

# LM3151,LM3152,LM3153

*LM3151/LM3152/LM3153 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> CONTROLLER, High Input Voltage  
Synchronous Step-Down*



Literature Number: JAJ5AY3

## LM3151/LM3152/LM3153

### SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 高入力電圧同期整流降圧型コントローラ

#### 概要

LM3151/2/3 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> コントローラは、一般的なアプリケーションで最大 12A を供給できる、回路設計の容易な降圧型電源コントローラです。6V から 42V の入力電圧範囲で動作し、出力電圧を 3.3V に固定し、スイッチング周波数は 250kHz、500kHz、750kHz に設定できます。同期整流アーキテクチャの採用により、高い変換効率を実現しています。独自のエミュレーテッド・リップル・モード (ERM) とコンスタント・オンタイム (COT) 方式を採用したことで低 ESR の出力コンデンサが使えるため、全体の回路サイズの削減と出力電圧リップルの抑制が図れます。コンスタント・オンタイム (COT) 制御方式によって、ループ補償の要らない高速な過渡応答を実現し、補償部品を外付けする必要はなく回路構成も単純です。

LM3151/2/3 は、サーマル・シャットダウン、アンダーボルテージ・ロックアウト、オーバーボルテージ保護、短絡保護回路、電流制限、出力電圧プリバイアス・スタートアップなどの保護機能を備えており、高信頼かつ堅牢な回路を実現します。

LM3151/2/3 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> のコンセプトは、できるだけ少ない部品とナショナル セミコンダクターの WEBENCH<sup>®</sup> オンライン設計ツールの利用で回路設計をし易くすることです。設計のすべてのプロセスをサポートする WEBENCH<sup>®</sup> は、新しく搭載された MOSFET セレクタを使った外付け部品定数の算出、電気特性シミュレーション、熱特性シミュレーション、プロトタイプ用の Build-It ボード (有償の試作ボード作成サービス) といった各機能で構成されています。

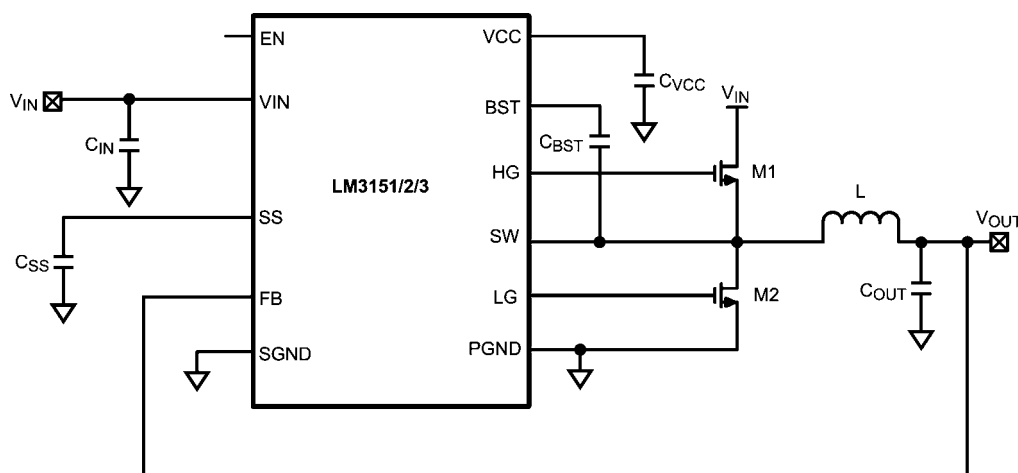
#### 特長

- PowerWise<sup>®</sup> 降圧型コントローラ
- 6V ~ 42V の広い入力電圧範囲
- 3.3V 固定出力電圧
- 250kHz/500kHz/750kHz の固定スイッチング周波数
- ループ補償不要
- WEBENCH<sup>®</sup> に完全対応
- わずかな外付け部品で構成可能
- コンスタント・オンタイム制御
- 超高速な過渡応答
- 低 ESR コンデンサで安定動作
- 出力電圧プリバイアス・スタートアップ
- バレー電流制限
- ソフトスタートを設定可能

#### 代表的なアプリケーション

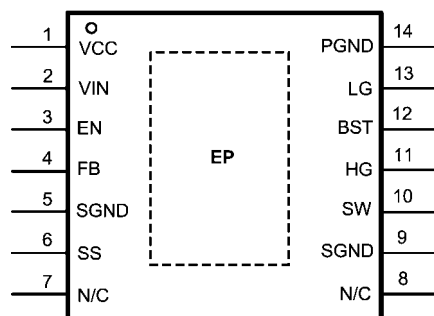
- テレコム
- ネットワーク機器
- ルータ
- セキュリティ監視装置
- 電源モジュール

#### 代表的なアプリケーション



SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> はナショナル セミコンダクターの登録商標です。

ピン配置図



eTSSOP-14

製品情報

Order Number	Package Type	NSC Package Drawing	Input Voltage Range	Output Voltage	Switching Frequency	Supplied As
LM3151MH-3.3	eTSSOP-14	MXA14A	6V - 42V	3.3V	250KHz	94 Units per Anti-Static Tube
LM3151MHE-3.3						250 Units in Tape and Reel
LM3151MHX-3.3						2500 Units in Tape and Reel
LM3152MH-3.3	eTSSOP-14	MXA14A	6V - 33V	3.3V	500KHz	94 Units per Anti-Static Tube
LM3152MHE-3.3						250 Units in Tape and Reel
LM3152MHX-3.3						2500 Units in Tape and Reel
LM3153MH-3.3	eTSSOP-14	MXA14A	8V - 18V	3.3V	750KHz	94 Units per Anti-Static Tube
LM3153MHE-3.3						250 Units in Tape and Reel
LM3153MHX-3.3						2500 Units in Tape and Reel

## ピン説明

ピン番号	記号	説明	機能
1	VCC	FET ドライバの電源電圧	公称値で 5.95V にレギュレートされています。このピンとグラウンドの間に 1 $\mu$ F から 2.2 $\mu$ F の範囲のデカップリング・コンデンサを接続してください。
2	VIN	デバイスの電源電圧入力	入力電圧範囲の公称値は 6V ~ 42V です。Vin の制限については「製品情報」を参照ください。
3	EN	イネーブル	デバイスをイネーブルにするには、代表値で 1.26V 以上の High 信号をこのピンに与えるか、開放のまま使用します。EN ピンをグラウンドに接続するとデバイスはディスエーブルされます。
4	FB	フィードバック	内部で、固定出力電圧を設定する分圧抵抗ネットワークに接続されています。このピンは過電圧状態や短絡状態などの出力電圧障害も検知します。
5,9	SGND	信号グラウンド	すべての内部バイアスとリファレンス回路のグラウンドです。PGND と一点アースで接続してください。
6	SS	ソフトスタート	ソフトスタート用に内部 7.7 $\mu$ A 電流源が外付けコンデンサを充電します。
7,8	N/C	未接続	内部で電気的に接続されていません。これらのピンはグラウンドに接続するか未接続状態のままにします。
10	SW	スイッチ・ノード	コントローラのスイッチ・ピン、およびハイゲート・ドライバの下側電圧レールです。このピンと BST ピンの間に昇圧コンデンサを接続します。
11	HG	ハイサイド・ゲート・ドライブ	ハイサイド NMOS スイッチ用のゲート・ドライブ信号です。ハイサイド・ゲート・ドライバには BST ピンと SW ピン間の差動電圧が与えられます。
12	BST	ブートストラップ・コンデンサの接続	ハイゲート・ドライバの上側電源レールです。SW ピンとこのピンの間に 0.33 $\mu$ F から 0.47 $\mu$ F の範囲のコンデンサを接続してください。コンデンサはハイサイド・スイッチのオフ時間中に内部ダイオードを介して充電されます。外部電源レールを接続してはなりません。
13	LG	ローサイド・ゲート・ドライブ	ローサイド NMOS スイッチ用のゲート・ドライブ信号です。ローサイド・ゲート・ドライバには VCC が与えられます。
14	PGND	電源グラウンド	同期整流 MOSFET のソース側接続端子です。電源用のグラウンド・パターンに接続します。SGND と一点アースで接続してください。
EP	EP	露出パッド	露出ダイ・アタッチ・パッドは SGND に直接接続してください。デバイスの放熱を助ける働きもあります。

**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。

V <sub>IN</sub> と GND 間	- 0.3V ~ 47V
SW と GND 間	- 3V ~ 47V
BST と SW 間	- 0.3V ~ 7V
BST と GND 間	- 0.3V ~ 52V
上記以外の入力ピン ~ GND 間	- 0.3V ~ 7V

