

ご注意：この日本語データシートは参考資料として提供しており、内容が最新でない場合があります。製品のご検討およびご採用に際しては、必ず最新の英文データシートをご確認ください。



2005年4月

## LM2651

### 1.5A 高効率同期整流型スイッチング・レギュレータ

#### 概要

LM2651 スwitchング・レギュレータは、100:1 の負荷範囲 (1.5A ~ 15mA) にわたって高効率の電圧変換を行います。この機能によって、LM2651 は、動作時およびスタンバイ時両モードでバッテリーの長寿命が求められるバッテリー駆動アプリケーションに理想的に適合します。

同期整流方式を使用して、最高 97% の効率を達成しています。LM2651 は、軽負荷時には、ローパワーのヒステリシス・モード ("スリープ" モード) に移行し高効率を維持します。多くのアプリケーションでは、15mA 負荷でも効率は 80% を超えています。シャットダウン・ピンが設けられており、これで LM2651 をオフにし、電源電流を 10 $\mu$ A 未満に低減できます。

LM2651 には、電流モード制御用の電流検出特許回路を内蔵しています。この機能によって、他の電流モード DC/DC コンバータでは必要な外付け電流検出抵抗が不要になっています。

LM2651 には、300kHz 固定周波数の内部発振器があります。この高発振周波数によって、使用する外付け部品を非常に小型にできます。

プログラマブル・ソフトスタート機能によって、スタートアップ時の入力電源からの電流サージが制限され、複数電源のシーケンシャル制御が容易に実現できます。

その他の保護機能として、入力アンダーボルテージ・ロックアウト、電流制限、サーマル・シャットダウンがあります。

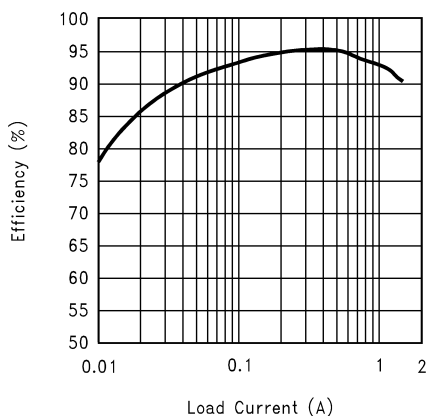
#### 特長

- 最高 97% の高効率
- 1.5A から mA オーダまでの負荷範囲にわたり高効率
- 4V ~ 14V の入力電圧範囲
- 1.8V、2.5V、3.3V、ADJ の出力電圧
- 75m $\Omega$  の低  $R_{DS(on)}$  MOSFET スイッチ内蔵
- 300kHz 固定周波数発振器内蔵
- 7 $\mu$ A のシャットダウン電流
- 電流モード制御用電流検出特許機能
- 入力アンダーボルテージ・ロックアウト
- 調整可能なソフトスタート
- 電流制限とサーマル・シャットダウン
- 16ピン TSSOP パッケージ

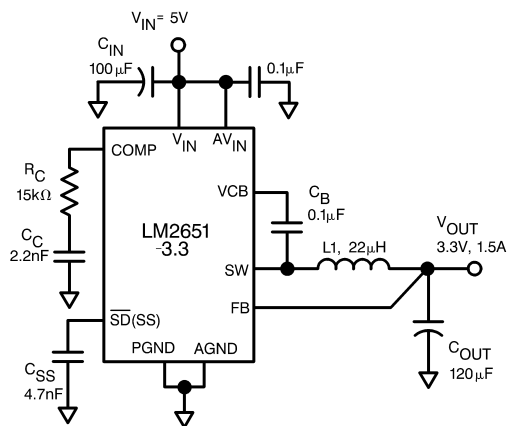
#### アプリケーション

- PDA
- コンピュータ周辺機器
- バッテリー給電型機器
- ハンドヘルド・スキャナ
- 高効率 5V 変換

#### 代表的なアプリケーション

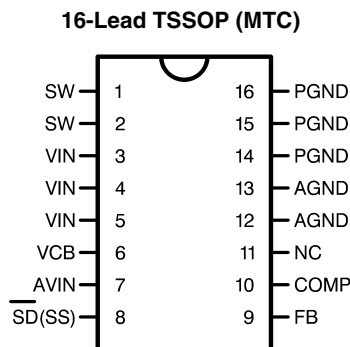


Efficiency vs Load Current  
( $V_{IN} = 5V$ ,  $V_{OUT} = 3.3V$ )



LM2651 1.5A 高効率同期整流型スイッチング・レギュレータ

## ピン配置図



## 製品情報

V <sub>OUT</sub>	Part Number		Package Type	NSC Package Drawing
	Supplied as 94 Units, Rail	Supplied as 2.5k Units, Tape and Reel		
1.8	LM2651MTC-1.8	LM2651MTCX-1.8	TSSOP-16	MTC16
2.5	LM2651MTC-2.5	LM2651MTCX-2.5		
3.3	LM2651MTC-3.3	LM2651MTCX-3.3		
ADJ	LM2651MTC-ADJ	LM2651MTCX-ADJ		

