

# LM2653

*LM2653 1.5A High Efficiency Synchronous Switching Regulator*



Literature Number: JAJ662

## LM2653

### 1.5A 高効率同期整流型スイッチング・レギュレータ

#### 概要

LM2653 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、LM2653 は、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。LM2653 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 LM2653 をオフにし、電源電流 7 $\mu$ A 未満に低減できます。

この IC は、電力、制御、ドライブ関係のすべての機能を内蔵しています。IC 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。

IC 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。

保護機能には、サーマル・シャットダウン、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、サイクルごとの電流制限、出力オーバーボルテージおよびアンダーボルテージ・プロテクション機能があります。

#### 特長

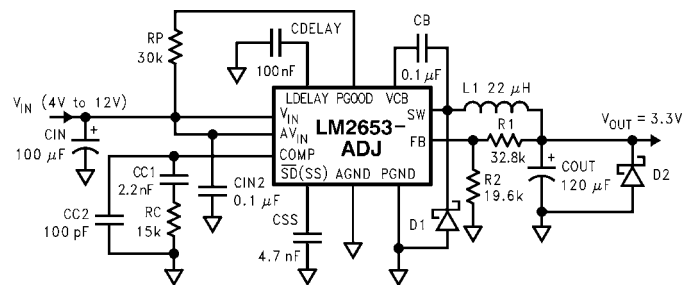
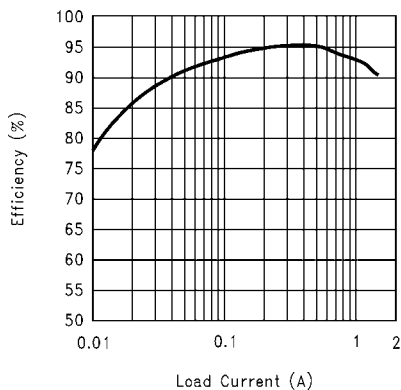
- 97%の効率
- 4V ~ 14V の入力電圧範囲
- 出力電圧は 1.5 ~ 5.0V の範囲で調整可能
- 0.1 のスイッチオン抵抗
- 300kHz 固定周波数発振器内蔵
- 7 $\mu$ A のシャットダウン電流
- 電流モード制御用電流検出特許機能
- 入力アンダーボルテージ・ロックアウト
- 出力オーバーボルテージ・シャットダウン保護
- 出力アンダーボルテージ・シャットダウン保護
- 調整可能なソフトスタート
- PGOOD デレイ調整可能
- 電流制限とサーマル・シャットダウン

#### アプリケーション

- ウェブパッド
- PDA
- コンピュータ周辺機器
- バッテリー給電型機器
- ノートパソコン・ビデオ用電源
- ハンドヘルド・スキャナ
- GXM I/O およびコア電圧
- 高効率 5V 変換

#### 代表的なアプリケーション

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



## 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。  
関連する電氣的信頼性試験方法の規格を参照ください。

入力電圧	15V
PGOOD ピン電圧	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
保存温度範囲	- 65 ~ + 150

