



**AC/DCコンバータ**  
**非絶縁降圧型 PWM方式 12 W 12 V 出力**  
**BM2P016 評価ボード**

## <高電圧に関するご注意事項>

◇操作を始められる前に！

このドキュメントは、**BM2P016** 用評価ボード(**BM2P016-EVK-002**)とその機能に限定し記載しています。

**BM2P016** より詳細な内容については、データシートを参照してください。

**安全に操作を行って頂く為に、評価ボードをご使用になる前に必ずこのドキュメントの全文を読んでください！**



また、使用される電圧およびボードの構造によっては、**生命に危険をおよぼす電圧が発生する場合があります。**  
必ず下記囲み内の注意事項を厳守してください。

### <使用前に>

- ① ボードの落下などによる部品の破損、欠落がない事を確認してください。
- ② 導電性の物体がボード上に落ちていない状態である事を確認してください。
- ③ モジュールと評価ボードのはんだ付けを行う際は、はんだ飛散に注意してください。
- ④ 基板に、結露や水滴がない事を確認してください。

### <通電中>

- ⑤ 導電性の物体がボードに接触しないよう注意してください。
- ⑥ **動作中は、偶発的な短時間の接触、もしくは手を近づけた場合の放電であっても、重篤に陥る場合や生命に関わる危険性があります。**

**絶対にボードに素手で触れたり、近づけ過ぎたりしないでください。**

また、ピンセットやドライバなど導電性の器具を用いての作業も上記同様に注意してください。

- ⑦ 定格以上の電圧が印加された場合、短絡など仕様状況によっては部品の破裂等も考えられます。部品の飛散などによる危険についても考慮して下さい。
- ⑧ 動作時は、熱等によるボード・部品の変色や液漏れ等、及び低温評価による結露に注意しながら作業を進めてください。

### <使用后>

- ⑨ 評価ボードには、高電圧を蓄える回路が含まれる場合があります。接続している電源回路を切断しても電荷を蓄えているため、ご使用後には必ず放電し、放電したことを確認してから取り扱うようにして下さい。
- ⑩ 過熱された部品への接触による火傷等に注意してください。

この評価ボードは、研究開発施設で使用されるもので、

**各施設において高電圧を取り扱う事を許可された方だけが使用出来ます。**

また、高電圧を使用しての作業時には、「高電圧作業中」等の明示を行い、インターロック等を備えたカバーや保護メガネの着用等、安全な環境において作業される事を推奨します。

## AC/DC Converter

# 非絶縁降圧型 PWM 方式 12 W 12 V 出力

## BM2P016 評価ボード

### BM2P016-EVK-002

BM2P016-EVK-002評価ボードは、90 Vac~264 Vacの入力から12 Vの電圧を出力します。出力電流は最大1.0 Aを供給します。650 V MOSFET内蔵PWM方式DC/DCコンバータICのBM2P016を使用しています。

BM2P016は、650 V耐圧起動回路内蔵により、低消費電力に貢献します。電流モード制御を用いているため、サイクルごとに電流制限がかけられ、帯域幅と過渡応答にすぐれた性能を発揮します。スイッチング周波数は固定方式で65 kHzです。軽負荷時には、周波数低減を行い、高効率を実現します。周波数ホッピング機能を内蔵しており、低EMIに貢献します。低オン抵抗1.4 Ω・650 V耐圧MOSFETを内蔵しており、低消費電力、設計容易化に貢献します。

最適なEMI設計により、雑音端子電圧試験のCISPR22 Class. Bを準拠しています。



Figure 1. BM2P016-EVK-002

## 性能仕様

これは代表値であり、特性を保証するものではありません。特に指定がない場合は、 $V_{IN} = 230 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 500 \text{ mA}$ ,  $T_a = 25 \text{ }^\circ\text{C}$

Parameter	Min	Typ	Max	Units	Conditions
入力電圧範囲	90	230	264	Vac	
入力周波数	47	50/60	63	Hz	
出力電圧	10.8	12.0	13.2	V	
最大電力	-	-	12.0	W	$I_{OUT} = 1000\text{mA}$
出力電流範囲 (NOTE1)	0	500	1000	mA	
待機電力	-	110	-	mW	$I_{OUT} = 0\text{A}$
電源効率	-	81.2	-	%	
出力リップル電圧 (NOTE2)	-	42	-	mVpp	
動作温度範囲	-10	25	65	$^\circ\text{C}$	

(Note 1) 部品表面温度が105  $^\circ\text{C}$  以上にならないよう、負荷印加時間を調整してください。

(Note 2) スパイクノイズを含みません。

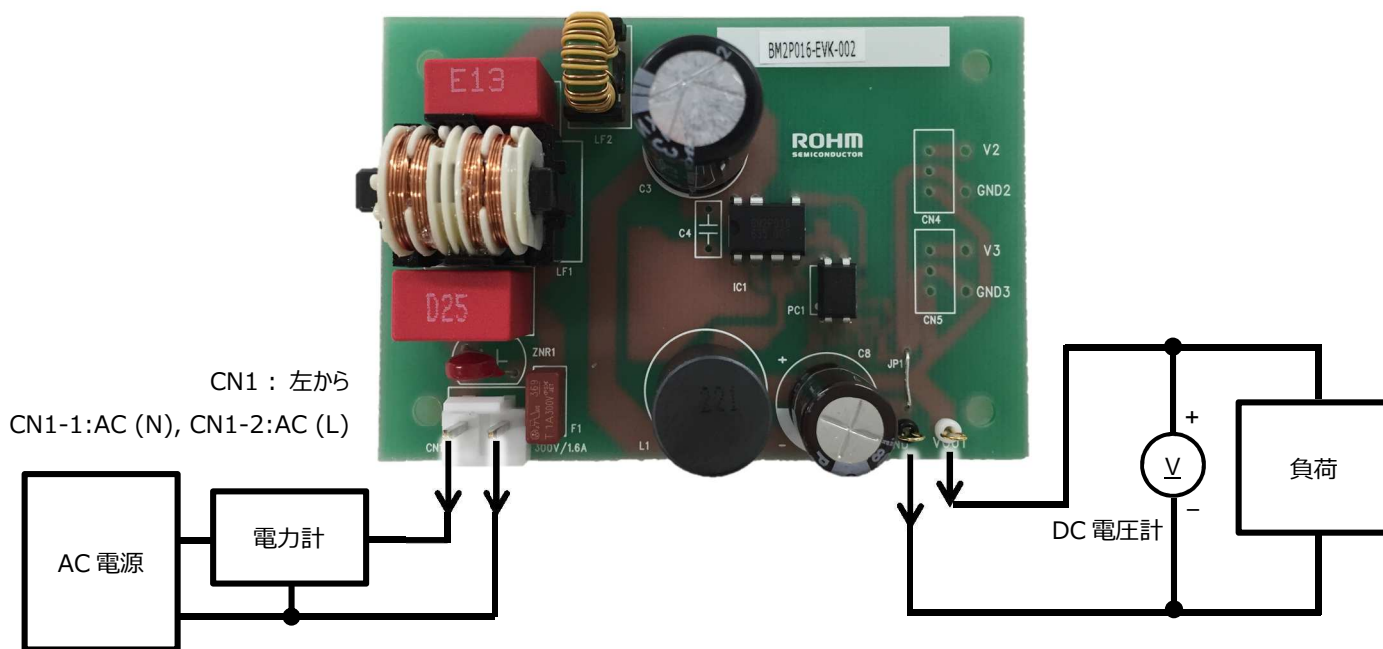
## 動作手順

### 1. 必要な機器

- (1) 90 ~ 264 Vac、20 W 以上の AC 電源
- (2) 最大 1.0 A の負荷
- (3) DC 電圧計

### 2. 機器を接続

- (1) AC 電源を 90 ~ 264 Vac にプリセットして、電源出力を OFF にします。
- (2) 負荷を 1.0 A 以下に設定して、負荷を無効にします。
- (3) 電源の N 端子を CN1-1: AC(N)端子へ、L 端子を CN1-2: AC(L)端子へ、一对のワイヤで接続します。
- (4) 負荷の正端子を VOUT 端子へ、負端子を GND 端子へ、一对のワイヤで接続します。
- (5) 入力電圧測定用に AC 電力計を AC 電源へ接続します。
- (6) 出力電圧測定用に DC 電圧計の正端子を VOUT へ、負端子を GND へ接続します。
- (7) AC 電源の出力を ON にします。
- (8) DC 電圧計の表示が 12 V であることを確認します。
- (9) 負荷を有効にします。
- (10) ワイヤの抵抗により電圧降下（損失）が発生していないか、DC 電圧計で確認します。



