

LM25007

Application Note 1453 LM25007 Evaluation Board



Literature Number: JAJA294

LM25007 評価ボード

National Semiconductor
Application Note 1453
Dennis Morgan
2006年3月



はじめに

LM25007 EVAL 評価ボードにより、設計エンジニアはコンスタント・オンタイム方式 (COT) の動作原理を用いた降圧型レギュレータの全機能を実際に動作させることができます。この評価ボードでは、入力電圧範囲 9V ~ 42V で、5V の出力電圧を得られます。この回路は負荷電流として 450mA を供給でき、670mA で電流制限がかかります。ボードには、C6 と C9 を除くすべての外付け部品が実装されています。本書で後述するように、これら外付け部品の選択によって出力リップル電圧を調整できます。

ボードの仕様は次のとおりです。

- 入力電圧：9V ~ 42V
- 出力電圧：5V
- 最大負荷電流：450mA
- 最小負荷電流：0mA
- 電流制限：670mA
- 効率 (測定値)：92.6% ($V_{IN} = 9V$ 、 $I_{OUT} = 150mA$)
- 公称スイッチング周波数：306kHz
- 寸法：40.6mm × 25.4mm × 12.7mm

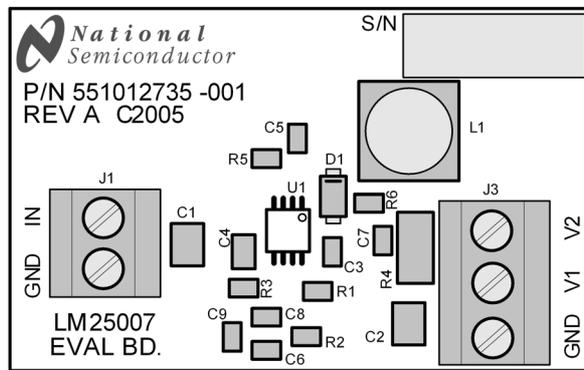


FIGURE 1. Evaluation Board - Top Side

動作原理

評価ボードの配線図 (Figure 5) を参照してください。この図には、LM25007 の簡略化したブロック図も含まれています。この回路がレギュレート動作をしているとき、降圧型スイッチはサイクルごとに R1 と入力電圧で決まる時間だけオンになります。その時間は次式で計算できます。

$$t_{ON} = \frac{1.42 \times 10^{-10} \times R1}{V_{IN}}$$

公称スイッチング周波数は、次式より求められます。

$$F_S = \frac{V_{OUT}}{1.42 \times 10^{-10} \times R1}$$

この評価ボードの場合、オン時間の範囲は $V_{in} = 9V$ で 1800ns、 $V_{in} = 42V$ で 390ns となります。オン時間が V_{IN} に反比例するため、スイッチング周波数はほぼ一定になります。この評価ボードでは公称 306kHz です。オン時間が終了した後、最小オフ時間タイムによって最短でも 300ns の間、必ず降圧型スイッチがオフになります。通常動作におけるオフ時間は、これより大幅に長くなります。オフ時間に出力コンデンサ (C2) は負荷電流によって放電されます。出力電圧が十分に低下し、FB ピンの電圧が 2.5V を下回ると、レギュレーション・コンパレータによって次のオン時間が開始されます。安定した固定周波数動作を行うには、レギュレー

ション・コンパレータをスイッチングさせるために、FB ピンに 25mVp-p のリップル電圧が必要です。詳細なブロック図、およびさまざまな機能ブロックの説明は、LM25007 のデータシートを参照してください。