リード温度

M パッケージ

ペーパー・フェーズ (60 秒)	215
赤外線 (15 秒)	220
最大接合部温度	150
ESD 耐圧	
人体モデル (Note 3)	1kV

## 動作定格 (Note 1)

電源電圧	4V $V_{IN}$ 14V
------	-----------------

## 電氣的特性

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 (Note 5)	Limit (Note 4)	Units
$V_{FB}$	Feedback Voltage	$I_{LOAD} = 900$ mA	1.238	<b>1.200</b> <b>1.263</b>	V V(min) V(max)
$V_{OUT}$	Output Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 12V $I_{LOAD} = 900$ mA	0.2		%
	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 10$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	1.3		%
	Output Voltage Load Regulation	$I_{LOAD} = 200$ mA to 1.5A $V_{IN} = 5V$	0.3		%
$V_{INUV}$	$V_{IN}$ Undervoltage Lockout Threshold Voltage	Rising Edge	3.8	<b>3.95</b>	V V(max)
$V_{UV\_HYST}$	Hysteresis for the Input Undervoltage Lockout		210		mV
$I_{CL}$	Switch Current Limit	$V_{IN} = 5V$ $V_{OUT} = 2.5V$	2.0	<b>1.55</b> <b>2.60</b>	A A(min) A(max)
$I_{SM}$	Sleep Mode Threshold Current	$V_{IN} = 5V$ , $V_{OUT} = 2.5V$	100		mA
$V_{HYST}$	Sleep Mode Feedback Voltage Hysteresis		24		mV
$I_Q$	Quiescent Current		1.7	<b>2.0</b>	mA mA(max)
		Shutdown Pin Pulled Low	7	<b>12/20</b>	$\mu$ A $\mu$ A(max)
$R_{DS(ON)}$	High-Side or Low-Side MOSFET ON Resistance	$I_{SWITCH} = 1A$	75	<b>130</b>	m $\Omega$ m $\Omega$ (max)
$R_{SW(ON)}$	High-Side or Low-Side Switch On Resistance (MOSFET ON Resistance + Bonding Wire Resistance)	$I_{SWITCH} = 1A$	110		m $\Omega$
$I_L$	Switch Leakage Current—High Side		130		nA
	Switch Leakage Current—Low Side		130		nA

## 電氣的特性 (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 (Note 5)	Limit (Note 4)	Units
$V_{BOOT}$	Bootstrap Regulator Voltage	$I_{BOOT} = 1 \text{ mA}$	6.75	6.45/ <b>6.40</b> 6.95/ <b>7.00</b>	V V(min) V(max)
$G_M$	Error Amplifier Transconductance		1250		$\mu\text{mho}$
$A_V$	Error Amplifier Voltage Gain		100		
$I_{EA\_SOURCE}$	Error Amplifier Source Current	$V_{IN} = 3.6V, V_{FB} = 1.17V, V_{COMP} = 2V$	40	<b>25/15</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{min})$
$I_{EA\_SINK}$	Error Amplifier Sink Current	$V_{IN} = 3.6V, V_{FB} = 1.31V, V_{COMP} = 2V$	65	<b>30</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{min})$
$V_{EAH}$	Error Amplifier Output Swing Upper Limit	$V_{IN} = 4V, V_{FB} = 1.17V$	2.70	<b>2.50/2.40</b>	V V(min)
$V_{EAL}$	Error Amplifier Output Swing Lower Limit	$V_{IN} = 4V, V_{FB} = 1.31V$	1.25	<b>1.35/1.50</b>	V V(max)
$V_D$	Body Diode Voltage	$I_{DIODE} = 1.5A$	1		V
$F_{OSC}$	Oscillator Frequency	Measured at Switch Pin $V_{IN} = 4V$	300	280/ <b>255</b> 330/ <b>345</b>	kHz kHz(min) kHz(max)
$D_{MAX}$	Maximum Duty Cycle	$V_{IN} = 4V$	95	<b>92</b>	% %(min)
$I_{SS}$	Soft-Start Current	Voltage at the SS Pin = 1.4V	11	<b>7</b> <b>14</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{min})$ $\mu\text{A}(\text{max})$
$V_{OUTUV}$	$V_{OUT}$ Undervoltage Lockout Threshold Voltage		81	<b>76</b> <b>84</b>	% $V_{OUT}$ % $V_{OUT}(\text{min})$ % $V_{OUT}(\text{max})$
	Hysteresis for $V_{OUTUV}$		5		% $V_{OUT}$
$V_{OUTOV}$	$V_{OUT}$ Overvoltage Lockout Threshold Voltage		108	<b>106</b> <b>114</b>	% $V_{OUT}$ % $V_{OUT}(\text{min})$ % $V_{OUT}(\text{max})$
	Hysteresis for $V_{OUTOV}$		3		% $V_{OUT}$
$I_{LDELAY\_SOURCE}$	LDELAY Pin Source Current		5		$\mu\text{A}$
$I_{PGOOD\_SINK}$	PGOOD Pin Sink Current	$V_{PGOOD} = 0.4V$		<b>15</b>	$\text{mA}(\text{max})$
$I_{PGOOD\_LEAKAGE}$	PGOOD Pin Leakage Current	$V_{PGOOD} = 5V$	50		nA
$I_{SHUTDOWN}$	Shutdown Pin Current	Shutdown Pin Pulled Low	2.2	0.8/ <b>0.5</b> 3.7/ <b>4.0</b>	$\mu\text{A}$ $\mu\text{A}(\text{min})$ $\mu\text{A}(\text{max})$
$V_{SHUTDOWN}$	Shutdown Pin Threshold Voltage	Rising Edge	0.6	<b>0.3</b> <b>0.9</b>	V V(min) V(max)
$T_{SD}$	Thermal Shutdown Temperature		165		$^{\circ}\text{C}$
$T_{SD\_HYST}$	Thermal Shutdown Hysteresis Temperature		25		$^{\circ}\text{C}$

