



AC/DCコンバータ
絶縁型 PWM方式 24W 12V 出力
BM2P0161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、**BM2P0161** 用評価ボード(**BM2P0161-EVK-003**)とその機能に限定し記載しています。

BM2P0161 の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

絶縁型 PWM 方式 24W 12V 出力

BM2P0161 評価ボード

BM2P0161-EVK-003

BM2P0161-EVK-003評価ボードは、90Vac～264Vacの入力から12Vの電圧を出力します。出力電流は最大2Aを供給します。PWM方式DC/DCコンバータICのBM2P0161を使用しています。

BM2P0161は、650V耐圧のMOSFETおよび起動回路内蔵により、小型化、低消費電力化に貢献します。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65kHz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。ソフトスタート機能やバースト機能、サイクルごとの過電流リミッタ、VCC過電圧保護、過負荷保護などの保護機能を内蔵しています。

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、 $V_{IN} = 230Vac$, $I_{OUT} = 1.5A$, $T_a = 25^{\circ}C$

Table 1. Evaluation Board Specification

Description	Min	Typ	Max	Units	Conditions
入力電圧範囲	90	-	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	-	-	24	W	$I_{OUT} = 2A$
出力電流範囲 (NOTE1)	0.0	1.5	2.0	A	
待機電力	-	73	-	mW	$I_{OUT} = 0A$
電源効率	80.0	86.0	-	%	Output: 24V 1.5A
出力リップル電圧 (NOTE2)	-	190	-	mV	BW=20MHz

(NOTE1) 部品表面温度が105℃以上にならないよう、負荷印加時間を調整してください。

(NOTE2) スパイクノイズを含みません。

操作手順

1. 必要な機器

- (1) 90Vac~264Vac、100W 以上の AC 電源
- (2) 最大 2A の負荷
- (3) DC 電圧計

2. 機器を接続

- (1) AC 電源を 90Vac~264Vac にプリセットして、電源出力を OFF にします。
- (2) 負荷を 2A 以下に設定して、負荷を無効にします。
- (3) 電源の N 端子を IN1、L 端子を IN2 端子へ、一対のワイヤで接続します。
- (4) 負荷の正端子を +12V 端子へ、負端子を GND 端子へ、一対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 12V 端子へ、負端子を GND 端子へ接続します。
- (7) AC 電源の出力を ON にします。
- (8) DC 電圧計の表示が 12V 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。

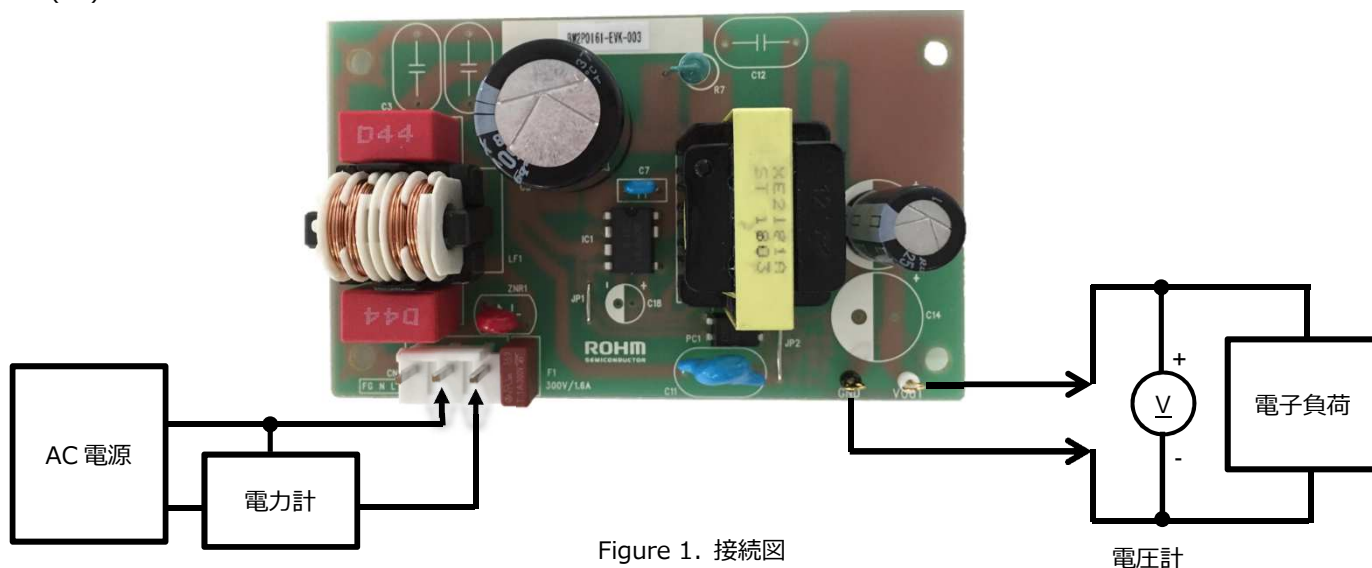


Figure 1. 接続図

デレーティング

本評価ボードは、最大電力は 24W です。また、右図に示すデレーティング曲線を示します。周囲温度が 50℃ 以上の高温時、デレーティング曲線を超える負荷電力を印加する場合は、部品表面温度が 105℃ を超えないよう、負荷電流時間を調整してください。

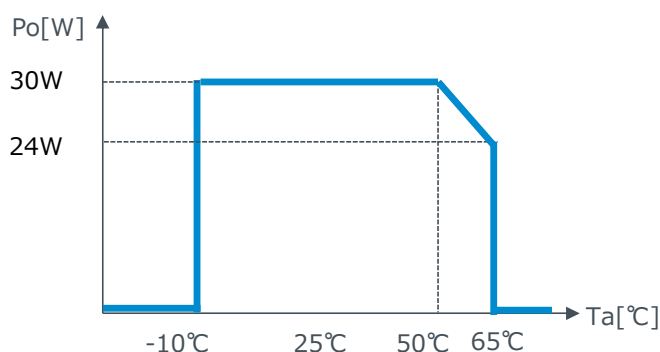


Figure 2. Derating

回路図

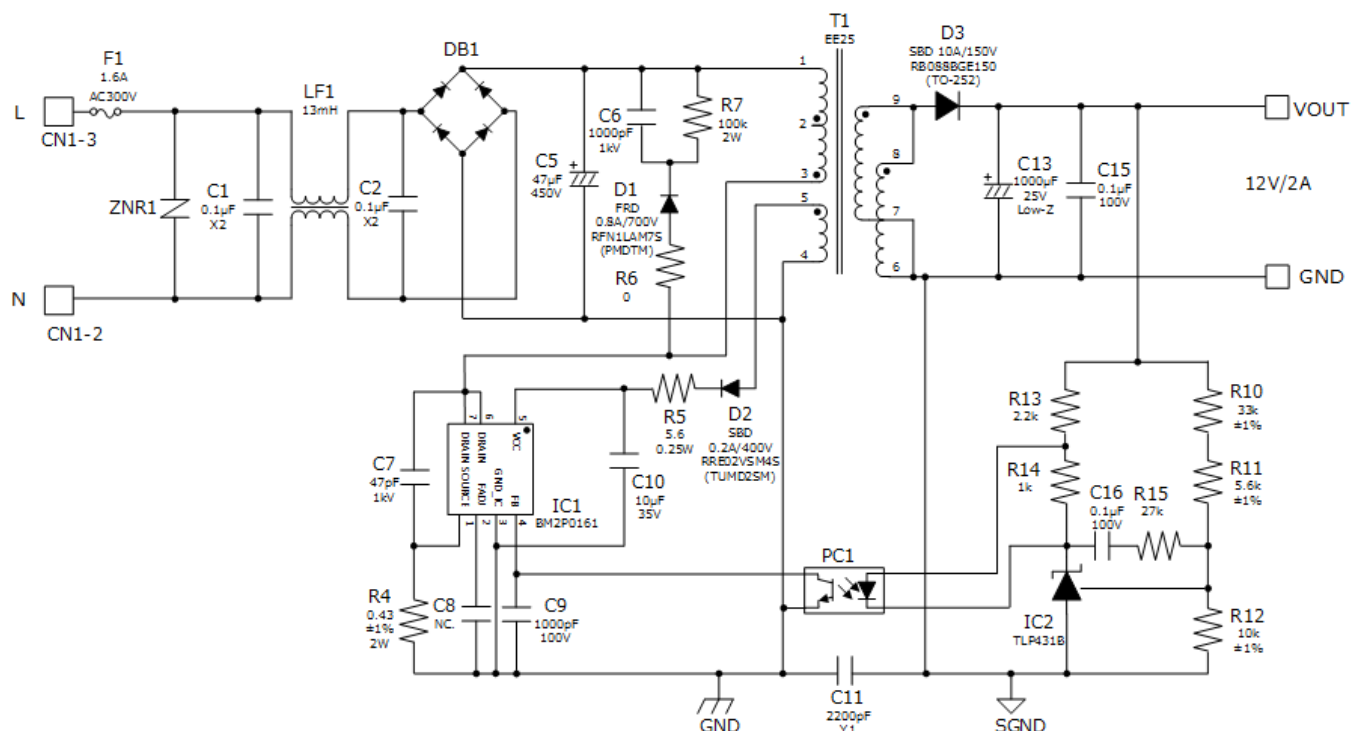
 $V_{IN} = 90 \sim 264V_{ac}$, $V_{OUT} = 12V$