ボード・レイアウトと測定

Figure 1 に回路部品の配置を示します。ボードへの給電中は、以下の点について注意してください。

- 1) 入力電圧が高く、負荷電流が大きい動作条件では、強制空冷を推奨します。
- 2) 入力電圧が高く、負荷電流が大きい動作条件では、LM25007 が高温になっており触れると危険な場合があります。
- 3) 入力電圧が高い場合は、ケガや回路損傷を防ぐために注意して測定 (プローブ接続) を行ってください。
- 4) 本ボードと負荷を接続する配線は、負荷電流に見合った適切な太さのものを使用してください。評価ボードから負荷への配線によって大幅な電圧降下が生じないように注意してください。

ボードの接続 / 起動

入力は J1 コネクタに接続します。負荷は通常、J3 コネクタの V1 と GND ピンに接続します。予定負荷電流に対して、配線の太さが適切であることを確認してください。起動前に、入力ピンと出力ピンに電圧計を接続します。電流計または電流プローブによって負荷電流をモニタします。入力電圧を徐々に 9V まで増加させることを推奨します。すると出力電圧は 5V になるはずです。

ボードの接続 / 起動 (つづき)

V_{IN} が 9V の場合に出力電圧が正しくなっていたら、入力電圧を所望の値まで大きくして回路評価を開始してください。

出力リップル制御

LM25007 を適切に動作させるには、SW ピンのスイッチング波形と同期して、最低 25mVp-p のリップルを FB ピンに必要とします。最も簡単な構成では、R4 を通して流れるインダクタのリップル電流によって、 V_{OUT1} に発生するリップル電圧が得られます。リップル電圧はフィードバック抵抗によって減衰するため、 V_{OUT1} のリップル振幅は最低値の 25mVp-p より先利得分だけ大きくなければなりません。出力リップルを低減するいくつかの方法を以下で説明し、その結果を Figure 8 のグラフに示します。

オプション A) 出力リップルが最小となる構成 : この評価ボードは、R4 を 0 に設定し、部品 R6、C7、C8 を実装することにより、 V_{OUT1} のリップルが最小となる構成で提供されます。出力リップル電圧は、2mVp-p ($V_{IN} = 9V$) ~ 7mVp-p ($V_{IN} = 42V$) まで変化し、主として出力コンデンサ (C2) の ESR と、入力電圧範囲で 75mA_{p-p} ~ 144mA_{p-p} となるインダクタのリップル電流によって決まります。この性能は、連続モードに対してのみ適用されます。不連続モードではリップル振幅が大きいためです。SW ピンが -1V から V_{IN} に切り替わり、C7 の右側ピンが仮想グラウンドであるため、FB ピンに必要なリップル電圧は R6、C7、および C8 によって発生します。R6 と C7 の値は、両者の接続部に 30 ~ 40mVp-p の三角波波形が発生するように設定します。つづいて、この三角波を C8 を通して FB ピンにカップリングさせます。R6、C7、C8 の値を計算するには、以下の手順を使用します。

1) 電圧 V_A の計算 :

$$V_A = V_{OUT} - (V_{SW} \times (1 - (V_{OUT}/V_{IN})))$$

ここで V_{SW} は、オフ時間における SW ピンの電圧の絶対値 (代表値 1V)、 V_{IN} は最小入力電圧です。この回路の場合、 V_A は 4.55V と計算されます。この値は、R6/C7 接続部の DC 電圧であり、次式で使用します。

2) $R6 \times C7$ の積の計算 :

$$R6 \times C7 = \frac{(V_{IN} - V_A) \times t_{ON}}{\Delta V}$$

ここで、 t_{ON} は最大オン時間 (1800ns)、 V_{IN} は最小入力電圧、そして ΔV は R6/C7 接続部の所望のリップル振幅です。この例では 30mVp-p になります。

$$R6 \times C7 = \frac{(9V - 4.55V) \times 1800 \text{ ns}}{0.03V} = 2.67 \times 10^4$$

つづいて、標準値部品から上記の積の条件を満たす R6 と C7 を選定します。例えば、C7 を 2200pF とすると、R6 として 121k が必要になります。C8 には、C7 に比べて大きな 0.01 μ F を選定します。評価ボードに実装して提供される、この部分の回路を Figure 2 に示します。

