

ROHM スイッチングレギュレータシリーズ

Evaluation Board: 高耐圧 3A FET 内蔵 降圧 DC/DC コンバータ BD9G34AEFJ 評価ボード

BD9G341AEFJ-EVK-101 (5V | 3A Output)

No.000000000

はじめに

このアプリケーションノートでは、ロームの非同期整流 降圧 DC/DC コンバーターIC の BD9G341AEFJ を使用した評価基板を評価するための手順を記載しております。部品選定、PCB の推奨レイアウトパターン、及び操作手順とアプリケーションデータを記載しています。

概要

BD9G341AEFJ-EVK-101 は非同期整流 降圧 DC/DC コンバーターIC の BD9G341AEFJ を使用して、12V~76V の入力から 5.0V の電圧を出力します。150mΩ の N チャンネル MOSFET を内蔵し、動作周波数を 50kHz~750kHz に調整可能です。起動時のラッシュ電流対策用のソフトスタート機能、UVLO (low voltage error prevention circuit)、TSD (thermal shutdown detection)、OCP (over current protection)、OVP (over voltage protection) 保護機能が内蔵されています。また EN ピンに外付け抵抗を接続し UVLO 検出電圧とヒステリシス電圧を設定可能です。EN ピンの外付け抵抗の入力電流を低減するために、EN ピンに電圧を印可し ON/OFF することも可能です。

アプリケーション

- ・産業用機
- ・自動車用電源
- ・バッテリー電源機器

評価基板動作仕様と絶対最大定格

Parameter		Symbol	Limit			Unit	Conditions
			MIN	TYP	MAX		
入力電圧範囲							
	BD9G341AEFJ	V _{CC}	12	-	76	V	
出力電圧 / 出力電流							
	BD9G341AEFJ	V _{OUT}	-	5	-	V	
		I _{OUT}	-	-	3	A	

評価基板

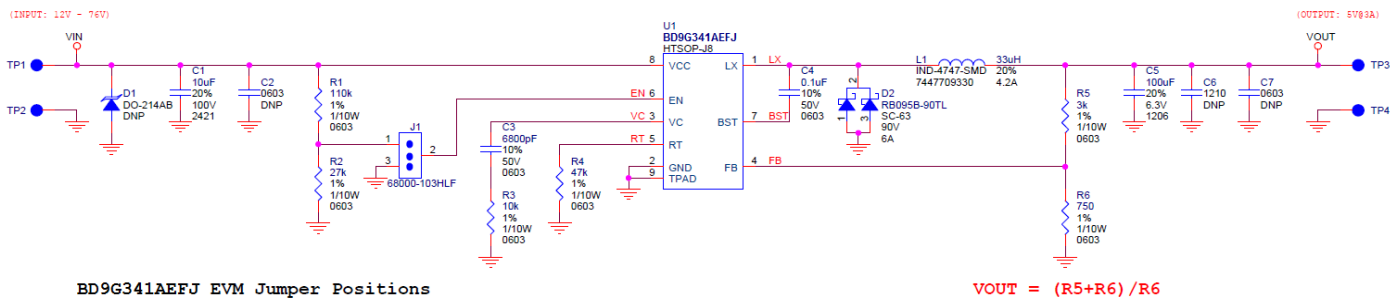
BD9G341AEFJ 評価基板



Fig 1: BD9G341AEFJ 評価基板

● 評価基板 回路図

BD9G341AEFJ 評価基板回路図.



BD9G341AEFJ EVM Jumper Positions

Reference Designator	Position	Description
J1	Open	Configure U1 fully operational
	2 - 1	
	2 - 3	Configure U1 in low power state