**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示します。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、電氣的特性を参照してください。

電気的特性 (つづき)

**Note 2:** 最大許容消費電力は、 $P_{D\text{MAX}} = (T_{J\text{MAX}} - T_A) / \theta_{JA}$  の式を使用して計算します。 $T_{J\text{MAX}}$  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、 $T_{J\text{MAX}}$ 、 $T_A$ 、 $\theta_{JA}$  にそれぞれ 150、25、140 /W の値を代入して得たものです。 $\theta_{JA}$  の 140 /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。LM2653 は、接合部温度が約 165 に達するまで動作します。

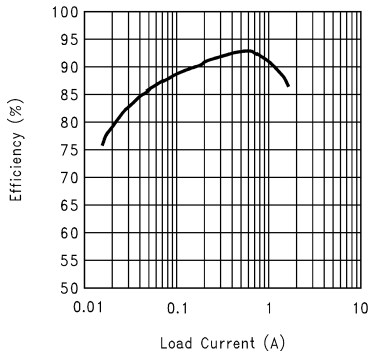
**Note 3:** 人体モデルは、100pF のコンデンサから 1.5 k を通じて各端子に放電します。

**Note 4:** Typ (標準) 値は最も標準的な値を表します。

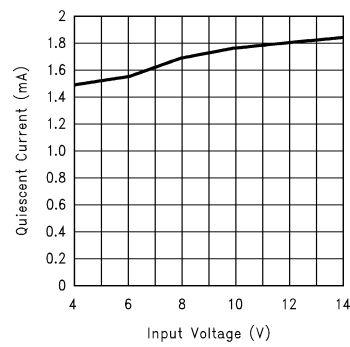
**Note 5:** Limit (リミット値) はすべて室温 (標準書体) および温度の上下限 (太字) で保証されます。室温のリミット値はすべて 100% 試験されています。温度の上下限におけるリミット値はすべて、標準の統計的品質管理 (SQC) 方式に従う相関を介して保証されます。平均出荷品質レベル (AOQL) の計算には、すべてのリミット値が使用されています。

代表的な性能特性

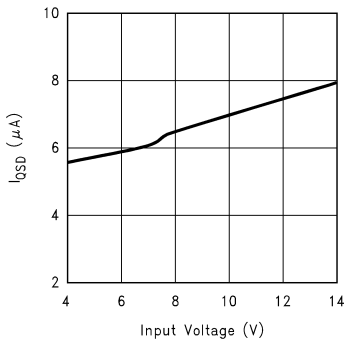
Efficiency vs Load Current  
( $V_{IN} = 5V, V_{OUT} = 2.5V$ )