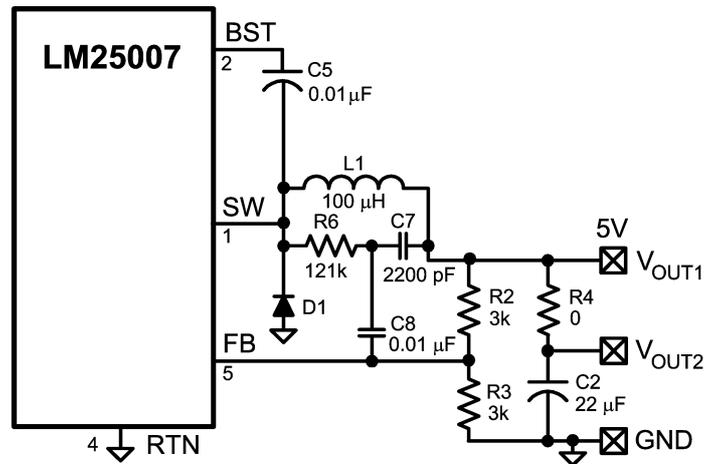


FIGURE 2. Minimum Ripple Using R6, C7, C8

出力リップル制御 (つづき)

オプション B) 中程度のリップルとなる構成：以下の構成では、上記の構成に比べて V_{OUT1} のリップルが大きくなりますが、使用するコンデンサが 1 つ少なくなります。ある程度のリップルが許容さ

れるアプリケーションでは、この構成が若干経済的であり簡便です。Figure 3 に示すとおり、R6、C7、C8 の代わりに、R4 と C6 を使用します。

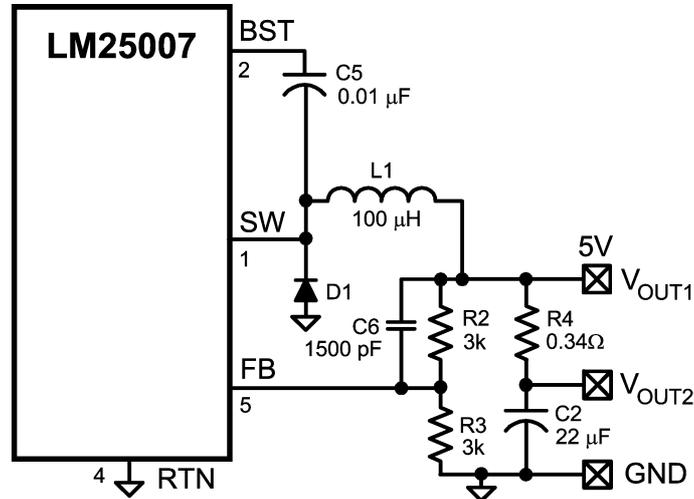


FIGURE 3. Intermediate Ripple Level Configuration Using C6 and R4

この回路では最小 V_{IN} に対する最小リップル電流が 75mA_{p-p} であるという情報に基づき、 V_{OUT1} に 25mV が発生するように R4 を選定します。このリップルを C6 を介して FB ピンにカップリングさせることにより、フィードバック抵抗による減衰が生じません。C6 の最小値は、次式により求められます。

$$C6 = \frac{t_{ON(max)}}{(R2/R3)}$$

ここに $t_{ON(max)}$ は最大オン時間（最小 V_{IN} に対する）、 $R2/R3$ はフィードバック抵抗の並列等価抵抗値です。この評価ボードでは、 $t_{ON(max)}$ は約 1800ns 、 $R2/R3 = 1.5\text{k}$ であり、C6 は最低 1200pF と計算されます。この結果 V_{OUT1} に生じるリップルは、回

路が連続モードで動作している場合、入力電圧範囲で $25\text{mV}_{p-p} \sim 50\text{mV}_{p-p}$ となります。負荷電流が小さく、回路が不連続モードに移行せざるを得なくなった場合、リップル振幅が大きくなります。