**ESD 定格** (Note 2)

2kV

保存周囲温度範囲

- 65 ~ + 150

**動作定格** (Note 1)

V <sub>IN</sub>	6V ~ 42V
接合部温度 (T <sub>J</sub> )	- 40 ~ + 125
EN	0V ~ 5V

**電気的特性**

標準字体で記載されたりミット値は T<sub>J</sub> = 25 の場合に限りです。太字で記載されたりミット値は - 40 から + 125 の接合部温度 (T<sub>J</sub>) 範囲で適用されます。最小リミット値および最大リミット値は、試験、設計、または統計上の相関関係により保証されています。代表値 (typ) は T<sub>J</sub> = 25 における最も標準的と考えられる値を表し、参考用としてのみ表示するものです。特記のない限り、次の条件が適用されます。V<sub>IN</sub> = 18V。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>Start-Up Regulator, VCC</b>						
V <sub>CC</sub>		C <sub>VCC</sub> = 1 μF, 0 mA to 40 mA	<b>5.65</b>	5.95	<b>6.25</b>	V
V <sub>IN</sub> - V <sub>CC</sub>	V <sub>IN</sub> - V <sub>CC</sub> Dropout Voltage	I <sub>VCC</sub> = 2 mA, V <sub>in</sub> = 5.5V		40		mV
		I <sub>VCC</sub> = 30 mA, V <sub>in</sub> = 5.5V		330		
I <sub>VCC</sub> L	V <sub>CC</sub> Current Limit (Note 3)	V <sub>CC</sub> = 0V	<b>65</b>	100		mA
V <sub>CC</sub> UVLO	V <sub>CC</sub> Under-voltage Lockout threshold (UVLO)	V <sub>CC</sub> Increasing	<b>4.75</b>	5.1	<b>5.40</b>	V
V <sub>CC</sub> -UVLO-HYS	V <sub>CC</sub> UVLO Hysteresis	V <sub>CC</sub> Decreasing		475		mV
t <sub>CC</sub> -UVLO-D	V <sub>CC</sub> UVLO Filter Delay			3		μs
I <sub>IN</sub>	Input Operating Current	No Switching		3.6	<b>5.2</b>	mA
I <sub>IN</sub> -SD	Input Operating Current, Device Shutdown	V <sub>EN</sub> = 0V		32	<b>55</b>	μA
<b>GATE Drive</b>						
I <sub>Q</sub> -BST	Boost Pin Leakage	V <sub>BST</sub> - V <sub>SW</sub> = 6V		2		nA
R <sub>DS</sub> -HG-Pull-Up	HG Drive Pull-Up On-Resistance	I <sub>HG</sub> Source = 200 mA		5		Ω
R <sub>DS</sub> -HG-Pull-Down	HG Drive Pull-Down On-Resistance	I <sub>HG</sub> Sink = 200 mA		3.4		Ω
R <sub>DS</sub> -LG-Pull-Up	LG Drive Pull-Up On-Resistance	I <sub>LG</sub> Source = 200 mA		3.4		Ω
R <sub>DS</sub> -LG-Pull-Down	LG Drive Pull-Down On-Resistance	I <sub>LG</sub> Sink = 200 mA		2		Ω
<b>Soft-Start</b>						
I <sub>SS</sub>	SS Pin Source Current	V <sub>SS</sub> = 0V	<b>5.9</b>	7.7	<b>9.5</b>	mA
I <sub>SS</sub> -DIS	SS Pin Discharge Current			200		μA
<b>Current Limit</b>						
V <sub>CL</sub>	Current Limit Voltage Threshold		175	200	225	mV
<b>ON/OFF Timer</b>						
t <sub>ON</sub> -MIN	ON Timer Minimum Pulse Width			200		ns
t <sub>OFF</sub>	OFF Timer Minimum Pulse Width			370	<b>525</b>	ns
<b>Enable Input</b>						
V <sub>EN</sub>	EN Pin Input Threshold Trip Point	V <sub>EN</sub> Rising	<b>1.14</b>	1.20	<b>1.26</b>	V
V <sub>EN</sub> -HYS	EN Pin threshold Hysteresis	V <sub>EN</sub> Falling		120		mV

## 電氣的特性 (つづき)

標準字体で記載されたりミット値は  $T_J = 25$  の場合に限り、太字で記載されたりミット値は  $-40$  から  $+125$  の接合部温度 ( $T_J$ ) 範囲で適用されます。最小リミット値および最大リミット値は、試験、設計、または統計上の相関関係により保証されています。代表値 (typ) は  $T_J = 25$  における最も標準的と考えられる値を表し、参考用としてのみ表示するものです。特記のない限り、次の条件が適用されます。  $V_{IN} = 18V$ 。

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
<b>Boost Diode</b>						
$V_f$	Forward Voltage	$I_{BST} = 2 \text{ mA}$		0.7		V
		$I_{BST} = 30 \text{ mA}$		1		V
<b>Thermal Characteristics</b>						
$T_{SD}$	Thermal Shutdown	Rising		165		$^{\circ}\text{C}$
	Thermal Shutdown Hysteresis	Falling		15		$^{\circ}\text{C}$
$\theta_{JA}$	Junction to Ambient	4 Layer JEDEC Printed Circuit Board, 9 Vias, No Air Flow		40		$^{\circ}\text{C/W}$
		2 Layer JEDEC Printed Circuit Board, No Air Flow		140		
$\theta_{JC}$	Junction to Case	No Air Flow		4		$^{\circ}\text{C/W}$

## 3.3V Output Option

Symbol	Parameter	Conditions	Min	Typ	Max	Units
$V_{OUT}$	Output Voltage		<b>3.234</b>	3.3	<b>3.366</b>	V
$V_{OUT-OV}$	Output Voltage Over-Voltage Threshold		<b>3.83</b>	4.00	<b>4.17</b>	V
$V_{IN-MAX}$	Maximum Input Voltage (Note 4)	LM3151-3.3		42		V
		LM3152-3.3		33		
		LM3153-3.3		18		
$V_{IN-MIN}$	Minimum Input Voltage (Note 4)	LM3151-3.3		6		V
		LM3152-3.3		6		
		LM3153-3.3		8		
$f_S$	Switching Frequency	LM3151-3.3, $R_{ON} = 115 \text{ k}\Omega$		250		kHz
		LM3152-3.3, $R_{ON} = 51 \text{ k}\Omega$		500		
		LM3153-3.3, $R_{ON} = 32 \text{ k}\Omega$		750		
$t_{ON}$	On-Time	LM3151-3.3, $R_{ON} = 115 \text{ k}\Omega$		730		ns
		LM3152-3.3, $R_{ON} = 51 \text{ k}\Omega$		400		
		LM3153-3.3, $R_{ON} = 32 \text{ k}\Omega$		330		
$R_{FB}$	FB Resistance to Ground			566		$\text{k}\Omega$

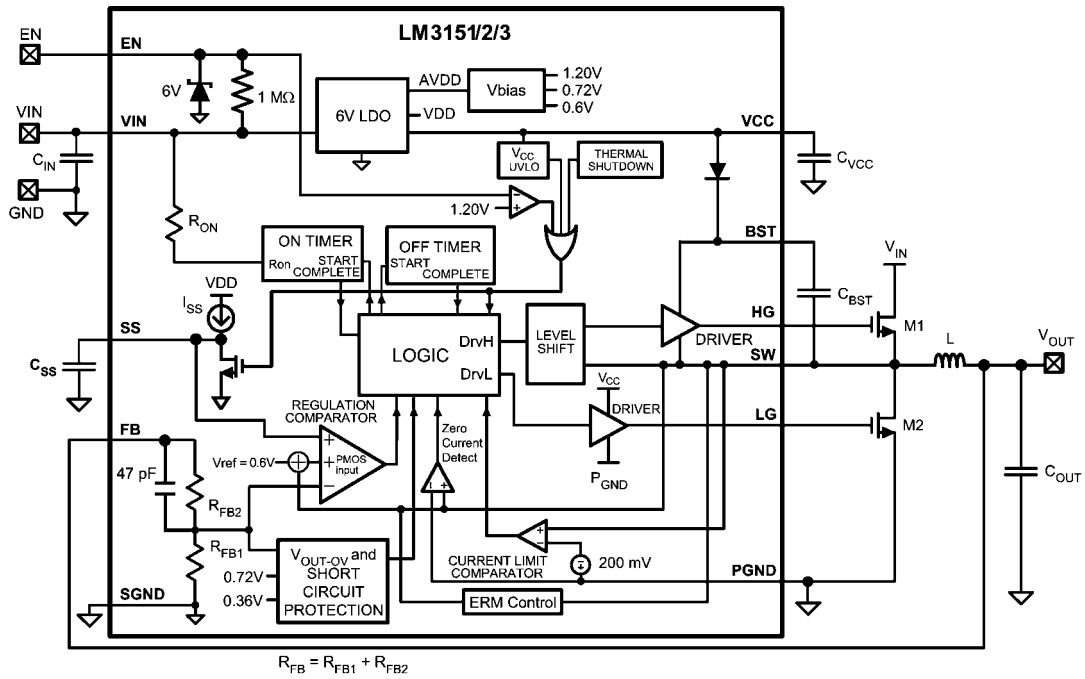
**Note 1:** 「絶対最大定格」は、それらを超えると、デバイスが破壊される可能性があるリミット値を示します。「動作定格」とは IC が機能する条件をいいますが、性能の規格値を保証するものではありません。仕様および試験条件の保証値に関しては「電氣的特性」を参照ください。

