

車載向け 2.7V~5.5V 入力 4A MOSFET 内蔵 1ch 同期整流 降圧 DC/DC コンバータ

BD9S400MUF-C

概要

BD9S400MUF-C は低 ON 抵抗のパワーMOSFET を内蔵した同期整流降圧型 DC/DC コンバータです。最大 4A の電流を出力することが可能です。SLLM™ 制御により軽負荷状態の効率特性が良好で機器の待機時電力削減に最適です。スイッチング周波数が 2.2MHz と高速なため小型インダクタの使用が可能です。カレントモード制御による高速な過渡応答性能を持ち、位相補償についても容易に設定することが可能です。また外部パルスに同期可能です。

特長

- SLLM™ (Simple Light Load Mode)制御
- AEC-Q100 対応^(Note 1)
- 1ch 同期整流型降圧 DC/DC コンバータ
- 可変ソフトスタート機能
- Power Good 出力
- 低入力電圧誤動作防止
- 負荷短絡保護機能
- 出力過電圧保護機能
- 過電流保護機能
- 温度保護機能
- ウェッタブル・フランク QFN パッケージ

(Note 1) Grade 1

用途

- 車載機器
(クラスターパネル、インフォテインメント)
- その他電子機器

基本アプリケーション回路

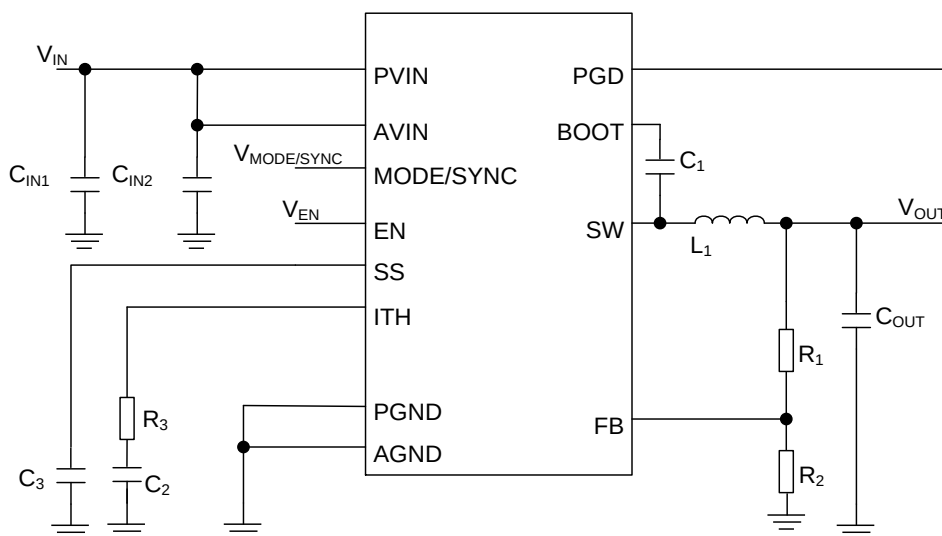


Figure 1. アプリケーション回路

SLLM™ はローム株式会社のトレードマークです。

○製品構造：シリコンモノリシック集積回路 ○耐放射線設計はしていません

www.rohm.co.jp

© 2017 ROHM Co., Ltd. All rights reserved.

TSZ22111・14・001

重要特性

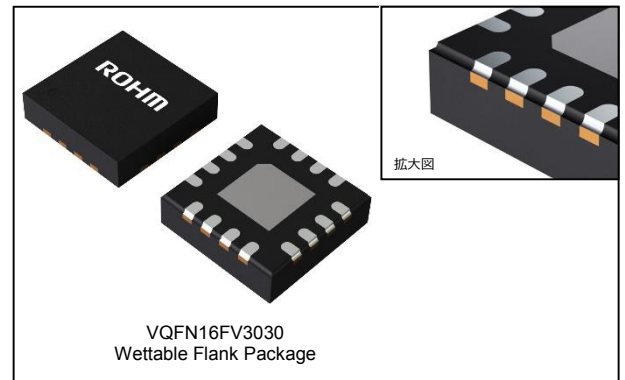
- 入力電圧：2.7V ~ 5.5V
- 出力電圧設定：0.8V ~ $V_{PVIN} \times 0.8V$
- 出力電流：4A(Max)
- スwitchング周波数：2.2MHz(Typ)
- High Side FET ON 抵抗：35mΩ(Typ)
- Low Side FET ON 抵抗：35mΩ(Typ)
- シャットダウン時回路電流：0μA (Typ)
- 動作周囲温度：-40°C ~ +125°C

パッケージ

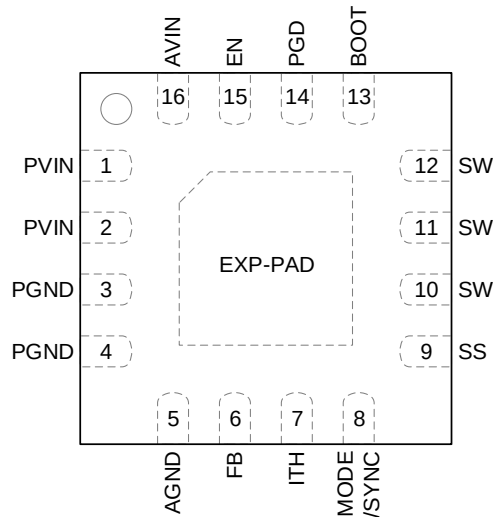
VQFN16FV3030

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

3.00mm x 3.00mm x 1.00mm



端子配置図



(TOP VIEW)

Figure 2. 端子配置図

端子説明

端子番号	端子名	機 能
1, 2	PVIN	DC/DC コンバータの電源入力端子です。 推奨値として 10 μ F のセラミック・コンデンサを接続してください。
3, 4	PGND	DC/DC コンバータのグラウンド端子です。
5	AGND	グラウンド端子です。
6	FB	出力電圧フィードバック端子です。gm エラーアンプの反転入力部です。出力電圧の抵抗分割を接続してください。出力電圧設定方法は P.17 を参照してください。
7	ITH	gm エラーアンプの出力及び PWM コンパレータの入力端子です。 この端子に位相補償部品を接続します。 位相補償用抵抗・コンデンサの定数設定方法は P.20 を参照してください。
8	MODE / SYNC	SLLM™ 制御モードと強制 PWM モードの切替え端子です。この端子を Low にすると、デバイスは強制 PWM モードで動作します。この端子を High にすると、負荷電流に応じて SLLM™ 制御モードと PWM モードを自動的に遷移します。 また、この端子に同期パルス信号を入力することで、外部同期動作を開始します。
9	SS	ソフトスタート時間設定端子です。この端子にコンデンサを接続することによって出力電圧の立ち上がり時間を設定できます。容量値の設定方法は P.19 を参照してください。
10, 11, 12	SW	スイッチング出力端子です。High Side FET のソース、Low Side FET のドレインに接続されています。この端子と BOOT 端子間にブートストラップコンデンサ 0.1 μ F を接続します。
13	BOOT	この端子と SW 端子の間にブートストラップコンデンサ 0.1 μ F を接続します。 このコンデンサの電圧が High Side FET のゲート駆動電圧になります。
14	PGD	パワーグッド端子です。オープンドレイン出力のため抵抗で電源にプルアップして使用します。抵抗値の設定方法は P.12 を参照してください。
15	EN	デバイスの制御用端子です。この端子を Low にすると、デバイスがシャットダウンします。この端子を High にすると、デバイスがイネーブルになります。
16	AVIN	アナログ用電源入力端子です。この端子は PVIN 端子とショートします。 推奨値として 0.1 μ F のセラミック・コンデンサを接続してください。
-	EXP-PAD	裏面放熱用パッドです。ビアを使用して内部の PCB グラウンドプレーンに接続することで優れた放熱特性が得られます。

ブロック図

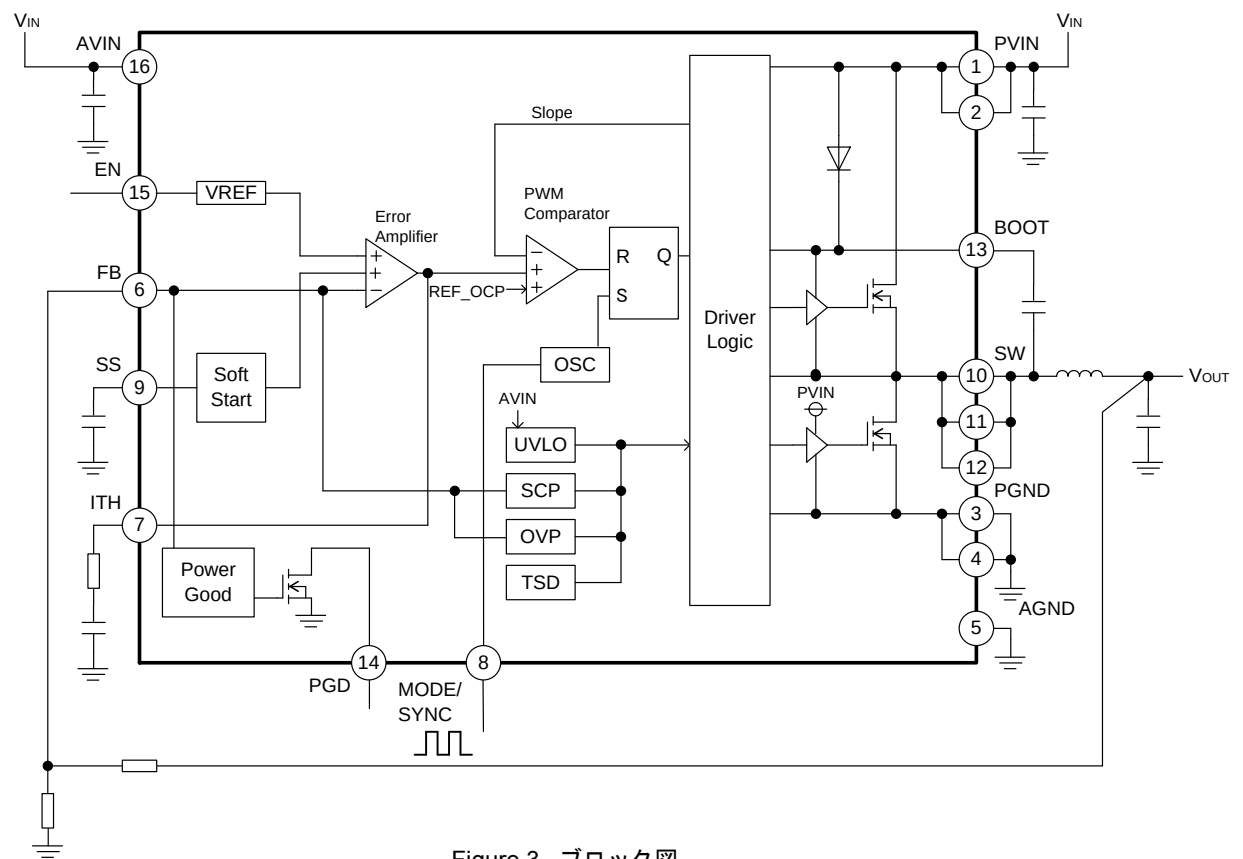


Figure 3. ブロック図

各ブロック動作説明

1. VREF
内部基準電圧回路です。
2. UVLO (Under Voltage Lockout)
低入力電圧誤動作防止回路です。 V_{IN} が 2.45V(Typ)以下でデバイスをシャットダウンします。なお、スレッシュホールド電圧は 100mV(Typ)のヒステリシスを持っています。
3. SCP (Short Circuit Protection)
負荷短絡保護回路です。ソフトスタート完了判定後、FB 端子電圧が 0.56V(Typ)以下になり、その状態が 1ms(Typ)継続すると 14ms(Typ)間出力段の MOSFET を OFF し、その後再起動します。
4. OVP (Over Voltage Protection)
出力過電圧保護回路です。FB 端子電圧が 0.880V(Typ)以上になると出力段の MOSFET を OFF します。FB 端子電圧が 0.856V(Typ)以下になると出力段の MOSFET が通常動作に戻ります。
5. TSD (Thermal Shutdown)
温度保護回路です。温度保護回路は IC 内部温度が 175°C(Typ)以上になるとデバイスがシャットダウンし、IC 内部温度が TSD スレッシュホールドを下回ると、25°C(Typ)のヒステリシスをもって再起動します。
6. OCP (Over Current Protection)
過電流保護機能は High Side MOSFET を流れる電流をスイッチング周波数の 1 サイクルごとに制限することで実現しています。
7. Soft Start
ソフトスタート回路です。緩やかに出力電圧を立ち上げることで、出力電圧のオーバーシュートを防ぐことができます。ソフトスタート時間は SS 端子にコンデンサを接続することで設定できます。(定数設定方法は [P.19](#) を参照) また、SS 端子 OPEN 時は 1ms(Typ)でソフトスタートします。
8. Error Amplifier
VREF 電圧 0.8V(Typ)と FB 端子電圧を入力とする誤差増幅器です。ITH 端子に抵抗とコンデンサを接続することで位相補償を設定できます。位相補償用抵抗・コンデンサの定数設定方法は [P.20](#) を参照。
9. PWM Comparator
Error Amplifier の出力電圧と、Slope 信号を比較するコンパレータです。出力スイッチングパルスのデューティを制御します。
10. OSC (Oscillator)
発振周波数を生成する回路です。
11. Driver Logic
スイッチング動作と各種保護機能動作を制御する回路です。
12. Power Good
FB 端子電圧が 0.8V(Typ)の $\pm 7\%$ 内の電圧に達すると、内蔵の Nch MOSFET が OFF し、PGD 出力が High になります。また、FB 端子電圧が 0.8V(Typ)の $\pm 10\%$ をはずれると PGD 出力が Low になります。

絶対最大定格 (Ta=25°C)

項 目	記号	定 格	単位
入力電圧	V _{PVIN} , V _{AVIN}	-0.3 ~ +7	V
EN 端子電圧	V _{EN}	-0.3 ~ V _{AVIN}	V
MODE/SYNC 端子電圧	V _{MODE/SYNC}	-0.3 ~ V _{AVIN}	V
PGD 端子電圧	V _{PGD}	-0.3 ~ +7	V
BOOT 端子電圧	V _{BOOT}	-0.3 ~ +14	V
BOOT-SW 間電圧	ΔV _{BOOT}	-0.3 ~ +7	V
FB, ITH, SS 端子電圧	V _{FB} , V _{ITH} , V _{SS}	-0.3 ~ V _{AVIN}	V
最高接合部温度	T _{jmax}	150	°C
保存温度範囲	T _{stg}	-55 ~ +150	°C

注意 1: 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など、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頂くようお願いいたします。

注意 2: 最高接合部温度を超えるようなご使用をされますと、チップ温度上昇により、IC 本来の性質を悪化させることにつながります。最高接合部温度を超える場合は基板サイズを大きくする、放熱用銅箔面積を大きくする、放熱板を使用するなど、最高接合部温度を越えないよう熱抵抗にご配慮ください。

熱抵抗 (Note 1)

項 目	記号	熱抵抗(Typ)		単位
		1 層基板 (Note 3)	4 層基板 (Note 4)	
VQFN16FV3030				
ジャンクションー周囲温度間熱抵抗	θ _{JA}	189.0	57.5	°C/W
ジャンクションーパッケージ上面中心間熱特性パラメータ (Note 2)	Ψ _{JT}	23	10	°C/W

(Note 1) JESD51-2A(Still-Air) に準拠。

(Note 2) ジャンクションからパッケージ（モールド部分）上面中心までの熱特性パラメータ。

(Note 3) JESD51-3 に準拠した基板を使用。

測定基板	基板材	基板寸法
1 層	FR-4	114.3mm x 76.2mm x 1.57mm
1 層目（表面）銅箔		
銅箔パターン	銅箔厚	
実装ランドパターン + 電極引き出し用配線	70μm	

(Note 4) JESD51-5,7 に準拠した基板を使用。

測定基板	基板材	基板寸法		サーマルビア (Note 5)	
				ピッチ	直径
4 層	FR-4	114.3mm x 76.2mm x 1.6mmt		1.20mm	Φ0.30mm
1 層目（表面）銅箔		2 層目、3 層目（内層）銅箔		4 層目（裏面）銅箔	
銅箔パターン	銅箔厚	銅箔パターン	銅箔厚	銅箔パターン	銅箔厚
実装ランドパターン +電極引き出し用配線	70μm	74.2mm□（正方形）	35μm	74.2mm□（正方形）	70μm

(Note 5) 貫通ビア。全層の銅箔と接続する。配置はランドパターンに従う。

推奨動作条件

項 目	記号	最小	最大	単位
入力電圧	V _{PVIN} , V _{AVIN}	2.7	5.5	V
動作温度	T _{opr}	-40	+125	°C
出力電流	I _{OUT}	-	4	A
出力電圧設定	V _{OUT}	0.8 (Note 1)	V _{PVIN} x 0.8	V
SW 最小 ON 時間	t _{ON_MIN}	-	95	ns
外部同期入力周波数	f _{SYNC}	1.8	2.4	MHz
外部同期入力デューティ	D _{SYNC}	25	75	%

(Note 1) 出力電圧は 0.8V 以上で設定可能ですが SW 最小パルス幅によって制限される場合があります。設定可能範囲については [アプリケーション部品選定方法](#) の出力電圧の設定をご覧ください。

電氣的特性 (特に指定のない限り Ta=-40°C~+125°C, AVIN=PVIN=5V, EN=5V)

項 目	記号	最小	標準	最大	単位	条 件
AVIN						
シャットダウン時回路電流	I _{SDN}	-	0	10	μA	V _{EN} =0V, Ta=25°C
回路電流	I _{CC}	400	650	900	μA	I _{OUT} =0mA, Ta=25°C スイッチング停止時
UVLO 検出電圧	V _{UVLO1}	2.30	2.45	2.60	V	V _{AVIN} Falling
UVLO 解除電圧	V _{UVLO2}	2.40	2.55	2.70	V	V _{AVIN} Rising
UVLO ヒステリシス電圧	V _{UVLO-HYS}	50	100	125	mV	Ta=25°C
ENABLE						
EN スレッシュホールド電圧 High	V _{ENH}	2.0	-	V _{IN}	V	
EN スレッシュホールド電圧 Low	V _{ENL}	GND	-	0.8	V	
EN 流入電流	I _{EN}	2	5	8	μA	V _{EN} =5V, Ta=25°C
MODE/SYNC						
MODE/SYNC スレッシュホールド電圧 High	V _{MODESYNC}	2.0	-	V _{IN}	V	
MODE/SYNC スレッシュホールド電圧 Low	V _{MODESYNCL}	GND	-	0.8	V	
MODE/SYNC 流入電流	I _{MODESYNC}	4	10	16	μA	V _{MODESYNC} =5V, Ta=25°C
基準電圧・エラーアンプ						
FB 端子電圧	V _{FB}	0.788	0.8	0.812	V	
FB 流入電流	I _{FB}	-	0	0.2	μA	V _{FB} =0.8V, Ta=25°C
ITH シンク電流	I _{ITHSI}	12	19	25	μA	V _{FB} =0.9V, Ta=25°C
ITH ソース電流	I _{ITHSO}	-25	-19	-12	μA	V _{FB} =0.7V, Ta=25°C
ソフトスタート時間	t _{SS}	0.5	1.0	2.0	ms	V _{AVIN} =5V, SS 端子 OPEN 時
		0.6	1.2	2.4	ms	V _{AVIN} =3.3V, SS 端子 OPEN 時
SS 充電電流	I _{SS}	-2.34	-1.8	-1.26	μA	
スイッチング周波数						
スイッチング周波数	f _{SW}	2.0	2.2	2.4	MHz	
Power Good						
PGD Falling (Fault)電圧	V _{PGDTH_FF}	V _{FB} x 0.87	V _{FB} x 0.90	V _{FB} x 0.93	V	V _{FB} Falling
PGD Rising (Good)電圧	V _{PGDTH_RG}	V _{FB} x 0.90	V _{FB} x 0.93	V _{FB} x 0.96	V	V _{FB} Rising
PGD Rising (Fault)電圧	V _{PGDTH_RF}	V _{FB} x 1.07	V _{FB} x 1.10	V _{FB} x 1.13	V	V _{FB} Rising
PGD Falling (Good)電圧	V _{PGDTH_FG}	V _{FB} x 1.04	V _{FB} x 1.07	V _{FB} x 1.10	V	V _{FB} Falling
PGD 出力リーク電流	I _{LEAKPGD}	-	0	2	μA	V _{PGD} =5V, Ta=25°C
PGD FET ON 抵抗	R _{PGD}	10	30	60	Ω	
PGD 出力 Low Level 電圧	V _{PGDL}	0.01	0.03	0.06	V	I _{PGD} =1mA
スイッチ MOSFET						
High Side FET ON 抵抗	R _{ONH}	10	35	60	mΩ	V _{PVIN} =5V
		15	38	65	mΩ	V _{PVIN} =3.3V
Low Side FET ON 抵抗	R _{ONL}	10	35	60	mΩ	V _{PVIN} =5V
		15	38	65	mΩ	V _{PVIN} =3.3V
High Side FET リーク電流	I _{LEAKSWH}	-	0	5	μA	V _{PVIN} =5.5V, V _{SW} =0V Ta=25°C
Low Side FET リーク電流	I _{LEAKSWL}	-	0	5	μA	V _{PVIN} =5.5V, V _{SW} =5.5V Ta=25°C
過電流保護 SW 電流 ^(Note1)	I _{OCP}	4.6	6.4	8.2	A	
SCP, OVP						
負荷短絡保護検出電圧	V _{SCP}	0.45	0.56	0.67	V	
出力過電圧保護検出電圧	V _{OVP}	0.856	0.880	0.904	V	

(Note 1) これは設計値です。量産出荷検査は行っておりません。

特性データ(参考データ)