オプション C) コスト最小の構成：この構成は、上記の B と同じですが、C6 を使用しません。FB ピンに 25mV_{p-p} 必要であるため、この回路の最小 V_{IN} に対する最小リップル電流が 75mA_{p-p} であるという情報に基づき、 V_{OUT1} に 50mV が発生するように R4 を選定します。許容誤差を考慮して、R4 には 0.68 を使用します。この結果 V_{OUT1} に生じるリップルは、入力電圧範囲で $50\text{mV}_{p-p} \sim 100\text{mV}_{p-p}$ となります。このリップルを許容できるアプリケーションならば、本方式が最も経済的な解となります。回路を Figure 4 に示します。

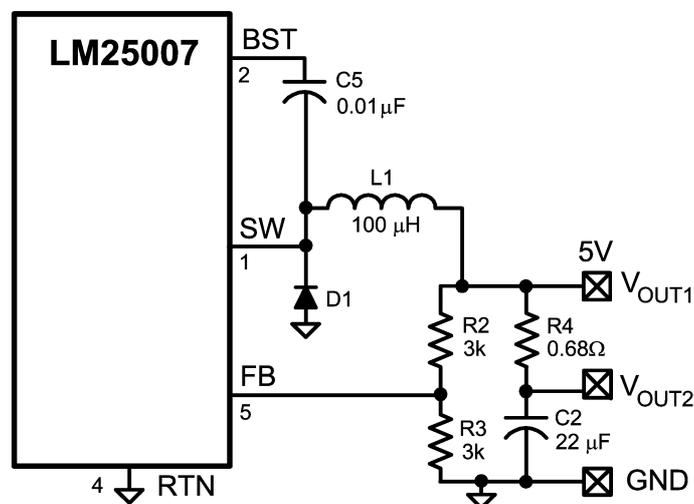


FIGURE 4. Minimum Cost Configuration

出力リップル制御 (つづき)

オプション D) 低リップルの別の構成 : 上記の B または C の回路の V_{OUT2} に負荷を接続しても、出力リップルを小さくすることができます。ただし、 $R4$ によって負荷制御特性が劣化するため、この代替構成は負荷電流が比較的安定しているアプリケーションにのみ適用できます。この手法を用いる場合、 $R4$ の電力定格が負荷電流に対して適切であることを確認してください。

電流制限

LM25007 は、高度な電流制限オフタイムを内蔵しています。電流制限スレッシュホールドは $725\text{mA} \pm 25\%$ です。降圧型スイッチの電流 (インダクタ電流波形のピーク) がスレッシュホールドに達すると、現在のオン時間のサイクルがただちに終了し、オフ時間が起動されます。オフ時間の長さは、外部抵抗 ($R5$) と FB ピンの電圧で決まります。FB = 0V の場合 (出力を接地した場合)、オフ時間は最長の $17\mu\text{s}$ にプリセットされます。このオフ時間により、最大入力電圧の 42V まで安全な短絡動作が行われます。過負荷の程度が小さく、出力電圧、すなわち FB の電圧がグラウンドより高い場合は、電流制限オフ時間は $17\mu\text{s}$ より短くなります。オフ時間が短いと、フォールドバック量と復帰時間が減少し、同時に起

動時間も短くなります。電流制限オフ時間は、次式により求められます。

$$t_{\text{OFF}} = \frac{10^{-5}}{0.59 + \frac{V_{\text{FB}}}{7.22 \times 10^{-6} \times R5}}$$

$R5 = 200\text{k}$ の場合の電流制限オフ時間は、 V_{FB} の範囲 2.5V から 0V までに対し、 $4.3\mu\text{s}$ から $17\mu\text{s}$ の範囲で変化します。 $R5$ の値の選定指針として、通常動作で発生する最長オフ時間よりも、電流制限オフ時間 ($V_{\text{FB}} = 2.5\text{V}$) が若干長くなるようにします。オフ時間をこれより短く設定すると過負荷保護が正常に動作せず、長く設定すると起動動作に影響を与えます。