## 端子説明

端子番号	名称	機能
1, 2	SW	内部ハイサイド MOSFET のソースに接続されているスイッチング・ノードに接続するピン。
3-5	VIN	メイン電源ピン。
6	VCB	ハイサイド・ゲート・ドライバ用ブートストラップ・コンデンサを接続するピン。
7	AVIN	制御およびドライバ回路用入力電源電圧。
8	SD(SS)	シャットダウンおよびソフトスタート制御ピン。このピンを 0.3V 以下にプルするとレギュレータがオフになります。このピンからグラウンドに接続されているキャパシタによって入力電流を制御することができます。このピンを外部ソースによってドライブさせないでください。誤動作の原因になります。
9	FB	出力電圧のフィードバック入力 ( 外付けの抵抗分圧器の中央に接続する )。
10	COMP	位相補償回路網の接続ピン。内部でエラー・アンプの出力に接続されている。
11	NC	内部接続なし。
12-13	AGND	低ノイズのアナログ・グラウンド。
14-16	PGND	電源グラウンド。

**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。

保存温度範囲 - 65 ~ + 150

ESD 耐圧

人体モデル (Note 3) 1kV

入力電圧 15V

フィードバック・ピン電圧 - 0.4V  $V_{FB}$  5V

消費電力 ( $T_A = 25$ ) (Note 2) 893 mW

接合部温度範囲 - 40  $T_J$  + 125

**動作定格** (Note 1)

電源電圧 4V  $V_{IN}$  14V

**LM2651-1.8 System Parameters**

標準書体の規格は  $T_J = 25$  に対して適用され、太字の規格は接合部の全動作温度範囲で適用されます。特記のない限り、以下の規格は、 $V_{IN} = 10V$  の場合に適用されます。

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	Limit	Units
$V_{OUT}$	Output Voltage	$I_{LOAD} = 900$ mA	1.8	1.761/ <b>1.719</b> 1.836/ <b>1.854</b>	V V(min) V(max)
$V_{OUT}$	Output Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 14V $I_{LOAD} = 900$ mA	0.2		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 10$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	1.3		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 200$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	0.3		%
$V_{HYST}$	Sleep Mode Output Voltage Hysteresis		35		mV

**LM2651-2.5 System Parameters**

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	Limit	Units
$V_{OUT}$	Output Voltage	$I_{LOAD} = 900$ mA	2.5	2.43/ <b>2.388</b> 2.574/ <b>2.575</b>	V V(min) V(max)
$V_{OUT}$	Output Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 12V $I_{LOAD} = 900$ mA	0.2		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 10$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	1.3		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 200$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	0.3		%
$V_{HYST}$	Sleep Mode Output Voltage Hysteresis		48		mV

**LM2651-3.3 System Parameters**

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	Limit	Units
$V_{OUT}$	Output Voltage	$I_{LOAD} = 900$ mA	3.3	3.265/ <b>3.201</b> 3.379/ <b>3.399</b>	V V(min) V(max)
$V_{OUT}$	Output Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 14V $I_{LOAD} = 900$ mA	0.2		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 10$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	1.3		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 200$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	0.3		%
$V_{HYST}$	Sleep Mode Output Voltage Hysteresis		60		mV

## LM2651-ADJ System Parameters

(特記のない限り  $V_{OUT} = 2.5V$  です。)

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	Limit	Units
$V_{FB}$	Feedback Voltage	$I_{LOAD} = 900 \text{ mA}$	1.238	<b>1.200</b> <b>1.263</b>	V V(min) V(max)
$V_{OUT}$	Output Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V \text{ to } 14V$ $I_{LOAD} = 900 \text{ mA}$	0.2		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 10 \text{ mA to } 1.5A$ $V_{IN} = 5V$	1.3		%
$V_{OUT}$	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 200 \text{ mA to } 1.5A$ $V_{IN} = 5V$	0.3		%
$V_{HYST}$	Sleep Mode Output Voltage Hysteresis		24		mV

## 全出力電圧バージョン

標準書体の規格は  $T_J = 25$  に対して適用され、太字の規格は接合部の全動作温度範囲で適用されます。特記のない限り、以下の規格は、 $V_{IN} = 10V$  の場合に適用されます。

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	Limit	Units
$I_Q$	Quiescent Current		1.6	<b>2.0</b>	mA mA(max)
$I_{QSD}$	Quiescent Current in Shutdown Mode	Shutdown Pin Pulled Low	7	<b>12/20</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A(max)}$
$R_{SW(ON)}$	High-Side or Low-Side Switch On Resistance (MOSFET On Resistance + Bonding Wire Resistance)	$I_{SWITCH} = 1A$	110		$\text{m}\Omega$
$R_{DS(ON)}$	MOSFET On Resistance (High-Side or Low-Side)	$I_{SWITCH} = 1A$	75	<b>130</b>	$\text{m}\Omega$ $\text{m}\Omega(\text{max})$
$I_L$	Switch Leakage Current - High Side		130		nA
	Switch Leakage Current - Low Side		130		nA
$V_{BOOT}$	Bootstrap Regulator Voltage	$I_{BOOT} = 1 \text{ mA}$	6.75	<b>6.45/6.40</b> <b>6.95/7.00</b>	V V(min) V(max)
$G_M$	Error Amplifier Transconductance		1250		$\mu\text{mho}$
$V_{INUV}$	$V_{IN}$ Undervoltage Lockout Threshold Voltage	Rising Edge	3.8	<b>3.95</b>	V V(max)
$V_{UV-HYST}$	Hysteresis for the Undervoltage Lockout		210		mV
$I_{CL}$	Switch Current Limit	$V_{IN} = 5V$	2	<b>1.55</b> <b>2.60</b>	A A(min) A(max)
$I_{SM}$	Sleep Mode Threshold Current	$V_{IN} = 5V$	100		mA
$A_V$	Error Amplifier Voltage Gain		100		V/V
$I_{EA\_SOURCE}$	Error Amplifier Source Current		40	<b>25/15</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A(min)}$
$I_{EA\_SINK}$	Error Amplifier Sink Current		65	<b>30</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A(min)}$
$V_{EAH}$	Error Amplifier Output Swing Upper Limit		2.70	<b>2.50/2.40</b>	V V(min)