**Note 2:** 人体モデルでは、100pF のコンデンサから 1.5k の抵抗を通じて各ピンに放電させます。試験は JESD22-A114 に基づいて行います。

**Note 3:** VCC は、内部のゲート駆動回路および制御回路の自己バイアスを供給します。デバイスの熱制限回路が外部の負荷を制限します。

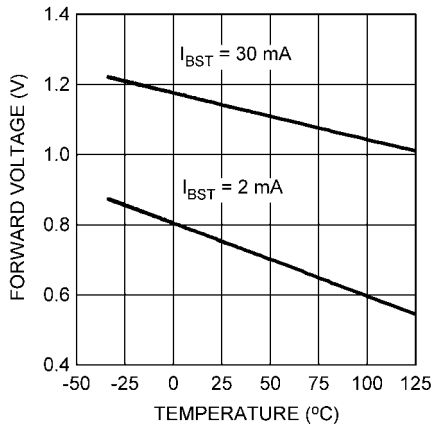
**Note 4:** 入力電圧範囲は、最小オン時間、オフ時間、したがって周波数に依存します。また、最適化された MOSFET の選択の影響も受けます。

ブロック図

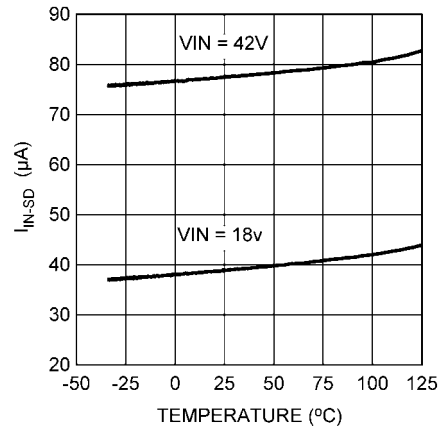


代表的な性能特性

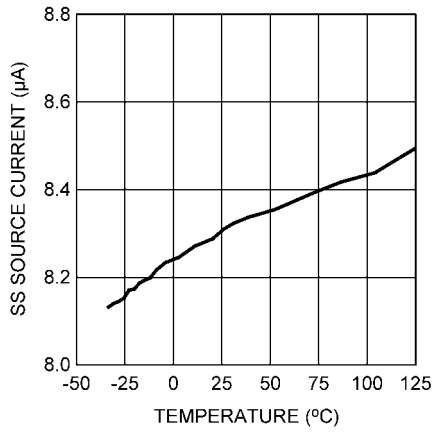
**Boost Diode Forward Voltage vs. Temperature**



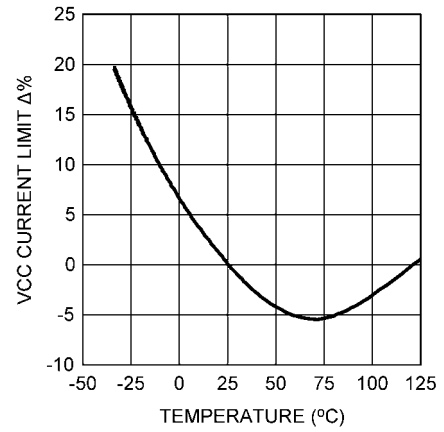
**Quiescent Current vs. Temperature**



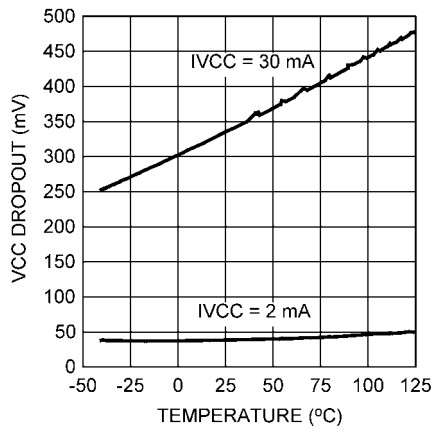
**Soft-Start Current vs. Temperature**



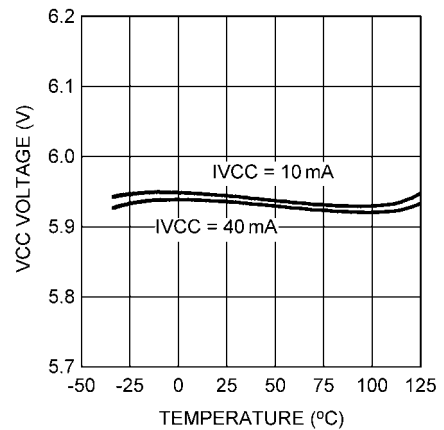
**VCC Current Limit vs. Temperature**



**VCC Dropout vs. Temperature**



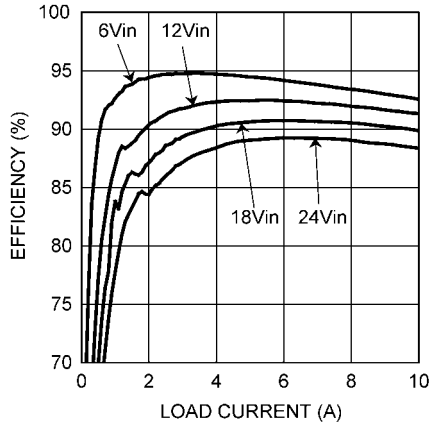
**VCC vs. Temperature**



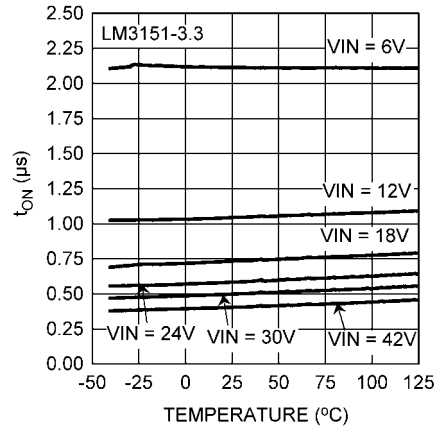


代表的な性能特性 (つづき)

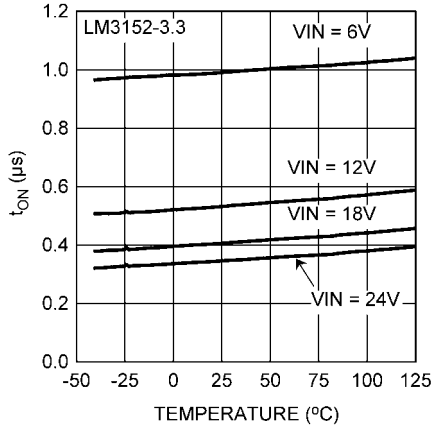
VCL vs. Temperature



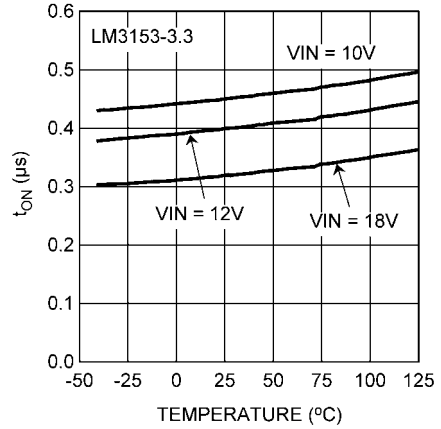
On-Time vs. Temperature (250 kHz)



On-Time vs. Temperature (500 kHz)



On-Time vs. Temperature (750 kHz)



## 動作原理

LM3151/2/3 は、ヒステリシス制御方式の派生方式のひとつであるコンスタント・オンタイム (COT) 方式を採用した、同期整流降圧型 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> コントローラです。COT ではスイッチのオン時間を一定にして出力をレギュレーションします。ハイサイド・スイッチのオン時間は内部抵抗  $R_{ON}$  によって設定されます。LM3151/2/3 は入力電圧に反比例してオン時間を自動的に調節することにより、一定のスイッチング周波数になります。理想的なシステムと 1V をはるかに超える  $V_{IN}$  を仮定すると、次の近似式が成り立ちます。

オン時間  $t_{ON}$  は、

$$t_{ON} = \frac{K \times R_{ON}}{V_{IN}}$$

ここで、 $K = 100\text{pC}$  と  $R_{ON}$  は電気的特性に規定されています。

出力電圧帰還 (FB) を減衰させ、内部リファレンス電圧 0.6V と比較し、コンパレータとオン・タイムでレギュレーションを制御します。FB レベルがリファレンス電圧よりも低い場合、入力電圧と内部抵抗  $R_{ON}$  によって決まる一定時間  $t_{ON}$  にわたってハイサイド・スイッチをターンオンします。オン期間が終わると、電気的特性の表記載の最小オフ時間  $t_{OFF}$  が経過するか、減衰させた FB 電圧が 0.6V を下回るまでスイッチはオフを維持します。このような連続スイッチング動作を繰り返してレギュレーションを維持します。連続モード (CCM) 中のスイッチング周波数は、デューティ・サイクルとオン時間のみで決まります。デューティ・サイクルは次の式で求めます。

$$D = \frac{t_{ON}}{t_{ON} + t_{OFF}} = t_{ON} \times f_s \approx \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

