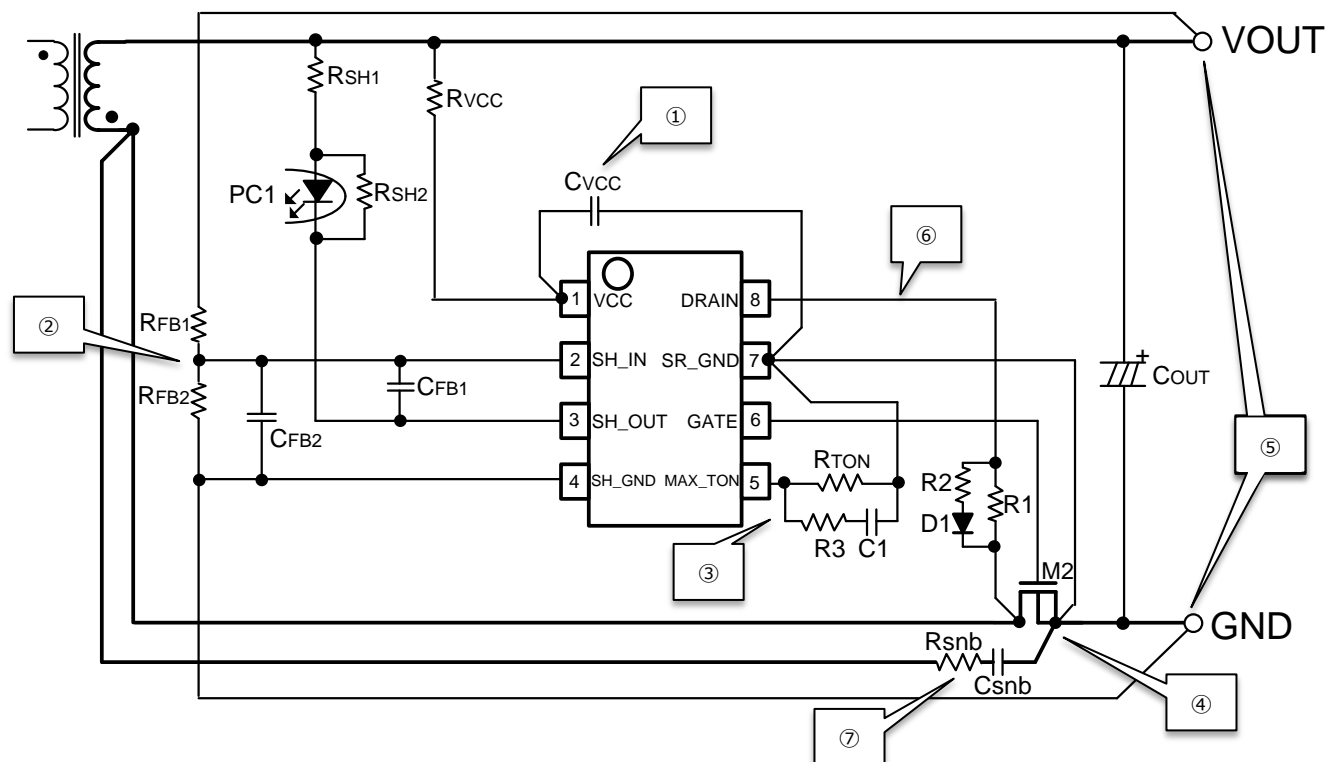


Figure 53. PCB レイアウト注意点

①VCCラインがスイッチングノイズの影響を受けた場合、誤動作する可能性があります。そのためコンデンサ CVCC を VCC 端子- SR_GND 端子間へ独立配線で、またできる限り端子の近くで接続することを推奨します。

②SH_IN 端子はハイインピーダンスラインです。クロストークを避けるため、できる限り配線は短くスイッチングラインと並走しないようレイアウトしてください。

③MAX_TON 端子はスイッチングの影響を受けると強制 OFF 時間に影響するため、できる限り MAX_TON 端子近くで R_{TON}, R3, C1 を接続し、SR GND 端子へ独立配線で接続することを推奨します。

