

LM2738

LM2738 550kHz/1.6MHz 1.5A Step-Down DC-DC Switching Regulator



Literature Number: JAJ SAX8

LM2738

550kHz/1.6MHz 1.5A 降圧型 DC/DC スイッチング・レギュレータ

概要

LM2738 レギュレータは、8 ピンの LLP または 8 ピンの eMSOP パッケージに封止された、モノリシック型、高周波数動作、PWM 制御を特長とする降圧型 DC/DC コンバータです。局所的な DC/DC 変換に必要な能動機能をすべて内蔵し、高速負荷応答と正確なレギュレーションを、可能な限り小さなプリント基板 (PCB) 面積上に実現します。

必要な外付け部品が少ないため、LM2738 を用いた回路の設計は容易です。最先端の $0.5 \mu\text{m}$ BiCMOS 技術を用いて 1.5A の駆動能力を持つオン抵抗 $250\text{m}\Omega$ の NMOS トランジスタを内蔵したことで、現時点で最高クラスの電力密度を達成しています。スイッチング周波数は 550kHz (LM2738Y) または 1.6MHz (LM2738X) に固定され、表面実装の微小インダクタとチップ・コンデンサを使用することが可能です。動作周波数がきわめて高い一方で最高 90% の効率を容易に達成します。外部イネーブル機能を内蔵し、スタンバイ電流はきわめて小さく 400nA です。LM2738 は電流モード制御と内部補償を備え、幅広い動作条件で高性能レギュレーションを実現します。このほか、突入電流を抑えるソフトスタート回路、サイクルごとの電流制限、サーマル・シャットダウン、出力オーバervoltage 保護機能を内蔵しています。

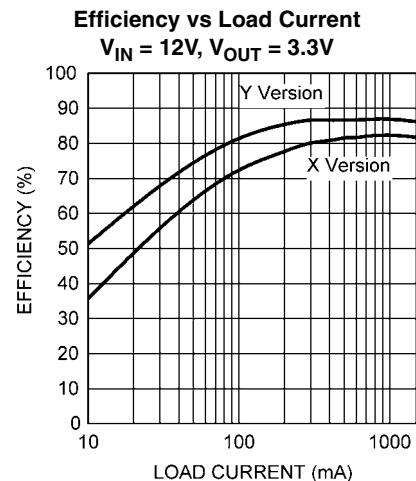
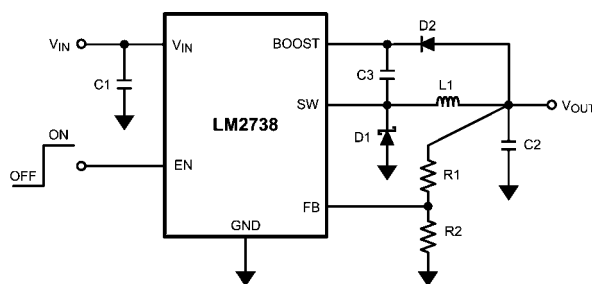
特長

- 省スペースの LLP-8 パッケージおよび eMSOP-8 パッケージ
- 3.0V ~ 20V 入力電圧範囲
- 0.8V ~ 18V 出力電圧範囲
- 1.5A 出力電圧
- スwitching 周波数 550kHz (LM2738Y) または 1.6MHz (LM2738X)
- $250\text{m}\Omega$ NMOS スイッチ内蔵
- シャットダウン電流 400nA
- 0.8V、精度 2%、内部電圧リファレンス
- 内部ソフトスタート
- 電流モード、PWM 動作
- サーマル・シャットダウン

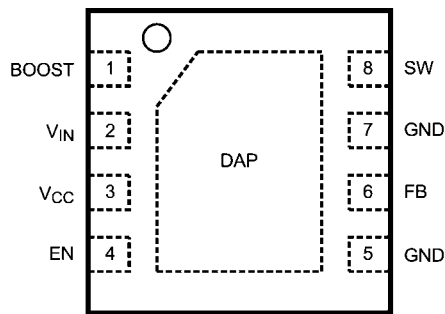
アプリケーション

- ポイント・オブ・ロード・レギュレーション
- HDD のコア電源
- セットトップ・ボックス
- バッテリー動作機器
- USB 動作機器
- DSL モデム

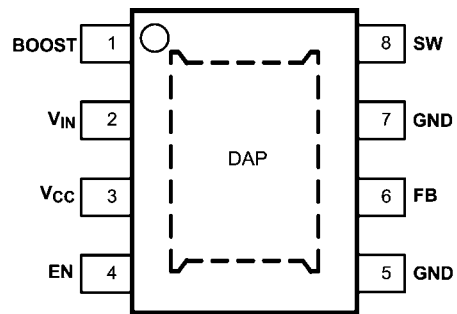
代表的なアプリケーション回路



ピン配置図



8-Pin LLP - TOP VIEW
NS Package Number SDA08A



8-Pin eMSOP - TOP VIEW
NS Package Number MUY08A

製品情報

Order Number	Frequency Option	Package Type	NSC Package Drawing	Package Marking	Supplied As
LM2738XSD	1.6MHz	8-Lead LLP	SDA08A	L237B	1000 Tape and Reel
LM2738XSDX					4500 Tape and Reel
LM2738YSD	0.55MHz			L174B	1000 Tape and Reel
LM2738YSDX					4500 Tape and Reel
LM2738XMY	1.6MHz	8-Lead eMSOP	MUY08A	STDB	1000 Tape and Reel
LM2738XMYX					3500 Tape and Reel
LM2738YMY	0.55MHz			SJBB	1000 Tape and Reel
LM2738YMYX					3500 Tape and Reel

* 鉛フリー・パッケージに関しては、最寄りのナショナル セミコンダクターの販売代理店にお問合わせください。

ピン説明

ピン	名称	機能
1	BOOST	内蔵 NMOS 制御スイッチを駆動するブースト電圧です。ブートストラップ・コンデンサを BOOST ピンと SW ピンの間に接続します。
2	V _{IN}	出力パワー段の電源電圧。バイパス・コンデンサをこのピンに接続してください。ピン 2 とピン 3 はパッケージで相互に接続します。
3	V _{CC}	IC の入力電源電圧。バイパス・コンデンサをこのピンに接続してください。ピン 2 とピン 3 はパッケージで相互に接続します。
4	EN	イネーブル制御ピン。High を与えるとデバイスの動作がオンになります。開放のまま使用しないでください。また V _{IN} + 0.3V を超える電圧を与えてはなりません。
5, 7	GND	信号と電源のグラウンド・ピン。帰還ネットワークの下側抵抗はこれらのピンのできるだけ近くに配置してください。
6	FB	帰還ピン。FB ピンを抵抗分圧回路に接続して出力電圧を設定します。
8	SW	出力スイッチ信号。インダクタ、キャッチ・ダイオード、ブートストラップ・コンデンサを接続します。
DAP	GND	信号と電源のグラウンド。プリント基板上の GND ピンに接続する必要があります。

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_{IN} 、 V_{CC}	- 0.5V ~ 24V
SW 電圧	- 0.5V ~ 24V
Boost 電圧	- 0.5V ~ 30V
Boost と SW の間のピン間電圧	- 0.5V ~ 6.0V
FB 電圧	- 0.5V ~ 3.0V
EN 電圧	- 0.5V ~ ($V_{IN} + 0.3V$)
接合部温度	150 °C
ESD 定格 (Note 2)	2kV
保存温度範囲	- 65 °C ~ 150 °C

ハンダ付け情報

赤外線または対流リフロー (15 秒)	220 °C
ウェーブ・ハンダ付けリード温度 (10 秒)	260 °C

動作定格 (Note 1)

V_{IN} 、 V_{CC}	3V ~ 20V
SW 電圧	- 0.5V ~ 20V
Boost 電圧	- 0.5V ~ 25.5V
Boost と SW の間のピン間電圧	2.5V ~ 5.5V
接合部温度範囲	- 40 °C ~ + 125 °C
LLP/eMSOP の熱抵抗 θ_{JA} (Note 3)	60 °C /W
サーマル・シャットダウン (Note 3)	165 °C

電気的特性

標準字体で記載された仕様は $T_J = 25$ °C の場合であり、太字で記載された上限または下限値は「全動作温度範囲」($T_J = -40$ °C ~ 125 °C) に適用されます。特記のない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{BOOST} - V_{SW} = 5V$ です。Min/Max リミット値は、設計、検査、統計的解析により保証されています。

Symbol	Parameter	Conditions	Min (Note 4)	Typ (Note 5)	Max (Note 4)	Units
V_{FB}	Feedback Voltage		0.784	0.800	0.816	V
$\Delta V_{FB}/\Delta V_{IN}$	Feedback Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 3V$ to 20V		0.02		% / V
I_{FB}	Feedback Input Bias Current	Sink/Source		0.1	100	nA
UVLO	Undervoltage Lockout	V_{IN} Rising		2.7	2.90	V
	Undervoltage Lockout	V_{IN} Falling	2.0	2.3		
	UVLO Hysteresis			0.4		
F_{SW}	Switching Frequency	LM2738X	1.28	1.6	1.92	MHz
		LM2738Y	0.364	0.55	0.676	
D_{MAX}	Maximum Duty Cycle	LM2738X, Load=150mA		92		%
		LM2738Y, Load=150mA		95		
D_{MIN}	Minimum Duty Cycle	LM2738X		7.5		%
		LM2738Y		2		
$R_{DS(ON)}$	Switch ON Resistance	$V_{BOOST} - V_{SW} = 3V$, Load=400mA		250	500	m Ω
I_{CL}	Switch Current Limit	$V_{BOOST} - V_{SW} = 3V$, $V_{IN} = 3V$	2.0	2.9		A
I_Q	Quiescent Current	Switching		1.9	3	mA
		Non-Switching		1.9		mA
	Quiescent Current (shutdown)	$V_{EN} = 0V$		400		nA
I_{BOOST}	Boost Pin Current	LM2738X (27% Duty Cycle)		4.5		mA
		LM2738Y (27% Duty Cycle)		2.5		
V_{EN_TH}	Shutdown Threshold Voltage	V_{EN} Falling		-	0.4	V
	Enable Threshold Voltage	V_{EN} Rising	1.4	-		
I_{EN}	Enable Pin Current	Sink/Source		10		nA
I_{SW}	Switch Leakage	$V_{IN} = 20V$		100		nA

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」とは、デバイスが正常に機能する条件をいいますが、性能のリミット値を保証するものではありません。保証された仕様とそのテスト条件については電気的特性を参照してください。

Note 2: 人体モデルでは、1.5k Ω と 100pF を直列に接続します。

Note 3: 一般に、接合部温度が 165 °C を超えるとサーマル・シャットダウンが生じます。最大消費電力は、 $T_{J(MAX)}$ 、 θ_{JA} 、 T_A の関数として求められます。任意の周囲温度に対する最大許容消費電力は、 $P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / \theta_{JA}$ で算出されます。JEDEC 規格に準拠し、すべての数値は、2 オンス (70 μ m) 銅箔を 4 層構成にした 3 インチ (約 75mm) 平方の基板に直接ハンダ付けし、周囲が無風状態に置かれたパッケージに適用されます。熱抵抗は、レイアウト、銅箔の厚さ、基板の層数、配電状態、サーマル・ビア数、基板サイズ、周囲温度、空気流によって大きく異なります。

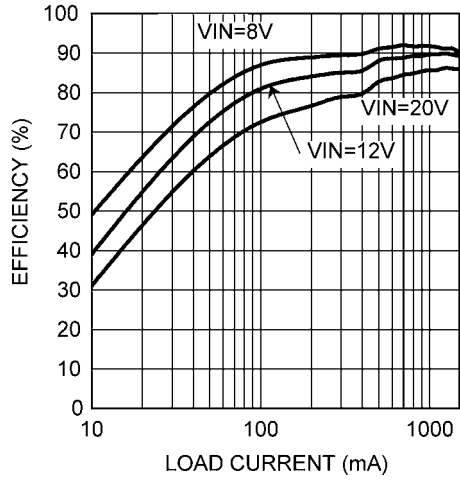
Note 4: ナショナル セミコンダクターの平均出荷品質レベル (AOQL) で保証されています。

