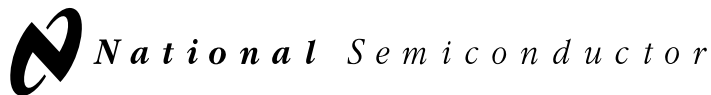


ご注意：この日本語データシートは参考資料として提供しており、内容が最新でない場合があります。製品のご検討およびご採用に際しては、必ず最新の英文データシートをご確認ください。



1999年5月

## LM2595

### SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 150kHz 1A 降圧型電圧レギュレータ

#### 概要

LM2595 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 1A 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†と固定周波数のオシレータを備えています。

LM2595 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うことができます。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。通常、12V 以下の出力電圧で、50 °C 以下の周囲温度では、ヒートシンクは必要ではありません。

LM2595 シリーズに使うのに最適な、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、± 4% の出力電圧許容差と、± 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 85µA 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

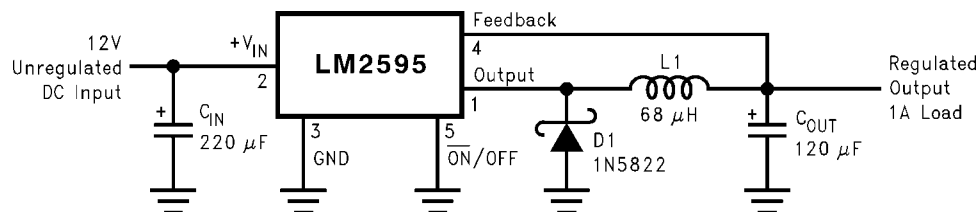
- 3.3V、5V、12V、および可変出力電圧バージョン
- 可変タイプの出力電圧範囲は 1.2V から最大 37V、入力と負荷の全条件で ± 4% の許容誤差
- TO-220 と TO-263 (表面実装) パッケージ
- 出力負荷電流 1A 保証
- 入力電圧範囲 40V
- 4 個の外付け部品で動作可能
- すぐれたラインおよびロード・レギュレーション
- 150kHz の固定周波数の内部オシレータ
- TTL レベルのシャットダウン機能
- 低消費待機モードで、I<sub>Q</sub> の代表値が 85µA
- 高効率
- 入手が容易な標準的インダクタ
- 熱暴走保護および電流制限保護回路内蔵

#### 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
- リニア・レギュレータ用の高効率プリ・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)

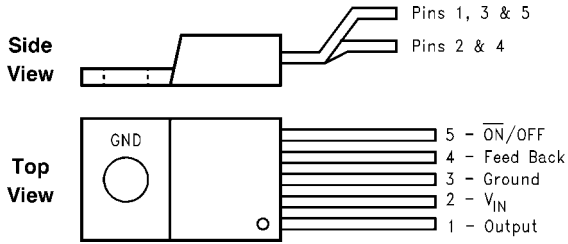


SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> および Switchers Made Simple<sup>®</sup> はナショナル セミコンダクター社の登録商標です。

LM2595 SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 150kHz 1A 降圧型電圧レギュレータ

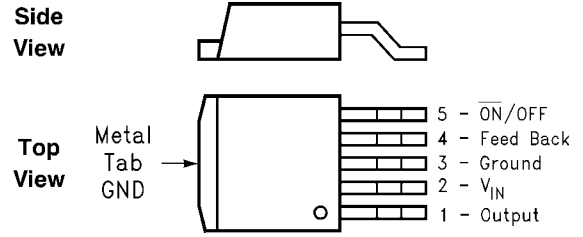
配置図および製品情報

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



Order Number LM2595T-3.3, LM2595T-5.0,  
LM2595T-12 or LM2595T-ADJ  
See NS Package Number T05D

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



Order Number LM2595S-3.3, LM2595S-5.0,  
LM2595S-12 or LM2595S-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)	2 kV

リード温度	
S パッケージ	
ベークフェーズ (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 LM2595-3.3**

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	LM2595-3.3		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, 0.1A I <sub>LOAD</sub> 1A	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> = 1A	78		%

**電気的特性 LM2595-5.0**

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	LM2595-5.0		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, 0.1A I <sub>LOAD</sub> 1A	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> = 1A	82		%

**電気的特性 LM2595-12**

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	LM2595-12		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, 0.1A I <sub>LOAD</sub> 1A	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> = 1A	90		%

## 電气的特性 LM2595-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	LM2595-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 $V_{IN} = 40V, 0.1A$ $I_{LOAD} = 1A$ $V_{OUT}$ 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	$V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3V, I_{LOAD} = 1A$	78		%

## 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、 $I_{LOAD} = 200mA$  です。

Symbol	Parameter	Conditions	LM2595-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	$I_{OUT} = 1A$ (Note 7)(Note 8)	1	1.2/ <b>1.3</b>	V V(max)
DC	Max Duty Cycle (ON)	(Note 8)	100		%
	Min Duty Cycle (OFF)	(Note 9)	0		
$I_{CL}$	Current Limit	Peak Current (Note 7)(Note 8)	1.5	1.2/ <b>1.15</b> 2.4/ <b>2.6</b>	A A(min) A(max)
$I_L$	Output Leakage Current	Output = 0V (Note 7)(Note 9) and (Note 10)		50	$\mu A$ (max)
		Output = -1V	2	15	mA mA(max)
$I_Q$	Quiescent Current	(Note 9)	5	10	mA mA(max)
				200/ <b>250</b>	$\mu A$ (max)
$I_{STBY}$	Standby Quiescent Current	ON/OFF pin = 5V (OFF) (Note 10)	85		$\mu A$ $\mu A$ (max)
$J_C$	Thermal Resistance	TO-220 or TO-263 Package, Junction to Case	2		/W
$J_A$		TO-220 Package, Junction to Ambient (Note 11)	50		/W
$J_A$		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 12)	50		/W
$J_A$		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 13)	30		/W
$J_A$		TO-263 Package, Junction to Ambient (Note 14)	20		/W
<b>ON/OFF CONTROL</b> Test Circuit Figure 1					
	$\overline{ON}$ /OFF Pin Logic Input		1.3		V
$V_{IH}$	Threshold Voltage	Low (Regulator ON)		<b>0.6</b>	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、 $I_{LOAD} = 200mA$  です。

Symbol	Parameter	Conditions	LM2595-XX		Units (Limits)
			Typ (Note 3)	Limit (Note 4)	

## ON/OFF CONTROL Test Circuit Figure 1

$I_H$	ON/OFF Pin Input Current	$V_{LOGIC} = 2.5V$ (Regulator OFF)	5		$\mu A$
				15	$\mu A(max)$
$I_L$		$V_{LOGIC} = 0.5V$ (Regulator ON)	0.02		$\mu A$
					5

