

スイッチングレギュレータシリーズ

降圧 DC/DC コンバータ BD9C601EFJ 評価ボード

BD9C601EFJEVK-101

はじめに

このユーザーズガイドは BD9C601EFJ 評価ボードを使用して、ロームの同期整流降圧 DC/DC コンバータの動作と評価に必要なステップを提供します。部品の選択、推奨ボードレイアウト、動作手順とアプリケーションデータを掲載します。

概要

この評価ボードはロームの同期整流降圧コンバータ BD9C601EFJ を評価するために作成されました。4.72V~18V の広い入力電圧範囲から 3.3V を出力することができます。IC には 50mΩ ハイサイド Pch MOSFET と 35mΩ ローサイド Nch MOSFET を内蔵し、スイッチング周波数は 500kHz です。固定ソフトスタート回路は起動時の突入電流を防ぎます。EN ピンは簡単な ON/OFF 制御でスタンバイ時の消費電力を減少できます。OCP (過電流保護) と SCP (短絡保護) 機能を備えています。

アプリケーション

LCD TV、セットトップボックス
DVD / Blu-ray プレーヤ / レコーダ
ブロードバンドネットワーク、コミュニケーションインターフェース
アミューズメント機器

評価ボード動作範囲と最大定格 (Ta=25°C)

項目	記号	Limit			単位	条件
		MIN	TYP	MAX		
電源電圧	V _{CC}	(NOTE1) 4.5	-	18	V	
出力電圧 / 出力電流	V _{OUT}	-	3.3	-	V	
	I _{OUT}	-	-	6	A	

(NOTE1) 出力電圧が 3.3V 時は、最大デューティ比の制限により 4.72V になります。

評価ボード

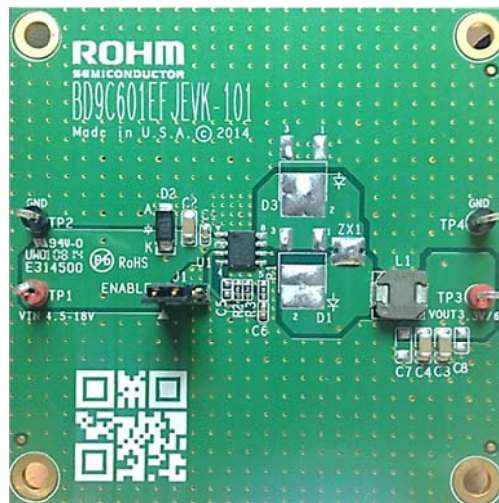
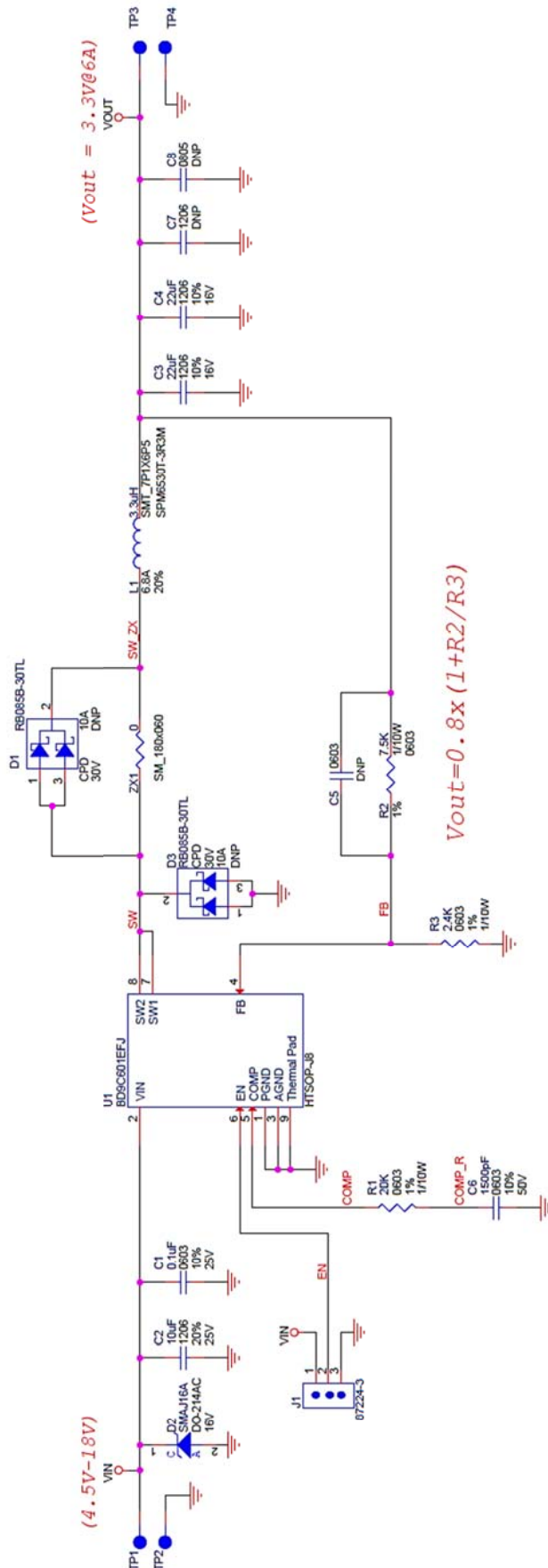