Note 5: 代表値 (Typ) とは最も平均的な特性を示します。

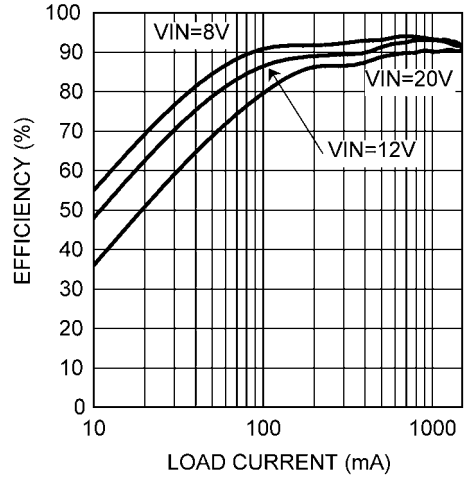
代表的な性能特性

すべての特性グラフは、特記のない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{BOOST} - V_{SW} = 5V$ および $T_A = 25^\circ C$ です。

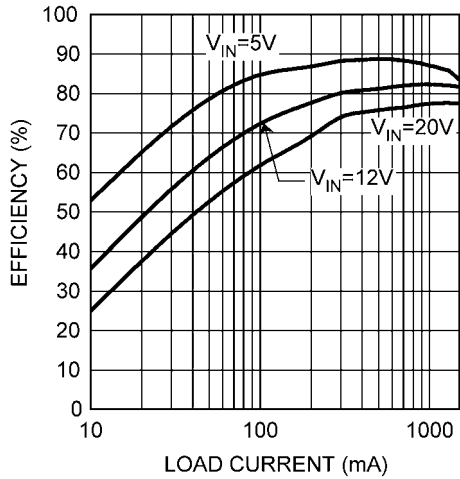
Efficiency vs Load Current - "X" $V_{OUT} = 5V$



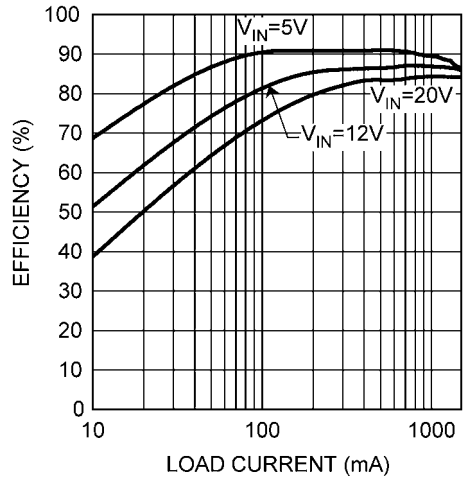
Efficiency vs Load Current - "Y" $V_{OUT} = 5V$



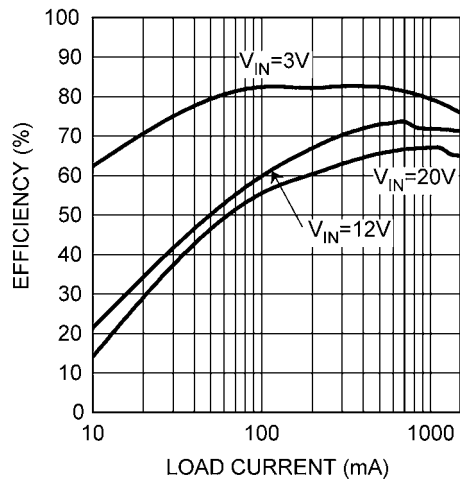
Efficiency vs Load Current - "X" $V_{OUT} = 3.3V$



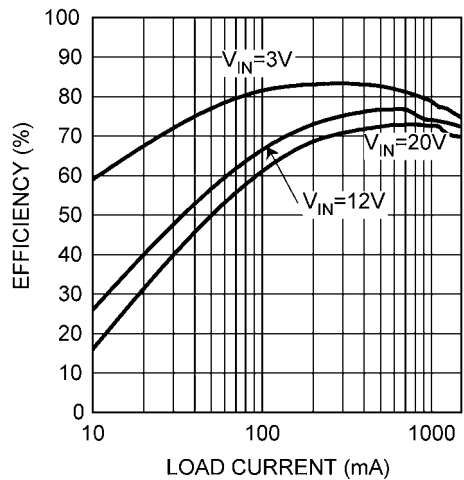
Efficiency vs Load Current - "Y" $V_{OUT} = 3.3V$



Efficiency vs Load Current - "X" $V_{OUT} = 1.5V$



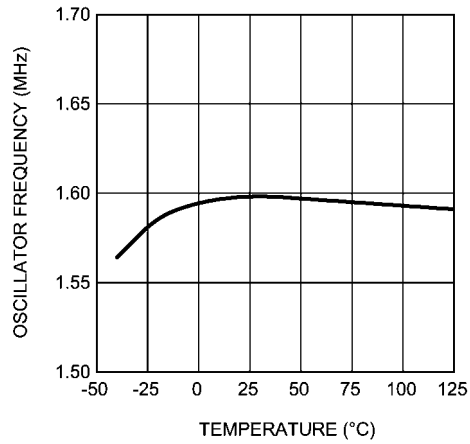
Efficiency vs Load Current - "Y" $V_{OUT} = 1.5V$



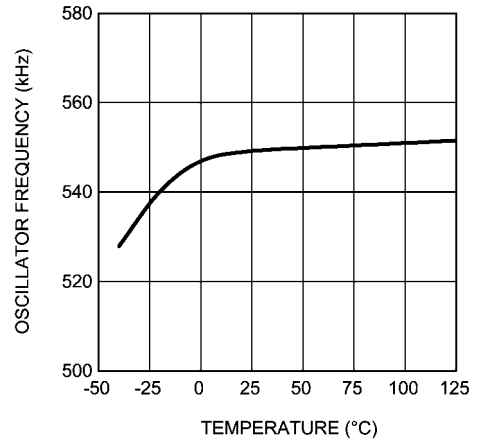
代表的な性能特性 (つづき)

すべての特性グラフは、特記のない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{BOOST} - V_{SW} = 5V$ および $T_A = 25^\circ C$ です。

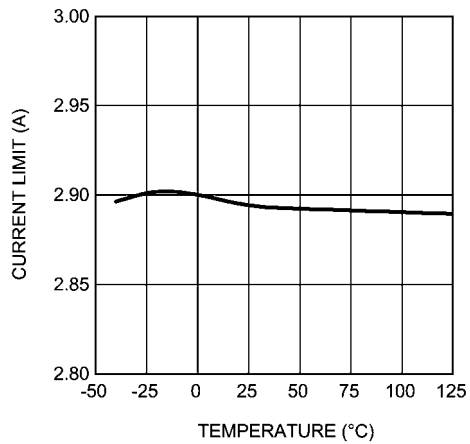
Oscillator Frequency vs Temperature - "X"



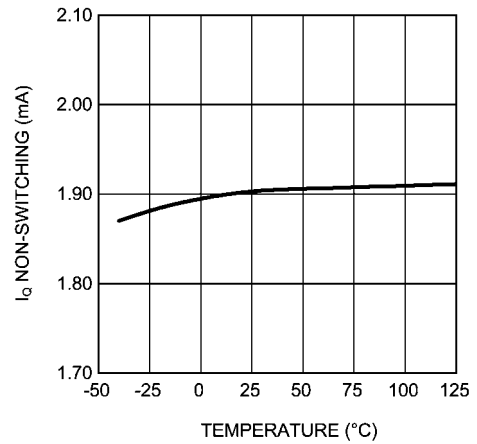
Oscillator Frequency vs Temperature - "Y"



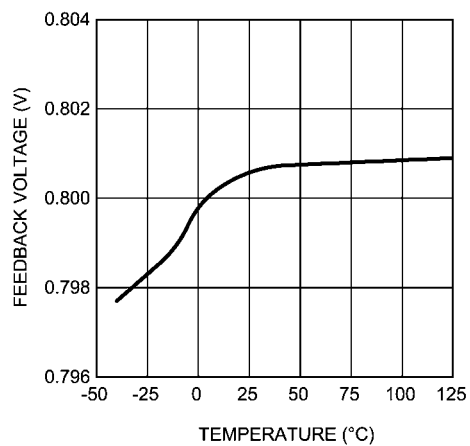
Current Limit vs Temperature $V_{IN} = 5V$



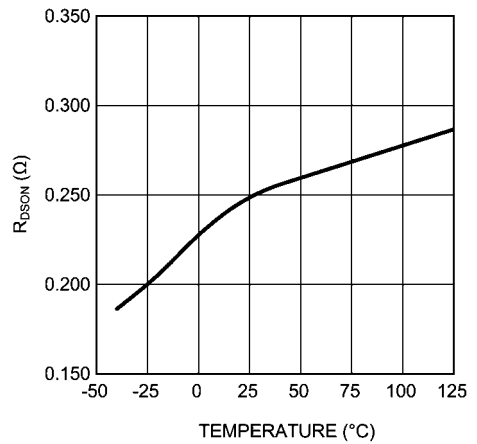
I_Q Non-Switching vs Temperature



V_{FB} vs Temperature



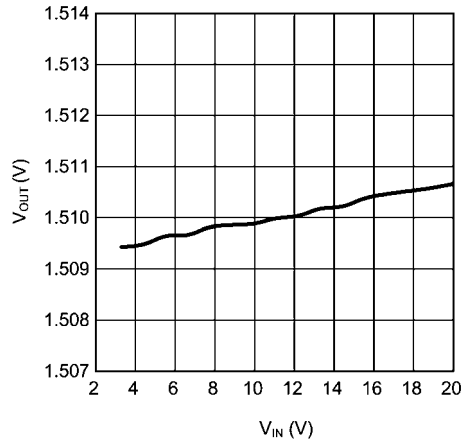
$R_{DS(on)}$ vs Temperature



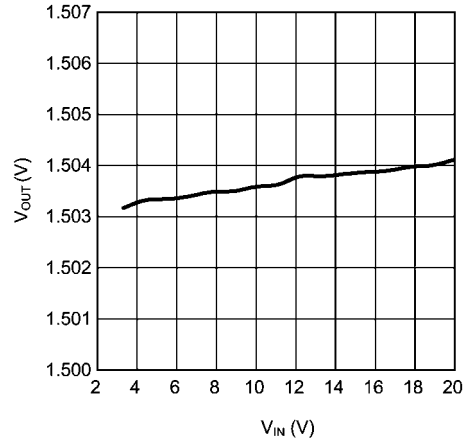
代表的な性能特性 (つづき)

すべての特性グラフは、特記のない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{BOOST} - V_{SW} = 5V$ および $T_A = 25^\circ C$ です。

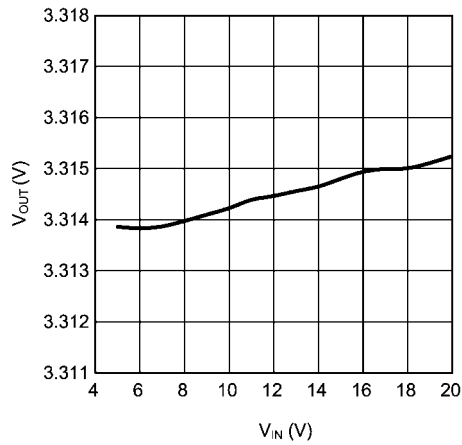
Line Regulation - "X" ($V_{OUT} = 1.5V$, $I_{OUT} = 750mA$)