**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。LM2595 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。周波数の減少する量は、過負荷電流により決まります。

**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)。

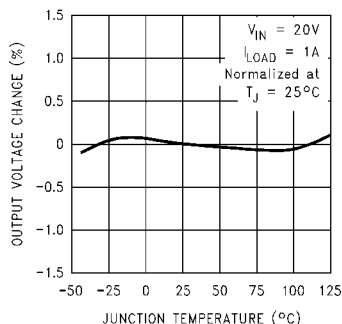
**Note 12:** TO-263 パッケージを 0.5 平方インチ (厚さ 35 $\mu m$ ) の銅エリアを備えた片面のプリント基板にタブをハンダ付けした時の接合部 - 周囲間熱抵抗。

**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。

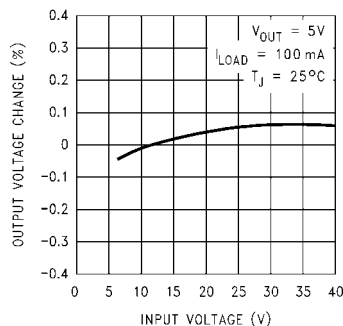
**Note 14:** TO-263 パッケージを LM2595S のサイドに 3 平方インチ (厚さ 35 $\mu m$ ) の銅エリアを備え、反対側に 16 平方インチの銅エリアを備えた両面のプリント基板にタブをハンダ付けした時の接合部 - 周囲間熱抵抗。本データシートへのアプリケーション情報、および「Switchers Made Simple® Ver 4.3」ソフトウェアの熱モデルを参照下さい。

## 代表的な性能特性 (Figure 1 の回路)

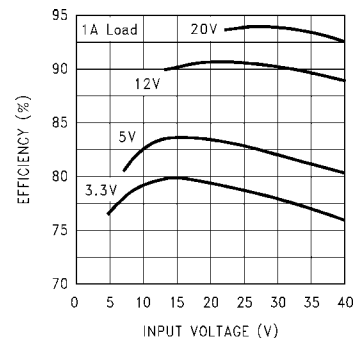
## Normalized Output Voltage



## Line Regulation

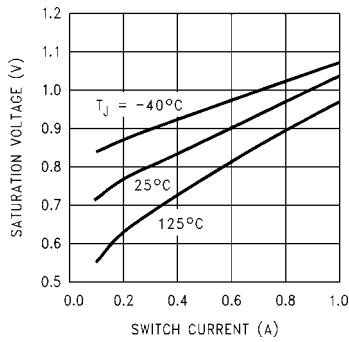


## Efficiency

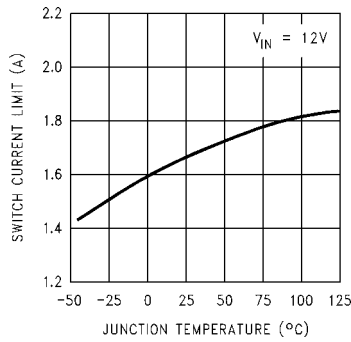


代表的な性能特性 (Figure 1 の回路) (つぎ)

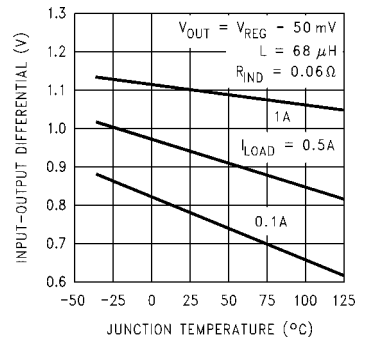
Switch Saturation Voltage



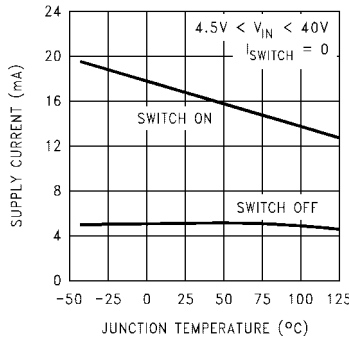
Switch Current Limit



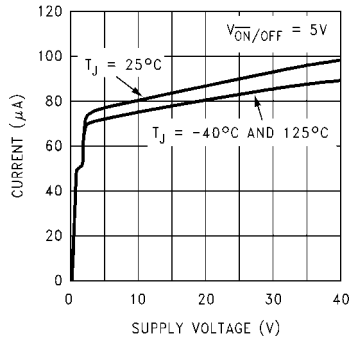
Dropout Voltage



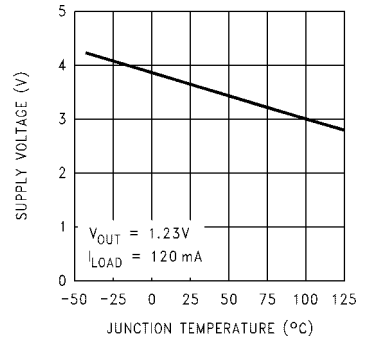
Operating Quiescent Current



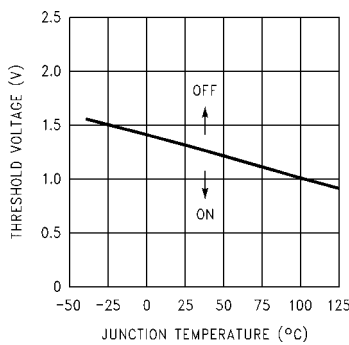
Shutdown Quiescent Current



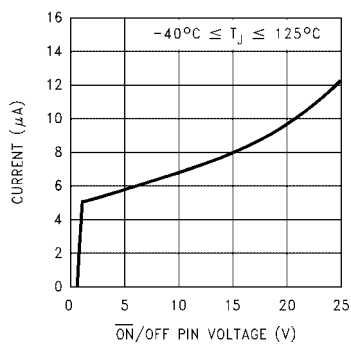
Minimum Operating Supply Voltage



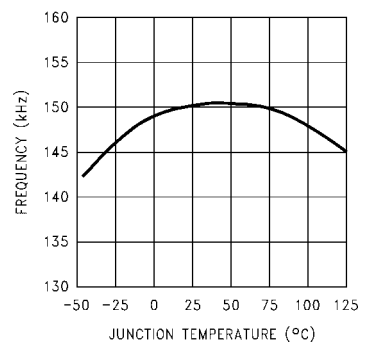
ON /OFF Threshold Voltage



ON /OFF Pin Current (Sinking)