ここで、COT レギュレータのスイッチング周波数は、

$$f_s = \frac{V_{OUT}}{K \times R_{ON}}$$

一般的な COT ヒステリシス・コントローラは、適切なスイッチング動作と効率的なレギュレーションを維持するためには FB ピンにリップルが存在していなければならず、高 ESR の出力コンデンサを使用して必要なリップル量を確保しなければなりません。LM3151/2/3 は、独自のエミュレートッド・リップル・モード (ERM) 制御方式を採用しているため、追加の ESR (等価直列抵抗) で補償しなくてもセラミック出力コンデンサが使用できます。高 ESR の出力コンデンサが不要になるほか、一般的なヒステリシス制御方式に現れるような大きな出力電圧リップルは発生しません。出力リップル電圧は電圧モード制御方式あるいは電流モード制御方式と同等のリップル・レベルになります。

## レギュレーション・コンパレータ

FB ピンを通してサンプリングされた出力電圧は、2つの内部抵抗で分圧され、誤差アンプによって内部リファレンス電圧 0.6V と比較されます。通常の動作では、誤差アンプ入力のサンプリングされた出力電圧が 0.6V を下回るとオン時間の期間が開始されます。ハイサイド・スイッチは規定のオン期間にわたって動作を維持し、その結果、誤差アンプ入力のサンプリング電圧は 0.6V 以上に上昇します。オン期間経過後、ハイサイド・スイッチは以下のいずれかが経過するまでオフの状態を続けます。

- 1) 電気的特性の表に規定された最小オフ時間
- 2) 誤差アンプのサンプリングされた電圧が 0.6V を下回ったとき

## オーバーボルテージ・コンパレータ

突発的な入力ライン電圧の変動あるいは出力負荷の変化によるオーバーボルテージ状態から出力を保護するために、LM3151/2/3 はオーバーボルテージ・コンパレータを搭載しています。オーバーボルテージ・コンパレータは内部分圧された FB ピンの電圧を連続的にモニタし内部リファレンス電圧 0.72V と比較します。FB ピンの電圧が上昇して 0.72V を超えると、オン時間パルスは即座に終了します。入力電圧または出力負荷が突然変化したときにこのような状態になる可能性があります。オーバーボルテージ保護がアクティブになると、減衰させた FB 電圧が 0.72V を下回るまで、HG 信号と LG 信号はオフを維持します。

## 電流制限

オフ時間中の電流制限検出は、ローサイドのスイッチを流れる電流を監視することで実行されます。オフ時間中にローサイド・スイッチの電流がユーザー定義の電流リミット値を超えた場合、次のオン・サイクルを即座に終了します。電流値はローサイド FET の両端電圧と 200mV の内部リファレンス電圧値  $V_{CL}$  とを比較します。ローサイド FET 両端電圧が 200mV を超えている場合、電流リミット・コンパレータがロジックをトリガし、次のオン・サイクルを終結します。電流制限  $I_{CL}$  は次の式で決まります。

$$V_{CL}(T_j) = V_{CL} \times [1 + 3.3 \times 10^{-3} \times (T_j - 27)]$$

$$I_{CL}(T_j) = \frac{V_{CL}(T_j)}{R_{DS(ON)max}}$$

ここで、 $I_{OCL}$  はユーザー定義の平均出力電流リミット値、 $R_{DS(ON)max}$  は見込まれる最大接合部温度でのローサイド FET のオン抵抗値、 $V_{CL}$  は内部電流制限リファレンス電圧、 $T_j$  は LM3151/2/3 の接合部温度です。

Figure 1 にインダクタ電流の波形を示します。通常動作中は FET のスイッチングによって出力電流にリップルが発生します。ローサイド・スイッチを流れる電流  $I_{valley}$  を各スイッチング・サイクルの終了時点でサンプルし、電流制限スレッシュホールド電圧  $V_{CL}$  と比較します。バレー電流は次の式で求めます。

$$I_{valley} = I_{OUT} - \frac{\Delta I_L}{2}$$

ここで、 $I_{OUT}$  は平均出力電流、 $I_L$  はインダクタ・リップル電流のピーク・ツー・ピーク値です。

過負荷状態が発生すると、ローサイド・スイッチを流れる電流が増大し、次のオン・サイクルをスキップするように電流リミット・コンパレータがトリガされます。続いてデバイスは各オフ期間中にバレー電流を確認しながら復帰を試みます。バレー電流が  $I_{CL}$  よりも等しいか大きい場合、インダクタ電流がさらに下がるまで、デバイスはローサイド FET をオンに維持します。

負荷電流にかかわらずすべてのプロセスを通じてコントローラのオン時間は一定に保たれるので、リップル電流の正の傾きは変わりません。各オン期間中に電流は次の式に等しい大きさに増加します。

$$\Delta I = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times t_{ON}}{L}$$

バレー電流リミット機能によって、過負荷状態が発生するとインダクタ電流は強制的に低下するため、伝搬遅延またはインダクタ飽和を原因とする電流暴走状態が回避されず。

## 電流制限 (つづき)

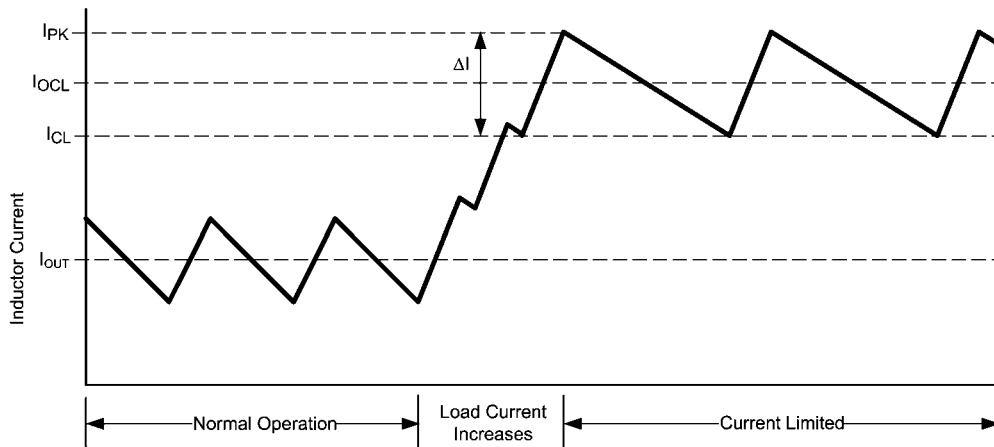


FIGURE 1. Inductor Current - Current Limit Operation

## 短絡保護回路

LM3151/2/3 は出力電圧をモニタして出力の短絡状態を検出します。内部分圧された出力電圧がリファレンス電圧の 60% 以下、すなわち  $V_{ref} \times 0.6$  (およそ 0.36V) 以下に下がると、短絡モード動作が始まります。短絡動作中は SS ピンを放電するため出力電圧は 0V に低下します。次に SS ピン電圧  $V_{SS}$  は、0.7V に達するまで、SS コンデンサと  $I_{SS}$  で決まるレートで上昇します。この再上昇期間中も短絡障害状態が依然として存在する場合は、出力電流は設定された電流制限値に等しい値に抑えられます。ソフトスタート電圧が 0.7V に到達すると出力電圧を再びセンスし、減衰させた  $V_{FB}$  が依然として  $V_{ref} \times 0.6$  以下であれば SS ピンを再び放電し、短絡障害が除去されるまで以上のサイクルを繰り返します。

## ソフトスタート

ソフトスタート (SS) 機能は、レギュレータを安定状態の動作点に緩やかに到達させるとともに、スタートアップ時のストレスおよび突入電流を軽減します。ターンオン時に VCC がアンダーボルテージ・スレッシュホールドを下回っている間、SS ピンは内部でグラウンドに接続され  $V_{OUT}$  は 0V に維持されます。 $V_{FB}$  は SS コンデンサによって 0V からその最終値である、内部抵抗分圧回路によって設定された電圧へと緩やかに上昇していきます。ソフトスタート・コンデンサの容量を変更することでスタートアップの時間を設定できます。スタートアップ時間は次の式で求めます。

$$t_{SS} = \frac{V_{ref} \times C_{SS}}{I_{SS}}$$

ここで、 $t_{SS}$  の単位は秒、 $V_{ref}$  は 0.6V、 $I_{SS}$  はソフトスタート・ピンのソース電流で代表値で  $7.7 \mu A$  です (「電気的特性」の表を参照)。

VCC がアンダーボルテージ・ロックアウト・スレッシュホールドを下回った場合、サーマル・シャットダウンが発生した場合、あるいは EN ピンがグラウンドに接続された場合に、内部スイッチが SS ピンをグラウンドに接続します。外部制御スイッチを使用して SS をグラウンドに接続すると出力電圧をシャットオフできます。