Figure 1. BD9C601EFJEVK-101 評価ボード

評価ボード回路図

$V_{IN} = 4.72V \sim 18V, V_{OUT} = 3.3V$



Note (D1, D3): If a large inductive load is connected that might introduce back electromotive force at the start up and output, please insert protection diodes D1, D3 and remove solder short at ZX1.

Figure 2. BD9C601EFJEVK-101 評価ボード回路図

評価ボード I/O

下図にアプリケーション回路の入力 (V_{IN} , EN) と出力 (V_{OUT}) を示します。

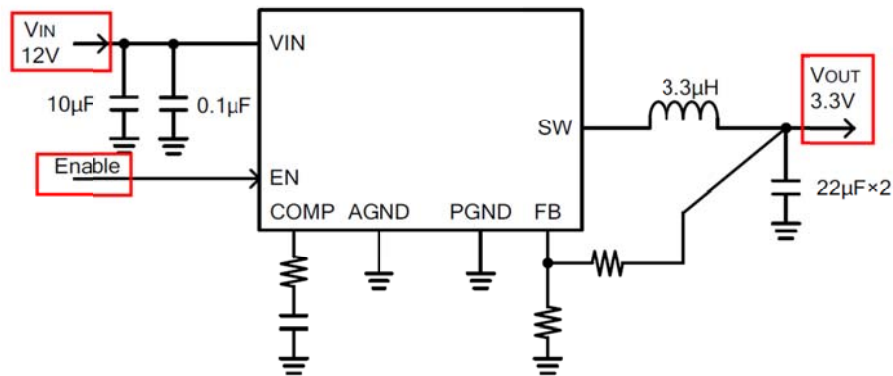


Figure 3. BD9C601EFJEVK-101 評価ボード I/O

評価ボード動作手順

1. 電源の GND 端子と、評価ボードの GND テストポイント TP2 を接続してください。
2. 電源の VCC 端子と、評価ボードの VIN テストポイント TP1 を接続してください。これは VIN を IC U1 へ供給します。
VCC の供給範囲は 4.5V～18V です。
3. J1 のシャントジャンパーの位置が ON (pin2 を pin1 へ接続、IC U1 の EN ピンはデフォルトで High へプルアップ) であるか確認してください。
4. 評価ボードのテストポイント TP3 へ負荷を接続して出力電圧 V_{OUT} (+3.3V) を測定できます。負荷は 6A MAX まで増加できます。

注意：このボードでホットプラグインを実行しないでください。過渡時の電圧が、BD9C601EFJ の最大入力電圧 20V を超える可能性があります。Figure.4 を参照してください。