Fig 2: BD9G341AEFJ 評価基板回路図

● 評価基板 I/O

評価基板の入力 (VIN 及び EN)と出力 (VOUT)は下記の赤線部分となります。

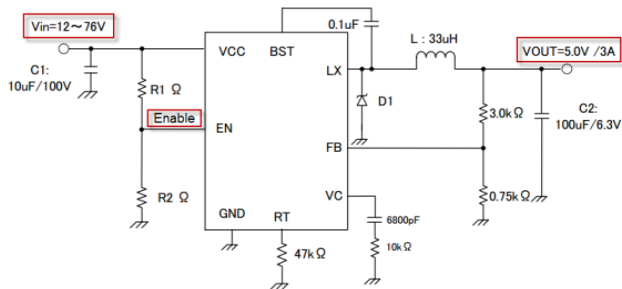


Fig 3: BD9G341AEFJ 評価基板 I/O

● 動作手順

1. DC 電源の GND 端子を評価基板の GND ピンである TP2 に接続します。
2. DC 電源の Vcc 端子 を評価基板の VIN ピンである TP1 に接続します。IC U1 の VCC ピンに電源電圧が印可されます。入力電圧範囲は 12V から 76V を印可してください。
3. ジャンパーJ1 を ON 側に接続してください。(Pin2 と Pin1 間の接続で EN ピンが High 電圧にプルアップされます。)
4. 電子負荷の端子と TP3 と TP4 に接続してください。(電子負荷はオフの状態 で接続してください。)
5. DC 電源をオンします。出力電圧 VOUT(+5V) を TP3 に DC 電圧計を接続し測定します。次に電子負荷をオンします。最大負荷電流は 3A です。

Notes:

この評価基板はホットプラグ未対応ですので、この基板ではホットプラグ試験を実施しないでください。

● 標準アプリケーション特性データ (参考データ)

BD9G341AEFJ 評価基板の動作時電流、効率、負荷応答特性、出力リップル電圧グラフを下記に記載します。

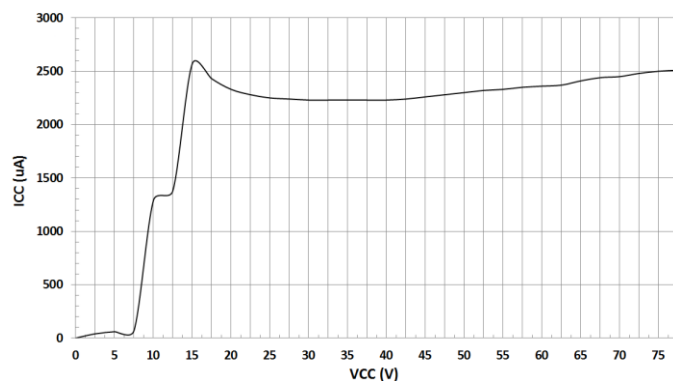


Fig 4: 回路電流 vs. 電源電圧
(Temp=25°C)

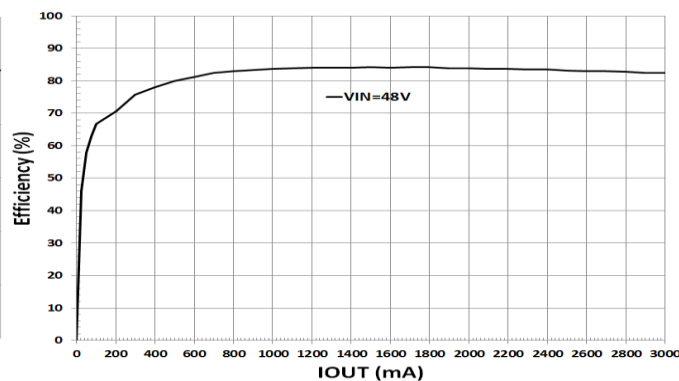


Fig 5: Iout vs 効率
(VIN=48V, VOUT=5V)

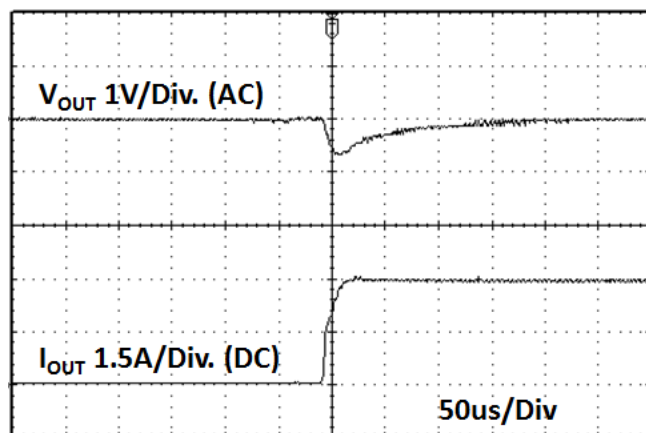


Fig 6: 負荷応答特性
(VIN=48V, VOUT=5V, IOUT=0→3A)