LM3151/2/3 はスタートアップ中はダイオード・エミュレーション・モードで動作します。ローサイド・ゲートをターンオフし、インダクタ電流がゼロのときにオフを維持する動作です。ダイオード・エミュレーション・モードによって、スタートアップ時のプリバイアス状態においても起動が可能になります。ソフトスタート・ピン電圧が 0.7V を上回ると LM3151/2/3 は連続モードで動作を続けます。ダイオード・エミュレーション・モードは電流リミット状態で、インダクタ電流がオフのときにローサイド・ゲートのオフを維持します。

ソフトスタート時間は以下の式で示される上昇時間よりも長くなければなりません。

$$t_{SS} > (V_{OUT} \times C_{OUT}) / (I_{OCL} - I_{OUT})$$

## イネーブル/シャットダウン

EN ピンにはプルアップ抵抗が内蔵されているため開放のまま使用するか、1.26V 以上のロジック High 信号を印加すると、デバイスはイネーブルになります。LM3151/2/3 は外部からシャットダウンするには EN ピンを 1.02V 以下に下げます。 $V_{EN}$  が 0.4V 以下のときは低待機時電流シャットダウンになります。低待機時電流シャットダウン中は内蔵バイアス回路はオフになります。

LM3151/2/3 は、オーバーボルテージ保護、電流制限、アンダーボルテージ・ロックアウト、サーマル・シャットダウンなどの障害状態が発生するとシャットダウンに移行します。シャットダウン中はソフトスタート・コンデンサを放電します。障害状態が排除されるとソフトスタート・コンデンサの充電が始まり、デバイスは通常の制御のシーケンスでスタートアップします。EN ピンにオープン・ドレインを接続する場合は 1000pF のバイパス・コンデンサを追加してください。EN ピンのノイズを吸収して予期せぬディスエーブル動作を防ぎます。

## 熱保護回路

LM3151/2/3は最大接合部温度定格を超えない範囲で動作させなければなりません。内部のサーマル・シャットダウン回路は165 (typ)でアクティブになり、降圧スイッチとオン・タイマをディスエーブルにしてコントローラを低消費電力状態に置くとともに、SSピンをグラウンドに落とします。この機能は、デバイスが誤って過熱状態になることで甚大な障害が発生するのを防ぐのに役立ちます。接合部温度が150以下に下がるとSSピンが解放され通常動作を再開します。

## 設計ガイドライン

この設計ガイドラインではLM3151/2/3 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> コントローラの設計に必要な式を説明します。設計プロセスをより簡単かつ確実に進めるために、WEBENCH<sup>®</sup> デザイン・ツールを併用する方法や、このセクションの代わりにWEBENCH<sup>®</sup>だけを使う方法もあります。

### 1. 電源の動作条件を定義する

- DC 入力電圧の最高値および最低値
- 通常動作中の最大予測負荷電流

### c. 目標とするスイッチング周波数

### 2. 使用する IC コントローラを決定する

想定する入力電圧範囲によって、選択する LM3151/2/3 コントローラのバージョンが決まります。高いスイッチング周波数を選択すると、物理的に小さいサイズのインダクタを使用できますが、効率は低下する可能性があります。

### 3. Figure 2 を使って必要なインダクタを決定する

以下の表を使う前に、インダクタの  $V \cdot \mu s$  係数 ET を次の式から求めます。

$$ET = (V_{inmax} - V_{OUT}) \times \frac{V_{OUT}}{V_{inmax}} \times \frac{1000}{f_s} (V \times \mu s)$$

ここで、 $f_s$  の単位は kHz です。負荷電流と  $V \cdot \mu s$  とのグラフ上での交点から回路に適したインダクタが分かります。また、Table 1 に使用できる部品例を示します。グラフを使ったこの計算ツールと WEBENCH<sup>®</sup> を用いることで、回路に必要な部品の要件がすべて得られます。

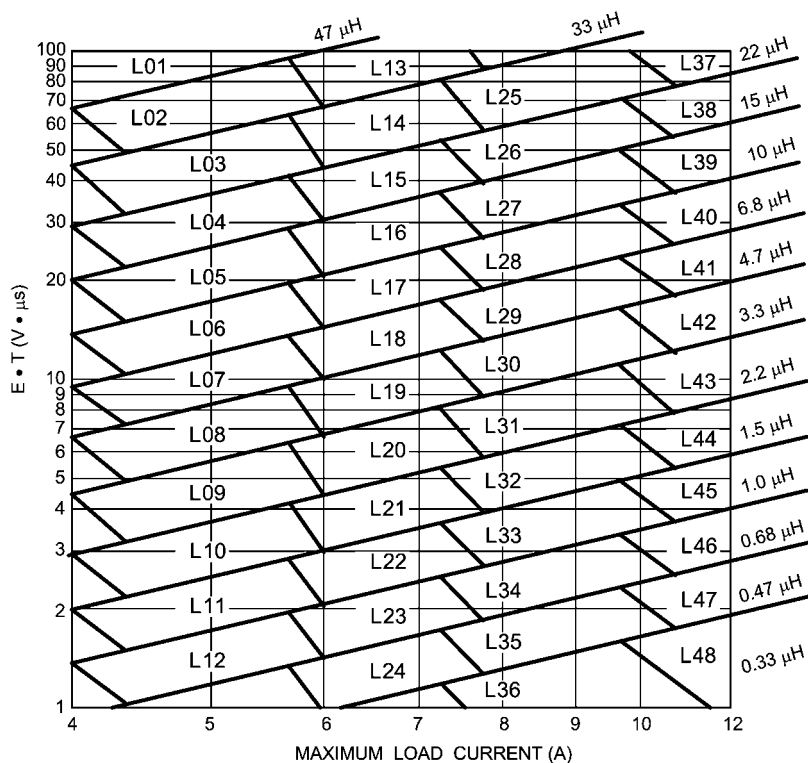


FIGURE 2. Inductor Nomograph

## 設計ガイドライン (つづき)

TABLE 1. Inductor Selection Table

Inductor Designator	Inductance ( $\mu\text{H}$ )	Current (A)	Part Name	Vendor
L01	47	7-9		
L02	33	7-9	SER2817H-333KL	COILCRAFT
L03	22	7-9	SER2814H-223KL	COILCRAFT
L04	15	7-9	7447709150	WURTH
L05	10	7-9	RLF12560T-100M7R5	TDK
L06	6.8	7-9	B82477-G4682-M	EPCOS
L07	4.7	7-9	B82477-G4472-M	EPCOS
L08	3.3	7-9	DR1050-3R3-R	COOPER
L09	2.2	7-9	MSS1048-222	COILCRAFT
L10	1.5	7-9	SRU1048-1R5Y	BOURNS
L11	1	7-9	DO3316P-102	COILCRAFT
L12	0.68	7-9	DO3316H-681	COILCRAFT
L13	33	9-12		
L14	22	9-12	SER2918H-223	COILCRAFT
L15	15	9-12	SER2814H-153KL	COILCRAFT
L16	10	9-12	7447709100	WURTH
L17	6.8	9-12	SPT50H-652	COILCRAFT
L18	4.7	9-12	SER1360-472	COILCRAFT
L19	3.3	9-12	MSS1260-332	COILCRAFT
L20	2.2	9-12	DR1050-2R2-R	COOPER
L21	1.5	9-12	DR1050-1R5-R	COOPER
L22	1	9-12	DO3316H-102	COILCRAFT
L23	0.68	9-12		
L24	0.47	9-12		
L25	22	12-15	SER2817H-223KL	COILCRAFT
L26	15	12-15		
L27	10	12-15	SER2814L-103KL	COILCRAFT
L28	6.8	12-15	7447709006	WURTH
L29	4.7	12-15	7447709004	WURTH
L30	3.3	12-15		
L31	2.2	12-15		
L32	1.5	12-15	MLC1245-152	COILCRAFT
L33	1	12-15		
L34	0.68	12-15	DO3316H-681	COILCRAFT
L35	0.47	12-15		
L36	0.33	12-15	DR73-R33-R	COOPER
L37	22	15-		
L38	15	15-	SER2817H-153KL	COILCRAFT
L39	10	15-	SER2814H-103KL	COILCRAFT
L40	6.8	15-		
L41	4.7	15-	SER2013-472ML	COILCRAFT
L42	3.3	15-	SER2013-362L	COILCRAFT
L43	2.2	15-		
L44	1.5	15-	HA3778-AL	COILCRAFT
L45	1	15-	B82477-G4102-M	EPCOS
L46	0.68	15-		
L47	0.47	15-		
L48	0.33	15-		

