

# LM3668

*LM3668 1A, High Efficiency Dual Mode Single Inductor Buck-Boost DC/DC Converter*



Literature Number: JAJSAK2

## LM3668

### 高効率 1A、デュアル・モード単一インダクタ昇降圧型 DC/DC コンバータ

#### 概要

LM3668 は、リチウムイオン・バッテリーから低電圧回路への電源供給用に最適化された入力電圧範囲 2.5V ~ 5.5V の同期整流昇降圧型 (バックブースト) DC/DC コンバータです。出力電圧の全範囲にわたり、最大 1A の出力電流を供給できます。また、入力電圧に応じて降圧 (バック) モードと昇圧 (ブースト) モードを自動的に切り替えることにより、入力電圧の全範囲において、出力電圧を安定に制御します。

LM3668 では、降圧動作、昇圧動作の両モードを通じて、連続した動作が可能となるようなトポロジーで、N チャネル MOSFET と P チャネル MOSFET 各 2 個を接続してあります。ユーザーは、PFM-PWM インテリジェント自動切り替えモードと、強制 PWM 動作モードのいずれかを MODE ピンによって選択できます。PWM モードでは、固定周波数 2.2MHz (typ) で動作し、最大 1A の負荷を駆動可能です。システム・スタンバイ中の軽負荷時は、ヒステリシス PFM モードによって待機時電流が 45 $\mu$ A (typ) まで下がり、バッテリーの動作時間を延ばします。また、内部の同期整流回路により、高い効率を実現しています。シャットダウン・モード (イネーブル・ピンを Low) に移行するとデバイスがオフになり、バッテリーの消費電流が 0.01 $\mu$ A (typ) に低下します。

LM3668 は 12 ピン LLP パッケージで供給されます。スイッチング周波数が 2.2MHz (typ) と高いため、2.2 $\mu$ H のインダクタ、10 $\mu$ F の入力コンデンサ、22 $\mu$ F の出力コンデンサなど、小型の表面実装部品を使用可能です。

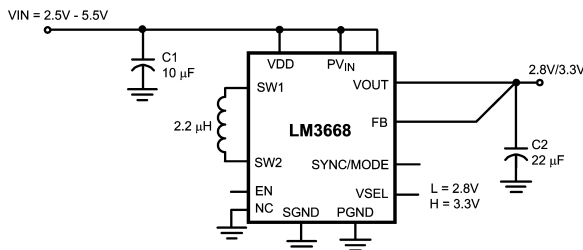
#### 特長

- 45 $\mu$ A の待機時電流 (typ)
- 2.8V/3.3V、および 3.0V/3.4V バージョン :
  - $V_{IN}$  = 2.8V ~ 5.5V の場合の最大負荷電流 = 1A
  - $V_{IN}$  = 2.7V の場合の最大負荷電流 = 800mA
  - $V_{IN}$  = 2.5V の場合の最大負荷電流 = 600mA
- 4.5V/5V バージョン :
  - $V_{IN}$  = 3.9V ~ 5.5V の場合の最大負荷電流 = 1A
  - $V_{IN}$  = 3.4V ~ 3.8V の場合の最大負荷電流 = 800mA
  - $V_{IN}$  = 3.0V ~ 3.3V の場合の最大負荷電流 = 700mA
  - $V_{IN}$  = 2.7V ~ 2.9V の場合の最大負荷電流 = 600mA
- 2.2MHz 固定の PWM スwitching 周波数 (typ)
- 自動 PFM-PWM モードまたは強制 PWM モード
- 広い入力電圧範囲 : 2.5V ~ 5.5V
- 内部の同期整流回路による高い効率
- 内部ソフトスタート : 600 $\mu$ s の最大スタートアップ時間 ( $V_{IN}$  安定後)
- 0.01 $\mu$ A のシャットダウン電流 (typ)
- 過電流保護およびサーマル・シャットダウン保護
- 周波数同期ピン : 1.6MHz ~ 2.7MHz

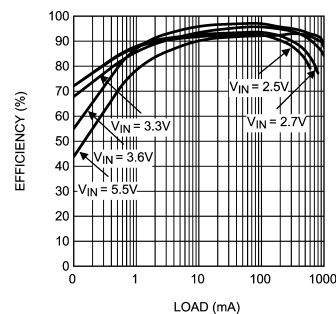
#### アプリケーション

- 電話機周辺機器
- MP3 プレーヤ
- リニア・レギュレータのためのプリレギュレータ
- PDA
- ポータブル・ハードディスク
- WiMax モデム

#### 代表的なアプリケーション



Typical Application Circuit



Efficiency at 3.3V Output

機能ブロック図

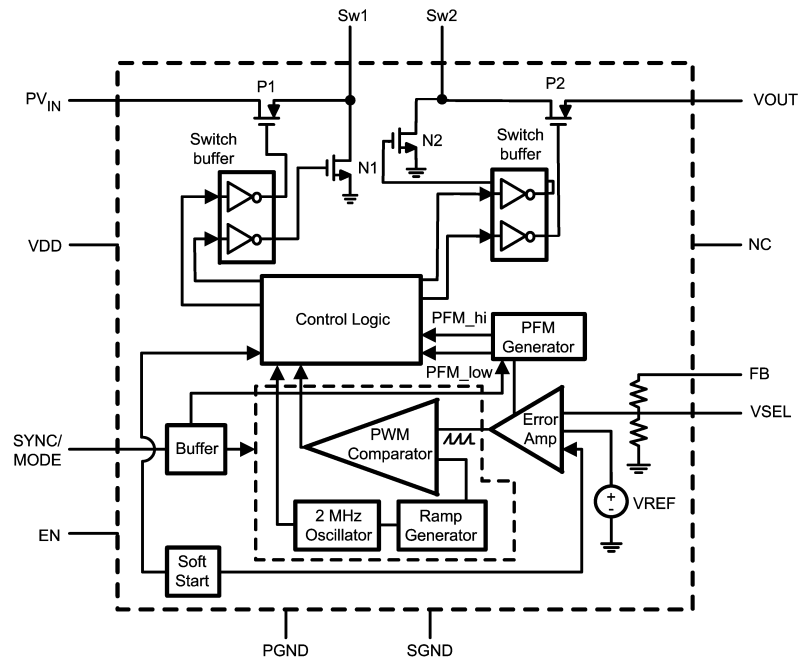
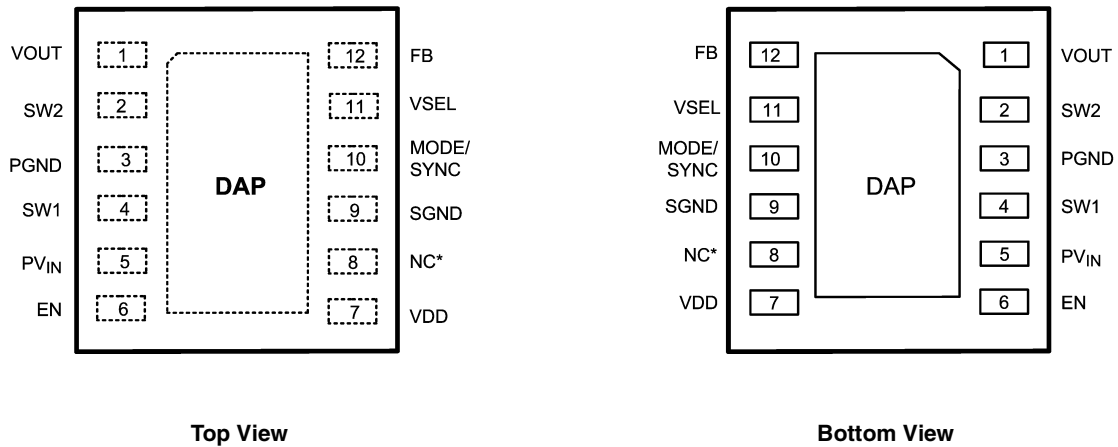


FIGURE 1. Functional Block Diagram

## ピン配置図およびパッケージ・マーキング情報



## ピン説明

ピン番号	ピン名	説明
1	VOUT	出力コンデンサに接続します。
2	SW2	内部 P-FET スイッチ (P2) と N-FET 同期整流器 (N2) に対するスイッチング・ノードです。
3	PGND	パワー・グラウンド。
4	SW1	内部 P-FET スイッチ (P1) と N-FET 同期整流器 (N1) に対するスイッチング・ノードです。
5	PV <sub>IN</sub>	パワー・スイッチの電源です。入力コンデンサに接続します。
6	EN	イネーブル入力です。通常動作時はデジタル High を入力します。Low にするとシャットダウン・モードになります。
7	VDD	信号電源入力。最適な基板レイアウトになっていない場合、このピンのできるだけ近くに 1μF の外付けセラミック・コンデンサを追加することを推奨します。
8	NC*	未接続です。PCB レイアウトによって GND に接続します。
9	SGND	アナログ回路、および制御回路のグラウンドです。
10	MODE/SYNC	MODE = Low とすると自動モードになります。MODE = High とすると強制 PWM モードになります。SYNC は 1.6MHz ~ 2.7MHz の外部クロック同期に使用します。(SYNC 機能を使用する場合、デバイスは強制的に PWM モードになります。)
11	VSEL	電圧選択 (例えば 2.8V/3.3V のオプション) ピンです。ロジック Low 入力の場合、出力電圧が 2.8V に、ロジック High 入力の場合は 3.3V に設定されます。
12	FB	帰還アナログ入力ピンです。出力フィルタの出力に接続します。
DAP	DAP	ダイ・アタッチ・パッドです。DAP を PCB レイアウトによって SGND に接続すると、熱性能を改善できます。主たるグラウンド接続としては使用しないでください。