## 全出力電圧バージョン (つづき)

標準書体の規格は  $T_J = 25$  に対して適用され、太字の規格は接合部の全動作温度範囲で適用されます。特記のない限り、以下の規格は、 $V_{IN} = 10V$  の場合に適用されます。

Symbol	Parameter	Conditions	Typical	Limit	Units
$V_{EAL}$	Error Amplifier Output Swing Lower Limit		1.25	1.35/1.50	V V(max)
$V_D$	Body Diode Voltage	$I_{DIODE} = 1.5A$	1		V
$f_{OSC}$	Oscillator Frequency	$V_{IN} = 4V$	300	280/255 330/345	kHz kHz(min) kHz(max)
$D_{MAX}$	Maximum Duty Cycle	$V_{IN} = 4V$	95	92	% %(min)
$I_{SS}$	Soft-Start Current	Voltage at the SS pin = 1.4V	11	7 14	$\mu A$ $\mu A$ (min) $\mu A$ (max)
$I_{SHUTDOWN}$	Shutdown Pin Current	Shutdown Pin Pulled Low	2.2	0.8/0.5 3.7/4.0	$\mu A$ $\mu A$ (min) $\mu A$ (max)
$V_{SHUTDOWN}$	Shutdown Pin Threshold Voltage	Falling Edge	0.6	0.3 0.9	V V(min) V(max)
$T_{SD}$	Thermal Shutdown Temperature		165		$^{\circ}C$
$T_{SD\_HYST}$	Thermal Shutdown Hysteresis Temperature		25		$^{\circ}C$

**Note 1:** 「絶対最大定格」とは、デバイスに破壊が発生する可能性のあるリミット値をいいます。動作定格は、デバイスが正常に機能する条件を示し、特定の性能を保証するものではありません。保証されている仕様およびその試験条件については、電気特性を参照してください。

**Note 2:** 最大許容消費電力は、 $P_{Dmax} = (T_{Jmax} - T_A) / \theta_{JA}$  の式を使用して計算します。ここで、 $T_{Jmax}$  は最大接合部温度、 $T_A$  は周囲温度、 $\theta_{JA}$  はパッケージの接合部 - 周囲間熱抵抗です。893mW の定格値は、 $T_{Jmax}$ 、 $T_A$ 、 $\theta_{JA}$  にそれぞれ 150、25、140  $^{\circ}C/W$  の値を代入して得たものです。 $\theta_{JA}$  の 140  $^{\circ}C/W$  は、16 ピン TSSOP パッケージに放熱用の銅箔を設けないワーストケース条件での値です。銅箔を設ければ、より大きな電力を安全に消費できます。周囲温度が 25 以上の場合、絶対最大消費電力は 1 につき 7.14mW の割合で低減させる必要があります。LM2651 は、接合部温度が約 165 に達するまで動作します。

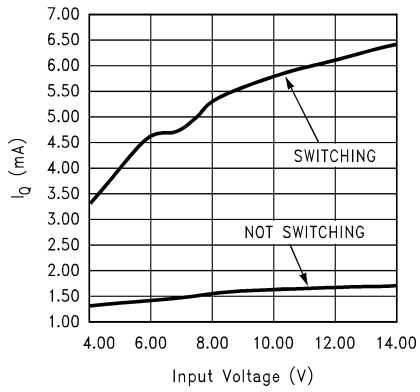
**Note 3:** 人体モデルは、100pF のコンデンサから 1.5k を通して各端子に放電します。

**Note 4:** Typ (標準) 値は最も標準的な値を表します。

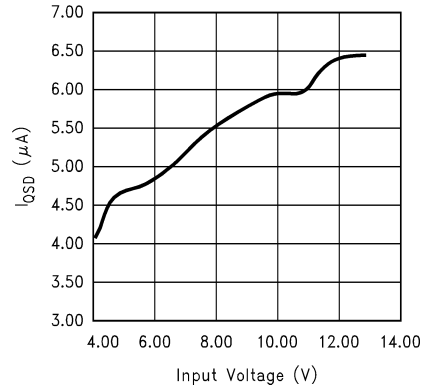
**Note 5:** Limit (リミット値) はすべて室温 (標準書体) および温度の上下限 (太字) で保証されます。室温のリミット値はすべて 100% 試験されています。温度の上下限におけるリミット値はすべて、標準の統計的品質管理 (SQC) 方式に従う相関を介して保証されます。平均出荷品質レベル (AOQL) の計算には、すべてのリミット値が使用されています。