## 設計ガイドライン (つづき)

### 4. 出力コンデンサを決定する

一般的なヒステリシス COT コンバータは、出力コンデンサの ESR の両端に発生する相当量のリップルを誤差アンプに戻す必要があります。一方、LM3151/2/3 が採用しているエミュレーテッド・リップル・モード制御では同様のリップル信号を内部で生成するため、一般的なヒステリシス COT コンバータに比べて出力コンデンサの ESR に対する要件が緩やかです。エミュレーテッド・リップル波形は、ローサイド FET 両端をセンスした電圧信号と誤差アンプ入力の FB 電圧とを比較して、次のオン期間の開始時点を求める動作の過程で生成しています。

$$C_{Omin} = 70 / (f_s^2 \times L)$$

通常動作時にオーバーボルテージ保護を発生させない許容最大 ESR は、

$$ESR_{max} = (80mV \times L) / ET_{min}$$

$ET_{min}$  は  $V_{IN-MIN}$  を使って計算します。

最小 ESR は次の両方の条件を満たさなければなりません。

$$ESR_{min} = (15mV \times L) / ET_{max}$$

$$ESR_{min} = [ET_{max} / (V_{IN} - V_{OUT})] / C_O$$

$ET_{max}$  は  $V_{IN-MAX}$  を使って計算します。

コンデンサを並列に追加する場合は、実効インピーダンスが出力リップル電圧を減衰させない範囲で選択してください。

### 5. MOSFET の選択

ハイサイド FET とローサイド FET にはドレイン・ソース間定格 ( $V_{DS}$ ) が  $1.2 \times V_{IN}$  以上のものを選択します。

ローサイドのゲート・ドライブ電流は VCC から得ているため、VCC の最小電流制限を超えてはなりません。VCC から得るドライブ電流は次の式で求めます。

$$I_{VCCdrive} = Q_{gtotal} \times f_s$$

ここで、 $Q_{gtotal}$  はハイサイド FET とローサイド FET の総ゲート容量です。

次の式を用いて、Figure 1 に示す電流リミット  $I_{CL}$  を計算します。

$$V_{CL}(T_j) = V_{CL} \times [1 + 3.3 \times 10^{-3} \times (T_j - 27)]$$

$$I_{CL}(T_j) = \frac{V_{CL}(T_j)}{R_{DS(ON)max}}$$

$T_j$  は、LM3151/2/3 の接合部温度です。

FET の  $V_{GS}$  と  $Q_g$  の関係を示す Figure 3 に示したプラトー電圧は VCC-750mV 以下でなければなりません。

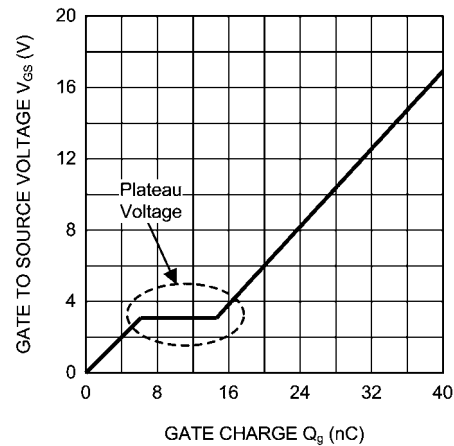


FIGURE 3. Typical MOSFET Gate Charge Curve

推定消費電力の計算は次の「設計例」セクションを参照してください。

### 6. 入力コンデンサを計算する

入力コンデンサの重要なパラメータは電圧定格と rms 電流定格です。電圧定格は最大 DC 入力電圧以上でなければなりません。最大 rms 電流は最大負荷電流のおよそ 50% に相当します。

$$C_{IN} = \frac{I_{omax} \times D \times (1-D)}{f_s \times \Delta V_{IN-MAX}}$$

ここで、 $V_{IN-MAX}$  は最大許容可能入力リップル電圧です。入力リップル電圧は  $V_{IN}$  の 5% として考えるのがスタートポイントとして適切です。

LM3151/2/3 の入力に低 ESR のセラミック・コンデンサを使用した場合、入力電源のインピーダンスと LM3151/2/3 の長いリード線 / PCB トレースの寄生インピーダンスによって、共振回路が形成されることがあります。このような場合はアルミ電解などを用いて入力のリングングを防止するダンピング・コンデンサを追加してください。ダンピング・コンデンサは、並列にしたセラミック・コンデンサの合成容量のおよそ 5 倍以上の容量を選択します。総入力容量は電源のリード線 / PCB トレースの入力インダクタンスの 10 倍以上でなければなりません。また、ダンピング・コンデンサは、LM3151/2/3 のスイッチング周波数にてセラミック・コンデンサとアルミ電解コンデンサの並列インピーダンスに比例して流れる rms 入力電流のうち、ダンピング・コンデンサ側に流れる量を扱えなければなりません。

$C_{BYP}$  コンデンサは  $V_{IN}$  ピンに直接実装してください。推奨値は  $0.1 \mu F$  です。

### 7. ソフトスタート・コンデンサを計算する

$$C_{SS} = \frac{I_{SS} \times t_{SS}}{V_{ref}}$$

ここで、 $t_{SS}$  は単位を秒とするソフトスタート時間、 $V_{ref}$  は  $0.6V$  です。

## 設計ガイドライン (つづき)

### 8. $C_{VCC}$ 、 $C_{BST}$ 、 $C_{EN}$ を決定する

$C_{VCC}$  は VCC ピンに直接実装してください。推奨値は  $1\mu\text{F}$  から  $2.2\mu\text{F}$  です。入力電圧範囲が  $8\text{V}$  以下も対象とする場合は  $C_{VCC}$  に  $1\mu\text{F}$  を使用してください。 $C_{BST}$  はハイサイ

ド FET のゲート・ドライブに使用する電圧を生成します。SW のオフ期間に充電されます。 $C_{BST}$  の推奨値は  $0.47\mu\text{F}$  です。EN バイパス・コンデンサ  $C_{EN}$  の推奨値は、オープンドレイン・タイプの信号で EN ピンを駆動する場合に  $1000\text{pF}$  です。

## 設計例

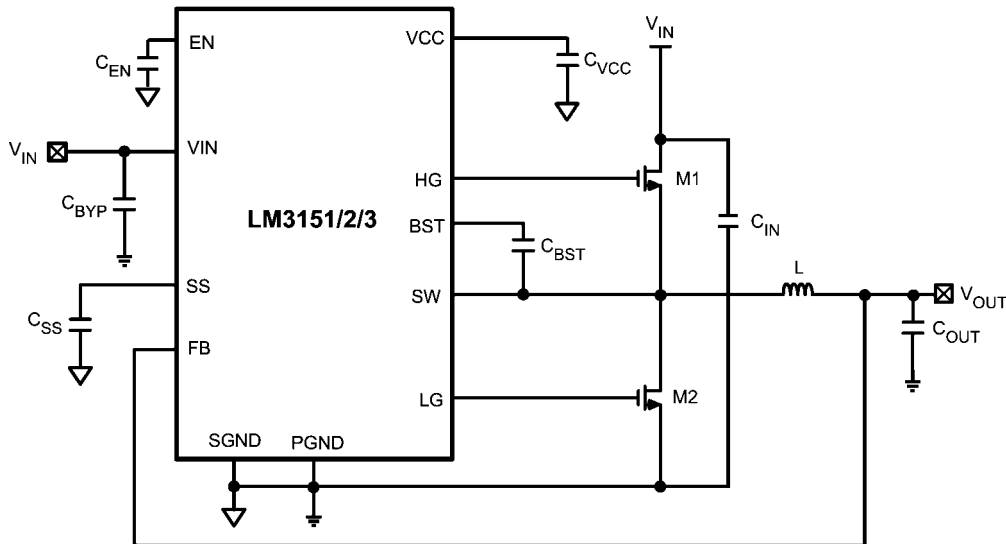


FIGURE 4. Design Example Schematic

### 1. 電源の動作条件を定義する

- $V_{OUT} = 3.3\text{V}$
- $V_{IN-MIN} = 6\text{V}$ ,  $V_{IN-TYP} = 12\text{V}$ ,  $V_{IN-MAX} = 24\text{V}$
- 負荷電流の代表値 =  $12\text{A}$ 、最大負荷電流 =  $15\text{A}$
- ソフトスタート時間  $t_{SS} = 5\text{ms}$

### 2. 使用する IC コントローラを決定する

LM3151 および LM3152 は、全入力電圧範囲を使用できます。ただし、降圧コンバータの基本原則から、スイッチング周波数が高いほどサイズの小さいインダクタを使用できます。したがって、小型のインダクタを使用できるように LM3152-3.3 の  $500\text{kHz}$  品を選択します。

### 3. 必要なインダクタを決定する

- $ET = (24 - 3.3) \times (3.3/24) \times (1000/500) = 5.7\text{V}\mu\text{s}$
- インダクタの表から、 $12\text{A}$  負荷で  $5.7\text{V} \cdot \mu\text{s}$  はインダクタ L44 に対応することが分かります。
- Table 1 から L44 を探して Coilcraft HA3778-AL  $1.65\mu\text{H}$  のインダクタを選択します。

