

# LM3677

*LM3677 3MHz, 600mA Miniature Step-Down DC-DC Converter for Ultra Low Voltage Circuits*



Literature Number: JAJ SAR6

## LM3677

### 3MHz、600mA 小型、超低電圧回路用降圧型 DC/DC コンバータ

#### 概要

LM3677 は、単一のリチウムイオン・セル・バッテリーから超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 2.7V ~ 5.5V の降圧型 DC/DC コンバータです。入力電圧の全範囲で最大 600mA の負荷電流を供給できます。LM3677 は 1.2V ~ 3.3V の範囲の固定出力電圧品を各種取り揃えているほか、可変出力電圧タイプもあります。

複雑なパワー・マネジメント・システムを用いた携帯電話や小型装置に適した優れた機能と性能が特長です。低ノイズ PWM モードと低消費電流 PFM モードの自動インテリジェント切り替え機能が効率の良いシステム制御を実現します。このデバイスは、固定周波数 3MHz (typ) の PWM モードで動作します。PWM モードでは負荷におよそ 80mA から最大 600mA の電流を供給できます。一方のヒステリシス PFM は、軽負荷時とスタンバイ動作時に待機時電流を 16 $\mu$ A (typ) まで下げて、バッテリー動作時間を延ばします。内部の同期整流回路による高い効率 シャットダウン・モード (イネーブル・ピンをシャットダウン) に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。

LM3677 は、鉛フリー (NOPB) の 5 ピン micro SMD パッケージで供給しています。スイッチング周波数が 3MHz (typ) と高いため面実装部品が使用可能です。インダクタと 2 つのセラミック・コンデンサの計 3 つの表面実装部品しか必要としません。

#### 特長

- 16  $\mu$ A の待機時電流
- 最大出力電流 600mA
- 3MHz 固定の PWM スwitching 周波数 (typ)
- PFM モードと PWM モードの自動切り替え
- micro SMD-5 パッケージおよび 6 ピン LLP パッケージで供給
- 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
- 0.01  $\mu$ A のシャットダウン電流 (typ)
- 単一のリチウムイオン・セル・バッテリーにより動作可能
- 3 個の面実装部品のみ必要 (回路サイズは 20mm<sup>2</sup> 以下)
- 過電流保護およびサーマル・シャットダウン保護

#### アプリケーション

- 携帯電話
- PDA
- MP3 プレーヤ
- W-LAN
- 携帯機器
- デジタル・カメラ
- ポータブル・ハードディスク

#### 代表的なアプリケーション回路

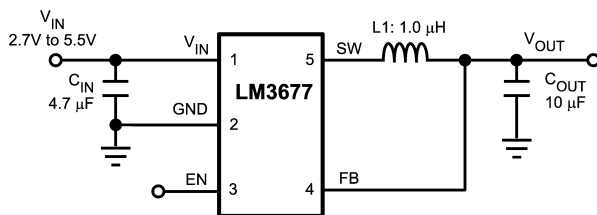
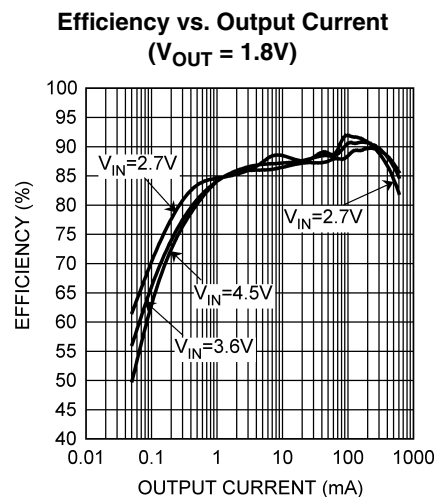


FIGURE 1. Typical Application Circuit



ピン配置図およびパッケージ・マーキング情報

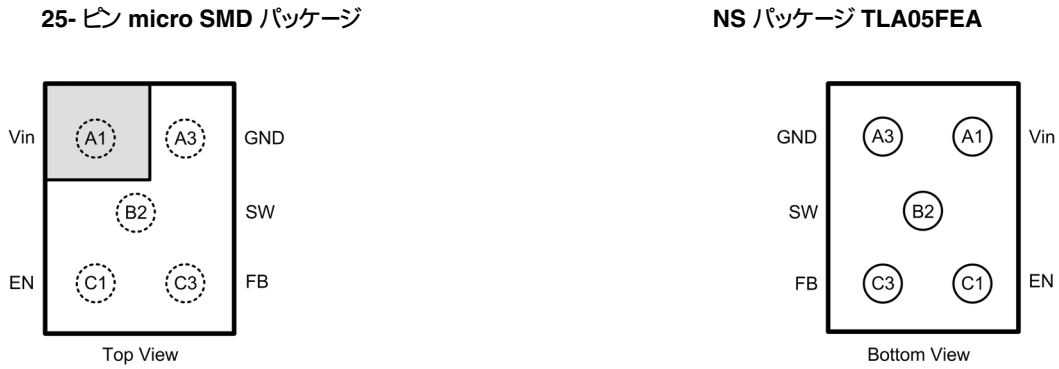


FIGURE 2. 5 Bump Micro SMD Package



FIGURE 3. 6 Pin LLP Package

ピン説明

ピン番号	ピン名	説明
A1	1	V <sub>IN</sub> 電源入力。入力フィルタ・コンデンサを接続します (Figure 1)。
A3	6	GND グラウンド・ピン
C1	3	EN イネーブル・ピン。このピンの電圧を < 0.4V にするとデバイスはシャットダウン・モードに移行し、> 1.0V でイネーブル状態になります。このピンをフロート状態にしないでください。
C3	4	FB 帰還アナログ入力ピン。出力フィルタ・コンデンサを直接接続します (Figure 1)。
B2	2,5	SW 同期整流用内部 PFET スイッチと NFET のスイッチング・ノードです。

製品情報

Order Number	Spec	Package Marking	Supplied As
LM3677TL-1.2 (Note 1)	NOPB	3	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-1.2 (Note 1)	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel
LM3677TL-1.3	NOPB	V	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-1.3	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel
LM3677TL-1.5	NOPB	X	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-1.5	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel

## 製品情報 (つづき)

Order Number	Spec	Package Marking	Supplied As
LM3677TL-1.8	NOPB	Y	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-1.8	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel
LM3677TL-1.875	NOPB	9	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-1.875	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel
LM3677TL-2.5	NOPB	Z	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-2.5	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel
LM3677TL-ADJ	NOPB	4	250 units, Tape-and-Reel
LM3677TLX-ADJ	NOPB		3000 units, Tape-and-Reel
LM3677LEE-1.2	NOPB	K	250 units, Tape-and-Reel
LM3677LE-1.2	NOPB		1000 units, Tape-and-Reel
LM3677LEX-1.2	NOPB		4500 units, Tape-and-Reel
LM3677LEE-1.5	NOPB	L	250 units, Tape-and-Reel
LM3677LE-1.5	NOPB		1000 units, Tape-and-Reel
LM3677LEX-1.5	NOPB		4500 units, Tape-and-Reel
LM3677LEE-1.8	NOPB	N	250 units, Tape-and-Reel
LM3677LE-1.8	NOPB		1000 units, Tape-and-Reel
LM3677LEX-1.8	NOPB		4500 units, Tape-and-Reel
LM3677LEE-1.82	NOPB	5	250 units, Tape-and-Reel
LM3677LE-1.82	NOPB		1000 units, Tape-and-Reel
LM3677LEX-1.82	NOPB		4500 units, Tape-and-Reel

**Note 1:** 出力電圧を 1.2V 以下にする場合、仕様内で動作させるためには、入力電圧を 2.7V ~ 5.0V の範囲にデレーティングする必要があります。

## 絶対最大定格 (Note 2)

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。

$V_{IN}$ ピン :	GND に対する電圧	- 0.2V ~ 6.0V
FB、SW、EN ピン :	(GND - 0.2V) ~ (V <sub>IN</sub> + 0.2V)	
消費電力 (Note 4)	内部制限	
接合部温度 (T <sub>J-MAX</sub> )		+ 125
接合部動作温度範囲		- 65 ~ + 150
最大リード温度 (ハンダ付け、10 秒)		260
ESD 耐圧 (Note 5)		
人体モデル全ピン		2.0kV
マシン・モデル全ピン		200V

## 動作定格 (Note 2、3)

入力電圧範囲	2.7V ~ 5.5V
推奨負荷電流	0mA ~ 600mA
接合部温度範囲 (T <sub>J</sub> )	- 30 ~ + 125
周囲温度 (T <sub>A</sub> ) 範囲 (Note 6)	- 30 ~ + 85

## 放熱特性

接合部 - 周囲間の熱抵抗 (J <sub>A</sub> ) (Note 7)	85 /W
--	-------

## 電気的特性 (Note 3、9、10)

標準書体のリミット値は T<sub>J</sub> = T<sub>A</sub> = 25 に対して適用され、太字のリミット値は動作温度範囲 (- 30 T<sub>A</sub> + 85 ) で適用されません。特記のない限り、仕様は LM3677 を V<sub>IN</sub> = EN = 3.6V とした場合のものです。

Symbol	Parameter	Condition	Min	Typ	Max	Units
V <sub>IN</sub>	Input Voltage (Note 11)		2.7		5.5	V
V <sub>FB</sub>	Feedback Voltage (TL)	PWM mode	-2.5		+2.5	%
	Feedback Voltage (LE)		-4.0		+4.0	
V <sub>REF</sub>	Internal Reference Voltage			0.5		V
I <sub>SHDN</sub>	Shutdown Supply Current	EN = 0V		0.01	1	μA
I <sub>Q</sub>	DC Bias Current into V <sub>IN</sub>	No load, device is not switching		16	35	μA
R <sub>DSON(P)</sub>	Pin-Pin Resistance for PFET	V <sub>IN</sub> = V <sub>GS</sub> = 3.6V, I <sub>SW</sub> = 100mA		350	450	mΩ
R <sub>DSON(N)</sub>	Pin-Pin Resistance for NFET	V <sub>IN</sub> = V <sub>GS</sub> = 3.6V, I <sub>SW</sub> = -100mA		150	250	mΩ
I <sub>LIM</sub>	Switch Peak Current Limit	Open Loop (Note 8)	1085	1220	1375	mA
V <sub>IH</sub>	Logic High Input		1.0			V
V <sub>IL</sub>	Logic Low Input				0.4	V
I <sub>EN</sub>	Enable (EN) Input Current			0.01	1	μA
F <sub>OSC</sub>	Internal Oscillator Frequency	PWM Mode	2.5	3	3.5	MHz