## デレレーティング

本評価ボードの動作温度範囲は、-10 ~ 65 °C です。部品表面温度が 105 °C を超えないようにご使用ください。

連続的に供給できる最大電力は、6.0 W ( $I_{OUT}=0.5$  A)です。下図にデレレーティング曲線を示します。周辺温度が-10 °C ~ 40 °C までは、連続的に 8.0 W ( $I_{OUT}=0.67$  A)の負荷を流すことができます。40 °C ~ 65 °C は、デレレーティング曲線に従います。

瞬間的に供給できる最大電力は、12 W ( $I_{OUT}=1.0$  A)です。デレレーティング曲線を超えてご使用になる場合は、動作温度範囲 (-10 ~ 65 °C) 内で、部品表面温度が 105 °C を超えないよう、負荷電流時間を調整してください。

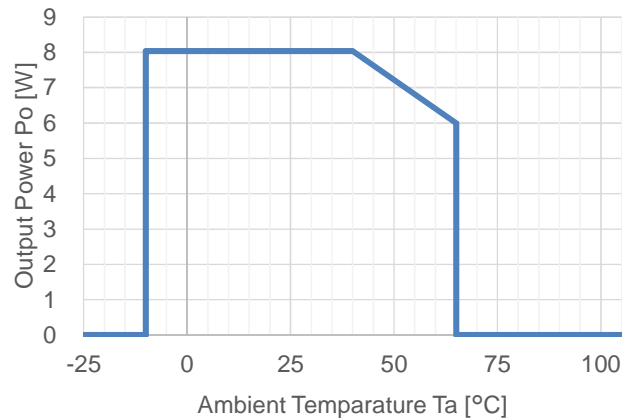


Figure 3. デレレーティング

## アプリケーション回路

$V_{IN} = 90 \sim 264$  Vac,  $V_{OUT} = 12$  V

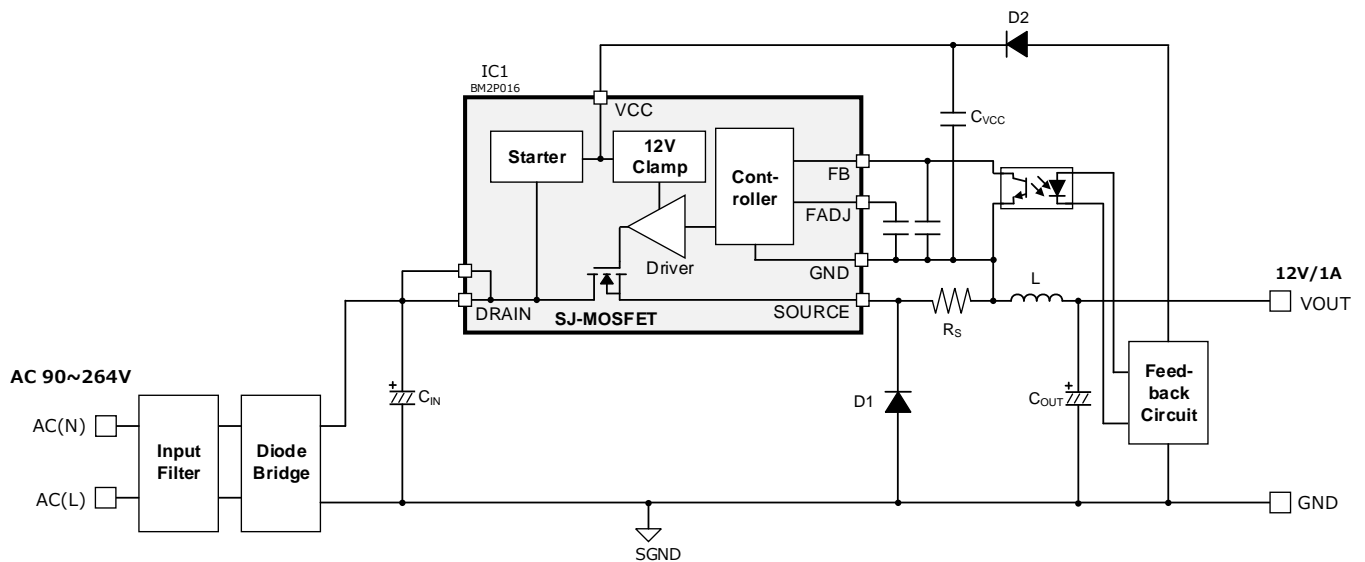


Figure 4. BM2P016-EVK-002 アプリケーション回路

非絶縁型の降圧コンバータ方式です。出力電圧をフィードバック回路でモニタシフトカプラを通して FB 端子にフィードバックしています。起動時は、DRAIN 端子から Starter 回路を通して VCC 電圧をチャージします。VCC 電圧が UVLO 解除電圧 13.5 V typ.になると、スイッチング動作を開始します。

## BM2P016 概要

## 特徴

- PWM 周波数=65 kHz
- PWM カレントモード方式
- 周波数ホッピング機能内蔵
- 軽負荷時バースト動作
- 周波数低減機能
- 650 V 起動回路内蔵
- 650 V スwitching MOSFET 内蔵
- VCC 端子 低電圧保護
- VCC 端子 過電圧保護
- SOURCE 端子 オープン保護
- SOURCE 端子 ショート保護
- SOURCE 端子 Leading-Edge-Blanking 機能
- サイクルごとの過電流リミット機能
- 過電流リミット AC 補正機能
- ソフトスタート機能
- 2次側 過電流保護回路

## 重要特性

- 動作電源電圧範囲: VCC: 8.9 V ~ 26.0 V  
DRAIN: ~ 650 V
- 通常動作時電流: 0.95 mA(Typ)
- バースト動作電流: 0.30 mA(Typ)
- 発振周波数: 65 kHz(Typ)
- 動作温度範囲: -40 °C ~ +105 °C
- MOSFET Ron: 1.4 Ω (Typ.)

## アプリケーション

AC アダプタ、TV、各種家電（掃除機、加湿器、空気清浄機、エアコン、IH クッキングヒーター、炊飯器、etc.）

## パッケージ

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

DIP7

9.20 mm x 6.35 mm x 4.30 mm

Pitch 2.54 mm



Figure 5. DIP7 Package

(※) 製品構造：シリコンモノシリック集積回路 耐放射線設計はしてありません

(※) 印加電圧及び動作温度範囲などの絶対最大定格を超えた場合は、劣化または破壊に至る可能性があります。また、ショートモードもしくはオープンモードは破壊状態を想定できません。絶対最大定格を超えるような特殊モードが想定される場合、ヒューズなど物理的な安全対策を施していただくようご検討をお願いします。

Table 1. BM2P016 ピン配置

No.	Name	I/O	Function	ESD Diode	
				VCC	GND
1	SOURCE	I/O	MOSFET SOURCE 端子	✓	✓
2	FADJ	I	バースト周波数設定端子	✓	✓
3	GND	I/O	GND 端子	✓	-
4	FB	I	フィードバック信号入力端子	✓	✓
5	VCC	I	電源入力端子	-	✓
6	DRAIN	I/O	MOSFET DRAIN 端子-	-	-
7	DRAIN	I/O	MOSFET DRAIN 端子	-	-

## 設計概要

### 1 重要パラメータ

- $V_{IN}$  : 入力電圧範囲 AC 90 V ~ 264 Vac (DC 100 V ~ 380 V)
- $V_{OUT}$  : 出力電圧 DC 12 V
- $I_{OUT}(typ1)$  : 定常出力電流 1 0.50 A
- $I_{OUT}(typ2)$  : 定常出力電流 2 0.67 A
- $I_{OUT}(max)$  : 瞬間出力電流 1.00 A
- $f_{sw}$  : スイッチング周波数 min:60 kHz, typ:65 kHz, max:70 kHz

コイルの動作モードには、以下の3種類があります。

- CCM (Continuous Current Mode) : コイルの充電電流が完全に放電する前に、スイッチング素子が ON するモードです。コイル電流が連続するため、電流連続モードといいます。
- BCM (Boundary Current Mode) : コイルの放電と同時に、スイッチング素子が ON するモードです。コイル電流が着地と同時に弾むように見えるので Boundary と表現しており、臨界モードといいます。
- DCM (Dis-continuous Current Mode) : コイルが完全に放電した後に、スイッチング素子が ON するモードです。コイルの電流が連続しないため、電流不連続モードといいます。