### 4. 出力コンデンサを決定する

出力コンデンサの電圧定格は出力電圧以上でなければなりません。一般にほとんどのコンデンサ・ベンダーはコンデンサの定格電圧の 90% 以内での動作を推奨しています。積層セラミック・コンデンサの場合、印加電圧がコンデンサの定格電圧に近づくにつれて、容量は大幅に減少していきます。定格電圧のわずか 30% の電圧を印加しただけで容量は最大で 50% も減少することがあります。また、選択するコンデンサは、次の式に等しい rms 電流を扱えなければなりません。

$$I_{rmsco} = I_{OUT} \times \frac{r}{\sqrt{12}}$$

この回路で、設定したリップル電流比  $r = 0.3$  はインダクタのピーク・ツー・ピーク電流と負荷電流  $I_{OUT}$  の比を表しています。リップル比 0.3 はスタートポイントとしては適切ですが、 $r$  は 0.25 から 0.5 の範囲をとり得ます。本データシート記載の表ではリップル電流比としてすべて 0.3 を使っています。

$$I_{rmsco} = 12 \times \frac{0.3}{\sqrt{12}}$$

$$I_{rmsco} = 1\text{A}$$

$$t_{ON} = (3.3\text{V}/12\text{V})/500\text{kHz} = 550\text{ns}$$

最小出力コンデンサは、

$$C_{Omin} = 70 / (f_s^2 \times L)$$

$$C_{Omin} = 70 / (500\text{kHz}^2 \times 1.65\mu\text{H}) = 169\mu\text{F}$$

通常動作時にオーバーボルテージ保護を発生させない許容最大 ESR は、

$$ESR_{max} = (80\text{mV} \times L) / ET$$

$$ESR_{max} = (80\text{mV} \times 1.65\mu\text{H}) / 5.7\text{V}\mu\text{s}$$

$$ESR_{max} = 23\text{m}\Omega$$

最小 ESR は次の両方の条件を満たさなければなりません。

$$ESR_{min} = (15\text{mV} \times L) / ET$$

## 設計例 (つづき)

$$ESR_{\min} [ET / (V_{IN} - V_{OUT})] / C_O$$

$$ESR_{\min} (15mV \times 1.65 \mu H) / 5.7V \mu s = 4.3m$$

$$ESR_{\min} [5.7V \mu s / (12 - 3.3)] / 169 \mu F = 3.9m$$

上の条件に基づいて、並列での ESR が 6m になるように、ESR が 12m で容量が 150  $\mu F$  のパナソニック製高分子アルミ・コンデンサを 2 個選択しました。部品名は EEF-UE0J151P です。

## 5. MOSFET の選択

LM3151/2/3 は N チャネル MOSFET をドライブするように設計されています。最大入力電圧は 24V ですから、最大ドレイン・ソース電圧  $V_{DS}$  が  $1.2 \times 24V = 28.8V$  の N チャネル MOSFET を選択します。最大  $V_{DS}$  が 30V の FET が選択肢になります。ハイサイド FET とローサイド FET の総ゲート電荷  $Q_{gtotal}$  は次の条件を満たさなければなりません。

$$Q_{gtotal} I_{VCCCL} / f_s$$

$$Q_{gtotal} 65mA / 500kHz$$

$$Q_{gtotal} 130nC$$

ここで、 $I_{VCCCL}$  は動作電圧範囲を対象とした VCC の最小電流リミット値で、電気的特性に規定されています。MOSFET ゲート電荷  $Q_g$  は、ハイサイド MOSFET M1 では  $V_{GS} = 5V$  にて、ローサイド MOSFET M2 では  $V_{GS} = 6V$  にて、MOSFET データシートに記載されている  $V_{GS}$  と  $Q_g$  の関係を示したグラフから読み取って値を得ます。

ルネサステクノロジ製の MOSFET RJK0305DPB は、 $V_{GS} = 5V$  でのゲート電荷は 10nC、 $V_{GS} = 6V$  では 12nC です。ハイサイド M1 のゲート電荷とローサイド M2 のゲート電荷を加算したゲート電荷は  $12nC + 10nC = 22nC$  となり、130nC と計算された  $Q_{gtotal}$  を下回っています。

MOSFET の見込み消費電力は MOSFET のデータシートに規定されている最大許容消費電力  $P_{dmax}$  よりも小さくしなければなりません。ハイサイドとローサイドの FET 消費電力  $P_d$  の概算は次の式で求めます。

## ハイサイド MOSFET

$$P_{cond} = I_{out}^2 \times R_{DS(ON)} \times D$$

$$P_{sw} = \frac{1}{2} \times V_{in} \times I_{out} \times Q_{gd} \times f_s \times \left( \frac{8.5}{V_{cc} - V_{th}} + \frac{6.8}{V_{th}} \right)$$

$$P_{dh} = P_{cond} + P_{sw}$$

$$P_{cond} = 12^2 \times 0.01 \times 0.275 = 0.396W$$

$$P_{sw} = \frac{1}{2} \times 12 \times 12 \times 1.5 \text{ nC} \times 500 \text{ kHz} \times \left( \frac{8.5}{6 - 2.5} + \frac{6.8}{2.5} \right) = 0.278W$$

$$P_{dh} = 0.396 + 0.278 = 0.674W$$

RJK0305DPB の最大消費電力は、接合部温度がケース温度よりも 125 高い状態で、FET 接合部からケースへの熱抵抗  $J_C$  が 2.78  $^{\circ}C/W$  の場合に、45W と規定されています。FET を PCB 上に実装すると、FET パッケージと PCB で構成される系の総熱抵抗  $J_A$  は、PCB によって追加される熱抵抗によって、このタイプの FET パッケージの場合は 30  $^{\circ}C/W$  程度になります。PCB 上に実装した状態で接合部温度が周囲温度よりも 125 高い場合、 $J_A$  を 30  $^{\circ}C/W$  とすると FET の最大消費電力  $P_{dmax}$  は次の式で推定できます。

$$P_{dmax} = 125 / 30 \text{ }^{\circ}C/W = 4.1W$$

計算した系の見込み消費電力  $P_{dh}$  は 0.674W であり、PFET の  $P_{dmax}$  4.1W よりもはるかに小さく、ゆえに RJK0305DPB の最大許容消費電力の条件を満たします。

## ローサイド MOSFET

ローサイド FET では次の式で与えられる導通損失が主な損失要因になります。

$$P_{dl} = I_{out}^2 \times R_{DS(ON)} \times (1 - D) = 122 \times 0.01 \times (1 - 0.275) = 1W$$

$P_{dl}$  も RJK0305DPB MOSFET データシートに記載されている  $P_{dmax}$  を下回っています。

ただし、ハイサイドとローサイドに同じ MOSFET を使用しなければならないということは必ずしもありません。ハイサイドにはゲート電荷ができるだけ少ない MOSFET を選択し、ローサイドには許容  $R_{DS(ON)}$  ができるだけ小さい MOSFET を選択したほうが望ましいアプリケーションが一般的です。FET の  $V_{GS}$  と  $Q_g$  のグラフ上に現れるプラトー電圧は VCC-750mV 以下でなければなりません。

電流制限  $I_{OCL}$  は最大接合部温度を 100  $^{\circ}C$  としてローサイド FET の  $R_{DS(ON)}$  を見積もって求めます。 $I_{OCL}$  は次の計算で求めます。

$$I_{OCL} = I_{CL} + I_L / 2$$

$$I_{CL} = 200mV / 0.014 = 14.2A$$

$$I_{OCL} = 14.2A + 3.6 / 2 = 16A$$

## 6. 入力コンデンサを計算する

入力コンデンサの電圧定格はこの設計例では 24V に設定している最大入力電圧よりも高くなければなりません。出力コンデンサと同様に、実際に必要となる電圧定格は選択したコンデンサタイプによって異なります。また入力コンデンサは、およそ  $0.5 \times I_{OUT}$  に達する入力 rms 電流に対応できなければなりません。この設計例では rms 入力電流はおよそ  $0.5 \times 12A = 6A$  です。

最大 5% の入力リップルのときの最小容量は、

$$V_{IN-MAX} = (0.05 \times 12) = 0.6V:$$

$$C_{IN} = [12 \times 0.275 \times (1 - 0.275)] / [500kHz \times 0.6] = 8 \mu F$$

大きな入力 rms 電流に対応するために、容量 10  $\mu F$ 、電圧定格が 50V、大きさが 1210 (EIA 表記) のセラミック・コンデンサを 2 個選択します。3A の rms 電流に対応できます。入力のリンギングを抑えるために 100  $\mu F$  のアルミ電解コンデンサを選択します。