**Note 2:** 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、その値以下であれば動作が保証されている各種条件のことです。動作定格は保証性能のリミット値を表しているわけではありません。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 3:** 電圧値はすべて、GND ピンの電位を基準とします。

**Note 4:** サーマル・シャットダウン回路によりデバイスの損傷を防ぎます。T<sub>J</sub> = 150 (typ) でサーマル・シャットダウン状態に入り、T<sub>J</sub> = 130 (typ) で解除されます。

**Note 5:** 人体モデルの場合、100pF のコンデンサから直列抵抗 1.5k を通して各ピンに放電させます。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 6:** アプリケーションの消費電力が大きい場合やパッケージ熱抵抗が高い場合、またはその両方に該当する場合、最高周囲温度の定格を下げる必要がある場合があります。最大周囲温度 (T<sub>A-MAX</sub>) は、動作時の最大接合部温度 (T<sub>J-MAX</sub>)、使用時のデバイス最大消費電力 (P<sub>D-MAX</sub>)、使用時の部品 / パッケージの接合部 - 周囲間の熱抵抗 (J<sub>A</sub>) により、式 T<sub>A-MAX</sub> = T<sub>J-MAX</sub> - (J<sub>A</sub> × P<sub>D-MAX</sub>) で与えられます。周囲温度ごとの P<sub>D-MAX</sub> の値は、定格消費電力の表を参照してください。

**Note 7:** 接合部 - 周囲間の熱抵抗は、アプリケーションとボード・レイアウトに大きく依存します。消費電力の大きなアプリケーションのボード設計では、放熱に関して特に注意が必要です。ここに示した 85 /W という値は、JEDEC 規格に準拠した、4 層基板による測定に基づいています。

**Note 8:** 電源電圧と温度に対する開ループのデータとその変動はデータシートのグラフを参照してください。「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タが作動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 9:** Min/Max リミット値は、設計、検査または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 10:** 電気的特性の表記載のパラメータは、特記のない限り、V<sub>IN</sub> = 3.6V における開ループ条件下でテストを行っています。入力電圧範囲にわたる性能と開ループ条件下での性能については、データシート記載のグラフを参照してください。

**Note 11:** 出力電圧を 1.2V 以下にする場合、仕様内で動作させるためには、入力電圧を 2.7V ~ 5.0V の範囲にデレーティングする必要があります。

## 定格消費電力

$\theta_{JA}$	$T_A \leq 25^\circ\text{C}$ Power Rating	$T_A = 60^\circ\text{C}$ Power Rating	$T_A = 85^\circ\text{C}$ Power Rating
85°C/W (4-layer board) micro SMD	1178 mW	785 mW	470 mW
117°C/W (4-layer board) LLP	855 mW	556 mW	342 mW

ブロック図

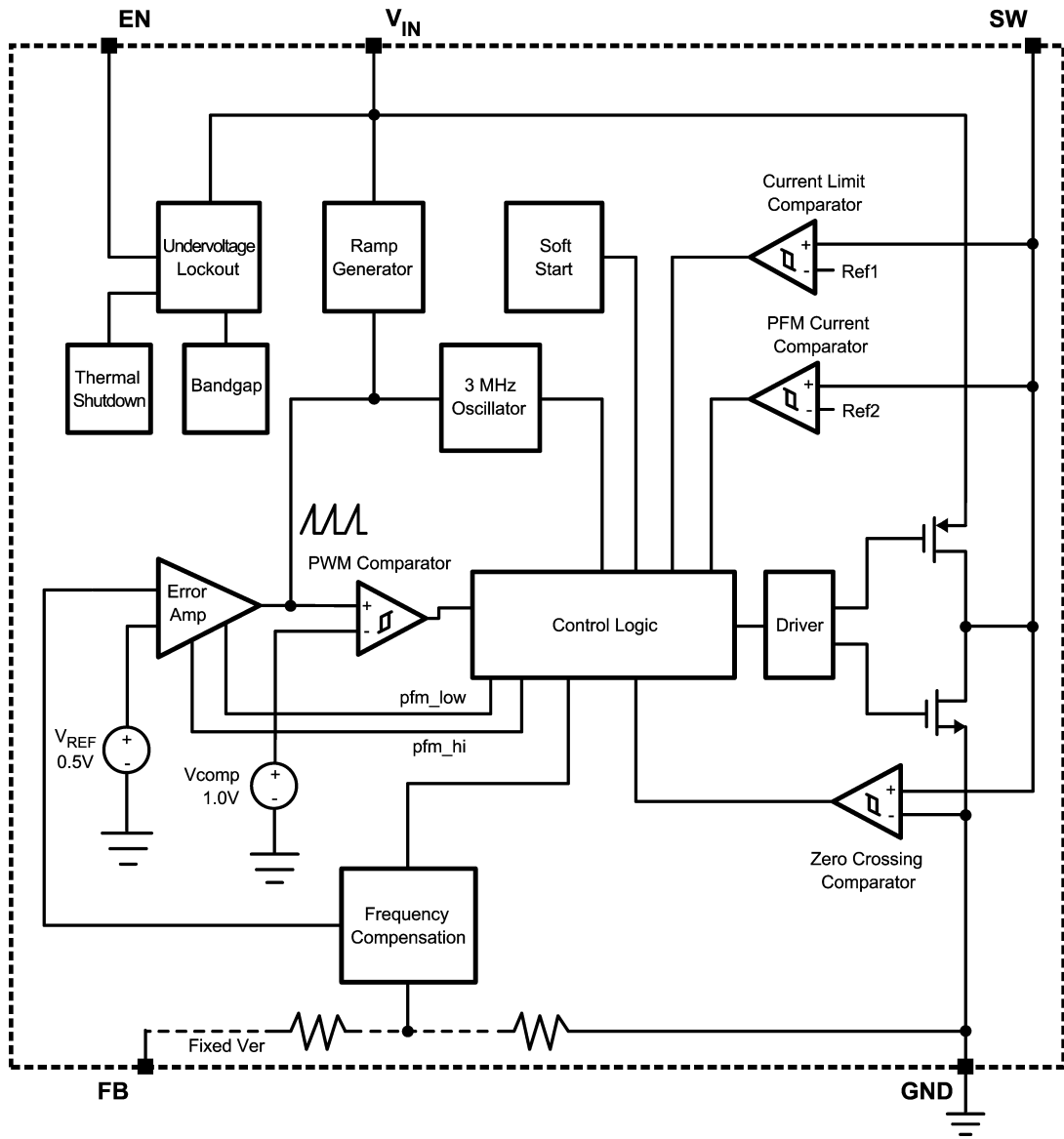
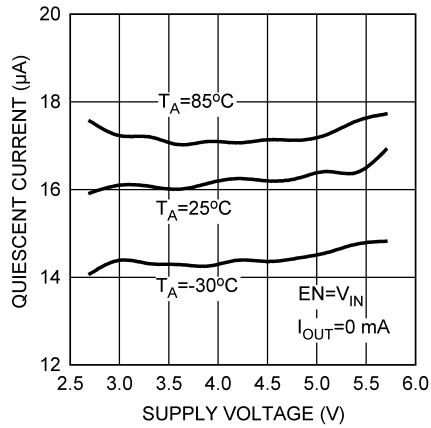


FIGURE 4. Simplified Functional Diagram

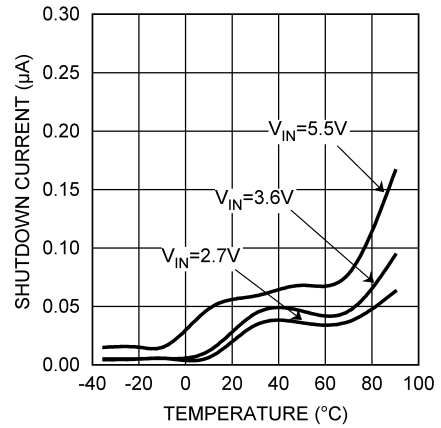
代表的な性能特性

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

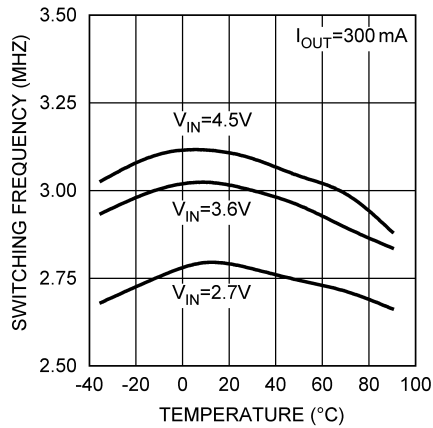
**Quiescent Supply Current vs. Supply Voltage (Switching)**