Figure 3. BM2P0161-EVK-003 回路図

部品表

Table 2. BM2P0161-EVK-003 部品表

Part Reference	Qty.	Type	Value	Description	Part Number	Manufacture	Configuration mm (inch)
C1,C2	2	X2 Capacitor	0.1μF	300Vac, ±20%	890324023023CS	Wurth	-
C5	1	Electrolytic	47μF	450V, ±20%	450BXW47MEFR16X25	Rubycon	16mmΦX25mm
C6	1	Ceramic	2200pF	1000V, X7R, ±10%	GRM31BR73A222KW01	Murata	3216 (1206)
C7	1	Ceramic	47pF	1000V, X7R, ±10%	RDE5C3A470J2K1H03B	Murata	-
C8	0	Ceramic	NC	-	-	-	1608 (0603)
C9	1	Ceramic	1000pF	100V, X7R, ±10%	HMK107B7102KA-T	Taiyo Yuden	1608 (0603)
C10	1	Ceramic	10μF	35V, ±10%	GKM316AB7106KL-TR	Taiyo Yuden	3216 (1206)
C11	1	Y1 Capacitor	2200pF	Y1 capacitor	DE1E3KX222MB4BP01F	Murata	-
C13	1	Electrolytic	1000μF	25V, ±20%	25ZLJ1000M10X20	Rubycon	10mmΦX20mm
C15,C16	2	Ceramic	0.1μF	100V, X7R, ±10%	HMK107B7104KA-T	Taiyo Yuden	1608 (0603)
D1	1	FRD	0.8A	700V	RFN1LAM7S	ROHM	PMDTM
D2	1	REC Di	0.2A	400V	RRE02VSM4S	ROHM	TUMD2SM
D3	1	SBD	10A	150V	RB088BGE150	ROHM	TO-252
DB1	1	Bridge	1A	800V	D1UBA80	Shindengen	SOP-4
F1	1	Fuse	1.6A	1.6A 300V	36911600000	Littelfuse	-
IC1	1	AC/DC Converter	-	650V	BM2P0161	ROHM	DIP7
IC2	1	Shunt Regulator	-	±0.5%	TL431BIDBZT	TI	SOT-23-3
LF1	1	Line Filter	13mH	1A	XF1482Y	Alpha Trans	-
PC1	1	Optocoupler	-	5kV	LTV-817-B	LiteON	DIP4
T1	1	Transformer	-	Bobin:EI-2506, Core:EE25/20	XE2181A	Alpha Trans	-
R4	1	Resistor	0.43Ω	2W, ±1%	LTR100JZPFLR430	ROHM	3264 (1225)
R5	1	Resistor	5.6Ω	0.25W, ±5%	MCR18EZPJ5R6	ROHM	3216 (1206)
R6	1	Resistor	0Ω	0.25W	MCR18EZPJ000	ROHM	3216 (1206)
R7	1	Resistor	100kΩ	2W, 700V, ±2%	ERG2SJ104E	Panasonic	-
R10	1	Resistor	33kΩ	0.1W, ±1%	MCR03EZPF3302	ROHM	1608 (0603)
R11	1	Resistor	5.6kΩ	0.1W, ±1%	MCR03EZPF5601	ROHM	1608 (0603)
R12	1	Resistor	10kΩ	0.1W, ±1%	MCR03EZPF1002	ROHM	1608 (0603)
R13	1	Resistor	2.2kΩ	0.1W, ±5%	MCR03EZPF222	ROHM	1608 (0603)
R14	1	Resistor	1kΩ	0.1W, ±5%	MCR03EZPJ102	ROHM	1608 (0603)
R15	1	Resistor	27kΩ	0.1W, ±5%	MCR03EZPJ273	ROHM	1608 (0603)
ZNR1	1	Varistor	-	300Vac, 423Vmin, 400A	V470ZA05P	Littelfuse	5mmΦ Disc

トランス設計例

製造元：株式会社アルファトランス

〒541-0059 大阪市中央区博労町 1-7-2

<http://www.alphatrans.jp/>

Product: XE2181A AlphaTrans Corp.

Bobin: EI-2506 10PIN

Core: EE25/20 JSF

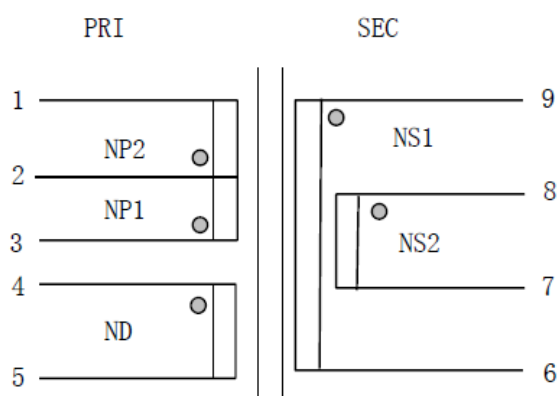


Figure 4. Connection Diagram

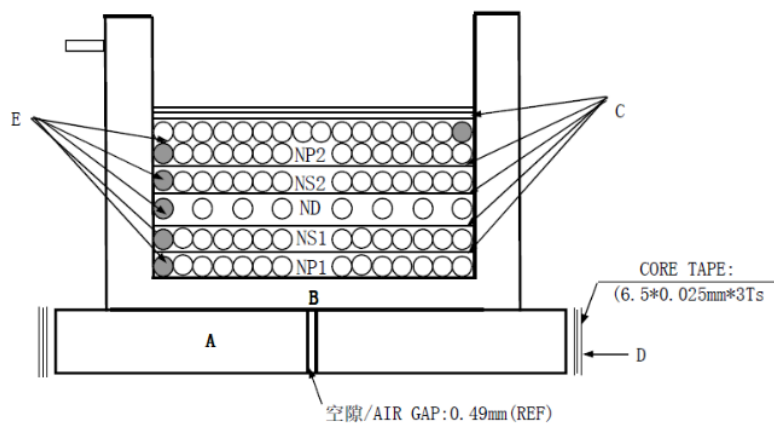


Figure 5. Winding structure diagram

Table 3. Alpha Trans XE2181A Winding Specification

NO.	WINDING	TERMINAL		WIRE SIZE	TURNS	TAPE LAYERS	WINDING METHOD	NOTE
		START	FINISH					
1	NP1	3	2	2UEW/Φ0.30mm*1	29	1	COMPACT	
2	NS1	9	6	TEX-E/Φ0.50mm*1	14	1	COMPACT	
3	ND	4	5	2UEW/Φ0.15mm*1	18	1	SCATTER	
4	NS2	8	7	TEX-E/Φ0.50mm*1	14	1	COMPACT	
5	NP2	2	1	2UEW/Φ0.30mm*1	48	3	COMPACT	

Inductance (Lp) 830μH±15% (100kHz,1V)

Leakage Inductance 25μH MAX

Withstand Voltage Pri - Sec AC3000V

Pri - Core AC1500V

Sec - Core AC1500V

Insulation resistance 100MΩ over (DC500V)

PCB レイアウト

Size : 91 mm x 55 mm

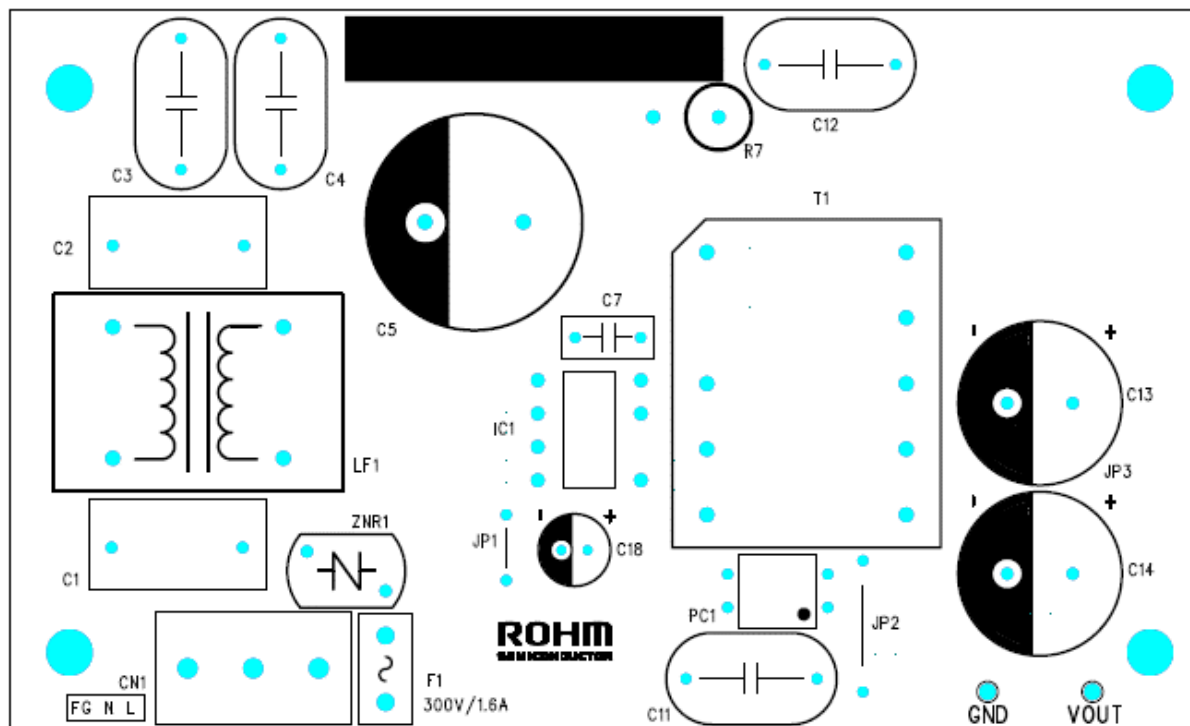


Figure 6. Top Pattern (Top view)