$C_{BYP}$  には 0.1  $\mu F$  を使用します。最大  $V_{IN}$  よりも大きな電圧定格を有するセラミックを選択します。

## 7. ソフトスタート・コンデンサを計算する

ソフトスタート時間は入力電圧の上昇時間よりも長くなければなりません。また、出力電圧を、設定したレギュレーション電圧までスタートアップ中にスムーズに到達させるために、以下の式を満足しなければなりません。

$$t_{SS} (V_{OUT} \times C_{OUT}) / (I_{OCL} - I_{OUT})$$

$$5ms > (3.3V \times 300 \mu F) / (1.2 \times 12A - 12A)$$

$$5ms > 0.412ms$$

所望のソフトスタート時間  $t_{SS}$  を 5ms に設定した場合、上に示した式を満足しなければなりません。したがって、ソフトスタート・コンデンサ  $C_{SS}$  は次式により求められます。

$$C_{SS} = (7.7 \mu A \times 5ms) / 0.6V = 0.064 \mu F$$

標準値に最も近い 0.068  $\mu F$  を  $C_{SS}$  に選びます。電圧定格が 10V 以上のセラミック・コンデンサを使用してください。



## 設計例 (つづき)

8.  $C_{VCC}$ 、 $C_{EN}$ 、 $C_{BST}$  を決定する

$C_{VCC}$  には  $1\mu\text{F}$  を使用します。電圧定格が  $10\text{V}$  よりも大きなセラミックを選択します。

$C_{EN}$  には  $1000\text{pF}$  を使用します。電圧定格が  $10\text{V}$  よりも大きなセラミックを選択します。

$C_{BST}$  には  $0.47\mu\text{F}$  を使用します。電圧定格が  $10\text{V}$  よりも大きなセラミックを選択します。

## 部品リスト

Designator	Value	Parameters	Manufacturer	Part Number
$C_{BST}$	$0.47\mu\text{F}$	Ceramic, X7R, 16V, 10%	TDK	C2012X7R1C474K
$C_{BYP}$	$0.1\mu\text{F}$	Ceramic, X7R, 50V, 10%	TDK	C2012X7R1H104K
$C_{EN}$	$1000\text{pF}$	Ceramic, X7R, 50V, 10%	TDK	C1608X7R1H102K
$C_{IN1}$	$100\mu\text{F}$	AL, EEV-FK, 63V, 20%	Panasonic	EEV-FK1J101P
$C_{IN2}$ , $C_{IN3}$	$10\mu\text{F}$	Ceramic, X5R, 35V, 10%	Taiyo Yuden	GMK325BJ106KN-T
$C_{OUT1}$ , $C_{OUT2}$	$150\mu\text{F}$	AL, UE, 6.3V, 20%	Panasonic	EEF-UE0J151R
$C_{SS}$	$0.068\mu\text{F}$	Ceramic, 16V, 10%		0603YC683KAT2A
$C_{VCC}$	$1\mu\text{F}$	Ceramic, X7R, 16V, 10%	Kemet	C0805C105K4RACTU
L1	$1.65\mu\text{H}$	Shielded Drum Core, A, $2.53\text{m}\Omega$	Coilcraft Inc.	HA3778-AL
M1, M2	$30\text{V}$	$8\text{nC}$ , $R_{DS(ON)} @ 4.5\text{V} = 10\text{m}\Omega$	Renesas	RJK0305DB
U1			National Semiconductor	LM3152MH-3.3

## PCB レイアウトの考慮事項

基板のレイアウト設計では、入力コンデンサや出力コンデンサ、FET、インダクタなどの電源部品の配置を最初に決めていくのが適切です。最初に優先すべきポイントは、入力コンデンサとローサイド FET のソースとのループをできるだけ小さくし、ビアを介してグラウンド層に直結することです。下の図に示すように、入力コンデンサのグラウンドをローサイド FET のソースに直接接続すると、電源パスの寄生インダクタンスとグラウンド層への結合ノイズの両方を抑えられます。

次の重要なポイントはスイッチ・ノードの設計です。スイッチ・ノードは負荷電流を扱えるだけの大きさで設計します。スイッチ・ノードでは高い周波数で高速な電圧遷移が発生しているため、ノード・パターンを必要以上に大きく設計してしまうと、アンテナとして動作するだけでなく回路の他の部品にスイッチング・ノイズを重畳させてしまいます。ハイパワー回路には多層基板の採用を推奨します。FET

は回路中で最も多くの熱を発生するため放熱に対しても十分な配慮が必要です。PowerPak SO-8 などの露出パッド・パッケージの FET を多層基板で使用する場合は、表面層の露出パッド・パターンと同様のパターンを内層にも設けて、ビアでふたつの層を接続し放熱と FET の冷却を高めてください。Power-Pak パッケージの一般的なシングル FET を使った場合、ハイサイド FET の DAP は  $V_{IN}$  になります。放熱効率を最大限に高めるために表層の  $V_{IN}$  パターンを内層と裏面層に複製してください。同様にローサイド FET の DAP は SW ノードに接続されます。放熱効率を最大限に高めるために、DAP パターンを内層と裏面層に複製してください。

多層基板のレイアウト例は評価ボードのアプリケーション・ノート AN-1900 を参照してください。二層基板のレイアウト例は「Demonstration Board Reference Design」アプリケーション・ノートを参照してください。それぞれ片面実装を前提にした設計例です。

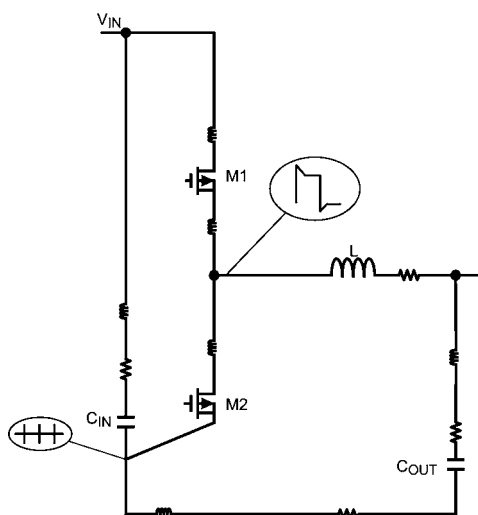


FIGURE 5. Schematic of Parasitics

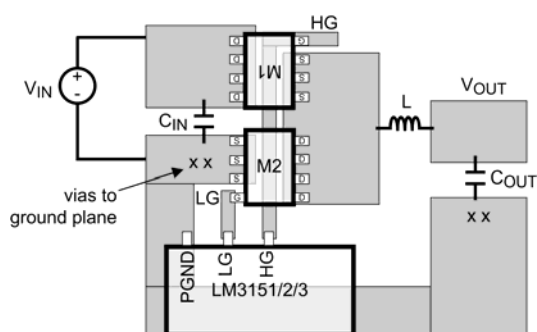
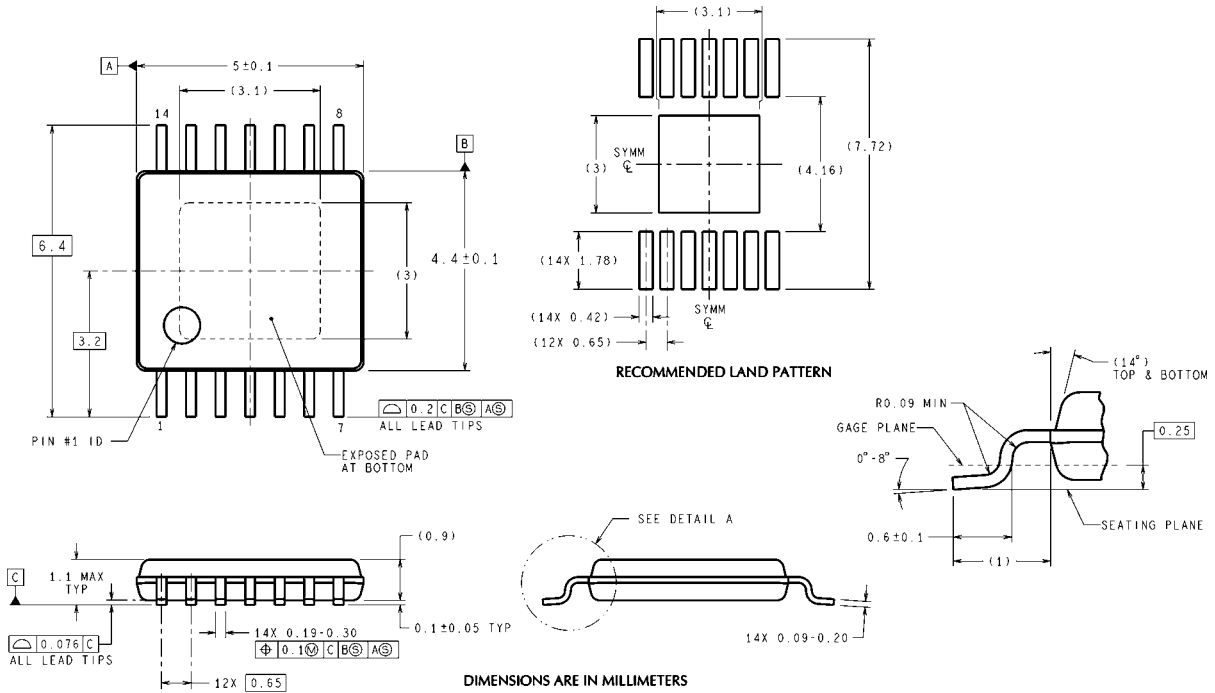


FIGURE 6. PCB Placement of Power Stage

外形寸法図 単位は millimeters



14-Lead eTSSOP Package  
NS Package Number MXA14A

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か使用、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 © 2009 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