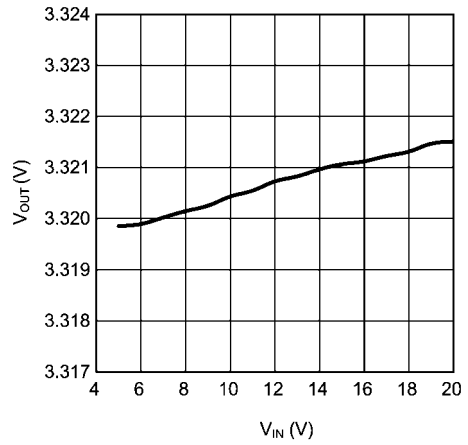
Line Regulation - "Y" ($V_{OUT} = 1.5V$, $I_{OUT} = 750mA$)



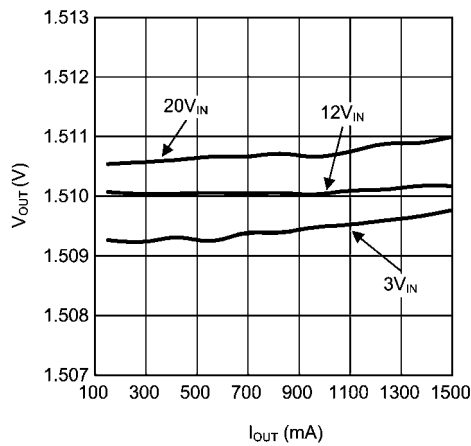
Line Regulation - "X" ($V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 750mA$)



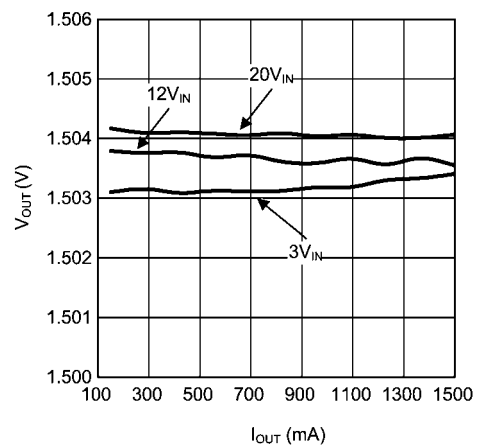
Line Regulation - "Y" ($V_{OUT} = 3.3V$, $I_{OUT} = 750mA$)



Load Regulation - "X" ($V_{OUT} = 1.5V$)

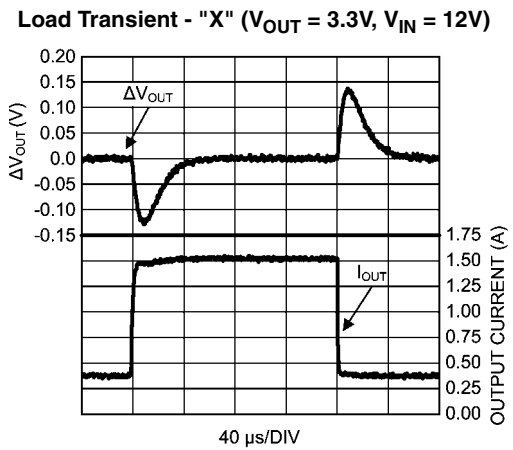
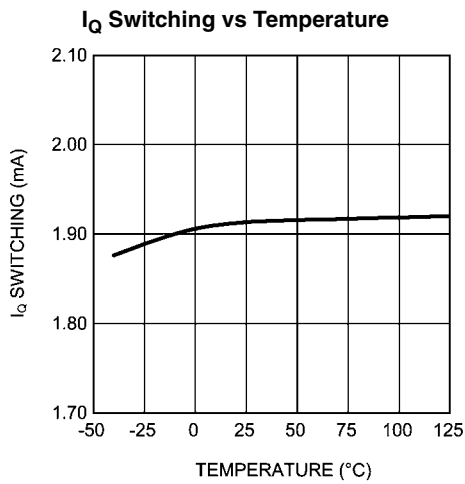
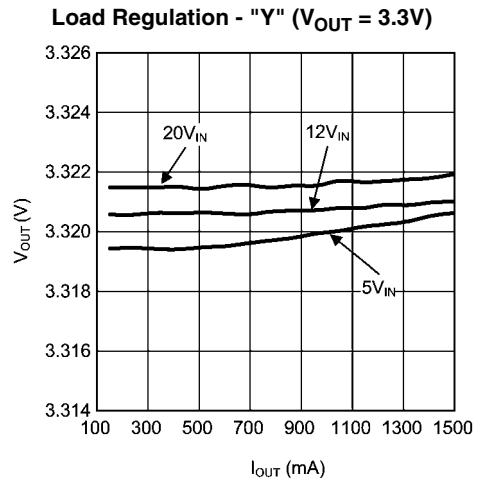
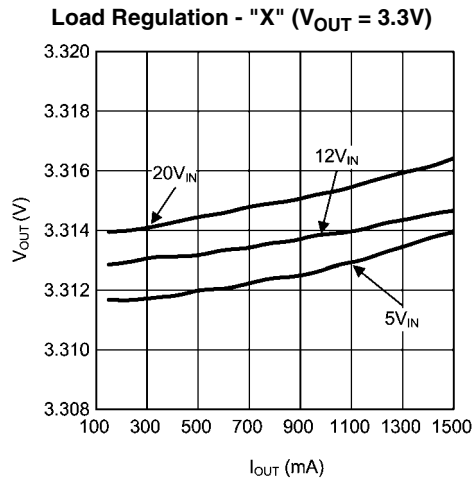


Load Regulation - "Y" ($V_{OUT} = 1.5V$)

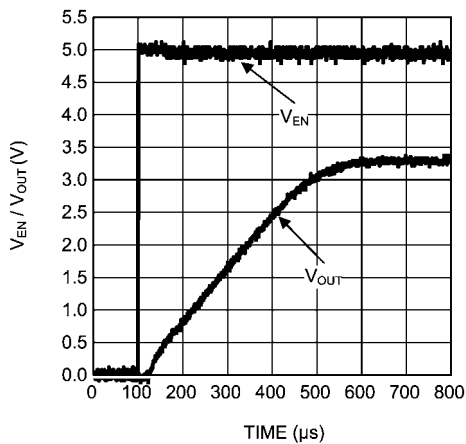


代表的な性能特性 (つづき)

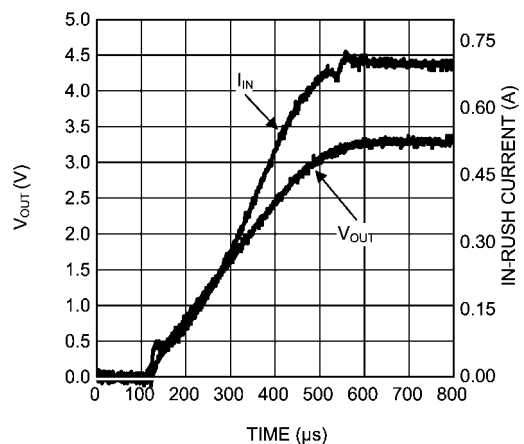
すべての特性グラフは、特記のない限り、 $V_{IN} = 12V$ 、 $V_{BOOST} - V_{SW} = 5V$ および $T_A = 25^\circ C$ です。



Startup - "X"
($V_{OUT} = 3.3V$, $V_{IN} = 12$, $I_{OUT} = 1.5A$ (Resistive Load))



In-Rush Current - "X"
($V_{OUT} = 3.3V$, $V_{IN} = 12V$, $I_{OUT} = 1.5A$ (Resistive Load))



ブロック図

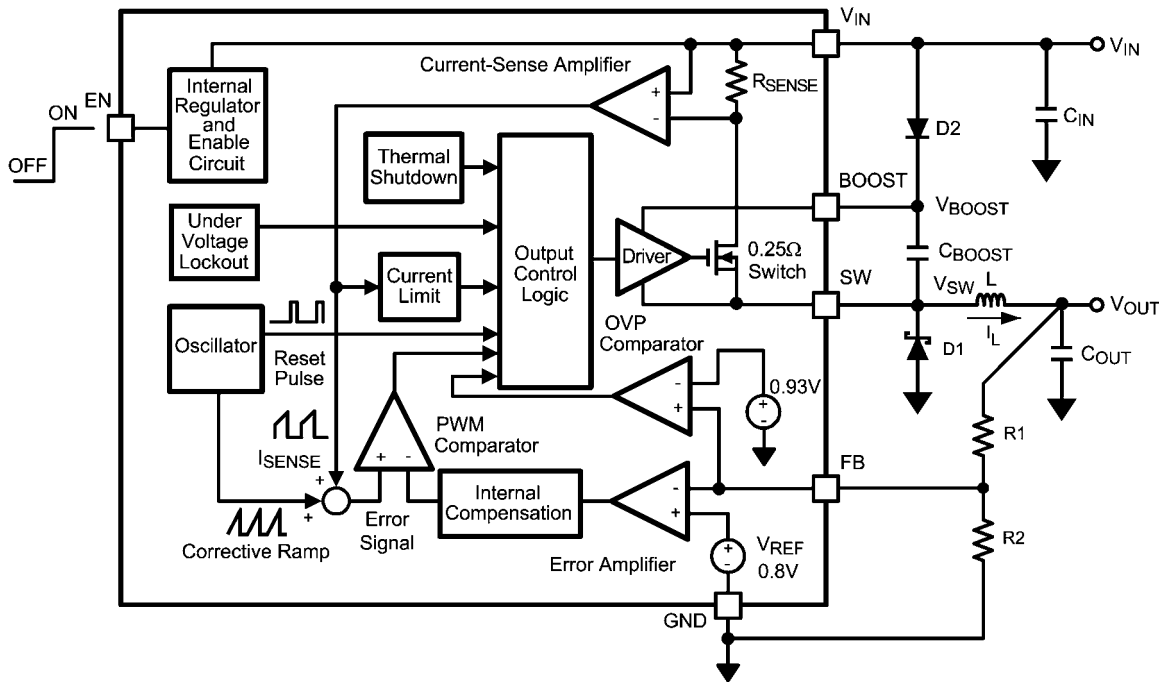


FIGURE 1. Simplified Internal Block Diagram

アプリケーション情報

動作原理

LM2738 は 1.5A の負荷電流を供給する一定周波数動作の PWM 降圧型レギュレータ IC です。レギュレータは、550kHz (LM2738Y) または 1.6MHz (LM2738X) のいずれか決められたスイッチング周波数で動作します。このような高いスイッチング周波数を採用したことにより、LM2738 は小型表面実装のコンデンサとインダクタで動作し、その結果きわめて小さな基板面積のみを占有する DC/DC コンバータを実現できます。LM2738 は補償回路を内蔵しているため、使用方法は簡単であり、必要な外付け部品もわずかです。LM2738 は出力電圧のレギュレーションに電流モード制御を採用しています。

以下に述べる LM2738 の動作説明では、単純化したブロック図 (Figure 1) と動作波形 (Figure 2) を参照します。LM2738 は、内蔵 NMOS 制御スイッチをデューティ・サイクルを変えながら一定の周波数でスイッチングして、レギュレートされた出力電圧を外部に供給します。スイッチング・サイクルは内部発振器が生成するリセット・パルスの立ち上がりエッジで始まります。このパルスが Low になると出力制御論理が内蔵 NMOS 制御スイッチをオンにします。オンの間、SW ピン電圧 (V_{SW}) はおよそ V_{IN} まで振幅し、またインダクタ電流 (I_L) は直線的な傾きで増加していきます。 I_L は、スイッチ電流に比例した出力を生む電流センス・アンプによって計測されます。センス信号はレギュレータの調整ランプ信号が加算され、帰還電圧と V_{REF} 電圧の差に比例したエラー・アンプ出力と比較されます。PWM コンパレータ出力が High になると、次のスイッチング・サイクルが始まるまで出力スイッチはオフになります。スイッチオフ期間中、インダクタ電流は、キャッチ・ダイオードの順方向電圧 (V_D) によって SW ピン電圧をグラウンド電圧以下に振幅させるショットキ・ダイオード D1 通じて放電されます。レギュレータ・ループはデューティ・サイクル (D) を調整して一定の出力電圧を維持します。