## 製品情報

Order Number	Package	NSC Package Marking	Supplied As
LM3668SD - 2833	LLP-12	S017B	1000 units, Tape and Reel
LM3668SDX - 2833			4500 units, Tape and Reel
LM3668SD - 3034	LLP-12	S018B	1000 units, Tape and Reel
LM3668SDX - 3034			4500 units, Tape and Reel
LM3668SD - 4550	LLP-12	S019B	1000 units, Tape and Reel
LM3668SDX - 4550			4500 units, Tape and Reel

**Note:** 例に示したとおり、V<sub>OUT</sub> オプションが 3.0V/3.4V のデバイスの場合、V<sub>SEL</sub> = Low とすると V<sub>OUT</sub> = 3V に、V<sub>SEL</sub> = High とすると、V<sub>OUT</sub> = 3.4V に設定されます。この方式は、すべての電圧オプションに当てはまります。

## 絶対最大定格 (Note 1)

本データシートには軍用・航空宇宙用の規格は記載されていません。関連する電気的信頼性試験方法の規格を参照ください。

$PV_{IN}$ 、 $V_{DD}$ ピン、SW1、SW2、 $V_{OUT}$ 、SGND と PGND を基準とした電圧	- 0.2V ~ + 6.0V
FB、EN、MODE、SYNC ピン： (PGND と SGND - 0.2V) ~ ( $PV_{IN} + 0.2$ )	
PGND と SGND の電圧差	- 0.2V ~ 0.2V
連続消費電力 (Note 3)	内部制限
最大接合部温度 ( $T_{J-MAX}$ )	+ 125
保存温度範囲	- 65 ~ + 150
最大リード温度 (ハンダ付け、10 秒)	+ 260

## 動作定格

入力電圧範囲	2.5V ~ 5.5V
推奨負荷電流	0mA ~ 1A
接合部温度 ( $T_J$ ) 範囲	- 40 ~ + 125
周囲温度範囲 ( $T_A$ ) (Note 3)	- 40 ~ + 85

## 放熱特性

接合部 - 周囲間の熱抵抗 ( $\theta_{JA}$ )	34 /W
リードレス・リードフレーム・パッケージ (Note 5)	

## 電気的特性 (Note 6、7)

標準書体のリミット値は  $T_J = + 25$  に対して適用され、太字のリミット値は全動作温度範囲 (- 40  $T_A$  + 85) で適用されず。特記のない限り仕様が適用されます。  $V_{IN} = 3.6V = EN$ 、 $V_{OUT} = 3.3V$ 。  $V_{OUT} = 4.5V/5.0V$  の場合、 $V_{IN} = 4V$ 。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$V_{FB}$	Feedback Voltage	(Note 7)	-3		3	°
$I_{LIM}$	Switch Peak Current Limit	Open loop(Note 2)	1.6	1.85	2.05	A
$I_{SHDN}$	Shutdown Supply Current	EN = 0V		0.01	1	$\mu$ A
$I_{Q\_PFM}$	DC Bias Current in PFM	No load, device is not switching (FB forced higher than programmed output voltage)		45	60	$\mu$ A
$I_{Q\_PWM}$	DC Bias Current in PWM	PWM Mode, No Switching		600	750	$\mu$ A
$R_{DSON(P)}$	Pin-Pin Resistance for PFET	Switches P1 and P2		130	180	m $\Omega$
$R_{DSON(N)}$	Pin-Pin Resistance for NFET	Switches N1 and N2		100	150	m $\Omega$
$F_{OSC}$	Internal Oscillator Frequency	PWM Mode	1.9	2.2	2.5	MHz
$F_{SYNC}$	Sync Frequency Range	$V_{IN} = 3.6V$	1.6		2.7	MHz
$V_{IH}$	Logic High Input for EN, MODE/SYNC pins		1.1			V
$V_{IL}$	Logic Low Input for EN, MODES/SYNC pins				0.4	V
$I_{EN, MODE, SYNC}$	EN, MODES/SYNC pins Input Current			0.3	1	$\mu$ A

**Note 1:** 「絶対最大定格」とは、これを超えるとデバイスに損傷を与える可能性のあるリミット値を示します。「動作定格」とは、デバイスが正常に動作する条件を示しますが、特定の性能リミット値を保証するものではありません。保証性能のリミット値と関連する試験条件については、電気的特性の表を参照してください。

**Note 2:** 「電気的特性」の表は、開ループのデータです (FB = 0V とし、SW ピンから流れる電流を電流リミットが動作するまでサイクルごとに上昇させます)。開ループの電流リミット値は、アプリケーション回路において出力電圧が 10% 低下するまで出力電流を増加させた場合の、インダクタのピーク電流を測定したものです。

**Note 3:** 消費電力が大きなアプリケーションか、パッケージの熱抵抗が大きいアプリケーション、またはその両方に該当する場合、最高周囲温度のデレーティングが必要となる場合があります。最高周囲温度 ( $T_{A-MAX}$ ) は、最高動作接合部温度 ( $T_{J-MAX-OP} = 125$ )、アプリケーションにおけるデバイスの最大消費電力 ( $P_{D-MAX}$ )、およびアプリケーションにおけるデバイス / パッケージの接合部周囲熱抵抗 ( $\theta_{JA}$ ) に依存し、 $T_{A-MAX} = T_{J-MAX-OP} - (\theta_{JA} \times P_{D-MAX})$  として与えられます。

**Note 4:** 人体モデルは、100pF のコンデンサから 1.5k を通じて各ピンに放電します。マシン・モデルでは、200pF のコンデンサから抵抗を介さずに各ピンへ放電させます。MIL-STD-883 3015.7

**Note 5:** 接合部 - 周囲間熱抵抗 ( $\theta_{JA}$ ) は、JEDEC スタンドアード JESD51-7 に示された条件とガイドラインのもとで実施した熱モデリング結果から得ています。試験基板は 4 層の FR-4 基板で、大きさは 101.6mm x 76.2mm x 1.6mm です。銅箔の厚みは 2 オンス / 1 オンス / 1 オンス / 2 オンスです。基板の内層は 60mm x 60mm です。シミュレーションにおける周囲温度は 22 で無風状態です。接合部 - 周囲間熱抵抗は、アプリケーションおよび基板レイアウトに大きく依存します。最大消費電力の大きいアプリケーション回路では、基板設計時に熱放散の問題に特別な注意を払う必要があります。

**Note 6:** 電圧は、すべて SGND を基準とした値です。

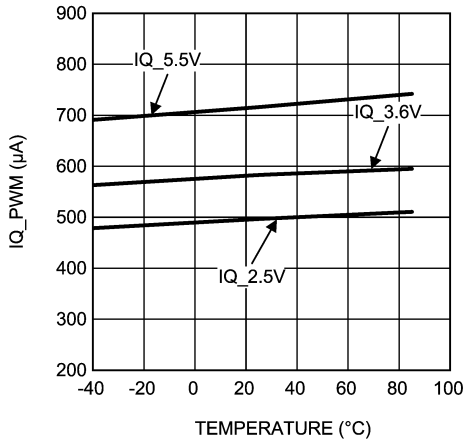
**Note 7:** Min/Max リミット値は、設計、検査、統計的解析により保証されています。代表値は保証されていませんが、最も標準的と考えられる値を表しています。

**Note 8:**  $C_{IN}$  および  $C_{OUT}$ : 電気的特性の設定時に使用している低 ESR の面実装セラミック・コンデンサ (MLCC) です。

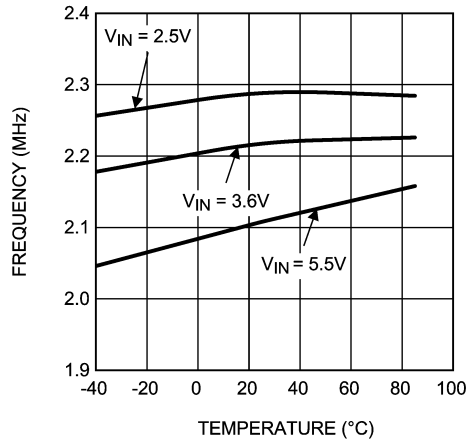
代表的な性能特性

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り,  $V_{IN} = 3.6V$ ,  $L = 2.2\mu H$ ,  $C_{IN} = 10\mu F$ ,  $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8),  $T_A = 25$  です。

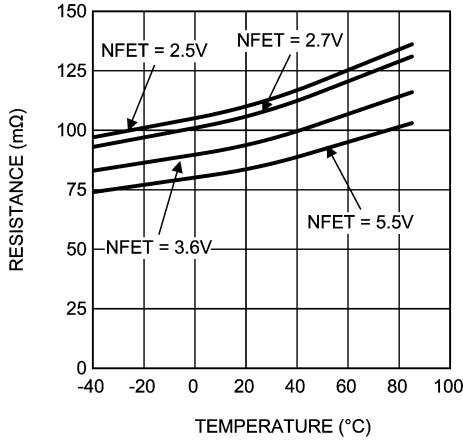
**Supply Current vs. Temperature (Not switching)**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ )



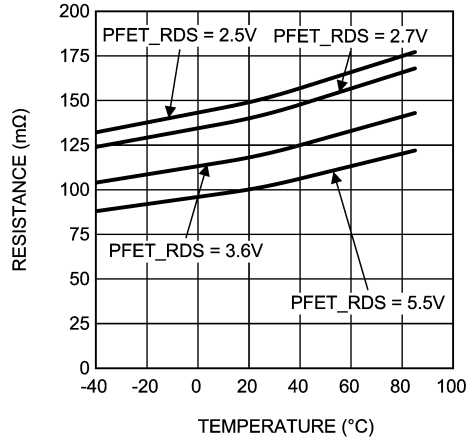
**Switching Frequency vs. Temperature**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ )



