

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



2002年5月

## LM2596

### SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 150kHz 3A 降圧型電圧レギュレータ

#### 概要

LM2596 シリーズは、降圧型 (バック) スイッチング・レギュレータのためのすべてのアクティブ機能を内蔵したモノリシック IC で、すぐれたラインおよびロード・レギュレーションで 3A の負荷をドライブできます。3.3V、5V、12V の固定出力電圧、および可変出力電圧のものがあります。

必要な外付け部品は少なくすみ、使い方が簡単で、内部周波数補償がされ、固定周波数のオシレータを備えています。

LM2596 シリーズは、150kHz で動作するので、低周波数で動作するスイッチング・レギュレータに比べて、サイズの小さなフィルタ部品を使えます。標準的な 5 リードの TO-220 パッケージと、5 リードの TO-263 表面実装パッケージで供給されます。

LM2596 シリーズで使うのに、最適な標準インダクタがいくつかのメーカーから入手できます。このため、スイッチングの電源の設計が非常に簡単になります。

他の特長として、入力電圧と出力負荷の規定条件下で、 $\pm 4\%$  の出力電圧許容差と、 $\pm 15\%$  のオシレータ周波数の許容誤差が保証されています。外部シャットダウン機能を内蔵しており、待機時電流の代表値は  $80\mu\text{A}$  です。自己保護機能には、出力スイッチのための 2 段階周波数低減電流制限回路と、異常時でも完全に保護動作が保証される熱暴走保護回路が含まれています。

#### 特長

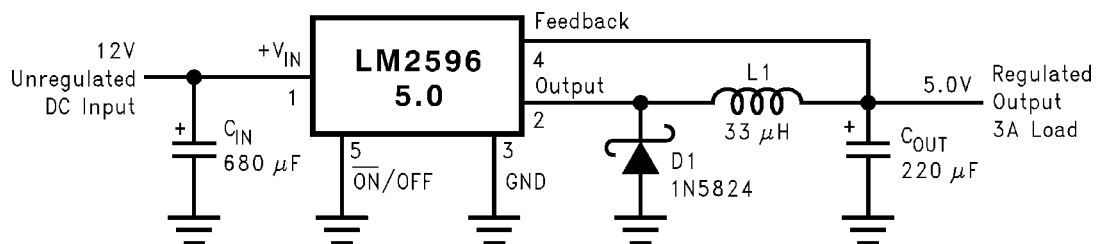
- 3.3V、5V、12V、および可変出力電圧バージョン
- 可変タイプの出力電圧範囲は 1.2V から最大 37V、入力と負荷の全条件で  $\pm 4\%$  の許容誤差
- TO-220 と TO-263 パッケージ
- 出力負荷電流 3A 保証
- 入力電圧範囲 40V
- 4 個の外付け部品で動作可能
- すぐれたラインおよびロード・レギュレーション
- 150kHz の固定周波数の内部オシレータ
- TTL レベルのシャットダウン機能
- 低消費待機モードで、 $I_Q$  の代表値が  $80\mu\text{A}$
- 高効率
- 入手が容易な標準的インダクタ
- 熱暴走保護および電流制限保護回路内蔵

#### アプリケーション

- シンプルな、高効率降圧型 (バック) レギュレータ
- オンボードのスイッチング・レギュレータ
- 反転型コンバータ (インバート)

Note: † 特許番号 5,382,918

#### 代表的なアプリケーション (固定出力電圧バージョン)

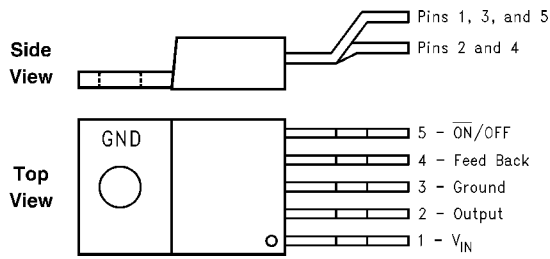


SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> はナショナル セミコンダクター社の登録商標です。

LM2596 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 150kHz 3A 降圧型電圧レギュレータ

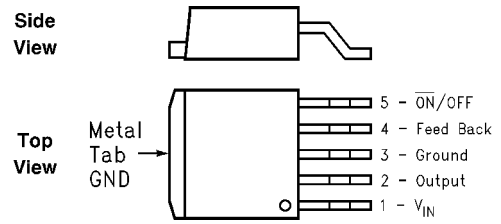
配置図および製品情報

**Bent and Staggered Leads, Through Hole Package  
5-Lead TO-220 (T)**



Order Number LM2596T-3.3, LM2596T-5.0,  
LM2596T-12 or LM2596T-ADJ  
See NS Package Number T05D

**Surface Mount Package  
5-Lead TO-263 (S)**



Order Number LM2596S-3.3, LM2596S-5.0,  
LM2596S-12 or LM2596S-ADJ  
See NS Package Number TS5B

**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下さい。

最大電源電圧		45V
ON/OFF ピン入力電圧	- 0.3 V	+ 25V
フィードバック・ピン電圧	- 0.3 V	+ 25V
グラウンドに対する出力電圧 (定常状態)		- 1V
消費電力		内部制限
保存温度範囲	- 65	~ + 150
ESD 耐圧		
人体モデル (Note 2)		2kV

リード温度

S パッケージ

ベーパー・フェーズ (60 秒)

+ 215

赤外線 (10 秒)

+ 245

T パッケージ (ハンダ付け、10 秒)

+ 260

最大接合部温度

+ 150

**動作条件**

温度範囲

- 40 T<sub>J</sub> + 125

電源電圧

4.5V ~ 40V

**電気的特性 - LM2596-3.3**

標準文字で表記される規格値は、T<sub>J</sub> = 25 に対するもので、**太字は全動作温度範囲に適用されます。**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-3.3		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	4.75V V <sub>IN</sub> 40V, 0.2A I <sub>LOAD</sub> 3A	3.3	3.168/ <b>3.135</b> 3.432/ <b>3.465</b>	V V(min) V(max)
	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	73		%

**電気的特性 - LM2596-5.0**

標準文字で表記される規格値は、T<sub>J</sub> = 25 に対するもので、**太字は全動作温度範囲に適用されます。**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-5.0		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	7V V <sub>IN</sub> 40V, 0.2A I <sub>LOAD</sub> 3A	5.0	4.800/ <b>4.750</b> 5.200/ <b>5.250</b>	V V(min) V(max)
	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	80		%

**電気的特性 - LM2596-12**

標準文字で表記される規格値は、T<sub>J</sub> = 25 に対するもので、**太字は全動作温度範囲に適用されます。**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-12		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> (Note 5) Test Circuit Figure 1					
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	15V V <sub>IN</sub> 40V, 0.2A I <sub>LOAD</sub> 3A	12.0	11.52/ <b>11.40</b> 12.48/ <b>12.60</b>	V V(min) V(max)
	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 25V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	90		%

## 電气的特性 - LM2596-ADJ

標準文字で表記される規格値は、 $T_j = 25$  に対するもので、**太字は全動作温度範囲に適用されます。**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-ADJ		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> (Note 5) Test Circuit Figure 1					
$V_{FB}$	Feedback Voltage	4.5V $V_{IN} = 40V, I_{LOAD} = 3A$ $V_{OUT}$ programmed for 3V. Circuit of Figure 1	1.230	1.193/ <b>1.180</b> 1.267/ <b>1.280</b>	V V(min) V(max)
	Efficiency	$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3V, I_{LOAD} = 3A$	73		%

## 出力電圧の全タイプの電气的特性

標準文字で表記される規格値は、 $T_j = 25$  に対するもので、**太字は全動作温度範囲に適用されます。** 特記のない限り、3.3V、5V、可変出力電圧バージョンでは  $V_{IN} = 12V$ 、12V バージョンでは、 $V_{IN} = 24V$  であり、 $I_{LOAD} = 500mA$  です。

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>DEVICE PARAMETERS</b>					
$I_b$	Feedback Bias Current	Adjustable Version Only, $V_{FB} = 1.3V$	10	50/ <b>100</b>	nA nA (max)
$f_O$	Oscillator Frequency	(Note 6)	150	127/ <b>110</b> 173/ <b>173</b>	kHz kHz(min) kHz(max)
$V_{SAT}$	Saturation Voltage	$I_{OUT} = 3A$ (Note 7, 8)	1.16	1.4/ <b>1.5</b>	V V(max)
DC	Max Duty Cycle (ON) Min Duty Cycle (OFF)	(Note 8) (Note 9)	100 0		%
$I_{CL}$	Current Limit	Peak Current (Note 7, 8)	4.5	3.6/ <b>3.4</b> 6.9/ <b>7.5</b>	A A(min) A(max)
$I_L$	Output Leakage Current	Output = 0V (Note 7, 9)		50	$\mu A$ (max)
		Output = - 1V (Note 10)	2	30	mA mA(max)
$I_Q$	Quiescent Current	(Note 9)	5	10	mA mA(max)
$I_{STBY}$	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (Note 10)	80	200/ <b>250</b>	$\mu A$ $\mu A$ (max)
JC JA JA JA JA	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		/W
		TO-220 Package, Junction to Ambient (Note 11)	50		/W
		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 12)	50		/W
		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 13)	30		/W
		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 14)	20		/W

**ON/OFF CONTROL** Test Circuit Figure 1

$V_{IH}$	$\overline{ON}$ /OFF Pin Logic Input Threshold Voltage	Low (Regulator ON)	1.3	<b>0.6</b>	V V(max)
$V_{IL}$		High (Regulator OFF)		<b>2.0</b>	V(min)

## 出力電圧の全タイプの電気的特性 (つづき)

標準文字で表記される規格値は、 $T_J = 25$  に対するもので、**太字**は全動作温度範囲に適用されます。特記のない限り、3.3V、5V、可変出力電圧バージョンでは  $V_{IN} = 12V$ 、12V バージョンでは、 $V_{IN} = 24V$  であり、 $I_{LOAD} = 500mA$  です。

Symbol	Parameter	Conditions	LM2596-XX		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	
<b>ON/OFF CONTROL</b> Test Circuit Figure 1					
$I_H$	ON/OFF Pin Input Current	$V_{LOGIC} = 2.5V$ (Regulator OFF)	5	15	$\mu A$ $\mu A(max)$
			0.02	5	$\mu A$ $\mu A(max)$
$I_L$		$V_{LOGIC} = 0.5V$ (Regulator ON)			

**Note 1:** 「絶対最大定格」とは、IC に破壊が発生する可能性のある制限値をいいます。「動作定格」とは IC が動作する条件を示し、特定の性能リミット値を保証するものではありません。保証される仕様および試験条件については、「電気的特性」を参照下さい。

**Note 2:** ESD は人体モデルに基づき 100pF のコンデンサから、1.5k を通し各端子に放電させます。

**Note 3:** 標準値は、25 での値であり、一般的な値です。

**Note 4:** 室温におけるリミット値 (標準文字) および全動作温度範囲におけるリミット値 (太字) は、保証されます。室温におけるリミット値は 100% テストされます。全動作温度範囲におけるリミット値は標準統計品質管理 (SQC) 手法によって決められた補正データを加味して保証されます。すべてのリミット値は平均出荷品質レベル (AOQL) の計算に使用されます。

**Note 5:** キャッチ・ダイオード、インダクタ、入出力コンデンサ、電圧設定抵抗などの外付け部品は、スイッチング・レギュレータのシステム性能に影響します。LM2596 を Figure 1 のテスト回路に示すように使用すると、システム性能は「電気的特性」のシステム・パラメータ・セクションに示すようになります。

**Note 6:** スwitching 周波数は、2 段階電流制限回路が動作した時下がります。

**Note 7:** 出力ピンにはダイオード、インダクタまたはコンデンサは接続しません。

**Note 8:** 出力トランジスタをオンするために、フィードバック・ピンは出力から外し 0V に接続します。

**Note 9:** 出力トランジスタをオフするために、フィードバック・ピンは出力から外し、可変 /3.3V/5V バージョンでは +12V、12V バージョンでは +15V に接続します。

**Note 10:**  $V_{IN} = 40V$

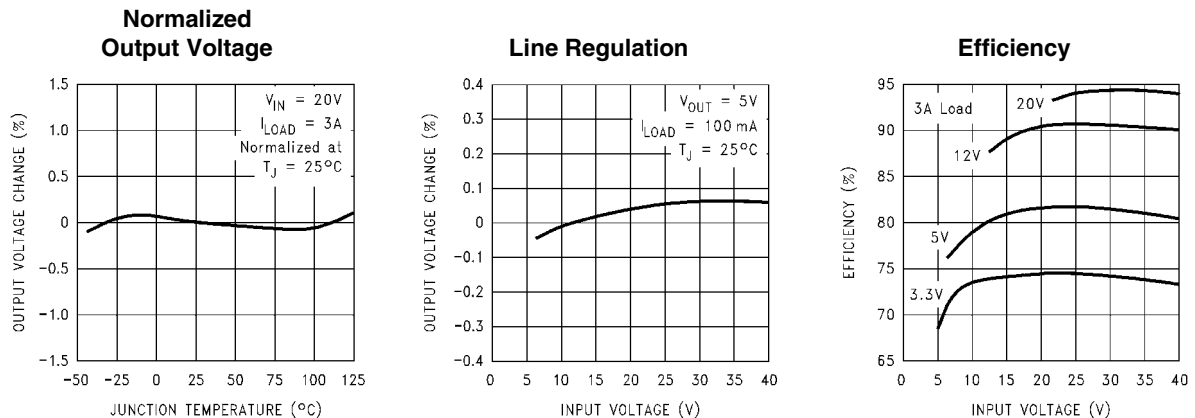
**Note 11:** TO-220 パッケージを 1 平方インチ (厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備えたプリント基板に垂直に実装した時の接合部 - 周囲間熱抵抗 (ヒート・シンクなし)。

**Note 12:** TO-263 パッケージを 0.5 平方インチ (厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備えた片面のプリント基板にタブをハンダ付けした時の接合部 - 周囲間熱抵抗。