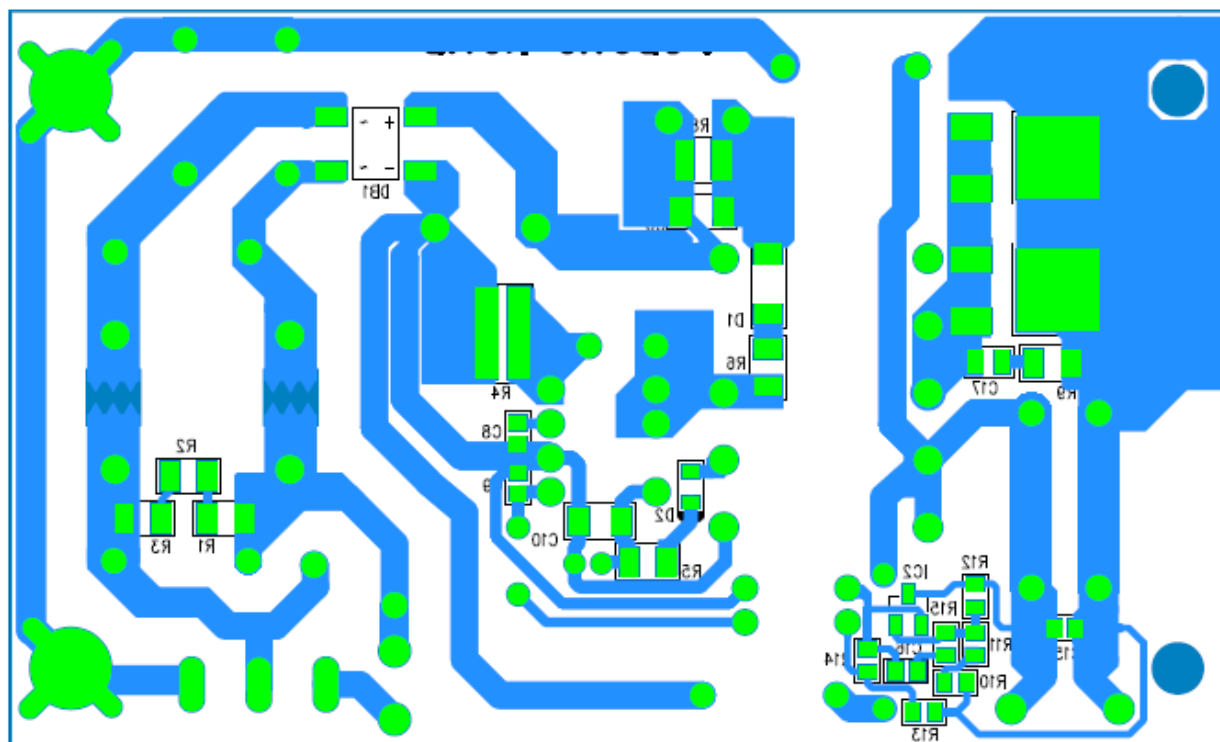


Figure 7. Bottom Pattern (Top view)

BM2P0161 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（FADJ 付き）
- 650 V 起動回路内蔵
- 650 V スイッチング MOSFET 内蔵
- VCC 端子 OVP, UVLO
- SOURCE 端子 Leading-Edge-Blanking 機能
- サイクルごとの過電流リミッタ機能
- 過電流リミッタ AC 補正機能
- ソフトスタート機能
- OLP, Thermal shut down

重要特性

- 動作電源電圧範囲:

VCC: 8.9 V ~ 26.0 V
DRAIN: 650 V(Max)
- 回路電流(ON)1:

BM2P0161: 0.90 mA(Typ)
BM2P0361: 0.65 mA(Typ)
- 回路電流(ON)2: 0.30 mA(Typ)
- 発振周波数: 65 kHz(Typ)
- 動作温度範囲: -40 °C ~ +105 °C
- MOSFET ON 抵抗:

BM2P0161: 1.0 Ω(Typ)
BM2P0361: 3.0 Ω(Typ)

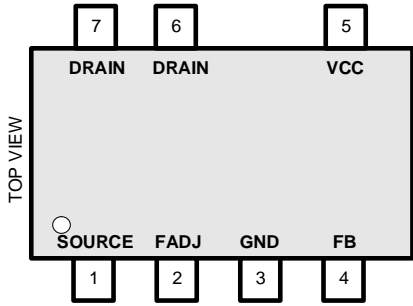


Figure 8. Block Diagram

パッケージ

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

DIP7K 9.20 mm x 6.35 mm x 4.30 mm
Pitch 2.54 mm

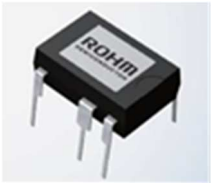


Figure 9. DIP7K Package

Table 4. BM2P0161 ピン配置

NO.	Name	I/O	Function	ESD Diode	
				VCC	GND
1	SOURCE	I/O	MOSFET SOURCE	✓	✓
2	FADJ	I	Max Burst Frequency Setting pin	✓	✓
3	GND	I/O	GND	✓	-
4	FB	I	Feedback signal input	✓	✓
5	VCC	I	Vcc	-	✓
6	DRAIN	I/O	MOSEFET DRAIN	-	-
7	DRAIN	I/O	MOSEFET DRAIN	-	-

設計概要

1. 重要パラメータ

- Input Voltage Spec AC90V to AC264V (DC 100V to 380V)
- MOSFET Voltage max 650V

1-1. フライバック電圧 VOR の決定

フライバック電圧 VOR を決定して、巻数比 $N_p : N_s$ 、Duty 比を求めます。

$$VOR = VO \times \frac{N_p}{N_s} = \frac{ton}{toff} \times VIN$$

$$VOR = (650V \div 1.3) - VIN(max)$$

* 1.3: 安全設計のためのマージン。お客様にてご判断ください。

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{VOR}{VO}$$

$$Duty = \frac{VOR}{VIN + VOR}$$

$$VOR < (650 \div 1.3) - 380 = 120$$

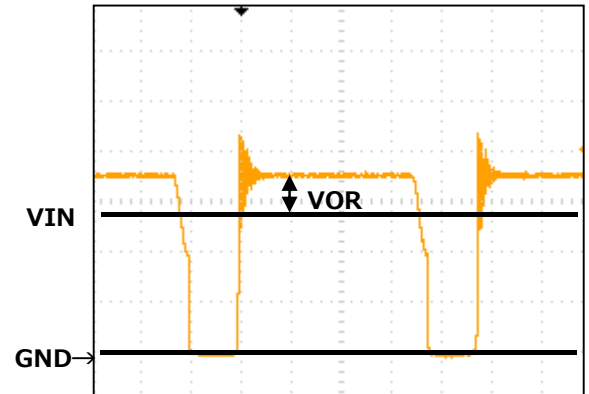


Figure 10. MOSFET ドレイン-ソース電圧(Vds)

$VIN(min)=100V$ 、 $VOR=70V$ 、 $Vf=1V$ とし、 NS/NP 比、Duty(max) を確認します。

$$VOR = 70V < (650 \div 1.3) - 380 = 120$$

$$VIN(min)=100V、VOR=70V、Vf=1V$$

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{VOR}{VO} = \frac{VOR}{Vout + Vf} = \frac{70V}{12V + 1V} = 5.38$$

(*) VOR は、入力電圧 Max と MOSFET の耐圧に十分にマージンを持って決定するようにしてください。

異常発振を防止するため、入力電圧 Min のときの Duty が、0.5 以下になるが確認してください。

$$\frac{N_p}{N_s} = \frac{VOR}{VO} = \frac{VOR}{Vout + Vf} = \frac{70V}{12V + 1V} = 5.38$$

$$Duty(max) = \frac{VOR}{VIN(min) + VOR} = \frac{70V}{100V + 70V} = 0.412$$

1-2. 動作モードの選択

PWM 駆動 Fly back 方式のスイッチングレギュレータは、一次側から二次側へ電力をトランスにて伝送します。

トランスの動作モードには、以下の 3 種類があります。

- CCM (Continuous Current Mode) 二次側のコイルの充電電流が完全に放電する前に、一次側の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するため、電流連続モードといいます。
- BCM (Boundary Current Mode) 二次側のコイルの放電完了と同時に、一次側のスイッチング素子が On するモードです。電流が、着地と同時に弾むように見えるので Boundary と表現しています。
- DCM (Dis-continuous Current Mode) 二次側のコイルが完全に放電した後に、一次側の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。

BM2P0161 は、CCM, DCM のどちらのモードでも、正常に動作します。

今回の設計では、12V/2A のピーク時に DC260V(AC185V)を BCM になるように設計した、トランスを設計します。

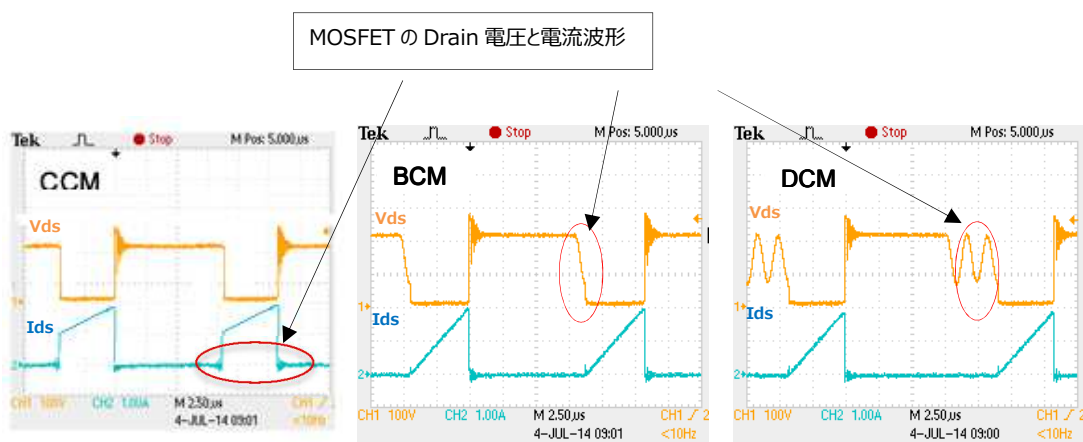


Figure 11. スイッチング波形(MOSFET Vds, Ids)