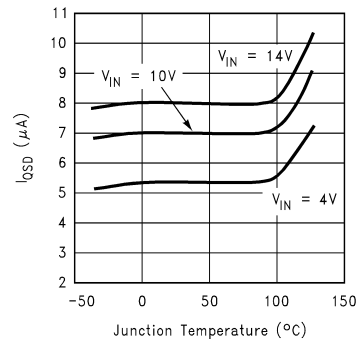
$I_Q$  vs  $V_{IN}$



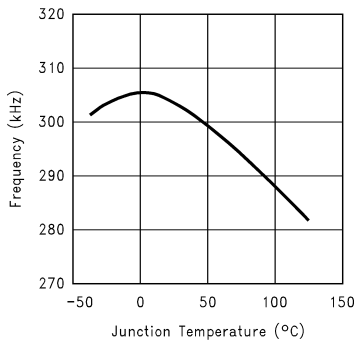
$I_{QSD}$  vs Input Voltage



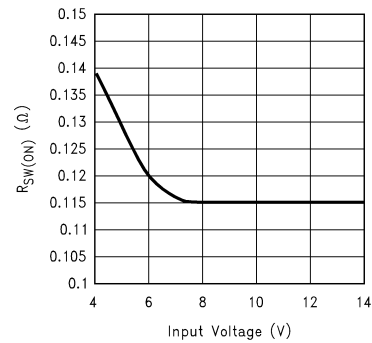
$I_{QSD}$  vs Junction Temperature



Frequency vs Junction Temperature

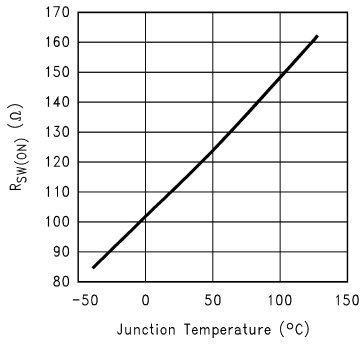


$R_{SW(ON)}$  vs Input Voltage

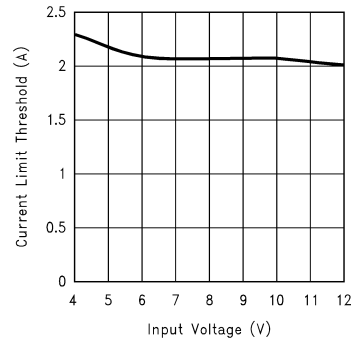


代表的な性能特性 (つづき)

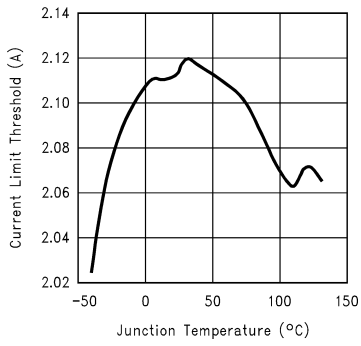
**$R_{SW(ON)}$  vs Junction Temperature**



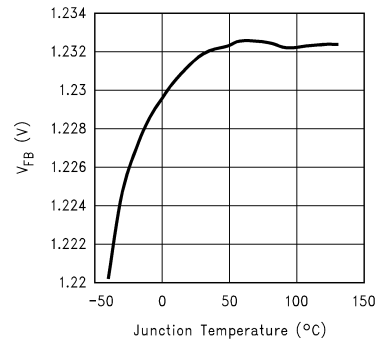
**Current Limit vs Input Voltage ( $V_{OUT} = 2.5V$ )**



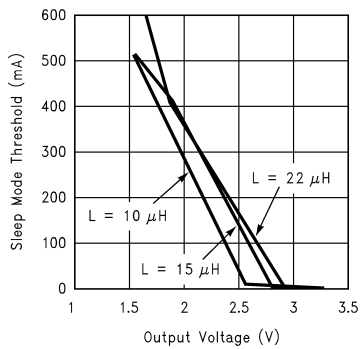
**Current Limit vs Junction Temperature ( $V_{OUT} = 2.5V$ )**



**Reference Voltage vs Junction Temperature**

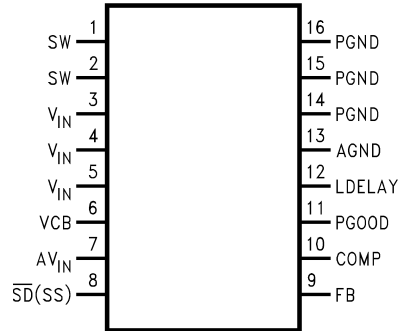


**Sleep Mode Threshold vs Output Voltage ( $V_{IN} = 5V$ )**



## ピン配置図

16-Lead TSSOP (MTC)