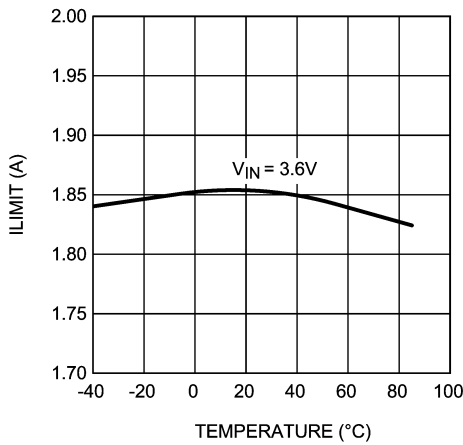
**NFET\_RDS (on) vs. Temperature**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ )



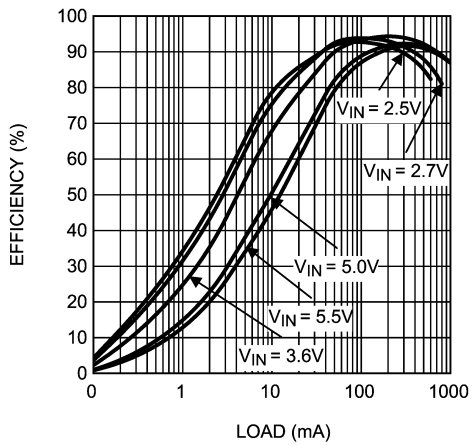
**PFET\_RDS (on) vs. Temperature**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ )



**ILIMIT vs. Temperature**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ )



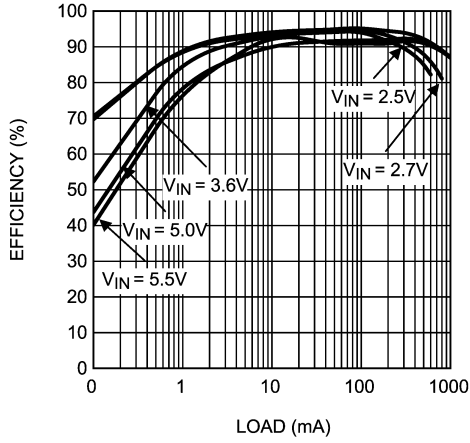
**Efficiency at  $V_{OUT} = 2.8V$**   
(Forced PWM Mode)



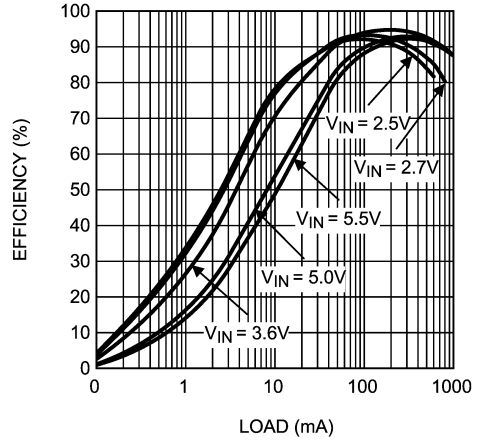
代表的な性能特性 (つづき)

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8)、 $T_A = 25$  です。

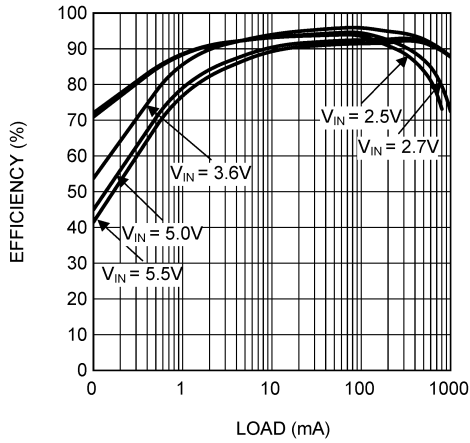
Efficiency at  $V_{OUT} = 2.8V$   
(Auto Mode)



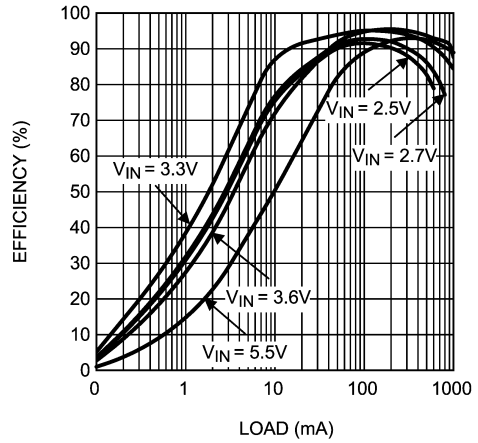
Efficiency at  $V_{OUT} = 3.0V$   
(Forced PWM Mode)



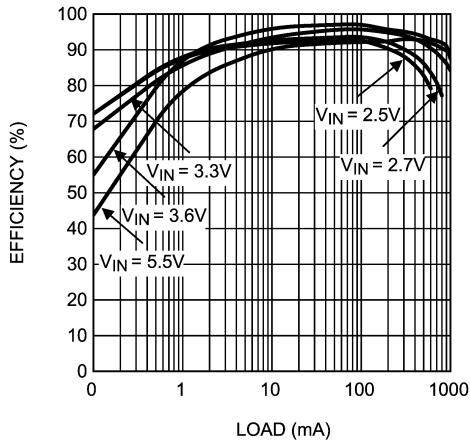
Efficiency at  $V_{OUT} = 3.0V$   
(Auto Mode)



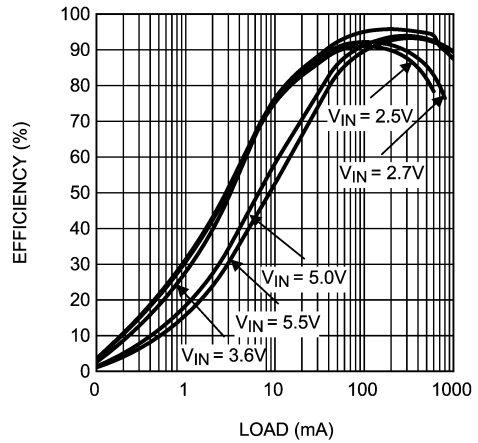
Efficiency at  $V_{OUT} = 3.3V$   
(Forced PWM Mode)



Efficiency at  $V_{OUT} = 3.3V$   
(Auto Mode)



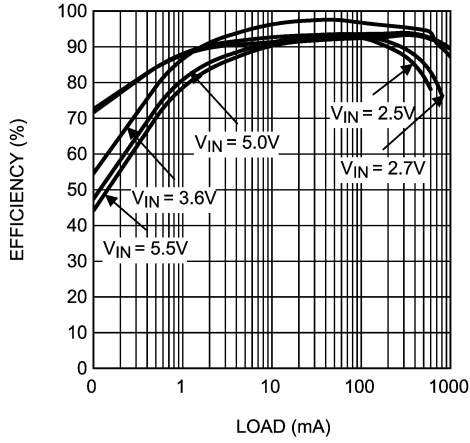
Efficiency at  $V_{OUT} = 3.4V$   
(Forced PWM Mode)



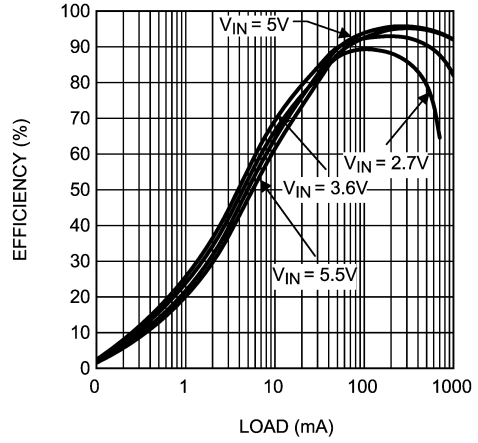
代表的な性能特性 (つづき)

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8)、 $T_A = 25$  です。

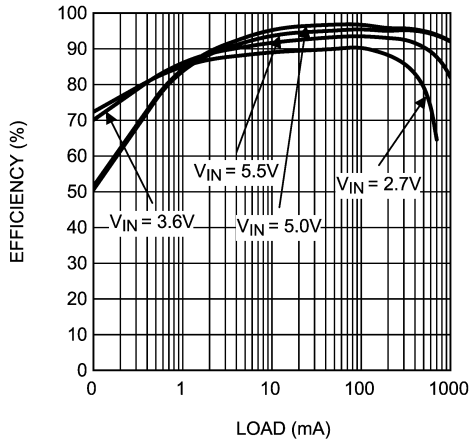
Efficiency at  $V_{OUT} = 3.4V$   
(Auto Mode)



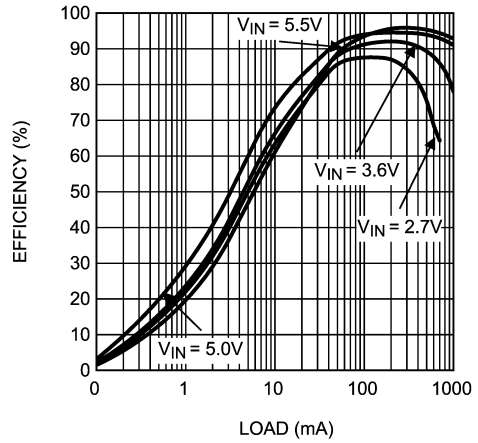
Efficiency at  $V_{OUT} = 4.5V$   
(Forced PWM Mode)