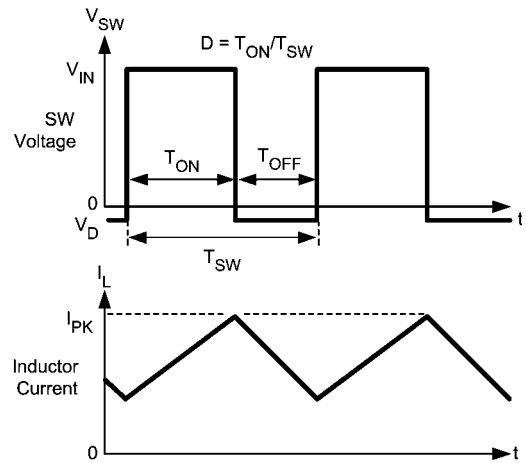


FIGURE 2. LM2738 Waveforms of SW Pin Voltage and Inductor Current

昇圧機能

Figure 3 に記載したコンデンサ C_{BOOST} とダイオード D2 を使用して電圧 V_{BOOST} を生成します。 $V_{BOOST} - V_{SW}$ が内部 NMOS 制御スイッチのゲート駆動電圧になります。オン期間中に内部 NMOS スwitch を適切に駆動するには、 V_{BOOST} は V_{SW} より 2.5V 以上高くなければなりません。したがって高い効率を得るには、 V_{BOOST} は、 V_{SW} よりも 2.5V 以上高くなければなりません。また、 $V_{BOOST} - V_{SW}$ は最大動作上限電圧である 5.5V を超えてはなりません。

$5.5V > V_{BOOST} - V_{SW} > 2.5V$ で適切な性能が得られます。LM2738 のスタートアップ時に、内部回路は BOOST ピンから C_{BOOST} に対して最大 20mA の電流を供給します。 C_{BOOST} は、この電流によってスイッチオンに十分な電圧に充電されます。

アプリケーション情報 (つづき)

帰還ピンの電圧が 0.76V を超えるまで BOOST ピンは C_{BOOST} に対して電流を供給し続けます。

V_{BOOST} を生成するには複数の方法が考えられます。

- 1 入力電圧 ($3.0\text{V} < V_{\text{IN}} < 5.5\text{V}$) を用いる方法
- 2 出力電圧 ($2.5\text{V} < V_{\text{OUT}} < 5.5\text{V}$) を用いる方法
- 3 外部分配電圧レール ($2.5\text{V} < V_{\text{EXT}} < 5.5\text{V}$) を用いる方法
- 4 シャント・ダイオードまたは直列ツェナー・ダイオードを用いる方法

Figure 1 に示す簡略化したブロック図で、コンデンサ C_{BOOST} とダイオード D2 は NMOS スイッチのゲート駆動電圧を供給します。コンデンサ C_{BOOST} はダイオード D2 を介して V_{IN} によって充電されます。通常のスイッチング・サイクルで内部 NMOS 制御スイッチがオフのとき (T_{OFF}) (Figure 2 参照)、 V_{BOOST} は V_{IN} から D2 の順方向電圧 (V_{FD2}) を引いた電圧となり、その間インダクタ (L) 内の電流がショットキ・ダイオード D1 を順方向にバイアス (V_{FD1}) します。以上から C_{BOOST} の両端電圧は、

$$V_{\text{BOOST}} - V_{\text{SW}} = V_{\text{IN}} - V_{\text{FD2}} + V_{\text{FD1}}$$

NMOS スイッチがターンオン (T_{ON}) すると、SW ピンの電圧は、

$$V_{\text{SW}} = V_{\text{IN}} - (R_{\text{DSON}} \times I_{\text{L}})$$

に上昇して V_{BOOST} を引き上げ、ゆえに D2 を逆バイアスします。したがって V_{BOOST} 電圧は、

$$V_{\text{BOOST}} = 2V_{\text{IN}} - (R_{\text{DSON}} \times I_{\text{L}}) - V_{\text{FD2}} + V_{\text{FD1}}$$

となり、この値はほとんどのアプリケーションでおよそ、

$$2V_{\text{IN}} - 0.4\text{V}$$

となります。そのため、NMOS スイッチのゲート駆動電圧はおよそ、次のようになります。

$$V_{\text{IN}} - 0.2\text{V}$$

C_{BOOST} を充電する別の方法は、Figure 3 に示すように、D2 を出力に接続することです。出力電圧は 2.5V ~ 5.5V の範囲となるため、内部スイッチに適したゲート電圧が与えられます。この回路で C_{BOOST} は、 V_{OUT} よりもわずかに低いゲート駆動電圧を与えます。

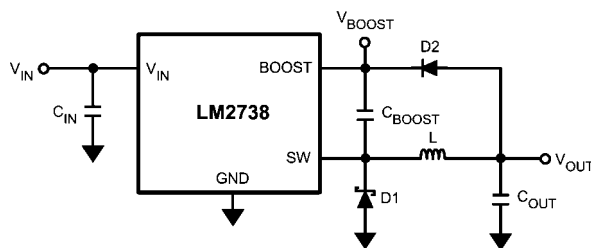


FIGURE 3. V_{OUT} Charges C_{BOOST}

V_{IN} と V_{OUT} の両方が 5.5V を超えるアプリケーション、または両方が 3V を下回るアプリケーションでは、 C_{BOOST} をこれらの電圧から直接充電できません。 V_{IN} と V_{OUT} が 5.5V を超える場合、Figure 4 に示すようにツェナー・ダイオード D3 を D2 に直列に配置すれば、 V_{IN} または V_{OUT} からツェナー電圧を引いた電圧で C_{BOOST} を充電できます。入力にツェナー・ダイオードを直列接続して使用する場合、入力電源を与える外部レギュレーション回路が、推奨 V_{BOOST} 電圧の範囲外の電圧を生成しないことが保証されていなければなりません。

$$(V_{\text{INMAX}} - V_{\text{D3}}) < 5.5\text{V}$$

$$(V_{\text{INMIN}} - V_{\text{D3}}) > 2.5\text{V}$$

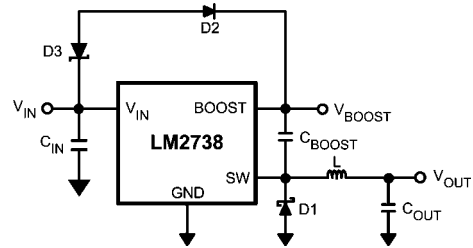


FIGURE 4. Zener Reduces Boost Voltage from V_{IN}

C_{BOOST} を充電するさらに別の方法は、Figure 5 に示すように、シャント回路構成のツェナー・ダイオード D3 を追加することです。SOT-23 または SOD パッケージに入った 350mW ~ 500mW の 5.1V 小型ツェナーがこの目的に適します。6.3V、0.1 μF などの小型セラミック・コンデンサ (C4) をツェナー・ダイオードに並列に接続してください。内部 NMOS スイッチがターンオンすると、電流パルスが引き込まれ内部 NMOS のゲート容量を充電します。この間 0.1 μF の並列シャント・コンデンサが V_{BOOST} 電圧を維持します。

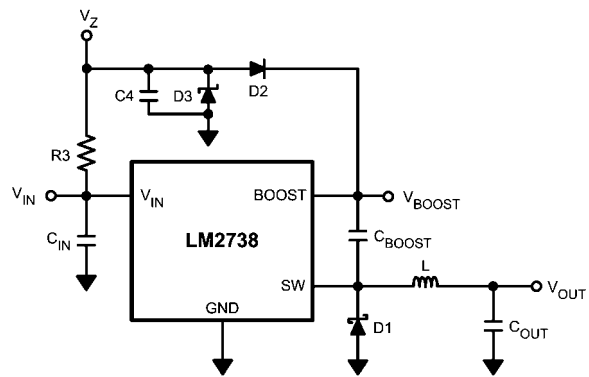


FIGURE 5. Boost Voltage Supplied from the Shunt Zener on V_{IN}

抵抗 R3 はツェナー・ダイオード (D3) と BOOST ピンに十分な RMS 電流を供給できるように選択します。ツェナー電流の推奨値 (I_{ZENER}) は 1mA です。BOOST ピンに流れる電流 I_{BOOST} が NMOS 制御スイッチのゲート電圧を供給し、通常は X パージョンの次の式に従って変化します。

$$I_{\text{BOOST}} = 0.56 \times (D + 0.54) \times (V_{\text{ZENER}} - V_{\text{D2}})\text{mA}$$

Y パージョンの I_{BOOST} は次の式で計算できます。

$$I_{\text{BOOST}} = 0.22 \times (D + 0.54) \times (V_{\text{ZENER}} - V_{\text{D2}})\mu\text{A}$$

ここで D はデューティ・サイクル、 V_{ZENER} と V_{D2} の単位は [V]、 I_{BOOST} の単位は [mA] です。 V_{ZENER} は昇圧ダイオード (D2) のアノードに与えられる電圧、 V_{D2} は D2 両端の順方向電圧の平均です。 I_{BOOST} の式は代表値を与えることに注意してください。ワーストケースの I_{BOOST} を求める場合は電流を 40% 増やして考えます。すなわちワーストケース電流は次のようになります。

$$I_{\text{BOOST-MAX}} = 1.4 \times I_{\text{BOOST}}$$

したがって R3 は次のとおり与えられます。

$$R3 = (V_{\text{IN}} - V_{\text{ZENER}})/(1.4 \times I_{\text{BOOST}} + I_{\text{ZENER}})$$

例えば、X パージョンを使った場合、 $V_{\text{IN}} = 10\text{V}$ 、 $V_{\text{ZENER}} = 5\text{V}$ 、 $V_{\text{D2}} = 0.7\text{V}$ 、 $I_{\text{ZENER}} = 1\text{mA}$ 、デューティ・サイクル $D = 50\%$ とすると、次のようになります。

$$I_{\text{BOOST}} = 0.56 \times (0.5 + 0.54) \times (5 - 0.7)\text{mA} = 2.5\text{mA}$$

$$R3 = (10\text{V} - 5\text{V})/(1.4 \times 2.5\text{mA} + 1\text{mA}) = 1.11\text{k}\Omega$$

アプリケーション情報 (つづき)

イネーブル・ピン/シャットダウン・モード

LM2738 はシャットダウン・モードを備えており、イネーブル・ピン (EN) で制御します。EN ピンに Low を印加するとデバイスはシャットダウン・モードに移行し、待機時電流は代表値で 400nA に下がります。イネーブル・ピンの電圧は $V_{IN} + 0.3V$ を超えてはなりません。

ソフトスタート

ソフトスタートとは、スタートアップ時に V_{OUT} を制御したレートで上昇させる機能です。ソフトスタート期間中はエラー・アンプのリファレンス電圧は 0V ~ 公称値 0.8V までおよそ 600 μs で上昇します。レギュレータ出力はより直線的かつ制御された状態で上昇するため、突入電流の抑止効果が得られます。

出力オーバーボルテージ保護

FB ピン電圧はオーバーボルテージ・コンパレータによって内部リファレンス V_{ref} より 16% 高い電圧と比較されます。FB ピン電圧が内部リファレンス電圧を 16% 上回ると、出力電圧がレギュレーション電圧に向かって低下するように、内部 NMOS 制御スイッチがオフになります。

入カアンダーボルテージ・ロックアウト

アンダーボルテージ・ロックアウト (UVLO) 機能によって、入力電圧が 2.7V (typ) を超えるまで、LM2738 は動作を開始しません。

UVLO のスレッシュホールドはおよそ 400mV のヒステリシスを持つため、 V_{IN} が 2.3V (typ) に下がるまでデバイスは動作を続けます。ヒステリシスがあるため、パワーアップ時に V_{IN} が単調増加しない場合でも、デバイスが予期せずターンオフすることはありません。