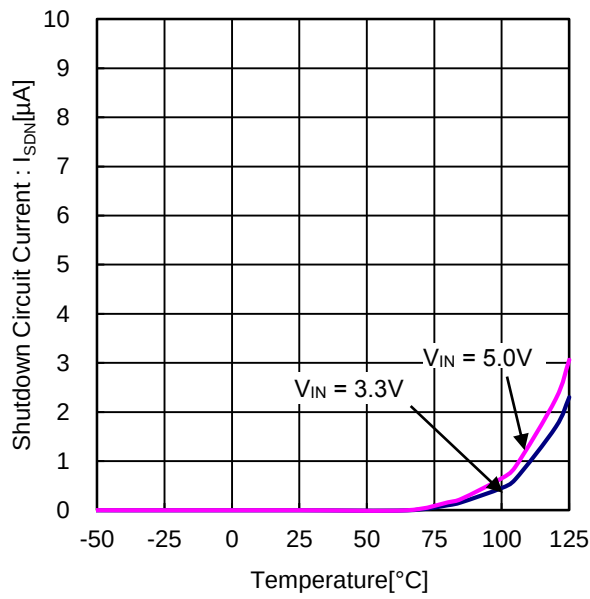


Figure 4. シャットダウン時回路電流 vs 温度

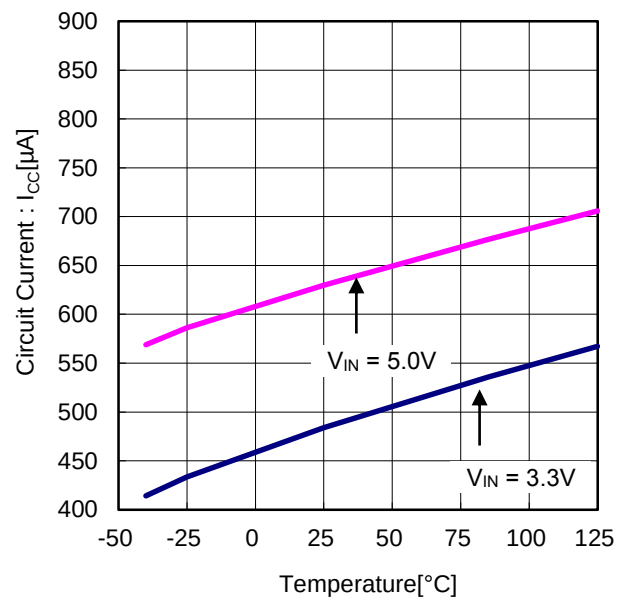


Figure 5. 回路電流 vs 温度

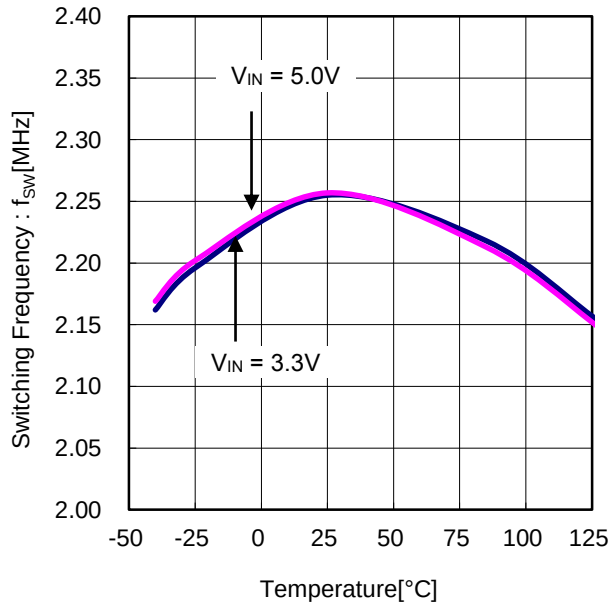


Figure 6. スイッチング周波数 vs 温度

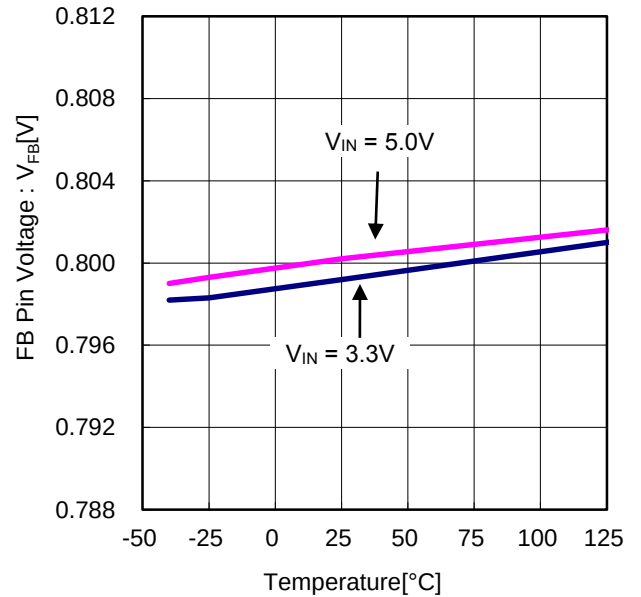


Figure 7. FB 端子電圧 vs 温度

特性データ (参考データ) — 続き

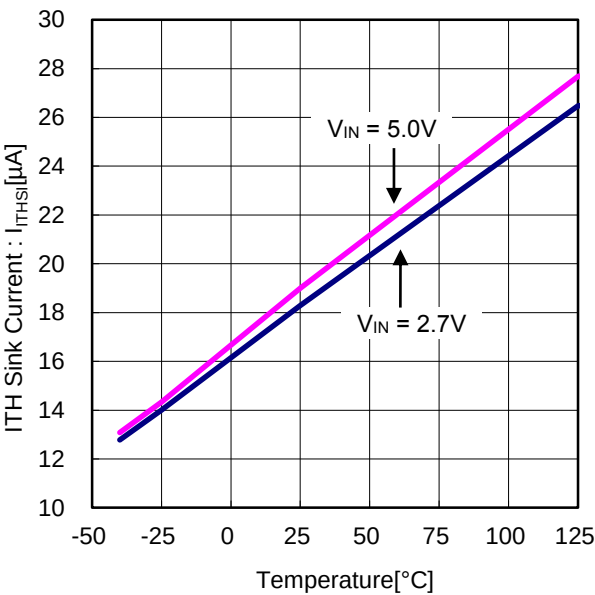


Figure 8. ITH シンク電流 vs 温度

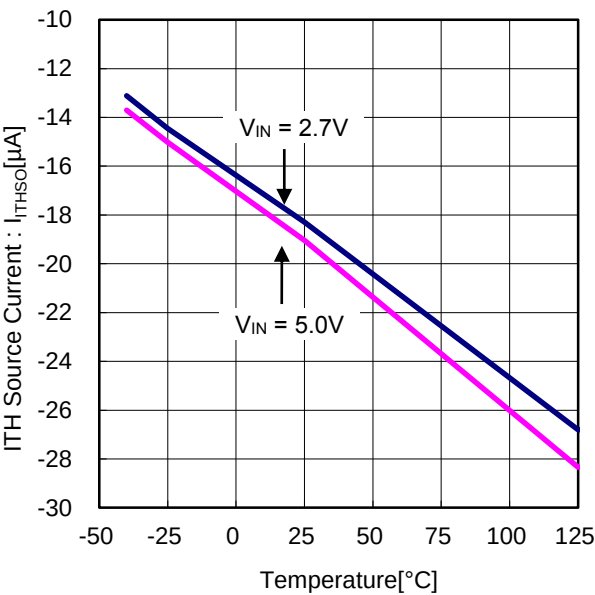


Figure 9. ITH ソース電流 vs 温度

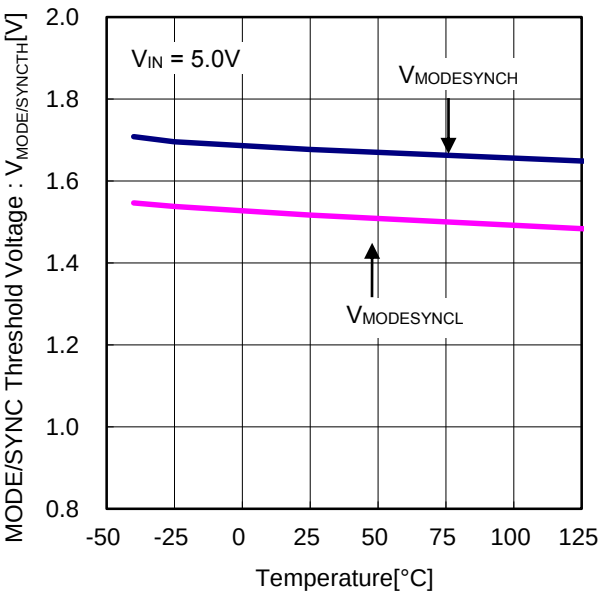


Figure 10. MODE/SYNC スレッシュホールド電圧 vs 温度

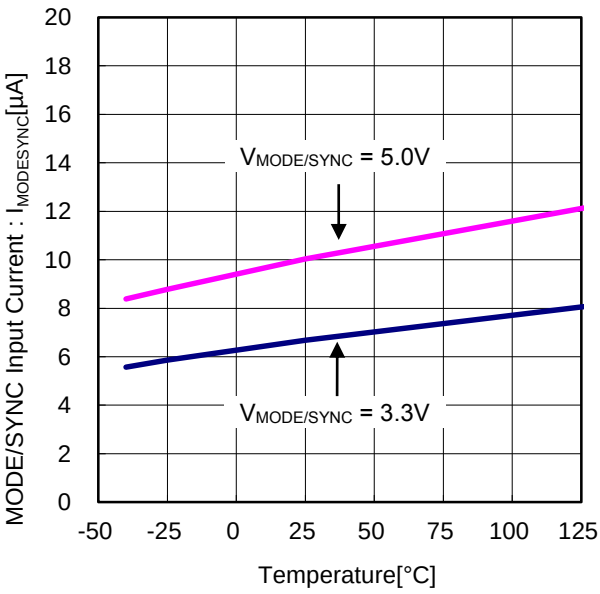


Figure 11. MODE/SYNC 流入電流 vs 温度

特性データ (参考データ) — 続き

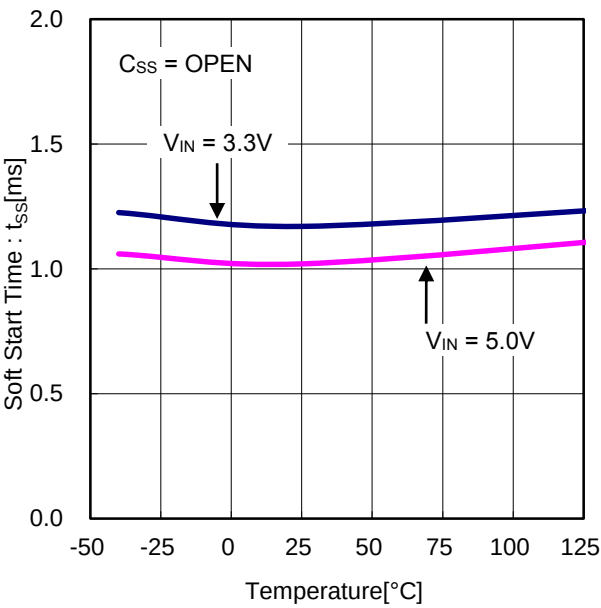


Figure 12. ソフトスタート時間 vs 温度

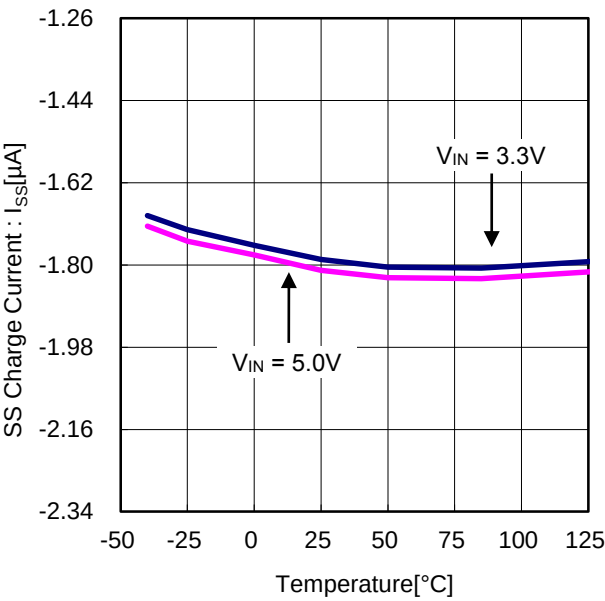


Figure 13. SS 充電電流 vs 温度

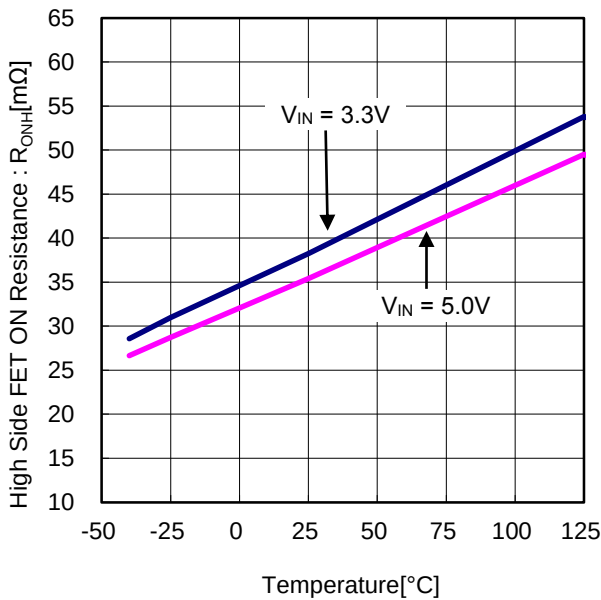


Figure 14. High Side FET ON 抵抗 vs 温度

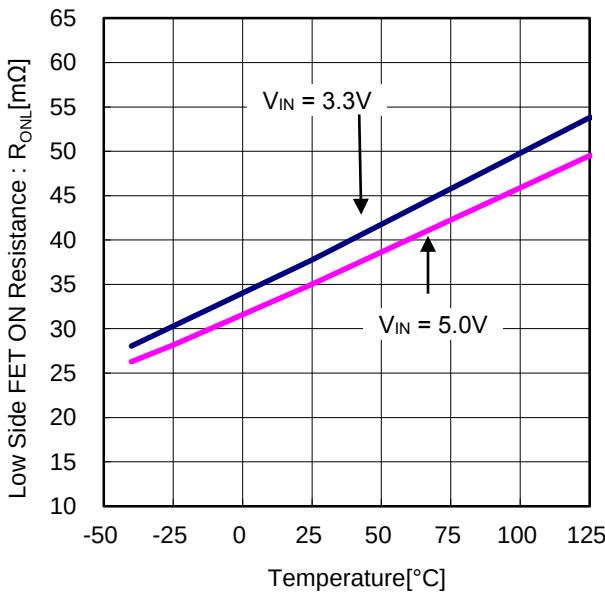


Figure 15. Low Side FET ON 抵抗 vs 温度

特性データ (参考データ) — 続き

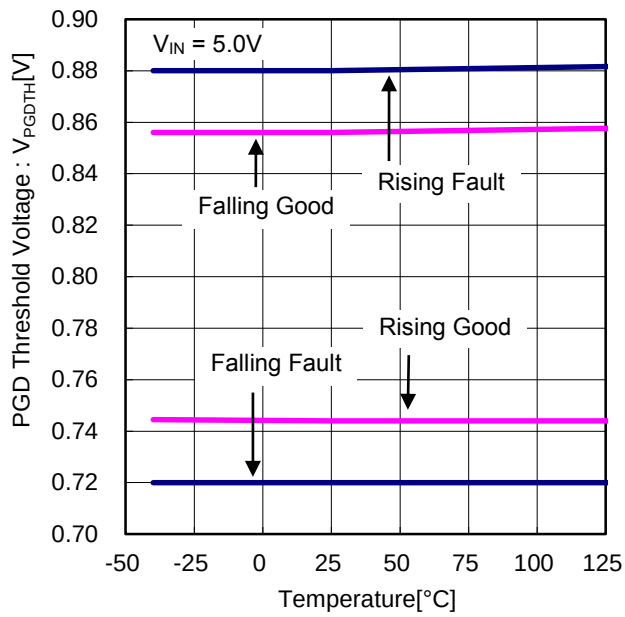


Figure 16. PGD スレッシュホールド電圧 vs 温度

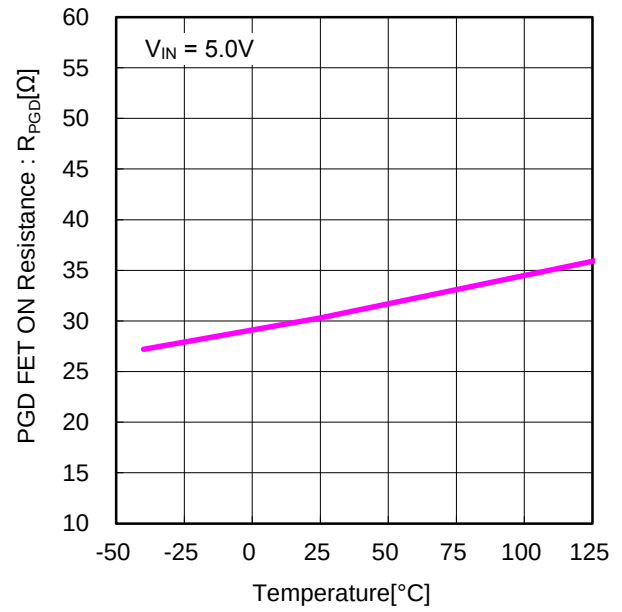


Figure 17. PGD FET ON 抵抗 vs 温度

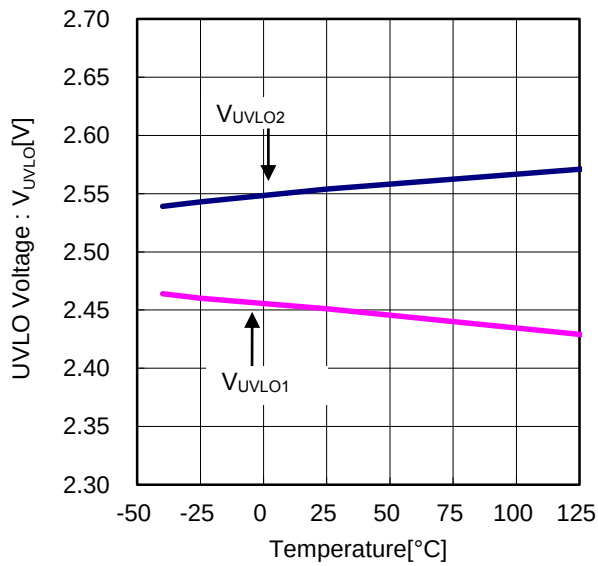


Figure 18. UVLO 電圧 vs 温度

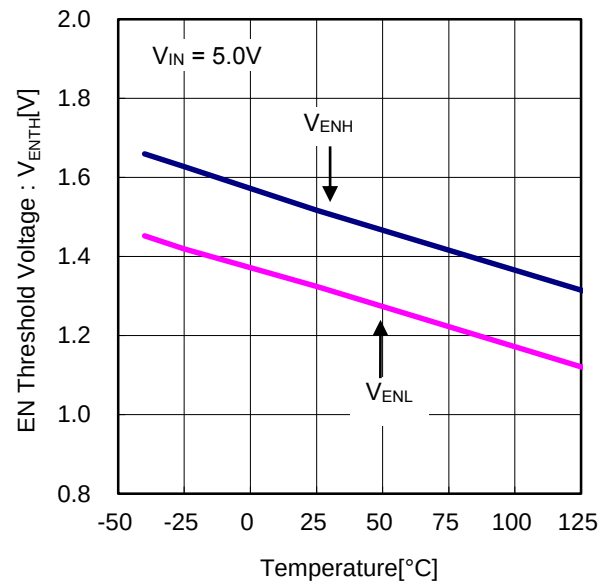


Figure 19. EN スレッシュホールド電圧 vs 温度

特性データ (参考データ) — 続き

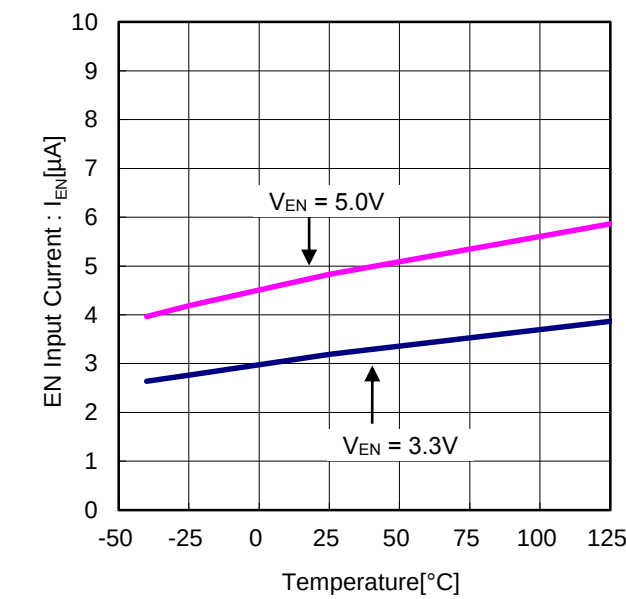


Figure 20. EN 流入電流 vs 温度

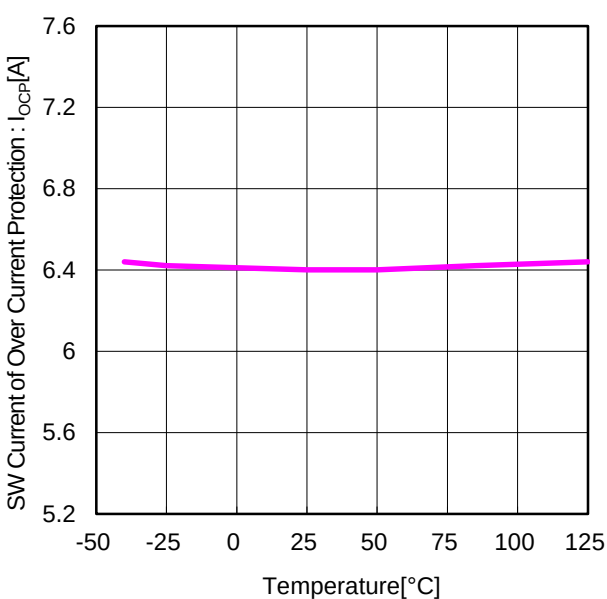


Figure 21. 過電流保護 SW 電流 vs 温度

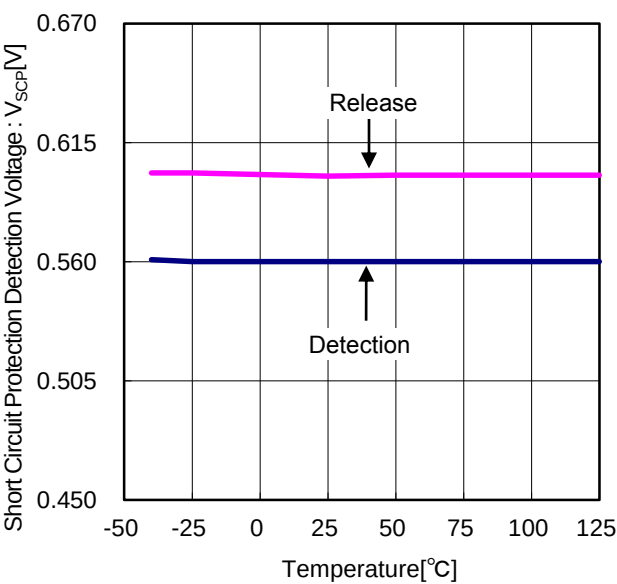


Figure 22. 負荷短絡保護検出電圧 vs 温度

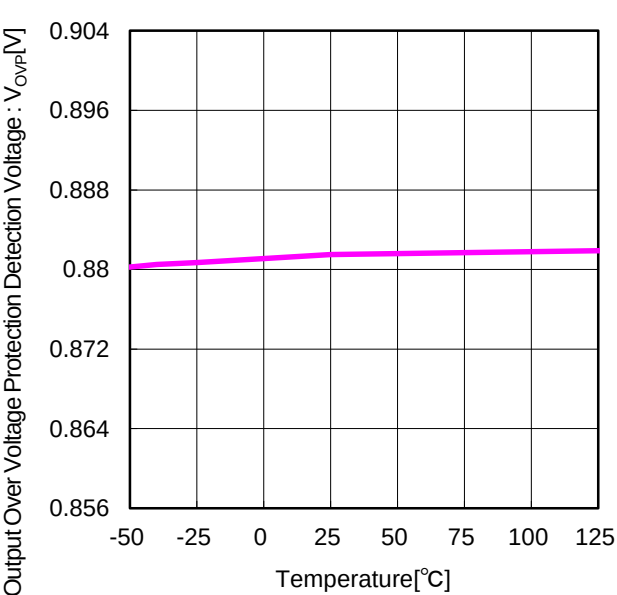


Figure 23. 出力過電圧保護検出電圧 vs 温度

機能説明

1. イネーブル制御

EN 端子に印加される電圧によって、デバイスのシャットダウンをコントロールできます。 V_{EN} を 2.0V 以上になると内部回路が動作し、ソフトスタートを伴ってデバイスが起動します。 V_{EN} を 0.8V 以下にするとデバイスがシャットダウンします。