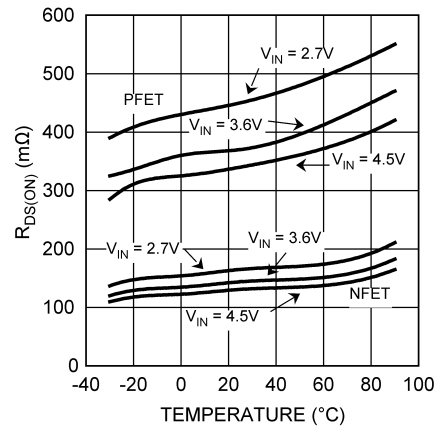
**Shutdown Current vs. Temp**



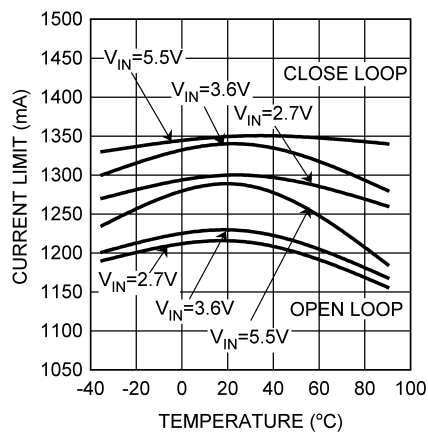
**Switching Frequency vs. Temperature**



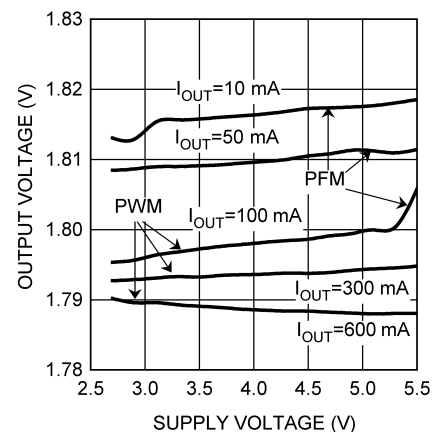
**RDS(ON) vs. Temperature**



**Open/Closed Loop Current Limit vs. Temperature**



**Output Voltage vs. Supply Voltage (VOUT = 1.8V)**

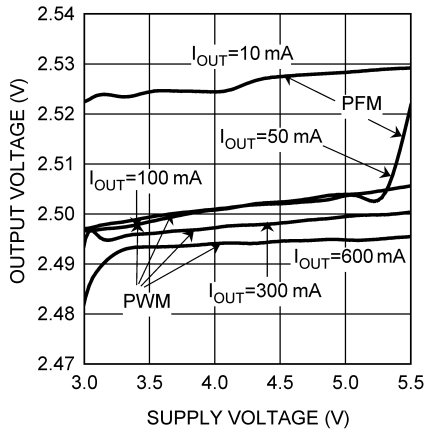




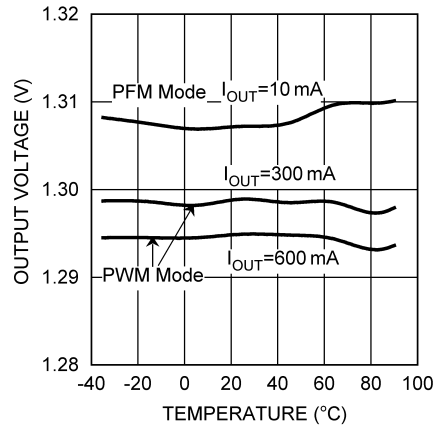
代表的な性能特性 (つぎ)

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25$ 。

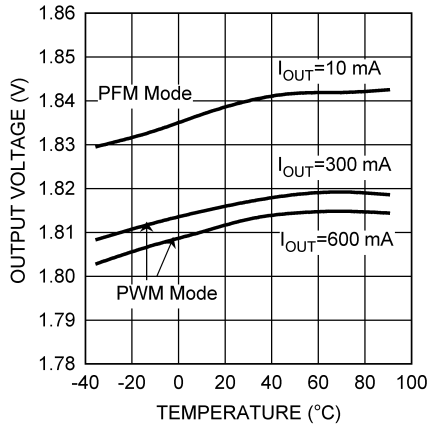
Output Voltage vs. Supply Voltage  
( $V_{OUT} = 2.5V$ )



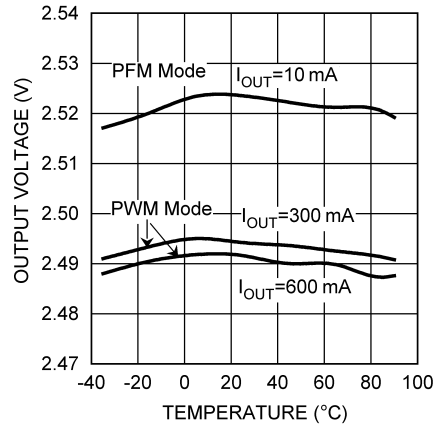
Output Voltage vs. Temperature  
( $V_{OUT} = 1.3V$ )



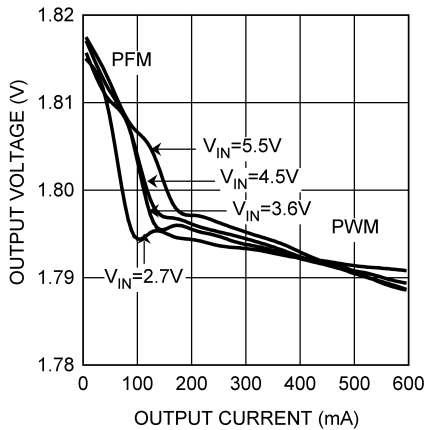
Output Voltage vs. Temperature  
( $V_{OUT} = 1.8V$ )



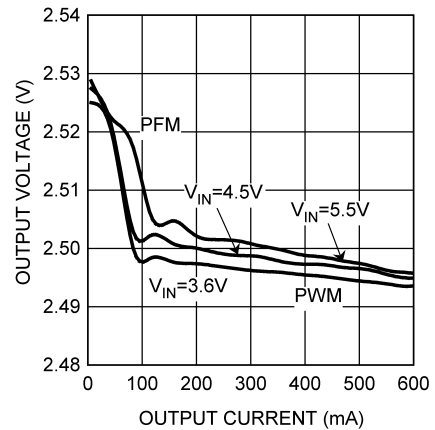
Output Voltage vs. Temperature  
( $V_{OUT} = 2.5V$ )



Output Voltage vs. Output Current  
( $V_{OUT} = 1.8V$ )



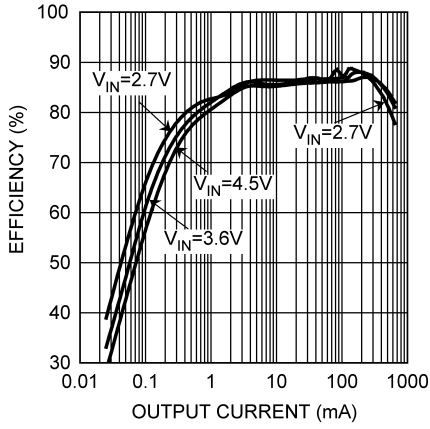
Output Voltage vs. Output Current  
( $V_{OUT} = 2.5V$ )



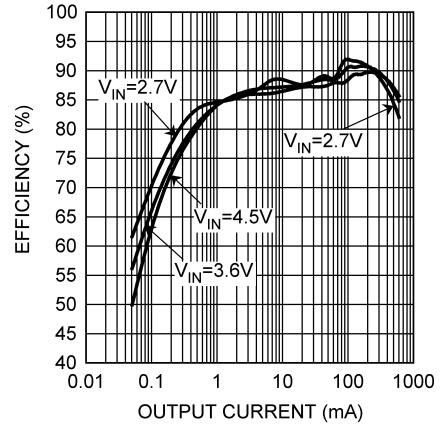
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25$ 。

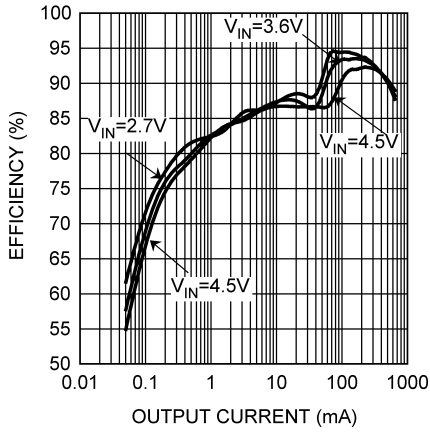
Efficiency vs. Output Current  
( $V_{OUT} = 1.3V$ )



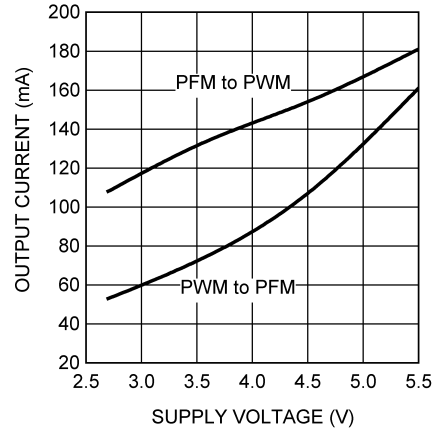
Efficiency vs. Output Current  
( $V_{OUT} = 1.8V$ )



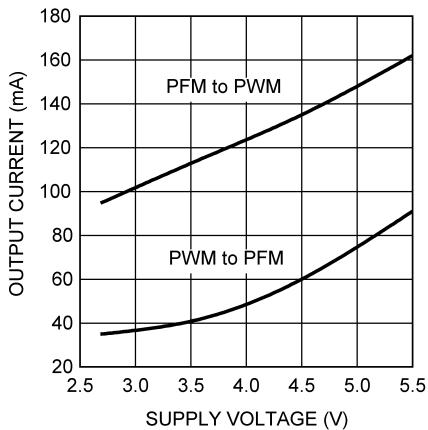
Efficiency vs. Output Current  
( $V_{OUT} = 2.5V$ )



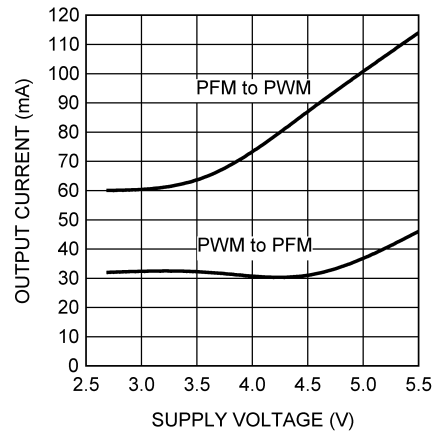
Output Current vs. Input Voltage at Mode Change Point  
( $V_{OUT} = 1.3V$ )