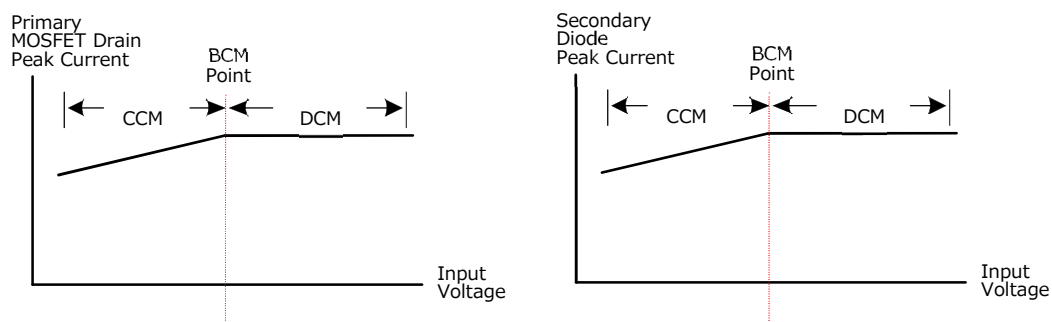


Figure 12. 動作モード ~入力電圧とピーク電流(MOSFET Drain, Diode)

1-3. インダクタンス値の設計

260VDC 入力、発振周波数 65kHz に時に BCM になるという条件から、一次巻線インダクタンス L_p 、一次側の最大電流 I_{ppk} を求めます。その他のパラメータを以下とします。

$V_o = 12V$ 、出力ダイオード $V_F = 1V$ とし、

$$P_o = (12V + 1V) \times 2A = 26W$$

$$Duty = \frac{V_{OR}}{V_{IN} + V_{OR}} = \frac{70V}{260V + 70V} = 0.212$$

$$L_s = \frac{(V_o \times (1 - Duty)^2)}{(2 \times I_o(max) \times f_{sw})} = ((12V + 1V) \times \frac{(1 - 0.212)^2}{2 \times 2A \times 65k}) = 28.555\mu H$$

$$L_p = L_s \times \left(\frac{N_p}{N_s}\right)^2 = 0.28555\mu H \times 5.38^2 = 0.83mH$$

$$I_{spk} = \sqrt{\frac{2 \times P_o(max)}{L_s \times f_{sw}}} = 5.3A$$

$$I_{ppk} = \sqrt{\frac{2 \times P_o(max)}{L_p \times f_{sw}}} = 0.982A$$

$$I_{pav} = I_{ppk} \times \frac{Duty}{\sqrt{3}} = 0.982 \times \frac{0.212}{\sqrt{3}} = 0.12A$$

1-4. トランスサイズの決定

$P_o(max) = 26W$ より、トランスのコアサイズを EE25 とします。

Table 5. 出力電力とトランスコア

出力電力 $P_o(W)$	コアサイズ	コア断面積 $A_e (mm^2)$
~30	EI25/EE25	41
~60	EI28/EE28/EER28	84
~80	EI33/EER35	107

(*) 上記の値は目安です。詳細はトランスメーカー等にご確認ください。

1-5. 一次側巻線数 N_p の算出

一般的なフェライトコアの磁束密度 $B(T)$ の最大値は、 $0.4T @ 100^\circ C$ ですので、 $B_{sat} = 0.266T$ とします。

$$N_p > \frac{L_p \times I_{ppk}}{A_e \times B_{sat}} = \frac{830\mu H \times 0.982A}{40mm^2 \times 0.266T} = 76.6turns$$

N_p は 77 ターンにします。

磁気飽和を起こさないために、AL-Value – NI 特性から飽和しない領域で使用する必要があります。

$N_p = 77 turns$ とした場合、

$$AL - Value = \frac{N_p}{N_p^2} = \frac{830\mu H}{77turns^2} = 139nH/turns^2$$

$$NI = N_p \times I_{ppk} = 77turns \times 0.982A = 75.62A \cdot turns$$

この飽和領域に入らないかどうか、コアの仕様で確認します。

NI limit vs. AL-value (代表例)
PC47EE25/19 コア (ギャップ付)

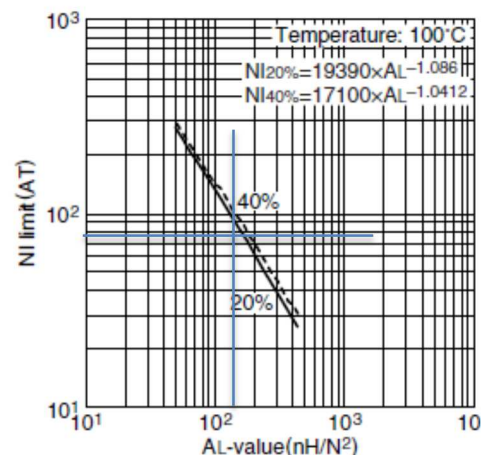


Figure 13. TDK PC47EE25/19
AL-Value to NI Limit

1-6. 二次側巻線数 N_s の算出

$$\frac{N_p}{N_s} = 5.38 \rightarrow N_s = \frac{77}{5.38} = 4.31 \text{ turns}$$

N_s は 14 ターンとします。

I_{sav} は、最大出力電流となります。

1-7. VCC 巻線数 N_d の算出

$V_{CC}=16V$ 、 $V_{f_vcc}=1V$ とすると、

$$N_d = N_s \times \frac{V_{CC} + V_{f_vcc}}{V_{out} + V_f} = 14 \text{ turns} \times \frac{16V + 1V}{12V + 1V} = 18.3 \text{ turns}$$

N_d は 18 ターンとします。

(*) 出力コンデンサの耐圧と VCC OVP の動作点により、VCC 電圧を決定ください。

これより、トランス仕様は以下となります。

Table 6. トランス仕様 (参考)

Core	PC47EE25/19 compatible
L_p	830 μ H
N_p	77 turns
N_s	14 turns
N_d	18 turns

2. 主要部品選定

2-1. 入力コンデンサ ; C_5

入力コンデンサ容量は Table 1-3 より選定します。

$P_{out}=12V \times 2.0A=24W$ より、 $C_5 : 2 \times 24=48 \rightarrow 47\mu F$ とします。

Table 7. 入力コンデンサ選定表

入力電圧 (Vdc)	C_{in} (μF)
< 300	$2 \times P_{out}(W)$
300<	$1 \times P_{out}(W)$

(*) 保持時間などの仕様に合わせて選定して下さい。

コンデンサの耐圧は最大入力電圧以上が必要になります。

そのため、耐圧 450V/47 μF のコンデンサを選択します。

2-2. 電流検出抵抗 ; R4

一次側に流れる電流を制限して出力の過負荷保護ポイントを設定します。

$$R4 = \frac{V_{cs} + 20mV \times (duty/fsw)}{I_{ppk}} = \frac{0.4V + 0.02V \times (0.212/65000) \times 10^6}{0.982A} = 0.473$$

R4 は、0.43Ωの抵抗を選択します。

また、検出抵抗の損失 P_R4 は、

$$P_{R4(peak)} = I_{ppk}^2 \times R4 = 0.982^2 A \times 0.43\Omega = 0.415W$$

$$P_{R4(rms)} = I_{pav} \times R4 = 0.212A \times 0.43\Omega = 0.0912W$$

耐パルス性を考慮して、1W 以上とします。

耐パルスについては、同じ電力定格でも抵抗の構造等によって変わる場合があります。

ご使用になる抵抗メーカーにご確認ください。

2-3. VCC 用ダイオード ; D2

VCC 用ダイオードは、小型整流ダイオード、あるいは、ファストリカバリーダイオードを推奨します。

電流は、IC の消費電流だけになりますので、最大 15mA 程度と見積もります。

VCC 用ダイオードに印加される逆電圧は、 $V_f=1V$ とすると、

$$V_{dr} = V_{CC(max)} + V_f + V_{IN(max)} \times \frac{Nd}{Np}$$

本 IC には、VCC OVP 機能があり、VCC OVP(max)=29.0V です。

VCC 電圧が VCC OVP まで上昇した場合でもダイオードの逆電圧が使用するダイオードの V_r を超えないように設定します。

$$V_{dr} = 29V + 1.0V + 400V \times \frac{14turns}{77turns} = 103V$$

今回は、サージ特性も考慮して、ロームの小型整流ダイオード RRE02VSM4S 0.2A/400V を選定します。

2-4. VCC 巻線用サージ電圧制限抵抗 ; R5

トランスのリーケージ・インダクタンス(LLeak)により、MOSFET がオンからオフになった瞬間、大きなサージ電圧（スパイクノイズ）が発生します。このサージ電圧が VCC 巻線に誘起され、VCC 電圧が上昇して IC の VCC 過電圧保護にかかる場合があります。

VCC 巻線に誘起されるサージ電圧を軽減するために制限抵抗 R5（5~22Ω程度）を挿入します。

今回は、 $R5 = 5.6\Omega$ MCR18/0.25W を選定しました。

VCC 電圧の上昇につきましては、製品に組み込んだ状態での確認をお願いします。

2-5. VCC 用コンデンサ ; C10

本 IC は、起動回路を内蔵しています。そのため、起動時間は、Vcc コンデンサの容量で決まります。起動時間の参考値は、下記参照。
起動後は、アイドリング電流 I_{START3} のみの消費電力となります。