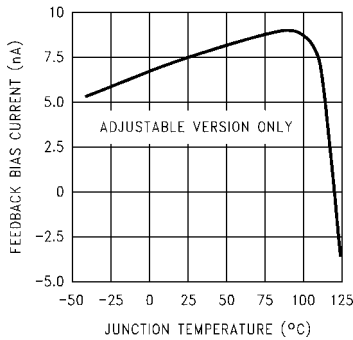


Switching Frequency



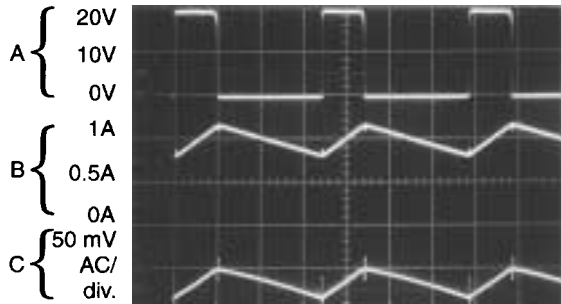
代表的な性能特性 (Figure 1 の回路) (つぎ)

Feedback Pin Bias Current



Continuous Mode Switching Waveforms

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 1A$   
 $L = 68 \mu H, C_{OUT} = 120 \mu F, C_{OUT} ESR = 100 m$

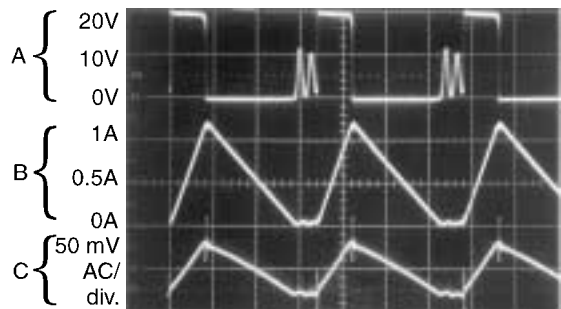


A: Output Pin Voltage, 10V/div.  
 B: Inductor Current 0.5A/div.  
 C: Output Ripple Voltage, 50 mV/div.

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

Discontinuous Mode Switching Waveforms

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 600 mA$   
 $L = 22 \mu H, C_{OUT} = 220 \mu F, C_{OUT} ESR = 50 m$

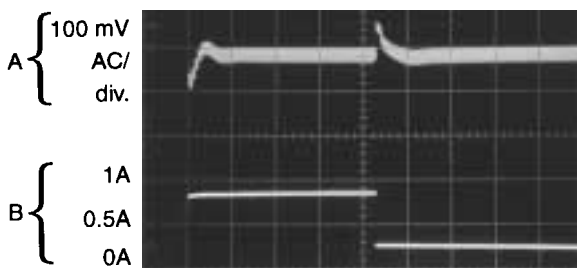


A: Output Pin Voltage, 10V/div.  
 B: Inductor Current 0.5A/div.  
 C: Output Ripple Voltage, 50 mV/div..

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

Load Transient Response for Continuous Mode

$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 250 mA \text{ to } 750 mA$   
 $L = 68 \mu H, C_{OUT} = 120 \mu F, C_{OUT} ESR = 100 m$

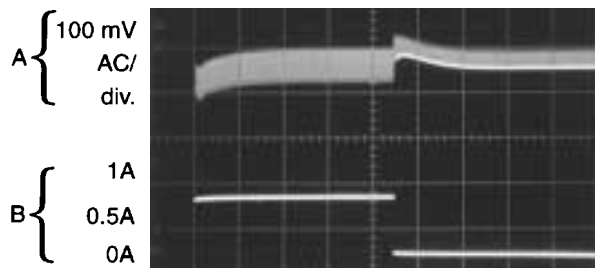


A: Output Voltage, 100 mV/div. (AC)  
 B: 250 mA to 750 mA Load Pulse

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

Load Transient Response for Discontinuous Mode

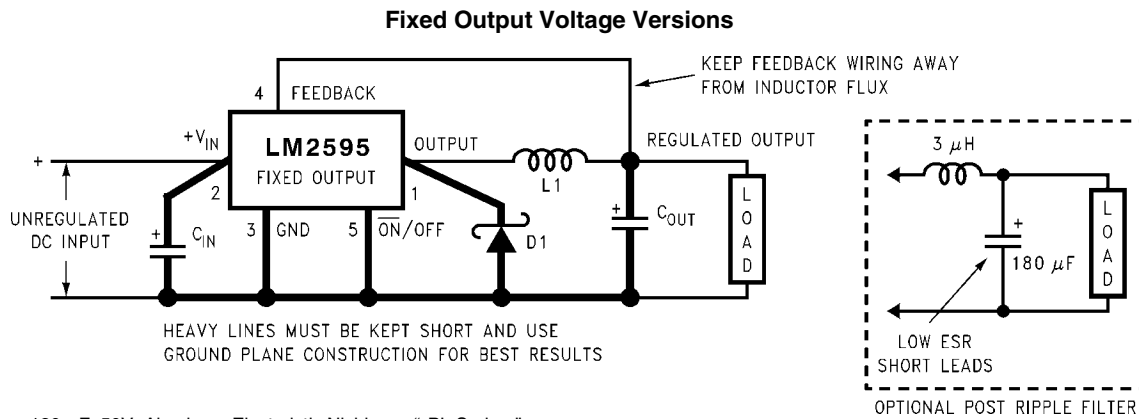
$V_{IN} = 20V, V_{OUT} = 5V, I_{LOAD} = 250 mA \text{ to } 750 mA$   
 $L = 22 \mu H, C_{OUT} = 220 \mu F, C_{OUT} ESR = 50 m$



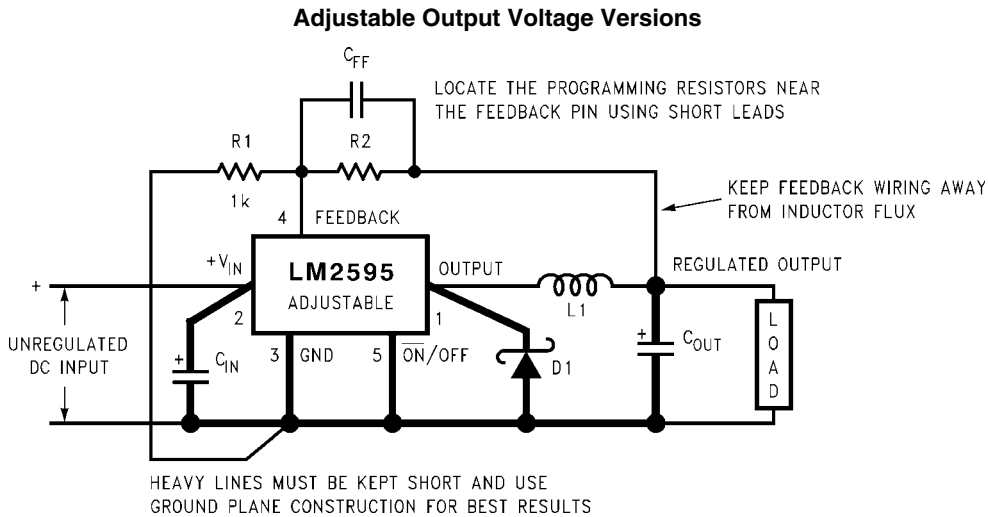
A: Output Voltage, 100 mV/div. (AC)  
 B: 250 mA to 750 mA Load Pulse