代表的な性能特性

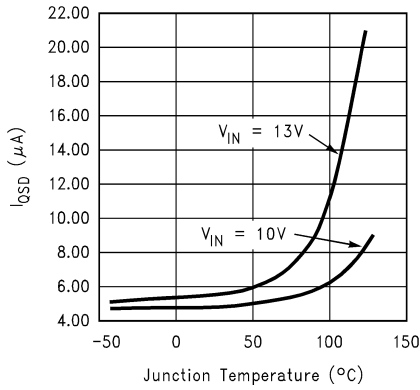
**$I_Q$  vs Input Voltage**



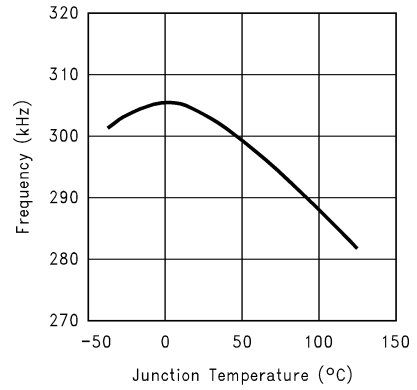
**$I_{QSD}$  vs Input Voltage**



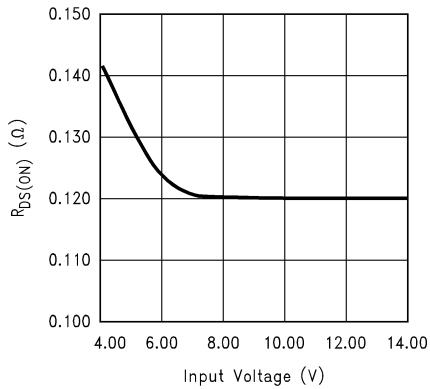
**$I_{QSD}$  vs Junction Temperature**



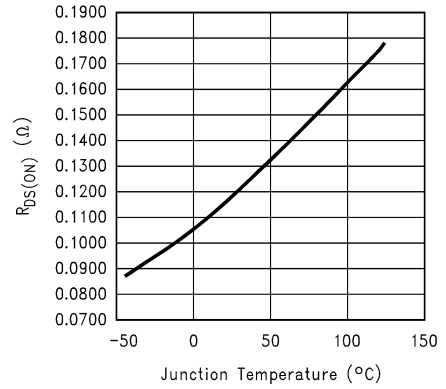
**Frequency vs Junction Temperature**



**$R_{DS(ON)}$  vs Input Voltage**

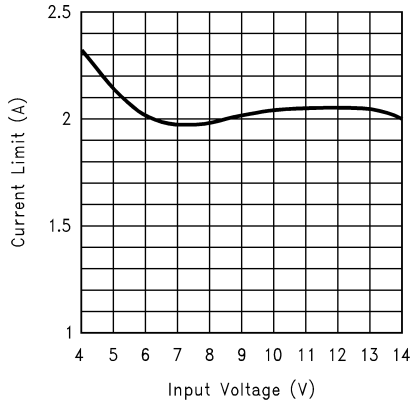


**$R_{DS(ON)}$  vs Junction Temperature**

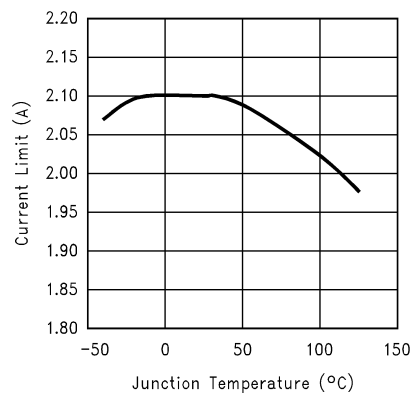


代表的な性能特性 (つづき)

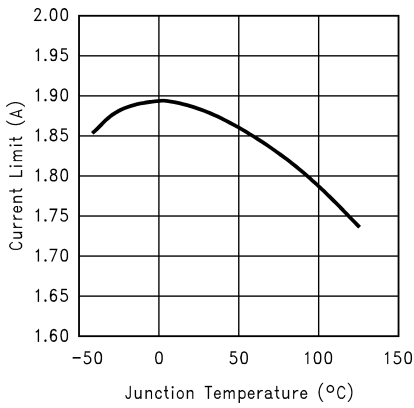
**Current Limit vs Input Voltage ( $V_{OUT} = 2.5V$ )**



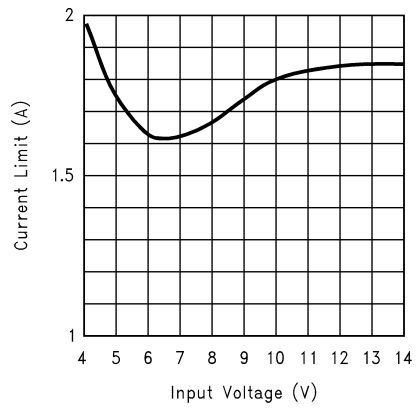
**Current Limit vs Junction Temperature ( $V_{OUT} = 2.5V$ )**



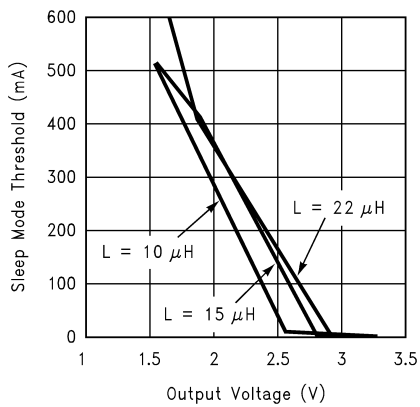
**Current Limit vs Junction Temperature ( $V_{OUT} = 3.3V$ )**