なお、今回選定した $C10=10\mu\text{F}$ 時は、0.1 sec 以下の起動が可能です。

耐圧は、VCC OVP 電圧=29Vmax 以上で決定ください。

今回は、 $C10=10\mu\text{F}/50\text{V}$ としています。

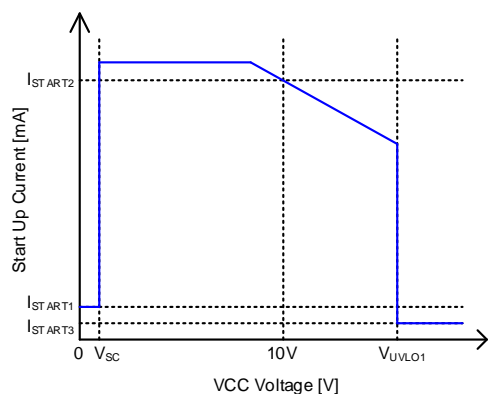


Figure 14. Start Up Current vs VCC Voltage

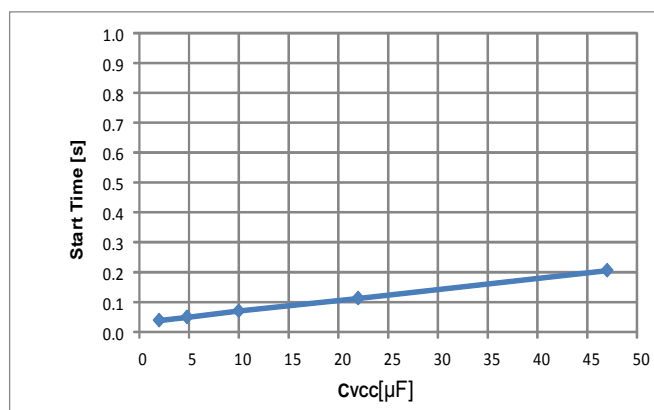


Figure 15. Start Time vs C_VCC

2-6. スナバ回路 ; C6,D1,R7

トランスのリークageインダクタンス(Lleak)により、MOSFET がオンからオフになった瞬間、大きなサージ電圧（スパイクノイズ）が発生します。このサージ電圧は、MOSFET のドレインソース間に印加されるため、最悪の場合、MOSFET の破壊に至る場合があります。このサージ電圧を抑制するために RCD スナバ回路を推奨します。

①クランプ電圧 (Vclamp) 、クランプ Ripple 電圧 (Vripple) の決定

クランプ電圧は、MOSFET の耐圧からマージンを考慮して決定します。

$$V_{clamp}=650\text{V} \times 0.8 = 520\text{V}$$

クランプ Ripple 電圧 (Vripple) は 70V 程度にします。

②R7 の決定

R7 は以下の条件を満たすように選定します。

ここでは、 $L_{leak}=L_p \times 5\% = 830\mu\text{H} \times 5\% = 42\mu\text{H}$ とします。

$$R7 < 2 \times V_{clamp} \times \frac{V_{clamp} - V_{OR}}{L_{leak} \times I_p^2 \times f_{sw}} = 2 \times 520\text{V} \times \frac{520\text{V} - 70\text{V}}{42\mu \times 0.982^2 \times 65\text{k}} = 178\text{k}\Omega$$

R7 は、120kΩとします。

R7 の損失 P_{R7} は、

$$P_{R7} = \frac{(V_{clamp} - V_{IN})^2}{R7} = \frac{(520 - 400)^2}{120\text{k}} = 0.12\text{W}$$

となります。マージンを考慮して、1W 以上とします。

③C6 の決定

$$C6 > \frac{V_{clamp}}{V_{ripple} \times f_{sw} \times R7} = \frac{520V}{70V \times 65kHz \times 120k\Omega} = 935pF$$

C6 にかかる電圧は、520V-400=120V となります。

マージンを考慮して、今回は、1000pF/1kV を選定しました。

④D1 の決定

ダイオードはファストリカバリーダイオードをご使用下さい。耐圧は、MOSFET の $V_{ds(max)}$ 以上の電圧にします。

サージ電圧は、トランスのリークage・インダクタンスの他に、基板のパターンの影響も受けます。

製品に組み込んだ状態にて V_{ds} 電圧の確認を行い、必要に応じてスナバ回路の調整を行って下さい。

今回は、RFN1LAM7S 0.8A/700V を選定しました。

2-7. FB 端子コンデンサ ; C9

C16 は FB 端子の安定用コンデンサです (1000pF~0.01uF 程度を推奨)。

2-8. 出力整流ダイオード ; D3

出力整流ダイオードは、高速ダイオード (ショットキーバリアダイオード、ファストリカバリーダイオード) を使用してください。

出力ダイオードに印加される逆電圧は、 $V_f=1V$ としますと、

$$V_{dr} = V_{out(max)} + v_f + V_{IN(max)} \times \frac{N_s}{N_p}$$

となります。 $V_{out(max)}=12.0V+10\%=13.2V$ とすると、

$$V_{dr} = 13.2V + 1.0V + 400V \times \frac{14}{77} = 86.92V$$

マージンを考慮して、 $87/0.7=124V \rightarrow 150V$ 品を選定します。

また、ダイオードの損失 (概算値) は、 $P_d=V_f \times I_{out}=1.0V \times 2A=2.0W$ となります。

今回は、ショットキーバリアダイオード RB088BGE-150 : 150V 10A , TO-252 パッケージを選定しました。

電圧マージンは 70% 以下、ピーク電流は 50% 以下で使用することを推奨します。

製品に組み込んだ状態にて温度上昇の確認を行い、必要に応じて部品の再検討、ヒートシンク等の放熱を行って下さい。

2-9. 出力コンデンサ ; C13, C15

出力コンデンサは、出力負荷で許容可能な Peak to Peak の Ripple 電圧 (ΔV_{pp}) と Ripple 電流で決まります。

MOSFET がオンの時、出力ダイオードはオフ状態です。この時、出力コンデンサから負荷に電流を供給します。

MOSFET がオフの時に出力ダイオードはオン状態になり、この時に出力コンデンサにチャージするとともに

負荷電流も供給します。

$\Delta V_{pp}=200mV$ とすると、

$$Z_c < \frac{\Delta V_{pp}}{I_{spk}} = \frac{\Delta V_{pp}}{\frac{N_p}{N_s} \times I_{ppk}} = \frac{0.2V}{\frac{77}{14} \times 0.982A} = 0.037\Omega \quad \text{at } 60kHz: f_{sw(min)}$$

一般的なスイッチング電源用電解コンデンサ (低インピーダンス品) では、インピーダンスは 100kHz で規定されていますので、100kHz に換算します。

$$Z_c < 0.037\Omega \times \frac{65}{100} = 0.02405\Omega \quad \text{at } 100kHz$$

Ripple 電流 $I_s(\text{rms})$ は、

$$I_s(\text{rms}) = I_{\text{spk}} \times \sqrt{\frac{1 - \text{Duty}}{3}} = \frac{77}{14} \times 0.982A \times \sqrt{\frac{1 - 0.212}{3}} = 2.768A$$

C13 充放電電流 $I_c(\text{rms})$ は、

$$I_c(\text{rms}) = \sqrt{I_s(\text{rms})^2 - I_o^2} = \sqrt{2.768^2 - 2^2} = 1.91A(\text{rms})$$

コンデンサの耐圧は、出力電圧の 2 倍程度を目安にします。

$V_{\text{out}} \times 2 = 12V \times 2 = 24V \rightarrow 25V$ 以上とします。

これらの条件に合う電解コンデンサを選定してください。

今回は、以下のコンデンサを選定しました。

C13 1000uF/25V Rubycon ZLJ シリーズ Iripple 2500mA@100kHz Imp 0.028Ω

C15 0.1uF/50V Ceramic Capacitor

(*) 実際の Ripple 電圧、Ripple 電流は実機での確認をしてください。

2-10. 出力電圧設定抵抗 ; R10,R11,R12

出力電圧は以下の式で設定します。

シャントレギュレータ IC2 : $V_{\text{ref}} = 2.495V$ としますと、

$$V_o = \left(1 + \frac{R_{10} + R_{11}}{R_{12}}\right) \times V_{\text{ref}} = \left(1 + \frac{33k\Omega + 5.6k\Omega}{10k\Omega}\right) \times 2.495V = 12.1257V$$

2-11. 制御回路部調整 ; R15、C11, R13,R14

R15、C11 は位相補償回路です。R15=1k~47kΩ、C11=0.1μF 程度として実機にて調整してください。

R13 は制御回路電流の制限抵抗です。300~2kΩで調整してください。

R14 はシャントレギュレータ IC2 の暗電流設定抵抗です。

IC2 : TL431 の場合、1mA を確保⇒R14=フォトカプラ $V_f = 1V / 1mA = 1k\Omega$ とします。

3. EMI 対策

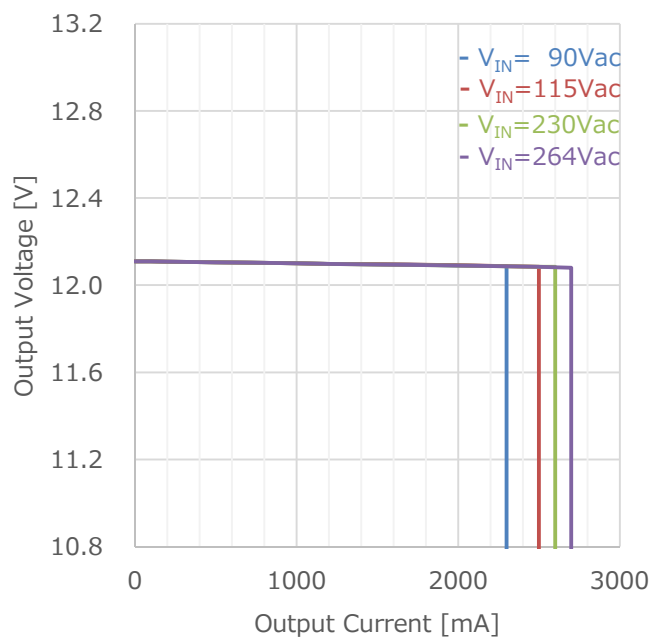
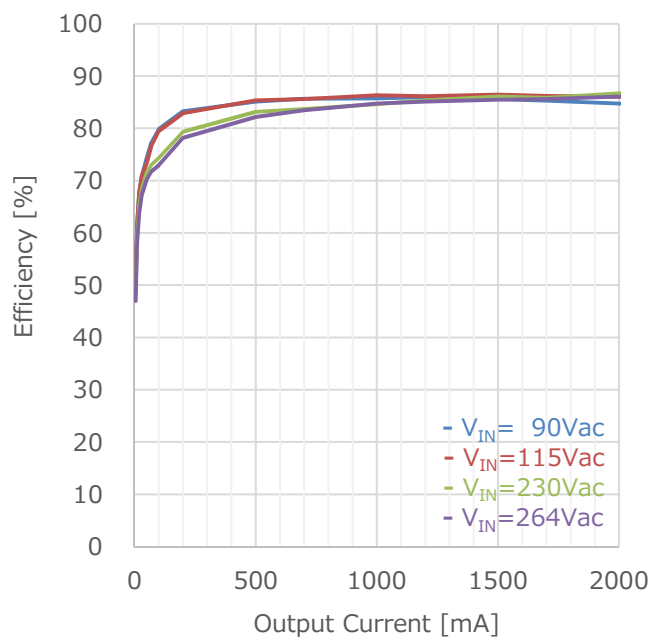
EMI 対策としては、以下をご確認ください。