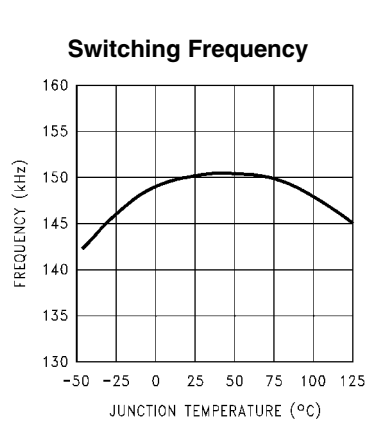
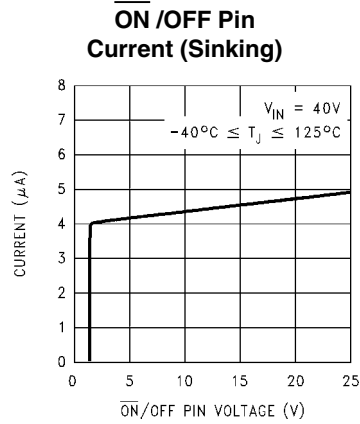
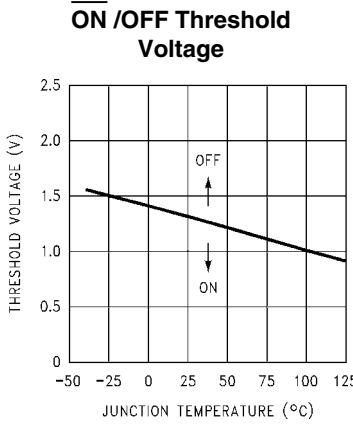
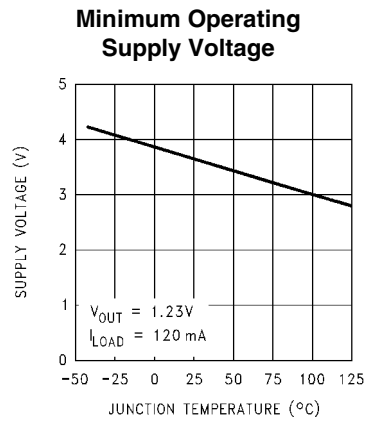
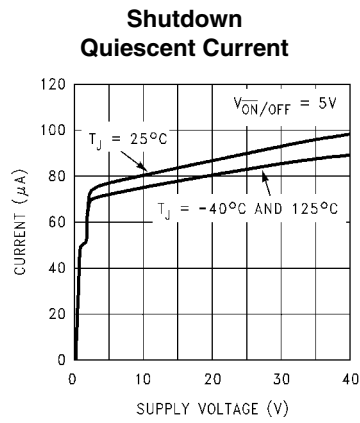
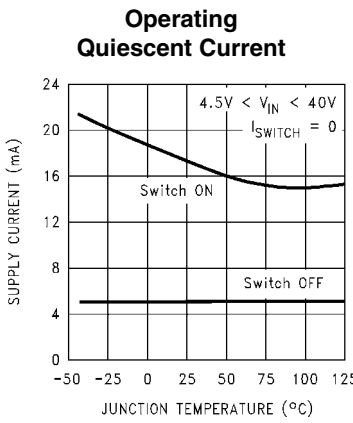
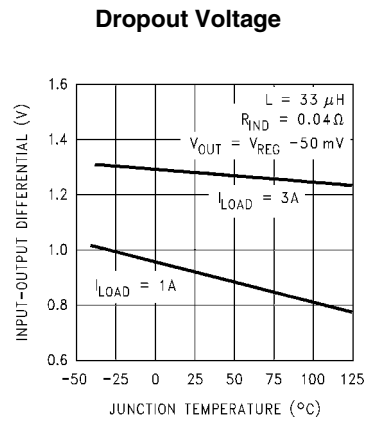
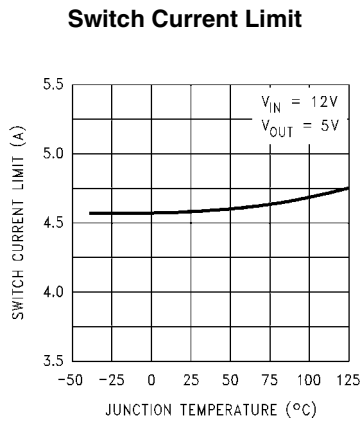
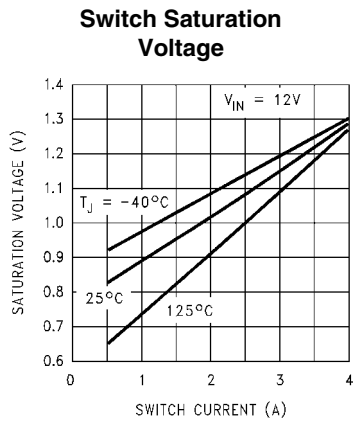
**Note 13:** TO-263 パッケージを 2.5 平方インチ (厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備えた片面のプリント基板にタブをハンダ付けした時の接合部 - 周囲間熱抵抗。

**Note 14:** TO-263 パッケージを LM2596S のサイドに 3 平方インチ (厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備え、反対側に 16 平方インチの銅エリアを備えた両面のプリント基板にタブをハンダ付けした時の接合部 - 周囲間熱抵抗。本データシートの「アプリケーション情報」、および “Switchers Made Simple™ Ver. 4.3” ソフトウェアの「熱モデル」を参照下さい。

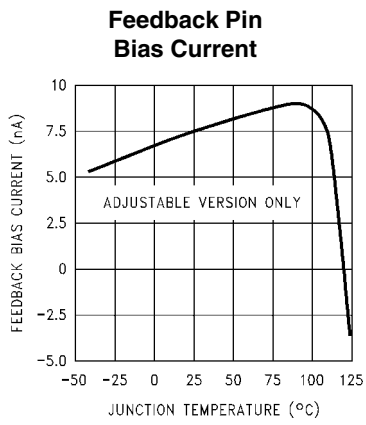
## 代表的な性能特性 (Circuit of Figure 1)



代表的な性能特性 (Circuit of Figure 1) (つづき)



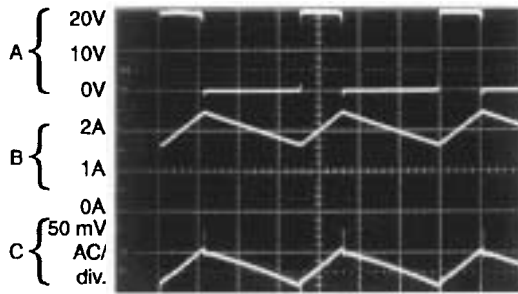
## 代表的な性能特性 (Circuit of Figure 1) (つづき)



代表的な性能特性

Continuous Mode Switching Waveforms

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 2A$   
 $L = 32 \mu H, C_{OUT} = 220 \mu F, C_{OUT} ESR = 50 m$



Horizontal Time Base: 2  $\mu s/div.$

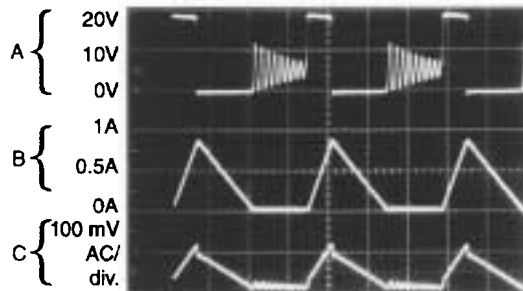
A: Output Pin Voltage, 10V/div.

B: Inductor Current 1A/div.

C: Output Ripple Voltage, 50 mV/div.

Discontinuous Mode Switching Waveforms

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 500 mA$   
 $L = 10 \mu H, C_{OUT} = 330 \mu F, C_{OUT} ESR = 45 m$



Horizontal Time Base: 2  $\mu s/div.$

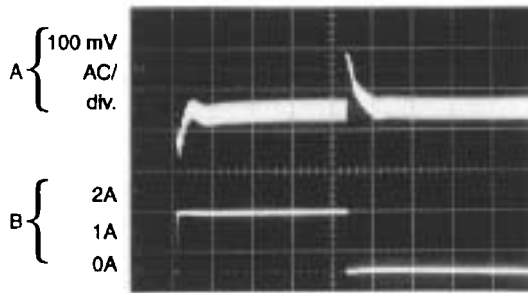
A: Output Pin Voltage, 10V/div.

B: Inductor Current 0.5A/div.

C: Output Ripple Voltage, 100 mV/div.

Load Transient Response for Continuous Mode

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 500 mA \sim 2A$   
 $L = 32 \mu H, C_{OUT} = 220 \mu F, C_{OUT} ESR = 50 m$



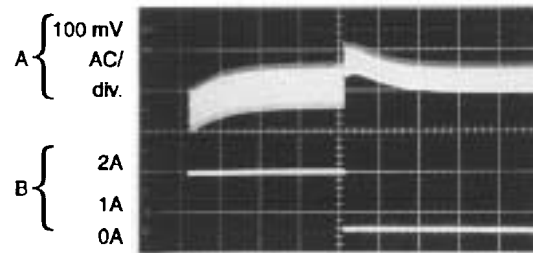
Horizontal Time Base: 100  $\mu s/div.$

A: Output Voltage, 100 mV/div. (AC)

B: 500 mA ~ 2A Load Pulse

Load Transient Response for Discontinuous Mode

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 500 mA \sim 2A$   
 $L = 10 \mu H, C_{OUT} = 330 \mu F, C_{OUT} ESR = 45 m$

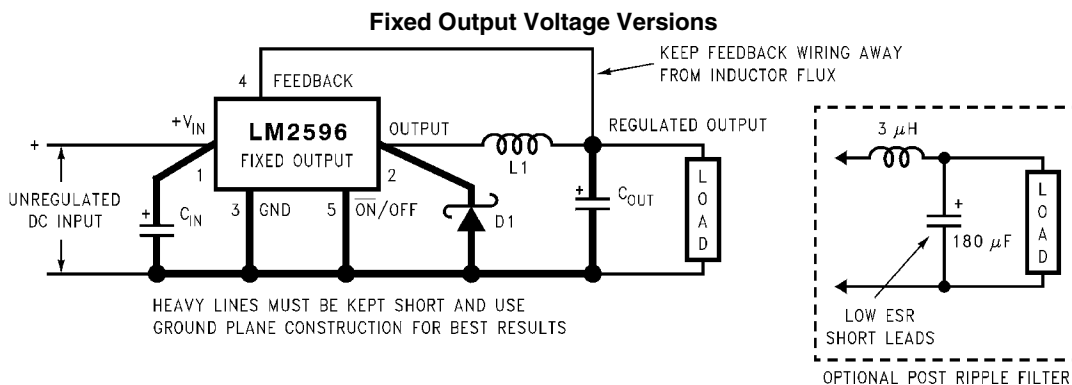


Horizontal Time Base: 200  $\mu s/div.$

A: Output Voltage, 100 mV/div. (AC)

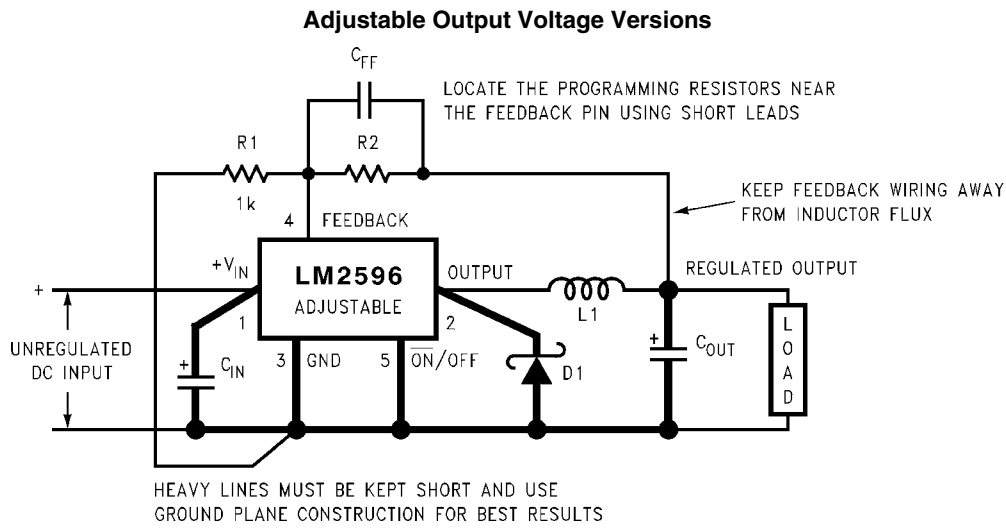
B: 500 mA ~ 2A Load Pulse

テスト回路およびレイアウトのガイドライン



- $C_{IN}$  470  $\mu F$ , 50V, Aluminum Electrolytic Nichicon "PL Series "
- $C_{OUT}$  220  $\mu F$ , 25V Aluminum Electrolytic, Nichicon "PL Series "
- D1 5A, 40V Schottky Rectifier, 1N5825
- L1 68  $\mu H$ , L38

## テスト回路およびレイアウトのガイドライン (つづき)



$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

where  $V_{REF} = 1.23V$

$$R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$$

$R_1$  は約 1k を選択。1%を使用すると安定性が最大。

$C_{IN}$  470  $\mu F$ 、50V、Aluminum Electrolytic Nichicon "PL Series"

$C_{OUT}$  220  $\mu F$ 、35V Aluminum Electrolytic、Nichicon "PL Series"

D1 5A、40V Schottky Rectifier、1N5825

L1 68  $\mu H$ 、L38

R1 1k、1%

$C_{FF}$  「アプリケーション情報」を参照

**FIGURE 1. Standard Test Circuits and Layout Guides**

他のスイッチング・レギュレータと同様に、レイアウトは非常に重要です。高速でスイッチングする電流は、配線インダクタンスにカップリングして、電圧トランジェントを発生し、問題となる場合があります。インダクタンスとグラウンド・ループを最小にするため、太線部分は、PCボードの幅広のパターンで、できるだけ短く配線して下さい。最良の結果を得るには、外付け部品は、グラウンド・プレーンあるいは一点接地により、スイッチング IC にできるだけ近づけて配置して下さい。

**オープン・コア・インダクタを使う場合**、このタイプのインダクタの位置と方向には、特に注意を払って下さい。インダクタの磁束が高感度なフィードバックや、ICのグラウンド経路や、 $C_{OUT}$ の配線と交差すると、問題を起こすことがあります。

可変電圧バージョンを使う場合、フィードバック抵抗とその配線の位置には、特に注意して下さい。両方の抵抗を物理的にICの近くに配置し、インダクタ、特にオープン・コア・タイプのインダクタから離して配線して下さい。(詳しくは、「アプリケーション情報」を参照して下さい。)