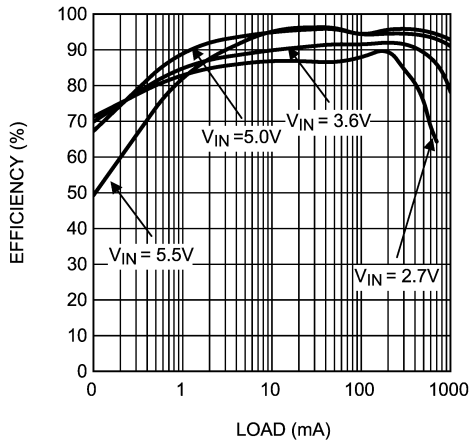
Efficiency at  $V_{OUT} = 4.5V$   
(Auto Mode)



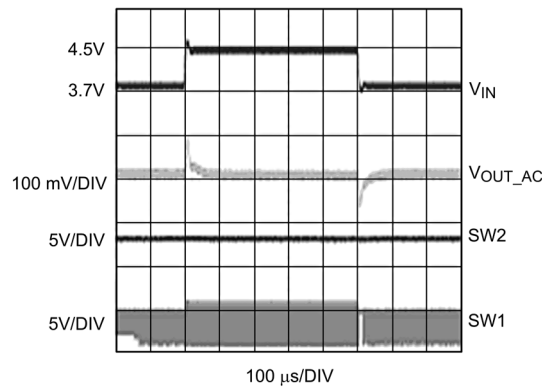
Efficiency at  $V_{OUT} = 5.0V$   
(Forced PWM Mode)



Efficiency at  $V_{OUT} = 5.0V$   
(Auto Mode)



Line Transient in Buck Mode  
( $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 500mA)

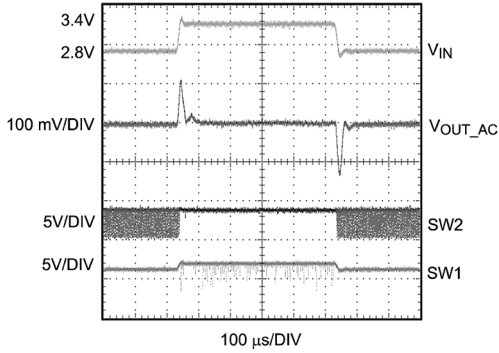




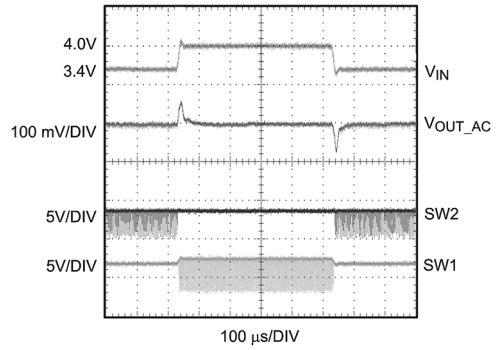
代表的な性能特性 (つづき)

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8)、 $T_A = 25$  です。

**Line Transient in Boost Mode**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 500mA)

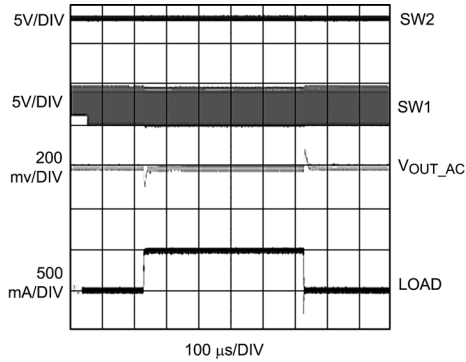


**Line Transient in Buck-Boost Mode**  
( $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 500mA)



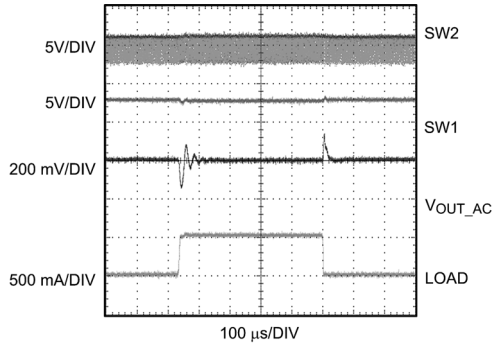
**Load Transient in Buck Mode**  
(Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 4.2V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 0-500mA



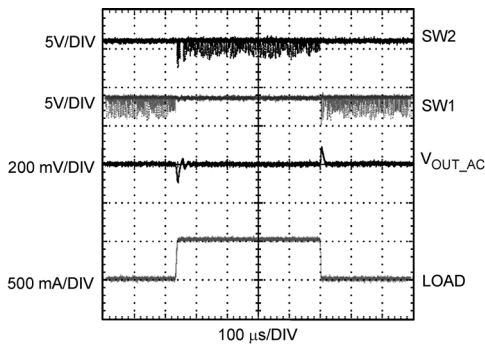
**Load Transient in Boost Operation**  
(Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 2.7V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 0-500mA



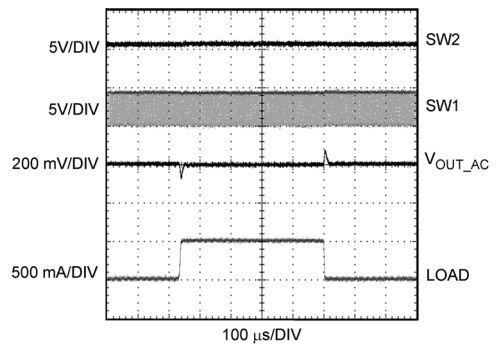
**Load Transient in Buck-Boost Operation**  
(Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 3.44V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 0-500mA



**Load Transient in Buck Mode**  
(Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 4.2V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 0-500mA

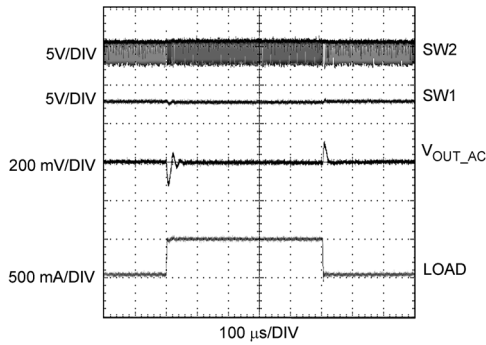


## 代表的な性能特性 (つづき)

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8)、 $T_A = 25$  です。

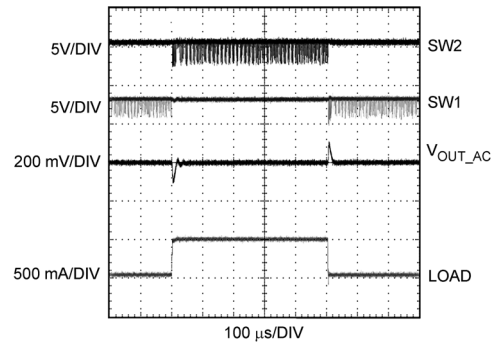
### Load Transient in Boost Mode (Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 2.7V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 0-500mA



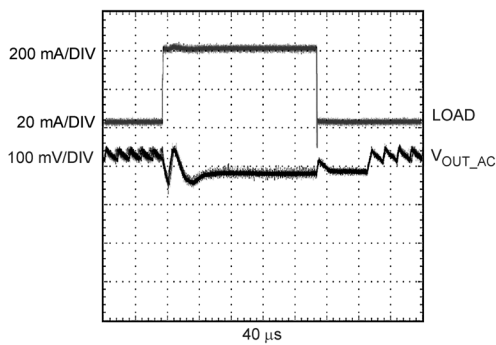
### Load Transient in Buck-Boost Mode (Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 3.05V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 0-500mA



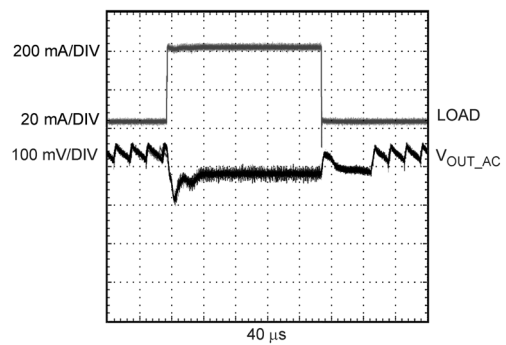
### Load Transient in Buck Mode (Auto Mode)

$V_{IN} = 4.2V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ , Load = 50-150mA



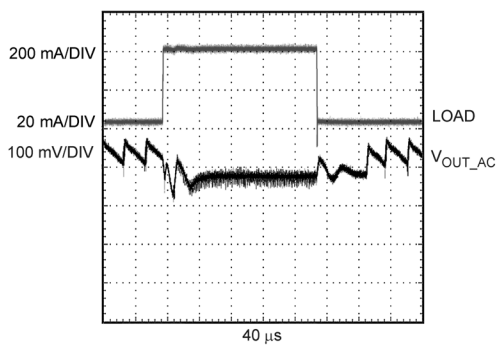
### Load Transient in Boost Mode (Auto Mode)

$V_{IN} = 2.7V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ , Load = 50-150mA



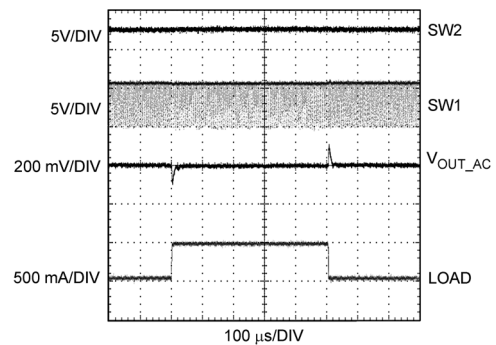
### Load Transient in Buck-Boost Mode (Auto Mode)

$V_{IN} = 3.6V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ , Load = 50-150mA



### Load Transient in Buck Mode (Forced PWM Mode)

$V_{IN} = 5.5V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ , Load = 0-500mA