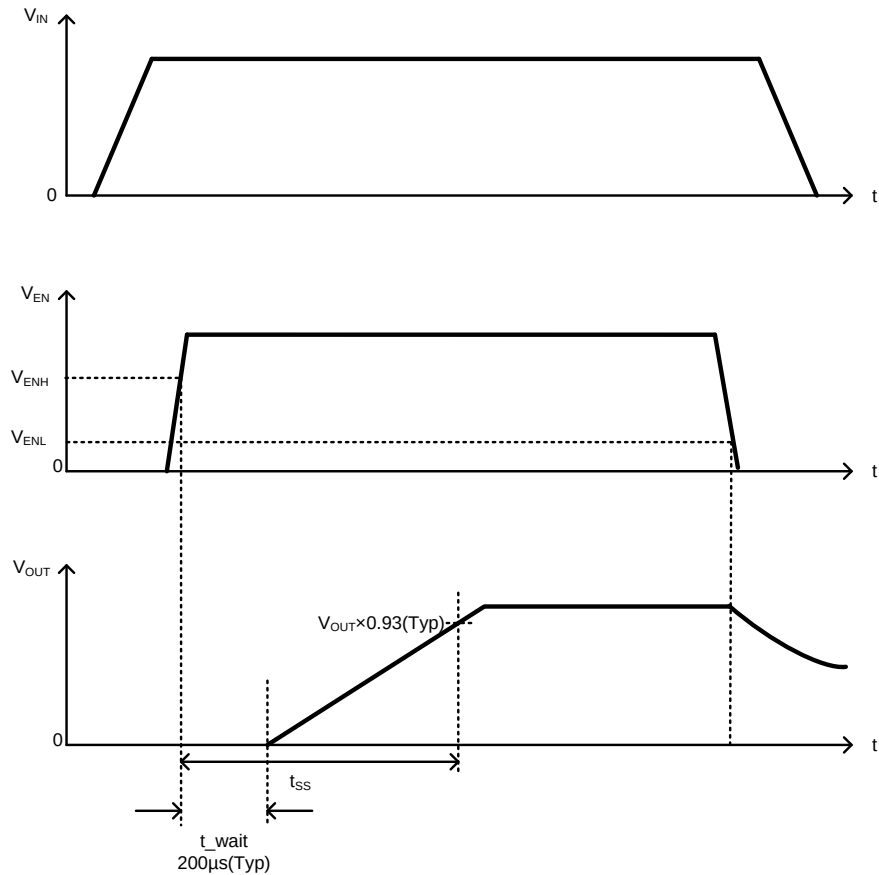


Figure 24. イネーブル ON/OFF タイミングチャート

2. Power Good 機能

FB 端子電圧が 0.8V(Typ)の $\pm 7\%$ 内の電圧になると、PGD 端子のオープンドレイン出力 MOSFET が OFF し、出力が High になります。

また、FB 端子電圧が 0.8V(Typ)の $\pm 10\%$ の電圧から外れると、PGD 端子オープンドレイン MOSFET が ON し、PGD 端子が 30 Ω (Typ)のインピーダンスでプルダウンされます。10k Ω ~100k Ω 程度の抵抗で電源にプルアップしてください。

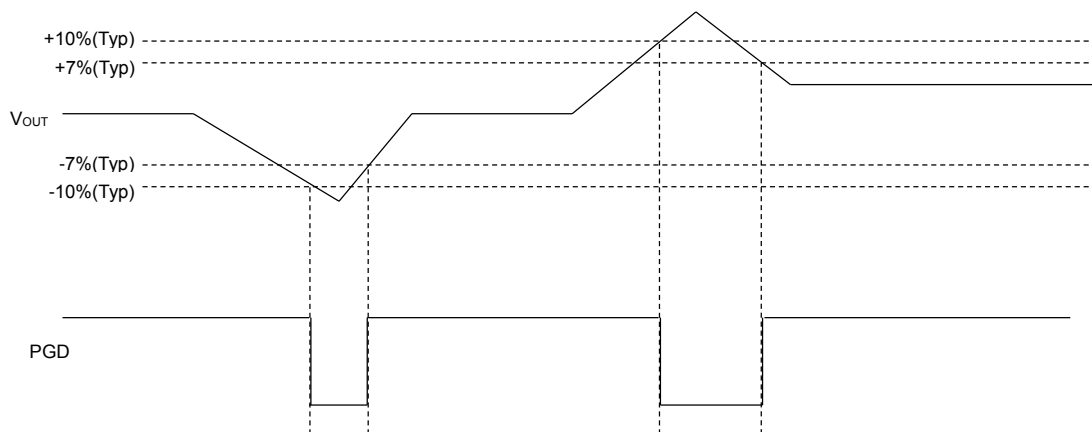


Figure 25. Power Good タイミングチャート

機能説明 — 続き

3. 外部同期機能

MODE/SYNC 端子に外部パルス信号を入力することで、スイッチング周波数を外部パルス信号に同期させることができます。1.8MHz 以上のパルス信号が印加されると、パルス信号の立ち下がり（Falling Edge）を 7 回検出した後、外部同期動作を開始します。同期周波数範囲は 1.8MHz ~ 2.4MHz、デューティは 25% ~ 75% の範囲で入力してください。なお、外部パルス信号への同期動作と内部 CLK 周波数への切替え時には瞬間的に 2% 程度の出力電圧変動が生じます。

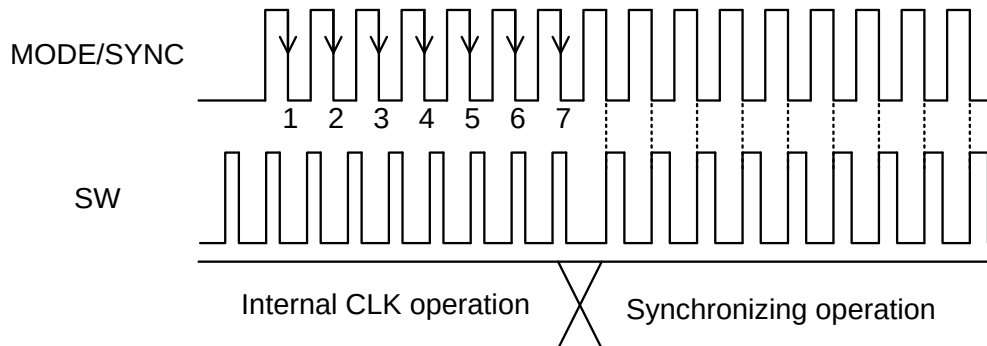


Figure 26. 外部同期機能タイミングチャート

外部同期機能をご使用される際は gm エラーアンプの出力にあたる ITH 端子への干渉対策として、ITH 端子に接続される位相補償用部品（抵抗とコンデンサ）と並列に 10pF のコンデンサを接続してください。

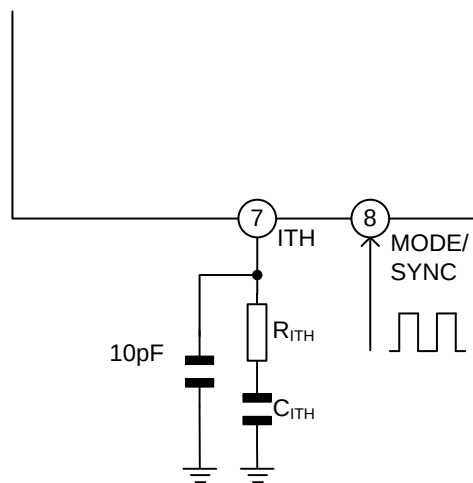


Figure 27. 外部同期機能使用時の推奨回路

機能説明 — 続き

4. SLLM™(Simple Light Load Mode)と強制 PWM モード

SLLM™(Simple Light Load Mode)とは、ローム独自方式により軽負荷状態において Pulse Width Modulation(PWM)制御ループで動作させたままスイッチングパルスの OFF 制御を可能にする技術です。そのため、軽負荷と重負荷の切り替えなどによる電圧ドロップや過渡応答特性を劣化させることなくリニアに動作させることができます。

BD9S400MUF-C はこの技術を用いることで重負荷状態では PWM モードでスイッチング動作し、負荷が軽いときは効率を向上させるように SLLM™制御に自動で切り替わります。MODE/SYNC 端子を 0.8V 以下にすると強制 PWM モードで動作します。また MODE/SYNC 端子を 2.0V 以上にすると SLLM™制御が有効になります。強制 PWM モードでは、SLLM™制御動作時に比べて軽負荷時の効率が低下しますが、全負荷範囲において固定の周波数でスイッチング動作するため、ノイズ対策が比較的容易になります。

なお、スイッチング Duty が 50% 以上の場合、SLLM™制御が十分に機能しませんのでご注意ください。

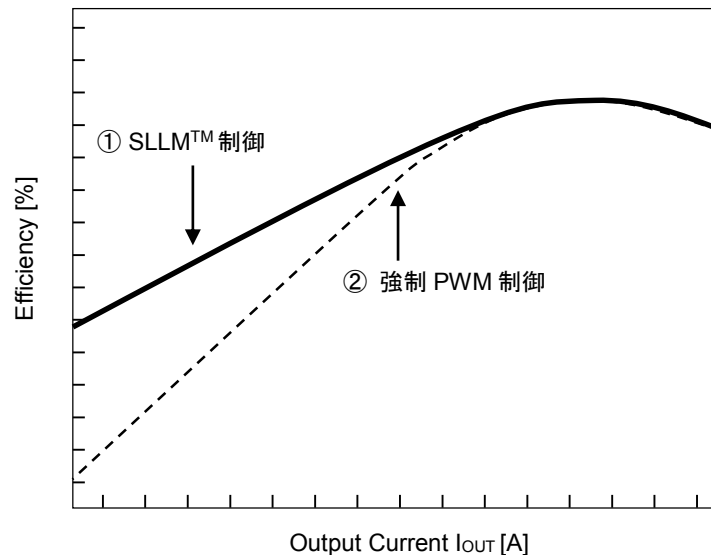
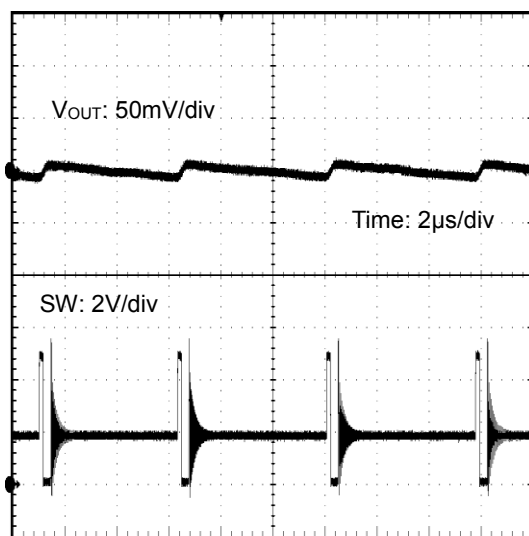
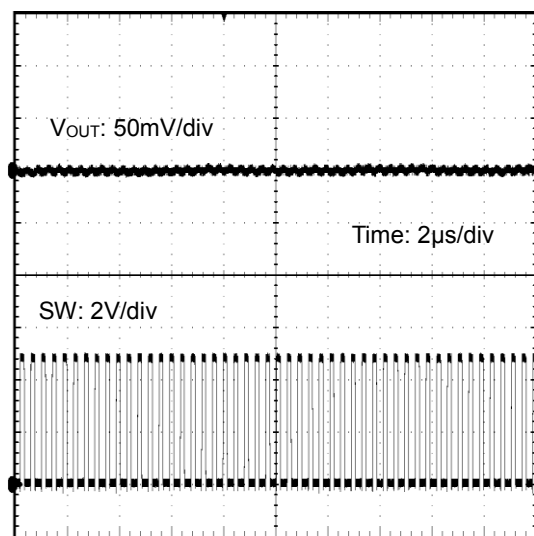


Figure 28. 効率特性(SLLM™ 制御、強制 PWM 制御)

① SLLM™ 制御

Figure 29. SLLM™ 制御時 SW 波形
($V_{in}=5.0V$, $V_{out}=1.8V$, $I_{out}=50mA$)

② 強制 PWM 制御

Figure 30. 強制 PWM 制御時 SW 波形
($V_{in}=5.0V$, $V_{out}=1.8V$, $I_{out}=1A$)

保護機能

1. 負荷短絡保護機能(SCP)

負荷短絡保護機能は、FB 端子電圧を内部基準電圧 VREF と比較し、FB 端子電圧が 0.56V(Typ)以下になり、その状態が 1ms(Typ)継続すると 14ms(Typ)間動作を停止しその後再起動します。ただし、この保護回路は突発的な事故による破壊防止に有効的なもので、連続的な保護回路動作 (例えば出力電流能力を大きく上回る負荷が常時接続される場合など)でのご使用は避けてください。

EN 端子	FB 端子	短絡保護機能	短絡保護動作
2.0V 以上	$\leq 0.56\text{V(Typ)}$	有効	ON
	$\geq 0.60\text{V(Typ)}$		OFF
0.8V 以下	-	無効	OFF

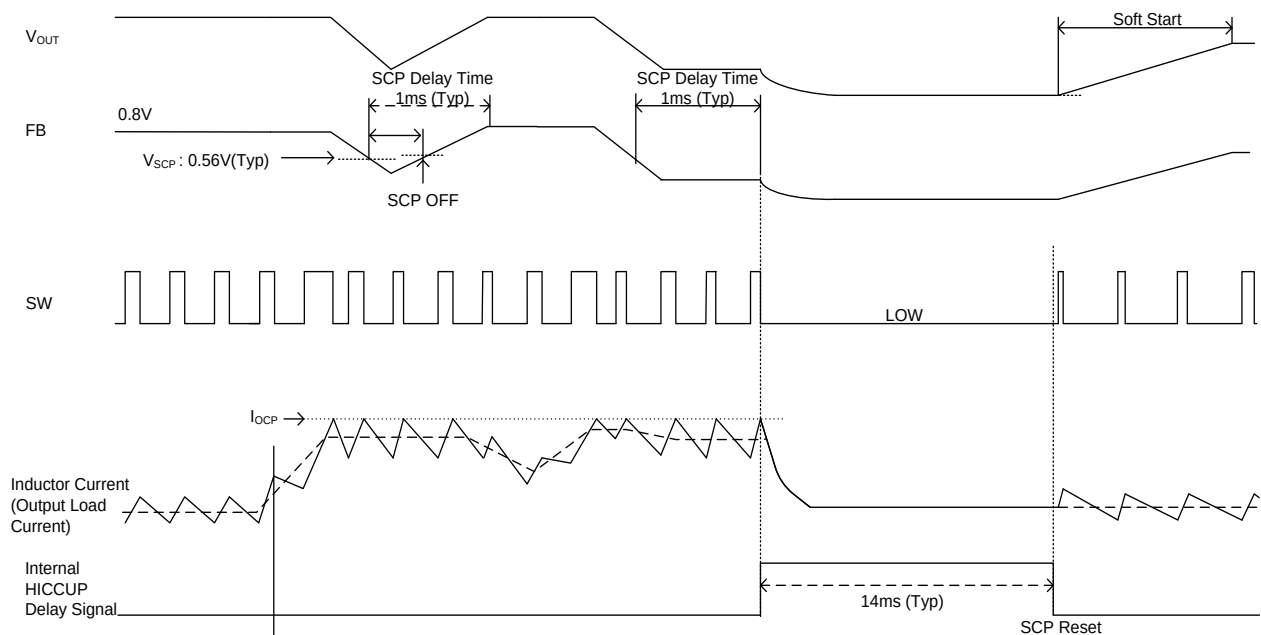


Figure 31. 負荷短絡保護機能(SCP)タイミングチャート

2. 過電流保護機能(OCP)

過電流保護機能は High Side FET に流れる電流をスイッチング周波数の 1 サイクルごとに制限することで実現しています。ただし、この保護回路は突発的な事故による破壊防止に有効的なもので、連続的な保護回路動作(例えば出力電流能力を大きく上回る負荷が常時接続される場合など)でのご使用は避けてください。

保護機能 — 続き

3. 低入力電圧誤動作防止(UVLO)

AVIN 端子電圧が 2.45V(Typ)以下でデバイスをシャットダウンします。
 なお、スレッシュホールド電圧は 100mV(Typ)のヒステリシスを持っています。

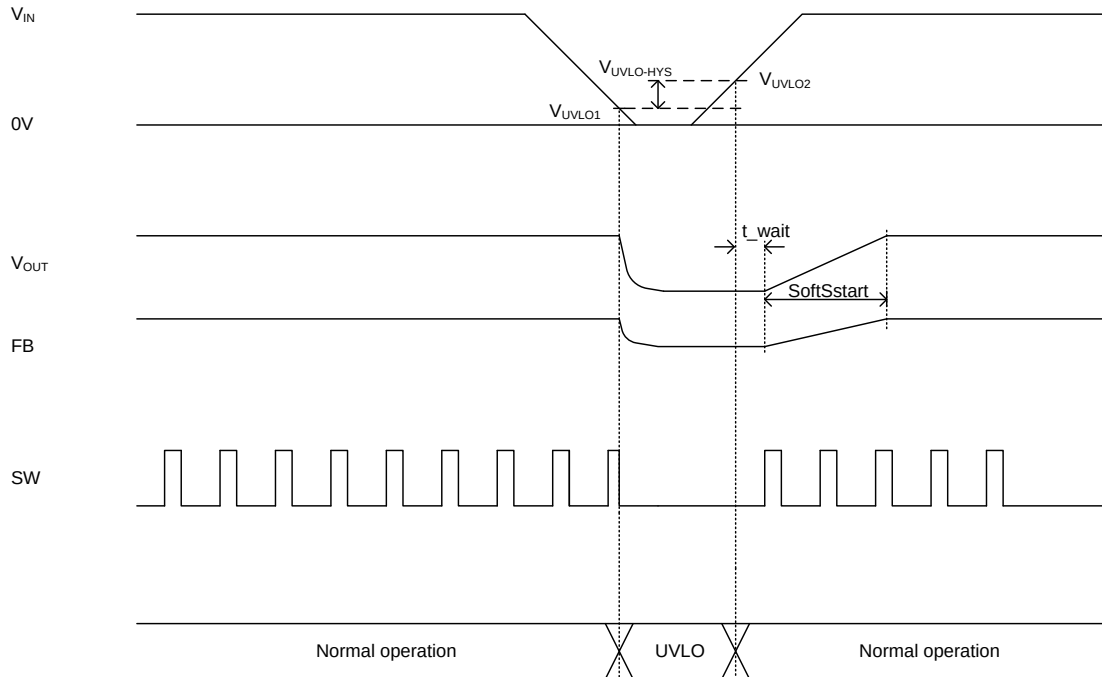


Figure 32. UVLO タイミングチャート

4. サーマルシャットダウン機能

IC を熱破壊から防ぐための温度保護回路です。通常は許容損失範囲内で使用しますが、万が一許容損失を超えた状態が継続し、チップ温度 T_j が 175°C (Typ)まで上昇すると、温度保護回路が動作し出力段の MOSFET が OFF します。その後チップ温度 T_j が低下すると回路は自動で復帰します。なお、温度保護回路は絶対最大定格を超えた状態での動作となりますので、セットの温度保護機能として使用しないでください。

5. 過電圧保護回路(OVP)

急峻な負荷変動や出力障害状態からの復帰時に出力電圧オーバーシュートを最小限に抑えるための過電圧保護回路です。FB 端子電圧が出力過電圧保護検出電圧 0.880V(Typ)以上になると、出力段の MOSFET を OFF し、出力電圧の上昇を抑えます。検知後、出力が低下して過電圧状態が解除されるとスイッチング動作を再開します。出力過電圧保護検出電圧と解除電圧には 3%のヒステリシスがあります。