## LM2596 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( 固定出力電圧バージョン )

手順 ( 固定出力電圧バージョン )	例 ( 固定出力電圧バージョン )
<p>与式:</p> <p><math>V_{OUT}</math> = 出力電圧 (3.3V、5V、あるいは 12V)</p> <p><math>V_{IN(max)}</math> = 最大 DC 入力電圧</p> <p><math>I_{LOAD(max)}</math> = 最大負荷電流</p> <p><b>1. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p>A. Figure 4、Figure 5、あるいは Figure 6 から、正しいインダクタ値の選択ガイドを選んで下さい。(3.3V、5V、あるいは 12V の各出力電圧) 他の出力電圧については、「可変タイプの設計手順」を参照して下さい。</p> <p>B. インダクタ値の選択ガイドから、<math>V_{IN(Max)}</math> と <math>I_{LOAD(Max)}</math> が交差するインダクタの領域を見つけて下さい。各領域は、インダクタンスの値とインダクタ・コード (LXX) で識別されています。</p> <p>C. 適当なインダクタを、Figure 8 に示す 4 つのメーカーの部品表から選んで下さい。</p> <p><b>2. 出力コンデンサの選択 (C<sub>OUT</sub>)</b></p> <p>A. 多くのアプリケーションでは、82 <math>\mu</math>F から 820 <math>\mu</math>F の低 ESR (等価直列抵抗) タイプ電解コンデンサや 10 <math>\mu</math>F から 470 <math>\mu</math>F の低 ESR 固体タンタル電解コンデンサにより、最良の結果が得られます。このコンデンサは、コンデンサのリードと銅トレースを短くして、IC の近くに配置します。820 <math>\mu</math>F より大きなコンデンサは使わないで下さい。</p> <p>詳しくは、「アプリケーション情報」の「出力コンデンサ」の項を参照して下さい。</p> <p>B. コンデンサの選択手順を簡単にするために、Figure 2 に示されている、デザイン部品の選択のための早見表を参照して下さい。この表には、異なった入力電圧、出力電圧、および負荷電流が含まれており、多様なインダクタとコンデンサが載せてあり最適な設計法を提供します。</p> <p>C. 電解コンデンサの定格電圧は、出力電圧の少なくとも 1.5 倍が安全のために必要です。出力のリプル電圧を低く抑えるための低 ESR の条件を満たすためには、多くの場合、さらに高耐圧のコンデンサが必要になります。</p> <p>D. コンピュータ支援設計ソフトウェアについては、“Switchers Made Simple™” (Version 4.3 以降) を参照して下さい。</p>	<p>与式:</p> <p><math>V_{OUT} = 5V</math></p> <p><math>V_{IN(max)} = 12V</math></p> <p><math>I_{LOAD(max)} = 3A</math></p> <p><b>1. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p>A. Figure 5 に示されている、5V バージョン用のインダクタ選択ガイドを使って下さい。</p> <p>B. Figure 5 のインダクタ値選択ガイドから、12V の線と 3A の線が交差する領域、33 <math>\mu</math>H と L40 が得られます。</p> <p>C. 必要なインダクタンス値は 33 <math>\mu</math>H です。Figure 8 の表の L40 の行をたどり、そこに示されているメーカー 4 社のどれかから、インダクタの部品番号を選んで下さい。(ほとんどの場合、スルーホールと表面実装の両方とも入手可能です。)</p> <p><b>2. 出力コンデンサの選択 (C<sub>OUT</sub>)</b></p> <p>A. 「アプリケーション情報」の「出力コンデンサ」の項を参照して下さい。</p> <p>B. Figure 2 のデザイン部品選択早見表から、5V 出力電圧の箇所を見ます。負荷電流の列から、アプリケーションに必要な電流に最も近いものを選びます。この例では、3A を選びます。最大入力電圧の列で、アプリケーションに必要な入力電圧以上のものを選びます。この例では、15V を選びます。推奨インダクタとコンデンサは全般的に良い特性が得られます。</p> <p>コンデンサのリストには、コンデンサ・メーカー 4 社の、スルーホールの電解コンデンサと表面実装のタンタル・コンデンサの両方が含まれています。表に載っているメーカーとメーカーのシリーズの両方を推奨します。</p> <p>この例では、いくつかのメーカーから、必要な ESR 値の範囲のアルミ電解コンデンサが入手できます。</p> <p style="text-align: center;">330 <math>\mu</math>F 35V パナソニック HFQ シリーズ</p> <p style="text-align: center;">330 <math>\mu</math>F 35V ニチコン PL シリーズ</p> <p>C. 5V 出力の場合、少なくとも 7.5V 以上の定格電圧のコンデンサが必要です。しかし、低 ESR の、スイッチング電源用の、220 <math>\mu</math>F 10V のアルミ電解コンデンサでも約 225m の ESR が存在します。(Figure 14 の ESR と定格電圧の曲線を参照)。この大きさの ESR だと、出力のリプル電圧がかなり高くなります。リップルを出力電圧の 1% 以下に抑えるには、定格電圧がより高い (ESR が低い) コンデンサを選んで下さい。16V あるいは 25V のコンデンサならリップル電圧を約半分に削減できます。</p>

## LM2596 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順 (固定出力電圧バージョン) (つづき)

手順 (固定出力電圧バージョン)	例 (固定出力電圧バージョン)
<p><b>3. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p>A. キャッチ・ダイオードの定格電流は、最大負荷電流の少なくとも 1.3 倍なければなりません。また電源の設計上、連続的な出力の短絡状態に耐えなければならない場合、ダイオードの定格電流は、LM2596 の最大電流制限値と等しくなければなりません。このダイオードにとって、最もストレスのかかる状態は、過負荷や出力の短絡です。</p> <p>B. ダイオードの逆耐圧は、最大入力電圧の少なくとも 1.25 倍はなければなりません。</p> <p>C. このダイオードは高速 (短逆回復時間) でなければならず、リードと PC ボードのパターンを短くして、LM2596 の近くに配置しなければなりません。ショットキ・ダイオードは、スイッチングが高速で、順方向電圧降下が小さいので、多くの場合最良の性能と効率が得られ、特に、低出力電圧のアプリケーションでは第 1 の選択となります。ウルトラ・ファースト・リカバリや、高効率ダイオードも良い結果を得られます。ウルトラ・ファースト・リカバリ・ダイオードの逆回復時間の代表値は 50ns 以下です。1N5400 シリーズのようなダイオードは遅すぎるので、使ってはいけません。</p> <p><b>4. 入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>)</b></p> <p>大きな電圧トランジェントが入力に現れるのを防ぐため、低 ESR の、アルミあるいはタンタルのバイパス・コンデンサが、入力ピンとグラウンド間に必要です。このコンデンサは、リードを短くして、IC の近くに配置して下さい。さらに、入力コンデンサの許容リップル電流は、DC 負荷電流の少なくとも 1/2 以上のものを選びなければなりません。コンデンサ・メーカーのデータシートをチェックして、この定格電流を超えていないことを確認して下さい。Figure 13 の曲線は、いくつかのアルミ電解コンデンサの許容リップル電流の代表値を示しています。</p> <p>アルミ電解コンデンサの場合、定格電圧は最大入力電圧の約 1.5 倍なければなりません。また固体タンタル電解コンデンサを使用する場合は注意して下さい (「アプリケーション情報」の「入力コンデンサ」の項を参照して下さい)。タンタル電解コンデンサの定格電圧は最大入力電圧の 2 倍なければならず、メーカーによってサージ電流テストが行われているものを使うことを推奨します。</p> <p>入力のバイパスにセラミック・コンデンサを使うときは、V<sub>IN</sub> ピンのところで激しいリングングが生じる場合があるので、注意して下さい。</p> <p>詳しくは、「アプリケーション情報」の「入力コンデンサ」の項を参照して下さい。</p>	<p><b>3. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p>A. Figure 11 の表を参照して下さい。この例では、5A、20V の 1N5823 ショットキ・ダイオードが最良の特性をもたらす、出力の短絡などの過負荷でも壊れません。</p> <p><b>4. 入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>)</b></p> <p>入力コンデンサの重要なパラメータは、入力定格電圧と許容リップル電流です。12V の入力電圧では、定格電圧が 18V (<math>1.5 \times V_{IN}</math>) 以上のアルミ電解コンデンサが必要でしょう。この値以上の定格電圧クラスは 25V です。</p> <p>バック・レギュレータの入力コンデンサに必要な許容リップル電流は、DC 負荷電流の約 1/2 です。この例では、3A の負荷なので、許容リップル電流が少なくとも 1.5A のコンデンサが必要です。Figure 13 の曲線を使って、適当な入力コンデンサを選択できます。曲線から、35V 定格で 1.5A 以上の許容リップル電流のものを選びます。35V で 680<math>\mu</math>F のコンデンサを使えます。</p> <p>スルーホール設計では、680<math>\mu</math>F/35V の電解コンデンサ (パナソニックの HFQ シリーズ、ニチコンの PL シリーズ、あるいは相当品) が適当でしょう。他のタイプあるいは、他のメーカーのコンデンサは、許容リップル電流の定格が適当であれば使用できます。</p> <p>表面実装設計では、固体タンタル電解コンデンサが使えますが、コンデンサのサージ電流の定格に関して注意して下さい (このデータシートの「アプリケーション情報」の「入力コンデンサ」の項を参照して下さい)。AVX 社から TPS シリーズが、Sprague 社から 593D シリーズが販売され、両方ともサージ電流のテストがなされています。</p>

## LM2596 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( 固定出力電圧バージョン ) ( つづき )

Conditions			Inductor		Output Capacitor			
Output Voltage (V)	Load Current (A)	Max Input Voltage (V)	Inductance (μH)	Inductor (#)	Through Hole Electrolytic		Surface Mount Tantalum	
					Panasonic HFQ Series (μF/V)	Nichicon PL Series (μF/V)	AVX TPS Series (μF/V)	Sprague 595D Series (μF/V)
3.3	3	5	22	L41	470/25	560/16	330/6.3	390/6.3
		7	22	L41	560/35	560/35	330/6.3	390/6.3
		10	22	L41	680/35	680/35	330/6.3	390/6.3
		40	33	L40	560/35	470/35	330/6.3	390/6.3
	2	6	22	L33	470/25	470/35	330/6.3	390/6.3
		10	33	L32	330/35	330/35	330/6.3	390/6.3
		40	47	L39	330/35	270/50	220/10	330/10
5	3	8	22	L41	470/25	560/16	220/10	330/10
		10	22	L41	560/25	560/25	220/10	330/10
		15	33	L40	330/35	330/35	220/10	330/10
		40	47	L39	330/35	270/35	220/10	330/10
	2	9	22	L33	470/25	560/16	220/10	330/10
		20	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
		40	68	L38	180/35	180/35	100/10	270/10
12	3	15	22	L41	470/25	470/25	100/16	180/16
		18	33	L40	330/25	330/25	100/16	180/16
		30	68	L44	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	68	L44	180/35	180/35	100/16	120/20
	2	15	33	L32	330/25	330/25	100/16	180/16
		20	68	L38	180/25	180/25	100/16	120/20
		40	150	L42	82/25	82/25	68/20	68/25

FIGURE 2. LM2596 Fixed Voltage Quick Design Component Selection Table

## LM2596 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順 (可変出力電圧バージョン)

手順 (可変出力電圧バージョン)	例 (可変出力電圧バージョン)
<p><b>与式:</b></p> <p><math>V_{OUT}</math> = 出力電圧  <math>V_{IN} (max)</math> = 最大入力電圧  <math>I_{LOAD} (max)</math> = 最大負荷電流  <math>F</math> = スイッチング周波数 (150kHz で固定)</p> <p><b>1. 出力電圧のプログラミング</b> (<math>R_1</math> と <math>R_2</math> を選択、Figure 1 を参照)          次式を使って、適当な抵抗値を選択します。</p> $V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{where } V_{REF} = 1.23V$ <p><math>R_1</math> は 240 と 1.5k の間で選びます。抵抗値を小さくすると、高感度なフィードバック・ピンで拾うノイズを最小にできます。(最適温度係数および経年変化に対する安定した精度を得るために、1%の金属皮膜抵抗を使用して下さい。)</p> $R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$ <p><b>2. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p><b>A.</b> 次式を使って、インダクタのボルト・マイクロ秒定数 <math>E \cdot T</math> (<math>V \cdot \mu s</math>) を計算します。</p> $E \cdot T = (V_{IN} - V_{OUT} - V_{SAT}) \cdot \frac{V_{OUT} + V_D}{V_{IN} - V_{SAT} + V_D} \cdot \frac{1000}{150 \text{ kHz}} (V \cdot \mu s)$ <p><math>V_{SAT}</math> = 内部スイッチ飽和電圧 = 1.16V  <math>V_D</math> = ダイオードの順方向電圧降下 = 0.5V</p> <p><b>B.</b> 上式の <math>E \cdot T</math> 値を使い、Figure 7 のインダクタンス選択ガイドの縦軸の <math>E \cdot T</math> 値を選択します。</p> <p><b>C.</b> 横軸から、最大負荷電流を選びます。</p> <p><b>D.</b> <math>E \cdot T</math> 値と最大負荷電流値の交点からインダクタンス領域を求めて、各領域の、インダクタンス値とインダクタ・コード (LXX) を選択します。</p> <p><b>E.</b> Figure 8 の表よりメーカ 4 社の部品番号から、適当なインダクタを選びます。</p>	<p><b>与式:</b></p> <p><math>V_{OUT} = 20V</math>  <math>V_{IN} (max) = 28V</math>  <math>I_{LOAD} (max) = 3A</math>  <math>F</math> = スイッチング周波数 (150kHz で固定)</p> <p><b>1. 出力電圧のプログラミング</b> (<math>R_1</math> と <math>R_2</math> を選択、Figure 1 を参照)          1k、1%の <math>R_1</math> を選択、<math>R_2</math> は:</p> $R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) = 1k \left( \frac{20V}{1.23V} - 1 \right)$ <p><math>R_2 = 1k (16.26 - 1) = 15.26k</math>、1%抵抗で近い値 15.4k を用います。</p> <p><math>R_2 = 15.4k</math></p> <p><b>2. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p><b>A.</b> インダクタのボルト・マイクロ秒定数 <math>E \cdot T</math> (<math>V \cdot \mu s</math>) を計算します。</p> $E \cdot T = (28 - 20 - 1.16) \cdot \frac{20 + 0.5}{28 - 1.16 + 0.5} \cdot \frac{1000}{150} (V \cdot \mu s)$ $E \cdot T = (6.84) \cdot \frac{20.5}{27.34} \cdot 6.67 (V \cdot \mu s) = 34.2 (V \cdot \mu s)$ <p><b>B.</b> <math>E \cdot T = 34.2 (V \cdot \mu s)</math></p> <p><b>C.</b> <math>I_{LOAD} (max) = 3A</math></p> <p><b>D.</b> Figure 7 のインダクタ値の選択ガイドから、縦軸 34 (<math>V \cdot \mu s</math>) と横軸 3A が交差する領域から 47 <math>\mu H</math> と、インダクタ・コード L39 が得られます。</p> <p><b>E.</b> Figure 8 の表から、L39 に相当するインダクタを 4 つのメーカの部品番号から、選びます。</p>