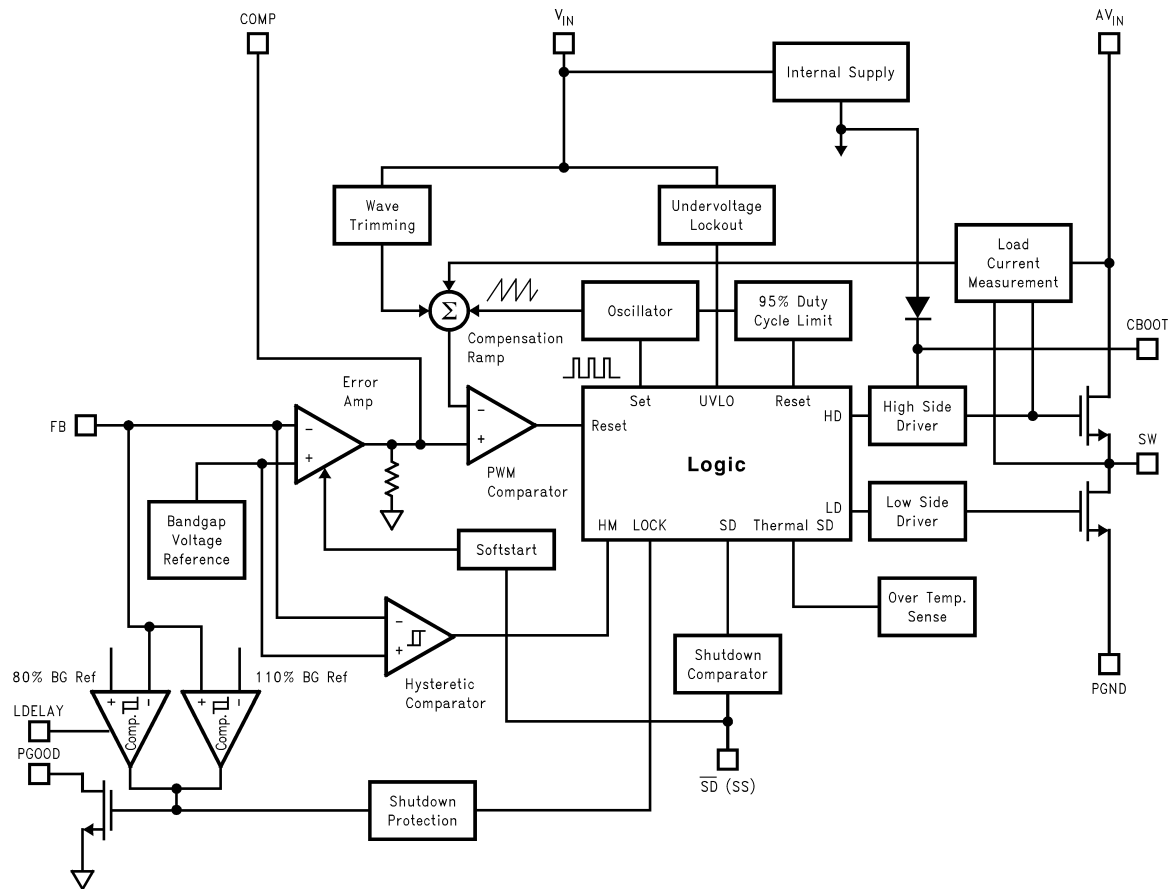
Top View

Order Number LM2653MTC-ADJ  
See NS Package Number MTC16

## 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・ノード。
3-5	V <sub>IN</sub>	メイン電源ピン。ハイサイド MOSFET のドレインに接続されています。
6	V <sub>CB</sub>	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	AV <sub>IN</sub>	制御およびドライバ回路用入力電圧。
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。このピンとグラウンド間に接続されるコンデンサによってソフトスタートを行っています。このソフトスタート機能により、入力電流を制御できます。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ます。
11	PGOOD	出力電圧を常時監視します。出力電圧が公称値の 110%を超えるか、80%以下に低下すると LOW になります。
12	LDELAY	このピンとグラウンドの間に接続したコンデンサにより、出力電圧がその公称値の 80%に達した時点から、アンダーボルテージ・ラッチ保護機能がイネーブルになり、PGOOD ピンが LOW になるまでの遅延時間が決まります。
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。