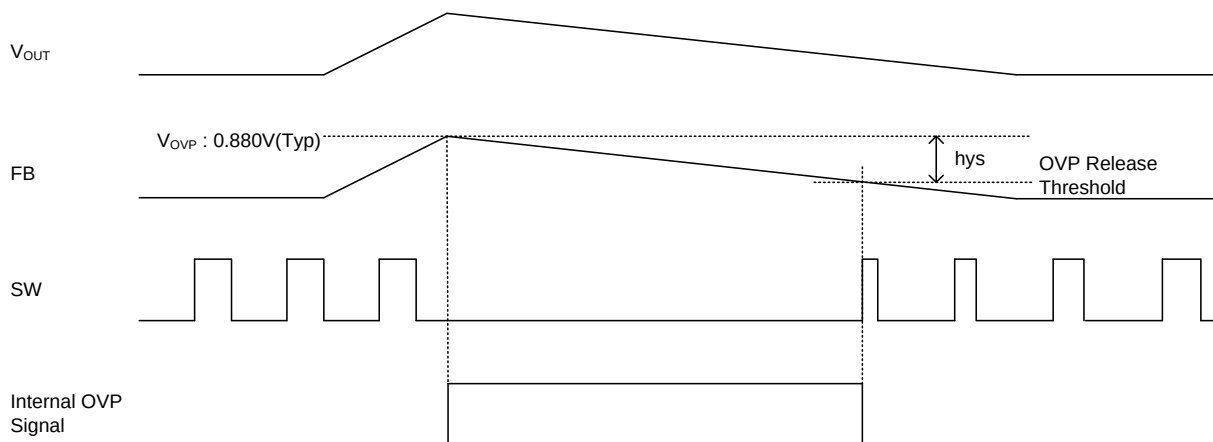


Figure 33. OVP タイミングチャート

アプリケーション部品選定方法

応用回路例に示す推奨定数以外の設定をご利用の場合、弊社までお問い合わせください。

電源を設計するにあたり必要なパラメータは下記になります。

Table 1. Application Specification

項目	記号	仕様例
入力電圧	V_{IN}	5.0V
出力電圧	V_{OUT}	1.2V
スイッチング周波数	f_{SW}	2.2MHz(Typ)
出力リップル電流	ΔI_L	0.4A
出力コンデンサ	C_{OUT}	44 μ F
ソフトスタート時間	t_{SS}	4.5ms(Typ)
出力最大負荷電流	I_{OUTMAX}	4A

応用回路例

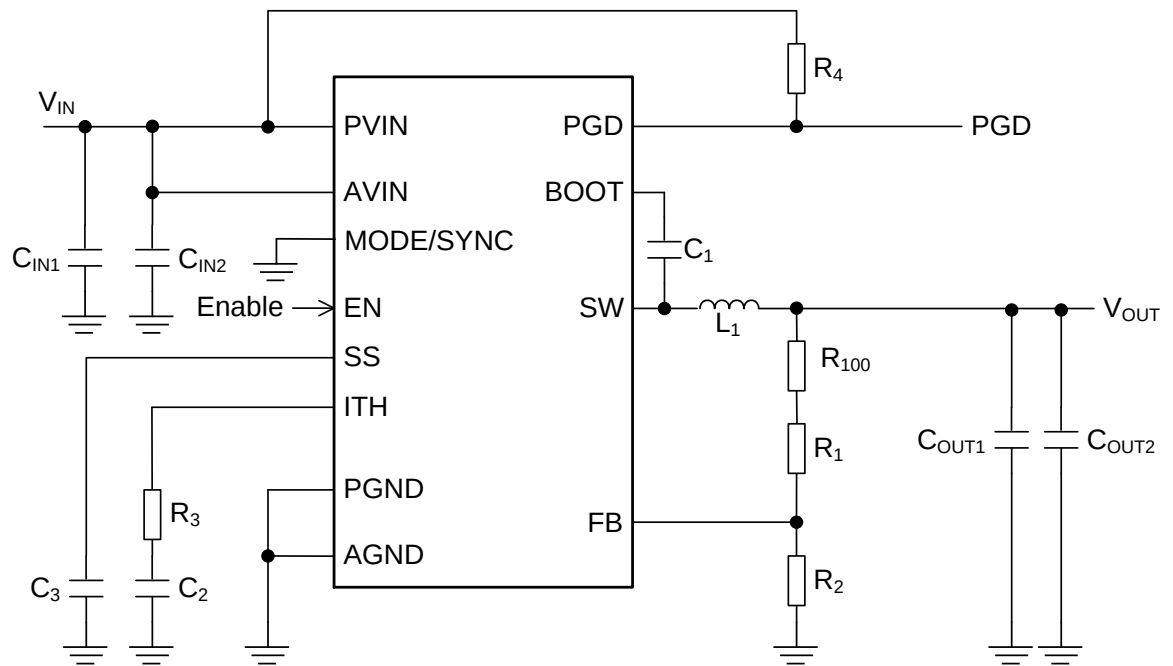


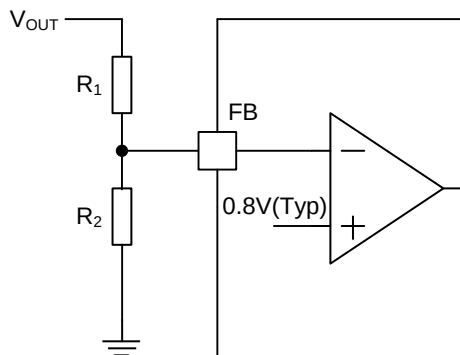
Figure 34. アプリケーション回路

1. スwitchング周波数

スイッチング周波数は $f_{SW} = 2.2\text{MHz(Typ)}$ に IC 内部で固定されています。

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を設定できます。



$$V_{OUT} = \frac{R_1 + R_2}{R_2} \times 0.8 \text{ [V]}$$

※ BD9S400MUF-C が全負荷領域で安定して出力可能な SW 最小 ON 時間が 95ns となっています。
以下の式を満たす入出力条件にてご使用ください。

$$95 \text{ [ns]} \leq \frac{V_{OUT}}{V_{IN} \times f_{OSC}}$$

Figure 35. フィードバック抵抗回路

アプリケーション部品選定 — 続き

3. 入力コンデンサの設定について

入力コンデンサには、大容量の C_{IN1} と小容量の C_{IN2} の2種類が必要です。

これらにはセラミック・コンデンサをご利用ください。 C_{IN1} はリップルノイズの低減に、 C_{IN2} はスイッチングノイズの低減に効果があります。これらのセラミック・コンデンサはPVIN端子とAVIN端子の極力近くに配置することで効果を発揮します。 C_{IN1} の容量値は4.7 μ F以上、 C_{IN2} の容量値は0.06 μ F以上、いずれも定格電圧は通常時入力電圧の2倍以上のものをご使用ください。容量値はばらつき、温度特性、DCバイアス特性、経時変化等を含めて最小を下回らないように設定する必要があります。そのため、[アプリケーション例\(P.22\)](#)にあります部品相当のものをご使用ください。また基板パターンやコンデンサの位置によってはICが誤動作する可能性がありますので、[基板レイアウトの注意点\(P.34、P.35\)](#)をご参照のうえ、設計をお願いします。

4. 出力 LC フィルタ 定数

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 フィルタが必要です。インダクタンス値の大きなインダクタを選択するとインダクタ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負荷過渡応答特性は遅くなります。インダクタンス値の小さなインダクタを選択すると、過渡応答特性は速くなりますがインダクタ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、インダクタのリップル電流成分の大きさが 200mA ~ 1000mA 程度となるようにインダクタンス値を選定します。

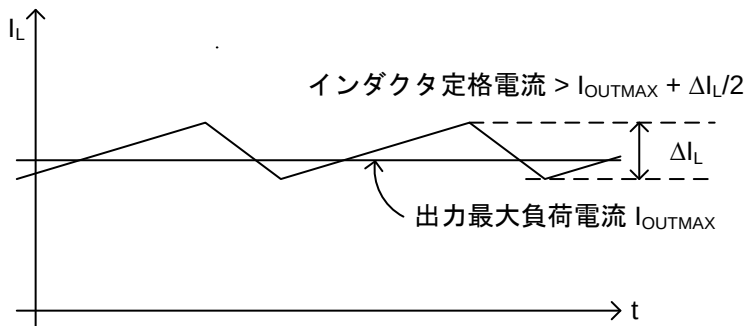


Figure 36. インダクタに流れる電流波形

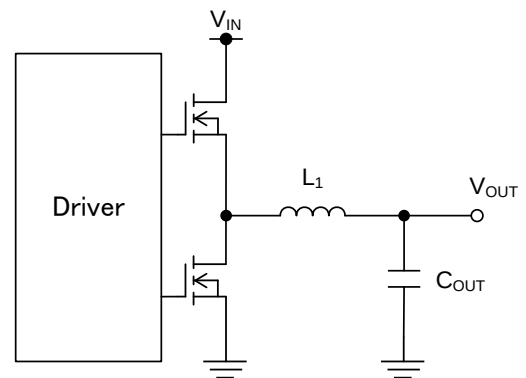


Figure 37. 出力 LC フィルタ回路

ここで $V_{IN} = 5V$ 、 $V_{OUT} = 1.2V$ 、 $L_1 = 1.0\mu H$ 、スイッチング周波数 $f_{SW} = 2.2MHz$ で計算するとインダクタリップル電流 ΔI_L は次式になります。

$$\Delta I_L = V_{OUT} \times (V_{IN} - V_{OUT}) \times \frac{1}{V_{IN} \times f_{SW} \times L_1} = 414 \text{ [mA]}$$

また、使用するインダクタの定格電流は、最大出力電流にインダクタリップル電流 ΔI_L の 1/2 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。出力コンデンサ 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コンデンサ C_{OUT} を選定してください。出力リップル電圧は次式で表されます。

$$\Delta V_{RPL} = \Delta I_L \times \left(R_{ESR} + \frac{1}{8 \times C_{OUT} \times f_{SW}} \right) \text{ [mV]}$$

R_{ESR} : 出力コンデンサの等価直列抵抗

ここで $C_{OUT} = 44\mu F$ 、 $R_{ESR} = 10m\Omega$ とすると、出力リップル電圧 ΔV_{RPL} は

$$\Delta V_{RPL} = 0.414 \times \left(10 + \frac{1}{8 \times 44 \times 2.2} \right) = 4.67 \text{ [mV]}$$

と計算されます。

アプリケーション部品選定 — 続き

また、 V_{OUT} に接続されるすべてのコンデンサの合計値 $C_{OUT}(\text{Max})$ は次式を満たす範囲にしてください。

$$C_{OUT}(\text{Max}) < \frac{(t_{SS}(\text{Min}) - 200[\mu\text{s}]) \times (I_{OCP}(\text{Min}) - I_{SWSTART})}{V_{OUT}} \quad [\text{F}]$$

$I_{SWSTART}$: 起動時の出力スイッチ電流の最大値

$I_{OCP}(\text{Min})$: 過電流保護 SW 電流の最小値 4.6A

$t_{SS}(\text{Min})$: ソフトスタート時間の最小値

V_{OUT} : 出力電圧

上記をはずれると起動不良などが発生する可能性があります。特に容量値が極端に大きい場合、起動時の突入電流により過電流保護が動作し、出力が起動しない可能性がありますのでセットでの十分な確認をお願いします。過渡応答性、ループの安定動作は C_{OUT} に依存します。位相補償回路の設定をご確認のうえご選定ください。また、入力電圧変動、出力電流変動が大きい場合などは、仕様に応じて実アプリケーションにて十分ご確認のうえ、容量値の決定をお願い致します。

5. ソフトスタートコンデンサの設定

EN 端子を High にすると、ソフトスタート機能が働き起動時の電流に制限をかけながら緩やかに出力電圧が立ち上がりますので、出力電圧のオーバーシュートや突入電流を防ぐことができます。立ち上がり時間 t_{SS_EXT} は SS 端子に接続するコンデンサの定数に依存します。コンデンサの容量値は 0.22 μF 以下で設定してください。

$$t_{SS_EXT} = \frac{(C_3 \times V_{FB})}{I_{SS}} \quad [\text{s}]$$

t_{SS_EXT} : ソフトスタート設定時間

C_3 : SS 端子接続コンデンサ

V_{FB} : FB 端子電圧 0.8V(Typ)

I_{SS} : SS 充電電流 1.8 μA (Typ)

ここで $C_3=0.01\mu\text{F}$ とすると

$$t_{SS_EXT} = \frac{(0.01 \times 0.8)}{1.8} = 4.44 \quad [\text{ms}]$$

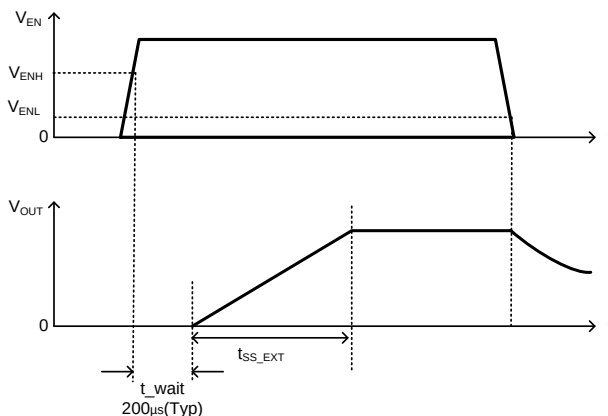


Figure 38. ソフトスタートタイミングチャート

SS 端子にコンデンサを接続せず、OPEN、または 10k Ω ~100k Ω 程度の抵抗で電源にプルアップした状態で EN 端子を High にすると $t_{ss}=1\text{ms}$ (Typ)の時間で出力電圧は立ち上がります。

アプリケーション部品選定 — 続き

6. 位相補償回路の設定

カレントモード制御の降圧 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ポールと、位相補償にて付加するゼロ点を持つ 2-pole 1-zero システムです。位相補償抵抗 R_3 は、DC/DC コンバータのループゲインが 0dB となるクロスオーバー周波数 f_{CRS} を決定します。クロスオーバー周波数は 20kHz ~ 100kHz 程度となるように設定してください。このクロスオーバー周波数 f_{CRS} を高く設定した場合、高速な過渡負荷応答特性が得られますが、安定性が悪くなります。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、負荷過渡応答特性は遅くなります。

(1) 位相補償抵抗 R_3 の選定

位相補償抵抗 R_3 は、次式にて求めることができます。

$$R_3 = \frac{2\pi \times V_{OUT} \times f_{CRS} \times C_{OUT}}{V_{FB} \times G_{MP} \times G_{MA}} \quad [\Omega]$$

V_{OUT} : 出力電圧

f_{CRS} : クロスオーバー周波数

C_{OUT} : 出力コンデンサ

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 14.3A/V(Typ)

G_{MA} : エラーアンプトランスコンダクタンス 260 μ A/V(Typ)

(2) 位相補償容量 C_2 の選定

DC/DC コンバータを安定動作させるために、負荷によって形成されるポールによる位相遅れをキャンセルするゼロ点(位相進み)を位相補償容量 C_2 にて決定します。

位相補償容量 C_2 は、次式にて求めることができます。

$$C_2 = \frac{1}{2\pi \times f_{CRS} \times \frac{1}{0.003} \times V_{OUT}} \quad [F]$$

(3) ループ安定性について

DC/DC コンバータの安定性と応答性を実機にて確認してください。ワースト条件において、45°以上の位相マージンを確保することを推奨します。実際には、PCB のレイアウトや配線の引き回し、使用する部品の種類、使用条件(温度など)により特性は変化します。実機での周波数特性の確認には、ゲインフェーズアナライザや周波数特性分析器 FRA を使用します。測定方法については各測定器メーカーにお問い合わせください。

また、これらの測定器がない場合は、負荷応答により位相マージンを推し量る方法もあります。無負荷状態から最大負荷に変動させたときの出力の変動をモニタし、変動量が多い場合は応答性が低く、変動後のリングング回数が多い場合は位相マージンが少ないといえます。目安としてはリングング 2 回以上です。

ただし、この方法による定量的な位相マージンの確認はできません。

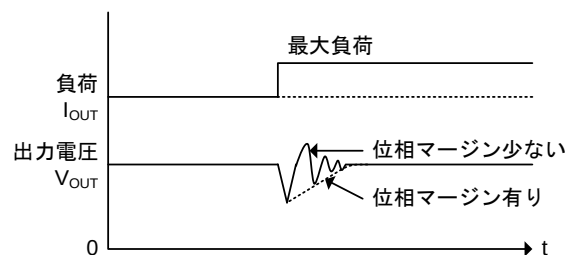


Figure 39. 負荷応答

アプリケーション部品選定 — 続き

7. 入力電圧起動について

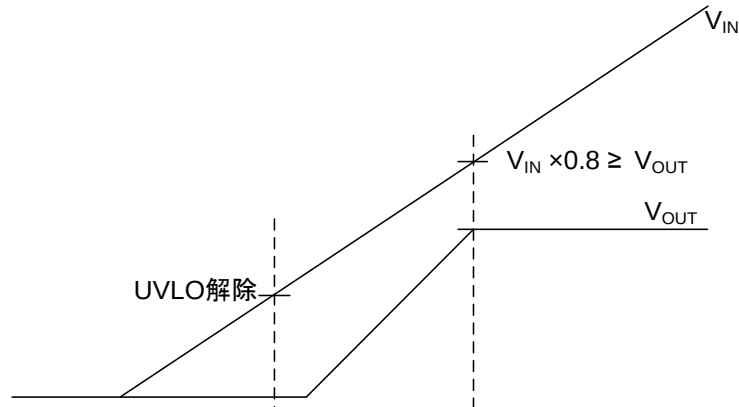


Figure 40. 入力電圧起動時間

本 IC はソフトスタート機能により、設定されたソフトスタート時間に達して起動します。UVLO 解除後、ソフトスタート動作中も出力可能な電圧範囲は入力電圧の 80% 以下となります。ソフトスタート動作中も入力電圧と出力電圧の関係が以下の式を満たすよう注意してください。

$$V_{IN} \geq \frac{V_{OUT}}{0.8} \text{ [V]}$$

8. ブートストラップコンデンサについて

ブートストラップコンデンサ C_1 の値は $0.1\mu\text{F}$ を推奨します。SW 端子と BOOT 端子の間に接続してください。ブートストラップコンデンサの容量は温度特性、DC バイアス特性等を考慮して最小値が $0.047\mu\text{F}$ 以上となるように設定してください。

推奨部品メーカー一覧

参考に推奨の部品メーカーを示します。

Table 2.

Device	Type	Manufacturer	URL
C	Ceramic capacitors	Murata	www.murata.com
C	Ceramic capacitors	TDK	product.tdk.com
L	Inductors	Coilcraft	www.coilcraft.com
L	Inductors	Cyntec	www.cyntec.com
L	Inductors	Murata	www.murata.com
L	Inductors	Sumida	www.sumida.com
L	Inductors	TDK	www.product.tdk.com
R	Resisters	ROHM	www.rohm.co.jp

アプリケーション例 1

Table 3. Specification Example 1

項目	記号	仕様例
機種名	IC	BD9S400MUF-C
入力電圧	V_{IN}	3.3V
出力電圧	V_{OUT}	1.0V
ソフトスタート時間	t_{SS}	1.0ms(Typ)
出力最大負荷	I_{OUTMAX}	4.0A
動作周囲温度	T_{opr}	-40°C ~ +125°C

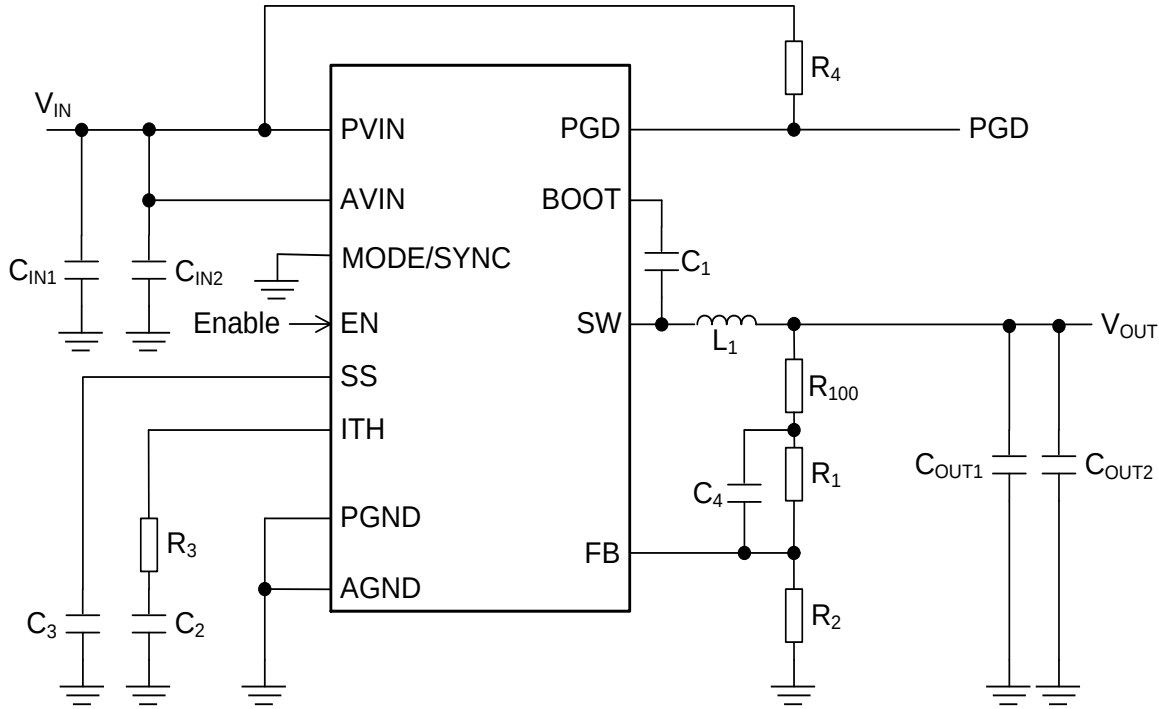


Figure 41. Reference Circuit 1

Table 4. Parts List 1

No	Package	Parameters	Part Name(Series)	Type	Manufacturer
L ₁		1.0μH	CLF6045NIT-1R0N-D	Inductor	TDK
C _{OUT1}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT2}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN1}	2012	10μF, X7R, 10V	GCM21BR71A106K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN2}	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
R ₁₀₀	-	SHORT	-	-	-
R ₁	1005	7.5kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF7501	Chip Resistor	ROHM
R ₂	1005	30kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF3002	Chip Resistor	ROHM
R ₃	1005	8.2kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF8201	Chip Resistor	ROHM
R ₄	1005	100kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1003	Chip Resistor	ROHM
C ₁	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₂	1005	4700pF, X7R, 50V	GCM155R71H472K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₃	-	-	-	-	-
C ₄	-	-	-	-	-