## LM2596 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順 (可変出力電圧バージョン) (つづき)

手順 (可変出力電圧バージョン)	例 (可変出力電圧バージョン)
<p><b>3. 出力コンデンサの選択 (C<sub>OUT</sub>)</b></p> <p><b>A.</b> 多くのアプリケーションでは、82μF から 820μF の間の、低 ESR 電解コンデンサ、あるいは固定タンタル電解コンデンサで、最良の結果が得られます。このコンデンサは、コンデンサのリードと銅パターンを短くして、IC の近くに配置しなければなりません。820μF よりも大きなコンデンサは使わないで下さい。詳しくは、「アプリケーション情報」の「出力コンデンサ」の項を参照して下さい。</p> <p><b>B.</b> コンデンサの選択手順を簡単にするため、Figure 3 のデザイン早見表を参照して下さい。この表には、異なった出力電圧が含まれており、最良の結果が得られる多様な出力コンデンサが載っています。</p> <p><b>C.</b> コンデンサの定格電圧は、出力電圧の少なくとも 1.5 倍が安全のために必要です。出力のリップル電圧を低く抑えるための低 ESR の条件を満たすためには、多くの場合、さらはずっと高い定格電圧のコンデンサが必要になります。</p> <p><b>4. フィードフォワード・コンデンサ (C<sub>FF</sub>) (Figure 1 を参照)</b></p> <p>約 10V 以上の出力電圧に対してさらに 1 つのコンデンサが必要です。100pF ~ 33nF の間の補償コンデンサを出力電圧設定用抵抗 R<sub>2</sub> と並列に、接続します。これにより、高出力電圧差、低入出力電圧差、また、固体タンタル電解コンデンサのように、非常に低い ESR の出力コンデンサの場合でも、さらに良い安定性が得られます。</p> $C_{FF} = \frac{1}{31 \times 10^3 \times R_2}$ <p>このコンデンサは、セラミック、プラスチック、銀マイカ等、いずれのタイプでもかまいません。(Z5U の素材で作られたセラミック・コンデンサは不安定なので、推奨できません。)</p>	<p><b>3. 出力コンデンサの選択 (C<sub>OUT</sub>)</b></p> <p><b>A.</b> 「アプリケーション情報」の C<sub>OUT</sub> の項を参照して下さい。</p> <p><b>B.</b> Figure 3 のデザイン早見表から、出力電圧セクションを見ます。その列から、アプリケーションに最も近い出力電圧を選びます。この例では、24V を選びます。出力コンデンサのセクションの 4 つのメーカーの、スルーホール電解コンデンサ、あるいは表面実装のタンタル電解コンデンサからコンデンサをひとつ選びます。表に掲載されているメーカーとシリーズの両方を推奨します。</p> <p>この例では、いくつかのメーカーから、スルーホールのアルミ電解コンデンサが供給されています。</p> <p style="padding-left: 40px;">220 μF/35V パナソニック HFQ シリーズ 150 μF/35V ニチコン PL シリーズ</p> <p><b>C.</b> 20V の出力の場合、コンデンサの定格は少なくとも 30V 以上必要です。この例では、35V か 50V のコンデンサで充分でしょう。出力リップル電圧をもっと低くする必要があるときは、50V 定格を使えますが、35V 定格を選びました。</p> <p>仕様 (特に 100kHz での ESR) が表の製品と近い場合、他のメーカーの、あるいは、他のタイプのコンデンサを使えます。これに関しては、コンデンサ・メーカーのデータシートを参照して下さい。</p> <p><b>4. フィードフォワード・コンデンサ (C<sub>FF</sub>)</b></p> <p>Figure 3 の表には、様々な出力電圧に対するフィードフォワード・コンデンサの値を示しています。この例では、560pF のコンデンサを選択します。</p>

## LM2596 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順 (可変出力電圧バージョン) (つづき)

手順 (可変出力電圧バージョン)	例 (可変出力電圧バージョン)
<p><b>5. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p>A. キャッチ・ダイオードの定格は、最大負荷電流の少なくとも 1.3 倍なければなりません。また、電源の設計上、連続的な出力の短絡状態に耐えなければならない場合、ダイオードの定格電流は、LM2596 の最大電流制限値に等しくなければなりません。このダイオードにとって最も過酷な状態は、過負荷や短絡状態です。</p> <p>B. ダイオードの定格逆電圧は、最大入力電圧の少なくとも 1.25 倍なければなりません。</p> <p>C. このダイオードは高速 (短逆回復時間) でなければならず、リードと PC ボードのパターンを短くして、LM2596 の近くに配置して下さい。ショットキ・ダイオードはスイッチング速度が速く、順方向電圧降下が小さいので、多くの場合最良の性能と効率が得られ、特に、低出力電圧のアプリケーションでは第 1 の選択となります。ウルトラ・ファースト・リカバリや高効率のダイオードも良い結果を得られますが、ターンオフが急激なものは、非安定性や EMI の問題を起こす場合があります。ウルトラ・ファースト・リカバリ・ダイオードの逆回復時間の代表値は 50ns 以下です。1N4001 シリーズのようなダイオードは遅すぎるので、使ってはいけません。</p> <p><b>6. 入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>)</b></p> <p>大きな電圧トランジェントが入力に現れるのを防ぐため、低 ESR の、アルミあるいはタンタルのバイパス・コンデンサが、入力ピンとグラウンド間に必要です。さらに、入力コンデンサの許容リップル電流は、DC 負荷電流の少なくとも 1/2 のものを選ばなければなりません。コンデンサ・メーカーのデータシートをチェックして、この定格電流を超えていないのを確認して下さい。Figure 13 の曲線は、いくつかのアルミ電解コンデンサの許容リップル電流の代表値を示しています。</p> <p>このコンデンサは、リードを短くして、IC の近くに配置して下さい。定格電圧は、最大入力電圧の約 1.5 倍なければなりません。</p> <p>固体タンタル電解コンデンサを使う場合、メーカーによってサージ電流テストが行われているものを推奨します。</p> <p>入力のバイパスに誘電率の高いセラミック・コンデンサを使うときは、V<sub>IN</sub> ピンに激しいリンギングが生じる場合があるので、注意して下さい。</p> <p><b>詳しくは、「アプリケーション情報」の「入力コンデンサ」の項を参照して下さい。</b></p>	<p><b>5. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p>A. Figure 11 の表を参照して下さい。ショットキ・ダイオードで最良の結果が得られます。この例では、5A、40V の 1N5825 ショットキ・ダイオードを選ぶとよいでしょう。5A の定格なら充分で、出力が短絡してもオーバーストレスを受けないでしょう。</p> <p><b>6. 入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>)</b></p> <p>入力コンデンサの重要なパラメータは、定格入力電圧と許容リップル電流です。入力電圧が 28V のとき、定格電圧が 42V (1.5 × V<sub>IN</sub>) 以上のアルミ電解コンデンサが必要です。この値以上の定格電圧クラスは 50V なので、50V のコンデンサを使います。(1.5 × V<sub>IN</sub>) のコンデンサ定格電圧はマージンを持たせた値なので、必要があれば変更は可能です。</p> <p>バック・レギュレータの入力コンデンサに必要な許容リップル電流は、DC 負荷電流の約 1/2 です。この例では、3A の負荷で、許容リップル電流が少なくとも 1.5A のコンデンサが必要です。</p> <p>Figure 13 の曲線を使って、適当な入力コンデンサを選択できます。曲線から、50V の定格で、1.5A 以上の許容リップル電流のものを選びます。470μF か 680μF で、50V のコンデンサを使えます。</p> <p>スルーホールのデザインでは、680μF/50V の電解コンデンサ (パナソニックの HFQ シリーズ、ニチコンの PL シリーズ、あるいは相当品) が使用できます。他のタイプあるいは、他のメーカーのコンデンサは、許容リップル電流の定格が適当であれば使用できます。</p> <p>表面実装のデザインでは、固体タンタル電解コンデンサが使えますが、コンデンサのサージ電流の定格に注意して下さい (このデータシートの「アプリケーション情報」や「入力コンデンサ」を参照して下さい)。AVX 社の TPS シリーズも、Sprague 社の 593D シリーズも、両方サージ電流テストが行なわれています。</p> <p>バック・レギュレータのデザイン手順をさらに簡単にするため、ナショナル セミコンダクター社は、SIMPLE SWITCHER シリーズのスイッチング・レギュレータ用に、コンピュータ設計を支援するソフトウェアを提供しています。“Switchers Made Simple” (Version 4.3 以降) のソフトウェアは、IBM コンパチの PC 用 (3.5 インチ) ディスケットで入手できます。また、URL からダウンロード可能です (<a href="http://www.national.com/appinfo/power/index.html">http://www.national.com/appinfo/power/index.html</a>)。</p>

LM2596 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順 (可変出力電圧バージョン) (つづき)

Output Voltage (V)	Through Hole Output Capacitor			Surface Mount Output Capacitor		
	Panasonic HFQ Series (μF/V)	Nichicon PL Series (μF/V)	Feedforward Capacitor	AVX TPS Series (μF/V)	Sprague 595D Series (μF/V)	Feedforward Capacitor
2	820/35	820/35	33 nF	330/6.3	470/4	33 nF
4	560/35	470/35	10 nF	330/6.3	390/6.3	10 nF
6	470/25	470/25	3.3 nF	220/10	330/10	3.3 nF
9	330/25	330/25	1.5 nF	100/16	180/16	1.5 nF
12	330/25	330/25	1 nF	100/16	180/16	1 nF
15	220/35	220/35	680 pF	68/20	120/20	680 pF
24	220/35	150/35	560 pF	33/25	33/25	220 pF
28	100/50	100/50	390 pF	10/35	15/50	220 pF

FIGURE 3. Output Capacitor and Feedforward Capacitor Selection Table

LM2596 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順

インダクタンス選択ガイド (連続動作モード)

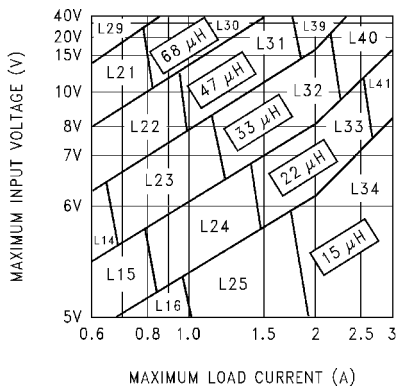


FIGURE 4. LM2596-3.3

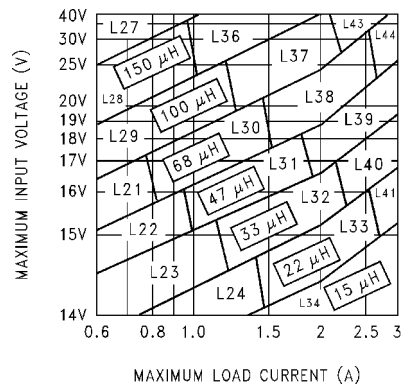


FIGURE 6. LM2596-12

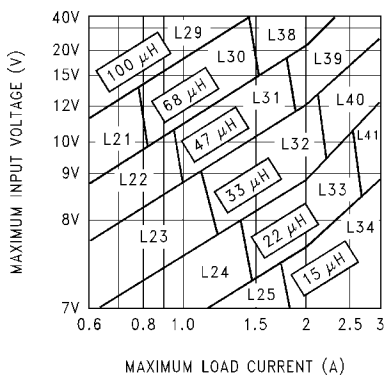


FIGURE 5. LM2596-5.0

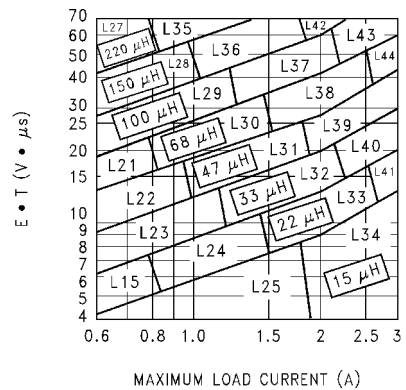


FIGURE 7. LM2596-ADJ

## LM2596 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( つづき )

	Inductance ( $\mu$ H)	Current (A)	Schott		Renco		Pulse Engineering		Coilcraft
			Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Surface Mount
L15	22	0.99	67148350	67148460	RL-1284-22-43	RL1500-22	PE-53815	PE-53815-S	DO3308-223
L21	68	0.99	67144070	67144450	RL-5471-5	RL1500-68	PE-53821	PE-53821-S	DO3316-683
L22	47	1.17	67144080	67144460	RL-5471-6		PE-53822	PE-53822-S	DO3316-473
L23	33	1.40	67144090	67144470	RL-5471-7		PE-53823	PE-53823-S	DO3316-333
L24	22	1.70	67148370	67148480	RL-1283-22-43		PE-53824	PE-53825-S	DO3316-223
L25	15	2.10	67148380	67148490	RL-1283-15-43		PE-53825	PE-53824-S	DO3316-153
L26	330	0.80	67144100	67144480	RL-5471-1		PE-53826	PE-53826-S	DO5022P-334
L27	220	1.00	67144110	67144490	RL-5471-2		PE-53827	PE-53827-S	DO5022P-224
L28	150	1.20	67144120	67144500	RL-5471-3		PE-53828	PE-53828-S	DO5022P-154
L29	100	1.47	67144130	67144510	RL-5471-4		PE-53829	PE-53829-S	DO5022P-104
L30	68	1.78	67144140	67144520	RL-5471-5		PE-53830	PE-53830-S	DO5022P-683
L31	47	2.20	67144150	67144530	RL-5471-6		PE-53831	PE-53831-S	DO5022P-473
L32	33	2.50	67144160	67144540	RL-5471-7		PE-53932	PE-53932-S	DO5022P-333
L33	22	3.10	67148390	67148500	RL-1283-22-43		PE-53933	PE-53933-S	DO5022P-223
L34	15	3.40	67148400	67148790	RL-1283-15-43		PE-53934	PE-53934-S	DO5022P-153
L35	220	1.70	67144170		RL-5473-1		PE-53935	PE-53935-S	
L36	150	2.10	67144180		RL-5473-4		PE-54036	PE-54036-S	
L37	100	2.50	67144190		RL-5472-1		PE-54037	PE-54037-S	
L38	68	3.10	67144200		RL-5472-2		PE-54038	PE-54038-S	
L39	47	3.50	67144210		RL-5472-3		PE-54039	PE-54039-S	
L40	33	3.50	67144220	67148290	RL-5472-4		PE-54040	PE-54040-S	
L41	22	3.50	67144230	67148300	RL-5472-5		PE-54041	PE-54041-S	
L42	150	2.70	67148410		RL-5473-4		PE-54042	PE-54042-S	
L43	100	3.40	67144240		RL-5473-2		PE-54043		
L44	68	3.40	67144250		RL-5473-3		PE-54044		

FIGURE 8. Inductor Manufacturers Part Numbers

<b>Coilcraft Inc.</b>	Phone	(800) 322-2645
	FAX	(708) 639-1469
<b>Coilcraft Inc., Europe</b>	Phone	+ 11 1236 730 595
	FAX	+ 44 1236 730 627
<b>Pulse Engineering Inc.</b>	Phone	(619) 674-8100
	FAX	(619) 674-8262
<b>Pulse Engineering Inc., Europe</b>	Phone	+ 353 93 24 107
	FAX	+ 353 93 24 459
<b>Renco Electronics Inc.</b>	Phone	(800) 645-5828
	FAX	(516) 586-5562
<b>Schott Corp.</b>	Phone	(612) 475-1173
	FAX	(612) 475-1786

FIGURE 9. Inductor Manufacturers Phone Numbers

LM2596 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( つづき )

<b>Nichicon Corp.</b>	Phone	(708) 843-7500
	FAX	(708) 843-2798
<b>Panasonic</b>	Phone	(714) 373-7857
	FAX	(714) 373-7102
<b>AVX Corp.</b>	Phone	(803) 448-9411
	FAX	(803) 448-1943
<b>Sprague/Vishay</b>	Phone	(207) 324-4140
	FAX	(207) 324-7223