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

テスト回路とレイアウトのガイドライン



- C<sub>IN</sub> 120 µF, 50V, Aluminum Electrolytic Nichicon " PL Series "
- C<sub>OUT</sub> 120 µF, 25V Aluminum Electrolytic, Nichicon " PL Series "
- D1 3A, 40V Schottky Rectifier, 1N5822
- L1 100 µH, L29



$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{ただし } V_{REF} = 1.23V$$

$$R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) \quad R_1 \text{は約 } 1k\Omega \text{ を選択。} \\ 1\% \text{抵抗を使用すると安定性が最大。}$$

- C<sub>IN</sub> 120 µF, 50V, Aluminum Electrolytic Nichicon " PL Series "
- C<sub>OUT</sub> 120 µF, 25V Aluminum Electrolytic, Nichicon " PL Series "
- D1 3A, 40V Schottky Rectifier, 1N5822
- L1 100 µH, L29
- R<sub>1</sub> 1k , 1%
- C<sub>FF</sub> See Application Information Section

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、問題となることがあります。インダクタンスとグランド・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敏感なフィードバックや、ICのグランド経路や、C<sub>OUT</sub>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、特に注意を払って下さい。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、アプリケーションセクションを参照して下さい。)

## LM2595 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><b>与式 :</b></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><b>A.</b> 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、可変タイプのデザイン手順を参照して下さい。</p> <p><b>B.</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><b>C.</b> 適当なインダクタを、Figure 8 に示す 4 つのメーカ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><b>A.</b> 多くのアプリケーションでは、47<math>\mu</math>F から 330<math>\mu</math>F の低 ESR ( 等価直列抵抗 ) タイプ電解コンデンサや 56<math>\mu</math>F から 270<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パターンを短くして、IC の近くに配置します。330<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><b>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。</b></p> <p><b>B.</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、デザイン用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><b>C.</b> 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押さえるための低 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><b>D.</b> コンピュータ支援設計ソフトウェアについては、<b>Switchers Made Simple</b> (Version 4.3 以降) を参照して下さい。</p>	<p><b>与式 :</b></p> <p><math>V_{OUT} = 5V</math></p> <p><math>V_{IN(Max)} = 12V</math></p> <p><math>I_{LOAD(Max)} = 1A</math></p> <p><b>1. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p><b>A.</b> 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>B.</b> Figure 5 のインダクタ値選択ガイドから、12V の線と 1A の線が交差する領域 68<math>\mu</math>H と L30 が得られます。</p> <p><b>C.</b> 必要なインダクタンス値は 68<math>\mu</math>H です。Figure 8 の表の L30 の行をたどり、そこに示されているメーカ 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><b>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。</b></p> <p><b>B.</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、1A 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。この行の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 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とメーカ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>220<math>\mu</math>F 25V パナソニック HFQ シリーズ</p> <p>220<math>\mu</math>F 25V ニチコン PL シリーズ</p> <p><b>C.</b> 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% 以下に押さえるには、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>

## LM2595 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><b>A.</b> 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、LM2595 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>B.</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><b>C.</b> 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、LM2595 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 以上のものを選ばなければなりません。コンデンサ・メーカ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的値を示しています。</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>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><b>A.</b> Figure 11 の表を参照して下さい。この例では、3A、20V の 1N5820 ショットキ・ダイオードが最良の特性をもたらし、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、入力の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 (1.5 × V<sub>IN</sub>) 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、1A の負荷なので、許容リップル定格電流が少なくとも 500mA 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ぶことができます。曲線から、25V 定格で、500mA 以上の許容リップル電流のものを選びます。25V で 180μF または 220μF コンデンサを使うことができます。</p> <p>スルーホール設計では、220μF/25V 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うことができます。</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>

## LM2595 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	1	5	22	L24	330/16	330/16	220/10	330/10
		7	33	L23	270/25	270/25	220/10	270/10
		10	47	L31	220/25	220/35	220/10	220/10
		40	68	L30	180/35	220/35	220/10	180/10
	0.5	6	47	L13	220/25	220/16	220/10	220/10
		10	68	L21	150/35	150/25	100/16	150/16
5	1	8	33	L28	330/16	330/16	220/10	270/10
		10	47	L31	220/25	220/25	220/10	220/10
		15	68	L30	180/35	180/35	220/10	150/16
		40	100	L29	180/35	120/35	100/16	120/16
	0.5	9	68	L21	180/16	180/16	220/10	150/16
		20	150	L19	120/25	1200/25	100/16	100/20
		40	150	L19	100/25	100/25	68/20	68/25
12	1	15	47	L31	220/25	220/25	68/20	120/20
		18	68	L30	180/35	120/25	68/20	120/20
		30	150	L36	82/25	82/25	68/20	100/20
		40	220	L35	82/25	82/25	68/20	68/25
	0.5	15	68	L21	180/25	180/25	68/20	120/20
		20	150	L19	82/25	82/25	68/20	100/20
		40	330	L26	56/25	56/25	68/20	68/25

FIGURE 2. LM2595 Fixed Voltage Quick Design Component Selection Table

## LM2595 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>与式:</p> <p><math>V_{OUT}</math> = 出力電圧</p> <p><math>V_{IN(Max)}</math> = 最大入力電圧</p> <p><math>I_{LOAD(Max)}</math> = 最大負荷電流</p> <p>F = スイッチング周波数 (150kHz で固定)</p> <p>1. 出力電圧のプログラミング (<math>R_1</math> と <math>R_2</math> を選択 Figure 1 参照)</p> <p>次式を使って、適当な抵抗値を選択します。</p> $V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad \text{ここで } V_{REF} = 1.23V$ <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・ピンでひろ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たいする安定した精度を得るために、1%の金属皮膜抵抗を使って下さい。)</p> $R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$	<p>与式:</p> <p><math>V_{OUT} = 20V</math></p> <p><math>V_{IN(Max)} = 28V</math></p> <p><math>I_{LOAD(Max)} = 1A</math></p> <p>F = スイッチング周波数 (150kHz で固定)</p> <p>1. 出力電圧のプログラミング (<math>R_1</math> と <math>R_2</math> を選択 Figure 1 参照)</p> <p>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。  <math>R_2 = 15.4k</math>。</p>