Output Current vs. Input Voltage at Mode Change Point  
( $V_{OUT} = 1.8V$ )



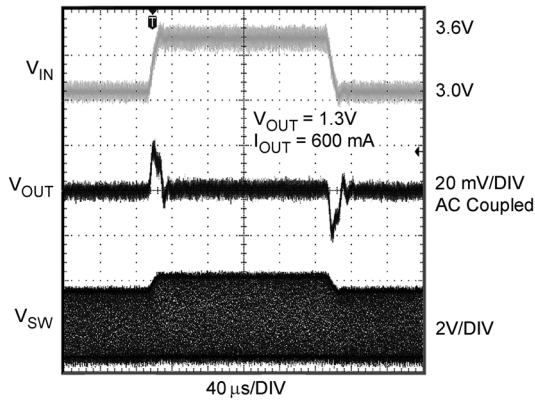
Output Current vs. Input Voltage at Mode Change Point  
( $V_{OUT} = 2.5V$ )



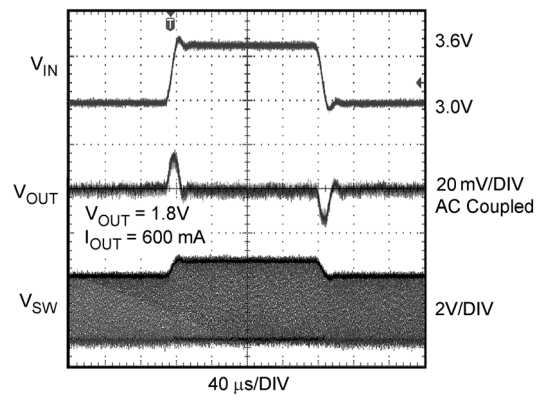
代表的な性能特性 (つぎ)

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25$ 。

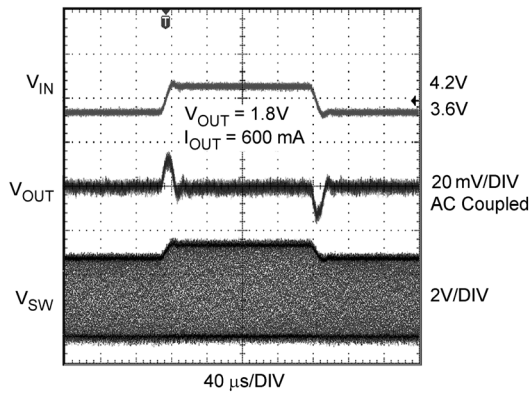
Line Transient Response  
 $V_{OUT} = 1.3V$  (PWM Mode)



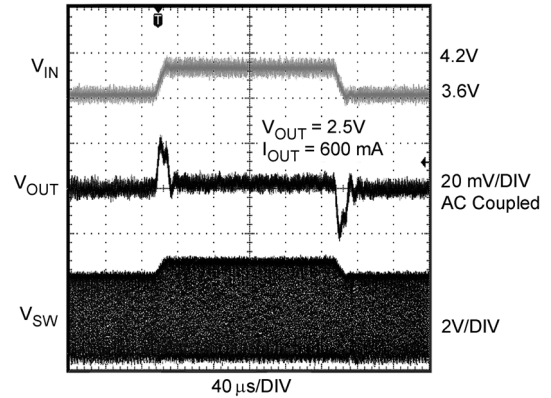
Line Transient Response  
 $V_{OUT} = 1.8V$  (PWM Mode)



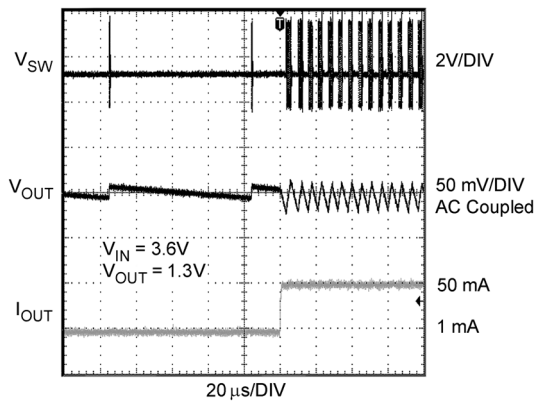
Line Transient Response  
 $V_{OUT} = 1.8V$  (PWM Mode)



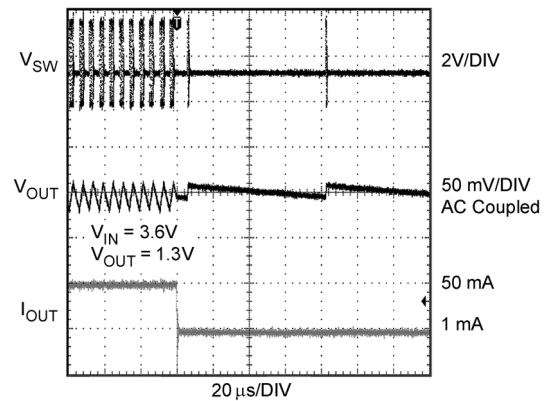
Line Transient Response  
 $V_{OUT} = 2.5V$  (PWM Mode)



Load Transient Response ( $V_{OUT} = 1.3V$ )  
(PFM Mode 1mA to 50mA)



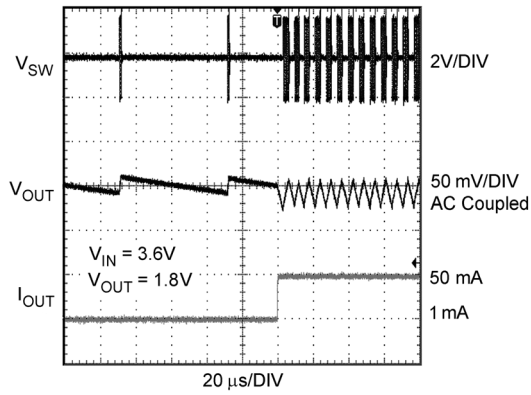
Load Transient Response ( $V_{OUT} = 1.3V$ )  
(PFM Mode 50mA to 1mA)



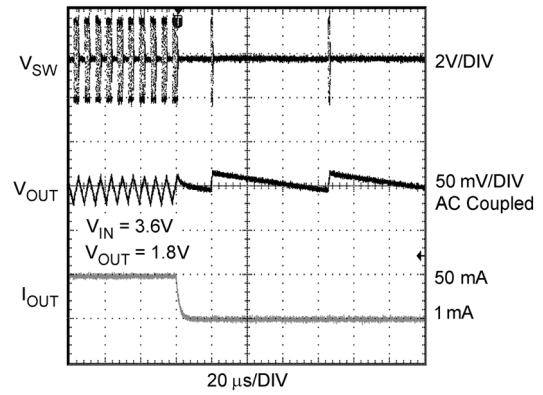
## 代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25$ 。

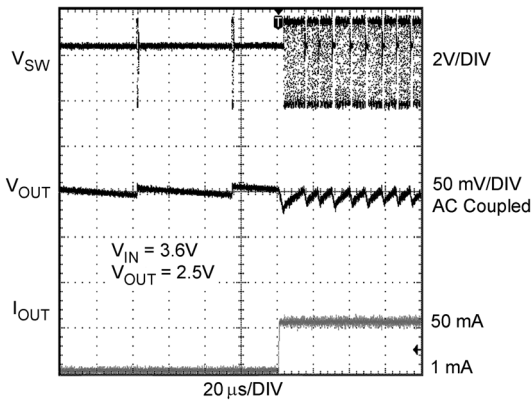
**Load Transient Response ( $V_{OUT} = 1.8V$ )  
(PFM Mode 1mA to 50mA)**



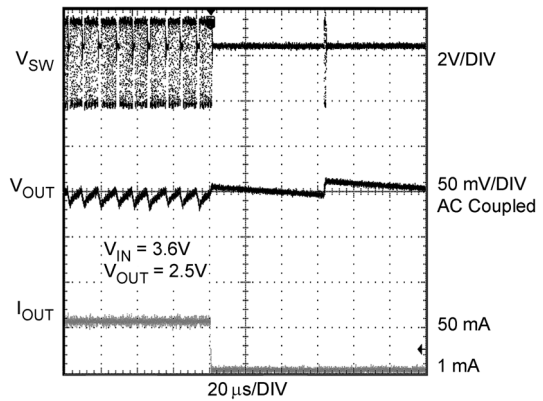
**Load Transient Response ( $V_{OUT} = 1.8V$ )  
(PFM Mode 50mA to 1mA)**



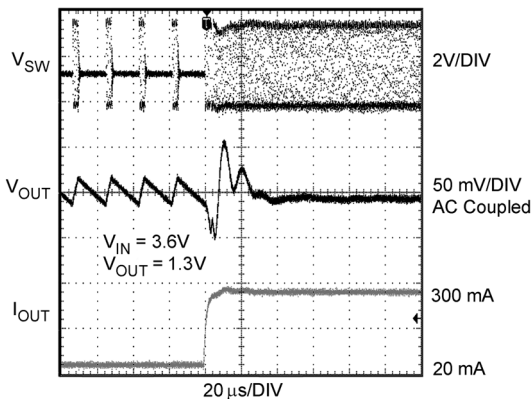
**Load Transient Response ( $V_{OUT} = 2.5V$ )  
(PFM Mode 1mA to 50mA)**



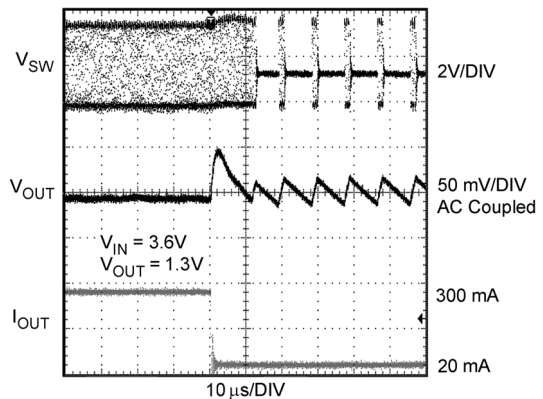
**Load Transient Response ( $V_{OUT} = 2.5V$ )  
(PFM Mode 50mA to 1mA)**