FIGURE 10. Capacitor Manufacturers Phone Numbers

VR	3A Diodes				4A-6A Diodes			
	Surface Mount		Through Hole		Surface Mount		Through Hole	
	Schottky	Ultra Fast Recovery	Schottky	Ultra Fast Recovery	Schottky	Ultra Fast Recovery	Schottky	Ultra Fast Recovery
20V		All of these diodes are rated to at least 50V.	1N5820	All of these diodes are rated to at least 50V.		All of these diodes are rated to at least 50V.	SR502	All of these diodes are rated to at least 50V.
	SK32		SR302				1N5823	
			MBR320				SB520	
30V	30WQ03	MURS320 30WF10	1N5821	MUR320		MURS620 50WF10		MUR620 HER601
	SK33		MBR330		50WQ03		SR503	
			31DQ03				1N5824	
40V		MURS320 30WF10	1N5822	MUR320		MURS620 50WF10	SB530	MUR620 HER601
	SK34		SR304		50WQ04		SR504	
	MBRS340		MBR340				1N5825	
50V or More	30WQ04	MURS320 30WF10	31DQ04	MUR320		MURS620 50WF10	SB540	MUR620 HER601
	SK35		SR305					
	MBRS360		MBR350		50WQ05		SB550	
	30WQ05		31DQ05				50SQ080	

FIGURE 11. Diode Selection Table

## ブロック図

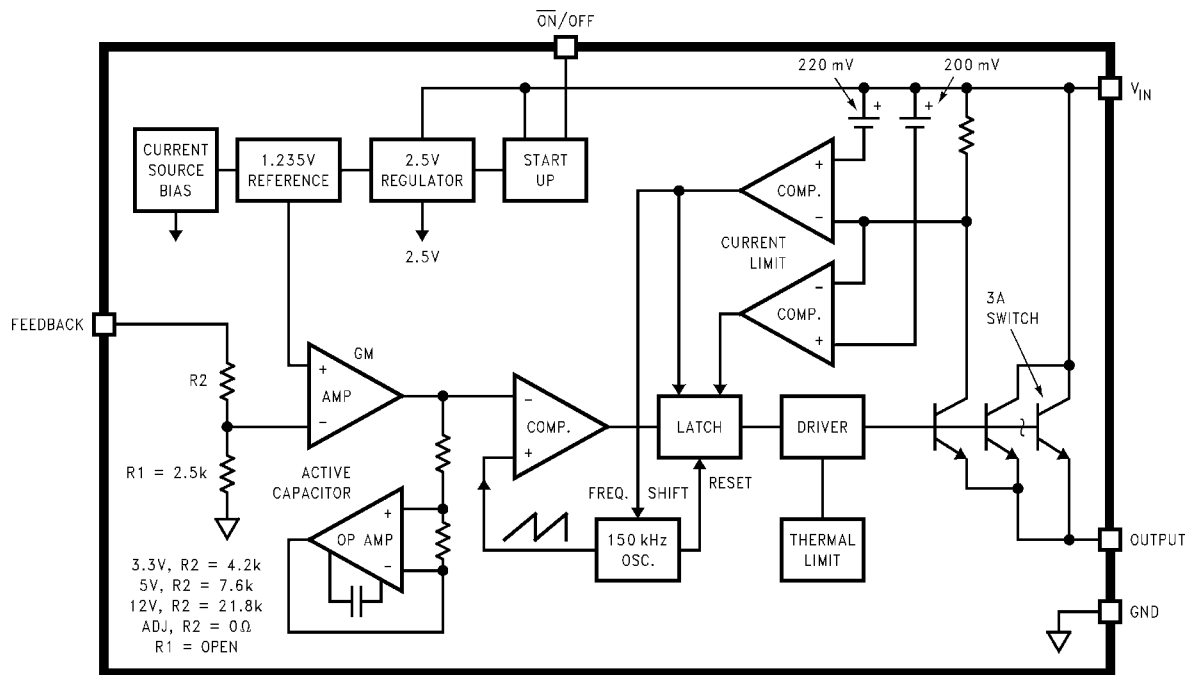


FIGURE 12.

## アプリケーション情報

## ピンの機能

**+ V<sub>IN</sub>** スイッチング・レギュレータ IC の、正電源入力ピン。トランジェント電圧の抑制とスイッチング電流の供給のため、適当な入力バイパス・コンデンサを接続しなければなりません。

**グラウンド** グラウンド。

**出力** 内部スイッチ。この端子の電圧は、 $(+V_{IN} - V_{SAT})$  と約  $-0.5V$  の間を、約  $V_{OUT}/V_{IN}$  のデューティ・サイクルで、切り換わります。高感度な回路部分とのカップリングを抑えるため、このピンに接続する PC ボード上の銅領域はできるだけ小さくしなければなりません。

**フィードバック** 出力電圧を検出し、フィードバック・ループを形成します。

**ON/OFF** ロジック・レベルの信号で、スイッチング・レギュレータ回路をシャットダウンし、入力電源電流を約  $80\mu A$  に落せます。このピンを約  $1.3V$  のスレッショルド電圧以下にすると、レギュレータはオンし、 $1.3V$  より先に（最大  $25V$  まで）すると、レギュレータはシャットダウンします。このシャットダウン機能が必要であれば、ON/OFF ピンをグラウンド・ピンに結線でき、レギュレータはオン状態になります。

## 外付け部品

## 入力コンデンサ

**C<sub>IN</sub>** 入力ピンとグラウンド・ピンの間に低 ESR のアルミまたは tantalum のバイパス・コンデンサが必要です。このコンデンサは、リードを短くし、IC の近くに配置しなければなりません。このコンデンサは、入力に生じる大きな電圧トランジェントを抑制し、スイッチのターンオン時の瞬時的な電流を供給します。

入力コンデンサの重要なパラメータは定格電圧と許容リップル電流です。降圧型レギュレータでは入力コンデンサに比較的高いリップル電流が流れます。そのため、このコンデンサは、容量や定格電圧と同様に、許容リップル電流を確認しなければなりません。また、容量と定格電圧は、許容リップル電流に影響します。

コンデンサの許容リップル電流は、コンデンサの電力容量とみなせます。リップル電流は、コンデンサの内部 ESR に流れ電力消費が発生し、コンデンサの内部温度を上昇させます。コンデンサの許容リップル電流は、 $T_A = 105$  時に、内部温度が  $10$  上昇する電流量として定義されます。この熱を周囲の空気へ発散する能力により、コンデンサを安全に使用できる電流量が決まります。物理的に大きく、表面積も大きなコンデンサは、通常、大きな許容リップル電流を持ちます。同じ容量の場合、定格電圧の高い電解コンデンサは、低いコンデンサより先、物理的に大きく、より多くの熱を周囲の空気へ発散でき、より高い許容リップル電流を持つこととなります。

電解コンデンサを許容リップル電流を超えて動作させると、動作寿命が短くなります。高温では、コンデンサの電解質の蒸発が加速され、不良の原因となります。

入力コンデンサの選択には、メーカーのデータシートで、許容リップル電流を確認する必要があります。最大周囲温度が  $40$  のとき、DC 負荷電流の約  $50\%$  の許容リップル電流を選択することが、一般的なガイドラインとなります。70 までの周囲温度では、DC 負荷電流の  $75\%$  の許容リップル電流が、マージンを持った選択となります。コンデンサの定格電圧は、最大入力電圧の少なくとも  $1.25$  倍は必要で、リップル電流の必要条件を満たすため、それ以上の定格電圧のコンデンサが必要になる場合もあります。

## アプリケーション情報 (つづき)

Figure 13 のグラフに、電解コンデンサの容量、定格電圧、および許容リップル電流の相互関係が示されています。これらの曲線は、スイッチング・レギュレータ用にデザインされた高信頼性の電解コンデンサである、ニチコンの低 ESR “PL” シリーズから得られたものです。他のコンデンサ・メーカーも似たタイプのコンデンサを提供していますが、必ずデータシートをチェックして下さい。

標準の電解コンデンサの場合、通常、より高い ESR、低い許容リップル電流で動作寿命も一般的に短くなります。

表面実装型固体タンタル電解コンデンサは、サイズが小さく性能が良いので、入力バイパス用によく使われますが、いくつか注意をする必要があります。固体タンタル電解コンデンサのなかには少数ですが、突入電流が定格を超えると短絡してしまうものがあります。これは、入力電圧が急に印加されるターンオンのとき起こります。高い入力電圧はより高い突入電流を生じます。いくつかのコンデンサ・メーカーは、全数サージ電流テストを実施し、この潜在的問題を抑えています。大きな突入電流が予想される場合、タンタル電解コンデンサの前に抵抗インダクタを挿入して、この電流を制限するか、あるいは、もっと電圧の高いコンデンサを選ぶことが必要になります。アルミ電解コンデンサの場合と同様、許容リップル電流は、負荷電流に見合ったものでなければなりません。

### フィードフォワード・コンデンサ (可変出力電圧バージョン)

**C<sub>FF</sub>** 出力電圧が 10V より大きいか、あるいは C<sub>FF</sub> の ESR が非常に低いとき Figure 1 のように R2 の両端にフィードフォワード・コンデンサ C<sub>FF</sub> を接続します。このコンデンサは、フィードバック・ループにリードによる補償を付加し、位相マージンを大きくして、ループの安定性を良くします。C<sub>FF</sub> の選択は、「設計手順」を参照して下さい。

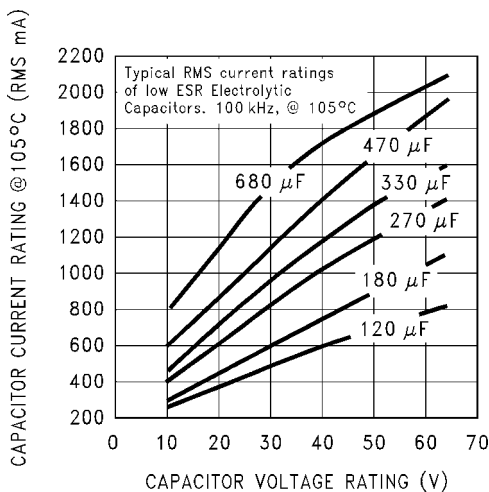


FIGURE 13. RMS Current Ratings for Low ESR Electrolytic Capacitors (Typical)

### 出力コンデンサ

**C<sub>OUT</sub>** 出力をフィルタし、レギュレータのループを安定させるため、出力コンデンサが必要です。スイッチング・レギュレータ用に設計された、低インピーダンス品か、低 ESR 品の電解コンデンサが固体タンタル電解コンデンサを使わなければなりません。出力コンデンサを選択するとき重要なコンデンサのパラメータは、100kHz での等価直列抵抗 (ESR)、許容リップル電流、定格電圧、および容量値です。出力コンデンサの場合、ESR が最も重要なパラメータです。

出力コンデンサでは、ESR の上限値と下限値が要求されます。低い出力リップル電圧には、低い ESR のものがが必要です。この

値は許容される最大のリップル電圧 (通常は出力電圧の 1% から 2%) によって決まります。しかし、選択したコンデンサの ESR が極端に低いと、フィードバック・ループが不安定になり、出力が発振する可能性があります。表に載っているコンデンサ、または同等品を使えば、安定した動作が得られます。

出力リップル電圧を非常に低くする必要があれば (15mV 以下)、「出力リップル電圧とトランジェント」の項を参照し、外部リップル・フィルタを検討して下さい。

アルミ電解コンデンサの ESR の値は容量値と定格電圧に関係しています。多くの場合、高耐圧の電解コンデンサの ESR の値は低くなります (Figure 14 参照)。多くの場合、出力リップル電圧を低くするために、より低い ESR 値を持つ高耐圧のコンデンサを使う必要があります。

様々なタイプのスイッチング・レギュレータの設計に、3 つか 4 つの異なる容量値と、いくつかの異なる定格電圧のコンデンサで、要求を満たしてしまう場合があります。代表的な容量値、定格電圧、およびメーカーとコンデンサのタイプに関しては、Figure 2 と Figure 3 のデザインのための部品選択早見表を参照して下さい。

- 25 以下の温度では、電解コンデンサは推奨できません。低温では ESR が急激に上昇し、- 25 では 3 倍になり、- 40 では 10 倍にもなります。Figure 15 の曲線を参照して下さい。

固体タンタル電解コンデンサは、低温で ESR のスペックが良く、- 25 以下での使用を推奨します。

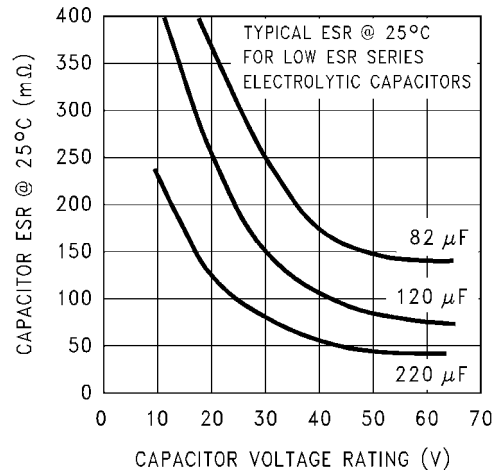


FIGURE 14. Capacitor ESR vs Capacitor Voltage Rating (Typical Low ESR Electrolytic Capacitor)

### キャッチ・ダイオード

降圧型 (バック) レギュレータでは、スイッチオフ時のインダクタ電流の帰還経路として、ダイオードが必要です。これは高速のダイオードでなければならず、リードと PC ボードのパターンを短くして、LM2596 の近くに配置しなければなりません。

ショットキ・ダイオードはスイッチング速度が非常に速く、順方向の電圧降下が小さいので、特に低出力電圧 (5V 以下) のアプリケーションでは、最高の性能を実現します。ウルトラ・ファースト・リカバリの、あるいは高効率のダイオードも良い選択ですが、急峻なターンオフ特性をもったタイプは不安定であったり、EMI の問題を起こすことがあります。ウルトラ・ファースト・リカバリ・ダイオードの逆回復時間は 50ns 以下です。1N5400 シリーズのようなダイオードは遅く、使うべきではありません。

## アプリケーション情報 (つづき)

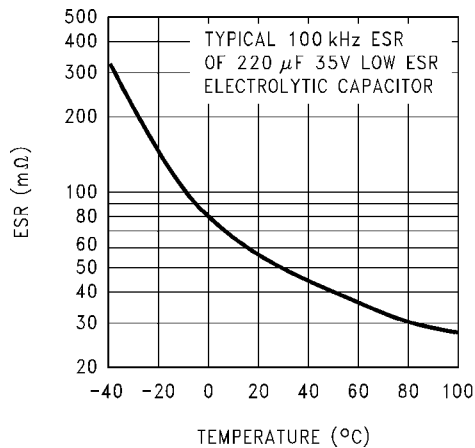


FIGURE 15. Capacitor ESR Change vs Temperature

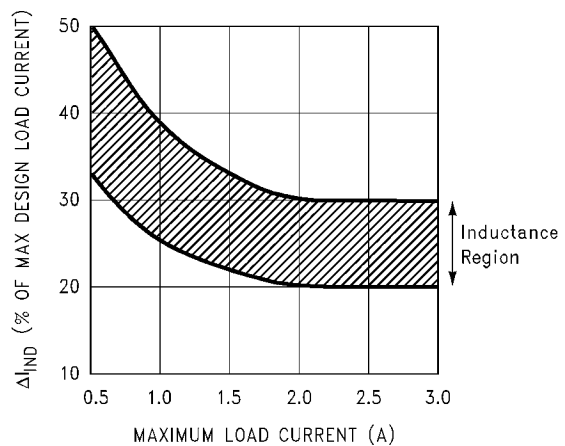
## インダクタの選択

すべてのスイッチング・レギュレータの動作モードには、連続と不連続の、2つの基本モードがあります。2つのモードの違いは、インダクタ電流が連続的に流れるか、あるいは、通常のスイッチング・サイクルの一定周期間にゼロに降下するかにあります。各モードの動作特性は、明確に異なり、レギュレータの性能やアプリケーションにより選択します。ほとんどのスイッチング・レギュレータは、負荷電流が小さいとき、不連続モードで動作します。