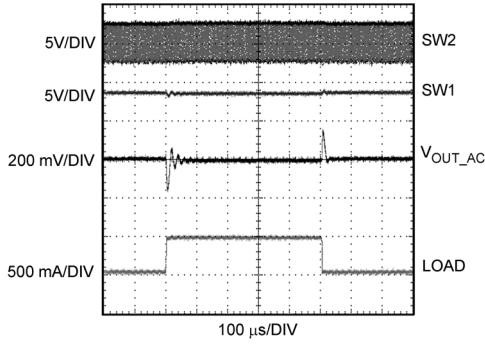


代表的な性能特性 (つづき)

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8)、 $T_A = 25^\circ C$  です。

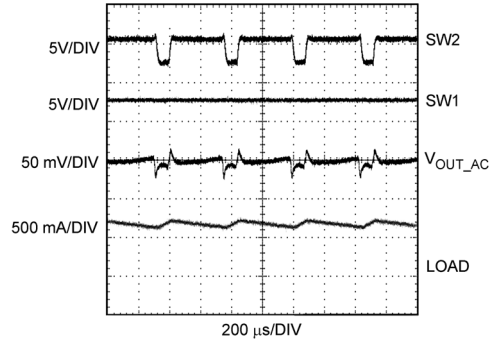
**Load Transient in Boost Mode  
(Forced PWM Mode)**

$V_{IN} = 3.5V$ ,  $V_{OUT} = 5.0V$ , Load = 0-500mA



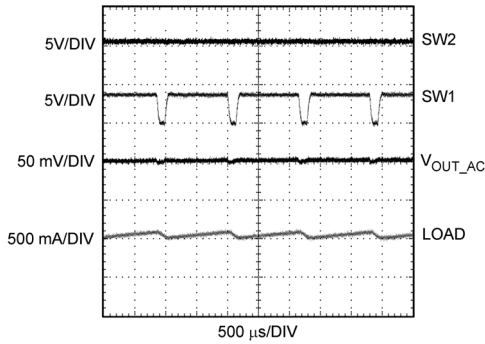
**Typical Switching Waveform in Boost Mode  
(PWM Mode)**

$V_{IN} = 2.7V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 500mA



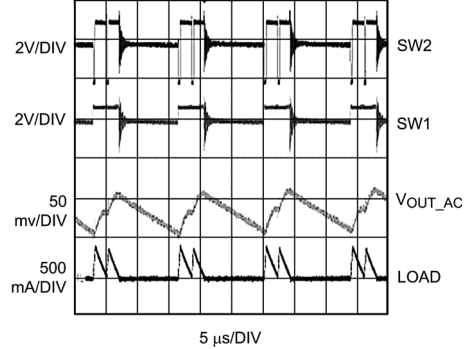
**Typical Switching Waveform in Buck Mode  
(PWM Mode)**

$V_{IN} = 3.6V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 500mA



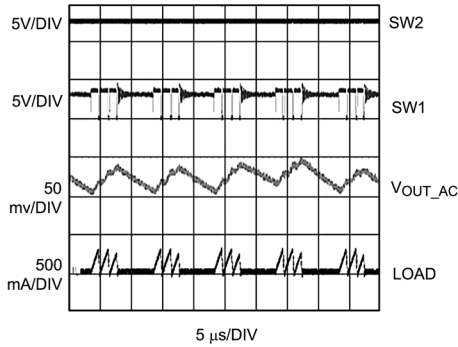
**Typical Switching Waveform in Boost Mode  
(PFM Mode)**

$V_{IN} = 2.7V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 50mA



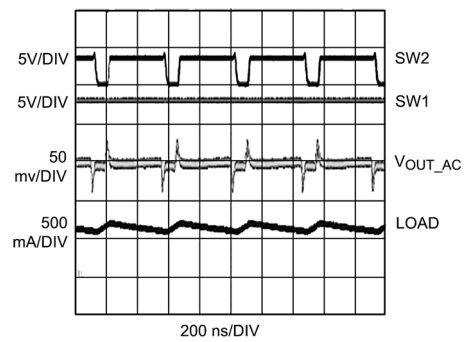
**Typical Switching Waveform in Buck Mode  
(PFM Mode)**

$V_{IN} = 3.6V$ ,  $V_{OUT} = 3.0V$ , Load = 50mA



**Typical Switching Waveform in Boost Mode  
(PWM Mode)**

$V_{IN} = 3V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 500mA

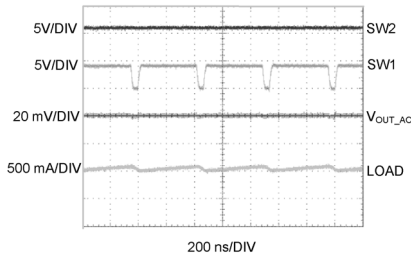


## 代表的な性能特性 (つづき)

代表的なアプリケーション回路 (Figure 1): 特記のない限り、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $L = 2.2\mu H$ 、 $C_{IN} = 10\mu F$ 、 $C_{OUT} = 22\mu F$  (Note 8)、 $T_A = 25^\circ C$  です。

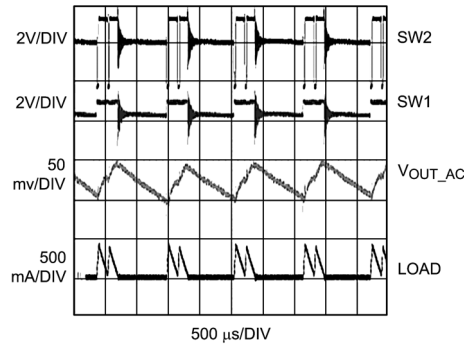
### Typical Switching Waveform in Buck Mode (PWM Mode)

$V_{IN} = 4V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 500mA



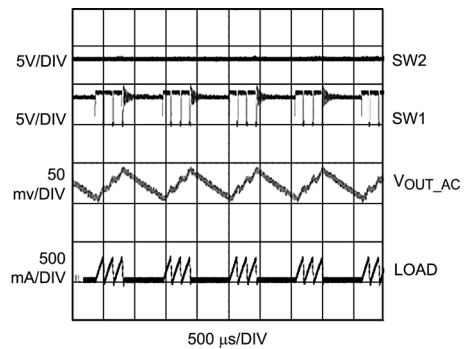
### Typical Switching Waveform in Boost Mode (PFM Mode)

$V_{IN} = 3V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 50mA

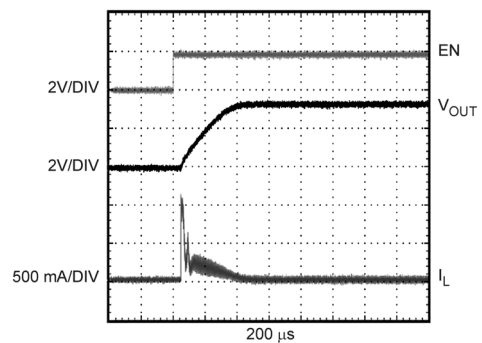


### Typical Switching Waveform in Buck Mode (PFM Mode)

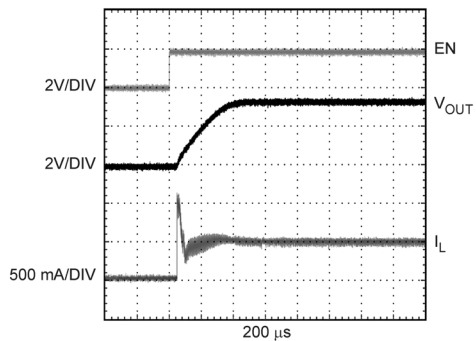
$V_{IN} = 4V$ ,  $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 50mA



### Start up in PWM Mode ( $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 1mA)



### Start up in PWM Mode ( $V_{OUT} = 3.4V$ , Load = 500mA)



回路説明

LM3668 は、携帯電話や PDA などの携帯機器用に、単一のリチウムイオン・バッテリーまたは 3 セルの NIMH/NiCd バッテリから一定電圧を供給する、高効率の昇降圧型 (バックブースト) DC/DC コンバータです。同期整流を使用した電圧モードの回路構成を採用することにより、入力電圧、出力電圧、周囲温度、選定したインダクタに応じて、最大 1A を供給する能力があります。

また、このデバイスは降圧から昇圧、または昇圧から降圧モードに連続的に遷移できます。内蔵されたエラー・アンプが出力を常に監視し、昇圧動作と降圧動作間の切り替えを判別します。Figure 2 に降圧および昇圧動作に使用する 4 つのスイッチによるネットワークを示します。Table 1 には、各モードにおけるスイッチの状態をまとめました。

LM3668 には、必要な電流に応じて 3 つの動作モード、すなわち PWM (パルス幅変調)、PFM (パルス周波数変調)、シャットダウン・モードがあります。デバイスは、負荷電流がおよそ 80mA 以上になると、効率を向上するために PWM モードで動作します。負荷電流が小さくなるとデバイスは自動的に PFM モードに切り替わり、消費電流を抑えてバッテリー動作時間を延長します。シャットダウン・モードにするとデバイスはオフになり、消費電流が最小になります。

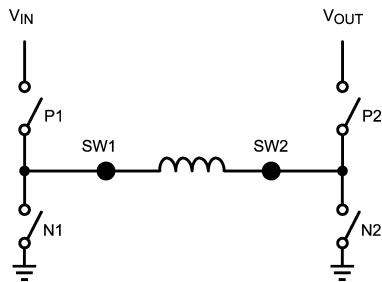


FIGURE 2. Simplified Diagram of Switches

State of Switches in Different Modes

Mode	Always ON	Always OFF	Switching
Buck	SW P2	SW N2	SW P1 & N1
Boost	SW P1	SW N1	SW N2 & P2