**Current Limit vs Input Voltage ( $V_{OUT} = 3.3V$ )**



**Sleep Mode Threshold vs Output Voltage For ADJ version ( $V_{IN} = 5V$ )**



## ブロック図

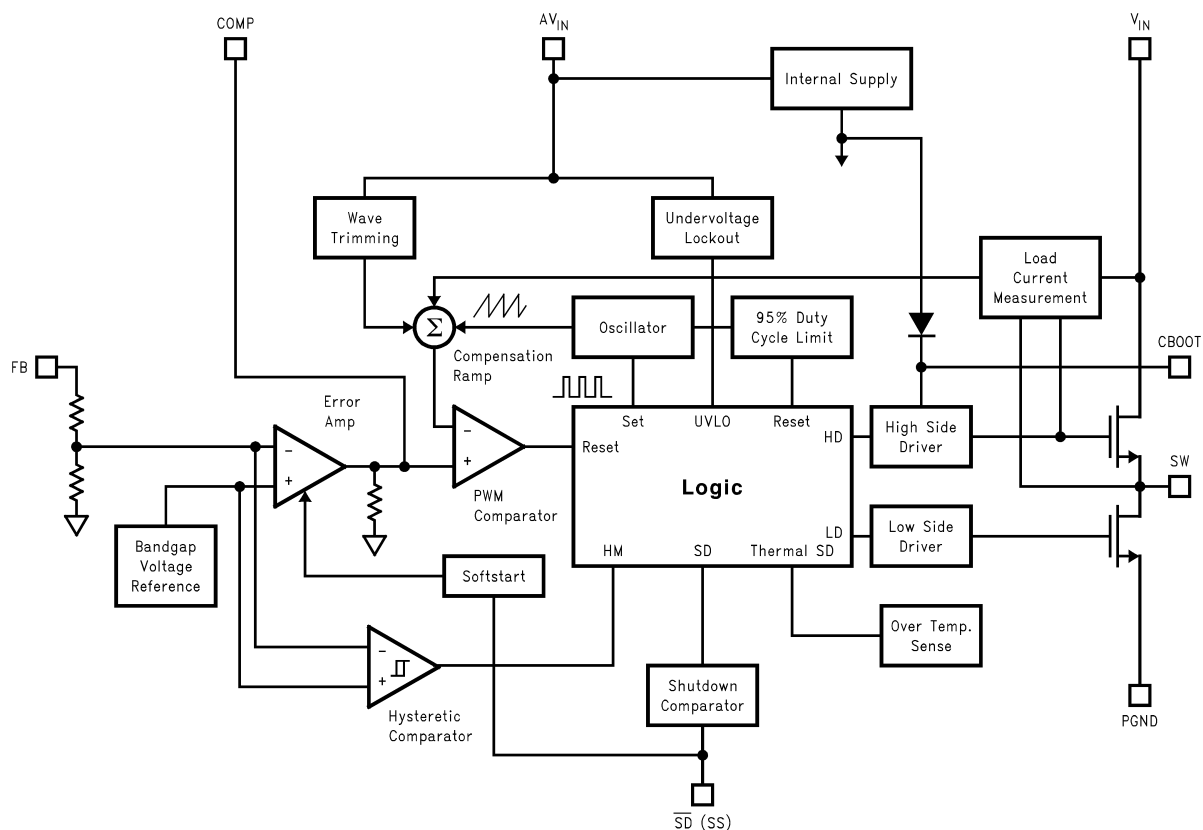


FIGURE 1. LM2651 Block Diagram

## 動作

LM2651は、中負荷から重負荷に対しては固定周波数(300kHz)、電流モードのPWM動作をし、軽負荷に対しては自動的にヒステリシス・モードに切り換わります。ヒステリシス・モードでは、高効率を維持するためにスイッチング周波数が下げられます。

## 主動作

負荷電流がスリープ・モードのスレッシュホルドより高いときは、このデバイスは常にPWMモードで動作しています。各スイッチング・サイクルの始めに、ハイサイド・スイッチがオンになり、ハイサイド・スイッチからの電流が検出され、エラー・アンプの出力 (COMPピン) と比較されます。検出電流がCOMPピンの電圧レベルに達すると、ハイサイド・スイッチがオフになり、40ns (デッドタイム) 後にローサイド・スイッチがオンになります。このスイッチング・サイクルの終わりに、ローサイド・スイッチがオフになり、以降同じサイクルが繰り返されます。

ハイサイド・スイッチの電流は内蔵の特許回路によって検出されます。この独特の技法によって、外付け検出抵抗の必要がなくな

## 設計手順

この項では、外付け部品を選択するためのガイドラインを示します。

り、コストとサイズが節減され、検出電流の雑音余裕度が改善されます。また、入力電圧からのフィードフォワードをすることによって、入力電圧変動による電流制限の変動を防いでいます。

負荷電流がスリープ・モードのスレッシュホルドより低くなると、出力電圧がわずかに上昇し、その上昇がヒステリシス・モード・コンパレータによって検出され、その結果、LM2651 デバイスはヒステリシス・モードになり、HIGH および LOW 両サイドのスイッチがオフになります。出力電圧は下降し始め、ヒステリシス・コンパレータのロー・スレッシュホルドに達するまで下降し、そこでデバイスはただちにPWM動作に戻ります。今度は、出力電圧はトップ・ヒステリシス・スレッシュホルドに達するまで上昇し続け、このスレッシュホルドに達すると、HIGH および LOW 両サイドのスイッチが再びオフになり、以降同じサイクルが繰り返されます。