LM2596(あるいは、シンプルスイッチャー・ファミリのデバイス)は、連続、不連続、いずれの動作モードでも使用可能です。

多くの場合、連続モードが選択されます。連続モードでは、大きい出力電力、低いピーク・スイッチング・インダクタ電流およびダイオード電流で動作し、低出力リップル電圧が得られます。しかし、インダクタ電流を連続的に流すためには、特に、低出力負荷電流または高入力電圧のときは、大きな値のインダクタの使用が必要です。

インダクタの選択手順を簡単にするため、インダクタ選択ガイド(ノモグラフ)が作られています(Figure 4からFigure 7を参照)。このガイドは、連続モードでのインダクタ選択を示し、ピーク・ツー・ピークのインダクタ電流が、最大設計負荷電流に対して一定の比率になるように、作られます。このピーク・ツー・ピーク・インダクタ電流の割合は固定されているわけではなく、負荷電流が異なれば変わってきます(Figure 16を参照)。

FIGURE 16. ( $I_{IND}$ ) Peak-to-Peak Inductor Ripple Current (as a Percentage of the Load Current) vs Load Current

低負荷電流のとき、インダクタ・リップル電流の比率が増えても良い場合、インダクタの値とサイズを比較的小小さくできます。

連続モードで動作しているとき、インダクタ電流の波形は、(入力電圧に依存して)三角波から鋸波まで変化しますが、この電流波形の平均値はDC出力負荷電流に等しくなります。

インダクタは、フェライトやパウダーアイアンのような異なったコア素材や、ポット・コア、トロイダル、E型コア、ボビン・コア等の異なった形状のものが入手できます。最も安価なのは、ボビン、ロッド、あるいはスティックのコアで、フェライト・ボビンにワイヤを巻いています。このタイプの構造だと、安価なインダクタを作れますが、磁束がコア内部で完結していないため、電磁妨害(EMI)を起こします。この磁束は、近くのプリント配線に電圧を生じさせ、スイッチング・レギュレータの動作や、ノイズの高感度な回路に問題を起こしたり、オシロスコープのプロブに電圧を誘導して、誤った測定値を与える場合があります。「オープン・コア・インダクタ」の項も参照して下さい。

複数のスイッチング・レギュレータが同じPCボード上に配置されていると、オープン・コアの磁束が、特に大電流のとき、他のレギュレータ回路に干渉を起こすことがあります。このような場合は、トロイダルあるいはE型コアのインダクタ(閉磁界構造)を使用して下さい。

選択チャートに載っているインダクタには、Schott社のフェライトコア、Renco社とCoilcraft社のフェライト・ボビン・コア、およびPulse Engineering社のパウダーアイアンのトロイダルコアが含まれています。

インダクタの最大定格電流を超すと、コア巻線内の損失により、インダクタが過熱したり、コアが飽和することがあります。インダクタが飽和し始めると、インダクタンスが急激に低下し、インダクタは主に抵抗(巻線のDC抵抗)成分だけになります。このことは、スイッチ電流の急激な上昇で、スイッチに対しサイクル毎の電流制限が働きます。結果として、DC出力負荷電流を減少します。また、インダクタやLM2596のオーバーヒートを引き起こします。インダクタのタイプが異なると、飽和特性が異なるので、インダクタを選択する際は注意が必要です。

インダクタ・メーカーのデータシートには、インダクタの飽和を防止するため、電流とエネルギーのリミット値が記載されています。

## アプリケーション情報 (つづき)

### 不連続モード動作

選択ガイドでは、連続モードの動作に適したインダクタを記載していますが、低出力電流や高入力電圧アプリケーションでは、不連続モードが良い選択になる場合があります。不連続モードの設計では、連続モードに比べて物理的に小さく  $1/2$  から  $1/3$  の値のインダクタ値が使用できます。不連続モードの設計では、ピーク・スイッチ電流とインダクタ電流が大きくなりますが、負荷電流 (1A 以下) が小さいので、最大スイッチ電流は電流制限値を超えません。

不連続モードの、電圧波形は連続モードの波形とかなり異なります。出力ピン (スイッチ) の波形は、サイン波状のリングングがのびます。(「代表的な性能特性」の不連続モードのスイッチング波形の写真を参照して下さい。) このリングングは、不連続モードでは正常で、フィードバック・ループの不安定性によって引き起こされたものではありません。不連続モードには、スイッチとダイオードともに電流を流していない期間があり、インダクタ電流はゼロになります。このとき、少量のエネルギーがスイッチとダイオードの寄生容量とインダクタのあいだを循環し、このリングングを引き起こします。通常、このリングングは、振幅が入力定格電圧を超えないかぎり、問題にはなりません。超えたとしても、損傷を与えるほど大きなエネルギーではありません。

インダクタのタイプやコアの素材が異なると、このリングングの大きさも変化します。フェライト・コアのインダクタはコア損失が非常に小さいので、リングングが最も大きくなります。パウダー・アイアン・インダクタはコア損失が大きいので、リングングは小さくなります。必要があれば、シリーズの RC をインダクタと並列につないでリングングを減少できます。コンピュータ設計支援ソフトウェア「Switchers Made Simple」(version 4.3) は、連続モード、不連続モード設計に対応しています。

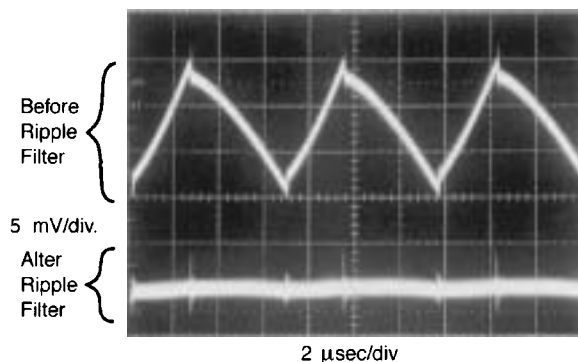


FIGURE 17. Post Ripple Filter Waveform

### 出力電圧リップル成分とトランジェント

連続モードで動作しているスイッチング電源の出力電圧には、スイッチング周波数の鋸波リップル電圧が含まれており、鋸波のピークに短い電圧スパイクが含まれています。

出力リップル電圧は、インダクタの鋸波リップル電流と出力コンデンサの ESR の関数です。一般的な出力リップル電圧は、出力電圧の約 0.5% から 3% 範囲です。リップル電圧を小さくするには、出力コンデンサの ESR を低くしなければなりません。ESR の非常に低いコンデンサを使うとループの安定性に影響し、発振する可能性があります。出力リップル電圧を非常に小さくする (20mV 以下) 必要があるときは、外付けリップル・フィルタを推奨します。(Figure 1 を参照。) 良好なロード・レギュレーションを維持するには、インダクタンスは通常  $1\mu\text{H}$  から  $5\mu\text{H}$  で、DC 抵抗の低いものがが必要です。優れたトランジェント・レスポンスとリップル除去能力を得るために、ESR の低い出力フィルタ・コンデンサが必要です。このコンデンサはレギュレータのフィードバック・ループの外にあるため ESR は際限なく小さくできます。Figure 17 の写真は、外付けリップル・フィルタがある場合とない場合の出力リップル電圧を示しています。

出力リップルをオシロスコープで観測するとき、プローブのグラウンド結線は、インダクタンスを小さくするため短くしなければなりません。スコープのプローブ・メーカの多くは、特殊なプローブ・ターミネータを用意しており、これをレギュレータのボードのできれば出力コンデンサにハンダ付けします。これにより、プローブのグラウンドが非常に短くなり、プローブが通常持っている 3 インチのグラウンド・リードに付随する問題が取り除かれ、リップル電圧波形の明瞭で正確な像が得られます。

電圧スパイクは、出力スイッチとダイオードの高速なスイッチングや出力コンデンサとパターン寄生インダクタンスにより生じます。電圧スパイクを最小に抑えるには、出力コンデンサはスイッチング・レギュレータ用のものを使用し、リードは非常に短くしなければなりません。オシロのプローブだけでなく、配線のインダクタンスや浮遊容量も、このトランジェントを発生しスパイクの振幅に影響します。

スイッチング・レギュレータが連続モードで動作しているとき、インダクタ電流の波形は、三角波から鋸波まで (入力電圧に依存して) 変化します。ある一定の入力電圧と出力電圧では、このインダクタ電流の波形のピーク・ツー・ピーク振幅は一定です。負荷電流の増減にしたがって、鋸波電流波形の全体が上下します。この電流波形の平均値 (つまり中線) が DC 負荷電流に等しくなります。

負荷電流が充分低くなると、鋸波電流波形の最下点がゼロに達し、スイッチング電源は連続モードから不連続モードの動作へスムーズに移行します。スイッチング電源の設計のほとんどは、出力負荷が小さくなると、(インダクタの値があまりにも大きすぎない場合) 不連続動作になります。この動作は完全に対応している動作モードです。

## アプリケーション情報 (つづき)

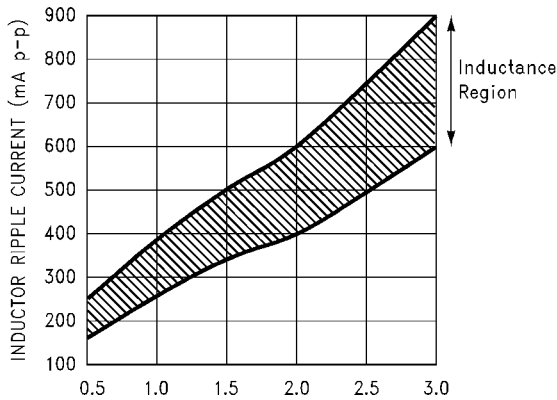


FIGURE 18. Peak-to-Peak Inductor Ripple Current vs Load Current

スイッチング・レギュレータの設計で、ピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流 ( $I_{IND}$ ) の値を知ると、回路の他のいくつかのパラメータを決めるのに役立ちます。ピーク・インダクタ電流、ピーク・スイッチ電流、不連続モードにならない最小負荷電流、出力リップル電圧、出力コンデンサの ESR は、すべてピーク・ツー・ピーク  $I_{IND}$  から計算できます。Figure 4 から Figure 7 に示されているインダクタのノモグラフを使ってインダクタの値を選ばると、ピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流をすぐに決められます。Figure 18 の曲線は、異なった負荷電流に対して予期される  $I_{IND}$  の範囲を示しています。この曲線は、ピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流 ( $I_{IND}$ ) が、あるインダクタの範囲で、(与えられた負荷電流に対して) 下の境界から上の境界まで動くとき、どう変化するかも示しています。上の境界は最大入力電圧を、下の境界は最小入力電圧を表しています(「インダクタ選択ガイド」を参照して下さい)。

これらの曲線は、連続モードの動作で、しかもインダクタ選択ガイドを使ってインダクタの値を選んだときのみ、正しい値を示します。

下の例について考えてみます。

$$V_{OUT} = 5V, 2.5A \text{ の最大負荷電流}$$

$$V_{IN} = 12V, 10V \text{ から } 16V \text{ まで変化}$$

Figure 5 の選択ガイドで、2.5A の負荷と、12V の入力電圧が変わるのは  $3.3\mu H$  のインダクタンス領域です。 $3.3\mu H$  のインダクタは、最大負荷電流の数パーセントのピーク・ツー・ピーク電流 ( $I_{IND}$ ) を流します。Figure 18 より、2.5A のラインとインダクタの領域が変わるところで、縦軸からピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流 ( $I_{IND}$ ) を読み取れます(約 620mA p-p)。

入力電圧が 16V まで上がると、インダクタンス領域の上の境界に近づき、インダクタ・リップル電流が増えます。Figure 18 より、2.5A の負荷電流に対して、ピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流 ( $I_{IND}$ ) は 12V の入力で 620mA で、上の境界 (16V 入力) の 740mA から下の境界 (10V 入力) の 500mA の範囲での変化が読み取れます。

$I_{IND}$  の値がわかれば、下の式を使って、スイッチング・レギュレータに関する他の情報を計算できます。

1. ピーク・インダクタ又はピーク・スイッチ電流

$$= \left( I_{LOAD} + \frac{\Delta I_{IND}}{2} \right) = \left( 2.5A + \frac{0.62}{2} \right) = 2.81A$$

2. 連続モードでの最小負荷電流

$$= \frac{\Delta I_{IND}}{2} = \frac{0.62}{2} = 0.31A$$

3. 出力リップル電圧 = ( $I_{IND}$ )  $\times$  (ESR of  $C_{OUT}$ )  
= 0.62A  $\times$  0.1 = 62 mV p-p

4.  $C_{OUT}$  の ESR

$$\begin{aligned} \text{ESR of } C_{OUT} &= \frac{\text{Output Ripple Voltage } (\Delta V_{OUT})}{\Delta I_{IND}} \\ &= \frac{0.062V}{0.62A} = 0.1\Omega \end{aligned}$$

## オープン・コア・インダクタ

出力リップル電圧の増加や不安定動作の、他の原因は、オープン・コアのインダクタです。フェライト・ボビンやスティックタイプのインダクタでは磁束は、空中を通過して、ボビンの一端から他端へ達しています。このインダクタの磁場から発生する磁束は配線や PC ボード上の銅パターン内に電圧を誘導します。磁場の強さ、磁場に対する PC ボードの銅パターンの方向と位置、および PC ボードのパターンとインダクタの距離が、パターン内に誘導される電圧の大きさを決定します。この影響を別の見方で見ると、PC ボードの銅パターンを 1 回巻線のトランス (2 次側)、インダクタの巻線をそのトランスの 1 次側とみなせます。オープン・コアのインダクタの近くに位置した銅パターンには、数ミリボルトの電圧が発生したり、安定性や出力リップル電圧の問題を起こしたりする場合があります。

オープン・コアのインダクタが使われていて、不安定な動作がみられるときは、PC ボードのパターンに対するインダクタの位置が問題である可能性があります。このことを原因と特定するには、インダクタをボードから数インチ離して、回路動作をチェックしてみます。これで回路が正常に動作するならば、オープン・コアのインダクタの磁束が問題の原因です。トロイダルあるいは E 型コアのような閉コアタイプのインダクタと置き換えるか、PC ボードのレイアウトの変更で問題が解決できます。IC のグラウンド、フィードバック、あるいは出力コンデンサの両端のパターンと交差する磁束は最小に抑えて下さい。

多くの場合、パターンをボビン・インダクタの真下に置くと、それが正確にインダクタの中心であれば(誘導される電圧が相殺するので)良い結果を得られます。しかし、どの方向であれ、中心からずれると、問題が起きることがあります。磁束が問題を起こしている場合、インダクタの巻線方向により違いが生じる回路もあります。

オープン・コアのインダクタに関するこの議論は、ユーザーを脅かすためではなく、これらを使うときは、どんな問題が生じるかあらかじめ注意を促すものです。オープン・コア、ボビンやスティックタイプインダクタは、小型で効率のよいインダクタを安価に、簡単に作れ、多くのアプリケーションで何百万個も使われています。