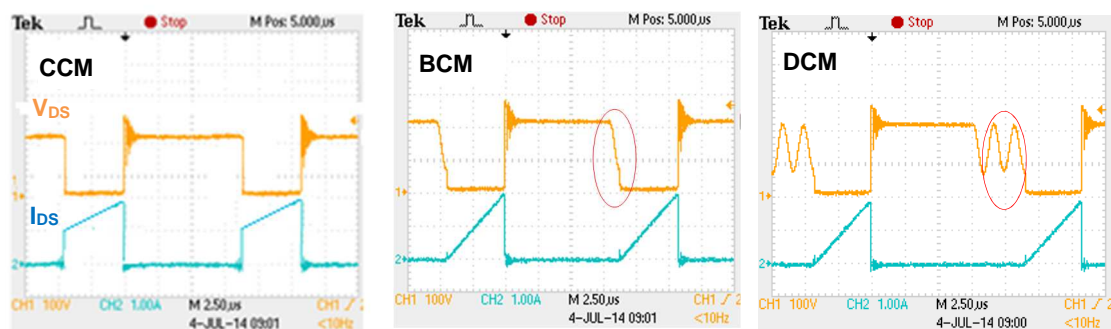


Figure 6. スイッチング波形(MOSFET ドレイン-ソース間の電圧: $V_{DS}$ と電流: $I_{DS}$ )

## 設計概要 – 続き

### 2 コイルの選定

#### 2.1 インダクタの算出

スイッチング動作モードはなるべく不連続モード (DCM) になるように L 値を決定します。連続モード (CCM) の場合、ダイオードの trr 間の逆電流が流れる為、ダイオードの損失増加を招きます。さらにこの逆電流は、MOSFET の ON 時のピーク電流となり、MOSFET の損失も増加します。定常の負荷電流時に、臨界モード (BCM) になるような L 値を計算します。

定常の負荷電流  $I_{OUT}(Typ)$ : 0.5 A とし、インダクタに流れるピーク電流  $I_P$  は、

$$I_P(BCM) = I_{OUT}(typ) \times 2 = 1.0 \text{ [A]}$$

入力電圧が低下時に、連続モード (CCM) になりやすい。入力電圧の最小電圧  $V_{IN}(min) = 100 \text{ Vdc}$  の条件で計算します。出力電圧  $V_{OUT}$ : 12 V とダイオードの  $V_F$ : 1 V から、Duty の最大値:  $Duty(max)$  を計算します。

$$Duty(max) = \frac{V_{OUT} + V_F}{V_{IN}(min)} = 0.13$$

スイッチング周波数の最小値  $f_{sw}(min) = 60 \text{ kHz}$  から、オン時間  $ton(max)$  を計算します。

$$ton(Max) = \frac{Duty(max)}{f_{sw}(min)} = 2.17 \text{ [\mu sec]}$$

不連続モードで動作するための、L 値を算出します。

$$L < ton(Max) \times \frac{V_{IN}(min) - V_{OUT}}{I_P} = 191.0 \text{ [\mu H]}$$

ここで、L 値は汎用性を考慮して、暫定で 220  $\mu\text{H}$  を選択します。

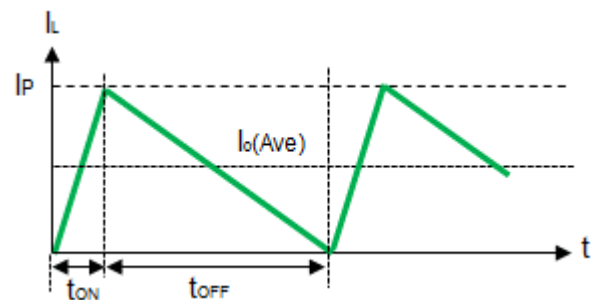


Figure 7. 臨界モード時のコイル電流波形



## 設計概要 – 続き

### 2.2 インダクタ電流の算出

コイルに流れる電流値は入力電圧が最大時に最大となる。入力電圧が最大  $V_{IN(max)}$ :380 V の時、最小 ON 時間で動作する。最大 ON 時間は、出力電圧やコイルの L 値などの条件によって、0.6 ~ 1.2  $\mu\text{sec}$  程度になります。

最大のピーク電流  $I_P$  (max)は、

$$I_P(max) = t_{ON(min)} \times \frac{V_{IN(max)} - V_{OUT}}{L} = 0.9 \mu\text{s} \times \frac{380 \text{ V} - 12 \text{ V}}{220 \mu\text{H}} = 1.51 \text{ [A]}$$

したがって、選択するインダクタは、インダクタ電流 1.5 A 以上とします。インダクタ電流については、実機にて確認し、磁気飽和しないことを確認しています。

今回は、インダクタンス値:220  $\mu\text{H}$ , 許容電流:1.6 A 品を使用しています。

ラジアルインダクタ (閉磁路タイプ) Core Size  $\Phi 9.0 \text{ mm} \times 11.0 \text{ mm}$

製品名: XE1501Y-221

製造元: 株式会社アルファトランス

### 3. 電流検出抵抗 $R_S$ (R1,R2)の選定

過電流検出が、最大負荷電流  $I_{OUT}$ :1000 mA 以上になるように電流検出抵抗  $R_S$ (R1,R2)を算出します。過電流検出する負荷電流  $I_{LIM}$  が、20%のマージンをもって、 $I_{LIM}$ :1200 mA になるように設定します。過電流検出時は、連続モードでスイッチング動作しています。

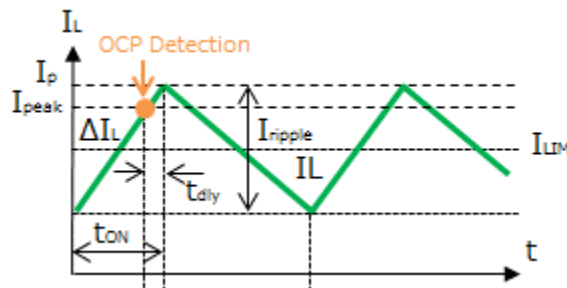


Figure 8. 過電流検出時のコイル波形 (連続モード時)

過電流検出時のコイル電流  $I_{PEAK}$  は、以下の式で算出されます。過電流検出は、コイル電流が  $I_{PEAK}$  電流で検出後、遅延時間  $t_{dly}$  後にスイッチングが OFF します。

$$I_{LIM} = I_P - \frac{I_{ripple}}{2}$$

$$I_P = I_{PEAK} + \frac{V_{IN}}{L} \times t_{dly}$$

$$I_{ripple} = \Delta I_L \times t_{ON} = \frac{V_{IN}}{L} \times \frac{Duty}{f_{SW}} = \frac{V_{OUT} + V_F}{L \times f_{SW}}$$

3 電流検出抵抗  $R_S(R1,R2)$ の選定- 続き

$$I_{LIM} = I_{PEAK} + \frac{VIN(min)}{L} - \frac{1}{2} \times \frac{V_{OUT} + V_F}{L \times f_{SW}(min)}$$

過電流検出時のコイル電流は、以下の式になります。

$$I_{PEAK} = I_{LIM} - \frac{VIN}{L} \times t_{dly} + \frac{V_{OUT} + V_F}{2 \times L \times f_{SW}(min)} = 1.2 \text{ A} - \frac{100 \text{ V}}{220 \mu\text{H}} \times 0.1 \mu\text{s} + \frac{12 \text{ V} + 1 \text{ V}}{2 \times 220 \mu\text{H} \times 60 \text{ kHz}} = 1.65 \text{ [A]}$$

IC が過電流検出する時間  $t_{ON}'$ は、

$$t'_{ON} = \frac{Duty(max)}{f_{SW}(min)} = \frac{V_{OUT} + V_F}{VIN(min) \times f_{SW}(min)} - t_{dly} = \frac{12 \text{ V} + 1 \text{ V}}{100 \text{ V} \times 60 \text{ kHz}} - 0.1 \mu\text{s} = 2.07 \text{ [}\mu\text{sec]}$$

過負荷保護に AC 電圧補正機能を内蔵しており、入力電圧の違い(100 Vac, 200 Vac など)により、過負荷保護ポイントのズレを補正しています。この機能は、時間とともに過電流リミットレベル  $V_{CS\_Lim}$  を増加させることにより、AC 電圧による補正機能となります。

過電流検出電圧  $V_{SOURCE}=0.4 \text{ V}$  で、補正係数  $K_{SOURCE}$  は、 $20 \text{ mV}/\mu\text{s}$  として、過電流検出時の SOURCE 端子の電圧  $V_{CS\_LIM}$  は、

$$V_{CS\_LIM} = V_{SOURCE} + t_{ON} \times K_{SOURCE} = 0.4 \text{ V} + 2.07 \mu\text{s} \times 20 \text{ mV}/\mu\text{s} = 441.4 \text{ mV}$$

センス抵抗  $R_S$  は、以下の式となります。

$$R_S < \frac{V_{CS\_LIM}}{I_{PEAK}} = \frac{441.4 \text{ mV}}{1.65 \text{ A}} = 0.267 \Omega$$

今回は、 $R1,R2$  は  $0.47 \Omega$  を 2 並列とし、 $R_S$  は  $0.235 \Omega$  としています。過負荷保護ポイントについては、基板に組み込んだ状態で確認する必要があります。