アプリケーション例 1 の特性データ (参考データ)

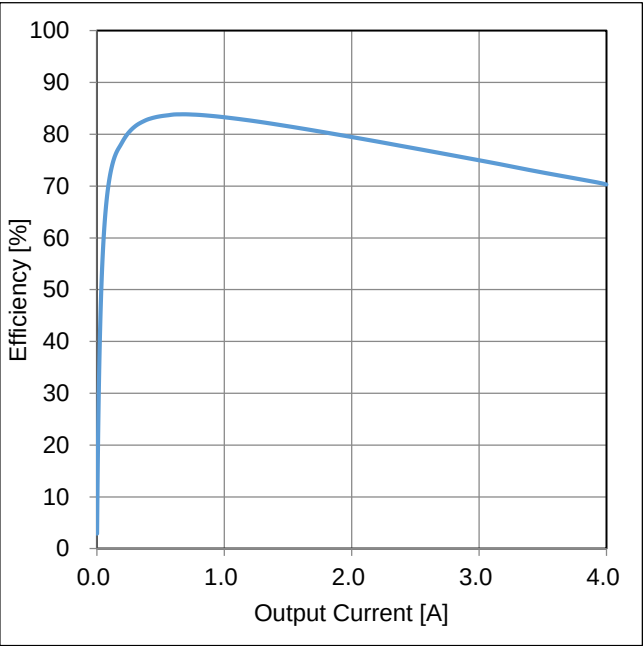


Figure 42. 効率 vs 出力電流

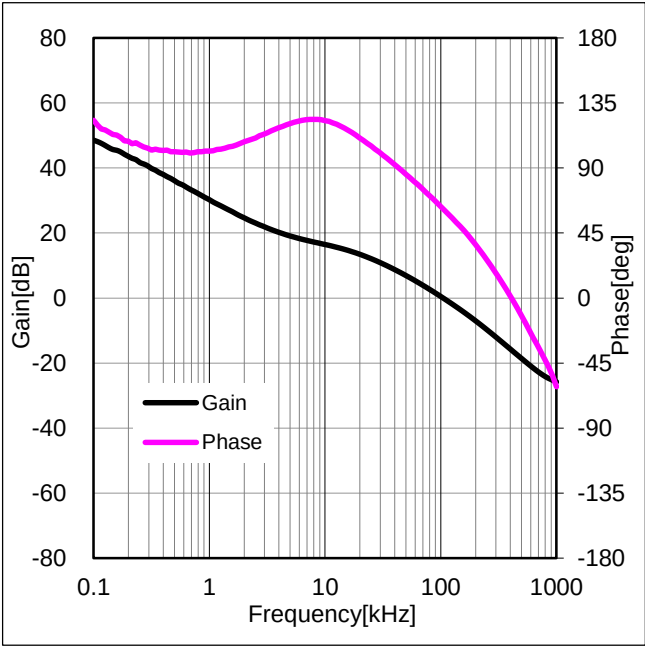


Figure 43. 周波数特性
($I_{OUT}=2A$)

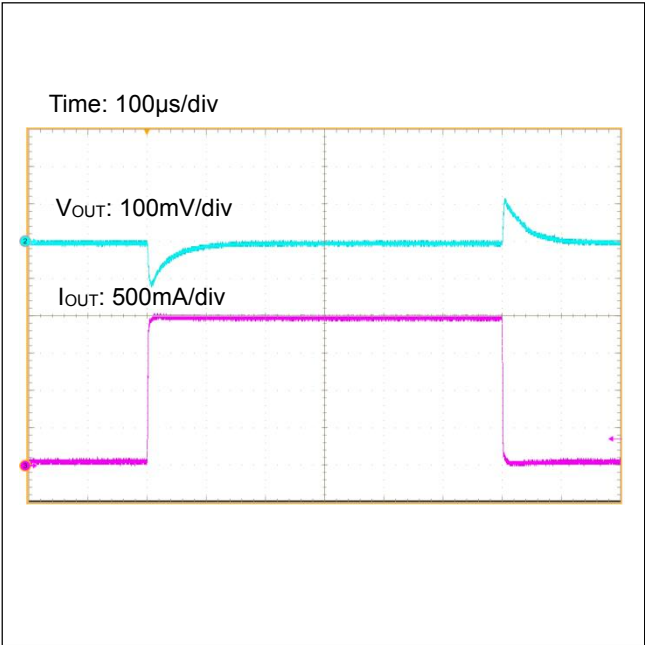


Figure 44. 負荷応答
($I_{OUT}=0A \leftrightarrow 2A$)

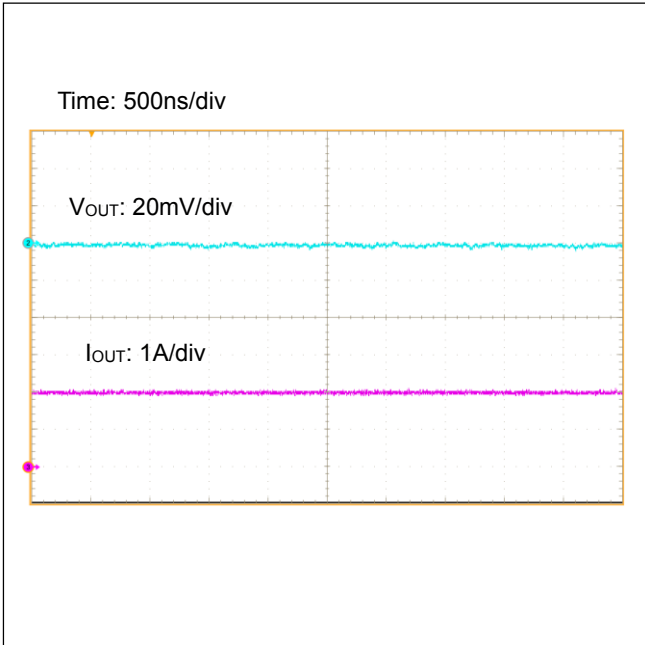


Figure 45. 出力リップル電圧
($I_{OUT}=2A$)

アプリケーション例 2

Table 5. Specification Example 2

項目	記号	仕様例
機種名	IC	BD9S400MUF-C
入力電圧	V_{IN}	3.3V
出力電圧	V_{OUT}	1.0V
ソフトスタート時間	t_{SS}	1.0ms(Typ)
出力最大負荷	I_{OUTMAX}	4.0A
動作周囲温度	T_{opr}	-40°C ~ +125°C
出力コンデンサ	C_{OUT}	88 μ F

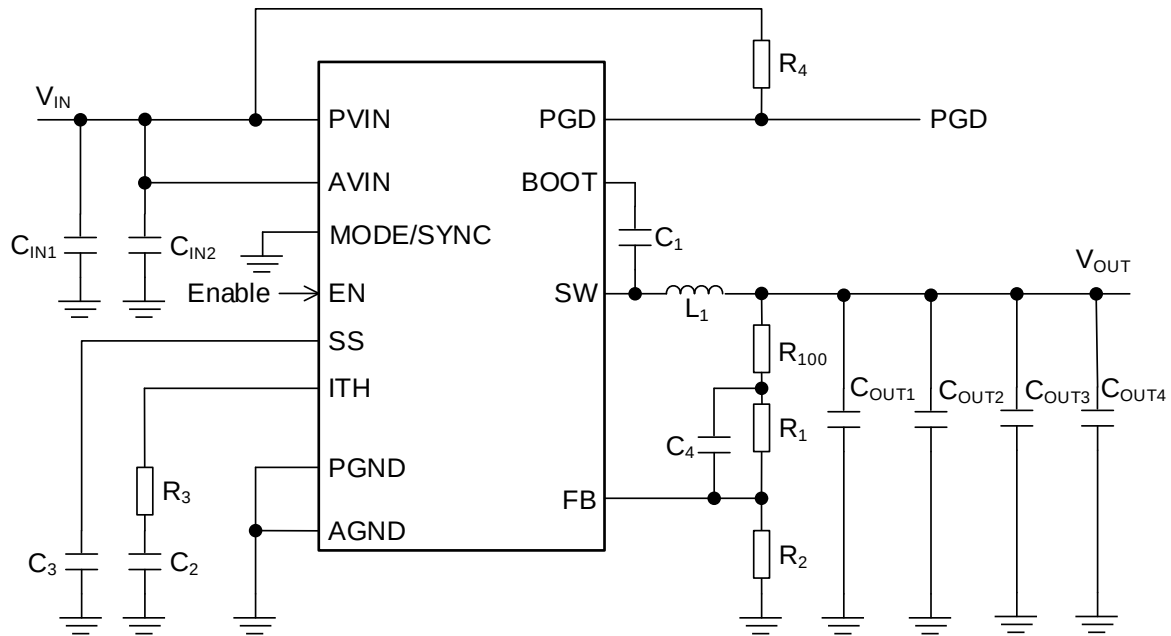


Figure 46. Reference Circuit 2

Table 6. Parts List 2

No	Package	Parameters	Part Name(Series)	Type	Manufacturer
L ₁		0.47 μ H	XEL4030-471ME	Inductor	Coilcraft
C _{OUT1}	3216	22 μ F, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT2}	3216	22 μ F, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT3}	3216	22 μ F, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT4}	3216	22 μ F, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN1}	2012	10 μ F, X7R, 10V	GCM21BR71A106K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN2}	1005	0.1 μ F, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
R ₁₀₀	-	SHORT	-	-	-
R ₁	1005	7.5k Ω , 1%, 1/16W	MCR01MZPF7501	Chip Resistor	ROHM
R ₂	1005	30k Ω , 1%, 1/16W	MCR01MZPF3002	Chip Resistor	ROHM
R ₃	1005	30k Ω , 1%, 1/16W	MCR01MZPF3002	Chip Resistor	ROHM
R ₄	1005	100k Ω , 1%, 1/16W	MCR01MZPF1003	Chip Resistor	ROHM
C ₁	1005	0.1 μ F, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₂	1005	1000pF, X7R, 50V	GCM155R71H102K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₃	-	-	-	-	-
C ₄	-	-	-	-	-

アプリケーション例 2 の特性データ (参考データ)

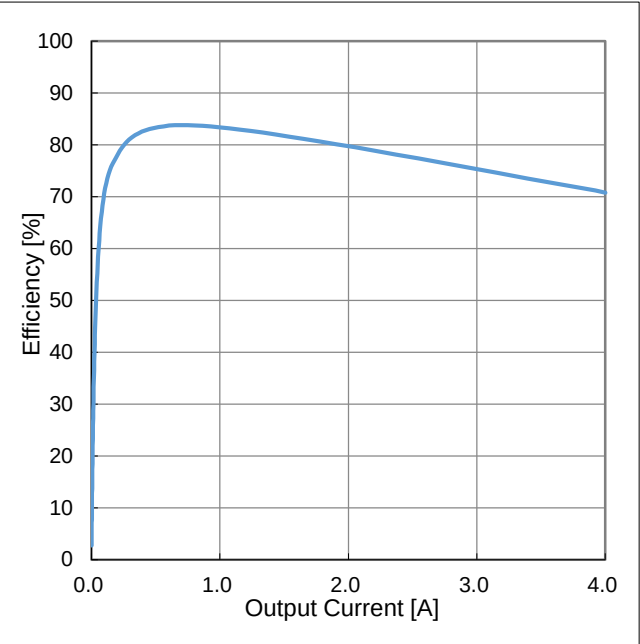


Figure 47. 効率 vs 出力電流

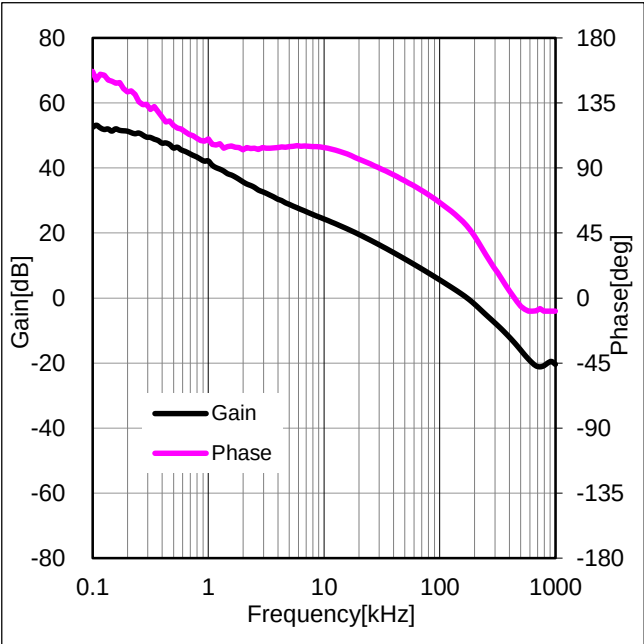


Figure 48. 周波数特性
($I_{OUT}=2A$)

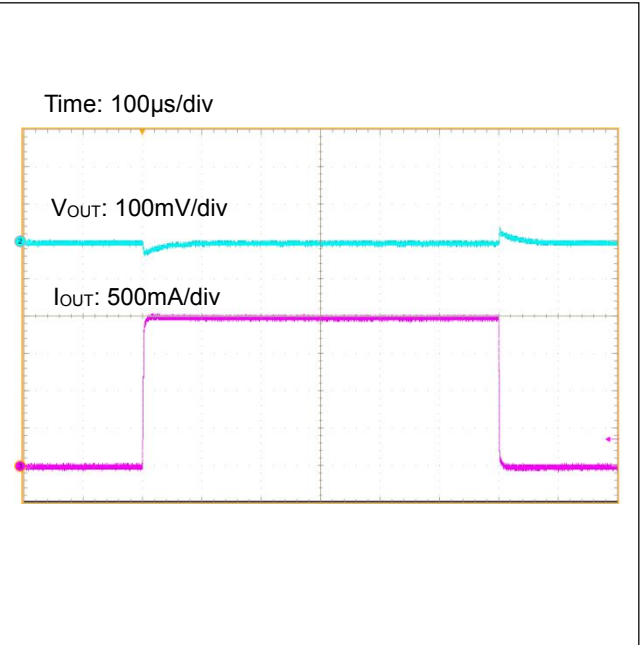


Figure 49. 負荷応答
($I_{OUT}=0A \leftrightarrow 2A$)

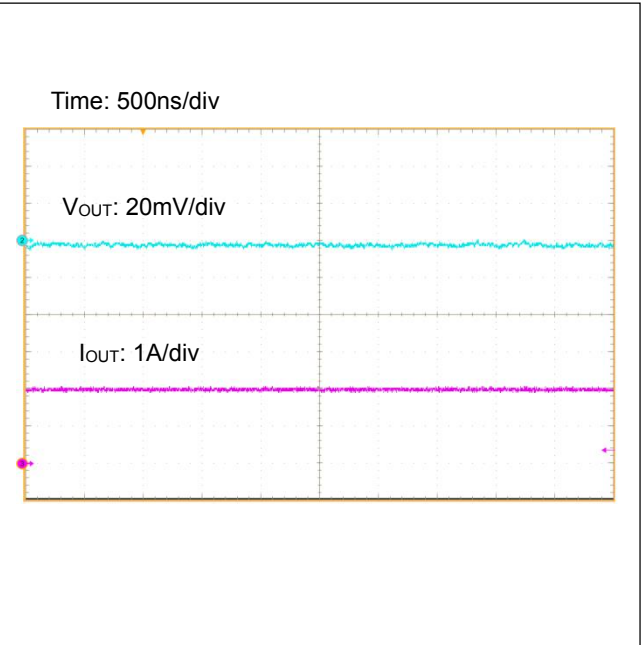


Figure 50. 出力リップル電圧
($I_{OUT}=2A$)

アプリケーション例 3

Table 7. Specification Example 3

項目	記号	仕様例
機種名	IC	BD9S400MUF-C
入力電圧	V_{IN}	5.0V
出力電圧	V_{OUT}	1.2V
ソフトスタート時間	t_{SS}	1.0ms(Typ)
出力最大負荷	I_{OUTMAX}	4.0A
動作周囲温度	T_{opr}	-40°C ~ +125°C

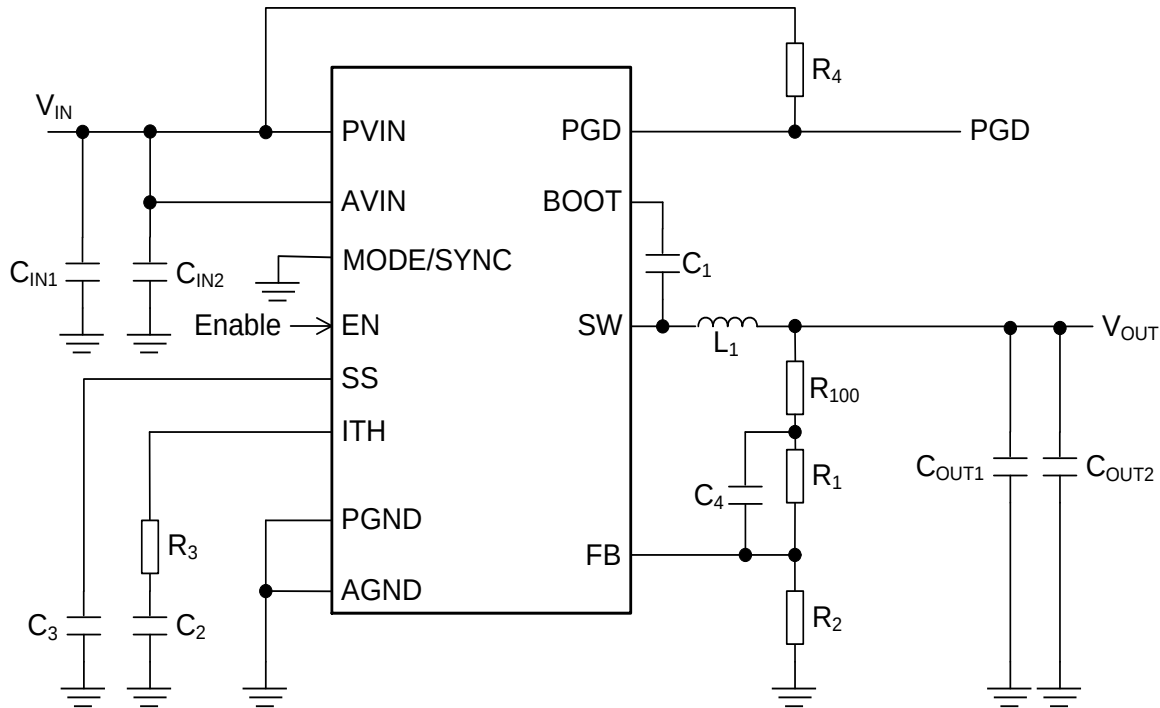


Figure 51. Reference Circuit 3

Table 8. Parts List 3

No	Package	Parameters	Part Name(Series)	Type	Manufacturer
L ₁		1.0μH	CLF6045NIT-1R0N-D	Inductor	TDK
C _{OUT1}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT2}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN1}	2012	10μF, X7R, 10V	GCM21BR71A106K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN2}	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
R ₁₀₀	-	SHORT	-	-	-
R ₁	1005	10kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1002	Chip Resistor	ROHM
R ₂	1005	20kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF2002	Chip Resistor	ROHM
R ₃	1005	8.2kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF8201	Chip Resistor	ROHM
R ₄	1005	100kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1003	Chip Resistor	ROHM
C ₁	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₂	1005	4700pF, X7R, 50V	GCM155R71H472K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₃	-	-	-	-	-
C ₄	-	-	-	-	-

アプリケーション例 3 の特性データ (参考データ)

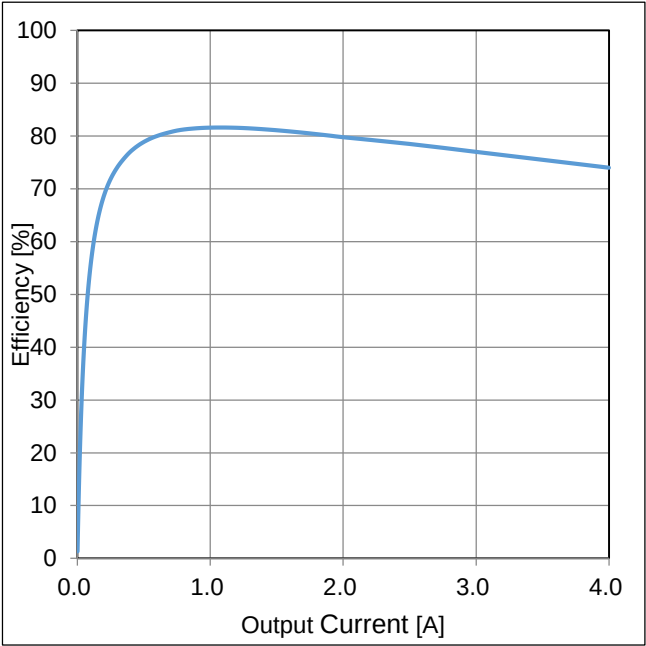


Figure 52. 効率 vs 出力電流

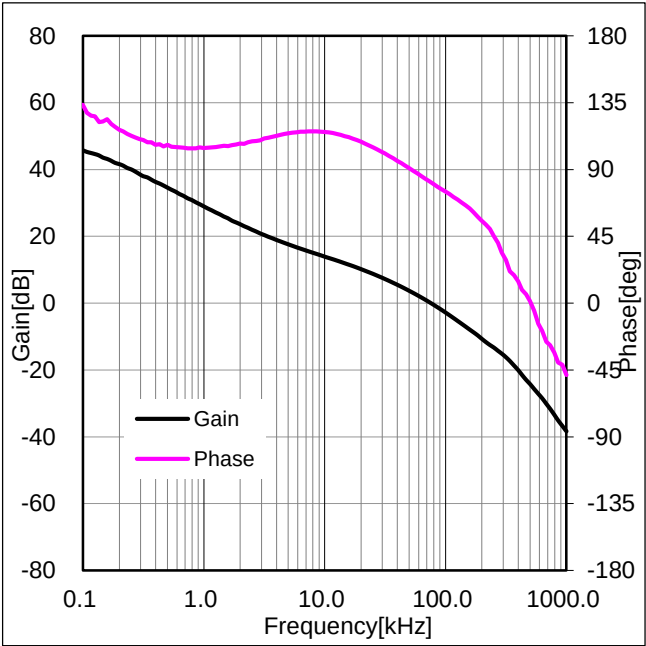


Figure 53. 周波数特性
($I_{OUT}=2A$)