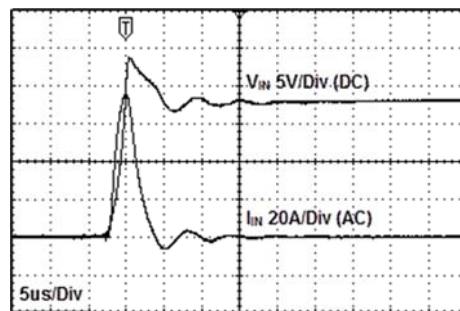


Figure 4. TVS Diode SMAJ16A によるホットプラグインテスト
 $V_{IN}=18V$, $V_{OUT}=3.3V$, $I_{OUT}=6A$

BD9C601EFJEVK-101 参考アプリケーションデータ

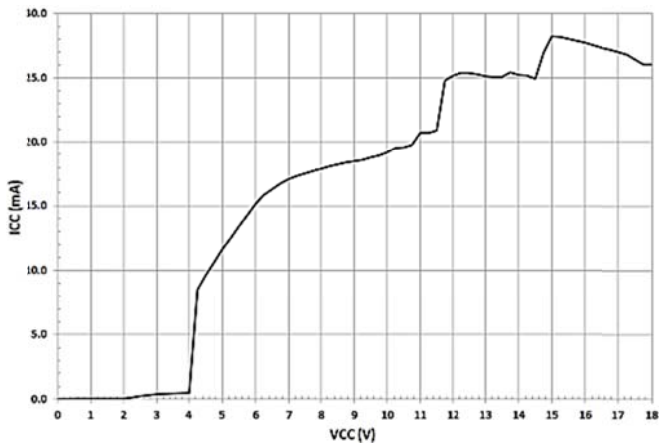


Figure 5. 回路電流 vs 電源電圧
Temp=25°C

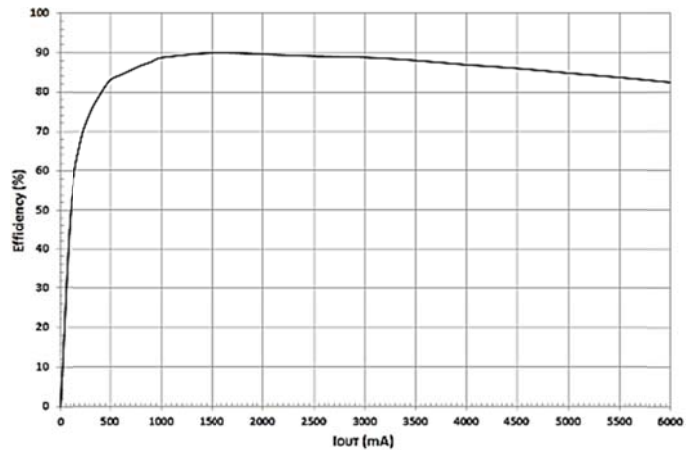


Figure 6. 効率 vs 負荷電流
VIN=12V, VOUT=3.3V

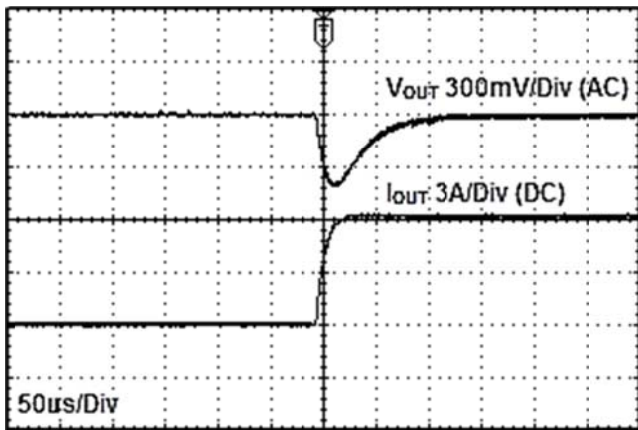


Figure 7. 負荷過渡特性
VIN=12V, VOUT=3.3V, IOUT=0A→6A

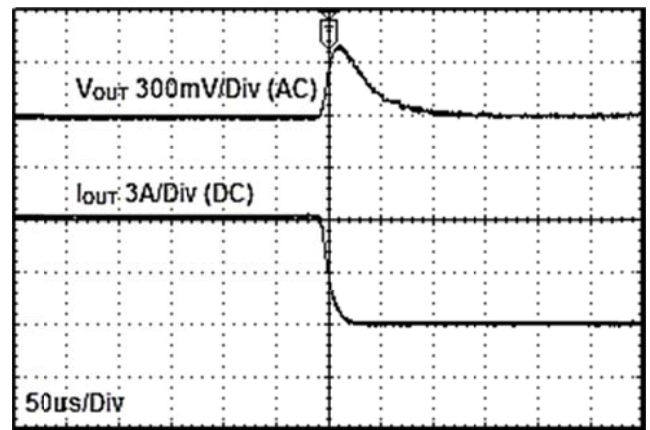


Figure 8. 負荷過渡特性
VIN=12V, VOUT=3.3V, IOUT=6A→0A

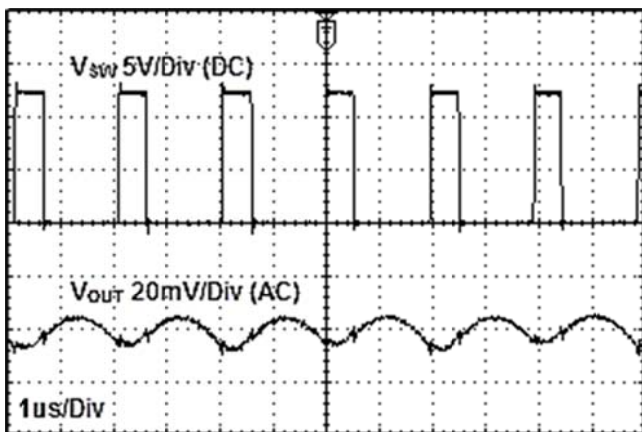


Figure 9. 出力電圧リップル波形