TABLE 1

降圧動作

入力電圧が出力電圧より大きい場合、デバイスは降圧モードで動作します。このとき、スイッチ P2 は常時オンになり、P1 と N1 によって出力を制御します。Figure 3 は降圧モード動作時の簡略化した回路図です。

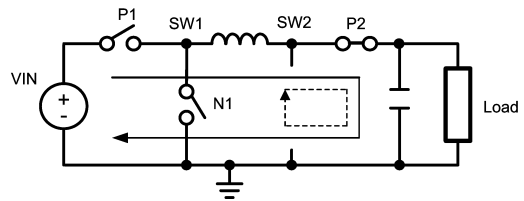


FIGURE 3. Simplified Circuit for Buck Operation

昇圧動作

入力電圧が出力電圧より小さい場合、デバイスは昇圧モードで動作します。このとき、スイッチ P1 は常時オンになり、N2 と P2 によって出力を制御します。Figure 4 は昇圧モード動作時の簡略化した回路図です。

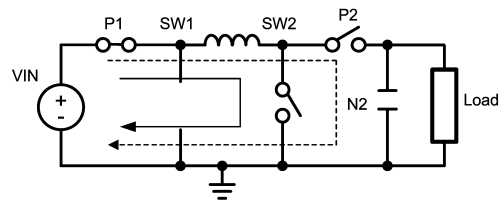


FIGURE 4. Simplified Circuit for Boost Operation

PWM 動作

PWM 動作中は、出力電圧は一定の周波数でスイッチングすることによりレギュレートされ、サイクルごとにパルス幅によって負荷に供給される電力を制御します。通常動作では、内蔵エラー・アンプが帰還電圧と Vref からエラー信号 Vc を生成します。このエラー・アンプ信号 Vc を電圧 Vcenter と比較し、降圧および昇圧モードの両方で PWM 信号を発生するのに使用します。信号 Vcenter は降圧モードと昇圧モード間の遷移点を設定する DC 信号です。動作には、次の 3 つの動作領域があります。

- ・ 領域 I: Vc が Vcenter より小さい場合。降圧モード。
- ・ 領域 II: Vc と Vcenter が等しい場合、PMOS スイッチ (P1、P2) が両方オンに、NMOS スイッチ (N1、N2) が両方オフになります。電力は、P1 と P2 を通って入力から出力に直接送られます。
- ・ 領域 III: Vc が Vcenter より大きい場合。昇圧モード。

VIN と負荷の間の効率をよくするには、降圧 / 昇圧動作を回避します。

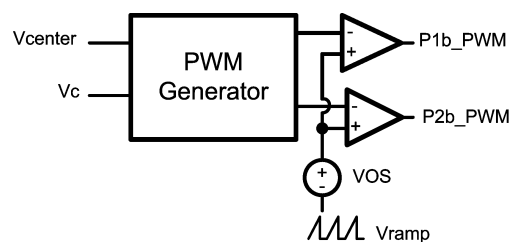


FIGURE 5. PWM Generator Block Diagram

## 内部の同期整流

PWM モードの LM3668 は、同期整流器としてチップ内の MOSFET を使い、整流器の順方向電圧降下とそれに伴う電力損失を減らしています。同期整流では、出力電圧が一般的な整流ダイオードの電圧降下に比べて相対的に低い場合に、効率が著しく向上します。

## PFM 動作

負荷がきわめて軽いとき、コンバータは PFM モードに移行し、高効率を維持するためにスイッチング周波数と消費電流を低下させます。以下の 2 つの条件のうちいずれかが 128 クロック・サイクル以上にわたって成立すると、デバイスは自動的に PFM モードに移行します。

- インダクタ電流がゼロになった。
- ピーク・インダクタ電流が  $I_{MODE}$  レベルを下回った (代表値で  $I_{MODE} < 45\text{mA} + V_{IN}/80$ )。

PFM 動作時は、エラー・アンプの補償回路がオフになります。エラー・アンプはヒステリシス・コンパレータとして動作します。PFM コンパレータは出力電圧を帰還ピンを経由してセンスし、公称 PWM 電圧の約 0.8% ~ 1.6% の範囲でランプ変化するように、出力 FET のスイッチングを制御します (Figure 6)。出力電圧が PFM

コンパレータの "High" スレッショルドより低い場合、パワー・スイッチの P1 と P2 (降圧モード) または N2 と P1 (昇圧モード) がオンになります。出力電圧が PFM の "High" スレッショルドに達するまで、またはピーク電流が PFM モードで設定されている  $I_{PFM}$  レベルを超えるまで、オンの状態を保ちます。PFM モードのピーク電流の代表値は  $I_{PFM} = 220\text{mA}$  です。

パワー・スイッチの P1 (降圧モード) または N2 (昇圧モード) がオフになると、N1 と P2 (降圧モード) または P1 と P2 (昇圧モード) が、インダクタ電流がゼロになるまでオンになります。インダクタのゼロ電流状態が検出されると、パワー・スイッチ N1 (降圧モード) または P2 (昇圧モード) がオフになります。出力電圧が PFM コンパレータの "High" スレッショルドより低い場合、パワー・スイッチの P1 と P2 (降圧モード) または N2 と P1 (昇圧モード) が再度オンになり、出力が目的のレベルに達するまで、サイクルを繰り返します。出力が PFM の "High" スレッショルドに達すると、パワー・スイッチ N1 と P2 (降圧モード) または P1 と P2 (昇圧モード) はインダクタ電流がゼロになるまでの短い間にわたってターンオンし、次に両方の出力スイッチがターンオフして、デバイスは超低消費電力モードに移行します。「スリープ」モード時の待機時電流は  $45\mu\text{A}$  (typ) で、負荷がきわめて軽い場合の高効率を実現します。

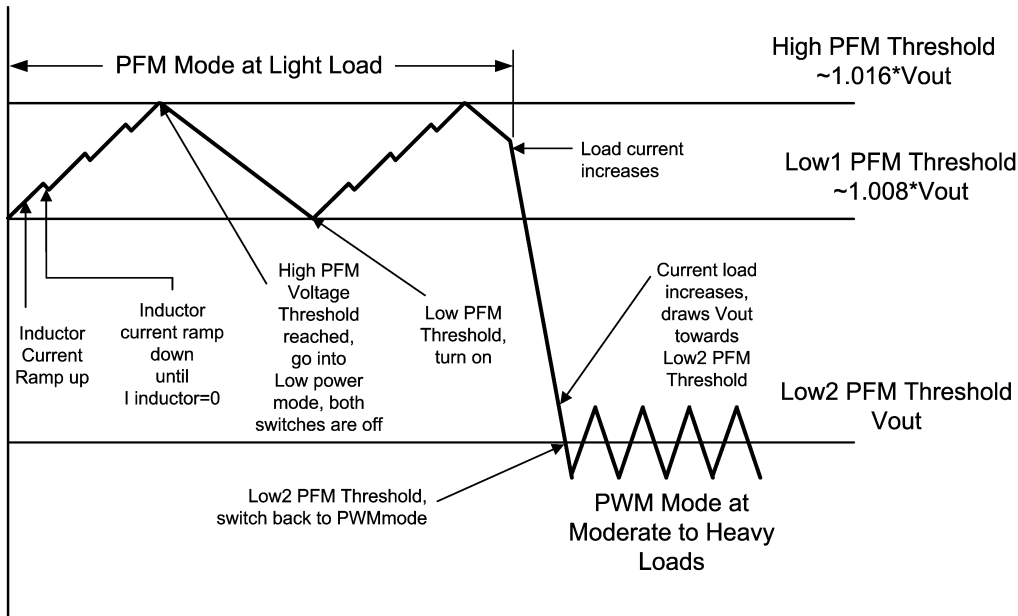
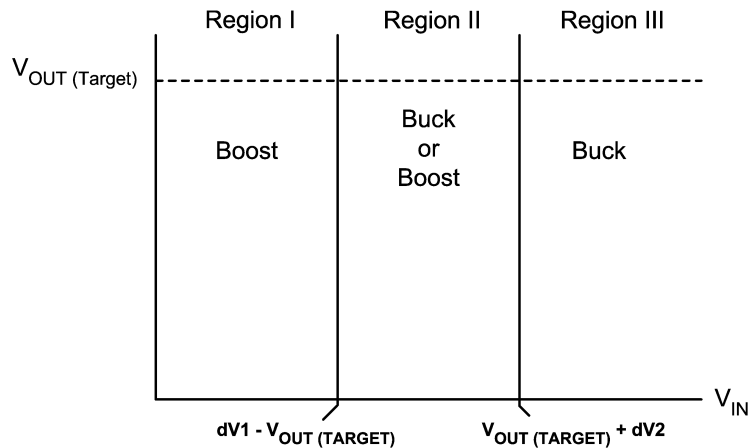


FIGURE 6. PFM to PWM Mode Transition

自動モード遷移に加えて、LM3668 は次の条件によって、PFM 降圧または PFM 昇圧モードで動作します。 $V_{OUT\_TARGET}$  と  $V_{IN}$  が非常に近い領域には、LM3668 が降圧または昇圧のいずれのモードでも動作しうる、 $dv1$  (~ 200mV) と  $dv2$  (~ 300mV) からなる狭いデルタ領域 (~ 500mV) があります。例えば、 $V_{OUT\_TARGET} = 3.3\text{V}$  で  $V_{IN}$  が 3.1V ~ 3.6V の場合、LM3668 は  $V_{IN}$  と  $V_{OUT\_TARGET}$  の関係に応じて、次のいずれかのモードで動作します。