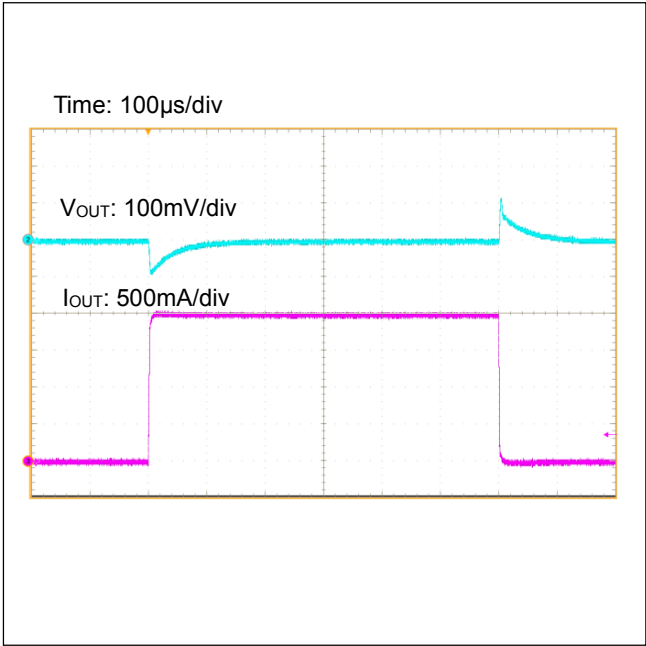


Figure 54. 負荷応答
($I_{OUT}=0A \leftrightarrow 2A$)

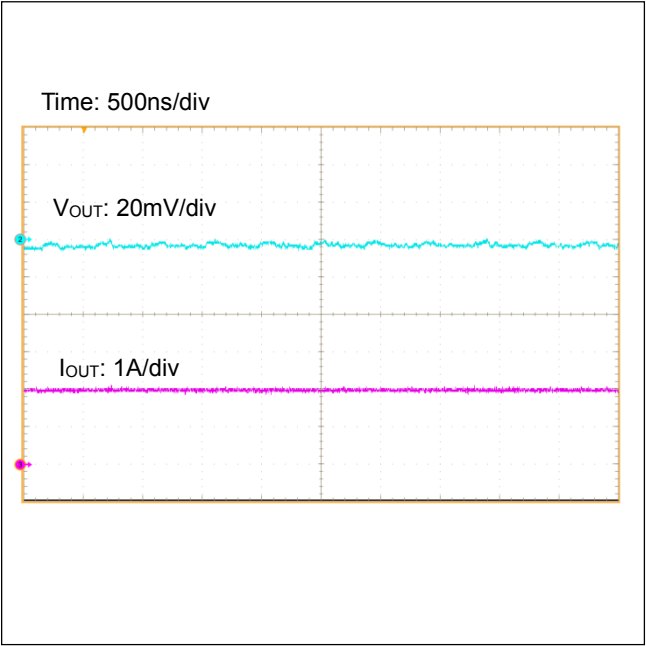


Figure 55. 出力リップル電圧
($I_{OUT}=2A$)

アプリケーション例 4

Table 9. Specification Example 4

項目	記号	仕様例
機種名	IC	BD9S400MUF-C
入力電圧	V_{IN}	5.0V
出力電圧	V_{OUT}	1.5V
ソフトスタート時間	t_{SS}	1.0ms(Typ)
出力最大負荷	I_{OUTMAX}	4.0A
動作周囲温度	T_{opr}	-40°C ~ +125°C

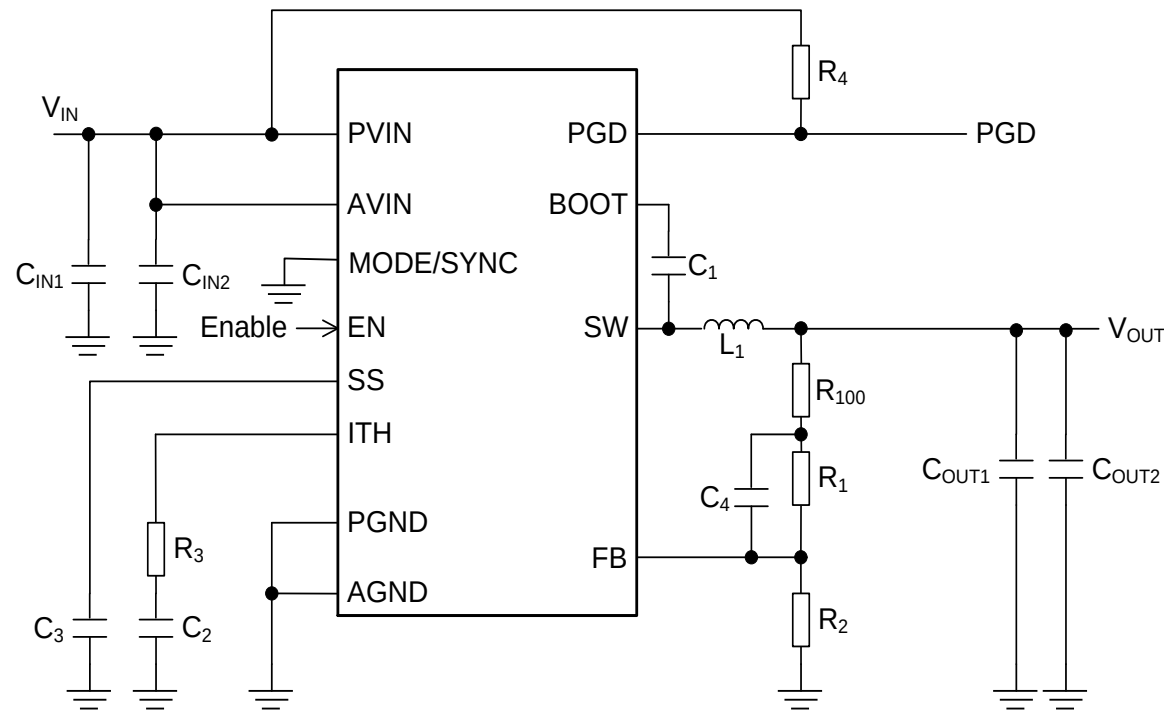


Figure 56. Reference Circuit 4

Table 10. Parts List 4

No	Package	Parameters	Part Name(Series)	Type	Manufacturer
L ₁		1.0μH	CLF6045NIT-1R0N-D	Inductor	TDK
C _{OUT1}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT2}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN1}	2012	10μF, X7R, 10V	GCM21BR71A106K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN2}	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
R ₁₀₀	-	SHORT	-	-	-
R ₁	1005	16kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1602	Chip Resistor	ROHM
R ₂	1005	18kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1802	Chip Resistor	ROHM
R ₃	1005	12kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1202	Chip Resistor	ROHM
R ₄	1005	100kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1003	Chip Resistor	ROHM
C ₁	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₂	1005	3300pF, X7R, 50V	GCM155R71H332K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₃	-	-	-	-	-
C ₄	-	-	-	-	-

アプリケーション例 4 の特性データ (参考データ)

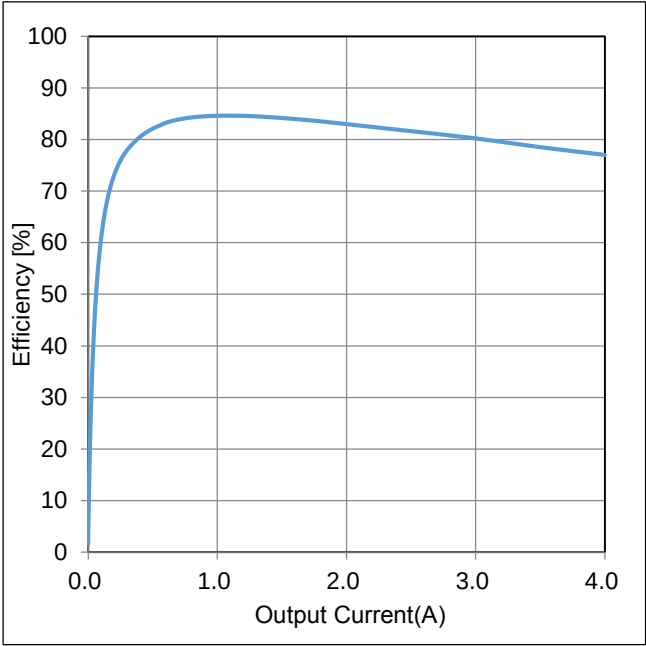


Figure 57. 効率 vs 出力電流

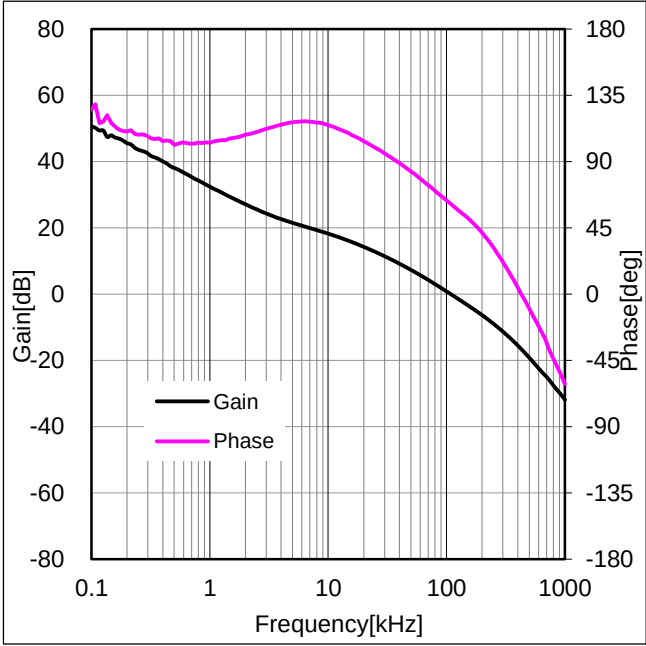


Figure 58. 周波数特性
($I_{OUT}=2A$)

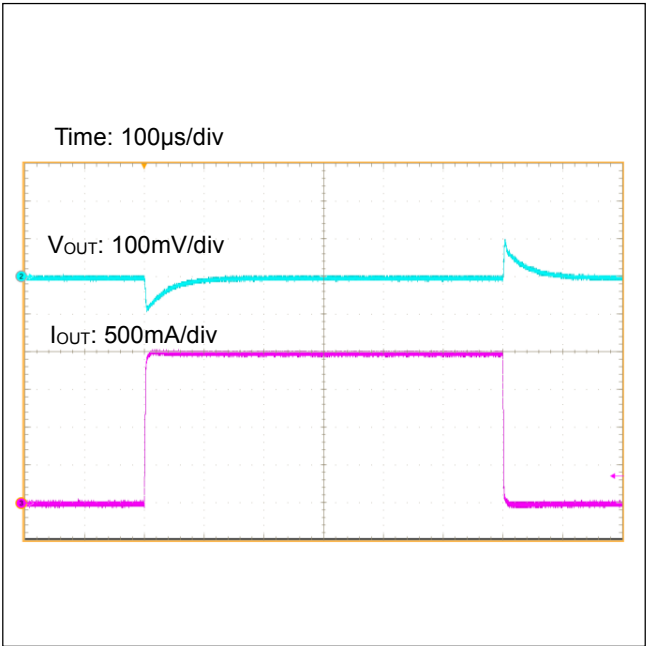


Figure 59. 負荷応答
($I_{OUT}=0A \leftrightarrow 2A$)

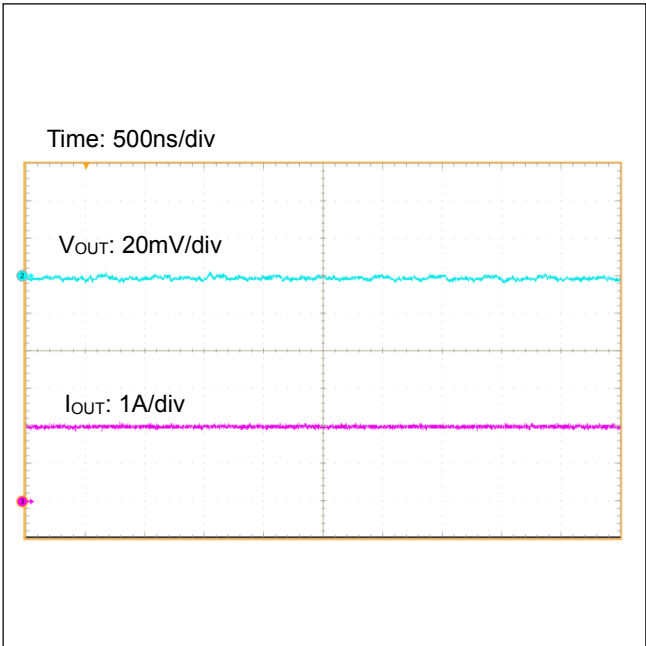


Figure 60. 出力リップル電圧
($I_{OUT}=2A$)

アプリケーション例 5

Table 11. Specification Example 5

項目	記号	仕様例
機種名	IC	BD9S400MUF-C
入力電圧	V _{IN}	5.0V
出力電圧	V _{OUT}	1.8V
ソフトスタート時間	t _{ss}	1.0ms(Typ)
出力最大負荷	I _{OUTMAX}	4.0A
動作周囲温度	Topr	-40°C ~ +125°C

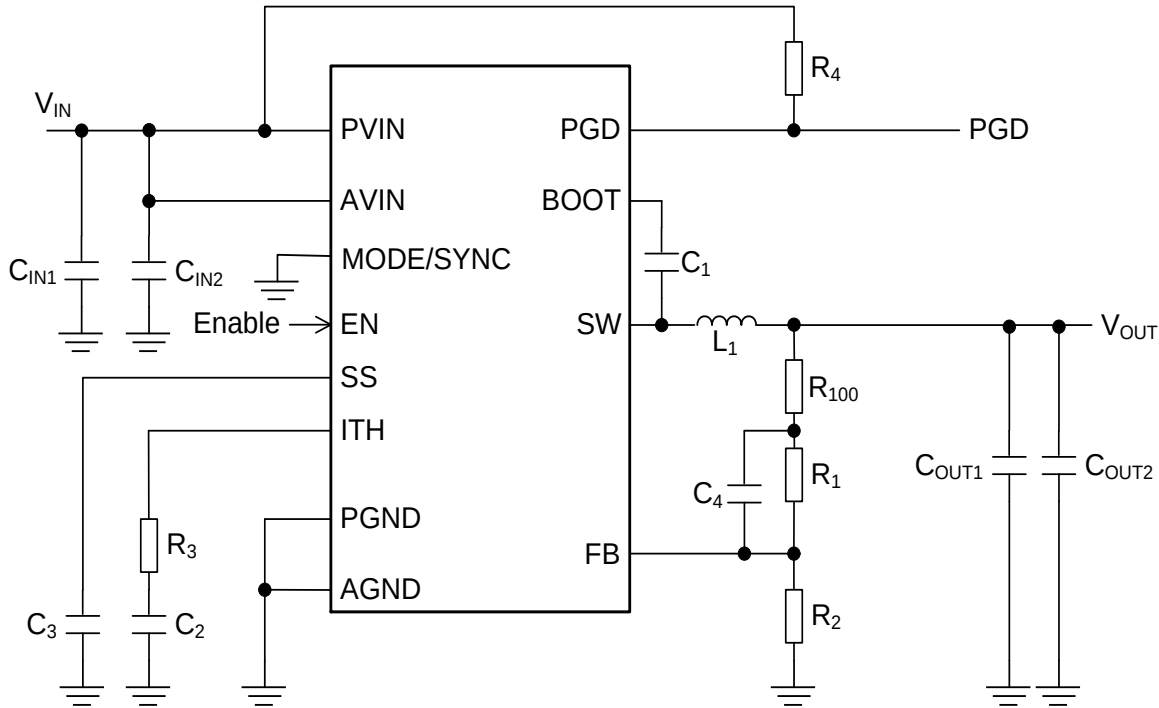


Figure 61. Reference Circuit 5

Table 12. Parts List 5

No	Package	Parameters	Part Name(Series)	Type	Manufacturer
L ₁		1.0μH	CLF6045NIT-1R0N-D	Inductor	TDK
C _{OUT1}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT2}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN1}	2012	10μF, X7R, 10V	GCM21BR71A106K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN2}	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
R ₁₀₀	-	SHORT	-	-	-
R ₁	1005	30kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF3002	Chip Resistor	ROHM
R ₂	1005	24kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF2402	Chip Resistor	ROHM
R ₃	1005	13kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1302	Chip Resistor	ROHM
R ₄	1005	100kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1003	Chip Resistor	ROHM
C ₁	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₂	1005	3300pF, X7R, 50V	GCM155R71H332K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₃	-	-	-	-	-
C ₄	-	-	-	-	-

アプリケーション例 5 の特性データ (参考データ)

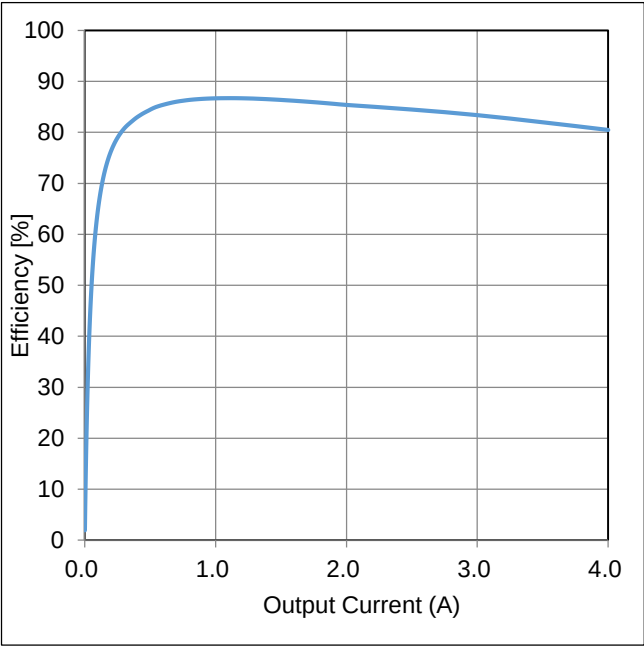


Figure 62. 効率 vs 出力電流

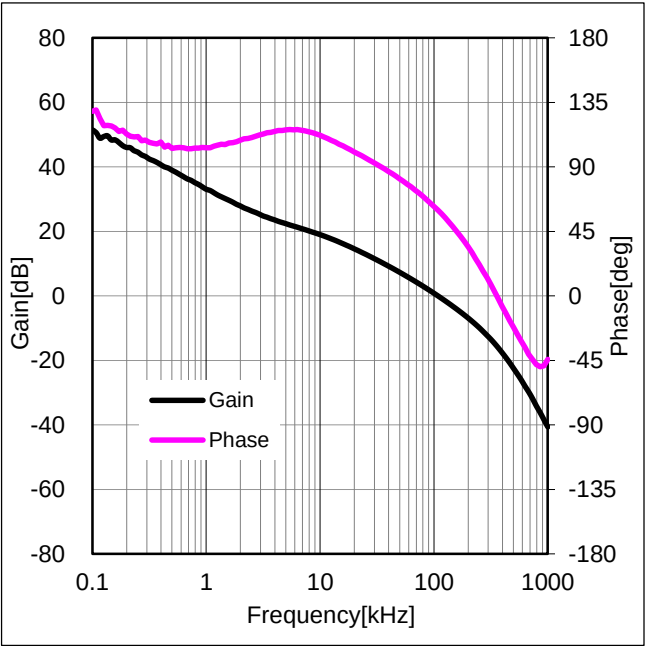


Figure 63. 周波数特性
($I_{OUT}=2A$)

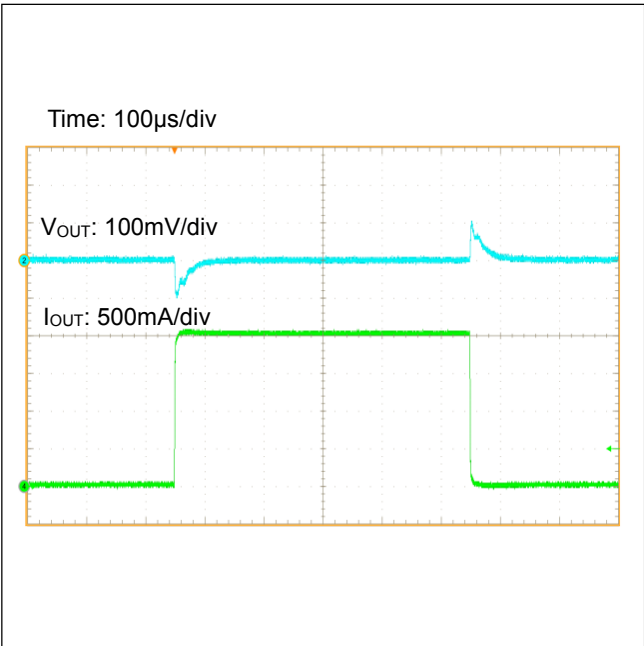


Figure 64. 負荷応答
($I_{OUT}=0A \leftrightarrow 2A$)

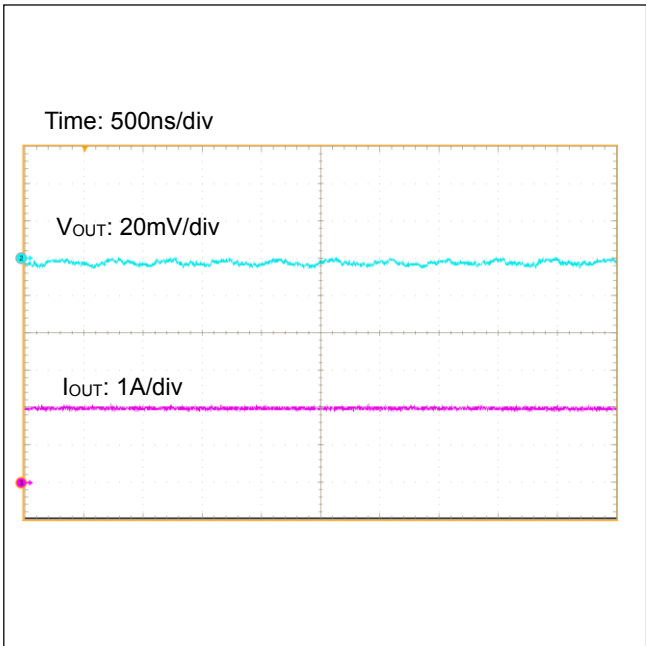


Figure 65. 出力リップル電圧
($I_{OUT}=2A$)