電流制限

LM2738 はサイクルごとに電流を制限し出力スイッチを保護します。各スイッチング・サイクルの間、出力スイッチ電流が 2.9A (typ) を超えたのを電流制限コンパレータが検出すると、次のスイッチング・サイクルが始まるまでスイッチはオフに保たれます。

サーマル・シャットダウン

IC 接合部温度が 165 $^{\circ}C$ を超えるとサーマル・シャットダウンによって出力スイッチはオフにされ、全体の消費電力が制限されます。サーマル・シャットダウンが発生した後は、接合部温度がおよそ 150 $^{\circ}C$ に下がるまで、出力スイッチはオンになりません。

設計ガイド

インダクタの選択

デューティ・サイクル (D) の概算値は出力電圧 (V_O) と入力電圧 (V_{IN}) の比から簡単に求められます。

$$D = \frac{V_O}{V_{IN}}$$

デューティ・サイクルをより正確に算出する場合は、キャッチ・ダイオード (D1) の順方向電圧降下と内部 NMOS スイッチ両端の電圧降下を加味する必要があります。D を求めるには次の式を使います。

$$D = \frac{V_O + V_D}{V_{IN} + V_D - V_{SW}}$$

V_{SW} は次の式で近似可能です。

$$V_{SW} = I_{OUT} \times R_{DS(ON)}$$

ダイオードの順方向降下電圧 (V_D) はダイオードの品質に依存して 0.3V ~ 0.7V の範囲をとります。 V_D が低いほどコンバータの動作効率は高くなります。インダクタ値によって出力リップル電流が決まります。インダクタンスを小さくすればインダクタのサイズは小さくなりますが、出力リップル電流は増加します。インダクタンスを大きくすると出力リップル電流は減少します。

このとき電流制限仕様の最小値 (2.0A) を超えないように保証しなければなりません。そのためインダクタのピーク電流を求める必要があります。インダクタのピーク電流 ($I_{L(PK)}$) は次のように求められます。

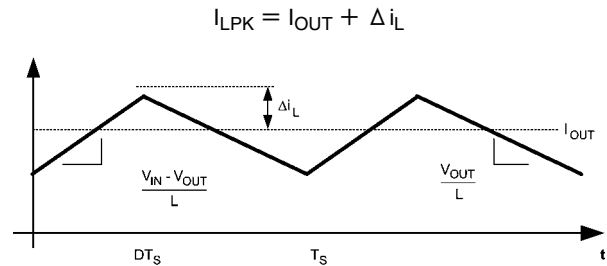


FIGURE 6. Inductor Current

$$\frac{V_{IN} - V_{OUT}}{L} = \frac{2\Delta i_L}{DT_s}$$

一般的に、

$$\Delta i_L = 0.1 \times (I_{OUT}) \rightarrow 0.2 \times (I_{OUT})$$

出力が 1.50A で $\Delta i_L = 33.3\%$ の場合、インダクタのピーク電流は 2.0A になります。すべての動作条件に対する電流制限仕様の最小値は 2.0A です。 Δi_L を下げるか、ゼロ・マージンはエンジニアリング的に安全と判断するか、いずれかの手段をとります。電流制限の代表値は 2.9A です。

LM2738 の動作周波数は、過渡応答を犠牲にせずに、セラミック出力コンデンサを適用できる範囲にあります。セラミック・コンデンサを採用すると、大きなインダクタ・リップルを許容しても出力リップルが大幅に増えることはありません。出力電圧リップルの詳しい計算方法は「出力コンデンサ」セクションを参照してください。リップル電流が決まると、インダクタンスは次のように求められます。

$$L = \left(\frac{DT_s}{2\Delta i_L} \right) \times (V_{IN} - V_{OUT})$$

ここで、

$$T_s = \frac{1}{f_s}$$

インダクタの選定時には、ピーク電流を飽和せずに扱える性能を備えていることを確認してください。インダクタが飽和すると、インダクタンス値が突然低下するだけでなく、レギュレータの適切な動作を妨げます。インダクタのピーク電流は、内部電流制限の応答速度を理由として、求められる最大出力電流に対してのみ規定する必要があります。例えば、設計上の最大出力電流が 1.0A でピーク電流が 1.25A の場合、インダクタの飽和電流上限は 1.25A 超として規定しなければなりません。

設計ガイド (つづき)

スイッチ電流制限の代表値である 2.9A でインダクタの飽和電流またはピーク電流を規定する必要はありません。LM2738 の動作周波数では、コア損失を最小限に抑えるためにフェライト系のインダクタを推奨します。フェライトを使ったインダクタは多岐にわたるため選定の際には多少の制約があります。最後に、直列抵抗 (R_{DCR}) が低いインダクタほど高い動作効率が得られます。推奨インダクタに関しては回路例を参照してください。

入力コンデンサ

入力コンデンサはスイッチング遷移時に V_{IN} の過度な低下を防ぎます。入力コンデンサの選定にあたって考慮すべき主な仕様は、容量、電圧、RMS 電流定格、そして ESL (等価直列インダクタンス) です。推奨容量は $10\mu\text{F}$ です。入力電圧定格はコンデンサ・メーカーによって規定されています。推奨ダイレーティングが存在しないか、また動作時の入力電圧条件と温度条件で容量に大きな変化がないか、必ず確認してください。入力コンデンサの最大 RMS 入力電流定格 (I_{RMS-IN}) は以下の値よりも大きくなければなりません。

$$I_{RMS-IN} = \sqrt{D \left[I_{OUT}^2 (1-D) + \frac{\Delta I^2}{3} \right]}$$

インダクタのリップル電流を無視すると、上式は次式のように単純化できます。

$$I_{RMS-IN} = I_{OUT} \times \sqrt{D(1-D)}$$

上の式から $D = 0.5$ のときに RMS コンデンサ電流が最大になることがわかります。必ず、デューティ・サイクル D が 0.5 に最も近いところで RMS を求めてください。入力コンデンサの ESL は、通常、電流経路の実効断面積で決まります。大きなリード線を持つコンデンサは大きな ESL を持ちますが、0805 (2012) のセラミック・チップ・コンデンサはきわめて小さな ESL しか持ちません。LM2738 の動作周波数付近で ESL が大きくなるリード付きコンデンサを使用すると、インピーダンス ($2\pi fL$) が安定動作に必要な値より大きくなってしまいます。以上から面実装コンデンサの使用を強く推奨します。

入力コンデンサと出力コンデンサには、三洋電子部品の POSCAP、タンタルまたはニオビウム、松下電子部品の SP、または多層セラミック・コンデンサ (MLCC) が適しており、それぞれきわめて小さな ESL しか持ちません。MLCC の場合は、その許容誤差特性と温度特性から、X7R か X5R 特性の誘電体を推奨します。動作条件における定格容量の変動については、コンデンサ・メーカーが提供しているデータシートを参照してください。

出力コンデンサ

出力コンデンサは必要とする出力リップル量と過渡応答にもとづいて選択します。負荷変動が発生した場合、最初の電流は主に出力コンデンサが供給します。コンバータの出力リップルは次のとおりです。

$$\Delta V_{OUT} = \Delta I_L \left(R_{ESR} + \frac{1}{8 \times F_{SW} \times C_{OUT}} \right)$$

MLCC を使用する場合、ESR は通常きわめて小さいため、容量性のリップルが支配的となる場合があります。この場合出力リップルはスイッチング動作から 90° 位相がずれた、ほぼ正弦波になります。適切な品質の MLCC を入手でき、かつ、LM2738 を使った設計で期待する出力電圧が得られるのであれば、その他の種類のコンデンサを検討する必要はありません。セラミック・コンデンサが持つ別のメリットは高周波ノイズをバイパスする

能力です。スイッチング・エッジ・ノイズの一部はインダクタの寄生容量を介して出力に重畳します。このノイズをセラミック・コンデンサはバイパスしますがタンタル・コンデンサはバイパスしません。出力コンデンサはレギュレータ制御ループの安定性を握る 2 つの外付け部品のうちの 1 つです。そのため、ほとんどのアプリケーションは出力コンデンサに最低でも $22\mu\text{F}$ を必要とします。一般にコンデンサ容量は、低いデューティ・サイクルでの動作時にしばしば増加します。一般的アプリケーションで推奨される出力容量については、データシートの最後に記載されている回路例を参照してください。多層セラミック・コンデンサは、入力コンデンサと同様に、X7R 品または X5R 品を推奨します。

キャッチ・ダイオード

キャッチ・ダイオード (D1) はスイッチオフ中に導通します。スイッチング動作の高速性と順方向電圧降下の低さからショットキ・ダイオードを推奨します。キャッチ・ダイオードは電流定格が次の値よりも大きくなるように選択しなければなりません。

$$I_{D1} = I_{OUT} \times (1 - D)$$

ダイオードの逆方向ブレイクダウン定格は、最大入力電圧に適切なマージンを加えた電圧以上でなければなりません。効率を高めるには低順方向電圧降下のショットキ・ダイオードを選択してください。

出力電圧

出力電圧は次の式を用いて設定します。ここで $R2$ は FB ピンとグラウンド間に接続し、 $R1$ は V_O と FB ピン間に接続する抵抗です。 $R2$ の推奨値は $10k$ です。ユニティ・ゲインのコンバータ ($V_O = 0.8V$) を設計する場合は、 $R1$ を $0 \sim 100\Omega$ に、 $R2$ には負荷を与えないようにします。

$$R1 = \left(\frac{V_O}{V_{REF}} - 1 \right) \times R2$$

$$V_{REF} = 0.80V$$

PCB レイアウトの考慮事項

クリーンでレギュレートされた出力を得るにはレイアウト設計時にいくつかの事項を考慮しなければなりません。最も重要となる検討事項は、入力コンデンサおよびキャッチ・ダイオード D1 のそれぞれを、グラウンドに対して電氣的に確実に接続することです。これら部品のグラウンド・ピンは互いに近接させ、また、2 個以上のスルーホール (ビア) を介してグラウンド層に接続してください。これら部品は IC のできるだけ近くに配置してください。次に出力コンデンサのグラウンド接続の位置が重要で、 C_{IN} と D1 のグラウンド接続の近くに配置してください。スイッチング・ノード下の分割パターン (アイランド・パターン) を除いて、2 層基板の下側の層には連続したグラウンド面がなければなりません。FB ピンはハイ・インピーダンス・ノードであることから、ノイズの重畳を防ぎ不適切なレギュレーションを生じさせないように、FB の配線は短くしなければなりません。帰還抵抗は IC のできるだけ近くに配置し、また $R1$ のグラウンド端は IC グラウンドのできるだけ近くに配置してください。 $R2$ への V_{OUT} 配線は、インダクタやそのほかのスイッチング配線から離してルーティングしてください。 V_{IN} 、SW、 V_{OUT} 配線には大きな AC 電流が流れるため、できるだけ短くし、かつ、幅を広めにしてください。ただし配線幅を広くと放射ノイズが増えるため、両者のトレードオフを考慮して設計する必要があります。シールド付きインダクタを使用すれば放射ノイズを抑えられます。残りの部品も IC のできるだけ近くに配置してください。詳細はアプリケーション・ノート AN-1229、および 4 層レイアウトの例として LM2738 の評価ボードを参照してください。

設計ガイド (つづき)

最小オン時間による推奨動作領域

LM2738 は、デバイスのオン時間によって制限される広範囲な条件で動作します。次のグラフは、最大負荷 (1.5A)、周囲温度 25 °Cでの "X" の推奨動作領域を示しています。LM2738 の "Y" バージョンはこれよりも低い周波数で動作するので、動作電圧の全範囲で動作します。