- 領域 I:  $V_{IN} < V_{OUT\_TARGET} - dv1$  の場合、レギュレータは昇圧モードで動作します。
- 領域 II:  $V_{OUT\_TARGET} - dv1 < V_{IN} < V_{OUT\_TARGET} + dv2$  の場合、レギュレータは降圧または昇圧モードのいずれかで動作します。
- 領域 III:  $V_{IN} > V_{OUT\_TARGET} + dv2$  の場合、レギュレータは降圧モードで動作します。

## PFM 動作 (つづき)

FIGURE 7.  $V_{OUT}$  vs  $V_{IN}$  Transition

降圧 PFM 動作では、P2 は常にオン、N2 は常にオフの状態、パワー・スイッチの P1 と N1 がスイッチング動作します。P1 と N1 は、出力電圧がコンパレータの "High" スレッシュホールドに達するとターンオフして、「スリープ・モード」に移行します。昇圧 PFM 動作では、P2 と N2 がスイッチング動作します。出力電圧が "High" スレッシュホールドを下回っている間は、P1 がオン、N1 がオフになります。降圧モードとは異なり、昇圧モードでは、出力電圧が "High" スレッシュホールドに達すると、4 つのパワー・スイッチがすべてターンオフして、「スリープ・モード」に移行します。さらに、降圧または昇圧モードの切り替え条件を正確に決定するために、内部で PFM ジェネレータの電流  $I_{PFM}$  を検出しています。

## 電流制限保護

LM3668 は、過負荷の状態になるとチップ本体および外付け部品を保護する電流制限保護機能を備えています。チップ内部の電流制限コンパレータが、スイッチング時のピーク制限電流 1.85A (typ) でデバイスをディスエーブルします。

## アンダーボルテージ保護

LM3668 は入力電圧またはバッテリー電圧が低くなった場合にデバイスの電源をオフにする UVP コンパレータを搭載しています。UVP スレッシュホールドの代表値は約 2V です。

## 短絡保護

LM3668 の出力が GND に短絡した場合、短絡の状態が解消されるまで、電流制限値が通常の約半分にまで引き下げられます。

## シャットダウン

EN ピンを Low にすると、P1 と P2 がオフに、N1 と N2 がオンになり、SW1 および SW2 ノードをグラウンドに引き下げます。

## サーマル・シャットダウン

LM3668 は内部にサーマル・シャットダウン (過熱保護) 機能を内蔵しており、過剰な温度上昇からダイを保護します。サーマル・シャットダウン機能が動作し始めるのは 150 (typ) で、温度が 125 より低くなると通常動作が再開されます。

## スタートアップ

LM3668 は、スタートアップ時に出力電圧を平滑化し、電流をランブアップさせるソフトスタート回路を搭載しています。スタートアッ

プ時には、バンドギャップ基準電圧がゆっくりとランブアップし、スイッチ電流の制限値が通常の半分に引き下げられます。ソフトスタートは  $V_{IN}$  が 2.5V に達した後に、EN がロジック Low から High に遷移した場合にのみ動作します。したがって、スタートアップ時間は出力コンデンサとスタートアップ時に必要とされる負荷電流によって決まります。ソフトスタートを使用する場合、デバイスを最大負荷の状態ではスタートアップすることは推奨できません。

## アプリケーション情報

## SYNC/MODE ピン

SYNC/MODE ピンを High にすると、デバイスは PWM モードのみで動作します。SYNC/MODE ピンを Low にすると、デバイスは負荷電流に応じて、PFM から PWM、または PWM から PFM に自動的に遷移します。このピンをフロート状態にしないでください。SYNC/MODE ピンを外部クロックによって駆動して、スイッチング周波数を 1.6MHz ~ 2.7MHz の範囲で任意に設定することもできます。

 $V_{SEL}$  ピン

LM3668 は出力電圧を簡単に設定できる論理回路を搭載しています。例えば、 $V_{SEL}$  を High にすると出力は 3.3V に設定され、 $V_{SEL}$  を Low 入力にすると 2.8V に設定されます。この機能を、2.8V と 3.3V の動的な切り替えに使用したり、最大負荷状態で切り替えることは推奨できません。

## 最大電流

LM3668 は 1A 以下で動作するように設計されています。入力電圧が 2.5V の場合、最大動作電流は 600mA です。入力電圧が 2.7V の場合は 800mA になります。いずれのモードで使用する場合も、デバイスを最小入力電圧、最大負荷の状態ではスタートアップさせることは避けるべきです。また、昇圧モードの最大負荷状態 (1A) で動作させる際は、サーマル・シャットダウンが発生する領域に近づくことがないように、特に注意が必要です。動作時の消費電力は  $P_{D-MAX} = (T_{J-MAX-OP} - T_{A-MAX}) / \theta_{JA}$  によって簡単に計算できます。LM3668 の熱抵抗は  $\theta_{JA} = 34 \text{ } ^\circ\text{C/W}$  (Note 3 および Note 5)、動作時最大周囲温度は 85 です。したがって、前記の式から最大消費電力を求めると約 1176mW になります。周囲温度ごとの  $P_{D-MAX}$  の値は、次の定格消費電力の表を参照してください。

## 定格消費電力

$\theta_{JA}$	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$	$T_A \leq 60^\circ\text{C}$	$T_A \leq 85^\circ\text{C}$
34°C/W (4 layers board per JEDEC standard)	2941mW	1912mW	1176mW

## インダクタの選択

インダクタの選定時には主に2つの考慮すべき点があります。一つはインダクタが飽和しないこと、もう一つは出力電圧リップルを目標内に抑えるためにインダクタの電流リップルが十分小さくなるようにすることです。メーカーによって飽和電流の定格仕様は異なるため、詳細まで十分検討する必要があります。通常、飽和電流の定格は25で規定されています。したがって、アプリケーションの最大周囲温度における定格をメーカーに問い合わせてください。ノイズの放射が少ない、シールド付きインダクタを推奨します。

LM3668 で使用する適切な飽和電流のインダクタを選択するには、2つのモード（降圧と昇圧）の動作について考慮する必要があります。飽和電流を、最大負荷電流と最悪ケースのピーク・インダクタ電流を足し合わせたものより大きくします。最初の式は、降圧モード動作の最悪ケース、2番目の式は昇圧モード動作時に対するものです。

$$I_{SAT} > I_{OUTMAX} + I_{RIPPLE} \quad \text{降圧モード}$$

$$\text{Where } I_{RIPPLE} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})}{(2 \times L \times f)} \times \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

$$I_{SAT} > \frac{I_{OUTMAX}}{D'} + I_{RIPPLE} \quad \text{昇圧モード}$$

$$\text{ここで } I_{RIPPLE} = \frac{(V_{OUT} - V_{IN})}{(2 \times L \times f)} \times \frac{V_{IN}}{V_{OUT}}$$

$$\text{ここで } D = \frac{(V_{OUT} - V_{IN})}{(V_{OUT})} \quad \& \quad D' = (1-D)$$

- $I_{RIPPLE}$ : ピーク・インダクタ電流
- $I_{OUTMAX}$ : 最大負荷電流
- $V_{IN}$ : アプリケーションの最大入力電圧
- L: 許容誤差のワーストケース(30%低下する可能性もあります)を含むインダクタンスの最小値
- f: 最小スイッチング周波数
- $V_{OUT}$ : 出力電圧
- D: CCM 動作のデューティ・サイクル
- $V_{OUT}$ : 出力電圧
- $V_{IN}$ : 入力電圧

上記の式の使用例:

- $V_{IN} = 2.8\text{V} \sim 4\text{V}$
- $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
- $I_{OUT} = 500\text{mA}$
- $L = 2.2\mu\text{H}$

- $F = 2\text{MHz}$
- 降圧動作:  $I_{SAT} = 567\text{mA}$
- 昇圧動作:  $I_{SAT} = 638\text{mA}$

以上から、2つの  $I_{SAT}$  のうち大きい方の値に基づいてインダクタを選定します。

より確実かつ推奨の方法は、最大電流リミット 2.05A よりも大きな飽和電流定格を有するインダクタを選択することです。

定格飽和電流が最低 2.05A の  $2.2\mu\text{H}$  のインダクタは、ほとんどのアプリケーションに推奨できます。高効率を得るために、インダクタの抵抗は 100mΩ 未満でなければなりません。コスト優先のアプリケーションには、シールドされていないボビン・インダクタを推奨します。一方ノイズ低減が重要なアプリケーションでは、トロイダル・インダクタ、もしくはシールド付きボビン・インダクタを使用する必要があります。基板設計時に、両タイプのインダクタで兼用できるフットプリントをレイアウトすることにより、設計の柔軟性を持たせておくといでしょう。このような設計を行えば、仮に低コストのボビン・インダクタがノイズの問題で使用できないことがわかった場合でも、低ノイズのシールド・インダクタに置き換えられます。

## 推奨インダクタとそのメーカー

Model	Vendor	Dimension s LxWxH (mm)	D.C.R (max)	$I_{SAT}$
LPS4012-222L	Coilcraft	4 x 4 x 1.2	100 mΩ	2.1A
LPS4018-222L	Coilcraft	4 x 4 x 1.8	70 mΩ	2.5A
1098AS-2 R0M (2μF)	TOKO	3 x 2.8 x 1.2	67 mΩ	1.8A ( lower current application s)

## 入力コンデンサの選択

ほとんどのアプリケーションでは、 $10\mu\text{F}$ 、6.3V のセラミック・コンデンサで十分です。入力コンデンサは可能な限りデバイスの  $PV_{IN}$  ピンの近くに配置してください。入力電圧のフィルタリング特性をよくするために、より大きな容量値のコンデンサも使用できます。X7R または X5R タイプを使用してください。Y5V タイプは使用しないでください。0805 や 0603 のようなパッケージ・サイズを選択する場合は、セラミック・コンデンサの DC バイアス特性を検討してください。入力フィルタ・コンデンサは、各サイクルの前半で LM3668 の P-FET スイッチに電流を供給し、また入力電源に重畳している電圧リップルを低減します。セラミック・コンデンサは ESR が小さいことから、このように急激に変化する電流によって生じる入力電圧の電圧スパイク・ノイズをフィルタリングするのに最適です。入力電圧が 4V 以上のアプリケーションでは、容量に対する DC バイアスの効果をなくすために、より高い定格電圧のコンデンサを使用することを推奨します。