VIN=12V, VOUT=3.3V, IOUT=0A

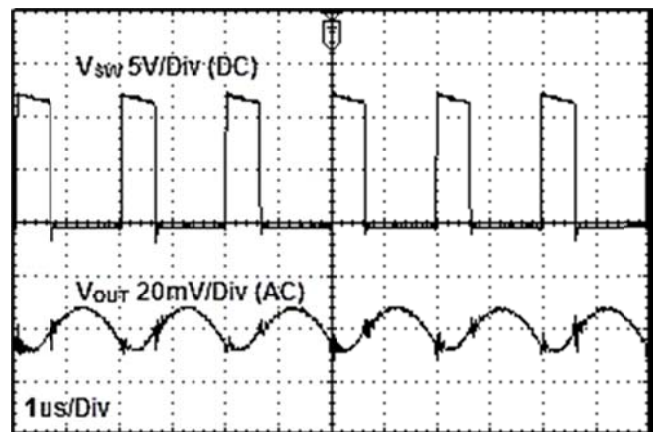


Figure 10. 出力電圧リップル電圧
VIN=12V, VOUT=3.3V, IOUT=6A

PCB レイアウト設計について

降圧 DC/DC コンバータでは、パルス状の大電流が2つのループを流れます。1つ目のループは、上側の FET が ON している時に流れるループで、入力キャパシタ C_{IN} より始まり、FET、インダクタ L 、出力キャパシタ C_{OUT} を通り、 C_{OUT} の GND から C_{IN} の GND へと帰ります。2つ目のループは、下側の FET が ON している時に流れるループで、下側の FET より始まり、インダクタ L 、出力キャパシタ C_{OUT} を通り C_{OUT} の GND から下側の FET の GND へと帰ります。これら2つのループをできるだけ太く短くトレースすることで、ノイズを減らし、効率を上げることができます。特に入力キャパシタ、出力キャパシタは GND プレーンに接続することをお勧めします。PCB レイアウトによって、DC/DC コンバータは、その発熱・ノイズ・効率特性すべてに大きな影響を与えます。