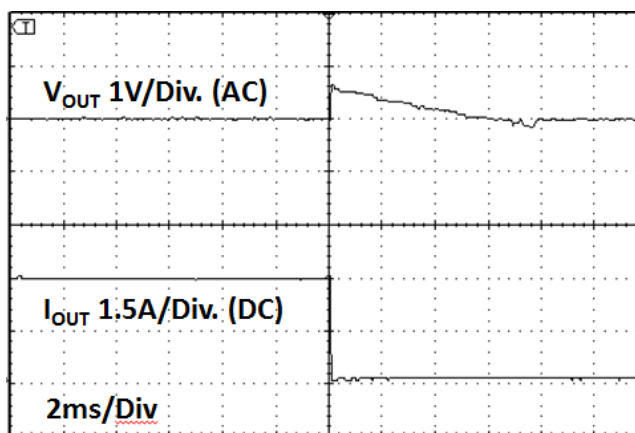


Fig 7: 負荷応答特性
(VIN=48V, VOUT=5V, IOUT=3A→0A)

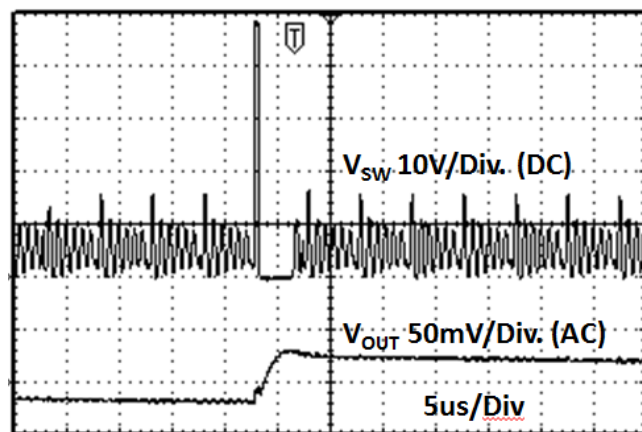


Fig 8: 出力リップル電圧
(VIN=48V, VOUT=5V, IOUT=0A)

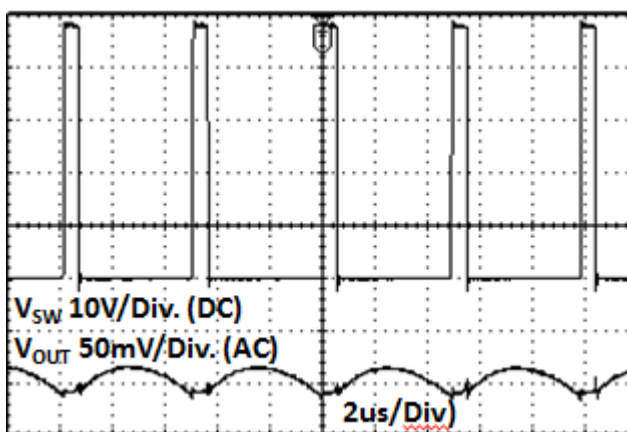


Fig 9: 出力リップル電圧
(VIN=48V, VOUT=5V, IOUT=3A)

● 評価基板レイアウトパターン

良好な特性の電源回路を設計するためには基板レイアウトが非常に重要です。特に大電流、高スループートのスイッチングノードは漏れ磁束、寄生容量等によって電源回路の性能を低下させるスイッチングノイズの原因となります。これを低減するために VCC pin 直近に低 ESR のセラミックコンデンサをバイパスコンデンサとして配置してください。またこのバイパスコンデンサ、キャッチダイオードのアノードのパターンによって生じるループには大電流が流れます。そのためこの電流ループが最短になるようにパターン設計をする必要があります。大電流が流れるラインは、寄生のインピーダンスの影響を小さくするため太く短く引いてください。