最小負荷電流

LM25007 では、各オフ時間でブースト・コンデンサ ($C5$) が十分再充電されるように、最小負荷電流として $500\mu\text{A}$ が必要です。この評価ボードの最小負荷電流はフィードバック抵抗 ($R2$, $R3$) によって確保されているため、ボードの最小負荷電流はゼロにすることができます。

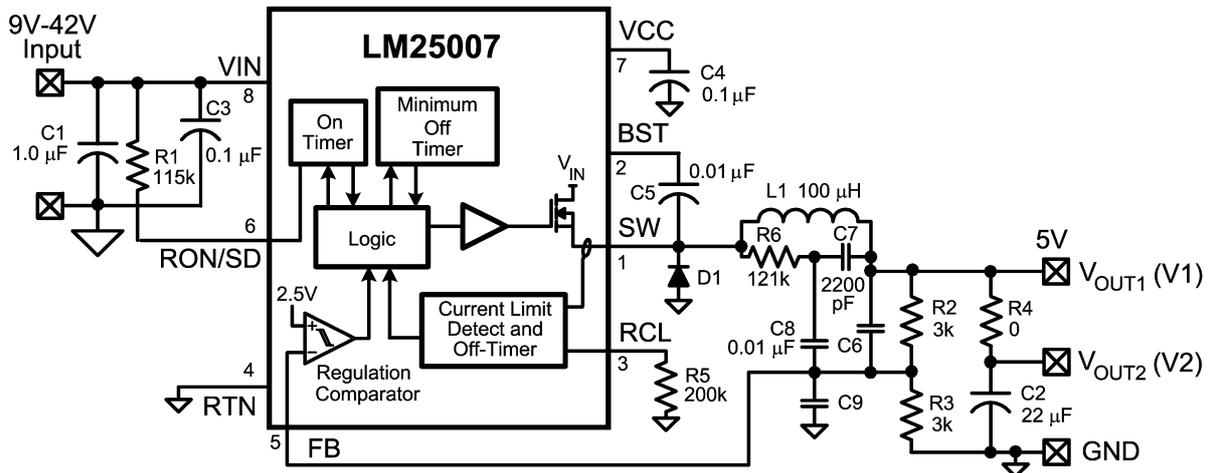


FIGURE 5. Complete Evaluation Board Schematic

Bill of materiales

Item	Description	Mfg., Part Number	Package	Value
C1	Ceramic Capacitor	TDK C3225X7R2A105M	1210	1.0 μ F, 100V
C2	Ceramic Capacitor	TDK C3225X7R1C226M	1210	22 μ F, 16V
C3, 4	Ceramic Capacitor	TDK C2012X7R2A104M	0805	0.1 μ F, 100V
C5,8	Ceramic Capacitor	TDK C2012X7R2A103M	0805	0.01 μ F, 100V
C6		Unpopulated	0805	
C7	Ceramic Capacitor	TDK C2012X7R2A222M	0805	2200 pF
C9		Unpopulated	0805	
D1	Schottky Diode	Diodes Inc. DFSL160	Power DI 123	60V, 1A
L1	Power Inductor	TDK SLF7045T-101MR50	7 mm x 7 mm	100 μ H
R1	Resistor	Vishay CRCW08051153F	0805	115 k Ω
R2, 3	Resistor	Vishay CRCW08053011F	0805	3.01 k Ω
R4	Resistor	Vishay CRCW2010000Z	2010	0 Ω
R5	Resistor	Vishay CRCW08052003F	0805	200 k Ω
R6	Resistor	Vishay CRCW08051213F	0805	121 k Ω
U1	Switching Regulator	National Semiconductor LM25007MM	MSOP-8	