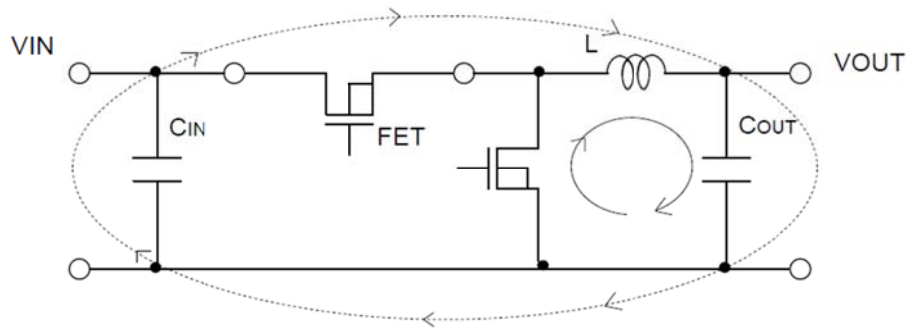


Figure 11. 降圧レギュレータの電流ループ

そのため、PCB レイアウトを設計する際には、以下に挙げる点を特に注意して設計してください。

- ・入力キャパシタは、IC の VIN 端子に可能な限り近く IC と同じ面に配置してください。
- ・PCB 上に使用していないエリアがある場合は、IC や周辺部品の放熱を助けるため GND ノードの銅箔プレーンを配置してください。
- ・SW 等のスイッチングノードは、他ノードへの AC 結合によるノイズの影響が懸念されるため、コイルに可能な限り太く短くトレースしてください。
- ・FB、COMP につながるラインは、SW のノードとは可能な限り離してください。
- ・出力キャパシタは入力から高調波ノイズの影響を避けるため、入力コンデンサから離して配置して下さい。