## ブロック図



## 動作

LM2653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ー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ールドより先低下すると、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、LM2653 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・スレッシュホー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・スレッシュホールドに達するまで上昇し続け、このスレッシュホールドに達すると、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・バイ・サイクルの電流制限回路がハイサイド MOSFET をオフにします。第 2 レベルの電流制限はアンダーボルテージ保護機能により行われ、負荷により出力電圧がその公称値の 80% 以下に低下すると、アンダーボルテージ・ラッチ保護機能が一定時間停止します (この停止時間は LDELAY ピンに接続したコンデンサの容量によって決まります。詳細については、LDELAY コンデンサの項を参照してください)。この時間を経過しても出力電圧がまだその公称値の 80% 以下の場合には、ラッチ保護機能がイネーブルになります。ラッチ保護モードでは、ローサイド MOSFET がオンになり、ハイサイド MOSFET がオフになります。このラッチ保護機能は、出力電圧がオーバーボルテージ・スレッシュホールド (その公称値の 110%) を超えるとただちにイネーブルになります。これら両方の保護機能は、スタートアップ時にはオフになります (詳細については、ソフトスタート・コンデンサ、LDELAY コンデンサの項を参照してください)。入力電源電圧ピンまたはシャットダウン・ピンをオフ / オンすると、ラッチ保護モードが解除されます。



## 動作 (つぎ)

### PGOOD フラグ

PGOOD フラグは、オーバーボルテージ・ラッチ保護機能またはアンダーボルテージ・ラッチ保護機能がイネーブルになると、ただちにローになります。

### 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。

#### 入力コンデンサ

入力ピンとパワー・グラウンドとの間には、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に選択します。許容リップル電流は次式で求めます。

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

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できません。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、低温で使用でき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・モードの切替のために、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。

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

#### 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  $6.7\text{V}$  (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  $\overline{\text{SD}}$  (SS) ピンがプルダウンから解除されたとき、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。 $\overline{\text{SD}}$  (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。 $\overline{\text{SD}}$  (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。 $\overline{\text{SD}}$  (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。 $\overline{\text{SD}}$  (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。

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

スタートアップ時には、内部回路がソフトスタート電圧を監視します。ソフトスタート電圧が  $2\text{V}$  に達すると、オーバーボルテージ保護機能またはアンダーボルテージ保護機能がイネーブルになります。

ソフトスタート電圧が  $2\text{V}$  に達するまでに出力電圧が公称値の 80% を超えない場合は、アンダーボルテージ保護機能が働き、このデバイスをシャットダウンします。ソフトスタート・コンデンサの容量を大きくするか、LDELAY コンデンサを使用すると、この状態を回避できます。

#### LDELAY コンデンサ

動作の項で説明したように、LDELAY コンデンサにより、出力電圧がその公称値の 80% 以下になってからアンダーボルテージ・ラッチ保護機能がイネーブルになるまでの遅延時間が決まります。

$5 \mu\text{A}$  の電流源によって CDELAY を  $2\text{V}$  に充電すると、この遅延時間が設定されます。したがって、この遅延時間  $T_{DELAY}$  は  $C_{DELAY} * 2\text{V} / 5 \mu\text{A}$  により求めることができます。

LDELAY ピンをグラウンドに接続すると、アンダーボルテージ・ラッチ保護機能はディスエーブルになります。

## 設計手順 (つづき)

**R<sub>1</sub> と R<sub>2</sub> (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。

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

$V_{REF} = 1.238V$  です。

10k ~ 100k 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  $1/(2 ESR_{COUT})$  です。さらに、45kHz ~ 150kHz 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  $\mu \cdot H$  単位、 $V_{IN}$  と  $V_{OUT}$  は  $V$  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。

LM2653 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 80k 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 ( $G = 1$ ) における位相マージンを 45° より大きくします。

$C_{OUT}$  が 68  $\mu F$  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、 $C_{c1} = 2.2nF$ 、 $R_c = 15k$  が望ましい選択値です。ESRzero 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 10k より大きく選びます。