## LM2595 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>2. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p>A. 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>ここで、<math>V_{SAT}</math> = 内部スイッチ飽和電圧 = 1V  <math>V_D</math> = ダイオードの順方向電圧降下 = 0.5V</p> <p>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>C. 横軸上から、最大負荷電流を選びます。</p> <p>D. <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、インダクタンスの値とインダクタ・コード (LXX) を選択します。</p> <p>E. 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>2. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p>A. 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> $E \cdot T = (28 - 20 - 1) \cdot \frac{20 + 0.5}{28 - 1 + 0.5} \cdot \frac{1000}{150} (V \cdot \mu s)$ $E \cdot T = (7) \cdot \frac{20.5}{27.5} \cdot 6.67 (V \cdot \mu s) = 34.8 (V \cdot \mu s)$ <p>B. <math>E \cdot T = 34.8 (V \cdot \mu s)</math></p> <p>C. <math>I_{LOAD}(\text{Max}) = 1A</math></p> <p>D. Figure 7 のインダクタ値の選択ガイドから、縦軸 35 (<math>V \cdot \mu s</math>) と横軸 1A が交差する領域から、100 <math>\mu H</math> と、インダクタ・コード L29 が得られます。</p> <p>E. Figure 8 の表から、L29 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>
<p><b>3. 出力コンデンサの選択 (<math>C_{OUT}</math>)</b></p> <p>A. 多くのアプリケーションでは、47 <math>\mu F</math> から 330 <math>\mu F</math> のあいだの、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 の近くに配置します。330 <math>\mu F</math> より先大きなコンデンサは使わないで下さい。詳しくは、<b>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。</b></p> <p>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>C. 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押さえるための低 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>3. 出力コンデンサの選択 (<math>C_{OUT}</math>)</b></p> <p>A. アプリケーション情報の <math>C_{OUT}</math> の項を参照して下さい。</p> <p>B. Figure 3 のデザイン早見表から、出力電圧の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 つのメーカから、スレーホールの電解コンデンサと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、いくつかのメーカから、スレ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>82 <math>\mu F</math>/35V パナソニック HFQ シリーズ        82 <math>\mu F</math>/35V ニチコン PL シリーズ</p> <p>C. 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。出力リプル電圧をもっと低くする必要があるときは、50V 定格のものを使うこともできますが、35V 定格のものを選びました。</p> <p>コンデンサの仕様 (特に 100kHz での ESR) が表の製品と近い場合、他のメーカの、あるいは、他のタイプのコンデンサを使うこともできます。これに関しては、コンデンサ・メーカ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 (<math>C_{FF}</math>)</b> (Figure 1 を参照)</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。50pF ~ 10nF の間の補償コンデンサを、出力電圧設定用抵抗 <math>R_2</math> と並列に、接続します。これにより、高出力電圧、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な、非常に低い ESR の出力コンデンサの場合に、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>4. フィードフォワード・コンデンサ (<math>C_{FF}</math>)</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・コンデンサの値が示してあります。この例では、1nF のコンデンサを選択します。</p>

## LM2595 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><b>A.</b> 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、LM2595 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>B.</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 倍なければなりません。</p> <p><b>C.</b> 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、LM2595 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>5. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p><b>A.</b> 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、3A、40V の 1N5822 ショットキ・ダイオードを選ぶとよいでしょう。3A 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 (<math>C_{IN}</math>)</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 以上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>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、<math>V_{IN}</math> ピンに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>6. 入力コンデンサ (<math>C_{IN}</math>)</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。入力電圧が 28V のとき、定格電圧が 42V (<math>1.5 \times V_{IN}</math>) 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。 (<math>1.5 \times V_{IN}</math>) のコンデンサ定格電圧はマージンを持たせた値なので、必要があれば変更することは可能です。</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、1A の負荷なので、許容リップル定格電流が少なくとも 500mA 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ぶことができます。曲線から、50V の定格で、500mA 以上の許容リップル電流のものを選びます。100<math>\mu</math>F か 120<math>\mu</math>F で、50V のコンデンサを使うことができます。</p> <p>スルーホール・デザインの設計では、120<math>\mu</math>F/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うことができます。</p> <p>表面実装の設計では、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> <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 用の (3.5 インチ) ディスケットで入手できます。また URL からダウンロードも可能です (<a href="http://www.national.com/appinfo/power/index.html">http://www.national.com/appinfo/power/index.html</a>)。</p>

LM2595 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 Electrolytic Output Capacitor			Surface Mount Tantalum 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
1.2	330/50	330/50	0	330/6.3	330/6.3	0
4	220/25	220/25	4.7 nF	220/10	220/10	4.7 nF
6	220/25	220/25	3.3 nF	220/10	220/10	3.3 nF
9	180/25	180/25	1.5 nF	100/16	180/16	1.5 nF
12	120/25	120/25	1.5 nF	68/20	120/20	1.5 nF
15	120/25	120/25	1.5 nF	68/20	100/20	1.5 nF
24	82/35	82/35	1 nF	33/25	33/35	220 pF
28	82/50	82/50	1 nF	10/35	33/35	220 pF

FIGURE 3. Output Capacitor and Feedforward Capacitor Selection Table

LM2595 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 )