スイッチングノードの LX 端子は、寄生容量、パターンのインピーダンスを最少にするため、キャッチダイオード、インダクタをできるだけ端子の近くに配置してください。

裏面のサーマルパッドは放熱性を高めるため IC の裏面で半田付けのうえ多数のサーマル VIA を打ち他層の GND 層に接続してください。

フィードバック抵抗、位相補償素子、周波数決定 RT 抵抗の GND は大電流が流れるラインに対し、共通インピーダンスを持たないように取ってください。

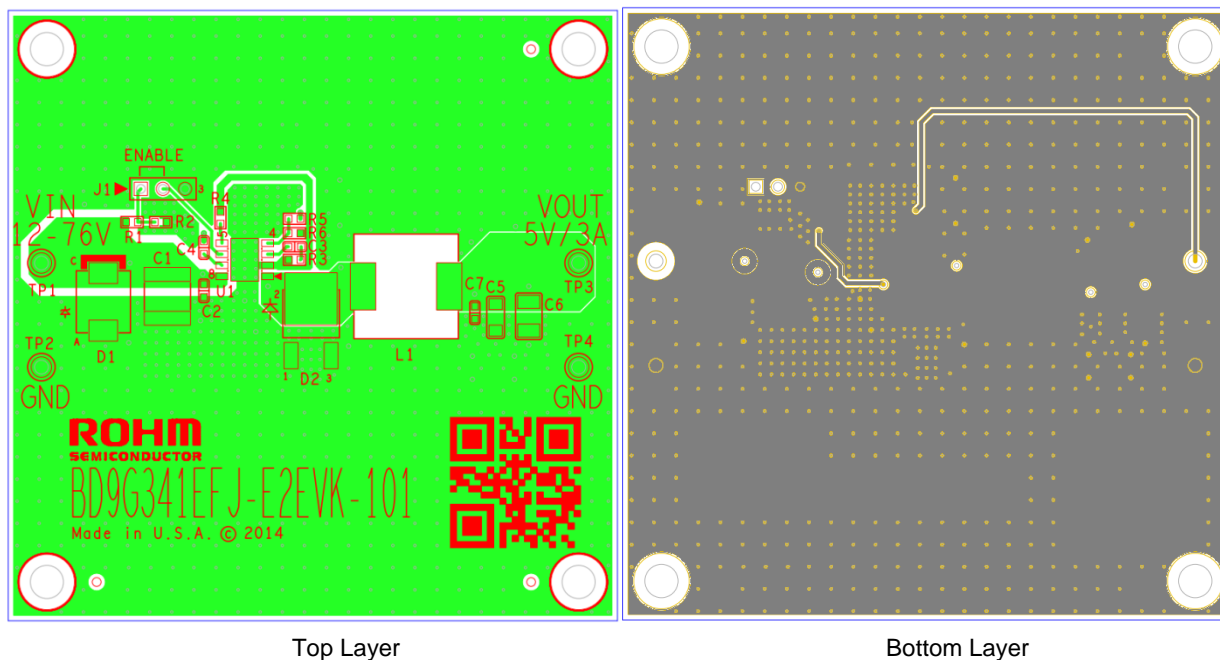
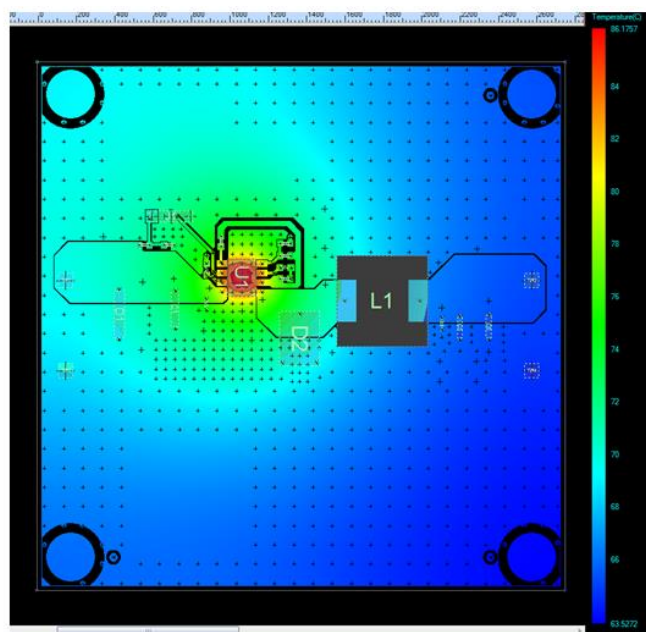