回路性能

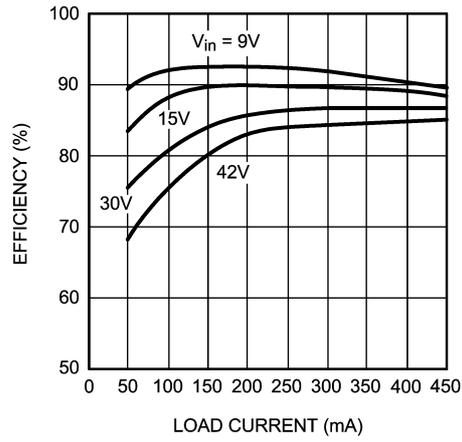


FIGURE 6. Efficiency vs Load Current

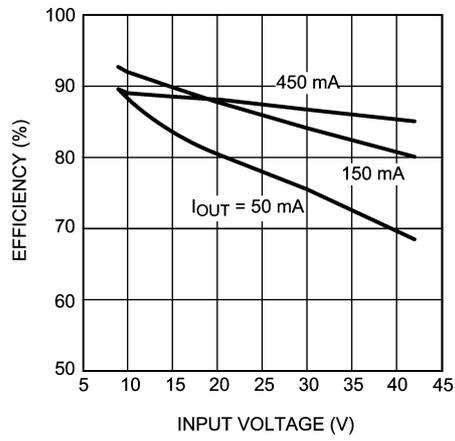


FIGURE 7. Efficiency vs Input Voltage

回路性能 (つづき)