**Mode Change by Load Transients  
 $V_{OUT} = 1.3V$  (PFM to PWM)**



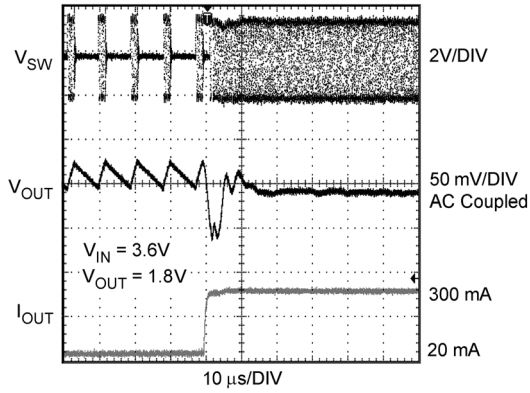
**Mode Change by Load Transients  
 $V_{OUT} = 1.3V$  (PWM to PFM)**



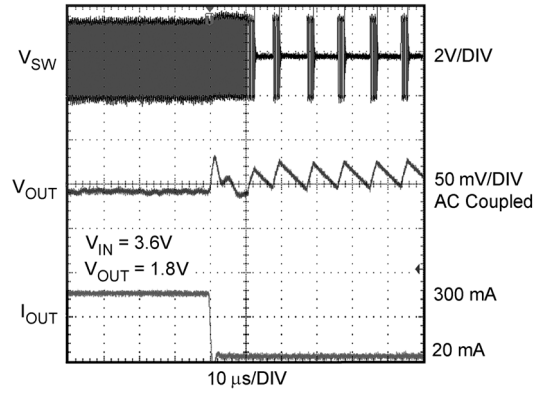
代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25$ 。

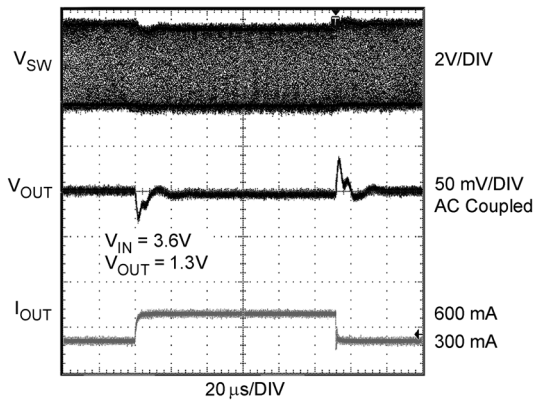
Mode Change by Load Transients  
 $V_{OUT} = 1.8V$  (PFM to PWM)



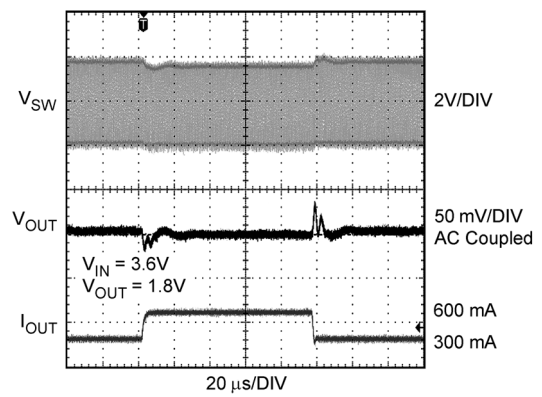
Mode Change by Load Transients  
 $V_{OUT} = 1.8V$  (PWM to PFM)



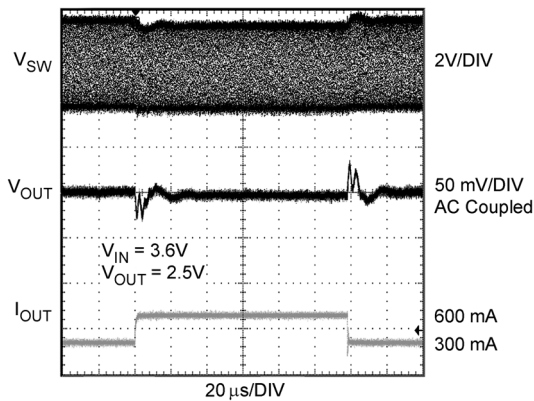
Load Transient Response  
 $V_{OUT} = 1.3V$  (PWM Mode)



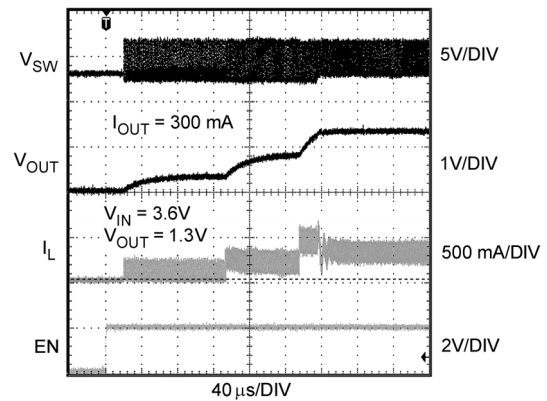
Load Transient Response  
 $V_{OUT} = 1.8V$  (PWM Mode)



Load Transient Response  
 $V_{OUT} = 2.5V$  (PWM Mode)



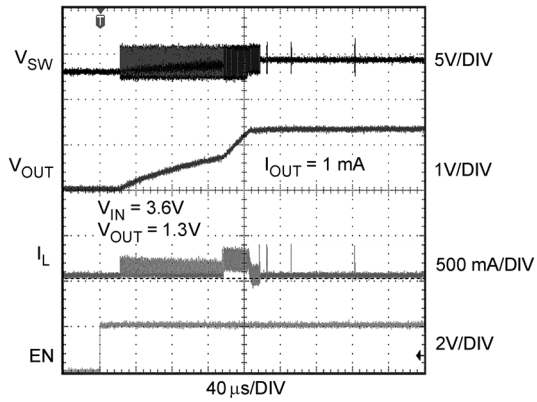
Start Up into PWM Mode  
 $V_{OUT} = 1.3V$  (Output Current= 300mA)



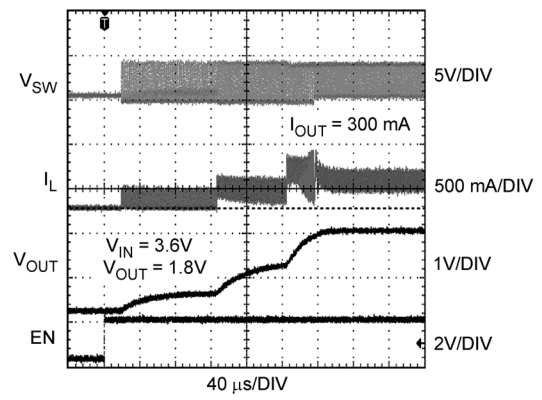
### 代表的な性能特性 (つづき)

特記のない限り、LM3677、Figure 1 の回路、 $V_{IN} = 3.6V$ 、 $V_{OUT} = 1.8V$ 、 $T_A = 25^\circ C$ 。

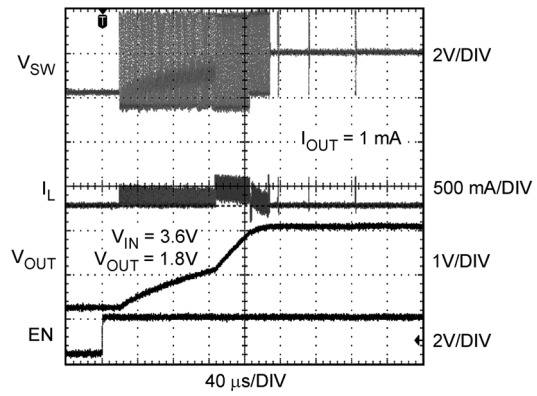
**Start Up into PFM Mode**  
 **$V_{OUT} = 1.3V$  (Output Current= 1mA)**



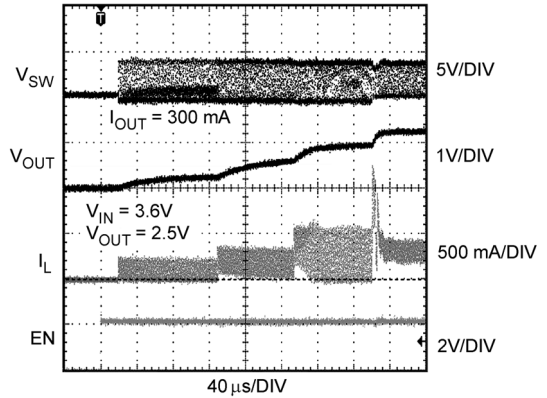
**Start Up into PWM Mode**  
 **$V_{OUT} = 1.8V$  (Output Current= 300mA)**



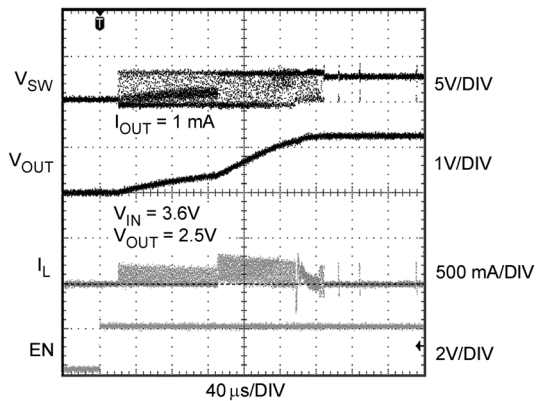
**Start Up into PFM Mode**  
 **$V_{OUT} = 1.8V$  (Output Current= 1mA)**