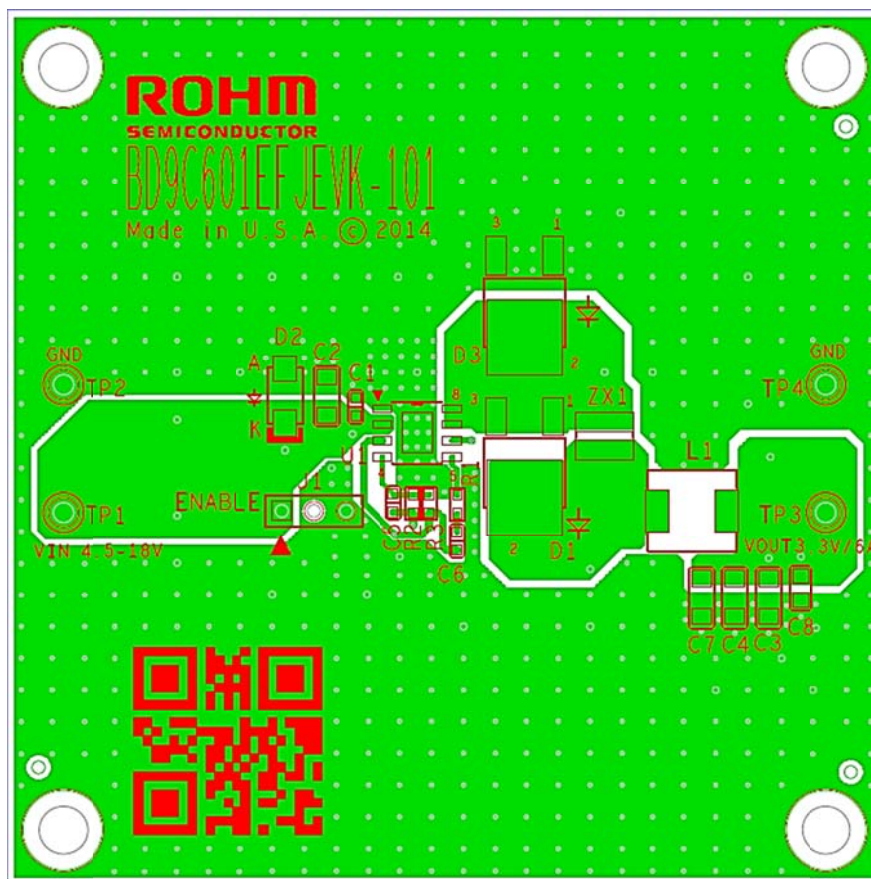


Figure 12. BD9C601EFJ 評価ボードレイアウト

アプリケーション部品選定方法

(1) 出力 LC フィルター定数 (Buck Converter)

DC/DC コンバータでは、負荷に連続的な電流を供給するために、出力電圧の平滑化用の LC フィルターが必要になります。インダクタンス値の大きなコイルを選択すると、コイルに流れるリップル電流 ΔI_L が小さくなり、出力電圧に発生するリップル電圧が小さくなりますが、過渡負荷応答特性・コイルの物理的サイズ・コスト等において不利です。インダクタンス値の小さなコイルを選択すると、過渡応答特性やコイルのサイズやコストにおいては有利になりますが、コイルのリップル電流が大きくなり、出力電圧におけるリップル電圧が大きくなるというトレードオフの関係になります。ここでは、コイルのリップル電流成分の大きさが、平均出力電流(平均コイル電流)の 20%~40%程度となるようにインダクタンス値を選定します。こうすることで、大部分のアプリケーションにて良好な特性が得られます。

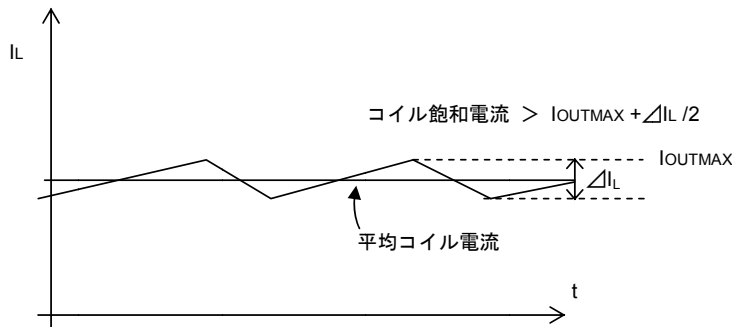


Figure 13. インダクタに流れる電流波形

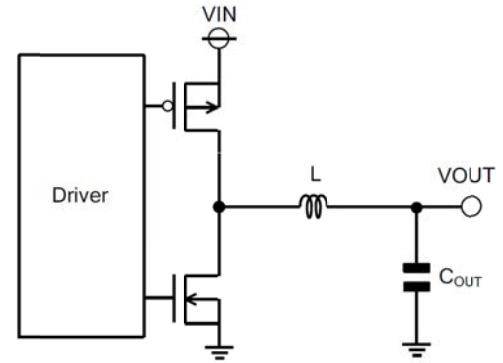


Figure 14. 出力 LC フィルタ回路

コイルリップル電流 $\Delta I_L = 30\% \times$ 平均出力電流 (5A) = 1.5 [A] とすると、インダクタンス L は、

$$L = V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT}) \times \frac{1}{V_{IN} \times F_{OSC} \times \Delta I_L} = 3.19\mu H \approx 3.3\mu H$$

ここで $V_{IN} = 12V$, $V_{OUT} = 3.3V$, $F_{OSC} = 500\text{ kHz}$, F_{OSC} はスイッチング周波数

と計算されます。

なお、使用するコイルの飽和電流は、最大出力電流にコイルリップル電流 ΔI_L の半分を足し合わせた電流よりも大きいものを選択してください。

出力キャパシタ C_{OUT} は、出力リップル電圧特性に影響を与えます。必要とされるリップル電圧特性を満たせるように出力キャパシタ C_{OUT} を選定してください。