Fig 10: BD9G341AEFJ-E2EVK-101、及び BD9G341AEFJ-EVK-101 PCB レイアウトパターン

**U1 : BD9G341AEFJ**

- ・最大許容損失 : 3.825W @VIN=76V
- ・部品温度 86.17℃

L1 : 7447709330

- ・最大許容損失 ; 0.405W
- ・部品温度=70.61℃

Fig 11: BD9G341AEFJ-E2EVK-101、及び BD9G341AEFJ-EVK-101 熱特性
(Temp=25℃、空冷なし、VIN=76V, VOUT=5V, IOUT=3A).

熱の注意: 室温以上($T_a > 25\text{ }^{\circ}\text{C}$)で動作させる場合、冷却 (ファン)、またはヒートシンク (PCB の下部に半田付け) を追加する必要があります。

レイアウトの注意:

- ・ 放熱性を高めるために、IC の背面側のサーマル パッドを GND に接続し、GND プレーンを出来るだけ広くしてください。サーマルビアを出来るだけ別のレイヤーと接続する事も放熱性の改善に効果的です。
- ・ 入力コンデンサは VIN 端子にできるだけ近い GND に接続する必要があります。
- ・ インダクタと出力コンデンサは可能な限り SW ピンに近い場所に配置してください。
- ・ 推奨動作範囲の最大値 76V で動作させる場合、放熱については基板レイアウトに注意してください。この評価基板は 4 層基板で構成されており、評価目的にご使用ください。 基板の放熱性によりますが、推奨動作範囲の最大 76V で動作させる場合、発熱により IC の内部過熱検出回路が動作し、ジャンクション温度が低下するまで出力電圧がオフする可能性があります。この条件まで動作させる場合、IC の放熱性を高めるために、下記の PCB 設計の使用をお勧めします。

- 1) IC の GND ピンに接続されている内部の GND 面に 4 層基板を使用。
- 2) IC のパッケージにヒートシンク付きの 2 層基板の使用。
- 3) 銅平面(> 1 オンス)が IC に接続されている 2 層基板の使用。

● アプリケーション部品選定方法

1. インダクタ

電流定格(下記電流値 I_{peak})を満たし、DCR(直流抵抗成分)が低く、シールドタイプのものを推奨いたします。インダクタの値はインダクタリプル電流に影響し、出力リプルの原因となります。このリプル電流は以下の式のようにコイルのL値が大きいほど、スイッチング周波数が高いほど小さくすることができます。

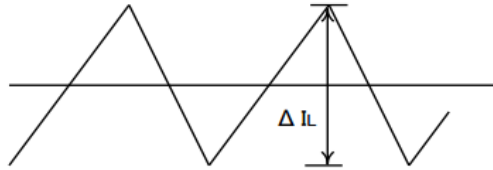


Fig 12: Inductor Current

$$I_{\text{PEAK}} = I_{\text{OUT}} + \frac{\Delta I_L}{2} \dots (1)$$

$$\Delta I_L = \frac{V_{\text{CC}} - V_{\text{OUT}}}{L} \times \frac{V_{\text{OUT}}}{V_{\text{CC}}} \times \frac{1}{f} \dots (2)$$

(ΔI_L : 出力リプル電流、 V_{CC} : 入力電圧、 V_{OUT} : 出力電圧、 f : スwitchング周波数)

インダクタは、上記リプル電流を最大出力電流の20%~50%程度として選択ください。
BD9G341AEFJでは4.7 μH ~33 μH までの下記のコイルを推奨しています。
推奨コイル: SUMIDA CDRH129HF シリーズ

2. 出力コンデンサ

出力に使用するコンデンサは出力リプルを軽減するため、ESRの低いセラミックコンデンサを推奨いたします。また、コンデンサの定格はDCバイアス特性を考慮にいたうえ、最大定格が出力電圧に対して十分マージンのあるものを使用してください。