**Start Up into PWM Mode**  
 **$V_{OUT} = 2.5V$  (Output Current= 300mA)**



**Start Up into PFM Mode**  
 **$V_{OUT} = 2.5V$  (Output Current= 1mA)**



## 動作説明

### デバイス情報

LM3677 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・バッテリーから一定電圧を供給する、入力電圧範囲 2.7V ~ 5.5V の降圧型 DC/DC スイッチング・コンバータ (バック型コンバータ) です。LM3677 は、同期整流を使用した電圧モードの回路構成を取ることにより、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 600mA を供給する能力があります。

LM3677 には 3 つの動作モード、PWM (パルス幅変調) モード、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 以上のときに PWM モードで動作し、電圧精度は  $\pm 2.5\%$ 、効率は 90% 以上です。負荷が軽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 ( $I_Q = 16\mu\text{A}$  typ) 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 ( $I_{\text{SHUTDOWN}} = 0.01\mu\text{A}$  (typ))。

その他にも、ソフトスタート、アンダーボルテージ保護、過熱保護、サーマル・シャットダウン保護の各機能を備えています。Figure 1 に示すとおり、実装時に必要となる外付けの電源部品は 3 つだけです。

デバイスは 0.5V の内部基準電圧を使用します。入力電圧が 2.7V 以上になるまで、シャットダウン・モードに保っておくことを推奨します。

### 回路動作

LM3677 の動作は次の通りです。各スイッチング・サイクルの前半で、LM3677 の制御回路はチップ内部の PFET スイッチをターンオンします。これによって入力から、インダクタを介して出力フィルタ・コンデンサ、さらに負荷へと電流が流れます。電流の立ち上がりは  $(V_{\text{IN}} - V_{\text{OUT}})/L$  の勾配となりコイルにエネルギーを蓄えます。

各サイクルの後半では、制御回路が内部 PFET スイッチをターンオフして入力電流を遮断した後、NFET の同期整流器を起動します。インダクタが NFET を介してグラウンドから出力フィルタ・コンデンサと負荷に電流を流します。インダクタ電流は  $V_{\text{OUT}}/L$  で表される傾斜で立ち下がります。

出力フィルタはインダクタ電流が大きい間は電荷を蓄え、小さくなると電荷を放出するため負荷の両端の電圧が平滑化されます。

PFET スイッチのオン時間を変調させることにより出力電圧を調節して、負荷に供給する平均電流を制御します。その効果は、スイッチおよび同期整流器によって生成し、SW ピンに出力されるデューティ・サイクル比に変調された矩形波をインダクタとフィルタ・コンデンサで構成されるローパス・フィルタに供給するのと同じです。出力電圧は SW ピンの平均電圧に等しくなります。

### PWM 動作

このコンバータの PWM モードは、入力電圧をフィード・フォワードする電圧モードの制御回路として動作します。これにより、コンバータは優れた負荷および入力応答特性を示します。パワー段の DC ゲインは入力電圧に比例します。この依存性をなくすために、入力電圧に反比例するフィード・フォワード回路を使用しています。

PWM 動作中は、出力電圧は一定の周波数でスイッチングさせてレギュレートされた後、サイクルごとにエネルギーを変調すれば、負荷に供給される電力を制御します。各クロック・サイクルの前半では、PFET スイッチがターンオンして、インダクタ電流が増加します。電流の増加は、コンパレータが作動して制御論理がこのスイッチをターンオフするまで続きます。電流制限コンパレータは、PFET の電流リミットを超えた場合にスイッチをターンオフします。続

いて NFET スイッチがターンオンし、インダクタ電流が減少します。NFET をターンオフし、PFET をターンオンするクロックから次のサイクルが始まります。

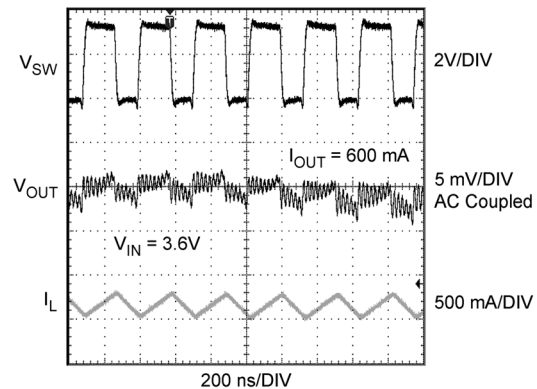


FIGURE 5. Typical PWM Operation

### 内部の同期整流

PWM モードの LM3677 は、同期整流器としてチップ内の NFET 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、出力電圧が低いほど、一般的なダイオード整流と比べて、高い効率を得ることができます。

### 電流制限

LM3677 は、過負荷の状態になると電流制限機能によりチップ本体および外付け部品を保護します。PWM モードには、1220mA (typ) で作動する内部コンパレータを使った電流制限機能があります。出力がグラウンドに短絡した場合、デバイスは一時的に電流制限モードに入ります。このモードではインダクタの電流が低スレッシュホールドを下回るまで NFET のターンオン状態を保ち、インダクタ電流が低下する時間を十分に確保することにより暴走を防ぎます。

### 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。

次のいずれかの条件が 32 クロック以上続くと、デバイスは自動的に PFM モードに移行します。

- A. NFET 電流がゼロになった。
- B. ピーク PMOS スイッチ電流が  $I_{\text{MODE}}$  レベル以下に低下した ( $I_{\text{MODE}} < 75\text{mA} + V_{\text{IN}}/55$  (typ))。

## 動作説明 (つづき)

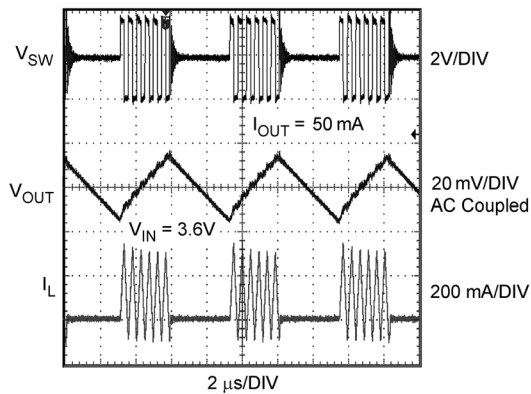


FIGURE 6. Typical PFM Operation

PFM 動作中、コンバータは出力電圧を PWM 動作中の公称出力電圧よりわずかに高めに設定し、負荷が軽い状態から重い状態へと遷移したときの電圧低下に対するマージンを確保します。PFM コンバータは帰還ピンを経由して出力電圧をセンスし、出力 FET が公称 PWM 電圧よりおよそ 0.2% からおよそ 1.8% の範囲で高くなるように、出力 FET のスイッチングを制御します。出力電圧が PFM コンバータの "High" スレッシュホールド以下の場合、PMOS パワー・スイッチはターンオンします。出力電圧が PFM の

"High" スレッシュホールドに達するまで、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、PMOS はオンの状態を保持します。PFM モードのピーク電流の代表値は  $I_{PFM} = 112\text{mA} + V_{IN}/20$  です。

PMOS パワー・スイッチがターンオフすると、インダクタ電流がゼロになるまで NMOS パワー・スイッチはターンオンします。NMOS のゼロ電流状態が検出されると NMOS パワー・スイッチはターンオフします。出力電圧が PFM コンバータの "High" スレッシュホールドに達していないと (Figure 7) PMOS スイッチは再びターンオンし、以上のサイクルが出力が所定のレベルに達するまで繰り返されます。出力が PFM の "High" スレッシュホールドに達すると、NMOS スイッチ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  $16\mu\text{A}$  (typ) で、負荷がきわめて軽い状態で高効率を実現します。

PFM モード中に負荷電流が増加して (Figure 7) 出力電圧が PFM の "Low2" スレッシュホールドより低下した場合、デバイスは固定周波数の PWM モードに移行します。 $V_{IN} = 2.7\text{V}$  のとき、PWM から PFM への切り替わりはおよそ  $35\text{mA}$  で発生し、PFM から PWM への切り替わりはおよそ  $95\text{mA}$  で発生します。 $V_{IN} = 3.6\text{V}$  のとき、PWM から PFM への切り替わりはおよそ  $42\text{mA}$  で発生し、PFM から PWM への切り替わりはおよそ  $115\text{mA}$  で発生します。 $V_{IN} = 4.5\text{V}$  のとき、PWM から PFM への切り替わりはおよそ  $60\text{mA}$  で発生し、PFM から PWM への切り替わりはおよそ  $135\text{mA}$  で発生します。

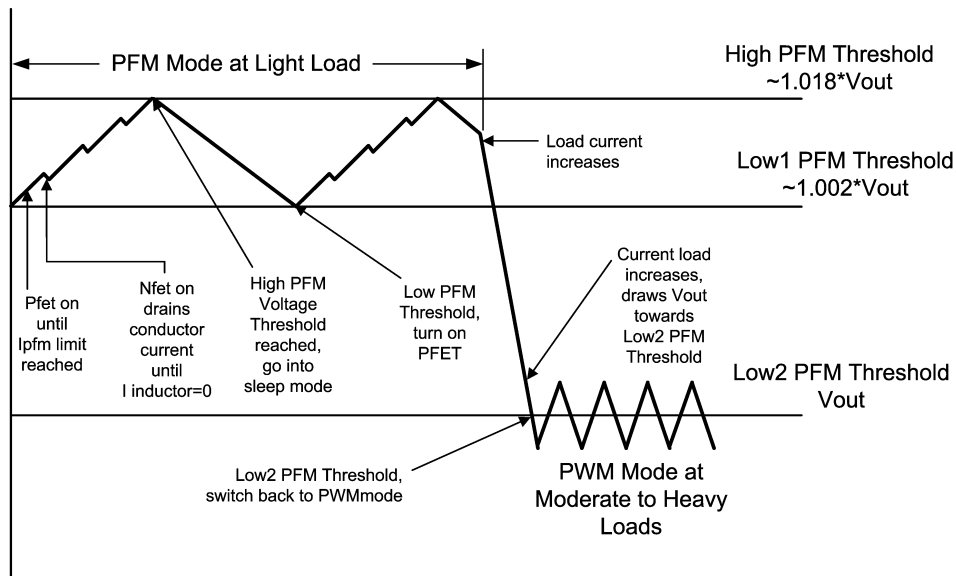


FIGURE 7. Operation in PFM Mode and Transfer to PWM Mode

## シャットダウン・モード

EN 入力ピンを Low ( $< 0.4\text{V}$ ) にすると LM3677 はシャットダウン・モードに移行します。シャットダウン中、LM3677 内部の PFET スイッチ、NFET スイッチ、リファレンス回路、制御回路、バイアス回路はターンオフ状態になります。EN を High ( $> 1.0\text{V}$ ) にすると通常動作モードに戻ります。システムのパワーアップ中と、電源電圧が  $2.7\text{V}$  未満となるアンダーボルテージ状態では、EN ピンを Low にして LM3677 をオフにしてください。EN ピンは開放のまま使用してはなりません。