(*) 定数は参考値です。ノイズの影響により調整してください。

- ・入力部にフィルタ追加 C1,C2,LF1
- ・一次側と二次側間にコンデンサ追加 (C11 ; Y-Cap 2200pF 程度)
- ・2 次側整流ダイオードに RC スナバ追加

測定データ

•Constant Load Regulations

Figure 16. Load Regulation (I_{OUT} vs. V_{OUT})Figure 17. Load Regulation (I_{OUT} vs. Efficiency)Table 8. Load Regulation ($V_{IN}=90Vac$)

I_{OUT}	V_{OUT}	Efficiency
500 mA	12.105 V	83.13 %
1000 mA	12.100 V	85.75 %
1500 mA	12.096 V	85.58 %
2000 mA	12.090 V	84.75 %

Table 9. Load Regulation ($V_{IN}=230Vac$)

I_{OUT}	V_{OUT}	Efficiency
500 mA	12.105 V	83.14 %
1000 mA	12.100 V	84.62 %
1500 mA	12.095 V	86.11 %
2000 mA	12.090 V	86.73 %

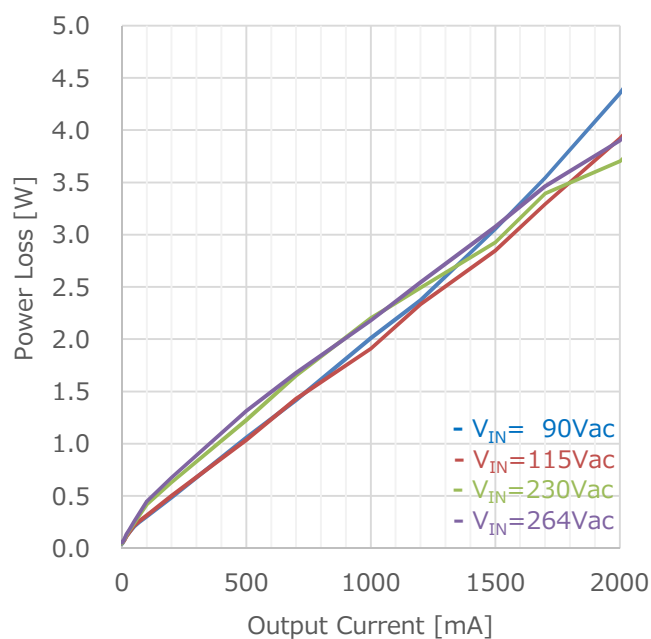
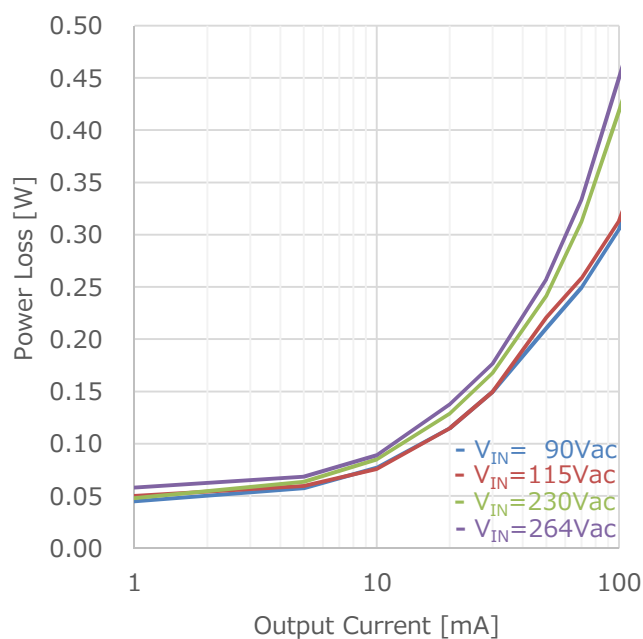
Figure 18. Load Regulation (I_{OUT} vs. P_{LOSS})Figure 19. Load Regulation (I_{OUT} vs. P_{LOSS})

Table 10. Load Regulation : $V_{IN}=90Vac$

V_{IN} [Vac]	P_{IN} [W]	V_{OUT} [V]	I_{OUT} [mA]	P_{OUT} [W]	P_{LOSS} [W]	Efficiency [%]
90	0.04	12.110	0	0.00	0.042	0.00
90	0.12	12.110	5	0.06	0.057	51.31
90	0.20	12.110	10	0.12	0.077	61.16
90	0.36	12.110	20	0.24	0.115	67.84
90	0.51	12.110	30	0.36	0.150	70.82
90	0.82	12.110	50	0.61	0.211	74.20
90	1.10	12.109	70	0.85	0.249	77.27
90	1.52	12.109	100	1.21	0.305	79.87
90	2.91	12.108	200	2.42	0.486	83.27
90	7.11	12.105	500	6.05	1.058	85.13
90	9.89	12.103	700	8.47	1.418	85.66
90	14.11	12.100	1000	12.10	2.010	85.75
90	16.89	12.098	1200	14.52	2.372	85.95
90	21.20	12.096	1500	18.14	3.056	85.58
90	24.10	12.094	1700	20.56	3.540	85.31
90	28.53	12.090	2000	24.18	4.350	84.75
90	33.13	12.088	2300	27.80	5.328	83.92
90	OLP	0.000	2300			

Table 11. Load Regulation: $V_{IN}=115Vac$

V_{IN} [Vac]	P_{IN} [W]	V_{OUT} [V]	I_{OUT} [mA]	P_{OUT} [W]	P_{LOSS} [W]	Efficiency [%]
115	0.05	12.110	0	0.00	0.047	0.00
115	0.12	12.110	5	0.06	0.059	50.46
115	0.20	12.110	10	0.12	0.076	61.47
115	0.36	12.110	20	0.24	0.115	67.84
115	0.51	12.110	30	0.36	0.150	70.82
115	0.83	12.110	50	0.61	0.221	73.31
115	1.11	12.109	70	0.85	0.258	76.64
115	1.52	12.109	100	1.21	0.313	79.46
115	2.92	12.108	200	2.42	0.499	82.90
115	7.09	12.105	500	6.05	1.038	85.37
115	9.90	12.103	700	8.47	1.428	85.58
115	14.01	12.100	1000	12.10	1.910	86.37
115	16.85	12.098	1200	14.52	2.332	86.16
115	20.99	12.096	1500	18.14	2.846	86.44
115	23.85	12.094	1700	20.56	3.290	86.20
115	28.10	12.091	2000	24.18	3.918	86.06
115	35.37	12.085	2500	30.21	5.158	85.42
115	OLP	0.000	2500			

Table 12. Load Regulation : $V_{IN}=132Vac$

V_{IN} [Vac]	P_{IN} [W]	V_{OUT} [V]	I_{OUT} [mA]	P_{OUT} [W]	P_{LOSS} [W]	Efficiency [%]
132	0.04	12.110	0	0.00	0.043	0.00
132	0.12	12.110	5	0.06	0.063	48.83
132	0.20	12.110	10	0.12	0.074	62.10
132	0.36	12.110	20	0.24	0.116	67.65
132	0.51	12.110	30	0.36	0.151	70.68
132	0.83	12.110	50	0.61	0.225	72.95
132	1.12	12.109	70	0.85	0.270	75.82
132	1.54	12.109	100	1.21	0.326	78.78
132	2.94	12.108	200	2.42	0.518	82.37
132	7.12	12.105	500	6.05	1.068	85.01
132	9.85	12.103	700	8.47	1.378	86.01
132	14.06	12.100	1000	12.10	1.960	86.06
132	16.78	12.098	1200	14.52	2.262	86.52
132	20.88	12.096	1500	18.14	2.736	86.90
132	23.76	12.094	1700	20.56	3.200	86.53
132	27.99	12.090	2000	24.18	3.810	86.39
132	35.13	12.084	2500	30.21	4.920	85.99
132	OLP	0.000	2500			

Table 13. Load Regulation: $V_{IN}=176Vac$

V_{IN} [Vac]	P_{IN} [W]	V_{OUT} [V]	I_{OUT} [mA]	P_{OUT} [W]	P_{LOSS} [W]	Efficiency [%]
176	0.04	12.110	0	0.00	0.039	0.00
176	0.12	12.110	5	0.06	0.057	51.31
176	0.20	12.110	10	0.12	0.078	60.85
176	0.36	12.110	20	0.24	0.121	66.72
176	0.52	12.110	30	0.36	0.157	69.87
176	0.83	12.109	50	0.61	0.226	72.86
176	1.15	12.109	70	0.85	0.300	73.84
176	1.58	12.109	100	1.21	0.364	76.88
176	2.98	12.108	200	2.42	0.561	81.18
176	7.19	12.105	500	6.05	1.138	84.18
176	9.95	12.103	700	8.47	1.478	85.15
176	14.05	12.100	1000	12.10	1.950	86.12
176	16.89	12.098	1200	14.52	2.372	85.95
176	21.02	12.095	1500	18.14	2.878	86.31
176	23.67	12.093	1700	20.56	3.112	86.85
176	27.92	12.090	2000	24.18	3.740	86.60
176	34.94	12.085	2500	30.21	4.728	86.47
176	36.35	12.084	2600	31.42	4.932	86.43
176	OLP	0.000	2600			