出力リプル電圧は次式より求められます。

$$V_{\text{PP}} = \Delta I_L \times \frac{1}{2\pi \times f \times C_{\text{OUT}}} + \Delta I_L \times R_{\text{ESR}} \dots (3)$$

許容リプル電圧内に収まるよう設定を行ってください。BD9G341AEFJでは10 μF 以上のセラミックコンデンサを推奨しています。

3. 出力電圧設定

ERROR AMPの内部基準電圧は1.0Vとなっています。

出力電圧は(4)式のように決定されます。

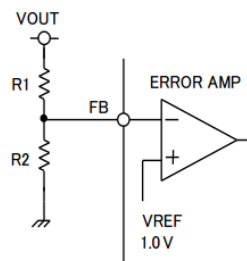


Fig 13: 電圧帰還抵抗設定

$$V_{OUT} = \frac{R1 + R2}{R2} \dots (4)$$

4. ブーストコンデンサ

BST 端子—LX 端子間に、CBST=0.1uF を挿入してください。

5. キャッチダイオード

BD9G341AEFJ は、LX と GND の間に外付けのキャッチ・ダイオードを接続する必要があります。アプリケーションの最大入力電圧以上のショットキーバリアダイオードを選択してください。電流定格は、最大コイル電流の $I_{OUTMAX} + \Delta I_L$ よりも大きい必要があります。

6. 入力コンデンサ

BD9G341AEFJ には、入力デカップリング・コンデンサが必要になります。デカップリング・コンデンサとして、ESR の低い 4.7uF 以上のセラミックコンデンサを推奨いたします。また、出来る限り VCC 端子に近い位置に配置してください。

また、入力可能な電圧を含めた最大入力電圧が定格を超えないようにコンデンサの選定を行ってください。

入力可能な電圧は下式にて概算できます。

$$\Delta V_{CC} = \frac{I_{OUT}}{f \times C_{VCC}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{CC}} \times \left[1 - \frac{V_{OUT}}{V_{CC}} \right] \dots (5)$$

C_{VCC} : 入力コンデンサ値

また、入力コンデンサの選定に際し、RMS リプル電流も確認する必要があり、下式にて概算できます。

$$I_{CVCC} = I_{OUT} \times \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{CC}} \times \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{CC}} \right)} \dots (6)$$

$V_{CC}=2V_{OUT}$ 時 RMS リプル電流は最大となり、その値は下式にて概算できます。

$$I_{CVCC_max} = \frac{I_{OUT}}{2} \dots (7)$$

7. DC/DC コンバータ周波数特性の調整について

位相補償素子 C1,C2,R3 について

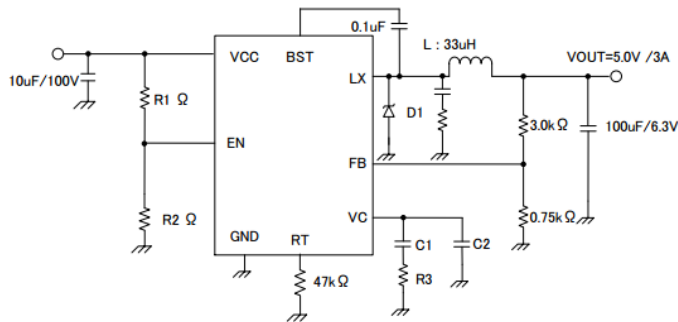


Fig 14: 位相補償素子設定

ループの安定性と応答性は、エラーアンプの出力である VC 端子を通して制御されます。

安定性と応答性を決定するポールとゼロの組み合わせを VC 端子に直列に接続されたコンデンサと抵抗との組み合わせで調整します。

電圧帰還ループの DC ゲインは、次式により計算できます。

$$A_{dc} = R1 \times G_{CS} \times A_{VEA} \times \frac{V_{FB}}{V_{out}} \dots (8)$$