## ソフトスタート

LM3677 は、スタートアップ時の突入電流を制限するソフトスタート回路を搭載しています。この回路は、スタートアップ時にスイッチ電流のリミット値を段階的に増加させます。ソフトスタートは  $V_{IN}$  が  $2.7\text{V}$  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。ソフトスタート回路には、スイッチ電流のリミット値を  $200\text{mA}$ 、 $400\text{mA}$ 、 $600\text{mA}$ 、 $1,220\text{mA}$  (それぞれスイッチ電流リミット値の代表値) のように、段階的に増加させる機能が実装されています。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。代表的なスタートアップ時間は、出力コンデンサ  $10\mu\text{F}$ 、負荷電流  $300\text{mA}$  の場合に  $300\mu\text{s}$ 、負荷電流が  $1\text{mA}$  の場合は  $200\mu\text{s}$  です。



## アプリケーション情報

### 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°C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。良好な性能を保証するためのインダクタンスの最小値は、周囲温度の全範囲にわたり直流電流  $I_{LIM} (typ)$  において  $0.7\mu H$  です。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。

インダクタの定格飽和電流を選択するには、以下に述べる2つの方法があります。

#### 方法 1:

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。これは次式で表せます。

$$I_{SAT} > I_{OUTMAX} + I_{RIPPLE}$$

$$\text{ここで } I_{RIPPLE} = \left( \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{2 * L} \right) * \left( \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \right) * \left( \frac{1}{f} \right)$$

- $I_{RIPPLE}$ : ピーク・インダクタ電流の平均
- $I_{OUTMAX}$ : 最大負荷電流 = 600mA
- $V_{IN}$ : アプリケーションの最大入力電圧
- L: 許容誤差の最悪ケース (方法 1 では 30% の低下を見込むことができます) を含むインダクタンスの最小値
- f: スイッチング周波数 2.5kHz (最小値)
- $V_{OUT}$ : 出力電圧

#### 方法 2:

より確実に推奨される方法は、最大電流リミット値 1375mA より大きな定格飽和電流を持つインダクタを選択することです。

定格飽和電流が最低 1375mA の  $1.0\mu H$  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、インダクタの抵抗成分は 0.15 Ω 以下でなければなりません。Table 1 に、推奨インダクタとそのメーカーを示します。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ポピン・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ポピン・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よいでしょう。このような設計を行えば、仮に低コストのポピン・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ることができます。

### 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、 $4.7\mu F$ 、 $6.3V$  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  $V_{IN}$  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。良好な性能を得るための入力コンデンサは、容量の最小値が周囲温度の全範囲にわたり、許容誤差を含めて DC 3V バイアス時に  $2.2\mu F$ 、DC 5V バイアス時に  $1.5\mu F$  となるものです。入力フィルタ・コンデンサは、各サイクルの前半で LM3677 の PFET 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。リップル電流の定格が十分なコンデンサを選んでください。入力電流のリップルは、次式で求めることができます。

$$I_{RMS} = I_{OUTMAX} * \sqrt{\frac{V_{OUT}}{V_{IN}} * \left( 1 - \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} + \frac{r^2}{12} \right)}$$

$$r = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) * V_{OUT}}{L * f * I_{OUTMAX} * V_{IN}}$$

ワーストケースは  $V_{IN} = 2 * V_{OUT}$  時です。

## アプリケーション情報 (つぎ)

TABLE 12. Suggested Inductors and Their Suppliers

Model	Vendor	Dimensions LxWxH(mm)	D.C.R (max)
MIPSA2520D 1R0	FDK	2.5 x 2.0 x 1.2	100 mΩ
LQM2HP 1R0	Murata	2.5 x 2.0 x 0.95	100 mΩ
BRL2518T1R0M	Taiyo Yuden	2.5x 1.8 x 1.2	80 mΩ

## 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、10μF、6.3Vのセラミック・コンデンサで十分です。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。0603 や 0805 のようなサイズの品種を選択する場合は、セラミック・コンデンサの DC バイアス特性に注意が必要です。DC バイアス特性はメーカーごとに異なりますので、コンデンサを選択する際には DC バイアスに関する特性をメーカーに請求してください。

良好な性能を得るための出力コンデンサは、容量の最小値が周囲温度の全範囲にわたり、許容誤差を含めて DC 2.5V バイアス時に 5.75μF となるものです。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。

出力電圧のリップルは、 $R_{ESR}$  による出力コンデンサの充放電によって生じ、次式のように表されます。

コンデンサによるリップルのピーク・ツー・ピーク電圧は、次式で求められます。

$$V_{PP-C} = \frac{I_{RIPPLE}}{4 * f * C}$$

ESR によるリップルのピーク・ツー・ピーク電圧は、次式で求められます。

$$V_{PP-ESR} = (2 * I_{RIPPLE}) * R_{ESR}$$

これらの 2 つの成分は位相が異なるため、リップルのピーク・ツー・ピーク電圧の概算値を rms 値から求めることができます。

rms によるピーク・ツー・ピーク電圧は、次式で求められます。

$$V_{PP-RMS} = \sqrt{V_{PP-C}^2 + V_{PP-ESR}^2}$$

出力リップルが、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がわかります。

$R_{ESR}$  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 13. Suggested Capacitors and Their Suppliers

Model	Type	Vendor	Voltage Rating	Case Size Inch (mm)
<b>4.7 μF for <math>C_{IN}</math></b>				
C1608X5R0J475	Ceramic, X5R	TDK	6.3V	0603 (1608)
C2012X5R0J475	Ceramic, X5R	TDK	6.3V	0805 (2012)
GRM21BR60J475	Ceramic, X5R	muRata	6.3V	0805 (2012)
JMK212BJ475	Ceramic, X5R	Taiyo-Yuden	6.3V	0805 (2012)
<b>10 μF for <math>C_{OUT}</math></b>				
C1608X5R0J106	Ceramic, X5R	TDK	6.3V	0603 (1608)
C2012X5R0J106	Ceramic, X5R	TDK	6.3V	0805 (2012)
GRM21BR60J106	Ceramic, X5R	muRata	6.3V	0805 (2012)
JMK212BJ106	Ceramic, X5R	Taiyo-Yuden	6.3V	0805 (2012)

## micro SMD の実装と使用

micro SMD パッケージの使用に際しては、当社アプリケーション・ノート AN-1112 記載の通り、専用の基板パターン、高精度の部品マウント、高度なリフロー技術を必要とします。同アプリケーション・ノートの「表面実装アセンブリに関する配慮点」も参照してください。高品質の実装を行うには、位置合わせの手順を守り、デバイスの搭載を容易にしなければなりません。micro SMD パッケージで用いられるパッドは NSMD (非ハンダ・マスク定義) を推奨します。すなわち、ハンダ・マスクの開口部がパッド・サイズより先大きいことを意味します。ハンダ・マスクとパッドが重なったときに形成される、デバイスをボード表面から浮かせて実装に干渉を与えるリップを防ぎます。詳細については、アプリケーション・ノート AN-1112 を参照してください。LM3677 に用いられている 5 パンプのパッケージは 300μm のハンダ・ボールを持っており、基板側に 10.82mil のハンダ・パッドを必要とします。各パッドへのトレ

スはパッドに対して 90° の角度でルーティングし、微細なゴミが溜まらないようにしてください。まず、各パッドからは熱レリーフとして、幅 7mil、長さ 7mil 以上のパターンを引き出します。次に各トレースを最適な幅に拡大または縮小してください。ここで重要な点は、パッケージから見てハンダ・パッドの対称性を保つことです。対称であることよってのハンダ・パッドは均等にリフローされ、デバイスは基板に対して水平にハンダ付けされます。特に、GND と  $V_{IN}$  は一般に広い銅箔パターンに接続されるため、熱レリーフが適切でないパッド A1 とパッド A3 のリフローが遅れたり不十分なリフローを招く可能性があり、両パッドのパッド設計には特別な注意が必要です。

## アプリケーション情報 (つづき)

micro SMD パッケージは現時点での最小パッケージであり、赤色光および赤外光を完全に遮蔽できるケースの使用を前提としています。その理由は、通常サイズのパッケージのようなプラスチック封止が micro SMD パッケージではなされていないため、外部光の影響を受けやすいからです。ダイ表面は基板側に隠れていて、また裏面はメタライゼーションとエポキシ塗布によって外部光の影響は抑えています。しかし、ダイの端面は露出状態となっているため、micro SMD パッケージは特に赤色光と赤外光の波長範囲に対して敏感となっています。

## 基板レイアウトの考慮事項

プリント基板のレイアウトはDC/DCコンバータの設計で重要な部分を占めています。設計が適切でないプリント基板を使用すると、EMI、グラウンド・バウンス、配線での電圧降下などにより、DC/DCコンバータの性能と周辺回路の動作に影響を与えます。不適切な基板では、DC/DCコンバータICに不正な信号が入力され、制御性と安定度が低下します。また、リフローにおいて、パターン設計が適切でないと、micro SMD のハンダ・バンプとプリント基板パッドとのハンダ付け性が悪くなり、誤動作や性能低下の原因となります。