## アプリケーション情報 (つづき)

## 熱に関する考慮事項

LM2596 は、5 ピンの TO-220(T) と 5 ピンの表面実装 TO-263(S) の 2 つのパッケージで入手できます。

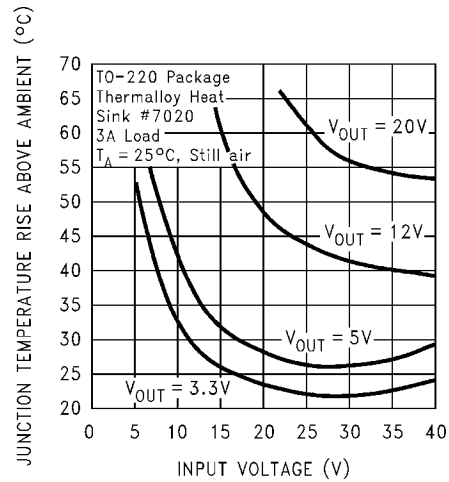
ほとんどの場合、TO-220 パッケージにはヒート・シンクが必要で、ヒート・シンクのサイズは入力電圧、出力電圧、負荷電流、さらに周囲温度に依存します。Figure 19 の曲線は、3A の負荷で、さまざまな入出力電圧に対して、LM2596T の接合部温度が周囲温度からどれだけ上昇するかを示しています。これらの曲線のデータは、LM2596T (TO-220 パッケージ) が周囲温度 25 °C で (風速 0)、動作させたデータです。この曲線は代表的なもので、これに影響する要因が多くあります。周囲温度が高い場合、もっと大きなヒート・シンクが必要となります。

TO-263 表面実装パッケージの金属タブは、PC ボード上の銅パターンにハンダ付けするように設計されています。銅パターンとボードは、この IC と、キャッチ・ダイオードやインダクタのような他の発熱する部品の、ヒート・シンクとして働きます。パッケージをハンダ付けする銅パターンの面積は少なくとも 0.4 平方インチ、できれば 2 オンス (70 $\mu$ m) の厚さで 2 平方インチ以上必要です。銅面積をさらに追加すれば熱特性が改善されますが、6 平方インチ以上では、ほとんど変わりません。さらに熱特性を改善する必要があるときは、銅面積の大きい、両面、多層の PC ボードまたはファンの使用を推奨します。

Figure 20 の曲線は、2A 負荷のとき、多様な入出力電圧で、LM2596S (TO-263) の接合部温度が周囲温度からどの位上昇するかを示しています。このデータは、実際の動作条件での接合部温度をシミュレートするため、すべての部品を PC ボードに実装した、降下型レギュレータとして動作している回路でとりました。この曲線は様々な条件でのおおよその接合部温度をすばやくチェックするのに使えますが、接合部温度に影響する要因が多あることに注意しなければなりません。負荷電流が 2A を超える場合、特に周囲温度が高く、出力電圧が高いときは、銅面積の大きな両面あるいは多層の PC ボードやファンの使用が必要となります。

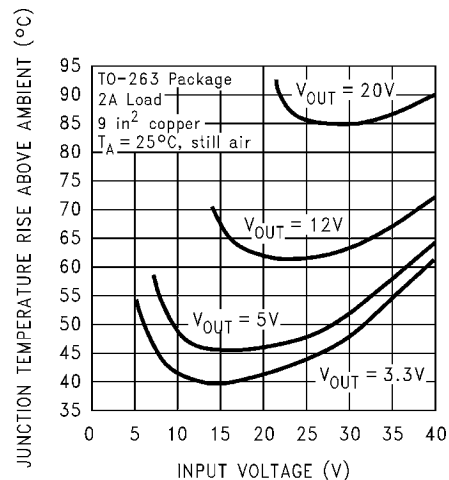
熱拡散を良くするには、ボードのレイアウトで、広い銅パターンを使い、タブは、PC ボードの広い銅にハンダ付けします。(出力ピン (スイッチ) は例外で、面積の大きなパターンにハンダ付けしてはいけません)。面積の大きな銅パターンは、熱を周囲の空気へよく伝え (低熱抵抗)、空気の流れはさらに熱抵抗を下げます。

パッケージの熱抵抗と接合部温度の上昇はすべて概数で、接合部温度に影響する多くの要因があります。これらの要因には、ボードの大きさ、形、厚み、方向、位置、さらにボードの温度も含まれます。他の要因には、パターン幅、プリント基板の銅の面積、銅の厚み、片面か両面か、多層か、さらにボード上のハンダの量があります。PC ボードの熱拡散の効率、ボード上の他の部品の大きさ、数、さらに間隔にも依存します。また、空気が流れているかどうかにも依存します。さらに、キャッチ・ダイオードなどの部品は、PC ボードに熱を加えますが、この熱は、入力電圧によりさまざまに変化します。インダクタの場合は、物理的大きさ、コアの素材、および DC 抵抗によって、ヒート・シンクとして機能してボードから熱を逃すか、あるいはボードに熱を加えます。



Circuit Data for Temperature Rise Curve TO-220 Package (T)	
Capacitors	Through hole electrolytic
Inductor	Through hole, Renco
Diode	Through hole, 5A 40V, Schottky
PC board	3 square inches single sided 2 oz. copper (0.0028 )

FIGURE 19. Junction Temperature Rise, TO-220



Circuit Data for Temperature Rise Curve TO-263 Package (S)	
Capacitors	Surface mount tantalum, molded " D " size
Inductor	Surface mount, Pulse Engineering, 68 $\mu$ H
Diode	Surface mount, 5A 40V, Schottky
PC board	9 square inches single sided 2 oz. copper (0.0028 )

FIGURE 20. Junction Temperature Rise, TO-263

## アプリケーション情報 (つづき)

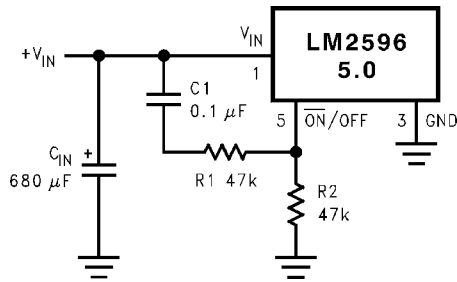


FIGURE 21. Delayed Startup

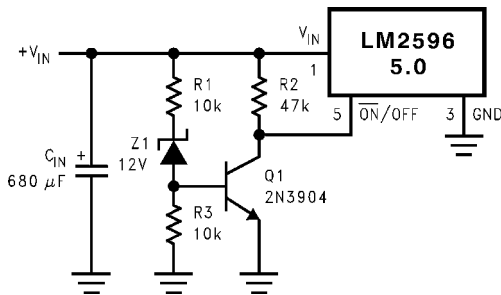


FIGURE 22. Undervoltage Lockout for Buck Regulator

## 遅延スタートアップ

Figure 21 は、ON/OFF ピンを、入力電圧が加えられてから出力電圧が立ち上がるまでの遅延に使った回路です。(遅延スタートアップに関連する部分だけが示されています)。入力電圧が上昇するにつれ、コンデンサ C1 が充電され、ON/OFF ピンを High に引き上げ、レギュレータをオフに保ちます。入力ピン電圧が実際の入力電圧になると、コンデンサは充電をやめ、R<sub>2</sub> が ON/OFF ピンを Low に引き下げ、スイッチングの動作を開始します。R<sub>1</sub> は ON/OFF ピンに加わる最大電圧を制限し (最大 25V)、電源ノイズによる誤動作を防ぎます。さらに、コンデンサ C1 の放電電流を制限する機能もあります。入力に大きなリップル電圧が存在するときは、リップルが ON/OFF ピンとカップリングして問題を起こすことがあるので、大きな遅延時間は避けて下さい。

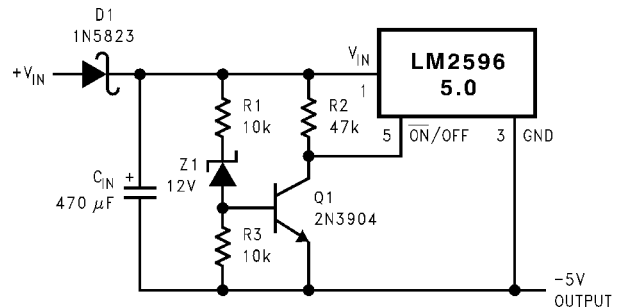
この遅延スタートアップの機能は、入力電源の電流が制限されている場合に役立ちます。レギュレータが動作し始める前に、入力電圧が充分高い電圧になります。バック・レギュレータの場合、入力電圧が高いほど、少ない電流で立ち上がります。

## 低電圧ロックアウト

アプリケーションによっては、入力電圧が一定のスレッシュホールドに達するまで、レギュレータをオフにしたほうが望ましい場合があります。バック・レギュレータでの低電圧ロックアウト回路が Figure 22 に示されており、Figure 23 と Figure 24 は、反転型用です。Figure 23 では、ターンオンとターンオフのスレッシュホールド電圧は等しくありません (ツェナー電圧プラス約 1V)。Figure 24 の回路のようにすると、ターンオン電圧とターンオフ電圧はヒステリシスを持ちます。ヒステリシスの大きさは、出力電圧にほぼ等しくなります。25V より先大きなツェナー電圧が使われる場合、ON/OFF ピンの 25V の最大電圧の制限を守るために、ON/OFF ピンとグラウンドのあいだに 47k の抵抗を追加する必要があります。

## 反転型レギュレータ

Figure 25 の回路は、正の入力電圧を、コモン・グラウンドの負の出力電圧へ変換します。この回路は、レギュレータのグラウンド・ピンを負の出力電圧にブートストラップし、フィードバック・ピンをグラウンドにつなぐと動作します。レギュレータは反転出力電圧を検出し、出力を安定させます。



この回路の ON/OFF スレッシュホールドは約 13V です。

FIGURE 23. Undervoltage Lockout for Inverting Regulator

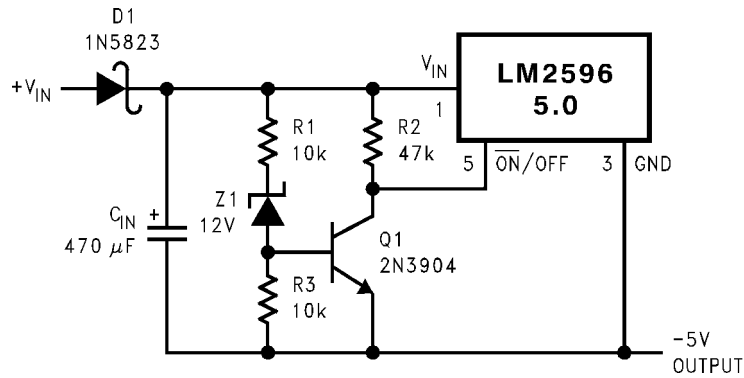
この例では、-5V の出力を発生させるために LM2596-5.0 を使っていますが、可変バージョンを含む他のバージョンを選べば、他の出力電圧にも対応できます。このレギュレータの構成は、入力電圧より大きい出力電圧でも、小さい出力電圧でも作れ、最大出力電流は入出力電圧の両方に大きく依存します。Figure 26 の曲線は、異なる入出力条件に対して可能な出力負荷電流の関係を示したものです。

レギュレータにかかる最大電圧は入出力電圧の和で、最大 40V に制限しなければなりません。例えば、+20V を -12V へ変換するとき、レギュレータの入力ピンとグラウンド・ピンの間には 32V が現れます。LM2596 の最大入力電圧は 40V です。

このレギュレータでは、さらにダイオードが必要です。ダイオード D1 は、軽い負荷あるいは負荷の無い状態で、入力電圧のリップルやノイズが、C<sub>IN</sub> を介して、出力とカップリングするのを防ぎます。さらに、このダイオードによるアイソレーションは回路を降圧型に似た構成に変え、閉ループの安定性を良くします。低入力電圧では、ショットキ・ダイオードを推奨します (電圧降下が小さいため)。高入力電圧には、ファースト・リカバリ・ダイオードを使用できます。

また、D3 のダイオードがない場合、入力電圧が加えられたとき、C<sub>IN</sub> の充電電流が、出力を一瞬正側へ引き上げます。D3 を使用すると、出力ダイオード電圧でクランプされます。

アプリケーション情報 (つづき)

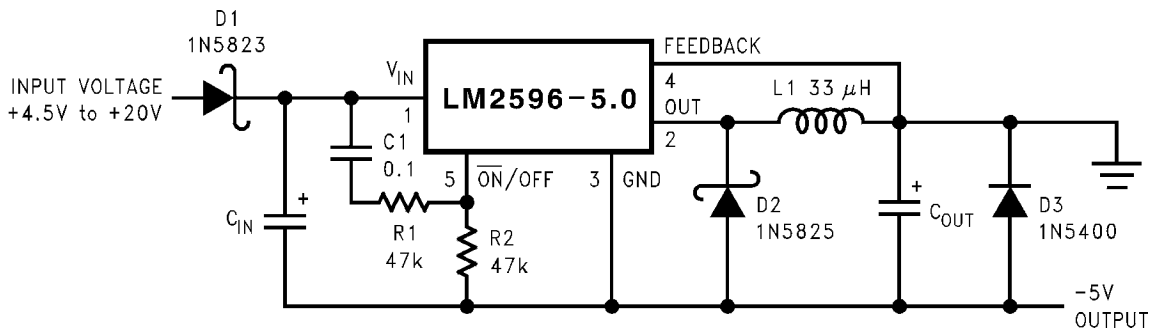


本回路はヒステリシスを有します。

レギュレータのスイッチング開始は  $V_{IN} = 13V$

レギュレータのスイッチング停止は  $V_{IN} = 8V$

FIGURE 24. Undervoltage Lockout with Hysteresis for Inverting Regulator



$C_{IN}$  68  $\mu F/25V$  タンタル・コンデンサ、Sprague 社 595D 品

470  $\mu F/50V$  電解コンデンサ、パナソニック社 HFQ 品

$C_{OUT}$  47  $\mu F/20V$  タンタル・コンデンサ、Sprague 社 595D 品

220  $\mu F/25V$  電解コンデンサ、パナソニック社 HFQ 品

FIGURE 25. Inverting - 5V Regulator with Delayed Startup

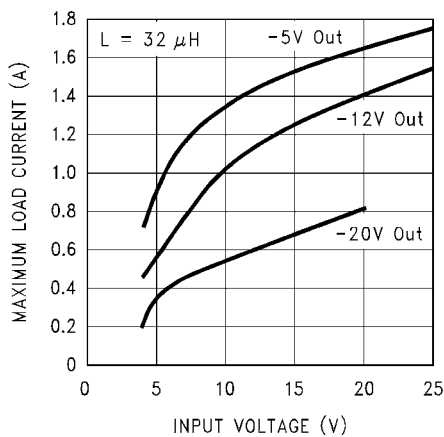


FIGURE 26. Inverting Regulator Typical Load Current

反転型レギュレータは降圧型構成のレギュレータと動作が異なるため、インダクタの値を選ぶのに、通常の方法では選択できません。多くの設計では、33 $\mu H$ 、3.5A のインダクタが良い選択となります。コンデンサの選択幅も、狭くなります。Figure 25 の値を使えば、反転型のデザインのほとんどで良い結果が得られます。