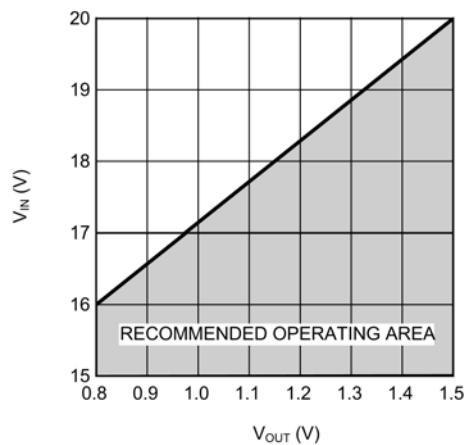


FIGURE 7. LM2738X - 1.6MHz (25 °C , LOAD=1.5A)

効率の計算および接合部温度

LM2738 DC/DC コンバータ全体の効率は次のように計算することができます。

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{IN}}$$

または

$$\eta = \frac{P_{OUT}}{P_{OUT} + P_{LOSS}}$$

最も大きい電力損失の計算を以下に示します。その他の損失の合計は2%未満であるため、説明は省略します。

電力損失 (P_{LOSS}) は、コンバータによる2種類の基本的な損失、スイッチング損失と導通損失の合計になります。導通損失は通常、出力負荷が大きい場合の主因であり、他方、スイッチング損失は比較的一定で出力負荷が小さい場合に主因となります。損失を求める最初の手順は、デューティ・サイクル (D) を計算することです。

$$D = \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} + V_D - V_{SW}}$$

V_{SW} はオンになっている時の内部 NFET の両端間の電圧降下であり、次に等しい値となります。

$$V_{SW} = I_{OUT} \times R_{DSON}$$

V_D はショットキ・キャッチ・ダイオードの順方向電圧降下です。この値はダイオード・メーカーの電気的特性の項から得ることができます。インダクタ両端間の電圧降下 (V_{DCR}) を考慮すると、この式は次のようになります。

$$D = \frac{V_{OUT} + V_D + V_{DCR}}{V_{IN} + V_D + V_{DCR} - V_{SW}}$$

フリーホイール用ショットキ・ダイオードの導通損失は次のように計算されます。

$$P_{DIODE} = V_D \times I_{OUT} \times (1 - D)$$

多くの場合、これが回路で唯一の大きい電力損失となります。順方向電圧降下の小さいショットキ・ダイオードを選択するよう、注意が必要です。

もう1つの大きい外部電力損失は出力インダクタの導通損失です。この式は次のように単純化されます。

$$P_{IND} = I_{OUT}^2 \times R_{DCR}$$

LM2738 の導通損失は主に内部の NFET スイッチによるものです。

$$P_{COND} = (I_{OUT}^2 \times D) \left(1 + \frac{1}{3} \times \left(\frac{\Delta i_L}{I_{OUT}} \right)^2 \right) R_{DSON}$$

インダクタのリップル電流がかなり小さい場合は、導通損失は次のように単純化できます。

$$P_{COND} = I_{OUT}^2 \times R_{DSON} \times D$$

スイッチング損失も内部の NFET スイッチによって発生します。これはスイッチ・オンとオフの遷移期間に起こりますが、遷移期間では電圧と電流がオーバーラップするため、結果として電力損失となります。この損失を決定する最も簡単な方法は、スイッ

チ・ノードでスイッチの立ち上がり立ち下がり時間 (10%~90%) を実験的に測定することです。

スイッチング電力損失は次のように計算されます。

$$P_{SWR} = 1/2 (V_{IN} \times I_{OUT} \times F_{SW} \times T_{RISE})$$

$$P_{SWF} = 1/2 (V_{IN} \times I_{OUT} \times F_{SW} \times T_{FALL})$$

$$P_{SW} = P_{SWR} + P_{SWF}$$

その他の損失は内部回路を動作させるために必要な電力です。

$$P_Q = I_Q \times V_{IN}$$

I_Q は待機時消費電流であり、0.55MHz の周波数オプションでは代表値でおよそ 1.9mA です。

標準的なアプリケーションでの電力損失は次のようになります。

Power Loss Tabulation

V_{IN}	12.0V		
V_{OUT}	3.3V	P_{OUT}	4.125W
I_{OUT}	1.25A		
V_D	0.34V	P_{DIODE}	317mW
F_{SW}	550kHz		
I_Q	1.9mA	P_Q	22.8mW
T_{RISE}	8nS	P_{SWR}	33mW
T_{FALL}	8nS	P_{SWF}	33mW
$R_{DS(ON)}$	275m Ω	P_{COND}	118mW
IND_{DCR}	70m Ω	P_{IND}	110mW
D	0.275	P_{LOSS}	634mW
η	86.7%	$P_{INTERNAL}$	207mW

$$\Sigma P_{COND} + P_{SW} + P_{DIODE} + P_{IND} + P_Q = P_{LOSS}$$

$$\Sigma P_{COND} + P_{SWF} + P_{SWR} + P_Q = P_{INTERNAL}$$

$$P_{INTERNAL} = 207mW$$

熱に関する定義

T_J = チップの接合部温度

T_A = 周囲温度

$R_{\theta JC}$ = チップの接合部とデバイスのパッケージとの間の熱抵抗

$R_{\theta JA}$ = チップの接合部と周囲温度との間の熱抵抗

内部消費電力による LM2738 の熱は、伝導や対流によって除去されます。

伝導: 熱の移動は材料の断面を通して行われます。熱の移動とは、材質に依存する熱伝導特性の良し悪しであると考えられます (断熱材と伝導体)。

熱移動の経路は次のようになります。

シリコン→パッケージ→リードフレーム→プリント基板

対流: 熱の移動は空気流によって起こります。空気流はファンによる対流か自然対流のいずれかです。自然対流は熱いデバイスから冷気に対して気流が上昇するときに発生します。

熱インピーダンスは次のように定義されます。

$$R_{\theta} = \frac{\Delta T}{Power}$$

熱に関する定義 (つづき)

シリコン接合部から周囲の空気への熱インピーダンスは次のように定義されます。

$$R_{\theta JA} = \frac{T_J - T_A}{\text{Power}}$$

基板の大きさ、配線やグラウンド・プレーンに使用される銅の重量、基板内の層数が $R_{\theta JA}$ に大きく影響します。サーマル・ビアのタイプと数も熱インピーダンスに大きく影響することがあります。サーマル・ビアはほとんどのアプリケーションで必要です。サーマル・ビアにより、熱は基板表面からグラウンド・プレーンへ伝導します。LLP パッケージを使用する場合は、露出パッドの下にグラウンド・プレーンまでのサーマル・ビアを 4～6 個配置してください。

熱インピーダンスはアプリケーションの動作条件 (V_{in} 、 V_o 、 I_o など) や周辺回路の熱特性にも依存します。

シリコン接合部温度の測定法 1

特定のアプリケーションのシリコン温度を正確に測定するには、2 つの方法があります。最初の方法では、シリコン接合部からパッケージ上面温度までの熱インピーダンスを知っている必要があります。

説明を進める前に、いくつかのことを明確にしておきます。

$R_{\theta JC}$ は IC パッケージの 6 面すべてからシリコン接合部までの熱インピーダンスです。

$R_{\theta JC}$ はパッケージ上面からシリコン接合部までの熱インピーダンスです。

本データシートでは、パッケージ上面に小さい熱電対を取り付けてパッケージ上面の温度を測定できるように、 $R_{\theta JC}$ を使用します。

露出パッド付きの 8 ピン LLP パッケージでは、 $R_{\theta JC}$ はおよそ $30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W}$ です。前述の効率の計算から内部消費電力を把握し、パッケージ温度をベンチで実験的に測定することにより、次の式に値を代入できます。

$$R_{\theta JC} = \frac{T_J - T_C}{\text{Power}}$$

したがって、

$$T_J = (R_{\theta JC} \times P_{\text{Loss}}) + T_C$$

前述の例から、

$$\begin{aligned} T_J &= (R_{\theta JC} \times P_{\text{INTERNAL}}) + T_C \\ T_J &= 30\text{ }^{\circ}\text{C}/\text{W} \times 0.207\text{W} + T_C \end{aligned}$$

2 番目の方法を使うと、非常に正確なシリコン接合部温度を求めることができます。

まず最初にアプリケーションの $R_{\theta JA}$ を求めます。LM2738 は過熱保護回路を備えています。シリコンの温度が $165\text{ }^{\circ}\text{C}$ に達すると、デバイスはスイッチングを停止します。保護回路はおよそ $15\text{ }^{\circ}\text{C}$ のヒステリシスを備えています。シリコンの温度がおよそ $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ に下がるとデバイスは再びスイッチングを始めます。以上のことを念頭に置くと、どのようなアプリケーションでも、 $R_{\theta JA}$ は設計の早い段階でわかります。 $R_{\theta JA}$ は恒温槽に PCB 回路を置くことによって計算できます。回路がサーマル・シャットダウン状態になるまで、対象のアプリケーションの周囲温度を上げます。SW ピンをモニタすると、内部の NFET がいつスイッチングを停止するかがはっきりわかり、接合部温度が $165\text{ }^{\circ}\text{C}$ になったことを示します。上述の方法によって内部消費電力、接合部温度、周囲温度がわかると、 $R_{\theta JA}$ を求めることができます。

$$R_{\theta JA} = \frac{165^{\circ} - T_A}{P_{\text{INTERNAL}}}$$

この値が求まると、所望の接合部温度に対して許容される最大周囲温度がわかります。

ナショナル セミコンダクターの LM2738 LLP のデモ・ボードを使ったアプリケーションについて、 $R_{\theta JA}$ の計算例を以下に示します。

4 層の基板は 1/2 オンスの銅配線を施した FR4 を使用して作製されています。銅箔のグラウンド・プレーンは底面層にあります。グラウンド・プレーンには 2 個のビアで接続されています。基板の大きさは $3.0\text{cm} \times 3.0\text{cm}$ です。基板は強制空冷のない恒温槽に置きました。周囲温度が $144\text{ }^{\circ}\text{C}$ まで上昇すると、デバイスがサーマル・シャットダウン状態になりました。

前述の例から、

$$P_{\text{INTERNAL}} = 207\text{mW}$$

$$R_{\theta JA} = \frac{165^{\circ}\text{C} - 144^{\circ}\text{C}}{207\text{ mW}} = 102^{\circ}\text{C}/\text{W}$$

接合部温度が $125\text{ }^{\circ}\text{C}$ 未満に保たれていた場合、周囲温度が $109\text{ }^{\circ}\text{C}$ を超える可能性はありません。

$$\begin{aligned} T_J - (R_{\theta JA} \times P_{\text{Loss}}) &= T_A \\ 125^{\circ}\text{C} - (102^{\circ}\text{C}/\text{W} \times 207\text{mW}) &= 104^{\circ}\text{C} \end{aligned}$$

LLP パッケージ

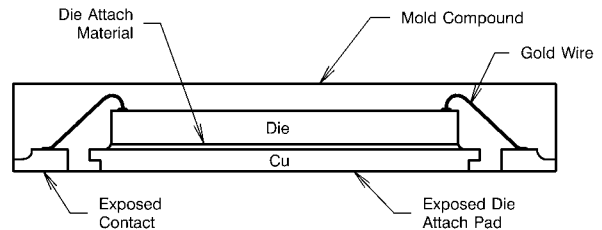


FIGURE 8. Internal LLP Connection

一部の電力アプリケーションでは、PCB のランドを「ドッグ・ボーン」形状に変更できます (Figure 9 参照)。グラウンド・プレーンを大きくして、さらにサーマル・ビアを追加すると、そのアプリケーションの $R_{\theta JA}$ を小さくすることができます。

LLP パッケージ (つづき)