## 外付けショットキ・ダイオード

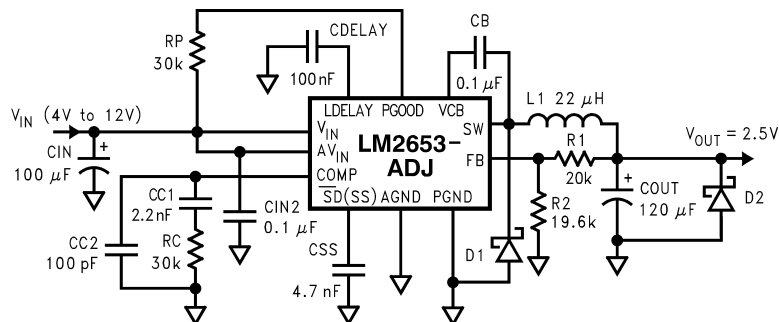
PWM 動作におけるデッドタイム中、およびヒステリシス・モード中に両サイド MOSFET がオフ状態にある時、ローサイド MOSFET のボディ・ダイオードの導通を防止するために、ショットキ・ダイオード  $D_1$  を使用することを推奨します。ボディ・ダイオードがオンした場合は、逆回復電流と高順方向電圧のためにボディ・ダイオードに余分な電力消費が生じます。また、ハイサイド MOSFET がターンオンする瞬間、大きなダイオード逆回復電流が流れるので、ハイサイド MOSFET のスイッチング・ロスも大きくなります。これらのロスのために、効率が 1 ~ 2%低下します。ショットキ・ダイオードによ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

$D_1$  のブレークダウン電圧定格は、最大入力電圧よりも 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。

## PCB レイアウトの考慮事項

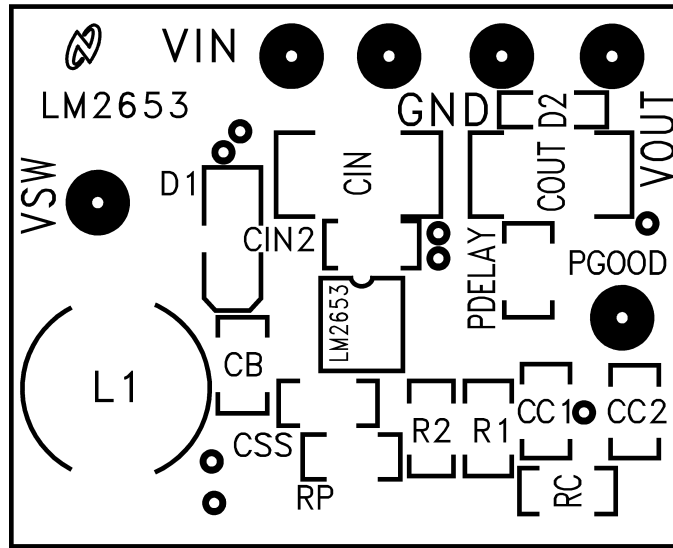
レイアウトは、ノイズの発生を抑え、規定の性能を達成するために非常に重要です。レイアウト上の重要なポイントを以下に示します。

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、過渡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・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。

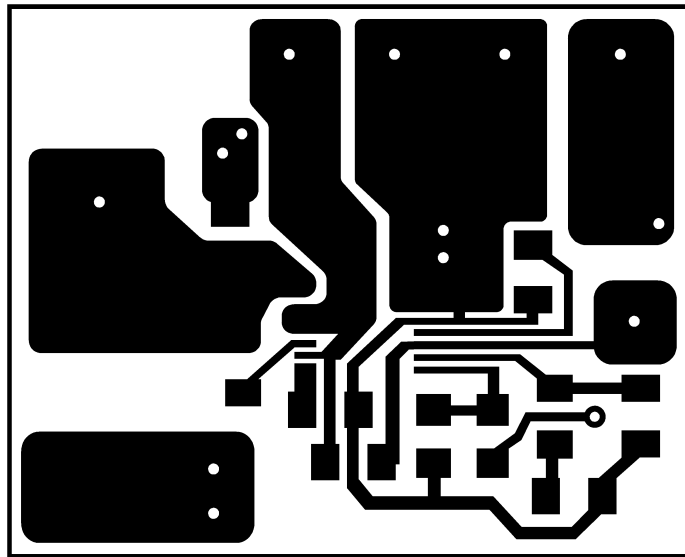


Schematic for the Typical Board Layout

Typical PC Board Layout: (2X Size)