センス抵抗  $R1,R2$  にかかる電圧  $V_R$  は、

$$V_R = \frac{I_p}{2} \times R1 = \frac{1}{2} \times \left( I_{PEAK} + \frac{VIN}{L} \times t_{dly} \right) \times R1 = 0.5 \times \left( 1.65 \text{ A} + \frac{100 \text{ V}}{220 \mu\text{H}} \times 0.1 \mu\text{s} \right) \times 0.47 \Omega = 0.398 \text{ V}$$

センス抵抗  $R1,R2$  の電力損失  $P_R$  は、

$$P_R = I_p(rms)^2 \times R_S = \left( I_p \times \sqrt{\frac{Duty}{3}} \right)^2 \times R_S = \left( 1.70 \text{ A} \times \sqrt{\frac{0.13}{3}} \right)^2 \times 0.235 \Omega = 29.4 \text{ [mW]}$$

使用する抵抗は、素子最高電圧  $1.51 \text{ V}$ 、定格電力  $0.25 \text{ W}$  の MCR18 シリーズを使用します。

## 設計概要 – 続き

### 4 ダイオードの選定

#### 4.1 フライホイールダイオード : D1

フライホイールダイオードは、高速ダイオード（ファーストリカバリーダイオード）を使用します。ダイオードに印加される逆電圧は、起動時の出力電圧が 0 V の時で、 $V_{IN}(Max):380 V$  である。デレーティングを確保し、600 V 耐圧品を選択します。

ダイオードの実効電流が最大となる条件は、入力電圧が最大電圧  $V_{IN}(max):380 V$ 、最大負荷電流  $I_{OUT}(Max):1.0 A$  で、スイッチング周波数が最小 60 kHz の時になります。

このときのピーク電流  $I_P$  を算出します。リップル電流  $I_{ripple}$  は、以下の式となります。

$$I_{ripple} = \frac{di}{dt} \times t_{ON} = \frac{\{V_{IN}(max) - (V_{OUT} + V_F)\}}{L} \times \frac{(V_{OUT} + V_F)}{V_{IN}(max) \times f_{sw}(min)}$$

ピーク電流の式にあてはめると、

$$I_P = I_{OUT}(max) + \frac{I_{ripple}}{2} = 1.0 A + \frac{1}{2} \times \frac{380 V - (12 V + 1 V)}{220 \mu H} \times \frac{12 V + 1 V}{380 V \times 60 kHz} = 1.48 [A]$$

$$Duty = \frac{V_{OUT} + V_F}{V_{IN}(max)} = \frac{12 V + 1 V}{380 V} = 3.4 [\%]$$

ダイオードの平均電流  $I_D$  は、ピーク電流  $I_P:1.48 A$  から、

$$I_D(rms) = I_P \times \sqrt{\frac{1 - Duty}{3}} = 1.48 A \times \sqrt{\frac{1 - 0.034}{3}} = 0.84 [A]$$

定格電流 0.84 A 以上を選択します。

実際には、基板実装し、部品の発熱を考慮し、3 A / 600 V 品の RFN3BM6S を使用しています。

#### 4.2 VCC 整流ダイオード : D2

VCC に供給するダイオードは、整流ダイオードを使用します。ダイオードに印加される逆電圧は、 $V_{IN}(Max):380 V$  である。デレーティングを確保し、600 V 耐圧品を選択します。IC に流れる電流は、十分小さいため、0.2 A / 600 V 品の RRE02VSM6S を使用しています。

## 設計概要 – 続き

### 5 コンデンサの選定

#### 5.1 入力コンデンサ : C3

入力コンデンサは、入力電圧  $V_i$  と出力電力  $P_{OUT}$  で決定します。目安として、90 ~ 264 Vac の入力電圧の場合、 $2 \times P_{OUT}$  [W]  $\mu\text{F}$ 。  
176 ~ 264 Vac の場合、 $1 \times P_{OUT}$  [W]  $\mu\text{F}$  とします。出力電力  $P_{OUT}=12.0$  W であるので、目安 24.0  $\mu\text{F}$  で、33  $\mu\text{F}$  / 450 V を使用しています。

#### 5.2 VCC コンデンサ : C7

VCC コンデンサ C7 は、IC を安定に動作させるためと、出力電圧を安定してフィードバックするのに必要です。耐圧 25 V 以上で、1.0  $\mu\text{F}$  ~ 22  $\mu\text{F}$  を推奨します。10  $\mu\text{F}$  / 35 V を使用しています。

#### 5.3 出力コンデンサ : C8, C9

出力コンデンサは、出力電圧  $V_o$  に対し、デレーティングを考慮し、25 V 以上を選定します。

C2 の電解コンデンサは、静電容量とインピーダンスと定格リップル電流を考慮する必要があります。

出力リップル電圧は、インダクタ電流のリップル分:  $\Delta I_L$  が出力コンデンサに流入して、静電容量:  $C_{out}$ 、インピーダンス: ESR により発生した合成波形で、次式で表されます。

$$\Delta V_{ripple} = \Delta I_L \times \left( \frac{1}{8 \times C_{out} \times f_{sw}} \right) + ESR$$

インダクタ電流のリップル電流:  $I_L$ 、DC 電流:  $I_{DC}$  は、

$$\Delta I_L = 2 \times \{I_p - I_{OUT}(max)\} = 2 \times (1.48 - 1.00) = 0.96 \text{ [A]} \quad I_{DC} = I_p - \Delta I_L = 1.48 \text{ A} - 0.96 \text{ A} = 0.52 \text{ [A]}$$

今回は、静電容量 : 680  $\mu\text{F}$ 、ESR : 0.049  $\Omega$  品を使用し、出力リップル電圧の設計値を 100 mV 以下としています。

$$\Delta V_{ripple} = \Delta I_L \times \left\{ \left( \frac{1}{8 \times C_{out} \times f_{sw}} \right) + ESR \right\} = 0.96 \text{ A} \times \left\{ \left( \frac{1}{8 \times 680 \mu \times 65k} \right) + 0.049 \right\} = 49.8 \text{ [mV]}$$

次に、コンデンサのリップル電流が、定格リップル電流を満たすか確認します。

インダクタリップル電流 RMS 換算すると、

$$I_L[rms] = \Delta I_L \times \sqrt{\frac{1}{3}} + I_{DC} = 0.96 \times \sqrt{\frac{1}{3}} + 0.52 \text{ A} = 1.07 \text{ [Arms]}$$

コンデンサのリップル電流は、

$$I_C[rms] = \sqrt{I_L^2 - I_{OUT}^2} = \sqrt{1.07^2 - 1.00^2} = 0.381 \text{ [A]}$$

定格電流 0.381 A 以上を選定します。出力コンデンサ C8 は、680  $\mu\text{F}$  / 25 V で定格リップル電流 1.24 A を使用しました。

C9 は、スイッチングノイズの削減のために、0.1  $\mu\text{F}$  のセラミックコンデンサを追加しています。

## 設計概要 - 続き

## 6 出力電圧設定抵抗: R6,R7,R8

出力電圧は、以下の式で設定します。

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{R6 + R7}{R8}\right) \times V_{ref}$$

R8 に流れるフィードバック電流  $I_{BIAS}$  を 0.1 mA~1.0 mA で設定します。  
今回、 $I_{BIAS}=0.25$  mA を狙いとし、シャントレギュレータ IC2 の基準電圧  $V_{REF}=2.485$  V とすると、R8 の抵抗値は、

$$R8 = \frac{V_{REF}}{I_{BIAS}} = \frac{2.485 V}{0.25 mA} = 9.9 [k\Omega]$$

今回は、R8:10 k $\Omega$  を選択します。

フィードバック抵抗の合成抵抗(R6+R7+R8)は、

$$R6 + R7 + R8 = \frac{V_{OUT}}{I_{BIAS}} = \frac{12 V}{0.25 mA} = 48 [k\Omega]$$

今回は、R6=33 k $\Omega$ 、R7=5.6 k $\Omega$  を選択しています。出力電圧の理論値は、以下のようになります。

$$V_{OUT} = \left(1 + \frac{33 k\Omega + 5.6 k\Omega}{10 k\Omega}\right) \times 2.485 V = 12.08 V$$