## 保護

MOSFET を流れる電流が 2A に達すると必ず、サイクル単位の電流制限回路がハイサイド MOSFET をオフにします。

## 入力コンデンサ

入力ピンとパワー・グラウンドの間には、低 ESR のアルミニウム、タンタル、またはセラミック・コンデンサが必要です。このコンデンサは、入力での大きな電圧トランジェント発生防止用です。このコンデンサは、必要な許容リップル電流と電圧を基準で選択します。許容リップル電流は次式で求めます。



## 設計手順 (つづき)

$$I_{RMS} = I_{OUT} \times \frac{\sqrt{V_{OUT}(V_{IN} - V_{OUT})}}{V_{IN}}$$

許容リップル電流が最大値 ( $I_{OUT}/2$ ) になるのは、 $V_{IN}$  が  $2V_{OUT}$  に等しくなるときです。アルミニウム、セラミックのいずれのコンデンサについても、電圧定格は最大入力電圧より最低 25% 高くします。タンタル・コンデンサを使用する場合は、必要な電圧定格は最大入力電圧の約 2 倍です。タンタル・コンデンサは、突入電流による短絡を防止するために、サージ電流試験が行われているものを使用してください。入力ピンとグラウンド・ピンとの間には、高周波スパイクを低減させるため、小容量のセラミック・コンデンサ ( $0.1\mu\text{F}$ ) を挿入することを推奨します。

## インダクタの選択

インダクタを選択するうえで、最も重要なパラメータはインダクタンス、ピーク電流、直流抵抗です。インダクタンスは、ピーク・ツー・ピーク・インダクタ・リップル電流、入力電圧、出力電圧と次式の関係があります。

$$L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT})V_{OUT}}{V_{IN} \times I_{RIPPLE} \times 300 \text{ kHz}}$$

リップル電流値を大きくすると、インダクタンスは小さくできますが、導体損、コア損、インダクタとスイッチ・デバイスの電流ストレスが増大します。また、同じ出力リップル電圧にするために出力コンデンサを大きくする必要があります。リップル電流の妥当な値は、DC 出力電流の 30% です。リップル電流は入力電圧と共に増加するので、インダクタンスの決定には必ず最大入力電圧を使用します。インダクタの直流抵抗は、効率を決める鍵となるパラメータです。巻線面積が大きいほど、直流抵抗を小さくできます。効率とコア・サイズのほど良い妥協点は、インダクタの銅損が出力電力の 2% となる点です。

## 出力コンデンサ

$C_{OUT}$  の選択は、最大許容出力リップル電圧を基準に行います。定周波、PWM モードにおける出力リップルは次式で近似されます。

$$V_{RIPPLE} = I_{RIPPLE} \left( ESR + \frac{1}{8f_s C_{OUT}} \right)$$

リップル電圧を決めるうえで、ESR の項が大きな役割を果たします。そのため、低 ESR のアルミ電解コンデンサまたはタンタル・コンデンサ (ニチコンの PL シリーズ、サンヨーの OS-CON、Sprague の 593D、594D、AVX の TPS、CDE のポリマー・アルミニウムなど) を推奨します。温度が  $-25$  以下になる場合、電解コンデンサは低温時に ESR が大幅に上昇するので推奨しません。タンタル・コンデンサは低温時でも非常に優れた ESR 特性を持ち、低温で使用するアプリケーションに適しています。

適切な PWM モードとスリープ・モードの切換のために、重負荷時での出力電圧リップルをスリープ・モード電圧ヒステリシスより小さくするようにインダクタと出力コンデンサを選択してください。

$$V_{RIPPLE} < 20\text{mV} \times V_{OUT} / V_{FB}$$

## ブースト・コンデンサ

ブースト・コンデンサには  $0.1\mu\text{F}$  のセラミック・コンデンサを推奨します。ブーストコンデンサの両端にかかる電圧は  $6.7\text{V}(\text{typ})$  です。

## ソフトスタート

ソフトスタート機能は、ソフトスタート・コンデンサを使用する必要があります。入力電圧が最初に印加されたとき、または SD (SS) ピンがハイになれるようになったとき、ソフトスタート・コンデンサは電流源 (約  $2\mu\text{A}$ ) によって充電されます。SD (SS) ピンの電圧が  $0.6\text{V}$  (シャットダウン・スレッシュホールド) に達すると、内部レギュレータ回路が起動し、ソフトスタート・コンデンサの充電電流が  $2\mu\text{A}$  から約  $10\mu\text{A}$  に増大します。SD (SS) ピンの電圧が  $0.6\text{V} \sim 1.3\text{V}$  の範囲では、電流制限のレベルはゼロです。つまり、出力電圧はまだ  $0\text{V}$  です。SD (SS) ピンの電圧が  $1.3\text{V}$  を超えて上昇すると、電流制限のレベルが上昇し始めます。スイッチのデューティ・サイクルは電流制限のレベルによって制御され、狭いパルス幅から始まり、徐々に広がっていきます。同時に、コンバータの出力電圧は公称値に向かって上昇し、その結果、エラー・アンプの出力電圧が下降します。エラー・アンプの出力電圧が電流制限電圧より先下がると、この出力が電流制限レベルに代わってデューティ・サイクルを制御し、コンバータは通常の電流モードの PWM 動作になります。SD (SS) ピンの電圧は最終的に約  $2\text{V}$  まで充電されます。