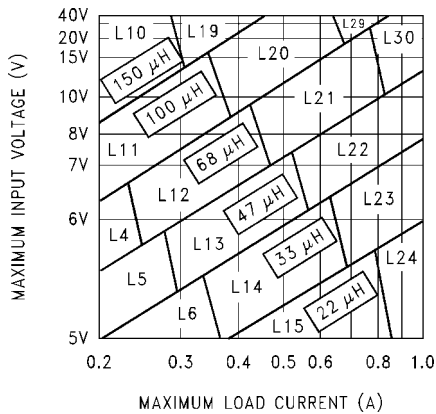


FIGURE 4. LM2595-3.3

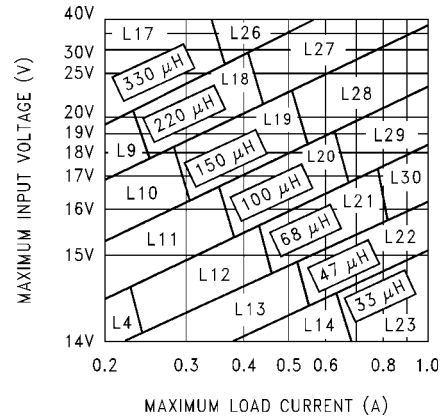


FIGURE 6. LM2595-12

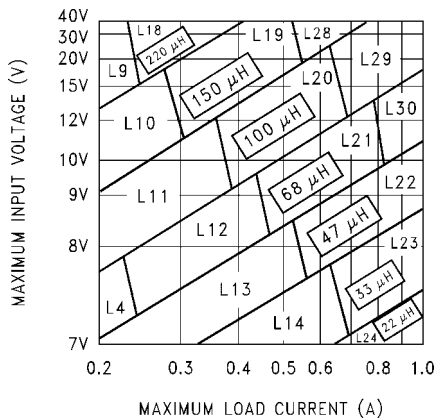


FIGURE 5. LM2595-5.0

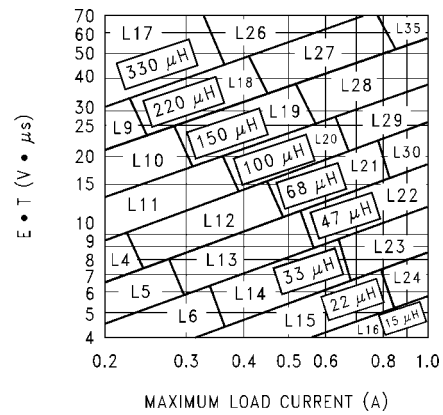


FIGURE 7. LM2595-ADJ

## LM2595 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)	Renco		Pulse Engineering		Coilcraft
			Through Hole	Surface Mount	Through Hole	Surface Mount	Surface Mount
L4	68	0.32	RL-1284-68-43	RL1500-68	PE-53804	PE-53804-S	DO1608-68
L5	47	0.37	RL-1284-47-43	RL1500-47	PE-53805	PE-53805-S	DO1608-473
L6	33	0.44	RL-1284-33-43	RL1500-33	PE-53806	PE-53806-S	DO1608-333
L9	220	0.32	RL-5470-3	RL1500-220	PE-53809	PE-53809-S	DO3308-224
L10	150	0.39	RL-5470-4	RL1500-150	PE-53810	PE-53810-S	DO3308-154
L11	100	0.48	RL-5470-5	RL1500-100	PE-53811	PE-53811-S	DO3308-104
L12	68	0.58	RL-5470-6	RL1500-68	PE-53812	PE-53812-S	DO3308-683
L13	47	0.70	RL-5470-7	RL1500-47	PE-53813	PE-53813-S	DO3308-473
L14	33	0.83	RL-1284-33-43	RL1500-33	PE-53814	PE-53814-S	DO3308-333
L15	22	0.99	RL-1284-22-43	RL1500-22	PE-53815	PE-53815-S	DO3308-223
L16	15	1.24	RL-1284-15-43	RL1500-15	PE-53816	PE-53816-S	DO3308-153
L17	330	0.42	RL-5471-1	RL1500-330	PE-53817	PE-53817-S	DO3316-334
L18	220	0.55	RL-5471-2	RL1500-220	PE-53818	PE-53818-S	DO3316-224
L19	150	0.66	RL-5471-3	RL1500-150	PE-53819	PE-53819-S	DO3316-154
L20	100	0.82	RL-5471-4	RL1500-100	PE-53820	PE-53820-S	DO3316-104
L21	68	0.99	RL-5471-5	RL1500-68	PE-53821	PE-53821-S	DO3316-683
L22	47	1.17	RL-5471-6		PE-53822	PE-53822-S	DO3316-473
L23	33	1.40	RL-5471-7		PE-53823	PE-53823-S	DO3316-333
L24	22	1.70	RL-1283-22-43		PE-53824	PE-53824-S	DO3316-223
L26	330	0.80	RL-5471-1		PE-53826	PE-53826-S	DO5022P-334
L27	220	1.00	RL-5471-2		PE-53827	PE-53827-S	DO5022P-224
L28	150	1.20	RL-5471-3		PE-53828	PE-53828-S	DO5022P-154
L29	100	1.47	RL-5471-4		PE-53829	PE-53829-S	DO5022P-104
L30	68	1.78	RL-5471-5		PE-53830	PE-53830-S	DO5022P-683
L35	47	2.15	RL-5473-1		PE-53935	PE-53935-S	

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

FIGURE 9. Inductor Manufacturers Phone Numbers

LM2595 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	1A Diodes				3A 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	SK12	All of these diodes are rated to at least 50V.	1N5817	All of these diodes are rated to at least 50V.		All of these diodes are rated to at least 50V.	1N5820	All of these diodes are rated to at least 50V.			
			SR102		SK32		SR302				
30V	SK13				1N5818					1N5821	
	MBRS130				SR103				SK33	MBR330	
40V	SK14					31DQ03					
	MBRS140	MURS120		MUR120		1N5822					
	10BQ040				SK34	SR304					
	10MQ040				SR104	MBRS340	MBR340				
			11DQ04		30WQ04	MURS320	31DQ04	MUR320			
50V or More	MBRS160	10BF10	SR105		SK35	30WF10	SR305	30WF10			
	10BQ050		MBR150		MBR360	MBR350					
	10MQ060		11DQ05		30WQ05	31DQ05					

FIGURE 11. Diode Selection Table

## ブロック図

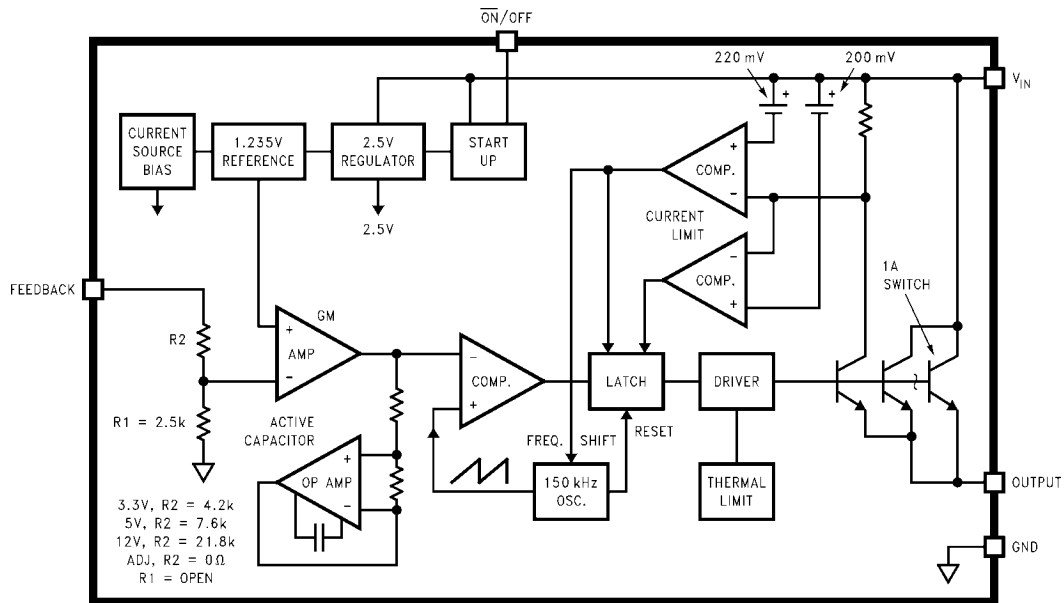


FIGURE 12.