ここで、VFB はフィードバック電圧 (1.0V) です。A_{EA} は誤差増幅器の電圧ゲイン (TYP : 100 dB)、G_{CS} は電流検出アンプ部のトランスコンダクタンス (TYP : 10A/V) で、R_I は出力負荷抵抗値です。

本 DC/DC の制御ループでは、2 つの重要なポールがあります。

1 つは、位相補償コンデンサ (C1) と誤差増幅器の出力抵抗とによって生じます。

もう 1 つは、出力コンデンサと負荷抵抗によって生じます。

これらのポールは、下記周波数に現れます。

$$f_{p1} = \frac{G_{EA}}{2\pi \times C1 \times A_{VEA}} \dots (9)$$

$$f_{p2} = \frac{1}{2\pi \times C_{OUT} \times R_I} \dots (10)$$

ここで、G_{EA} は誤差増幅器のトランスコンダクタンス (TYP:300uA/V) です。

ここで、この制御ループでは、1 つのゼロが重要となります。

位相補償コンデンサ C1 と位相補償抵抗 R3 によって生じるゼロが下記周波数に現れます。

$$f_{z1} = \frac{1}{2\pi \times C1 \times R3} \dots (11)$$

また、もし出力コンデンサが大きい、且つその ESR (RESR) が大きい場合は、この制御ループでは、重要な別のゼロ (ESR ゼロ) を持つ場合があります。

この ESR ゼロは、出力コンデンサの ESR と容量によって生じ、下記の周波数に存在します。

$$f_{zESR} = \frac{1}{2\pi \times C_{OUT} \times R_{ESR}} \dots (12) \quad (\text{ESR ゼロ})$$

この場合、2 つ目の位相補償コンデンサ (C2) と位相補償抵抗 (R3) とで決定される 3 番目のポールをループゲイン上の ESR ゼロの効果を打ち消す為に使用します。

このポールは下記の周波数に存在します。

$$f_{p3} = \frac{1}{2\pi \times C2 \times R3} \dots (13) \quad (\text{ESR ゼロを補正するポール})$$

位相補償設計の目標は、必要な帯域と移送余裕を得るための伝達関数を形作ることです。

帰還ループのループゲインが“0”となるクロスオーバー周波数 (帯域) は重要です。

クロスオーバー周波数が低くなると、電源変動応答や負荷応答が悪化します。

一方、クロスオーバー周波数が高すぎると、ループの不安定性を生じることがあります。

目安として、クロスオーバー周波数をスイッチング周波数の 1/20 とすることを目標とします。

位相補償定数の選定方法を下記に示します。

1. 希望するクロスオーバー周波数にセットするために位相補償抵抗 (R3) を選択します。R3 の計算は下記の式で行います。

$$R3 = \frac{2\pi \times C_{OUT} \times f_c}{G_{EA} \times G_{CS}} \times \frac{V_{OUT}}{V_{FB}} \dots (14)$$

Here, f_c is the desired Cross-over Frequency. It is made about 1/20 and below of the Normal Switching Frequency (f_s).

2. 希望する位相余裕を達成するために位相補償コンデンサ (C1) を選択します。代表的なインダクタンス値 (4.7uH ~ 33uH 程度) を持つアプリケーションでは、クロスオーバー周波数の 1/4 以下に位相補償ゼロを合わせることで、十分な位相余裕が得られます。C1 の計算は下記の式で行います。

$$C1 > \frac{4}{2\pi \times R3 \times f_c} \dots (15)$$

3. 2 つ目の位相補償コンデンサ (C2) が必要かどうかの検討を行います。もし出力コンデンサの ESR ゼロがスイッチング周波数の半分より小さいところに存在した場合は、2 つ目の位相補償コンデンサが必要となります。つまり、下記の式が成り立った場合です。

$$\frac{1}{2\pi \times C_{OUT} \times R_{ESR}} < \frac{f_s}{2} \dots (16)$$

この場合は、2つ目の位相補償コンデンサ（C2）を追加することで形成される3番目のポール（fp3）の周波数を ESR ゼロの周波数に合わせます。C2 の計算は下記の式で行います。