## 3 制御回路調整: R9,R10,R11,C10

R10 はシャントレギュレータ IC2 の暗電流設定抵抗です。シャントレギュレータを安定に動作させる電流値  $I_{min}$  は、IC のデータシートより、1.2 mA です。この電流は、R10 とフォトカプラの  $I_F$  の合成電流となります。R10 に印加される電圧は、フォトカプラの  $V_F$  となるため、フォトカプラの  $V_F$  を 1.1 V とすると、

$$R10 < \frac{V_F}{I_{min}} = \frac{1.1 V}{1.2 mA} = 0.92 [k\Omega]$$

今回は、R10=1.0 k $\Omega$  を選定します。

R9 は制御回路電流の制限抵抗です。300~2.2 k $\Omega$  で調整してください。

今回は、R9=1.0 k $\Omega$  を選定します。

R11、C10 は位相補償回路です。R11=1 k~30 k $\Omega$ 、C10=0.1  $\mu$ F 程度として実機にて調整してください。

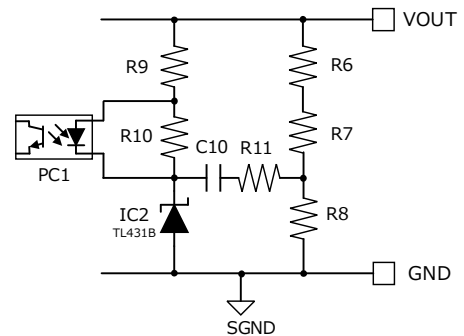


Figure 9. フィードバック回路

測定データ

ロードレギュレーション

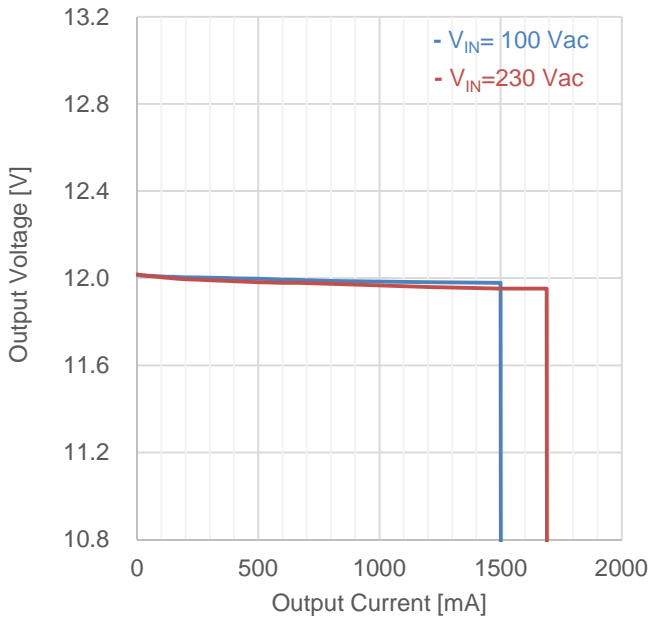


Figure 10. Load Regulation ( $I_{OUT}$  vs  $V_{OUT}$ )

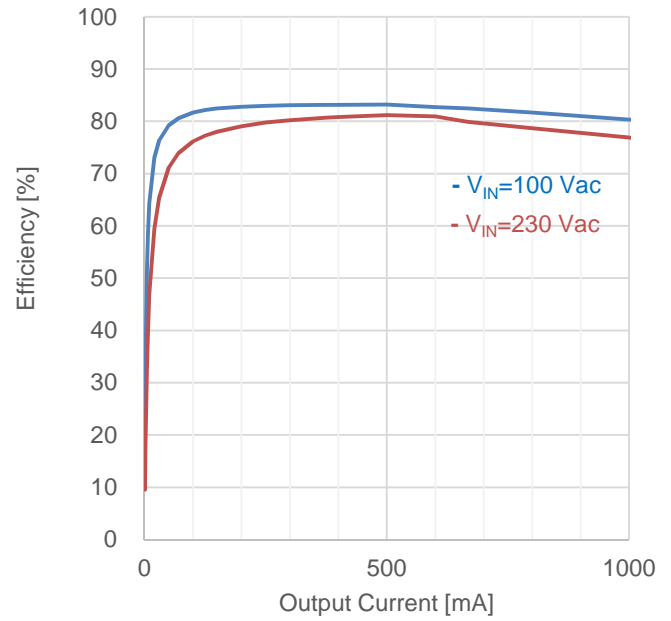


Figure 11. Load Regulation ( $I_{OUT}$  vs Efficiency)

Table 2. Load Regulation ( $V_{IN}=100$  Vac)

$I_{OUT}$	$V_{OUT}$	Efficiency
250 mA	12.003 V	82.99 %
500 mA	11.997 V	83.20 %
667 mA	11.991 V	82.45 %
1000 mA	11.984 V	80.32 %

Table 3. Load Regulation ( $V_{IN}=230$  Vac)

$I_{OUT}$	$V_{OUT}$	Efficiency
250 mA	11.993 V	79.78 %
500 mA	11.982 V	81.18 %
667 mA	11.978 V	79.89 %
1000 mA	11.967 V	76.91 %

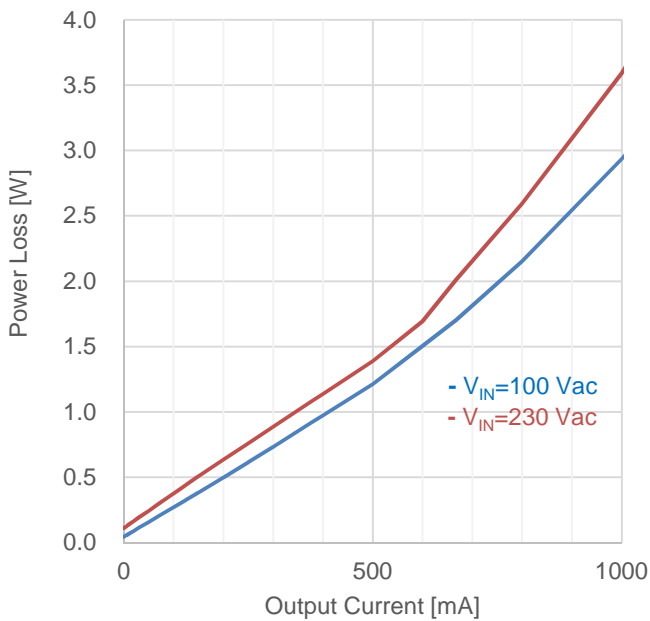


Figure 12. Load Regulation ( $I_{OUT}$  vs  $P_{Loss}$ )

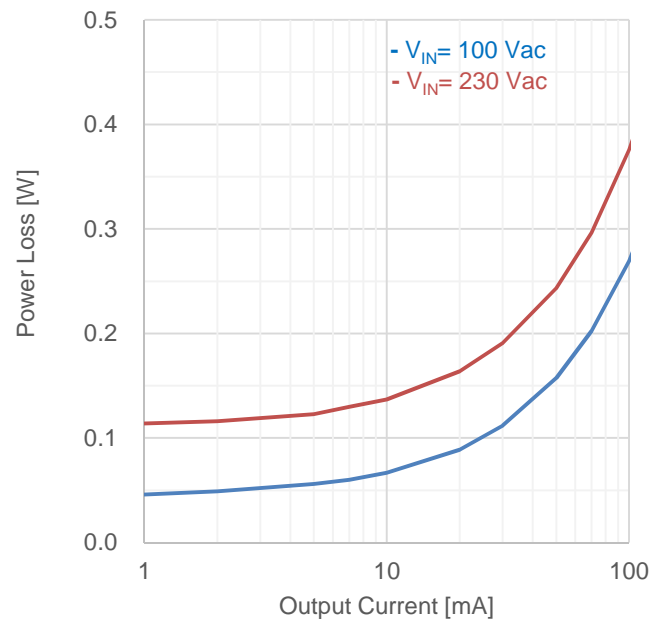


Figure 13. Load Regulation ( $I_{OUT}$  vs  $P_{Loss}$ )

## 測定データ - 続き

Table 4. Load Regulation:  $V_{IN}=100$  Vac

$V_{IN}$ [Vac]	$P_{IN}$ [W]	$V_{OUT}$ [V]	$I_{OUT}$ [mA]	$P_{OUT}$ [W]	$P_{LOSS}$ [W]	Efficiency [%]
100	0.044	12.015	0	0.000	0.044	0.00
100	0.058	12.015	1	0.012	0.046	20.72
100	0.073	12.015	2	0.024	0.049	32.92
100	0.116	12.015	5	0.060	0.056	51.79
100	0.144	12.014	7	0.084	0.060	58.40
100	0.187	12.014	10	0.120	0.067	64.25
100	0.329	12.013	20	0.240	0.089	73.03
100	0.472	12.013	30	0.360	0.112	76.35
100	0.758	12.011	50	0.601	0.157	79.23
100	1.043	12.009	70	0.841	0.202	80.60
100	1.470	12.008	100	1.201	0.269	81.69
100	1.827	12.007	125	1.501	0.326	82.15
100	2.183	12.006	150	1.801	0.382	82.50
100	2.899	12.004	200	2.401	0.498	82.81
100	3.616	12.003	250	3.001	0.615	82.99
100	4.334	12.002	300	3.601	0.733	83.08
100	5.413	12.000	375	4.500	0.913	83.13
100	5.771	11.999	400	4.800	0.971	83.17
100	7.21	11.997	500	5.999	1.212	83.20
100	8.70	11.993	600	7.196	1.504	82.71
100	9.70	11.991	667	7.998	1.702	82.45
100	11.74	11.988	800	9.590	2.150	81.69
100	14.92	11.984	1000	11.984	2.936	80.32
100	18.17	11.981	1200	14.377	3.793	79.13
100	23.44	11.978	1500	17.967	5.473	76.65
100	0.06	0.000	1510	0.000	0.063	0.00