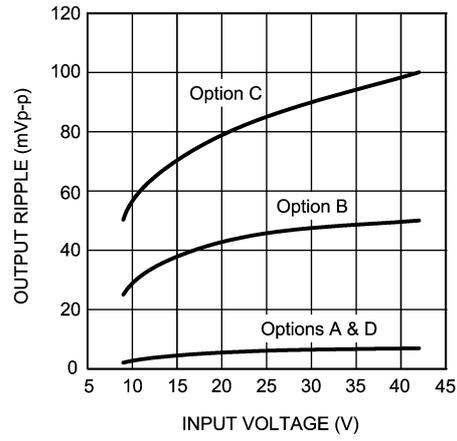


FIGURE 8. Output Voltage Ripple

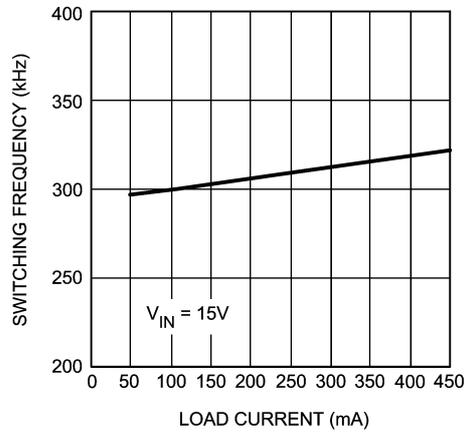
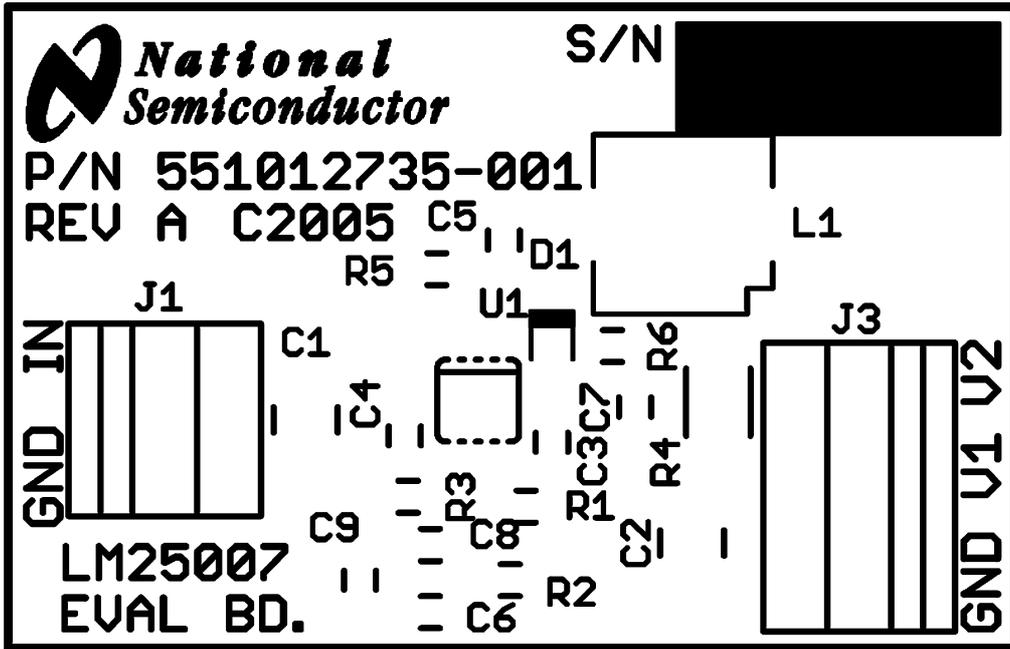
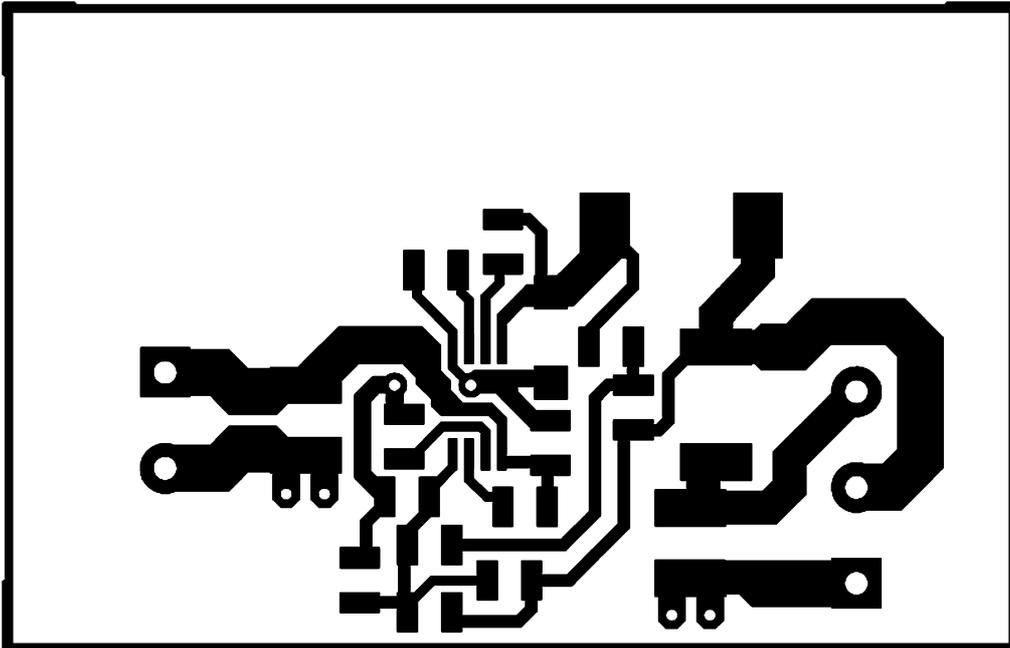