ソフトスタート時間は次式で計算できます。

$$T_{SS} = C_{SS} \times 0.6\text{V}/2\mu\text{A} + C_{SS} \times (2\text{V} - 0.6\text{V})/10\mu\text{A}$$

 $R_1$  と  $R_2$  (出力電圧のプログラミング)

次式を使用して、適切な抵抗値を選択します。

$$V_{OUT} = V_{REF}(1 + R_1/R_2)$$

$V_{REF} = 1.238\text{V}$  です。

$10\text{k} \sim 100\text{k}$  の範囲の抵抗 ( $R_1$  と  $R_2$  には精度 1% 以上の金属皮膜抵抗) を選択します。

## 補償用部品

出力の伝達関数に対する制御では、最初のポール  $F_{p1}$  は  $1/(2 R_{OUT}C_{OUT})$  として計算できます。出力コンデンサの ESR のゼロ点  $F_{z1}$  は  $1/(2 ESR C_{OUT})$  です。さらに、 $45\text{kHz} \sim 150\text{kHz}$  の範囲に、次式で与えられる高周波のポール  $F_{p2}$  も存在します。

$$F_{p2} = F_s / (n(1 - D))$$

$D = V_{OUT}/V_{IN}$ 、 $n = 1 + 0.348L/(V_{IN} - V_{OUT})$  ( $L$  は  $\mu\text{H}$  単位、 $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  は  $\text{V}$  単位です)。

合計ループ・ゲイン  $G$  は約  $500/I_{OUT}$  であり、 $I_{OUT}$  はアンペア単位です。

LM2651 の内部には Gm アンプが使用されています。Gm アンプの出力抵抗  $R_o$  は約  $80\text{k}$  です。 $C_{c1}$  および  $R_c$  と  $R_o$  の合成インピーダンスによって、ゲインをロール・オフさせるための遅れ補償が行われます。

$$F_{pc1} = 1/(2 C_{c1}(R_o + R_c)), F_{zc1} = 1/2 C_{c1}R_c$$

アプリケーションによっては、ESR のゼロ点  $F_{z1}$  は  $F_{p2}$  によっては消去できません。したがって、ESR のゼロ点を消去するためには、 $C_{c2}$  を追加して  $F_{pc2} = 1/(2 C_{c2}R_o - R_c)$  を導入する必要があります。

目安として、クロスオーバー周波数 ( $G = 1$ ) におけるフェーズ・マージンを  $45$  より大きくします。

$C_{OUT}$  が  $68\mu\text{F}$  より大きい場合は、ほとんどのアプリケーションにとって、 $C_{c1} = 2.2\text{nF}$ 、 $R_c = 15\text{k}$  が望ましい選択値です。ESR zero が小さすぎて  $F_{p2}$  では消去できない場合は、 $C_{c2}$  を追加します。

ステップ負荷に対するトランジェント応答が重要な場合は、 $R_c$  を  $10\text{k}$  より大きく選びます。

## 設計手順 (つづき)

## 外付けショットキー・ダイオード

PWM 動作におけるデッドタイム中、およびヒステリシス・モード中に両サイド MOSFET がオフ状態にある時、ローサイド MOSFET のボディ・ダイオードの導通を防止するために、ショットキー・ダイオード  $D_1$  を使用することを推奨します。ボディ・ダイオードがオンした場合は、逆回復電流と高順方向電圧のためにボディ・ダイオードに余分な電力消費が生じます。また、ハイサイド MOSFET がターンオンする瞬間、大きなダイオード逆回復電流が流れるので、ハイサイド MOSFET のスイッチング・ロスも大きくなります。これらのロスのために、効率が 1 ~ 2% 低下します。ショットキー・ダイオードによる効率およびノイズ・マージンの改善は、入力電圧が上昇し、負過電流が増大することによってより明らかになります。

$D_1$  のブレイクダウン電圧定格は、最大入力電圧より 25% 高いものがよいでしょう。 $D_1$  がオンするのは短時間だけなので、 $D_1$  の平均電流定格は最大出力電流の 30% あれば十分です。なお、 $D_1$  はローサイド MOSFET のドレインとソースのごく近くに配置しないと、並列ループの寄生インダクタンスによって  $D_1$  のオンが遅くなり、電流がローサイド MOSFET のボディ・ダイオードを流れてしまいます。

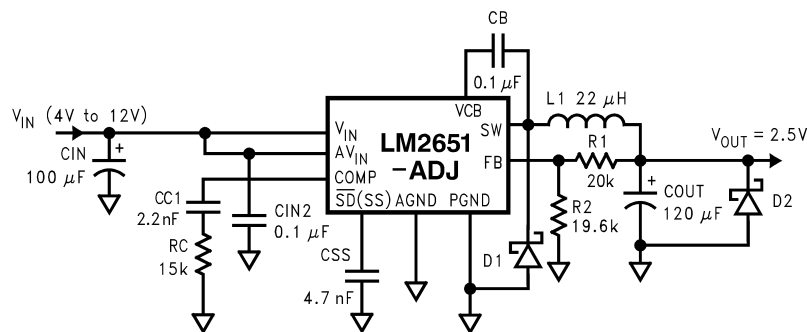
入力電圧が低くアンダー・ボルテージ状態が起こると、インダクタからの電流がローサイド MOSFET を逆に流れ、出力電圧はグラウンドより低くなります。そのため、負電圧の印加に対して保護が必要なアプリケーションでは、クランプ・ダイオード  $D_2$  を挿入し