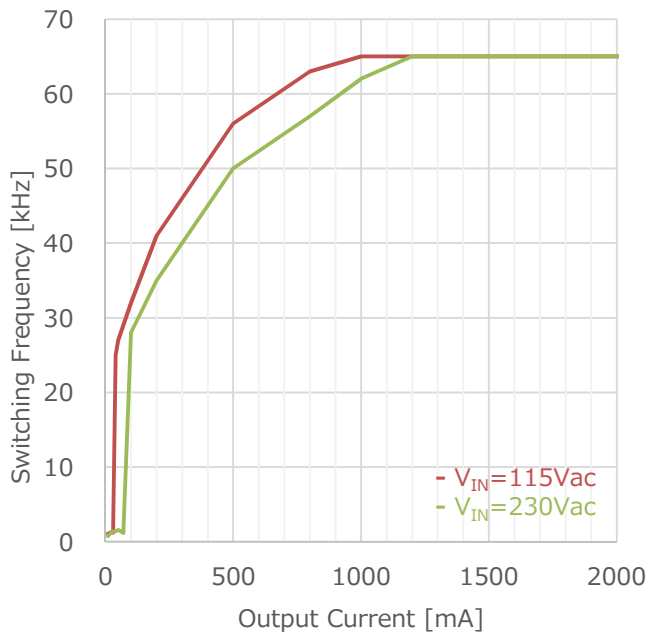
Table 14. Load Regulation : $V_{IN}=230Vac$

V_{IN} [Vac]	P_{IN} [W]	V_{OUT} [V]	I_{OUT} [mA]	P_{OUT} [W]	P_{LOSS} [W]	Efficiency [%]
230	0.05	12.110	0	0.000	0.045	0.00
230	0.12	12.110	5	0.061	0.063	48.83
230	0.21	12.110	10	0.121	0.085	58.79
230	0.37	12.110	20	0.242	0.129	65.28
230	0.53	12.110	30	0.363	0.168	68.42
230	0.85	12.110	50	0.606	0.242	71.49
230	1.16	12.109	70	0.848	0.312	73.07
230	1.63	12.109	100	1.211	0.418	74.33
230	3.05	12.108	200	2.422	0.629	79.37
230	7.28	12.105	500	6.053	1.228	83.14
230	10.12	12.103	700	8.472	1.648	83.72
230	14.30	12.100	1000	12.100	2.200	84.62
230	17.01	12.098	1200	14.518	2.492	85.35
230	21.07	12.095	1500	18.143	2.928	86.11
230	23.95	12.093	1700	20.558	3.392	85.84
230	27.88	12.090	2000	24.180	3.700	86.73
230	35.02	12.085	2500	30.213	4.808	86.27
230	36.43	12.084	2600	31.418	5.012	86.24
230	OLP	0.000	2600			

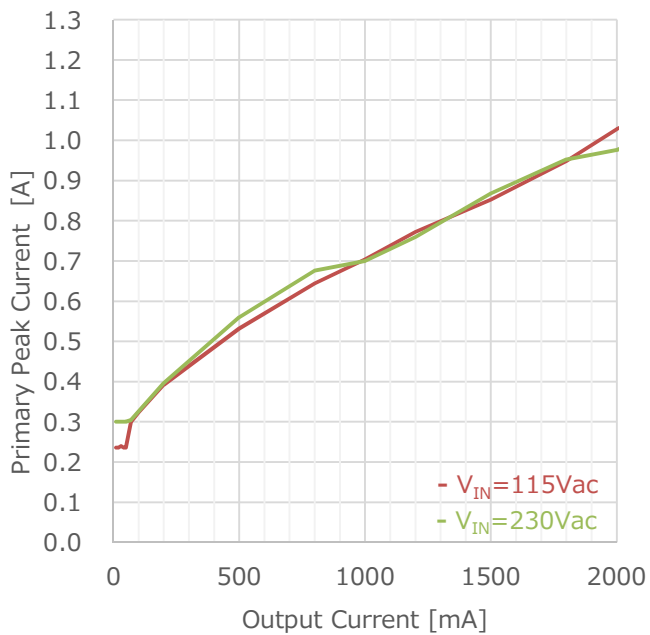
Table 15. Load Regulation: $V_{IN}=264Vac$

V_{IN} [Vac]	P_{IN} [W]	V_{OUT} [V]	I_{OUT} [mA]	P_{OUT} [W]	P_{LOSS} [W]	Efficiency [%]
264	0.06	12.110	0	0.00	0.055	0.06
264	0.13	12.110	5	0.06	0.068	0.07
264	0.21	12.110	10	0.12	0.089	0.09
264	0.38	12.110	20	0.24	0.138	0.14
264	0.54	12.110	30	0.36	0.177	0.18
264	0.86	12.110	50	0.61	0.258	0.26
264	1.18	12.109	70	0.85	0.333	0.33
264	1.66	12.109	100	1.21	0.450	0.45
264	3.10	12.108	200	2.42	0.675	0.68
264	7.36	12.105	500	6.05	1.312	1.31
264	10.15	12.103	700	8.47	1.678	1.68
264	14.28	12.100	1000	12.10	2.180	2.18
264	17.06	12.098	1200	14.52	2.542	2.54
264	21.22	12.095	1500	18.14	3.078	3.08
264	24.02	12.093	1700	20.56	3.462	3.46
264	28.08	12.090	2000	24.18	3.900	3.90
264	35.19	12.084	2500	30.21	4.980	4.98
264	38.00	12.080	2700	32.62	5.384	5.38
264	OLP	0.000	2700			

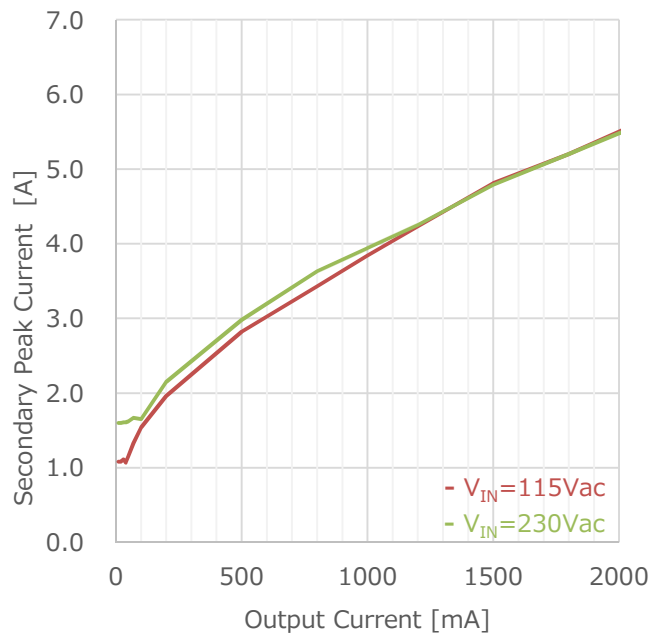
• Switching Frequency

Figure 20. Switching Frequency (I_{OUT} vs. F_{SW})

• Primary Peak Current

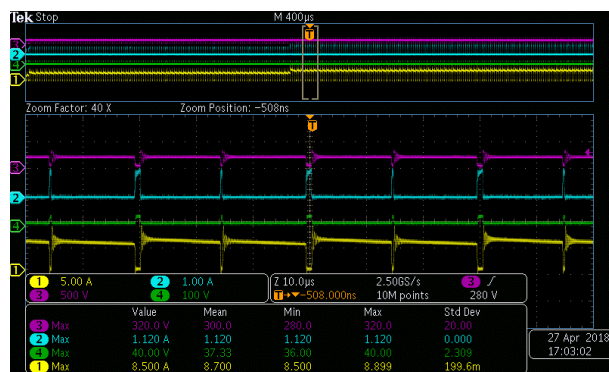
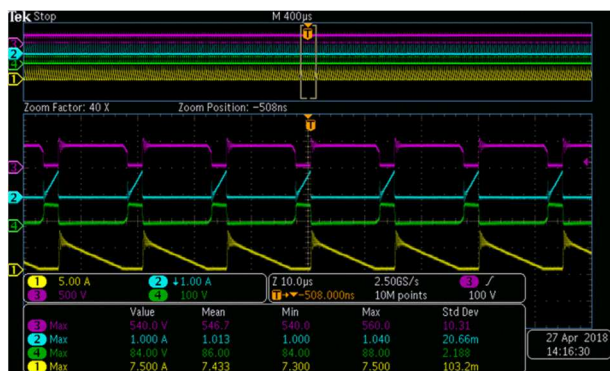
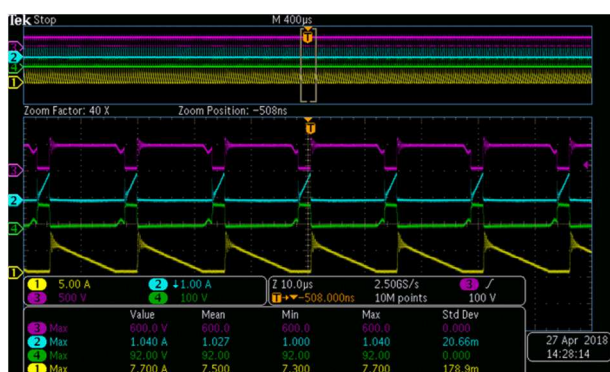
Figure 21. Primary Peak Current (I_{OUT} vs. I_{pPEAK})

• Secondary Peak Current

Figure 22. Primary Peak Current (I_{OUT} vs. I_{SPEAK})