FIGURE 9. Switching Frequency vs. Load Current

プリント基板レイアウト

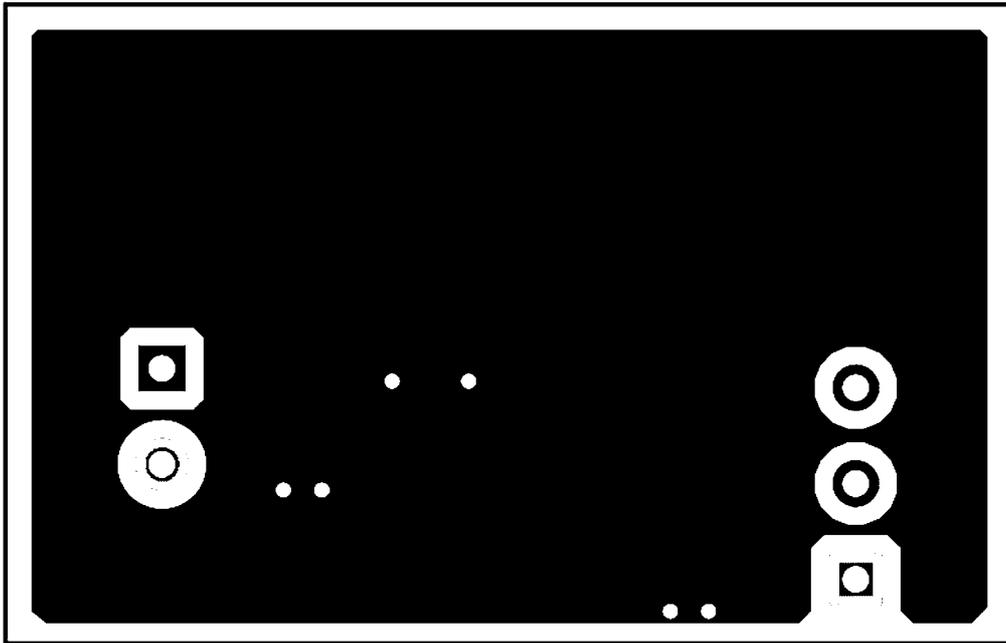


Board Silkscreen



Board Top Layer

プリント基板レイアウト (つぎ)



Board Bottom Layer (viewed from top)

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 © 2007 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/

重要なお知らせと免責事項

TI は、技術データと信頼性データ(データシートを含みます)、設計リソース(リファレンス・デザインを含みます)、アプリケーションや設計に関する各種アドバイス、Web ツール、安全性情報、その他のリソースを、欠陥が存在する可能性のある「現状のまま」提供しており、商品性および特定目的に対する適合性の黙示保証、第三者の知的財産権の非侵害保証を含むいかなる保証も、明示的または黙示的にかかわらず拒否します。

これらのリソースは、TI 製品を使用する設計の経験を積んだ開発者への提供を意図したものです。(1) お客様のアプリケーションに適した TI 製品の選定、(2) お客様のアプリケーションの設計、検証、試験、(3) お客様のアプリケーションが適用される各種規格や、その他のあらゆる安全性、セキュリティ、またはその他の要件を満たしていることを確実にする責任を、お客様のみが単独で負うものとします。上記の各種リソースは、予告なく変更される可能性があります。これらのリソースは、リソースで説明されている TI 製品を使用するアプリケーションの開発の目的でのみ、TI はその使用をお客様に許諾します。これらのリソースに関して、他の目的で複製することや掲載することは禁止されています。TI や第三者の知的財産権のライセンスが付与されている訳ではありません。お客様は、これらのリソースを自身で使用した結果発生するあらゆる申し立て、損害、費用、損失、責任について、TI およびその代理人を完全に補償するものとし、TI は一切の責任を拒否します。

TI の製品は、TI の販売条件 (www.tij.co.jp/ja-jp/legal/termsofsale.html)、または ti.com やかかる TI 製品の関連資料などのいずれかを通じて提供する適用可能な条項の下で提供されています。TI がこれらのリソースを提供することは、適用される TI の保証または他の保証の放棄の拡大や変更を意味するものではありません。

Copyright © 2018, 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