$$C2 = \frac{C_{OUT} \times R_{ESR}}{R3} \dots (17)$$

● 評価基板 BOM

Item	Qty.	Ref	Description	Manufacturer	Part Number
1	1	C1	CAP CER 10UF 100V 20% X7R SMD	Murata Electronics North America	KRM55TR72A106MH01K
2	1	C3	CAP CER 6800PF 50V 10% X7R 0603	Murata Electronics North America	GRM188R71H682KA01D
3	1	C4	CAP CER 0.1UF 50V 10% X7R 0603	Murata Electronics North America	GRM188R71H104KA93D
4	1	C5	CAP CER 100UF 6.3V 20% X5R 1206	Murata Electronics North America	GRM31CR60J107ME39L
5	1	D2	DIODE SCHOTTKY 90V 3A CPD	Rohm	RB095B-90TL
6	1	J1	CONN HEADER VERT .100 3POS 15AU	FCI	68000-103HLF
7	1	L1	INDUCTOR POWER 33UH 4.2A SMD	Würth Electronics Inc	7447709330
8	1	R1	RES 110K OHM 1/10W 1% 0603	Rohm	MCR03ERTF1103

			SMD		
9	1	R2	RES 27K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF2702
10	1	R3	RES 10K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF1002
11	1	R4	RES 47K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF4702
12	1	R5	RES 3K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF3001
13	1	R6	RES 750 OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF7500
14	2	TP1,T P3	TEST POINT PC MULTI PURPOSE RED	Keystone Electronics	5010
15	2	TP2,T P4	TEST POINT PC MULTI PURPOSE BLK	Keystone Electronics	5011
16	1	U1	IC REG BUCK SYNC ADJ 3A HTSOP-J8	Rohm	BD9G341AEFJ-E2

Notes

ローム株式会社の合意なしにコピーまたはこの文書の全てまたは一部について複製は許可されません。

記載内容は、改良のため予告なく変更されることがあります。

ここに記載された内容はロームの製品(以降「製品」)を紹介するためのものです。いかなる製品についてもご使用頂く場合、必ずロームが提供している仕様を参照してください。

応用回路、回路定数およびここに含まれるその他の情報の例は、標準的な使用量と製品の操作を示しています。大量生産のための回路を設計するとき、周辺の条件考慮に入れする必要があります。

本仕様では細心の注意を払い正確な情報を記載しております。しかしながら、お客様自身の不手際や記載内容の誤植によって損害が発生した場合について、ロームは一切の責任を負いません。

記載された技術情報は、製品の代表的な機能とアプリケーション回路の例を表示するためだけのものです。ロームと他の当事者が保有する知的財産権またはその他の権利の使用を認めません。当社はそのような権利の利用から生じる問題について一切の責任を負いません。

本仕様で指定されている製品は、一般用電子機器に使用するもの(オーディオ ビジュアル機器、オフィス オートメーション機器、通信機器、電子機器、アミューズメント機器など)への使用を目的としております。

本仕様で指定されている製品は、耐放射線設計はされていません。

ロームは常に製品の品質の信頼性を高めるための努力をしておりますが、製品は稀に様々な理由で故障する事があります。

物理的な損傷の可能性を防ぐため、製品に安全対策を必ず実施して、機器に実装してください。仕様に従わないような範囲外の使用上、製品に冗長、火災制御、フェール セーフ設計の故障が発生した場合の損傷、火災やその他の損害について、ロームは責任を負いません。

本製品は機器やデバイスの故障または誤動作が人間の生活に直接悪影響を及ぼすような用途、及び人的傷害のリスクを発生する非常に高いレベルを必要とするシステムでの使用に設計または製造されていません(医療機器、輸送機器、宇宙機器、原子力リアクター コント ローラー、燃料コント ローラーまたはその他の安全装置など)。ロームは、上記の特別な目的のための製品の使用方法において責任を負いません。特別な目的に使用する場合は、購入する前にローム営業担当者にお問い合わせください。

ここに記載されている製品を海外に輸出、または出荷する場合は、外国貿易法に元づく記載、ライセンスを取得、または法律に認可される必要があります。



ローム製品情報へのアクセス、ありがとうございます。多くの製品の詳細情報とカタログがありますのでお問い合わせください。

ROHM Customer Support System

<http://www.rohm.com/contact/>