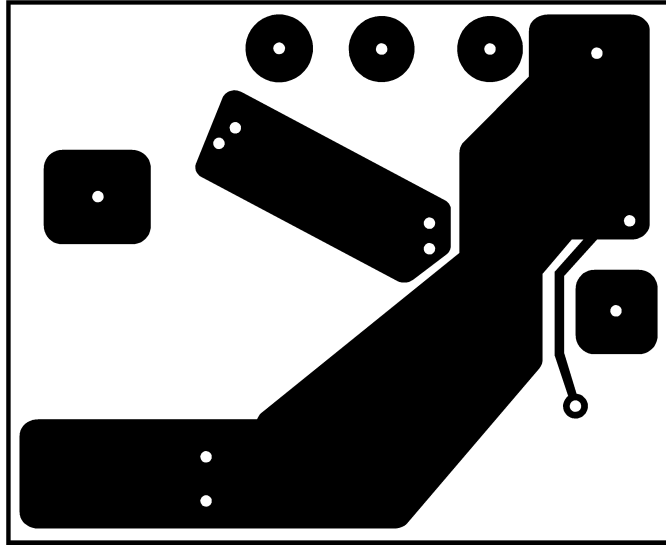


Component Placement Guide



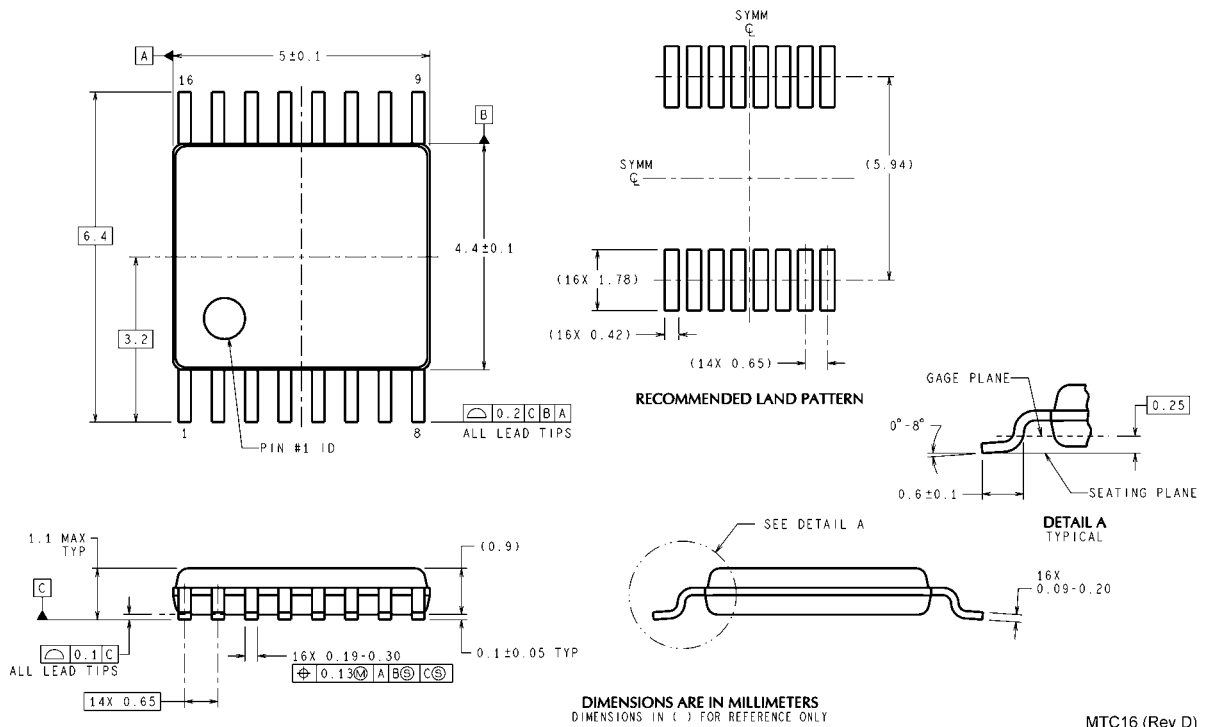
Component Side PC Board Layout

Typical PC Board Layout: (2X Size) (つづき)



Solder Side PC Board Layout

## 外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters) ( つづき)



16-Lead TSSOP (MTC)  
Order Number LM2653MTC-ADJ  
NS Package Number MTC16

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 © 2005 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おりません。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もいません。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もいません。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