## 出力コンデンサの選択

ほとんどのアプリケーションでは、 $22\mu\text{F}$ 、6.3V のセラミック出力コンデンサで十分です ( $4.5\text{V}/5\text{V}$  出力オプションの場合は定格 10V 以上)。ここでも最適な品種は、X5R や X7R などの低 ESR の多層セラミック・コンデンサです。そうすれば、小型、費用、信頼性、性能のバランスがうまくとれます。Y5V セラミック・コンデンサは、温度変化に対して誘電体特性が劣化し、電圧特性も値によって劣化するため使用しないでください。



### 出力コンデンサの選択 (つづき)

アプリケーションで小型パッケージのコンデンサを使用する場合は、特別な注意が必要です。小型のコンデンサの、あるバイアス電圧に対する容量は、大型のコンデンサが同じバイアス電圧で示す容量に比べて小さくなります。パッケージ・サイズと容量の関係について詳細な情報をコンデンサ・メーカーに問い合わせてください。Table 1 に、コンデンサ・メーカーをいくつか挙げています。

出力フィルタ・コンデンサは、インダクタから負荷に流れる電流を平滑化して負荷変動時に出力電圧を安定させ、また出力電圧の

リップル分を低減します。このような目的を満たすために十分に低い ESR と、かつ十分な容量を持つコンデンサを選ばなければなりません。

出力電圧リップルが、インダクタの電流リップルと出力コンデンサの等価直列抵抗 ( $R_{ESR}$ ) によって決まることに注意が必要です。

さらに、 $R_{ESR}$  は周波数に依存します (温度にも依存します)。計算では、デバイスのスイッチング周波数における値を使用するように注意してください。

TABLE 1. Suggested Capacitors and Suppliers

Model	Type	Vendor	Voltage Rating	Case Size Inch (mm)
<b>10 <math>\mu</math>F for <math>C_{IN}</math> (For 4.5/5V option, use 10V or higher rating capacitor)</b>				
GRM21BR60J106K	Ceramic, X5R	Murata	6.3V	0805 (2012)
JMK212BJ106K	Ceramic, X5R	Taiyo-Yuden	6.3V	0805 (2012)
C2012X5R0J106K	Ceramic, X5R	TDK	6.3V	0805 (2012)
LMK212 BJ106MG (+/-20%)	Ceramic, X5R	Taiyon-Yuden	10V	0806(2012)
LMK212 BJ106KG (+/-10%)	Ceramic, X5R	Taiyon-Yuden	10V	0805(2012)
<b>22 <math>\mu</math>F for <math>C_{OUT}</math> (For 4.5/5V option, use 10V or higher rating capacitor)</b>				
JMK212BJ226MG	Ceramic, X5R	Taiyo-Yuden	6.3V	0805 (2012)
LMK212BJ226MG	Ceramic, X5R	Taiyo-Yuden	10V	0805 (2012)

### 基板レイアウトの考慮事項

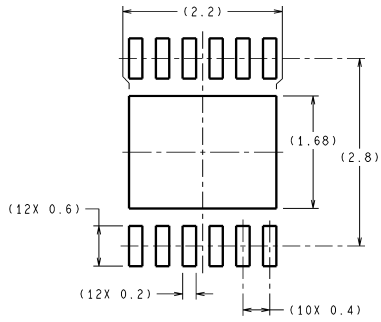
高周波数のスイッチング回路でデバイスの性能を最大限引き出すために共通して重要なのは、外付け部品を IC にできる限り近づけて実装することです。以下に、レイアウト上の推奨事項を挙げます。

1) 入力フィルタと出力フィルタのコンデンサは IC にできるだけ近づけて配置し、銅配線の抵抗を最小にします。この抵抗が全体のリップル電圧に直接影響を与えるためです。

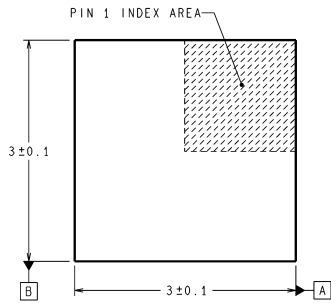
2) ノイズの影響を受けやすい配線は、ノイズを発生しやすい電源部品から遠ざけます。電源 GND (ノイズの多い GND) と信号 GND (静かな GND) を分離し、可能ならばデバイスの GND ピンの近くの PCB 上の 1 点でこれら 2 系統を接続して、そこから各系統をスター状に分岐させます。

3) グラウンド・ピンとフィルタ・コンデンサをグラウンド・プレーンを介して接続し、スイッチング電流がグラウンド・プレーンを介して回り込まないようにします。LLP パッケージに関する、その他のレイアウトに関する考慮事項は、アプリケーション・ノート AN1187 に記載されています。

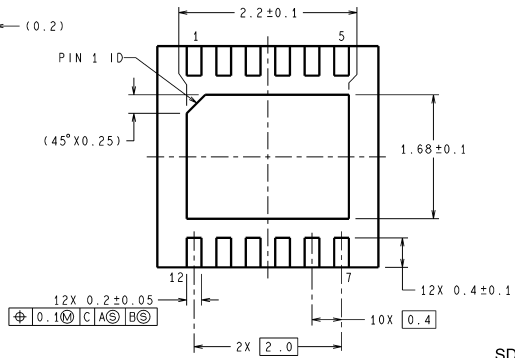
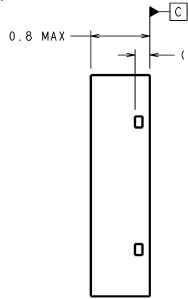
外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



RECOMMENDED LAND PATTERN



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
DIMENSIONS IN ( ) FOR REFERENCE ONLY



SDF12A (Rev A)

12-Pin LLP  
NS Package Number SDF12A

このドキュメントの内容はナショナル セミコンダクター社製品の関連情報として提供されます。ナショナル セミコンダクター社は、この発行物の内容の正確性または完全性について、いかなる表明または保証もいたしません。また、仕様と製品説明を予告なく変更する権利を有します。このドキュメントはいかなる知的財産権に対するライセンスも、明示的、黙示的、禁反言による惹起、またはその他を問わず、付与するものではありません。

試験や品質管理は、ナショナル セミコンダクター社が自社の製品保証を維持するために必要と考える範囲に用いられます。政府が課す要件によって指定される場合を除き、各製品のすべてのパラメータの試験を必ずしも実施するわけではありません。ナショナル セミコンダクター社は製品適用の援助や購入者の製品設計に対する義務は負いかねます。ナショナル セミコンダクター社の部品を使用した製品および製品適用の責任は購入者にあります。ナショナル セミコンダクター社の製品を用いたいかなる製品の使用または供給に先立ち、購入者は、適切な設計、試験、および動作上の安全手段を講じなければなりません。

それら製品の販売に関するナショナル セミコンダクター社との取引条件で規定される場合を除き、ナショナル セミコンダクター社は一切の義務を負わないものとし、また、ナショナル セミコンダクター社の製品の販売が使用、またはその両方に関連する特定目的への適合性、商品の機能性、ないしは特許、著作権、または他の知的財産権の侵害に関連した義務または保証を含むいかなる表明または黙示的保証も行いません。

#### 生命維持装置への使用について

ナショナル セミコンダクター社の製品は、ナショナル セミコンダクター社の最高経営責任者 (CEO) および法務部門 (GENERAL COUNSEL) の事前の書面による承諾がない限り、生命維持装置または生命維持システム内のきわめて重要な部品に使用することは認められていません。

ここで、生命維持装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用方法に従って適切に使用された場合に、これの不具合が使用者に身体的障害を与えると予想されるものをいいます。重要な部品とは、生命維持にかかわる装置またはシステム内のすべての部品をいい、これの不具合が生命維持用の装置またはシステムの不具合の原因となりそれらの安全性や機能に影響を及ぼすことが予想されるものをいいます。

National Semiconductor とナショナル セミコンダクターのロゴはナショナル セミコンダクター コーポレーションの登録商標です。その他のブランドや製品名は各権利所有者の商標または登録商標です。

Copyright © 2008 National Semiconductor Corporation  
製品の最新情報については [www.national.com](http://www.national.com) をご覧ください。

## ナショナル セミコンダクター ジャパン株式会社

本社 / 〒 135-0042 東京都江東区木場 2-17-16 TEL.(03)5639-7300

技術資料 (日本語 / 英語) はホームページより入手可能です。

[www.national.com/jpn/](http://www.national.com/jpn/)

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社（以下TIJといいます）及びTexas Instruments Incorporated（TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといいます）は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメーターに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えたり、保証もしくは是認するということを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメーターと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション（例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの）に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2011, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

- 素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。
- 弊社出荷梱包単位（外装から取り出された内装及び個装）又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で（導電性マットにアースをとったもの等）、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。
- マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。
- 前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

- 温度：0～40℃、相対湿度：40～85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。（但し、結露しないこと。）

- 直射日光が当たる状態で保管・輸送しないこと。
3. 防湿梱包
    - 防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。
  4. 機械的衝撃
    - 梱包品（外装、内装、個装）及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。
  5. 熱衝撃
    - はんだ付け時は、最低限260℃以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。（個別推奨条件がある時はそれに従うこと。）
  6. 汚染
    - はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質（硫黄、塩素等ハロゲン）のある環境で保管・輸送しないこと。
    - はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。（不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。）

以上