Table 5. Load Regulation:  $V_{IN}=230$  Vac

$V_{IN}$ [Vac]	$P_{IN}$ [W]	$V_{OUT}$ [V]	$I_{OUT}$ [mA]	$P_{OUT}$ [W]	$P_{LOSS}$ [W]	Efficiency [%]
230	0.111	12.017	0	0.000	0.111	0.00
230	0.126	12.016	1	0.012	0.114	9.54
230	0.140	12.016	2	0.024	0.116	17.17
230	0.183	12.016	5	0.060	0.123	32.83
230	0.214	12.015	7	0.084	0.130	39.30
230	0.257	12.015	10	0.120	0.137	46.75
230	0.404	12.014	20	0.240	0.164	59.48
230	0.551	12.013	30	0.360	0.191	65.41
230	0.844	12.010	50	0.601	0.244	71.15
230	1.137	12.008	70	0.841	0.296	73.93
230	1.576	12.005	100	1.201	0.376	76.17
230	1.941	12.002	125	1.500	0.441	77.29
230	2.307	11.999	150	1.800	0.507	78.02
230	3.034	11.995	200	2.399	0.635	79.07
230	3.758	11.993	250	2.998	0.760	79.78
230	4.483	11.990	300	3.597	0.886	80.24
230	5.571	11.987	375	4.495	1.076	80.69
230	5.931	11.986	400	4.794	1.137	80.84
230	7.38	11.982	500	5.991	1.389	81.18
230	8.88	11.979	600	7.187	1.693	80.94
230	10.00	11.978	667	7.989	2.011	79.89
230	12.17	11.974	800	9.579	2.591	78.71
230	15.56	11.967	1000	11.967	3.593	76.91
230	19.19	11.959	1200	14.351	4.839	74.78
230	24.84	11.952	1500	17.928	6.912	72.17
230	29.16	11.952	1690	20.199	8.961	69.27
230	0.19	0.000	1700	0.000	0.192	0.00

測定データ - 続き

ラインレギュレーション

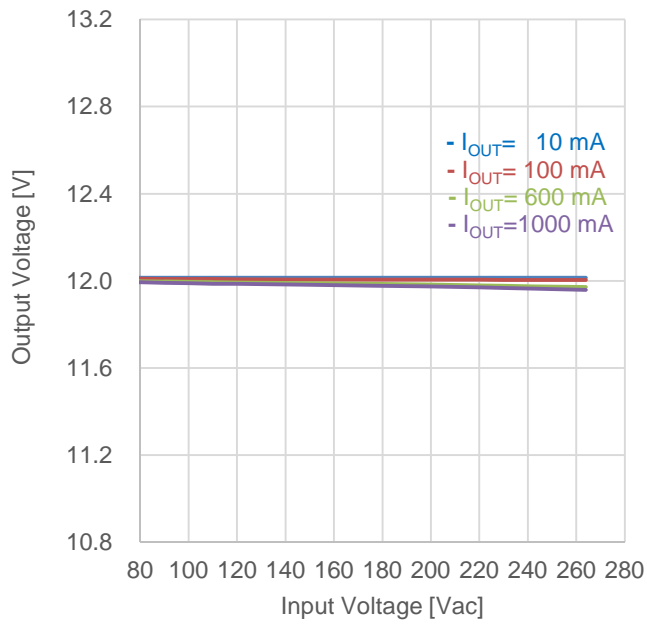


Figure 14. Line Regulation ( $V_{IN}$  vs  $V_{OUT}$ )

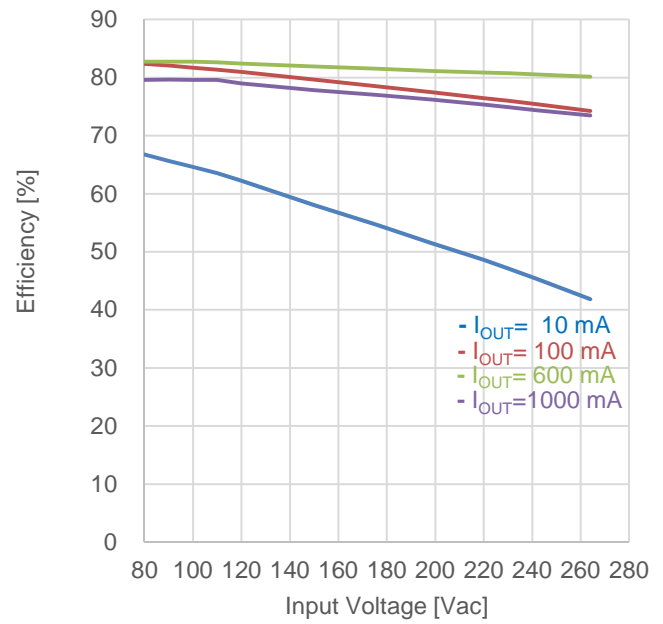


Figure 15. Line Regulation ( $V_{IN}$  vs Efficiency)

スイッチング周波数

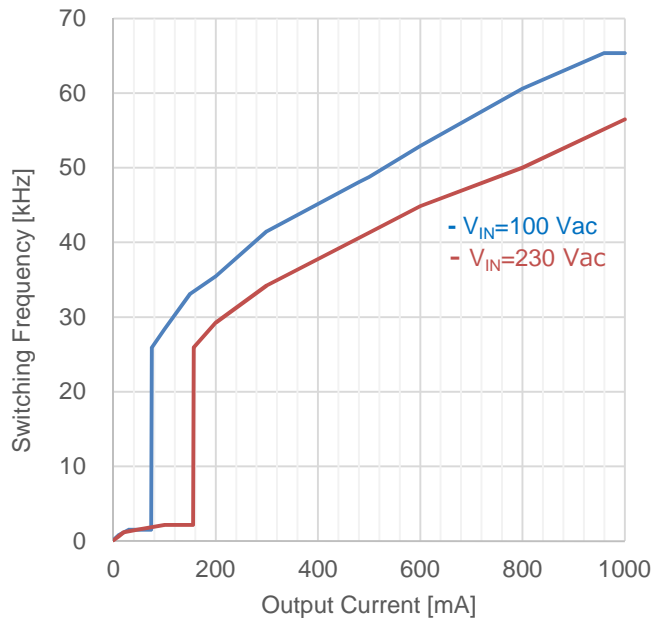


Figure 16. Switching Frequency ( $I_{OUT}$  vs  $f_{SW}$ )

コイルピーク電流

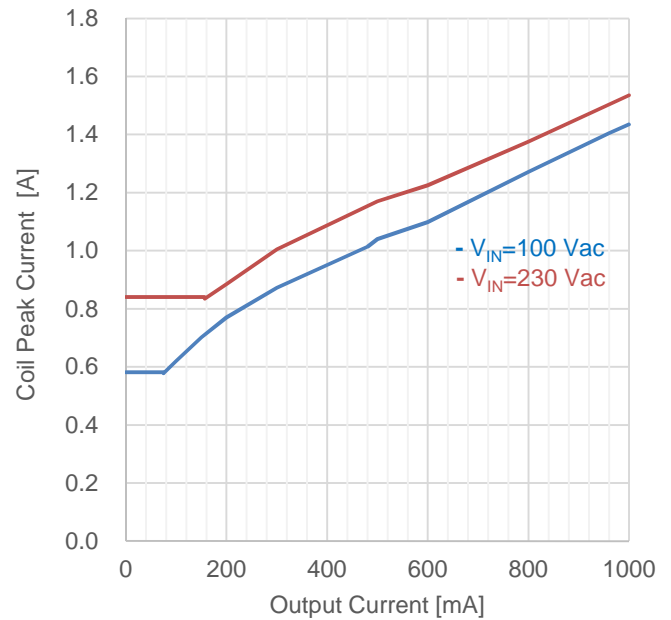


Figure 17. Coil Peak Current ( $I_{OUT}$  vs  $I_P$ )