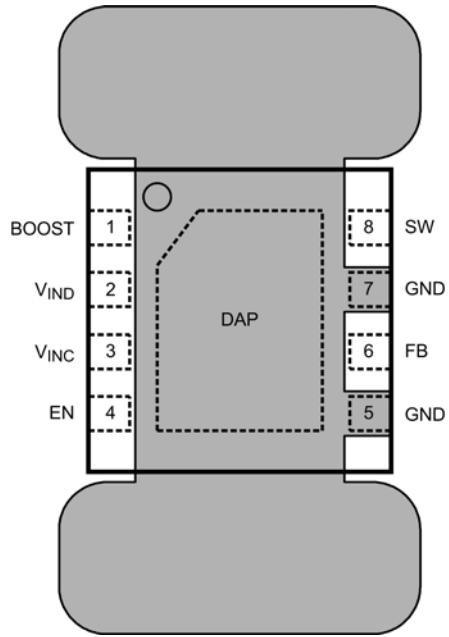


FIGURE 9. 8-Lead LLP PCB Dog Bone Layout

LM2738X 回路例 1

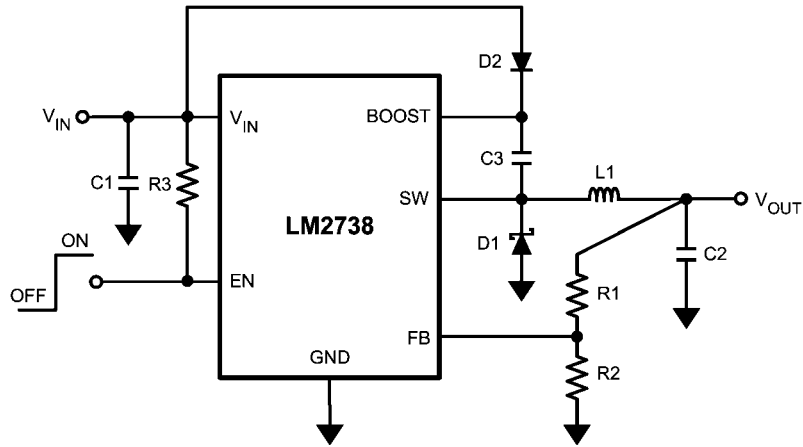


FIGURE 10. LM2738X (1.6MHz)
 V_{BOOST} Derived from V_{IN}
 5V to 1.5V/1.5A

Bill of Materials for FIGURE 10

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738X	National Semiconductor
C1, Input Cap	10µF, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ106M	TDK
C2, Output Cap	22µF, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ226M	TDK
C3, Boost Cap	0.1µF, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
L1	2.2µH, 1.9A,	MSS5131-222ML	Coilcraft
R1	8.87kΩ, 1%	CRCW06038871F	Vishay
R2	10.2kΩ, 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100kΩ, 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738X 回路例 2

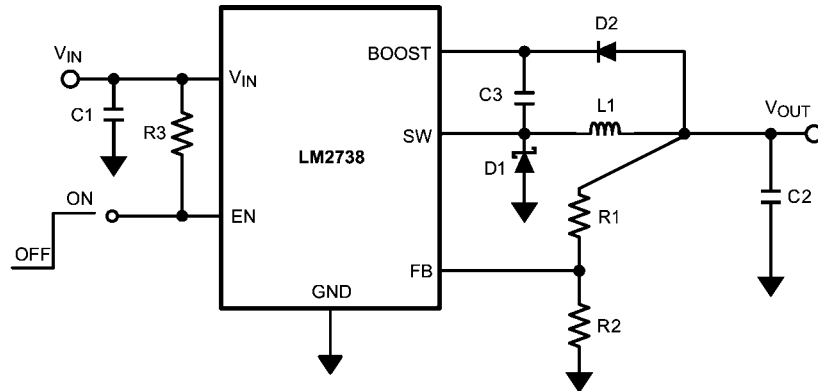


FIGURE 11. LM2738X (1.6MHz)
 V_{BOOST} Derived from V_{OUT}
 12V to 3.3V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	NSC	LM2738X
C1, Input Cap	10µF, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	33µF, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ336M	TDK
C3, Boost Cap	0.1µF, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
L1	5µH, 2.9A	MSS7341- 502NL	Coilcraft
R1	31.6kΩ, 1%	CRCW06033162F	Vishay
R2	10kΩ, 1%	CRCW06031002F	Vishay
R3	100kΩ, 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738X 回路例 3

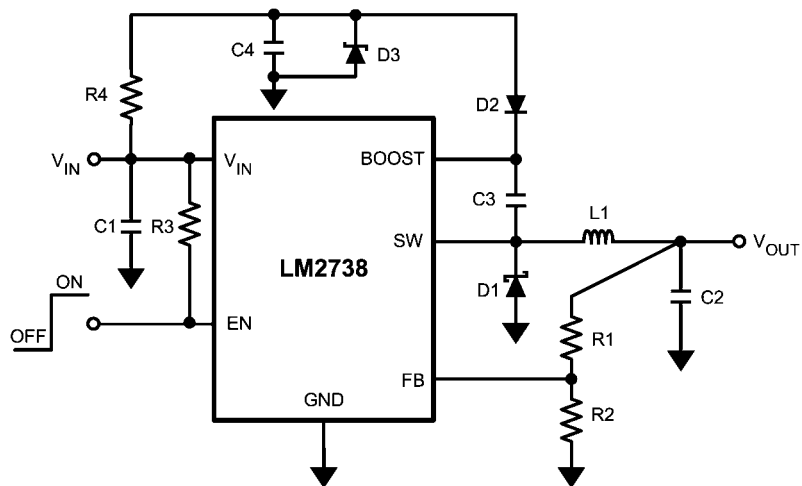


FIGURE 12. LM2738X (1.6MHz)
 V_{BOOST} Derived from V_{SHUNT}
 18V to 1.5V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738X	National Semiconductor
C1, Input Cap	10 μ F, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	47 μ F, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ476M	TDK
C3, Boost Cap	0.1 μ F, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
C4, Shunt Cap	0.1 μ F, 6.3V, X5R	C1005X5R0J104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
D3, Zener Diode	5.1V 250Mw SOT-23	BZX84C5V1	Vishay
L1	2.7 μ H, 1.76A	VLCF5020T-2R7N1R7	TDK
R1	8.87k Ω , 1%	CRCW06038871F	Vishay
R2	10.2k Ω , 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100k Ω , 1%	CRCW06031003F	Vishay
R4	4.12k Ω , 1%	CRCW06034121F	Vishay

LM2738X 回路例 4

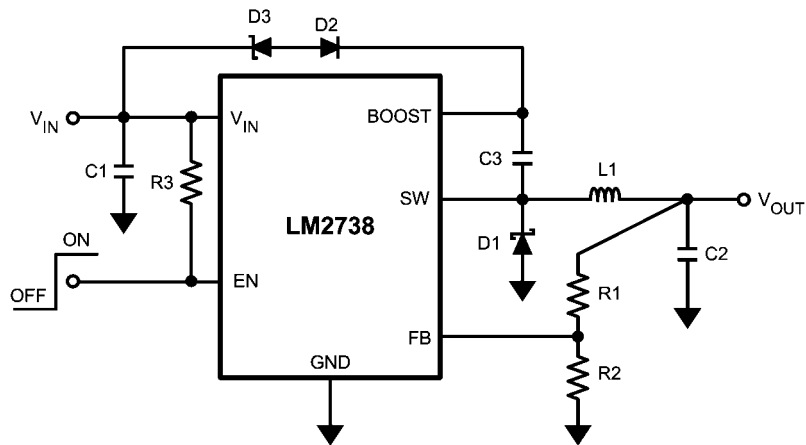


FIGURE 13. LM2738X (1.6MHz)
 V_{BOOST} Derived from Series Zener Diode (V_{IN})
 15V to 1.5V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738X	National Semiconductor
C1, Input Cap	10µF, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	47µF, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ476M	TDK
C3, Boost Cap	0.1µF, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
D3, Zener Diode	11V 350Mw SOT-23	BZX84C11T	Diodes, Inc.
L1	3.3µH, 3.5A	MSS7341-332NL	Coilcraft
R1	8.87kΩ, 1%	CRCW06038871F	Vishay
R2	10.2kΩ, 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100kΩ, 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738X 回路例 5

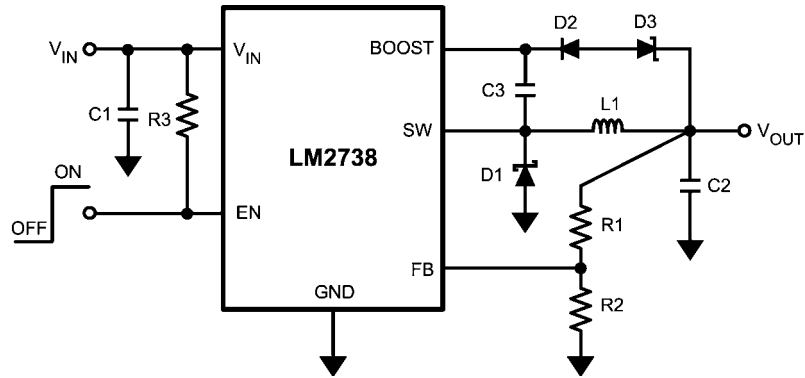


FIGURE 14. LM2738X (1.6MHz)
 V_{BOOST} Derived from Series Zener Diode (V_{OUT})
 15V to 9V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738X	National Semiconductor
C1, Input Cap	10µF, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	22µF, 16V, X5R	C3216X5R1C226M	TDK
C3, Boost Cap	0.1µF, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
D3, Zener Diode	4.3V 350mw SOT-23	BZX84C4V3	Diodes, Inc.
L1	6.2µH, 2.5A	MSS7341-622NL	Coilcraft
R1	102kΩ, 1%	CRCW06031023F	Vishay
R2	10.2kΩ, 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100kΩ, 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738Y 回路例 6

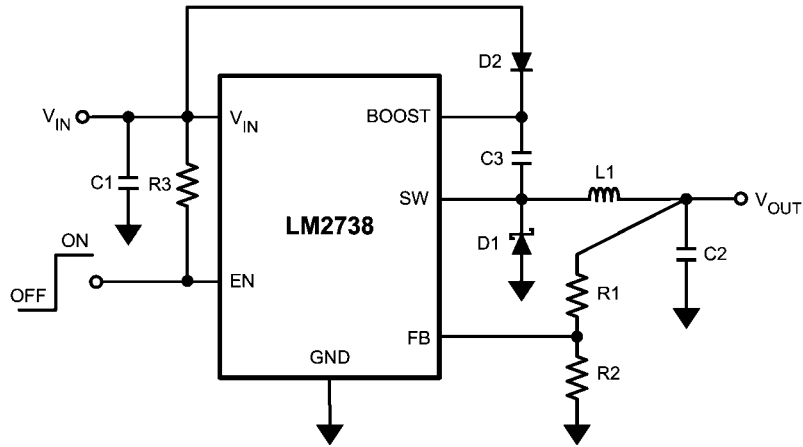


FIGURE 15. LM2738Y (550kHz)
 V_{BOOST} Derived from V_{IN}
 5V to 1.5V/1.5A

Bill of Materials for FIGURE 15

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738Y	National Semiconductor
C1, Input Cap	10 μ F, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ106M	TDK
C2, Output Cap	47 μ F, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ476M	TDK
C3, Boost Cap	0.1 μ F, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
L1	6.2 μ H, 2.5A,	MSS7341-622NL	Coilcraft
R1	8.87k Ω , 1%	CRCW06038871F	Vishay
R2	10.2k Ω , 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100k Ω , 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738Y 回路例 7