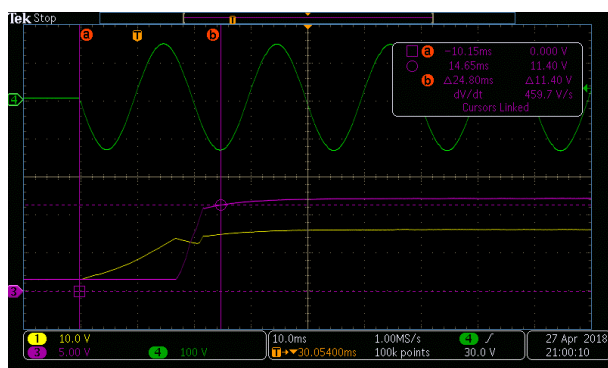
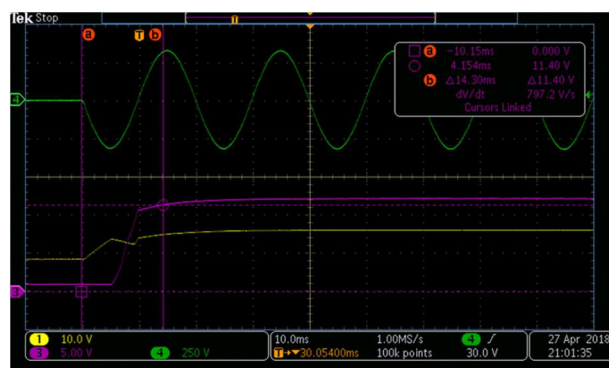
• Operation Waveform

CH3 Purple MOSFET VDS
 CH2 Blue MOSFET IDrain
 CH4 Green Secondary Diode Vr
 CH1 Yellow Secondary Diode If

Figure 23. $V_{IN}=90Vac$, $I_{OUT}=2A$ Figure 24. $V_{IN}=90Vac$ 出力短絡Figure 25. $V_{IN}=115Vac$, $I_{OUT}=2A$ Figure 26. $V_{IN}=115Vac$ 出力短絡Figure 27. $V_{IN}=230Vac$, $I_{OUT}=2A$ Figure 28. $V_{IN}=230Vac$ 出力短絡Figure 29. $V_{IN}=264Vac$, $I_{OUT}=2A$ Figure 30. $V_{IN}=264Vac$ 出力短絡

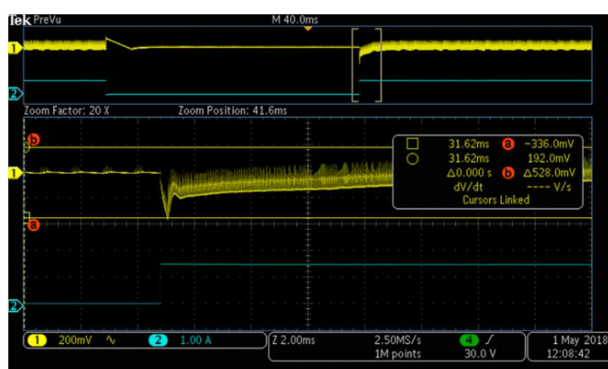
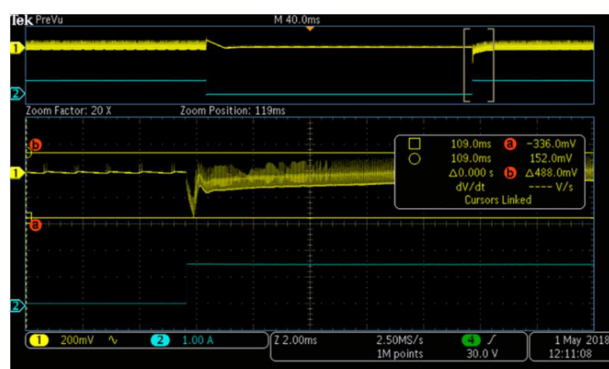
• Power ON

CH4 Green AC Input Voltage
 CH1 Yellow VCC Voltage
 CH3 Purple Output Voltage
 Horizontal 5V/div
 10msec/div

Figure 31. $V_{IN}=115\text{Vac}$, $R_{OUT}=12\Omega$ Figure 32. $V_{IN}=264\text{Vac}$, $R_{OUT}=12\Omega$

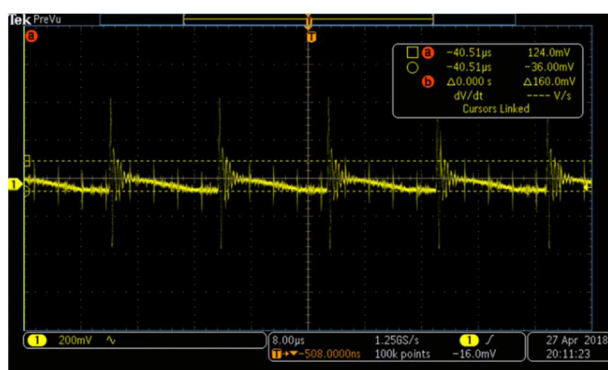
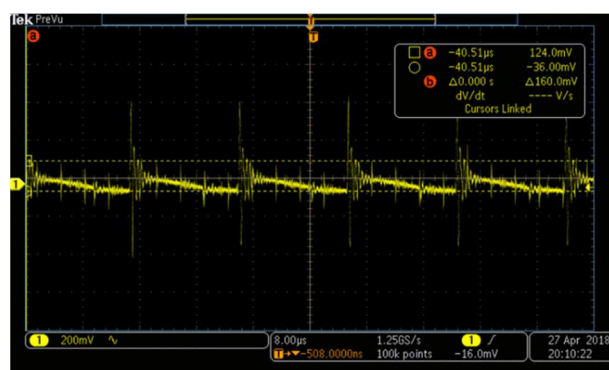
• Dynamic Response

CH1 Yellow Output Voltage 200mVac/div
 CH2 Blue Output Current 1A/div
 Horizontal 2msec/div

Figure 33. $V_{IN}=115\text{Vac}$, $I_{OUT}=10\text{mA}$ to 1500mA Figure 34. $V_{IN}=230\text{Vac}$, $I_{OUT}=10\text{mA}$ to 1500mA

• Output ripple Voltage

CH1 Yellow Output Voltage 200mVac/div
 Horizontal 8μsec/div

Figure 35. $V_{IN}=115\text{Vac}$, $I_{OUT}=2\text{A}$ Figure 36. $V_{IN}=230\text{Vac}$, $I_{OUT}=2\text{A}$

• Operating Temperature

電源投入から 30 分後の測定結果

Table 16. 部品表面温度 (Ta:room)

Part	Condition			
	$V_{IN}=90Vac$		$V_{IN}=230Vac$	
	$I_{OUT}=1.5A$	$I_{OUT}=2A$	$I_{OUT}=1.5A$	$I_{OUT}=2A$
BM2P0161	65.3°C	82.3°C	68.1°C	71.5°C
Transformer	58.1°C	72.3°C	66.6°C	73.4°C
2 nd Diode	68.7°C	80.6°C	68.6°C	78.4°C
Diode bridge	62.3°C	70.4°C	44.5°C	48.7°C
Snubber R	56.2°C	64.6°C	61.6°C	64.5°C
Input FL	36.7°C	46.0°C	31.6°C	37.0°C

• EMI

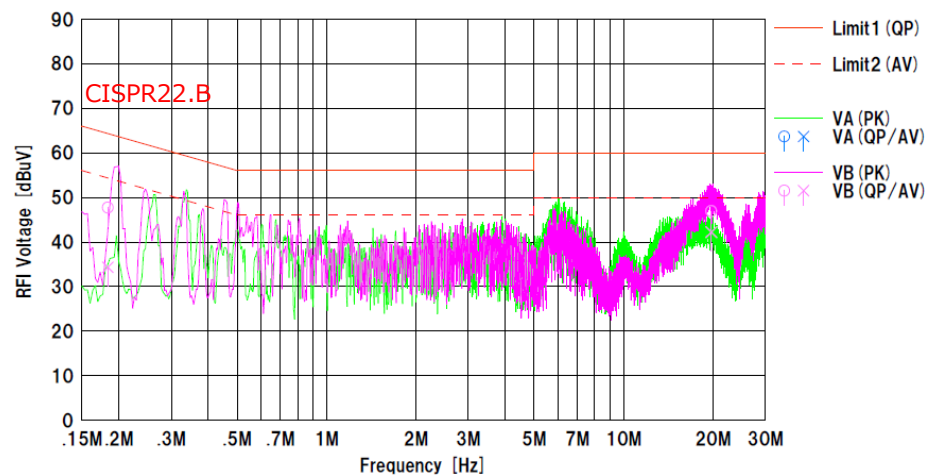


Figure 37. $V_{IN}=230Vac/50Hz$, $I_{OUT}=2A$

QP margin= 13.1dB, AV margin=7.8dB

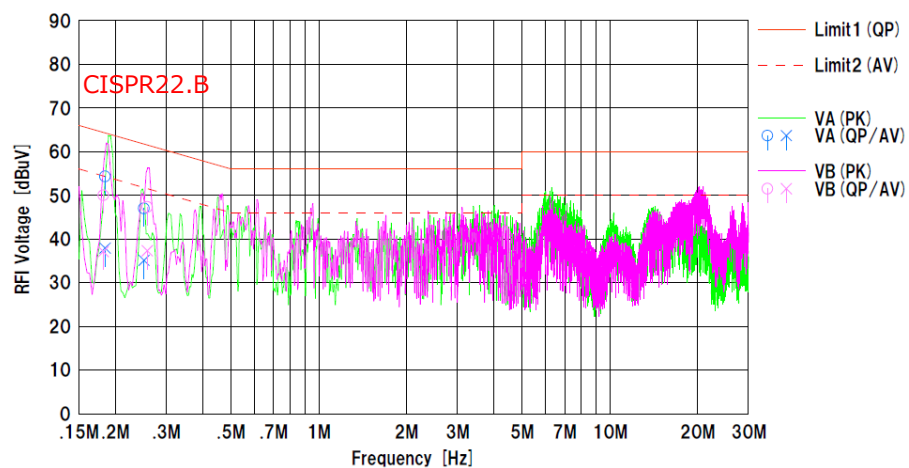


Figure 38. $V_{IN}=230Vac/50Hz$, $I_{OUT}=2A$

QP margin= 9.9dB, AV margin=16.3dB

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/>