測定データ - 続き

出力電圧リップル波形

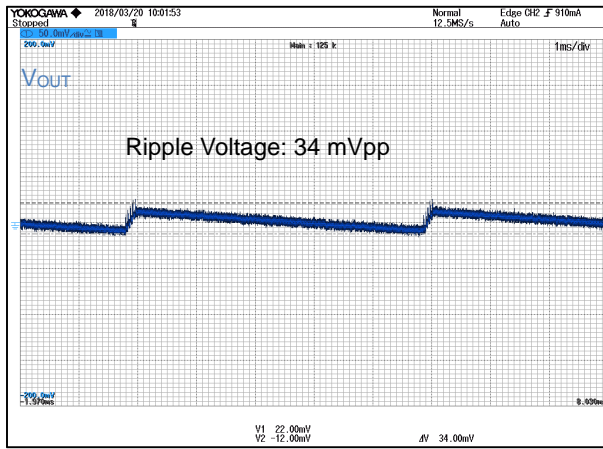


Figure 18.  $V_{IN} = 100 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$

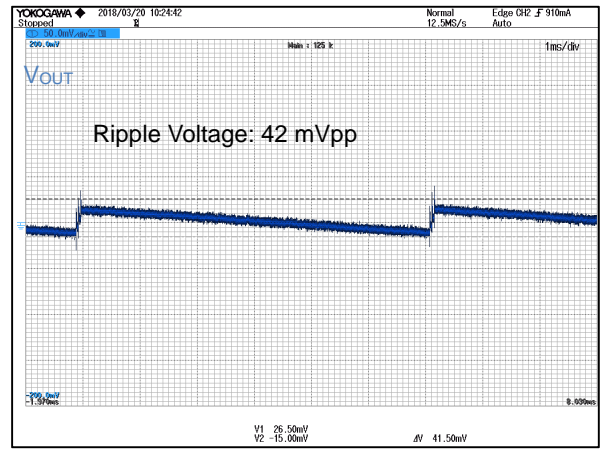


Figure 19.  $V_{IN} = 230 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 10 \text{ mA}$

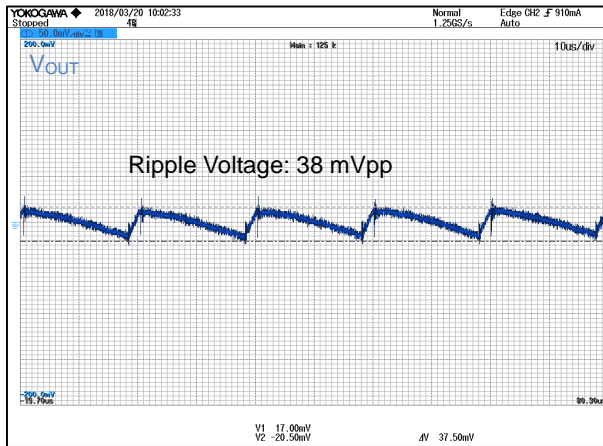


Figure 20.  $V_{IN} = 100 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 500 \text{ mA}$

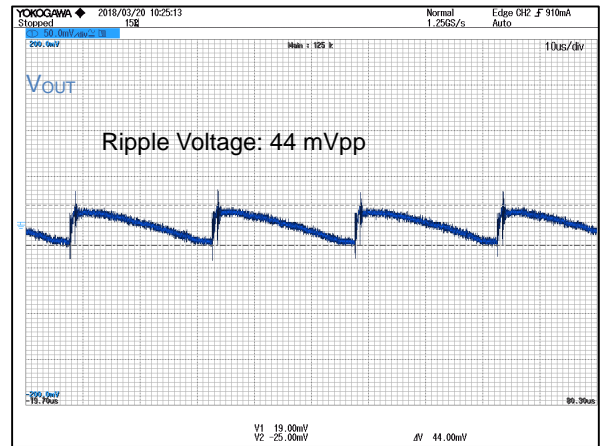


Figure 21.  $V_{IN} = 230 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 500 \text{ mA}$

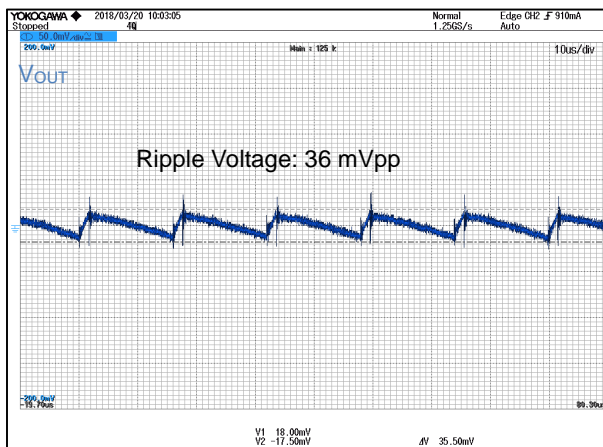


Figure 22.  $V_{IN} = 100 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 1000 \text{ mA}$

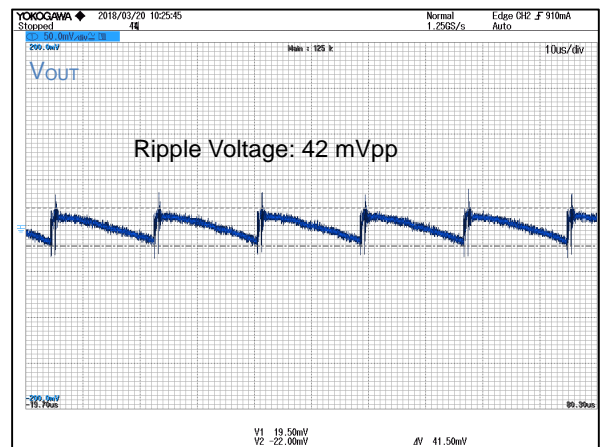


Figure 23.  $V_{IN} = 230 \text{ Vac}$ ,  $I_{OUT} = 1000 \text{ mA}$

測定データ - 続き

部品表面温度

Table 6. 部品表面温度 ※Ta = 25 °C, 30 分放置後測定

Part	Condition			
	V <sub>IN</sub> =90 Vac, I <sub>OUT</sub> =0.50 A	V <sub>IN</sub> =90 Vac, I <sub>OUT</sub> =0.67 A	V <sub>IN</sub> =264 Vac, I <sub>OUT</sub> =0.50 A	V <sub>IN</sub> =264 Vac, I <sub>OUT</sub> =0.67 A
IC1	43.7 °C	62.9 °C	50.4 °C	75.7 °C
D1	53.3 °C	74.5 °C	60.5 °C	79.7 °C
L1	37.4 °C	56.1 °C	47.6 °C	61.2 °C

・EMI

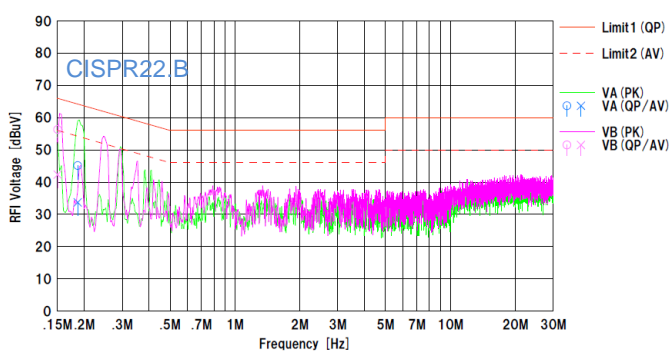


Figure 24. Conducted Emission.1  
 V<sub>IN</sub>=110 Vac/60 Hz, I<sub>OUT</sub>=0.5 A  
 QP margin= 9.6 dB, AV margin=13.6 dB

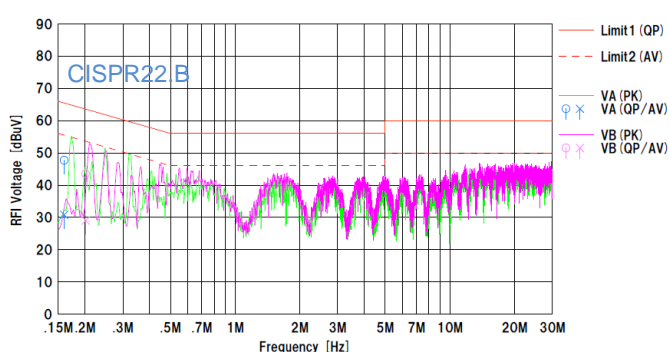


Figure 25. Conducted Emission.2  
 V<sub>IN</sub>=230 Vac/50 Hz, I<sub>OUT</sub>=0.5 A  
 QP margin= 17.7 dB, AV margin=24.5 dB