出力リップル電圧は以下の式にて算出できます。

$$\Delta V_{RPL} = \Delta I_L \times \left(R_{ESR} + \frac{1}{8 \times C_{OUT} \times F_{OSC}} \right) [V]$$

ここで R_{ESR} は出力キャパシタの寄生抵抗成分

また、本 IC は起動時の出力キャパシタに流れ込む突入電流を軽減させるために 1msec[Typ]のソフトスタート機能を設けていますが、出力キャパシタ C_{OUT} の容量値が下記の計算値以上に大きくなると正しいソフトスタート波形にならない場合があります。(ソフトスタート時 V_{OUT} オーバーシュート等)

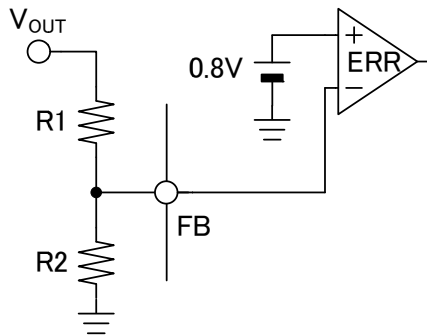
バラつき及びマージンを含め、出力キャパシタ C_{OUT} は以下の条件を満たせるように選定してください。

$$C_{OUT} < \frac{I_{OCP} \times T_{SS}}{V_{OUT}} [F]$$

ここで I_{OCP} はスイッチ電流制限値 (=6.5A [min]), T_{SS} はソフトスタート時間 (=0.5ms [min])

注意: C_{OUT} については、出力ラインに繋がる部品全ての容量値を合算して下さい。

(2) 出力電圧設定



フィードバック抵抗比によって出力電圧値が設定されます。

$$V_{OUT} = \frac{R1 + R2}{R2} \times 0.8 [V]$$

入力電圧により以下の制限があります。

最小値: $V_{IN} \times 0.075$

ただし、 $(V_{IN} \times 0.075) \geq 0.8V$

最大値: $V_{IN} \times 0.7$

Figure 15. フィードバック抵抗回路

(3) 位相補償方法

電流モード制御の降圧 DC/DC コンバータは、エラーアンプと負荷によって形成される2つのポールと、位相補償にて付加する1つのゼロを持つ、2-pole 1zero システムです。

それぞれのポール・ゼロの極点を適切に配置することで、良好な過渡負荷応答特性と安定性を確保します。

位相補償抵抗 R_{CMP} は、DC/DC コンバータのループゲインが 0dB に落ちる時の周波数、クロスオーバー周波数 F_{CRS} を決定します。このクロスオーバー周波数 F_{CRS} を高く設定した場合、良好な過渡負荷応答特性が得られますが、安定性において不利になります。一方、クロスオーバー周波数 F_{CRS} を低く設定した場合は、非常に安定した特性になりますが、過渡負荷応答特性において劣ります。ここでは、クロスオーバー周波数 F_{CRS} をスイッチング周波数の 1/10 となるように定数を決定します。

(1) 位相補償抵抗 R_{CMP} の選定

位相補償抵抗 R_{CMP} は、次のような式にて求めることができます。

$$R_{CMP} = \frac{2\pi \times V_{OUT} \times F_{CRS} \times C_{OUT}}{V_{FB} \times G_{MP} \times G_{MA}} [\Omega]$$

V_{OUT} : 出力電圧

F_{CRS} : クロスオーバー周波数

C_{OUT} : 出力キャパシタ

V_{FB} : フィードバック基準電圧 (0.8V(TYP))

G_{MP} : カレントセンスゲイン (6.8A/V(TYP))

G_{MA} : エラーアンプトランスコンダクタンス (400 μ A/V(TYP))

(2) 位相補償容量 C_{CMP} の選定

位相補償容量 C_{CMP} は、次のような式にて求めることができます。

$$C_{CMP} = \frac{V_{OUT} \times C_{OUT}}{I_{OUT} \times R_{CMP}} [F]$$

(3) ループ安定性について

DC/DC コンバータの安定性を確保するため、十分な位相マージンを持っていることを実機にて確認してください。回路定数のばらつき等を考慮して、ワースト条件において、最低 45°以上の位相マージンを確保することを推奨します。