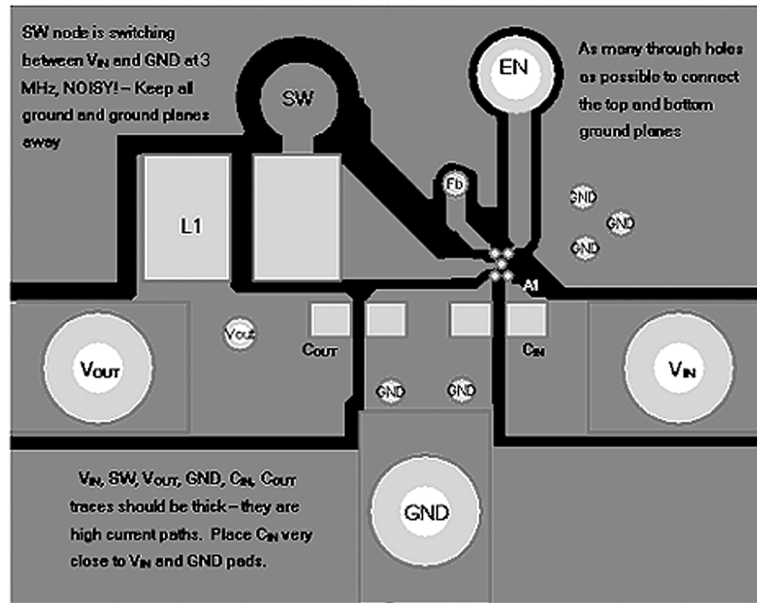


FIGURE 8. Board Layout Design Rules for the LM3677

LM3677 を実装する際は、Figure 8 に示された基本的な設計ルールに従い、適切なプリント基板設計を行ってください。

- LM3677 を 10.82mil のパッド上に配置してください。熱リリーフとして幅 7mil で長さ約 7mil のトレースを各パッドに接続し、次に各トレースを徐々に最適な幅に広げてください。ハンダ・バンプのリフロー時の均等性を保つ必要があるため対称性が重要です (「micro SMD の実装と使用」を参照)。
- LM3677 とインダクタおよびフィルタ・コンデンサは互いに近くに配置して配線長を短くします。これらの部品間では比較的大きなスイッチング電流が流れ、配線がアンテナの役割を果たしてしまうからです。この配置ルールに従えば放射ノイズを低減できます。入力コンデンサを  $V_{IN}$  および GND ピンのごく近くに配置することにも特に注意してください。
- スイッチング電流が一方向にきれいに流れるように部品相互の位置を決めます。各スイッチング・サイクルの前半で、電流は入力フィルタ・コンデンサから LM3677 とインダクタを通して出力フィルタ・コンデンサへと流れ、リターンがグラウンドに流れて電流ループが形成されます。サイクルの後半に LM3677 を介してインダクタがグラウンドから引き込んだ電流は、出力フィルタ・コンデンサへと流れ、リターンはグラウンドへと戻り、第二の電流ループを形成します。2 つのループを流れる電流がサイクルの前後半で同じ向きになるようにレイアウトして、サイクル内での磁界の反転を防ぎ、放射ノイズを低減します。

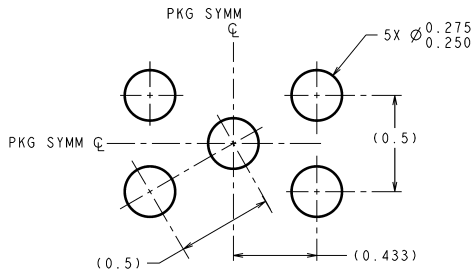
- LM3677 の GND ピンとフィルタ・コンデンサは、まず基板の部品側の面に十分な銅箔の仮のグラウンド・パターンを設けて接続してください。さらに、グラウンド層がある場合は、この仮のグラウンド・パターンとグラウンド層を複数のビアで接続してください。これは、スイッチング電流がグラウンド層に回り込むのを防ぎ、グラウンド層のノイズを低減するためです。また、LM3677 のグラウンド接続を低インピーダンスとすることにより、グラウンド・バウンスを抑える効果もあります。
- DC/DC コンバータ回路の出力と電源部品間にはなるべく広い配線パターンを用いてください。配線パターンが持つ抵抗成分で生じる電圧降下を低減できます。
- 電圧帰還信号などノイズの影響を受けやすい信号はノイズを出すパワー部品間の信号からなるべく離して配線します。電圧帰還トレースは LM3677 回路の近くに配置し、FB から出力コンデンサの  $V_{OUT}$  へ直接ルーティングし、かつ、ノイズの多い部品からは離してルーティングしてください。こうすることにより、EMI ノイズが DC/DC コンバータの電圧帰還信号配線に乗らないようにします。

### アプリケーション情報 (つづき)

- 無線 IF 部などのノイズに敏感な回路は、DC/DC コンバータや CMOS デジタル回路その他のノイズを発生しやすい部品から離して配置します。距離を保つことでシステム内のノイズの影響を受けやすい回路に対する干渉を低減できます。

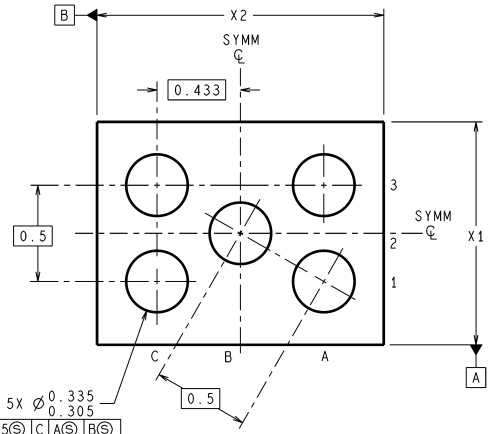
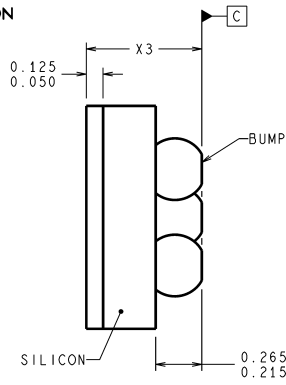
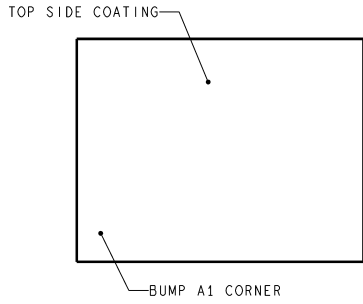
例えば、携帯電話の基板においては、DC/DC コンバータを隅に置き、やはりノイズ源となり得る CMOS デジタル回路をその周囲に配置します。一方、ノイズに敏感なプリアンプや IF 段は、基板の対角の隅に置くようにします。ノイズの影響を受けやすい回路は蓋状の金属でシールドしたり、伝導性ノイズを低減するために、電源を低ドロップアウト・リニア・レギュレータを用いて再度レギュレートする手法も採られます。

外形寸法図 単位は millimeters



DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
DIMENSIONS IN ( ) FOR REFERENCE ONLY

LAND PATTERN RECOMMENDATION



$\varnothing$ 0.005	C	A	B
---------------------	---	---	---

TLA05XXX (Rev C)

**5-Bump (Large) Micro SMD Package, 0.5mm Pitch  
NS Package Number TLA05FEA**

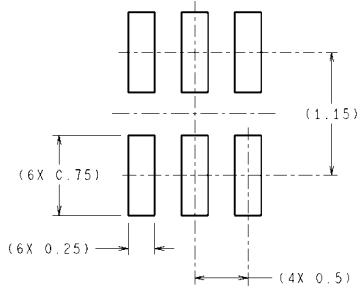
The dimensions for X1, X2, and X3 are as given:

X1 = 1.107 mm +/- 0.030mm

X2 = 1.488 mm +/- 0.030mm

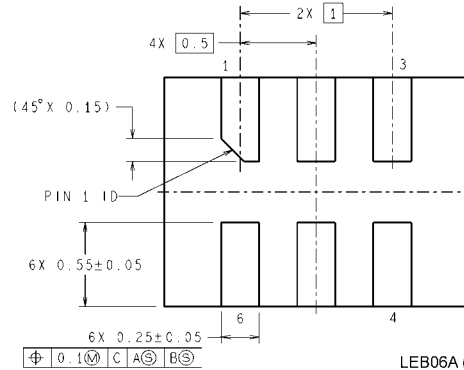
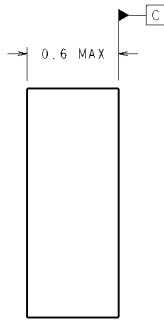
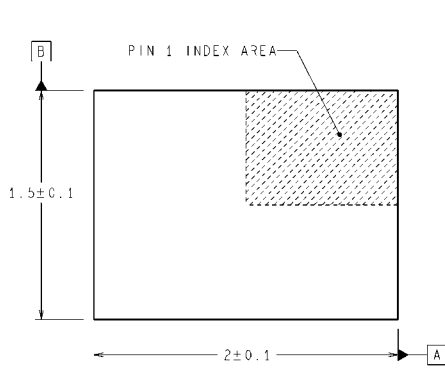
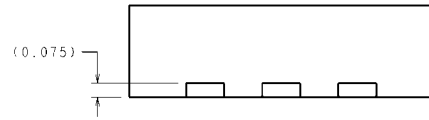
X3 = 0.600 mm +/- 0.075mm

外形寸法図 単位は millimeters ( つづき )



RECOMMENDED LAND PATTERN

DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS  
DIMENSION IN ( ) FOR REFERENCE ONLY



LEB06A (Rev A)

**6-pin LLP Package, 0.5mm Pitch  
NS Package Number LEB06A**  
The dimensions for A, B, and C are as given:  
A = 2.0 mm +/- 0.1mm  
B = 1.5 mm +/- 0.1mm  
C = 0.60 mm +/- 0.06mm

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るとか、保証もしくは承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