回路図

$V_{IN} = 90 \sim 264 \text{ Vac}$ ,  $V_{OUT} = 12 \text{ V}$

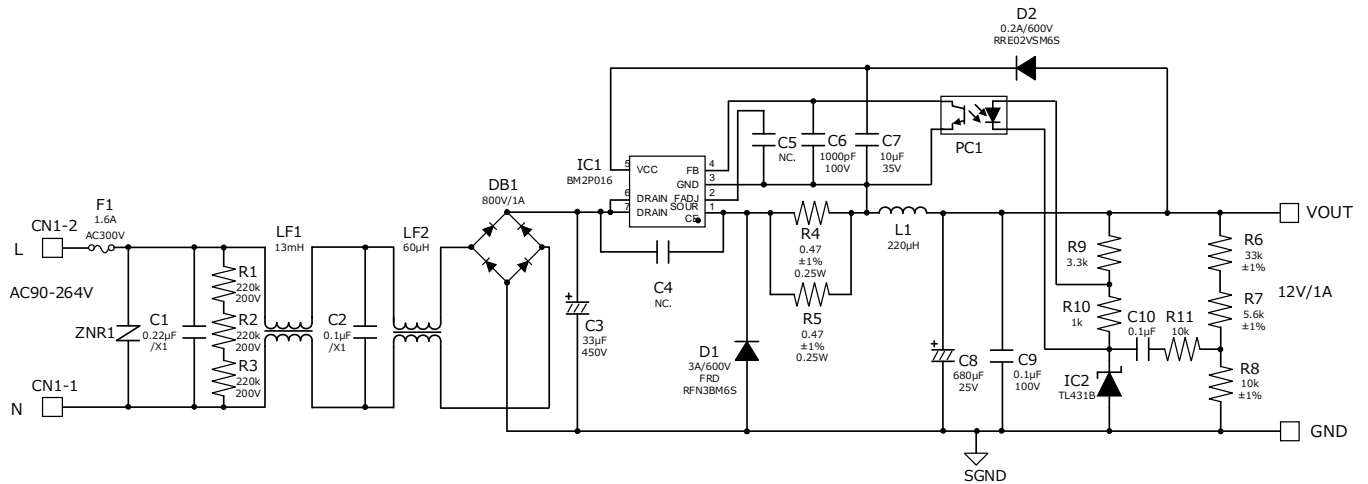


Figure 26. BM2P016-EVK-002 回路図

部品表

Table 7. BM2P016-EVK-002 の部品表

Part Reference	Qty.	Type	Value	Description	Part Number	Manufacture	Configuration mm (inch)
C1	1	Film	0.22 $\mu$ F	X2	890324023028CS	Wurth	-
C2	1	Film	0.1 $\mu$ F	X2	890324023023CS	Wurth	-
C3	1	Electrolytic	33 $\mu$ F	450V	450BXW33MEFR12.5X25	Rubycon	-
C4	0	Ceramic	47pF	1000V, X7R, $\pm$ 10%	RDER73A470J2K1H03B	Murata	-
C5	0	Ceramic	-	-	-	-	1608 (0603)
C6	1	Ceramic	1000pF	100V, X7R, $\pm$ 20%	HMK107B7102MA-T	Taiyo Yuden	1608 (0603)
C7	1	Ceramic	10 $\mu$ F	35V, X7R, $\pm$ 20%	GMK316AB7106ML-TR	Taiyo Yuden	3216 (1206)
C8	1	Electrolytic	680 $\mu$ F	25V, Low-Z	UPA1E681MPD	Nichicon	-
C9,C10	2	Ceramic	0.1 $\mu$ F	100V, X7R, $\pm$ 20%	HMK107B7104MA-T	Taiyo Yuden	1608 (0603)
CN1	1	Connector	-	2pin	B2P-NV	JST	-
D1	1	FRD	3A	600V	RFN3BM6S	ROHM	TO-252
D2	1	Diode	0.2A	600V	RRE02VSM6S	ROHM	TUMD2SM
DB1	1	Bridge	1A	800V	D1UBA80	Shindengen	SOPA-4
F1	1	Fuse	1.6A	300Vac	36911600000	Littelfuse	-
IC1	1	AC/DC Converter	-	-	BM2P016-Z	ROHM	DIP7
IC2	1	Shunt Regulator	-	$\pm$ 0.5%	TL431BIDBZT	TI	SOT-23-3
L1	1	Coil	220 $\mu$ H	1.9A	XF1501Y-221	Alpha Trans	$\Phi$ 13.5
LF1	1	Line Filter	13mH	1A	XF1482Y	Alpha Trans	-
LF2	1	Line Filter	60 $\mu$ H	1A	LF1246Y	Alpha Trans	-
PC1	1	Optocoupler	-	5kV	LTV-817-B	LiteOn	DIP4
R1,R2,R3	3	Resistor	220k $\Omega$	200V, $\pm$ 5%	MCR18EZPJ224	ROHM	3216 (1206)
R4,R5	2	Resistor	0.47 $\Omega$	0.25W, $\pm$ 1%	MCR18EZHFLR470	ROHM	3216 (1206)
R6	1	Resistor	33k $\Omega$	0.1W, $\pm$ 1%	MCR03EZPFX3302	ROHM	1608 (0603)
R7	1	Resistor	5.6k $\Omega$	0.1W, $\pm$ 1%	MCR03EZPFX5601	ROHM	1608 (0603)
R8	1	Resistor	10k $\Omega$	0.1W, $\pm$ 1%	MCR03EZPFX1002	ROHM	1608 (0603)
R9	1	Resistor	3.3k $\Omega$	0.1W, $\pm$ 1%	MCR03EZPFX3301	ROHM	1608 (0603)
R10	1	Resistor	1k $\Omega$	0.1W, $\pm$ 5%	MCR03EZPJ102	ROHM	1608 (0603)
R11	1	Resistor	10k $\Omega$	0.1W, $\pm$ 5%	MCR03EZPJ103	ROHM	1608 (0603)
ZNR1	1	Varistor	-	470V, 400A	V470ZA05P	Littelfuse	-

レイアウト

Size: 55 mm x 80 mm

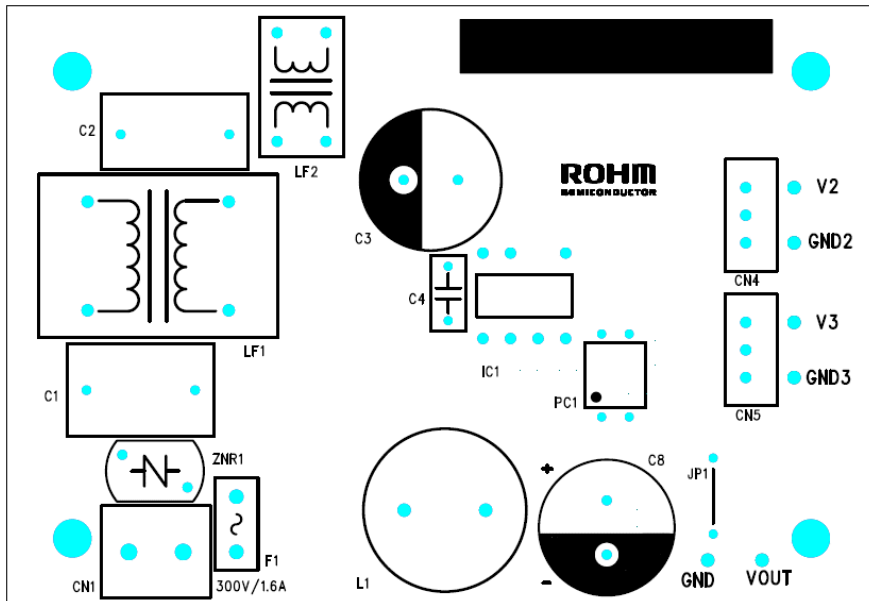


Figure 27. TOP シルksクリen (Top view)

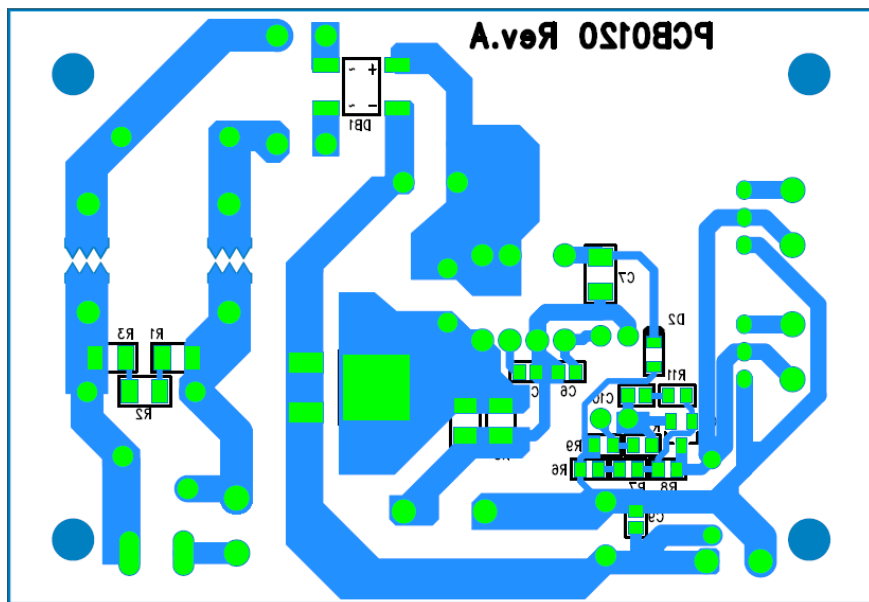


Figure 28. Bottom レイアウト (Top View)

## 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ものです。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/>