このタイプの反転型レギュレータは、軽い負荷であっても、起動時に比較的大きな入力電流を必要とします。出力が設定電圧に達するまで、LM2596 の電流制限 (約 4.5A) に等しい入力電流が 2ms 以上は必要です。実際の時間は、出力電圧と出力コンデンサの大きさに依存します。入力電源の電流が制限されていたり、負荷容量が小さい電源の場合、立ち上がりません。反転型の構成は比較的大きな起動電流が必要なため、Figure 25 に示している遅延スタートの使用 ( $C_1$ 、 $R_1$ 、および  $R_2$ ) を推奨します。レギュレータの起動を遅らせると、IC が動作し始める前に、入力コンデンサを高い電圧まで充電できます。これにより、起動に必要な入力電流の一部は、入力コンデンサ ( $C_{IN}$ ) から供給されます。起動条件が厳しい場合、入力コンデンサを通常より大きくして解決できます。

## アプリケーション情報 (つづき)

## 反転レギュレータのシャットダウン方法

通常バック・レギュレータの構成で  $\overline{\text{ON}}/\text{OFF}$  ピンを使うのは簡単で、レギュレータをオンするには 1.3V ( @ 25°C グラウンドを基準 ) より下に引き下げ、オフするには 1.3V より上に引き上げます。反

転レギュレータの構成では、レギュレータのグラウンド・ピンはグラウンドではなく、負の出力電圧レベルに設定されているので、レベルシフトが必要です。反転レギュレータ用の 2 つの異なるシャットダウン方法を Figure 27 と Figure 28 に示します。

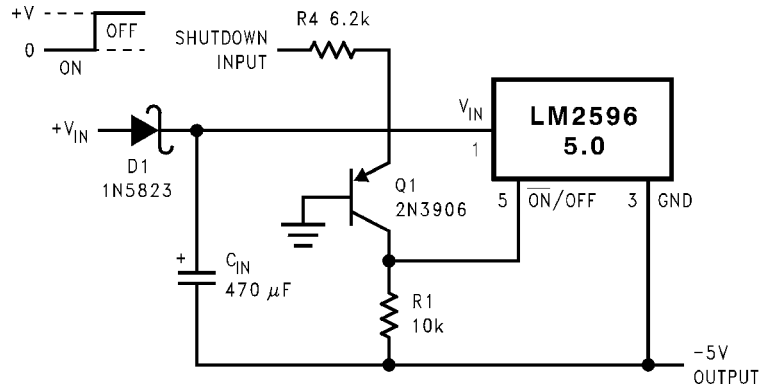


FIGURE 27. Inverting Regulator Ground Referenced Shutdown

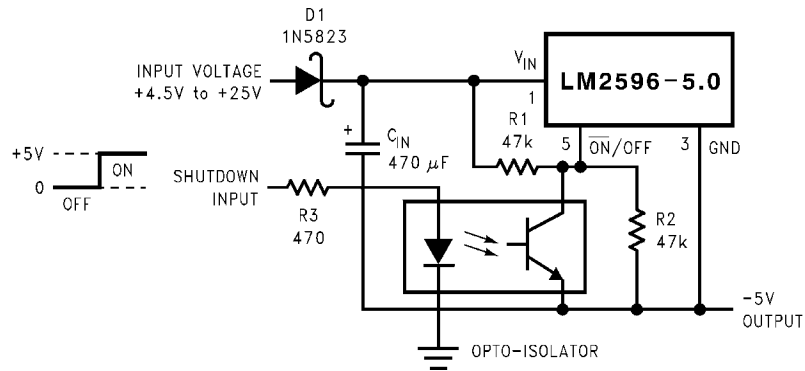
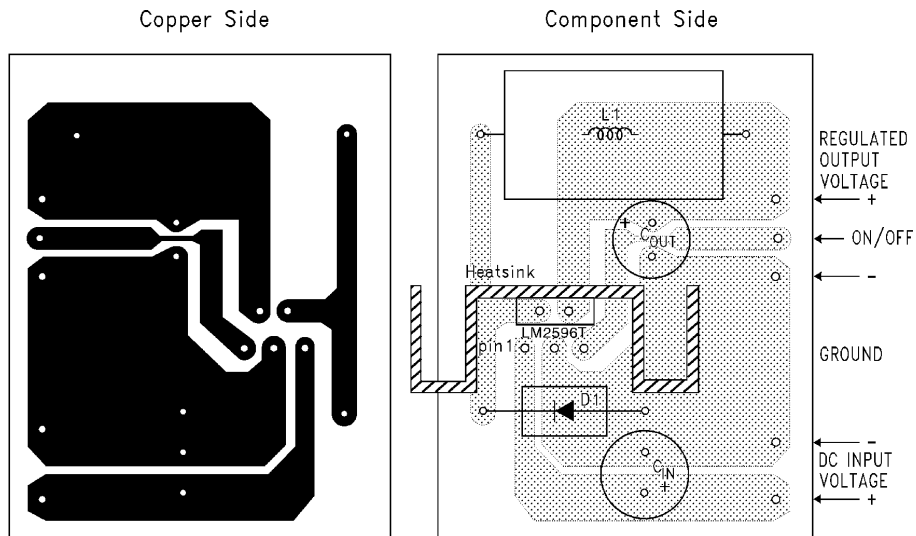


FIGURE 28. Inverting Regulator Ground Referenced Shutdown using Opto Device

## アプリケーション情報 (つづき)

## TYPICAL THROUGH HOLE PC BOARD LAYOUT, FIXED OUTPUT (1X SIZE), DOUBLE SIDED



$C_{IN}$  470  $\mu$ F, 50V, Aluminum Electrolytic Panasonic, "HFQ Series "

$C_{OUT}$  330  $\mu$ F, 35V, Aluminum Electrolytic Panasonic, "HFQ Series "

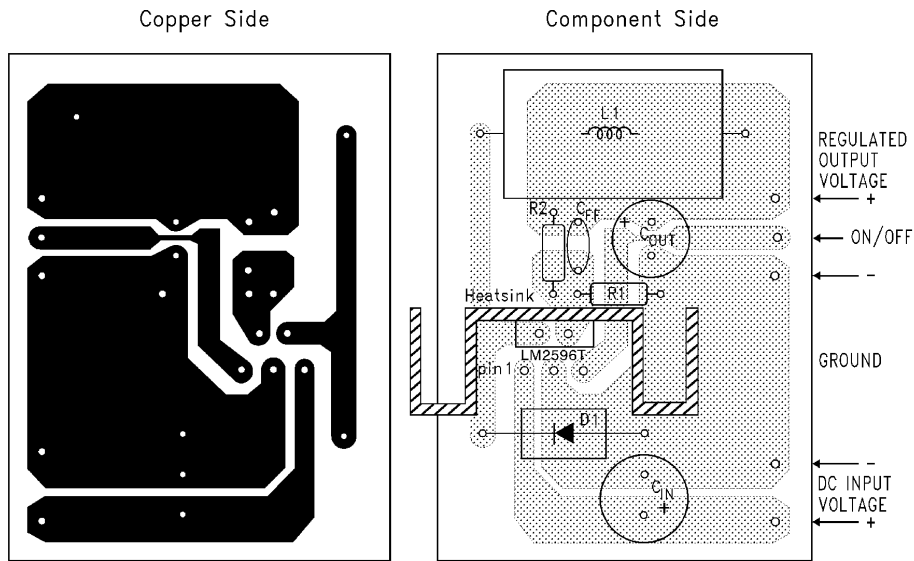
D1 5A, 40V Schottky Rectifier, 1N5825

L1 47  $\mu$ H, L39, Renco, Through Hole

Thermalloy Heat Sink #7020

## アプリケーション情報 (つづき)

## TYPICAL THROUGH HOLE PC BOARD LAYOUT, ADJUSTABLE OUTPUT (1X SIZE), DOUBLE SIDED



$C_{IN}$  470  $\mu$ F、50V、Aluminum Electrolytic Panasonic、"HFQ Series"

$C_{OUT}$  220  $\mu$ F、35V Aluminum Electrolytic Panasonic、"HFQ Series"

D1 5A、40V Schottky Rectifier、1N5825

L1 47  $\mu$ H、L39、Renco、Through Hole

$R_1$  1 k、1%

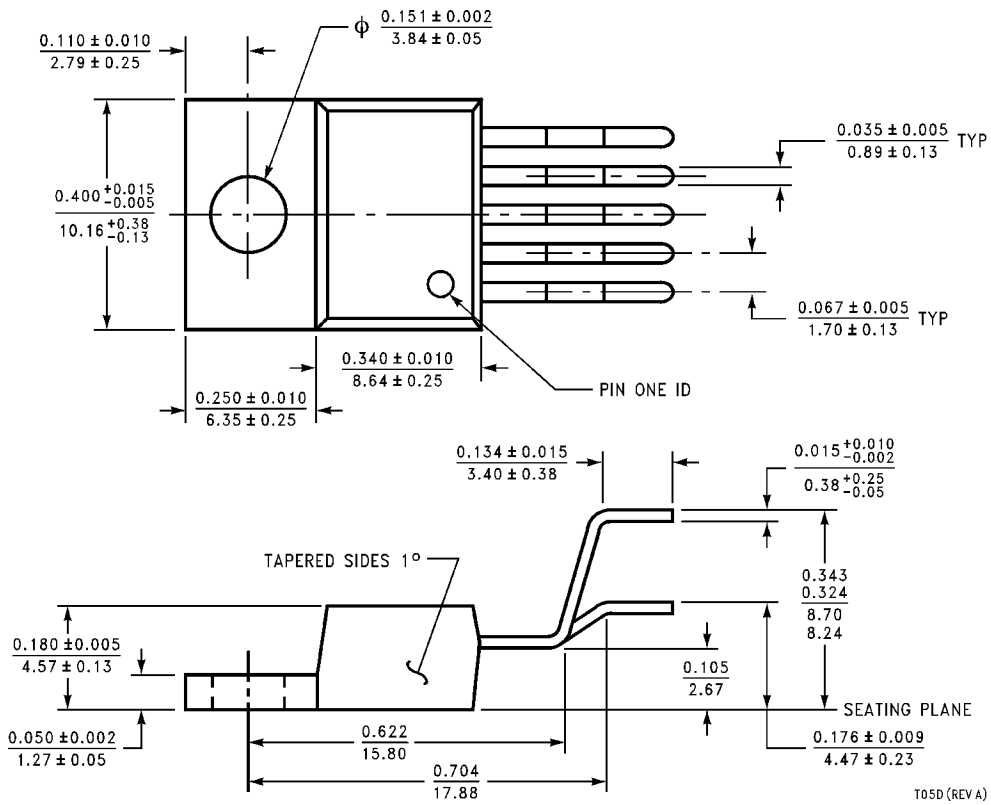
$R_2$  「設計手順」の式を使用

$C_{FF}$  Figure 3を参照

Thermalloy Heat Sink #7020

FIGURE 29. PC Board Layout

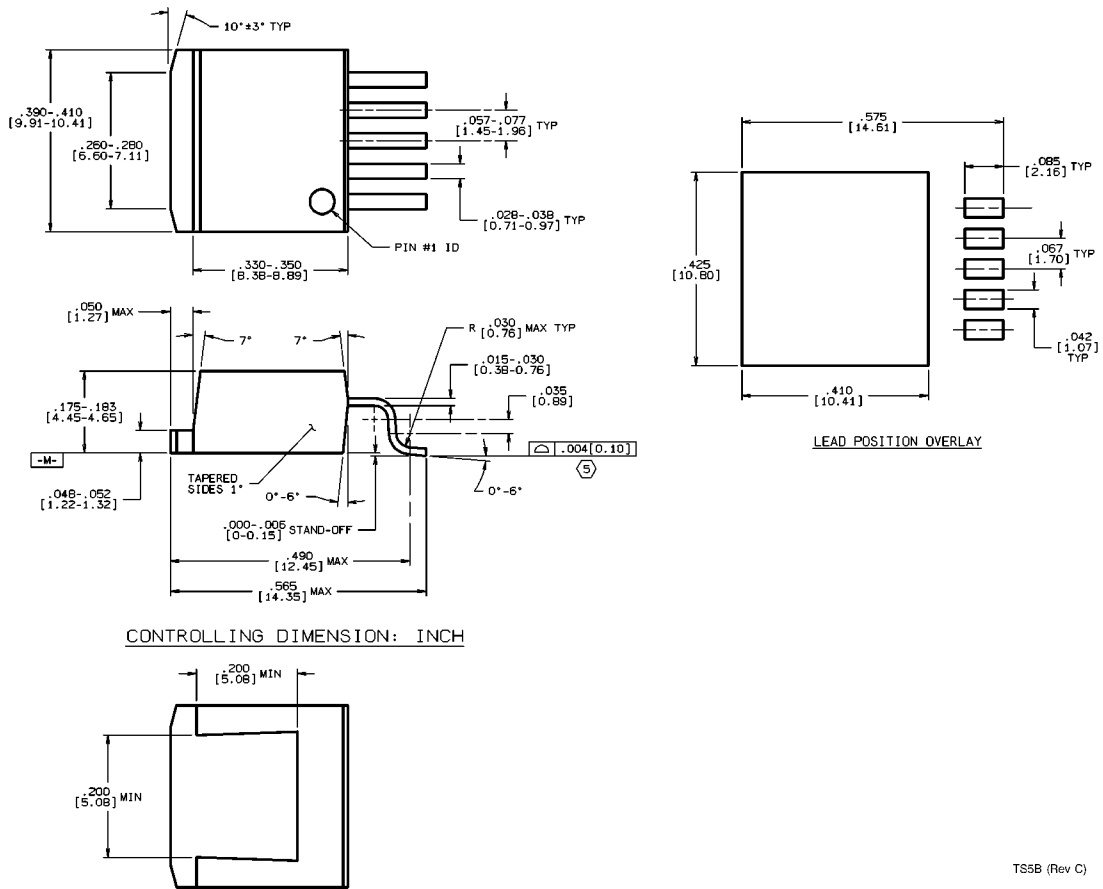
外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



T05D (REV A)

**5-Lead TO-220 (T)**  
**Order Number LM2596T-3.3, LM2596T-5.0,**  
**LM2596T-12 or LM2596T-ADJ**  
**NS Package Number T05D**

**外形寸法図** 特記のない限り inches (millimeters) (つぎ)



**5-Lead TO-263 Surface Mount Package (S)**  
**Order Number LM2596S-3.3, LM2596S-5.0,**  
**LM2596S-12 or LM2596S-ADJ**  
**NS Package Number TS5B**

**生命維持装置への使用について**

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

1. 生命維持用の装置またはシステムとは (a) 体内に外科的に使用されることを意図されたもの、または (b) 生命を維持あるいは支持するものをいい、ラベルにより表示される使用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。
2. 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。

**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。

<http://www.national.com/JPN/>

その他のお問い合わせはフリーダイヤルをご利用下さい。

**0120-666-116**