アプリケーション例 6

Table 13. Specification Example 6

項目	記号	仕様例
機種名	IC	BD9S400MUF-C
入力電圧	V _{IN}	5.0V
出力電圧	V _{OUT}	3.3V
ソフトスタート時間	t _{SS}	1.0ms(Typ)
出力最大負荷	I _{OUTMAX}	4.0A
動作周囲温度	Topr	-40°C ~ +125°C

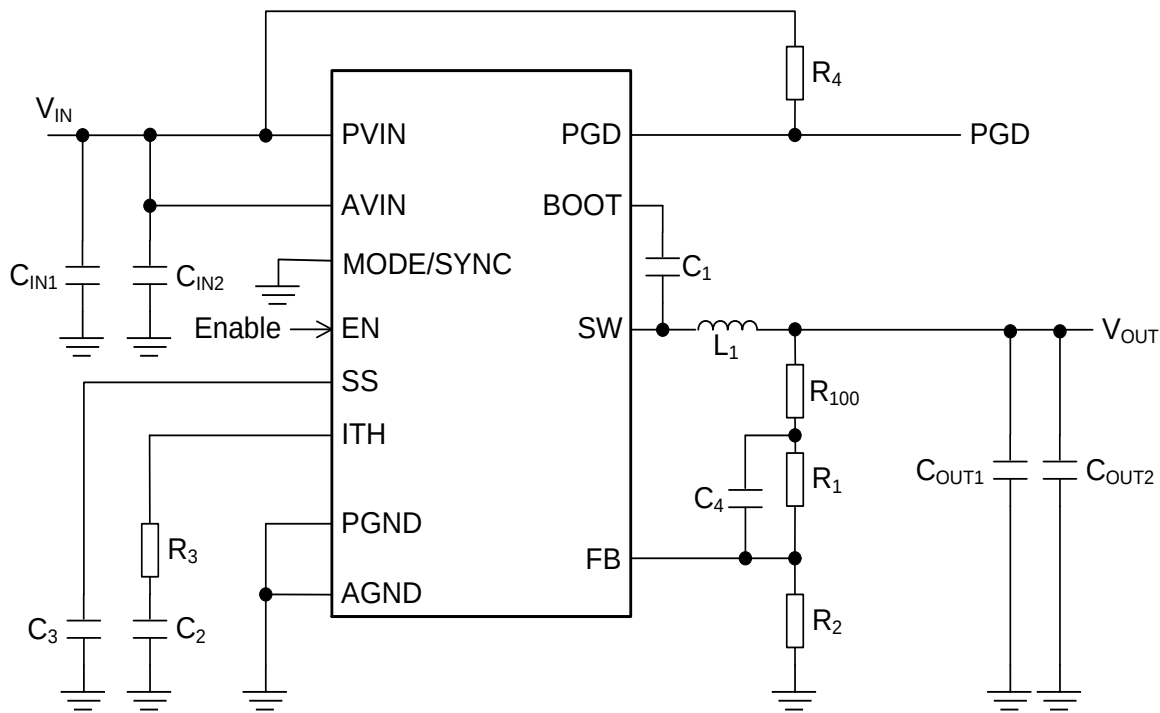


Figure 66. Reference Circuit 6

Table 14. Parts List 6

No	Package	Parameters	Part Name(Series)	Type	Manufacturer
L ₁		1.0μH	CLF6045NIT-1R0N-D	Inductor	TDK
C _{OUT1}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{OUT2}	3216	22μF, X7R, 6.3V	GCM31CR70J226K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN1}	2012	10μF, X7R, 10V	GCM21BR71A106K	Ceramic Capacitor	Murata
C _{IN2}	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
R ₁₀₀	-	SHORT	-	-	-
R ₁	1005	75kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF7502	Chip Resistor	ROHM
R ₂	1005	24kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF2402	Chip Resistor	ROHM
R ₃	1005	20kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF2002	Chip Resistor	ROHM
R ₄	1005	100kΩ, 1%, 1/16W	MCR01MZPF1003	Chip Resistor	ROHM
C ₁	1005	0.1μF, X7R, 16V	GCM155R71C104K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₂	1005	2200pF, X7R, 50V	GCM155R71H222K	Ceramic Capacitor	Murata
C ₃	-	-	-	-	-
C ₄	-	-	-	-	-

アプリケーション例 6 の特性データ (参考データ)

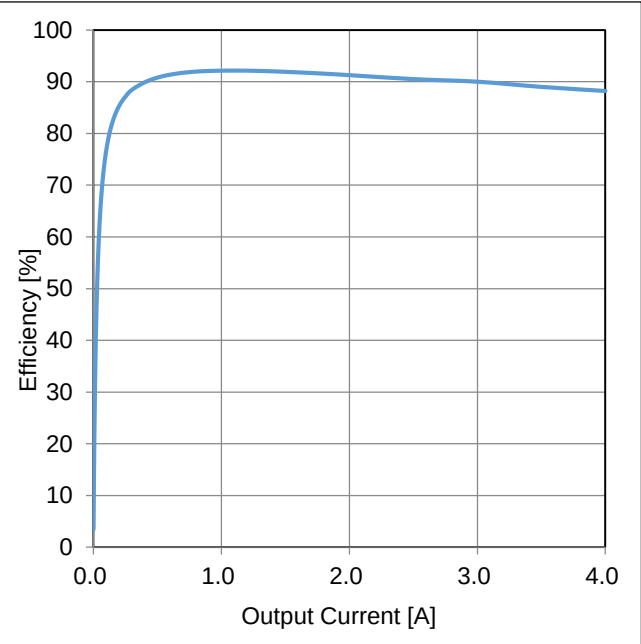


Figure 67. 効率 vs 出力電流

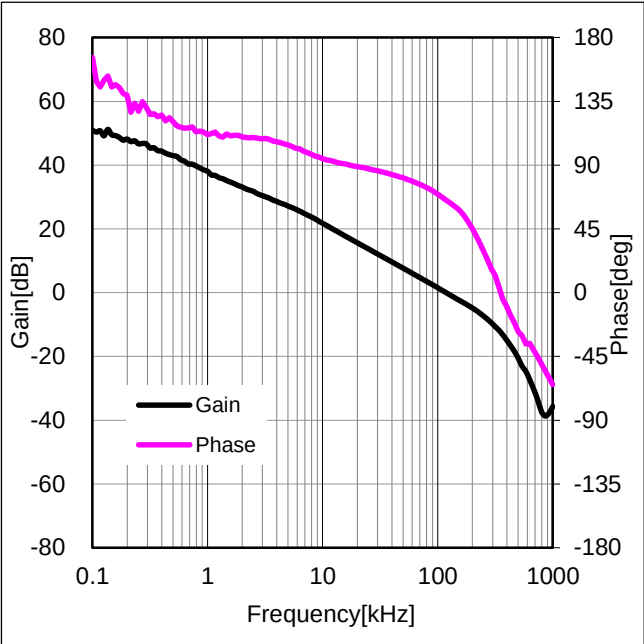


Figure 68. 周波数特性
($I_{OUT}=2A$)

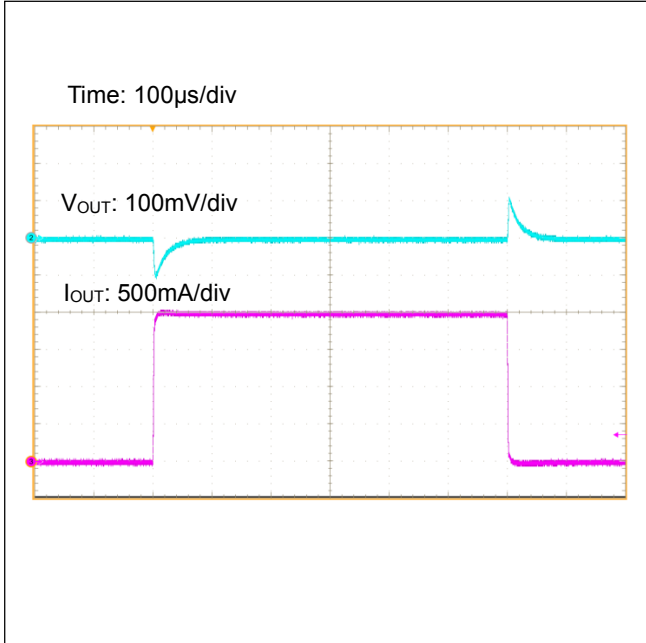


Figure 69. 負荷応答
($I_{OUT}=0A \leftrightarrow 2A$)

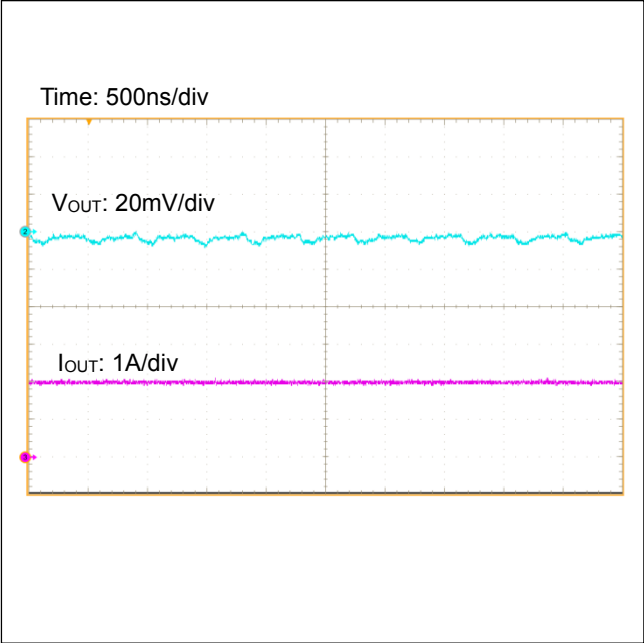


Figure 70. 出力リップル電圧
($I_{OUT}=2A$)

PCB レイアウト設計について

DC/DC コンバータの設計において PCB レイアウトの設計は回路設計と同じだけ重要です。適切なレイアウトにより、電源に関する様々な問題を回避することができます。Figure 71-a から Figure 71-c は降圧 DC/DC コンバータの電流経路を示した図です。Figure 71-a の Loop1 は上側の switch が ON、下側の switch が OFF 時にコンバータに流れる電流を表しており、Figure 71-b の Loop2 は上側の switch が OFF、下側の switch が ON 時にコンバータに流れる電流を表しています。Figure 71-c の太線は Loop1 と Loop2 の差分を表しています。上下 switch がオフからオンへ、オンからオフへ変化するたびに太線部分の電流は激しく変化します。この系は変化が急峻なため高周波を含んだ波形が現れます。そのため入力コンデンサと IC で構成される太線部の面積をできるだけ小さくすることで、ノイズを減らすことができます。詳細につきましてはスイッチングレギュレータシリーズのアプリケーションノート「降圧コンバータの PCB レイアウト手法」をご参照ください。

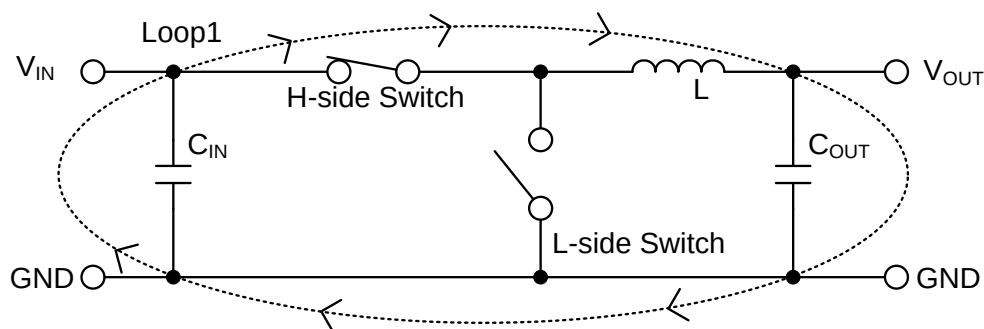


Figure 71-a. H-side Switch: ON, L-side Switch: OFF 時の電流経路

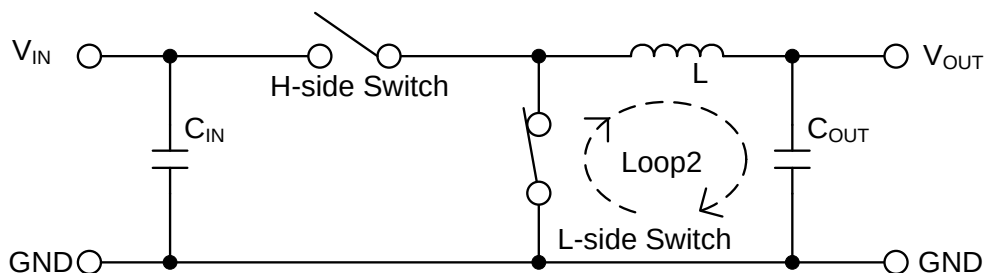


Figure 71-b. H-side Switch: OFF, L-side Switch: ON 時の電流経路

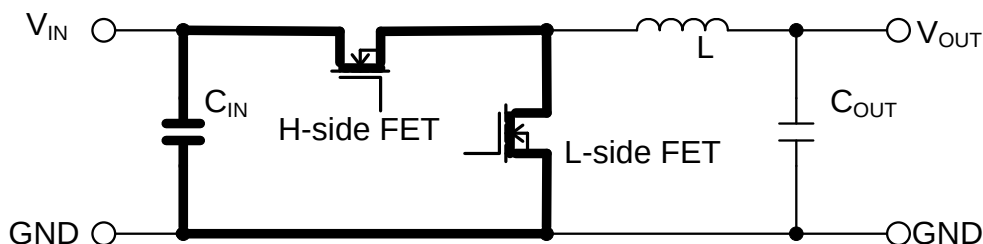
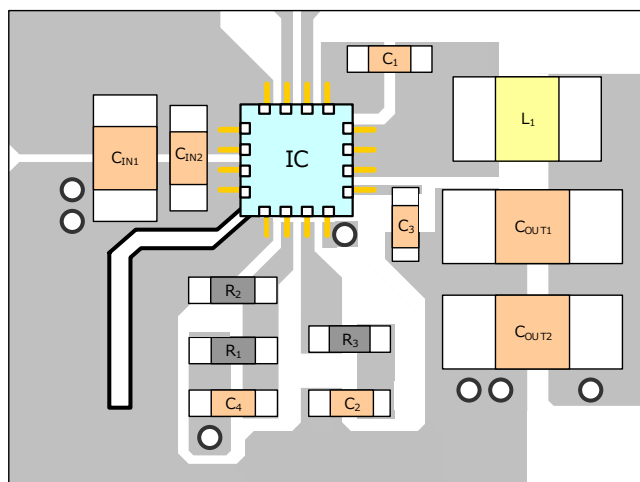


Figure 71-c. 電流の差分、レイアウト上での重要箇所

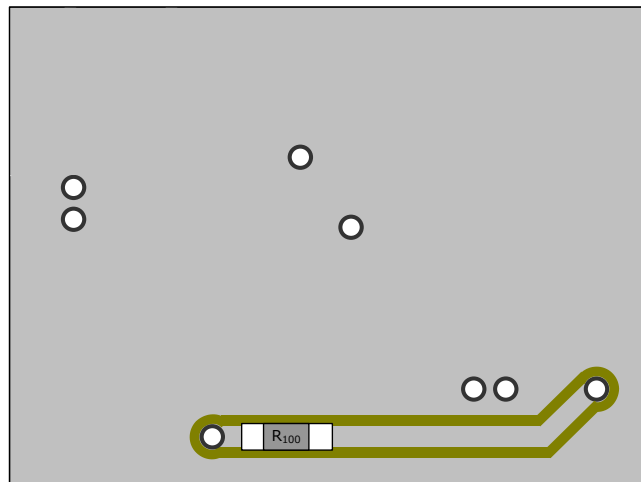
PCB レイアウト設計について — 続き

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。

- ・入力コンデンサは、IC の PVIN 端子に可能な限り近く IC と同じ面に配置してください。
- ・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、インダクタに可能な限り太く短くトレースしてください。
- ・ R_1 と R_2 は FB 端子にできるだけ近い位置に配置し、 R_1, R_2 から FB 端子までの配線を短くしてください。
- ・FB、ITH 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。
- ・外部同期機能を使用する際、ITH ノードへのノイズの影響が懸念されるため、外部クロック入力ノードとは可能な限り離してください。
- ・パワー系(入出力コンデンサ)GND と基準系(FB, ITH)GND を分けることにより SW ノイズの影響が小さくなります。
- ・ R_{100} はフィードバックの周波数特性の測定用であり、オプションとなります。
 R_{100} に抵抗を挿入することで、FRA 等を用いてフィードバックの周波数特性(位相マージン)を測定することができます。
 なお、通常時はショートしてご使用ください。



参考レイアウトパターン(Top View)



参考レイアウトパターン(Bottom View)

Figure 72. PCB レイアウト例

熱損失について

熱設計において、次の条件内で動作させてください。
(下記温度は保証温度ですので、必ずマージンを考慮してください。)

1. 周囲温度 T_a が 125 °C 以下であること。
2. チップジャンクション温度 T_j が 150 °C 以下であること。

チップジャンクション温度 T_j は以下の 2 通りで考えることができます。

1. 実使用状態でのパッケージ上面中心温度 T_t から求める場合、

$$T_j = T_t + \psi_{JT} \times W \text{ [°C]}$$

2. 周囲温度 T_a から求める場合、

$$T_j = T_a + \theta_{JA} \times W \text{ [°C]}$$

ψ_{JT} : ジャンクション—パッケージ上面中心間熱特性パラメータ (P.5 参照)

θ_{JA} : ジャンクション—周囲温度間熱抵抗 (P.5 参照)

IC の熱損失 W は以下の式で求められます。

$$W = R_{ONH} \times I_{OUT}^2 \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} + R_{ONL} \times I_{OUT}^2 \left(1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}\right) + V_{IN} \times I_{CC} + \frac{1}{2} \times (tr + tf) \times V_{IN} \times I_{OUT} \times f_{SW} \text{ [W]}$$

R_{ONH} : High Side FET ON 抵抗 (P.6 参照) [Ω]

R_{ONL} : Low Side FET ON 抵抗 (P.6 参照) [Ω]

I_{OUT} : 出力電流 [A]

V_{OUT} : 出力電圧 [V]

V_{IN} : 入力電圧 [V]

I_{CC} : 回路電流 (P.6 参照) [A]

tr : スイッチング立ち上がり時間 [s] (Typ:6ns)

tf : スイッチング立ち下がり時間 [s] (Typ:6ns)

f_{SW} : スイッチング周波数 (P.6 参照) [Hz]

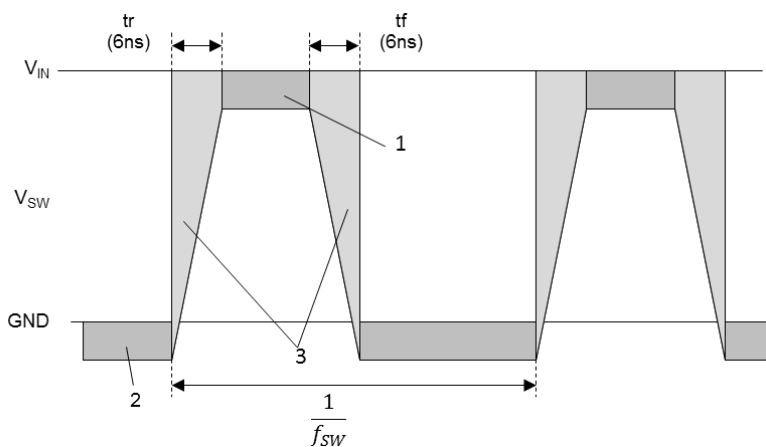
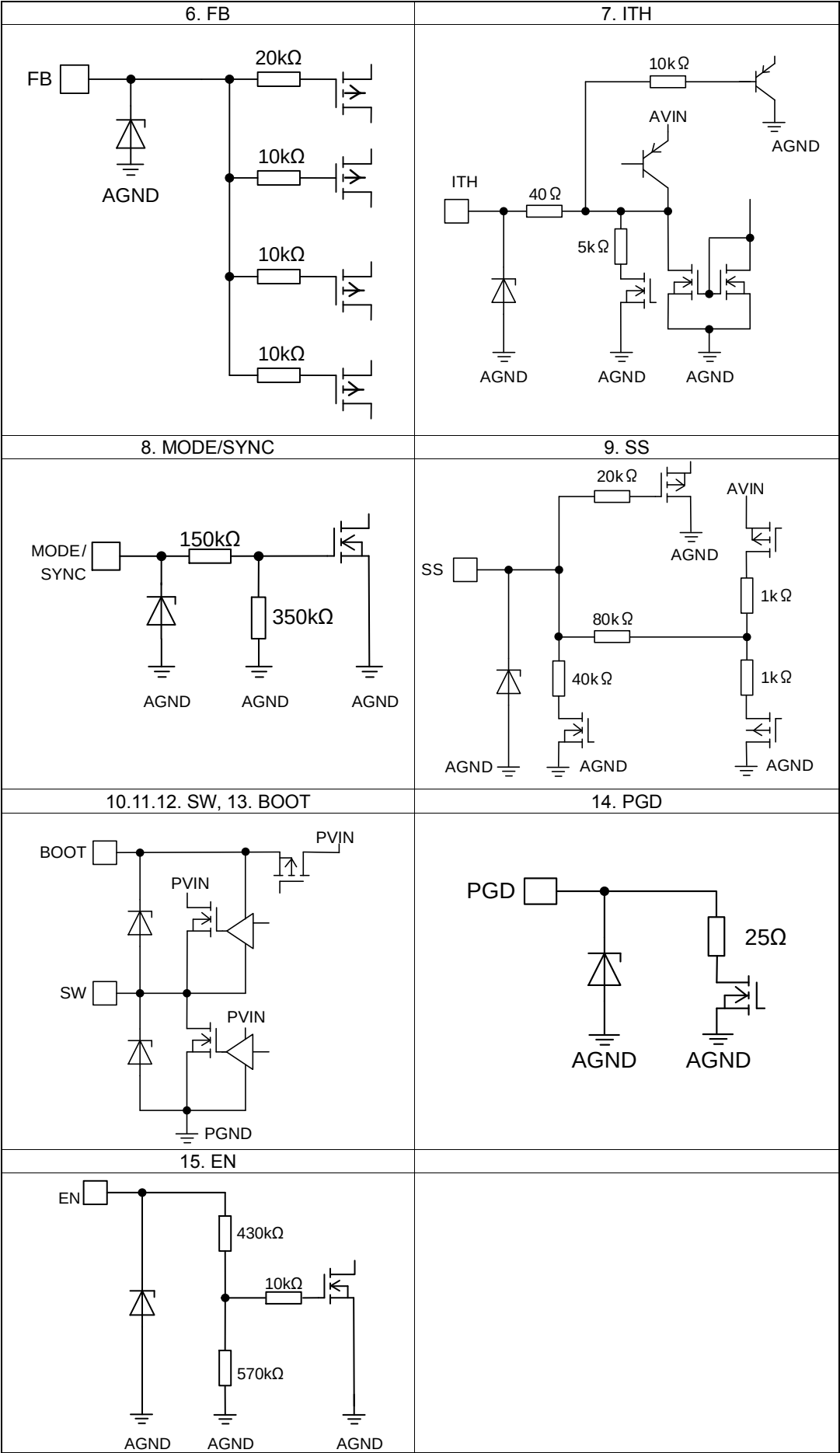