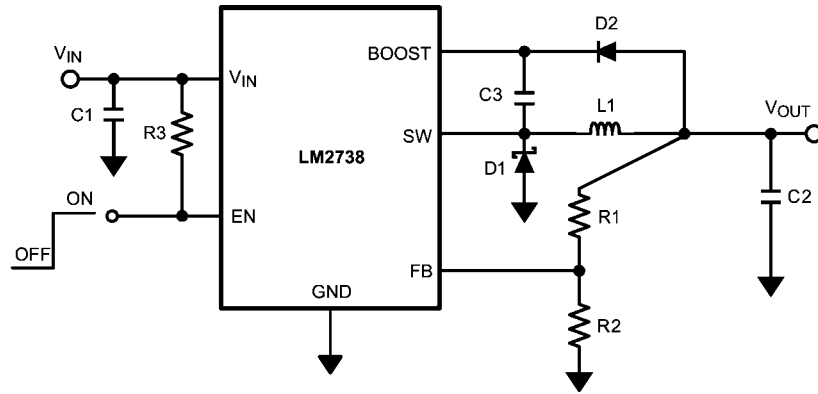


FIGURE 16. LM2738Y (550kHz)
 V_{BOOST} Derived from V_{OUT}
 12V to 3.3V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738Y	National Semiconductor
C1, Input Cap	10 μ F, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	47 μ F, 6.3V, X5R	C3216X5ROJ476M	TDK
C3, Boost Cap	0.1 μ F, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Vishay
L1	12 μ H, 1.7A,	MSS7341-123NL	Coilcraft
R1	31.6k Ω , 1%	CRCW06033162F	Vishay
R2	10.0 k Ω , 1%	CRCW06031002F	Vishay
R3	100k Ω , 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738Y 回路例 8

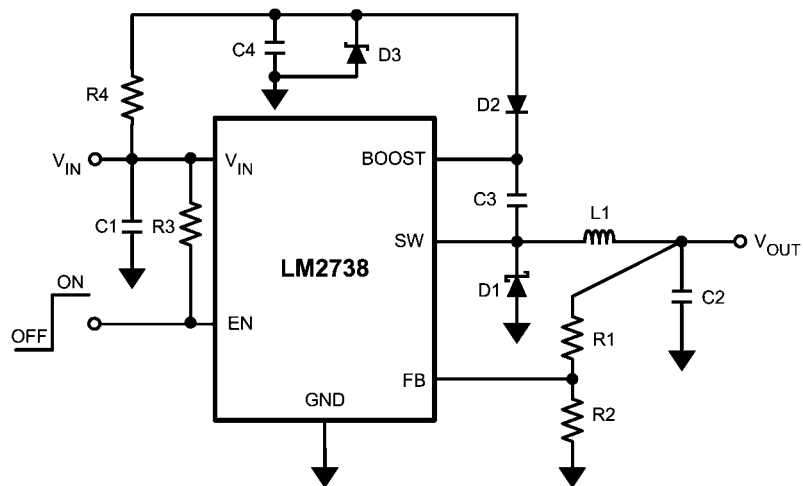


FIGURE 17. LM2738Y (550kHz)
 V_{BOOST} Derived from V_{SHUNT}
 18V to 1.5V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738Y	National Semiconductor
C1, Input Cap	10 μ F, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	(47 μ F, 6.3V, X5R) x 2 = 94 μ F	C3216X5ROJ476M	TDK
C3, Boost Cap	0.1 μ F, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
C4, Shunt Cap	0.1 μ F, 6.3V, X5R	C1005X5R0J104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
D3, Zener Diode	5.1V 250Mw SOT-23	BZX84C5V1	Vishay
L1	8.7 μ H, 2.2A	MSS7341-872NL	Coilcraft
R1	8.87k Ω , 1%	CRCW06038871F	Vishay
R2	10.2k Ω , 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100k Ω , 1%	CRCW06031003F	Vishay
R4	4.12k Ω , 1%	CRCW06034121F	Vishay

LM2738Y 回路例 9

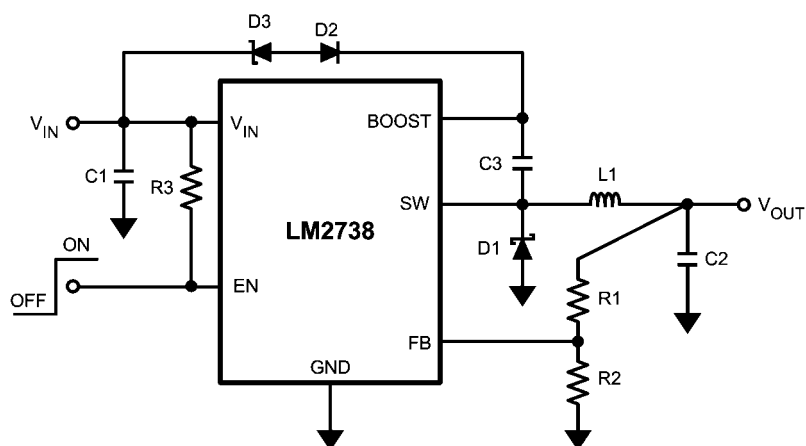


FIGURE 18. LM2738Y (550kHz)
 V_{BOOST} Derived from Series Zener Diode (V_{IN})
 15V to 1.5V/1.5A

Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738Y	National Semiconductor
C1, Input Cap	10µF, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	(47µF, 6.3V, X5R) x 2 = 94µF	C3216X5ROJ476M	TDK
C3, Boost Cap	0.1µF, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
D3, Zener Diode	11V 350Mw SOT-23	BZX84C11T	Diodes, Inc.
L1	8.7µH, 2.2A	MSS7341-872NL	Coilcraft
R1	8.87kΩ, 1%	CRCW06038871F	Vishay
R2	10.2kΩ, 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100kΩ, 1%	CRCW06031003F	Vishay

LM2738Y 回路例 10

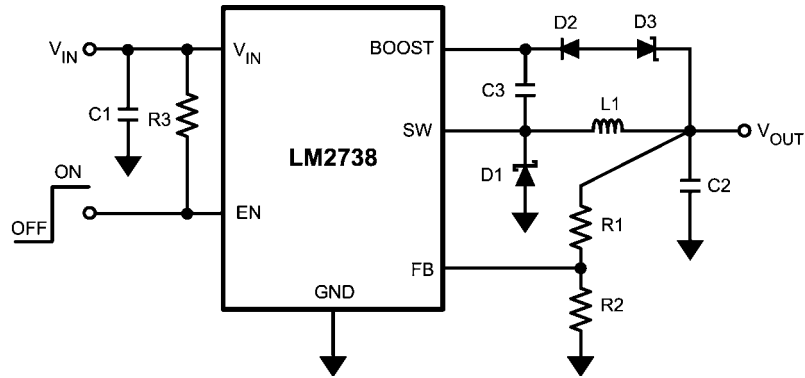
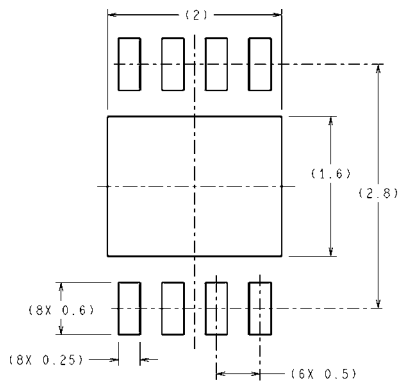


FIGURE 19. LM2738Y (550kHz)
 V_{BOOST} Derived from Series Zener Diode (V_{OUT})
 15V to 9V/1.5A

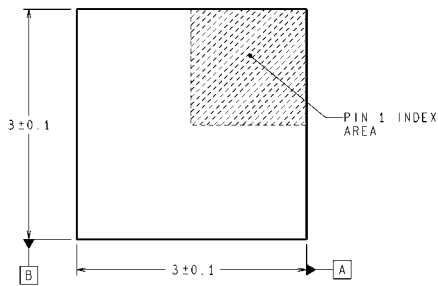
Bill of Materials for

Part ID	Part Value	Part Number	Manufacturer
U1	1.5A Buck Regulator	LM2738Y	National Semiconductor
C1, Input Cap	10µF, 25V, X7R	C3225X7R1E106M	TDK
C2, Output Cap	22µF, 16V, X5R	C3216X5R1C226M	TDK
C3, Boost Cap	0.1µF, 16V, X7R	C1005X7R1C104K	TDK
D1, Catch Diode	0.34V _F Schottky 1.5A, 30V	CRS08	Toshiba
D2, Boost Diode	1V _F @ 100mA Diode	BAT54WS	Diodes, Inc.
D3, Zener Diode	4.3V 350mw SOT-23	BZX84C4V3	Diodes, Inc.
L1	15µH, 2.1A	SLF7055T150M2R1-3PF	TDK
R1	102kΩ, 1%	CRCW06031023F	Vishay
R2	10.2kΩ, 1%	CRCW06031022F	Vishay
R3	100kΩ, 1%	CRCW06031003F	Vishay

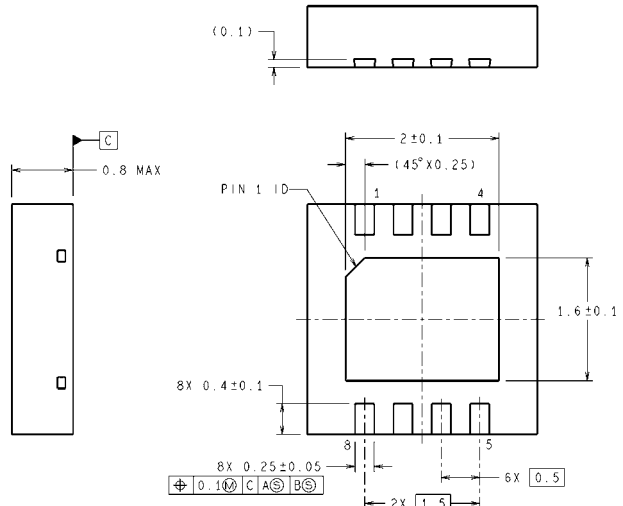
外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



RECOMMENDED LAND PATTERN

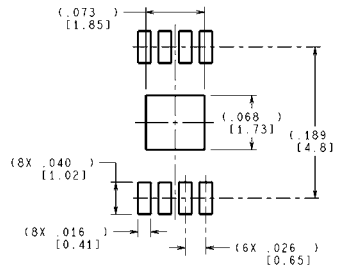
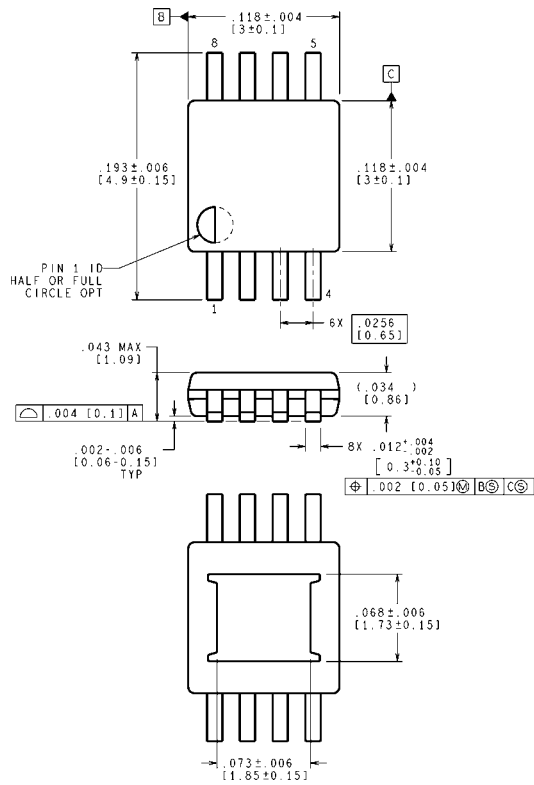


DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
DIMENSIONS IN () FOR REFERENCE ONLY

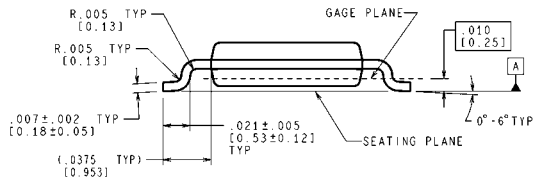


SDA08A (Rev A)

8-Lead LLP Package
NS Package Number SDA08A



RECOMMENDED LAND PATTERN



CONTROLLING DIMENSION IS INCH
VALUES IN [] ARE MILLIMETERS

MUY08A (Rev A)

8-Lead eMSOP Package
NS Package Number MUY08A

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を負いかねます。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 © 2010 National Semiconductor Corporation

製品の最新情報については 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/

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ことを含みません。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