## アプリケーション情報

## ピン機能

**+V<sub>IN</sub>** スイッチング・レギュレータICの、正電源ピン。トランジエント電圧の抑制と、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。

**Ground** グランド。

**Output** 内部スイッチ。この端子の電圧は、(+ V<sub>IN</sub> - V<sub>SAT</sub>)と約 - 0.5Vのあいだを、約 V<sub>OUT</sub>/V<sub>IN</sub>のデューティ・サイクルで、切り換わります。敏感な回路部分とのカップリングを押さえるため、この端子に接続する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。

**Feedback** 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 85μAに落とすことができます。このピンを約 1.3Vのスレッシュホールド電圧以下にすると、レギュレータはオンし、1.3Vより先上に(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な場合は、ON/OFFピンをグラウンド・ピンに結線しておくことができます。この場合、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・ピンのあいだに低 ESR のアルミまたはタンタルのバイパス・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エントを抑制し、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(バック)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すことができます。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<sub>A</sub> = 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、物理的に大きく、したがって、より多くの熱を周囲の空気へ発散することができ、そのため、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のものを選択することが、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のものが、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。

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。

## アプリケーション情報 (つづき)

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、小数ですが、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。もちろん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、この潜在的問題を押さえています。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がインダクタを挿入して、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でしょう。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)

$C_{FF}$  出力電圧が 10V より大きいか、あるいは  $C_{OUT}$  の ESR が非常に低いとき、Figure 1 の R2 の両端にフィードフォワード・コンデンサ  $C_{FF}$  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。 $C_{FF}$  の選択は、デザイン手順を参照して下さい。

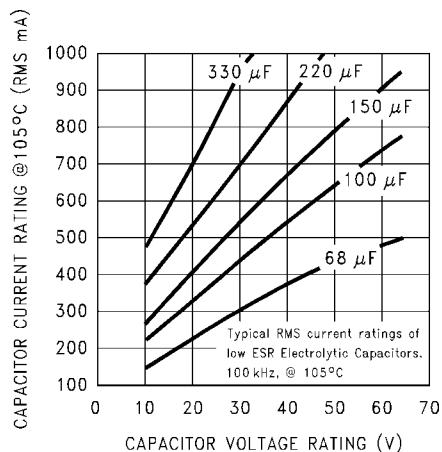


FIGURE 13. RMS Current Ratings for Low ESR Electrolytic Capacitors (Typical)

### 出力コンデンサ

$C_{OUT}$  出力をフィルタし、レギュレータのループを安定化させるため、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か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。低出力リップル電圧には、低い ESR のものが必要です。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)、出力リップル電圧トランジェントのセクションを参照し、外部リップルフィルターを検討して下さい。

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は、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だけで、要求を満たしてしまうことがあります。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、- 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 以下で使用する場合推奨します。

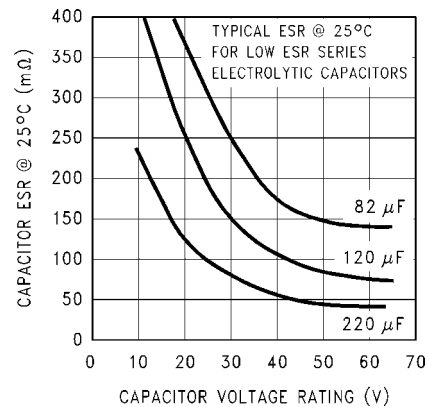


FIGURE 14. Capacitor ESR vs Capacitor Voltage Rating (Typical Low ESR Electrolytic Capacitor)

### 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、LM2595 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、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。

## アプリケーション情報 (つづき)

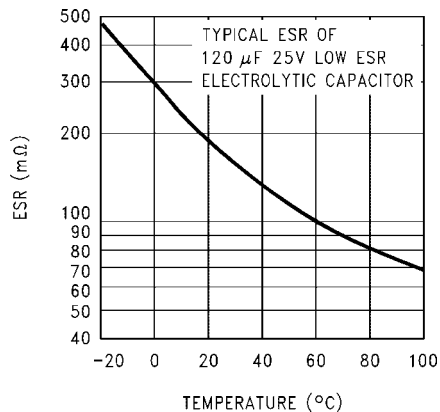


FIGURE 15. Capacitor ESR Change vs Temperature

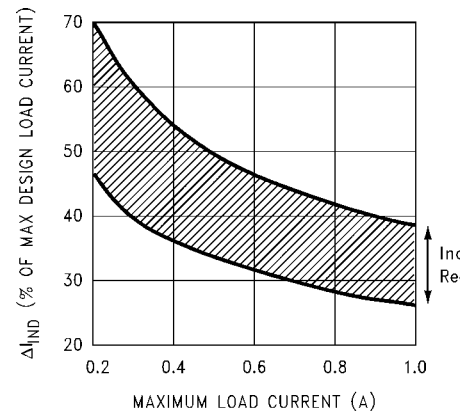
## インダクタの選択

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ということにあります。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、不連続モード動作します。

LM2595(あるいは、シンプル・スイッチャ・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ています。異なる負荷電流を選択する際、インダクタ電流のピーク・ツー・ピーク電流の比率を変更することが出来ます。(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・ボビンにワイヤが巻いてあります。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、ノイズに敏感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たりすることがあります。オープン・コア・インダクタのセクションも参照して下さい。

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)を使って下さい。

選択チャートに載っているインダクタには、Schott社のフェライト型コア、Renco社とCoilcraft社のフェライト・ボビン・コア、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。このことで、スイッチ電流の急激な上昇で、スイッチに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、LM2595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の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 (400mA 以下) が小さいので、最大スイッチ電流は電流制限値を越えません。

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ります。(「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、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、問題とはなりません。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。もし必要であれば、シリーズの RC をインダクタと並列につないで、リングングを減少させることができます。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、不連続モードの設計に対応しています。

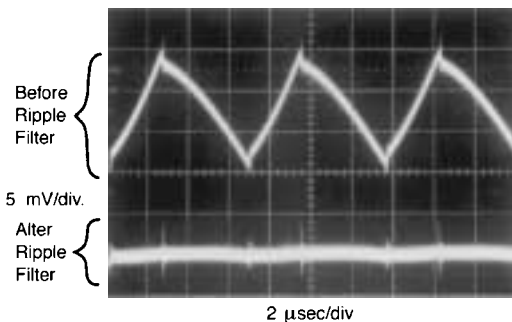


FIGURE 17. Post Ripple Filter Waveform

### 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% 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 1μH から 5μH で、DC 抵抗の低いものが重要です。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・メーカーの多くは、特殊なプローブ・ターミナルを用意しており、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のところにハンダ付けします。これにより、プローブのグランドが非常に短くなり、プローブが通常もっている 3 インチのグランド・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、出力コンデンサの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押さえるには、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。スコープ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。