Figure 73. SW Waveform

1. $R_{ONH} \times I_{OUT}^2$
2. $R_{ONL} \times I_{OUT}^2$
3. $\frac{1}{2} \times (tr + tf) \times V_{IN} \times I_O \times f_{SW}$

入出力等価回路図



使用上の注意

1. 電源の逆接続について

電源コネクタの逆接続により LSI が破壊する恐れがあります。逆接続破壊保護用として外部に電源と LSI の電源端子間にダイオードを入れるなどの対策を施してください。

2. 電源ラインについて

基板パターンの設計においては、電源ラインの配線は、低インピーダンスになるようにしてください。グラウンドラインについても、同様のパターン設計を考慮してください。また、LSI のすべての電源端子について電源-グラウンド端子間にコンデンサを挿入するとともに、電解コンデンサ使用の際は、低温で容量低下が起こることなど使用するコンデンサの諸特性に問題ないことを十分ご確認のうえ、定数を決定してください。

3. グラウンド電位について

L 負荷駆動端子（例：モータードライバの出力、DC-DC コンバータの出力など）については、L 負荷の逆起電圧の影響でグラウンド以下に振れることが考えられます。L 負荷駆動端子が逆起電圧によって負電位になる場合を除き、グラウンド端子はいかなる動作状態においても最低電位になるようにしてください。また実際に過渡現象を含め、グラウンド端子、L 負荷駆動端子以外のすべての端子がグラウンド以下の電圧にならないようにしてください。使用条件、環境及び L 負荷個々の特性によっては誤動作などの不具合が発生する可能性があります。IC の動作などに問題のないことを十分ご確認ください。

4. グラウンド配線パターンについて

小信号グラウンドと大電流グラウンドがある場合、大電流グラウンドパターンと小信号グラウンドパターンは分離し、パターン配線の抵抗分と大電流による電圧変化が小信号グラウンドの電圧を変化させないように、セットの基準点で 1 点アースすることを推奨します。外付け部品のグラウンドの配線パターンも変動しないよう注意してください。グラウンドラインの配線は、低インピーダンスになるようにしてください。

5. 推奨動作条件について

推奨動作条件で規定される範囲で IC の機能・動作を保証します。また、特性値は電気的特性で規定される各項目の条件下においてのみ保証されます。

6. ラッシュカレントについて

IC 内部論理回路は、電源投入時に論理不定状態で、瞬間的にラッシュカレントが流れる場合がありますので、電源カップリング容量や電源、グラウンドパターン配線の幅、引き回しに注意してください。

7. セット基板での検査について

セット基板での検査時に、インピーダンスの低いピンにコンデンサを接続する場合は、IC にストレスがかかる恐れがあるので、1 工程ごとに必ず放電を行ってください。静電気対策として、組立工程にはアースを施し、運搬や保存の際には十分ご注意ください。また、検査工程での治具への接続をする際には必ず電源を OFF にしてから接続し、電源を OFF にしてから取り外してください。

8. 端子間ショートと誤装着について

プリント基板に取り付ける際、IC の向きや位置ずれに十分注意してください。誤って取り付けした場合、IC が破壊する恐れがあります。また、出力と電源及びグラウンド間、出力間に異物が入るなどしてショートした場合についても破壊の恐れがあります。

9. 未使用の入力端子の処理について

CMOS トランジスタの入力は非常にインピーダンスが高く、入力端子をオープンにすることで論理不定の状態になります。これにより内部の論理ゲートの p チャネル、n チャネルトランジスタが導通状態となり、不要な電源電流が流れます。また 論理不定により、想定外の動作をすることがあります。よって、未使用の端子は特に仕様書上でうたわれていない限り、適切な電源、もしくはグラウンドに接続するようにしてください。

使用上の注意 — 続き

10. 各入力端子について

本 IC はモノリシック IC であり、各素子間に素子分離のための P+アイソレーションと、P 基板を有しています。この P 層と各素子の N 層とで P-N 接合が形成され、各種の寄生素子が構成されます。

例えば、下図のように、抵抗とトランジスタが端子と接続されている場合、

○抵抗では、GND > (端子 A)の時、トランジスタ(NPN)では GND > (端子 B)の時、P-N 接合が寄生ダイオードとして動作します。

○また、トランジスタ(NPN)では、GND > (端子 B)の時、前述の寄生ダイオードと近接する他の素子の N 層によって寄生の NPN トランジスタが動作します。

IC の構造上、寄生素子は電位関係によって必然的にできます。寄生素子が動作することにより、回路動作の干渉を引き起こし、誤動作、ひいては破壊の原因ともなり得ます。したがって、入出力端子に GND(P 基板)より低い電圧を印加するなど、寄生素子が動作するような使い方をしないよう十分に注意してください。アプリケーションにおいて電源端子と各端子電圧が逆になった場合、内部回路または素子を損傷する可能性があります。例えば、外付けコンデンサに電荷がチャージされた状態で、電源端子が GND にショートされた場合などです。また、電源端子直列に逆流防止のダイオードもしくは各端子と電源端子間にバイパスのダイオードを挿入することを推奨します。

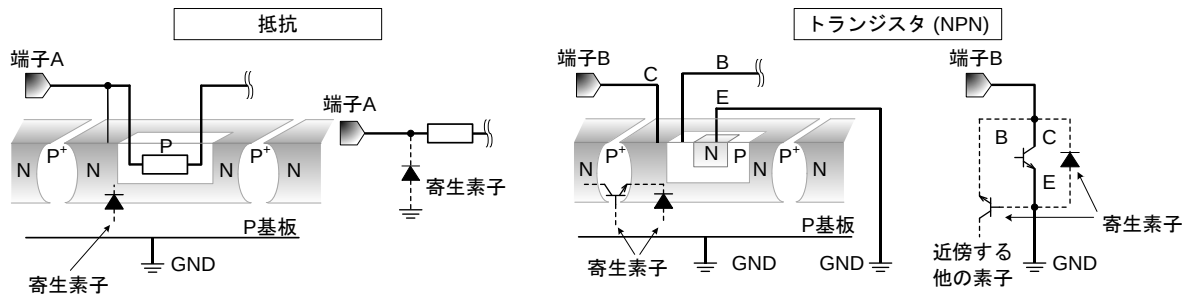


Figure 74. モノリシック IC 構造例

11. セラミック・コンデンサの特性変動について

外付けコンデンサに、セラミック・コンデンサを使用する場合、直流バイアスによる公称容量の低下、及び温度などによる容量の変化を考慮のうえ定数を決定してください。

12. 温度保護回路について

IC を熱破壊から防ぐための温度保護回路を内蔵しております。最高接合部温度内でご使用いただきますが、万が一最高接合部温度を超えた状態が継続すると、温度保護回路が動作し出力パワー素子が OFF します。その後チップ温度 T_j が低下すると回路は自動で復帰します。なお、温度保護回路は絶対最大定格を超えた状態での動作となりますので、温度保護回路を使用したセット設計などは、絶対に避けてください。

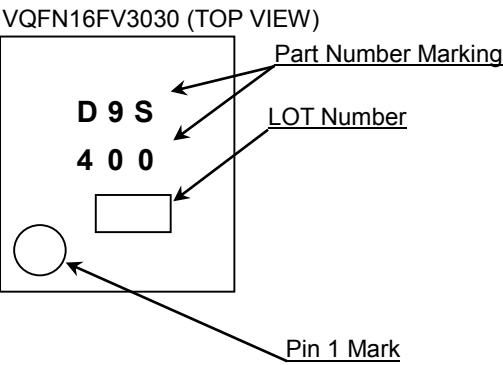
13. 過電流保護回路について

出力には電流能力に応じた過電流保護回路が内部に内蔵されているため、負荷ショート時には IC 破壊を防止しますが、この保護回路は突発的な事故による破壊防止に有効なもので、連続的な保護回路動作、過渡時でのご使用に対応するものではありません。

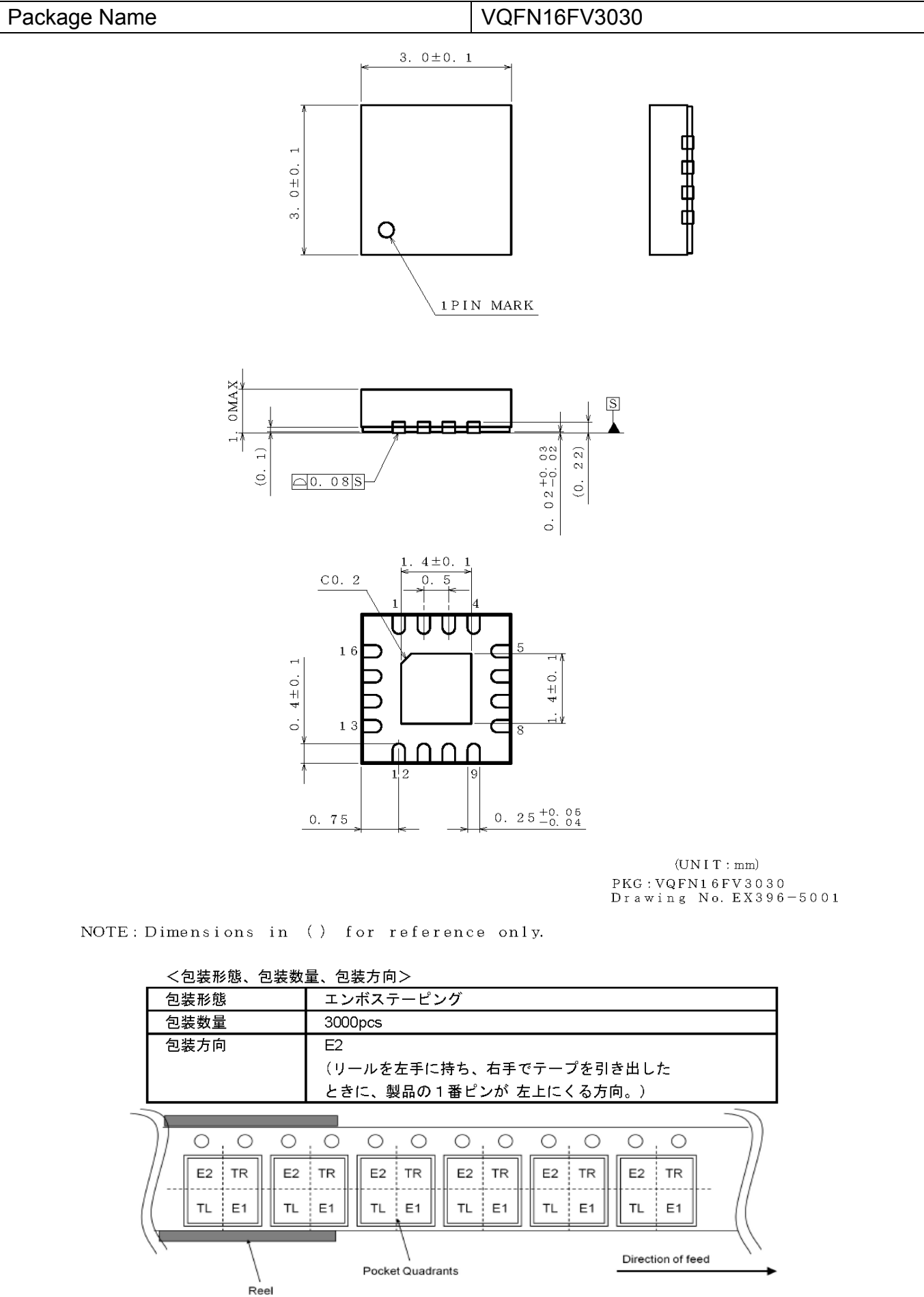
発注形名情報

B D 9 S 4 0 0 M U F										-	C E 2				
品名										パッケージ VQFN16FV3030			製品ランク C: 車載ランク製品 包装、フォーミング仕様 E2: リール状エンボステーパーピング		

標印図



外形寸法図と包装・フォーミング仕様



改訂履歴

日付	版	変更内容
2017.09.05	001	新規登録
2017.12.04	002	使用上の注意更新

ご注意

ローム製品取扱い上の注意事項

- 極めて高度な信頼性が要求され、その故障や誤動作が人の生命、身体への危険もしくは損害、又はその他の重大な損害の発生に関わるような機器又は装置（医療機器^(Note 1)、航空宇宙機器、原子力制御装置等）（以下「特定用途」という）への本製品のご使用を検討される際は事前にローム営業窓口までご相談くださいますようお願い致します。ロームの文書による事前の承諾を得ることなく、特定用途に本製品を使用したことによりお客様又は第三者に生じた損害等に関し、ロームは一切その責任を負いません。

(Note 1) 特定用途となる医療機器分類

日本	USA	EU	中国
CLASS III	CLASS III	CLASS II b	Ⅲ類
CLASS IV		CLASS III	

- 半導体製品は一定の確率で誤動作や故障が生じる場合があります。万が一、誤動作や故障が生じた場合であっても、本製品の不具合により、人の生命、身体、財産への危険又は損害が生じないように、お客様の責任において次の例に示すようなフェールセーフ設計など安全対策をお願い致します。
 - ①保護回路及び保護装置を設けてシステムとしての安全性を確保する。
 - ②冗長回路等を設けて単一故障では危険が生じないようにシステムとしての安全を確保する。
- 本製品は、下記に例示するような特殊環境での使用を配慮した設計はなされておられません。したがって、下記のような特殊環境での本製品のご使用に関し、ロームは一切その責任を負いません。本製品を下記のような特殊環境でご使用される際は、お客様におかれまして十分に性能、信頼性等をご確認ください。
 - ①水・油・薬液・有機溶剤等の液体中でのご使用
 - ②直射日光・屋外暴露、塵埃中でのご使用
 - ③潮風、Cl₂、H₂S、NH₃、SO₂、NO₂等の腐食性ガスの多い場所でのご使用
 - ④静電気や電磁波の強い環境でのご使用
 - ⑤発熱部品に近接した取付け及び当製品に近接してビニール配線等、可燃物を配置する場合
 - ⑥本製品を樹脂等で封止、コーティングしてのご使用
 - ⑦はんだ付けの後に洗浄を行わない場合(無洗浄タイプのフラックスを使用された場合も、残渣の洗浄は確実にを行うことをお勧め致します)、又ははんだ付け後のフラックス洗浄に水又は水溶性洗浄剤をご使用の場合
 - ⑧結露するような場所でのご使用
- 本製品は耐放射線設計はなされておられません。
- 本製品単体品の評価では予測できない症状・事態を確認するためにも、本製品のご使用にあたってはお客様製品に実装された状態での評価及び確認をお願い致します。
- パルス等の過渡的な負荷（短時間での大きな負荷）が加わる場合は、お客様製品に本製品を実装した状態で必ずその評価及び確認の実施をお願い致します。また、定常時での負荷条件において定格電力以上の負荷を印加されますと、本製品の性能又は信頼性が損なわれるおそれがあるため必ず定格電力以下でご使用ください。
- 電力損失は周囲温度に合わせてディレーティングしてください。また、密閉された環境下でご使用の場合は、必ず温度測定を行い、最高接合部温度を超えていない範囲であることをご確認ください。
- 使用温度は納入仕様書に記載の温度範囲内であることをご確認ください。
- 本資料の記載内容を逸脱して本製品をご使用されたことによって生じた不具合、故障及び事故に関し、ロームは一切その責任を負いません。

実装及び基板設計上の注意事項

- ハロゲン系（塩素系、臭素系等）の活性度の高いフラックスを使用する場合、フラックスの残渣により本製品の性能又は信頼性への影響が考えられますので、事前にお客様にてご確認ください。
- はんだ付けは、表面実装製品の場合リフロー方式、挿入実装製品の場合フロー方式を原則とさせていただきます。なお、表面実装製品をフロー方式での使用をご検討の際は別途ロームまでお問い合わせください。その他、詳細な実装条件及び手はんだによる実装、基板設計上の注意事項につきましては別途、ロームの実装仕様書をご確認ください。

応用回路、外付け回路等に関する注意事項

1. 本製品の外付け回路定数を変更してご使用になる際は静特性のみならず、過渡特性も含め外付け部品及び本製品のバラツキ等を考慮して十分なマージンをみて決定してください。
2. 本資料に記載された応用回路例やその定数などの情報は、本製品の標準的な動作や使い方を説明するためのもので、実際に使用する機器での動作を保証するものではありません。したがって、お客様の機器の設計において、回路やその定数及びこれらに関連する情報を使用する場合には、外部諸条件を考慮し、お客様の判断と責任において行ってください。これらの使用に起因しお客様又は第三者に生じた損害に関し、ロームは一切その責任を負いません。

静電気に対する注意事項

本製品は静電気に対して敏感な製品であり、静電放電等により破壊することがあります。取り扱い時や工程での実装時、保管時において静電気対策を実施のうえ、絶対最大定格以上の過電圧等が印加されないようにご使用ください。特に乾燥環境下では静電気が発生しやすくなるため、十分な静電対策を実施ください。（人体及び設備のアース、帯電物からの隔離、イオナイザの設置、摩擦防止、温湿度管理、はんだごてのこて先のアース等）

保管・運搬上の注意事項

1. 本製品を下記の環境又は条件で保管されますと性能劣化やはんだ付け性等の性能に影響を与えるおそれがありますのでこのような環境及び条件での保管は避けてください。
 - ① 潮風、Cl₂、H₂S、NH₃、SO₂、NO₂等の腐食性ガスの多い場所での保管
 - ② 推奨温度、湿度以外での保管
 - ③ 直射日光や結露する場所での保管
 - ④ 強い静電気が発生している場所での保管
2. ロームの推奨保管条件下におきましても、推奨保管期限を経過した製品は、はんだ付け性に影響を与える可能性があります。推奨保管期限を経過した製品は、はんだ付け性を確認したうえでご使用頂くことを推奨します。
3. 本製品の運搬、保管の際は梱包箱を正しい向き（梱包箱に表示されている天面方向）で取り扱ってください。天面方向が遵守されずに梱包箱を落下させた場合、製品端子に過度なストレスが印加され、端子曲がり等の不具合が発生する危険があります。
4. 防湿梱包を開封した後は、規定時間内にご使用ください。規定時間を経過した場合はベーク処置を行ったうえでご使用ください。

製品ラベルに関する注意事項

本製品に貼付されている製品ラベルに2次元バーコードが印字されていますが、2次元バーコードはロームの社内管理のみを目的としたものです。

製品廃棄上の注意事項

本製品を廃棄する際は、専門の産業廃棄物処理業者にて、適切な処置をしてください。

外国為替及び外国貿易法に関する注意事項

本製品は、外国為替及び外国貿易法に定めるリスト規制貨物等に該当するおそれがありますので、輸出する場合には、ロームへお問い合わせください。

知的財産権に関する注意事項

1. 本資料に記載された本製品に関する応用回路例、情報及び諸データは、あくまでも一例を示すものであり、これらに関する第三者の知的財産権及びその他の権利について権利侵害がないことを保証するものではありません。
2. ロームは、本製品とその他の外部素子、外部回路あるいは外部装置等（ソフトウェア含む）との組み合わせに起因して生じた紛争に関して、何ら義務を負うものではありません。
3. ロームは、本製品又は本資料に記載された情報について、ロームもしくは第三者が所有又は管理している知的財産権その他の権利の実施又は利用を、明示的にも黙示的にも、お客様に許諾するものではありません。ただし、本製品を通常の用法にて使用される限りにおいて、ロームが所有又は管理する知的財産権を利用されることを妨げません。

その他の注意事項

1. 本資料の全部又は一部をロームの文書による事前の承諾を得ることなく転載又は複製することを固くお断り致します。
2. 本製品をロームの文書による事前の承諾を得ることなく、分解、改造、改変、複製等しないでください。
3. 本製品又は本資料に記載された技術情報を、大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用、あるいはその他軍事用途目的で使用しないでください。
4. 本資料に記載されている社名及び製品名等の固有名詞は、ローム、ローム関係会社もしくは第三者の商標又は登録商標です。

一般的な注意事項

1. 本製品をご使用になる前に、本資料をよく読み、その内容を十分に理解されるようお願い致します。本資料に記載される注意事項に反して本製品をご使用されたことによって生じた不具合、故障及び事故に関し、ロームは一切その責任を負いませんのでご注意願います。
2. 本資料に記載の内容は、本資料発行時点のものであり、予告なく変更することがあります。本製品のご購入及びご使用に際しては、事前にローム営業窓口で最新の情報をご確認ください。
3. ロームは本資料に記載されている情報は誤りがないことを保証するものではありません。万が一、本資料に記載された情報の誤りによりお客様又は第三者に損害が生じた場合においても、ロームは一切その責任を負いません。