ておくことを推奨します。ダイオード  $D_2$  は、カソードを  $V_{OUT}$  に、アノードをグラウンドにそれぞれ接続してください。ダイオード  $D_2$  の推奨定格は 2A 以上です。

## PCB レイアウトの考慮事項

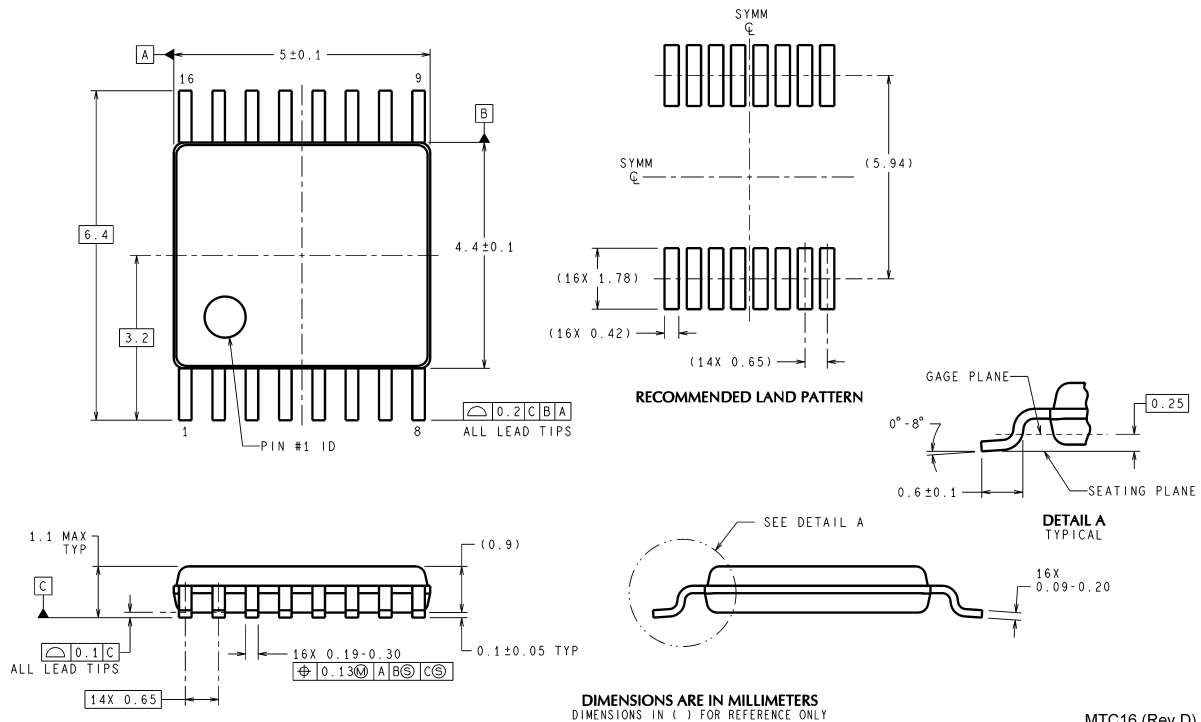
レイアウトは、ノイズの発生を抑え、規定の性能を達成するために非常に重要です。レイアウト上の重要なポイントを以下に示します。

1. 短くて幅の広いトレースを使って  $V_{IN}$  と PGND 両ピン間に入力コンデンサを接続すると、入力コンデンサと内部 MOSFET とで形成されるループの寄生インダクタンスを最小にします。これは、過度的なスイッチング電流とパターンのインダクタンスによって発生する大振幅のスパイクノイズが問題を引き起こす場合があるため非常に重要です。
2. 出力の分圧抵抗のセンターから FB ピンまでのトレースは短くし、ノイズ発生源から遠ざけてください。出力の厳密な安定化を必要とするアプリケーションについては、(電源トレースとは別の) 専用の検出用トレースを使って抵抗分圧回路のトップを出力に接続するように推奨します。
3. ショットキー・ダイオード  $D_1$  を使用する場合は、 $D_1$  を SW と PGND 両ピンに接続するトレースをできるだけ短くします。



Schematic for the Typical Board Layout

## 外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



## 16-Lead TSSOP (MTC)

For ordering, refer to Ordering Information Table  
See NS Package Number MTC16

ナショナルは記述したいかなる回路についても、その使用に関して責任を負うものではありません。特許の使用許諾を与えることを意味するものではありません。ナショナルは当該回路および仕様を任意の時点で予告なく変更する権利を有します。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。

## 生命維持装置への使用について

弊社の製品はナショナル セミコンダクター社の書面による許可なくしては、生命維持用の装置またはシステム内の重要な部品として使用することはできません。

- 生命維持用の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。

## 禁止物質不使用に関する適合

ナショナル セミコンダクターの製品および梱包材料は、CSP-9-111C2規格 (Customer Products Stewardship Specification)、CSP-9-111S2規格 (Banned Substances and Materials of Interest Specification) の規約に準拠しており、CSP-9-111S2 に定義された禁止物質を使用しておりません。

## 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。

その他のお問い合わせはフリーダイヤルをご利用ください。

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

フリーダイヤル 0120-666-116