④同期整流制御では二次側 MOSFET M2 に発生した V_{DS2} を正確にモニターする必要があるため、IC の DRAIN 端子、SR_GND 端子をそれぞれ M2 の DRAIN、SOURCE へ必ず独立配線で接続ください。

⑤シャントレギュレータ GND(SH_GND)は二次側出力の GND へ、帰還抵抗は二次側出力 VOUT へ独立配線で接続することを推奨します。

⑥DRAIN 端子は 0V-100V 程度の振幅を持つスイッチングラインになりますので、できる限り短く細く配線してください。

⑦MOSFET M2 の DRAIN-SOURCE 間にスナバ回路を挿入する場合、トランス出力と M2 の SOURCE へ独立配線のできる限り短く太く配線してください。

改定履歴

日付	版	変更内容
2017.06.14	001	新規作成
2019.02.07	002	P7 : R2 算出式 修正 Figure 24. R2 電流制限抵抗設定 回路図 修正 P13 : Figure 51. BM1R100147F 評価回路図(Low Side Type) 修正 Table 2. BM1R100147F 評価回路図 部品表(Low Side Type) 修正 P14 : Figure 52. BM1R100147F 評価回路図(High Side Type) 修正 Table 3. BM1R100147F 評価回路図 部品表(High Side Type) 修正

ご 注 意

- 1) 本資料の記載内容は改良などのため予告なく変更することがあります。
- 2) 本資料に記載されている内容は製品のご紹介資料です。ご使用に際しては、別途最新の仕様書を必ずご請求のうえ、ご確認ください。
- 3) ロームは常に品質・信頼性の向上に取り組んでおりますが、半導体製品は種々の要因で故障・誤作動する可能性があります。
万が一、本製品が故障・誤作動した場合であっても、その影響により人身事故、火災損害等が起こらないようご使用機器でのディレーティング、冗長設計、延焼防止、バックアップ、フェイルセーフ等の安全確保をお願いします。定格を超えたご使用や使用上の注意書が守られていない場合、いかなる責任もロームは負うものではありません。
- 4) 本資料に記載されております応用回路例やその定数などの情報につきましては、本製品の標準的な動作や使い方を説明するものです。
したがって、量産設計をされる場合には、外部諸条件を考慮していただきますようお願いいたします。
- 5) 本資料に記載されております技術情報は、製品の代表的動作および応用回路例などを示したものであり、ロームまたは他社の知的財産権その他のあらゆる権利について明示的にも黙示的にも、その実施または利用を許諾するものではありません。上記技術情報の使用に起因して紛争が発生した場合、ロームはその責任を負うものではありません。
- 6) 本資料に掲載されております製品は、耐放射線設計はなされていません。
- 7) 本製品を下記のような特に高い信頼性が要求される機器等に使用される際には、ロームへ必ずご連絡の上、承諾を得てください。
・輸送機器（車載、船舶、鉄道など）、幹線用通信機器、交通信号機器、防災・防犯装置、安全確保のための装置、医療機器、サーバー、太陽電池、送電システム
- 8) 本製品を極めて高い信頼性を要求される下記のような機器等には、使用しないでください。
・航空宇宙機器、原子力制御機器、海底中継機器
- 9) 本資料の記載に従わないために生じたいかなる事故、損害もロームはその責任を負うものではありません。
- 10) 本資料に記載されております情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、万が一、当該情報の誤り・誤植に起因する損害がお客様に生じた場合においても、ロームはその責任を負うものではありません。
- 11) 本製品のご使用に際しては、RoHS 指令など適用される環境関連法令を遵守の上でご使用ください。
お客様がかかる法令を順守しないことにより生じた損害に関して、ロームは一切の責任を負いません。
本製品の RoHS 適合性などの詳細につきましては、セールス・オフィスまでお問合せください。
- 12) 本製品および本資料に記載の技術を輸出又は国外へ提供する際には、「外国為替及び外国貿易法」、「米国輸出管理規則」など適用される輸出関連法令を遵守し、それらの定めにしたがって必要な手続を行ってください。
- 13) 本資料の一部または全部をロームの許可なく、転載・複写することを堅くお断りします。



ローム製品のご検討ありがとうございます。
より詳しい資料やカタログなどご用意しておりますので、お問合せください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.co.jp/contact/>