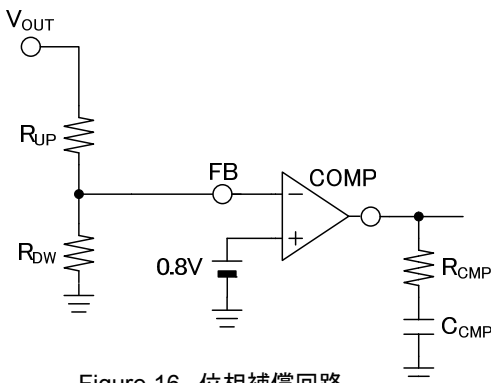


Figure 16. 位相補償回路

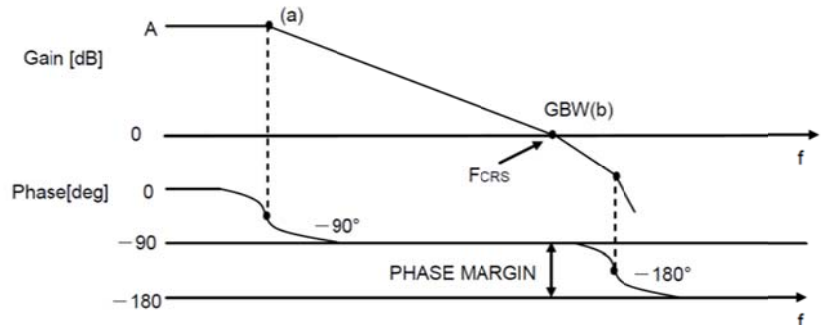


Figure 17. ボード線図

評価ボード BOM

Item	Qty.	Ref	Description	Manufacturer	Part Number
1	1	C1	CAP CER 0.1UF 25V 10% X7R 0603	Murata	GRM188R71E104KA01D
2	1	C2	CAP CER 10UF 25V 20% X5R 1206	Murata	GRM31CR61E106MA12L
3	2	C3,C4	CAP CER 22UF 16V 10% X5R 1206	Murata	GRM31CR61C226KE15K
4	1	C6	CAP CER 1500PF 50V 10% X7R 0603	Murata	GRM188R71H152KA01D
5	1	D2	TVS DIODE 16VWM 26VC SMA	Littelfuse Inc	SMAJ16A
6	1	J1	CONN HEADER VERT .100 3POS 15AU	TE Connectivity Div	87224-3
7	1	L1	INDUCTOR 3.3UH 6.8A 20% SMD	TDK Corporation	SPM6530T-3R3M
8	1	R1	RES 20K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	TRR03EZPF2002
9	1	R2	RES 7.5K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF7501
10	1	R3	RES 2.4K OHM 1/10W 1% 0603 SMD	Rohm	MCR03ERTF2401
11	2	TP1,TP3	TEST POINT PC MULTI PURPOSE RED	Keystone Electronics	5010
12	2	TP2,TP4	TEST POINT PC MULTI PURPOSE BLK	Keystone Electronics	5011
13	1	U1	4.5V to 18V Input, 6.0A Integrated MOSFET 1ch Synchronous Buck DC/DC Converter	ROHM	BD9C601EFJ
14	1	ZX1	1806 footprint solder-short during assembly		
15	1		Shunt jumper for header J1 (item #6), CONN SHUNT 2POS GOLD W/HANDLE	TE Connectivity	881545-1

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) 本製品は、一般的な電子機器（AV機器、OA機器、通信機器、家電製品、アミューズメント機器など）および本資料に明示した用途への使用を意図しています。
- 7) 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おられません。
- 8) 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
- 9) 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
- 10) 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。
- 11) 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。
- 12) 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。
- 13) 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。
- 14) 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/>