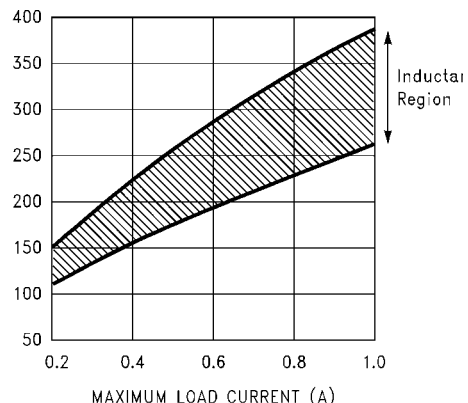


FIGURE 18. Peak-to-Peak Inductor Ripple Current vs Load Current

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・ピークの  $I_{IND}$  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ぶと、ピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流をただちに決められます。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)。

## アプリケーション情報 (つづき)

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。

以下の例について考えてみます。

$$V_{OUT} = 5V, 800mA \text{ の最大負荷電流}$$

$$V_{IN} = 12V, 10V \text{ から } 14V \text{ まで変化}$$

Figure 5 の選択ガイドで、0.8A の負荷と、12V の入力電圧が変わるのは、68 $\mu$ H のインダクタ領域です。68 $\mu$ H のインダクタは、最大負荷電流のある一定の割合のピーク・ツー・ピーク電流 ( $I_{IND}$ ) を流します。Figure 18 より、0.8A 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 ( $I_{IND}$ ) を読み取ることが出来ます (約 300mA<sub>p-p</sub>)。

入力電圧が 14V まで上がると、インダクタ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、0.8A 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 300mA で、上の境界 (14V 入力) の 340mA から、下の境界 (10V 入力) の 225mA の範囲で変化することが読み取れます。

$I_{IND}$  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することができます。

1. ピークインダクタ又はピーク・スイッチ電流

$$= \left( I_{LOAD} + \frac{\Delta I_{IND}}{2} \right) = \left( 0.8A + \frac{0.30}{2} \right) = 0.95A$$

2. 連続モードでの最小負荷電流

$$= \frac{\Delta I_{IND}}{2} = \frac{0.3}{2} = 0.15A$$

3. 出力リップル電圧 = ( $I_{IND}$ )  $\times$  ( $C_{OUT}$  の ESR)

$$= 0.30A \times 0.16 = 48 \text{ mV p-p}$$

4.  $C_{OUT}$  の ESR

$$= \frac{\text{Output Ripple Voltage } (\Delta V_{OUT})}{\Delta I_{IND}}$$

$$= \frac{0.048V}{0.30A} = 0.16\Omega$$

## 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。磁場の強さは、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 次側とみなすことができます。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もの電圧が発生することがあり、安定性や出力リップル電圧の問題を起こすことがあります。

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、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を解決できます。IC のグランド、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、インダクタの巻線の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。

## 熱に関する考慮事項

LM2595 は、5 ピンの TO-220(T) と 5 ピンの表面実装 TO-263(S) の 2 種類のパッケージで入手できます。

約 50 までの周囲温度では (出力電圧と負荷電流に依存しますが)、TO-220 パッケージはヒートシンクなしで使えます。Figure 19 の曲線は、様々な入出力電圧に対して、LM2595T の接合部温度が周囲温度からどれだけ上昇するか示しています。これらの曲線のデータは、LM2595T (TO-220 パッケージ) が周囲温度 25 $^{\circ}$ C で (風速 0)、動作させたものです。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、PC ボード上に、あるいは外部にヒートシンクが必要です。

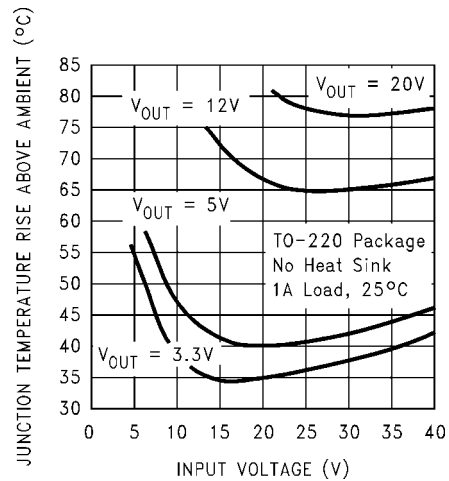
TO-263 表面実装パッケージの金属タブは、PC ボード上の銅パターンにハンダ付けするように設計されています。銅パターンとボードは、この IC と、キャッチ・ダイオードやインダクタのような他の発熱する部品の、ヒートシンクとして働きます。パッケージをハンダ付けする銅パターンの面積は少なくとも 0.4 平方インチ、できれば 2 オンス (70 $\mu$ m) の厚さで 2 平方インチ以上必要です。銅面積をさらに追加すれば熱特性が改善されますが、3 平方インチ以上では、ほとんど変わりません。さらに熱特性を改善する必要があるときは、銅面積の大きな、両面、あるいは多層の PC ボードを使用します。

## アプリケーション情報 (つづき)

Figure 20 の曲線は、1A 負荷のとき、多様な入出力電圧で、LM2595S(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、降圧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くあることに注意しなければなりません。

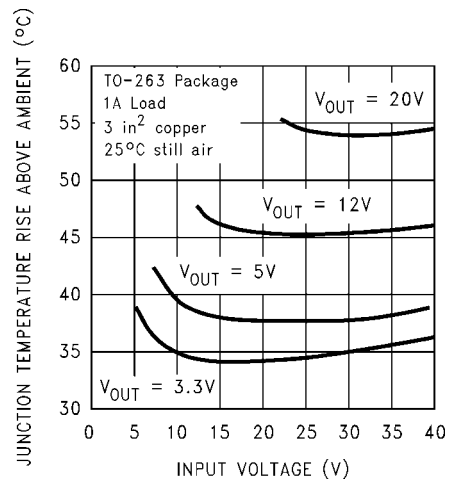
熱拡散を良くするには、ボードのレイアウトで、広い銅パターンを使い、タブは、PC ボードの広い銅に半田付けします。(出力ピン(スイッチ)は例外で、面積の大きなパターンに半田付けしてはいけません)。面積の大きな銅パターンは、熱を周囲の空気へよく伝え(低熱抵抗)、空気の流れはさらに熱抵抗を下げます。

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は、ボード上の他の部品大きさ、数、さらに間隔にも依存します。また、空気が流れているかいないかにも依存します。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、入力電圧により様々に変化します。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, Schott, 68 $\mu$ H
Diode	Through hole, 3A 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, Schott, 68 $\mu$ H
Diode	Surface mount, 3A 40V, Schottky
PC board	3 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)

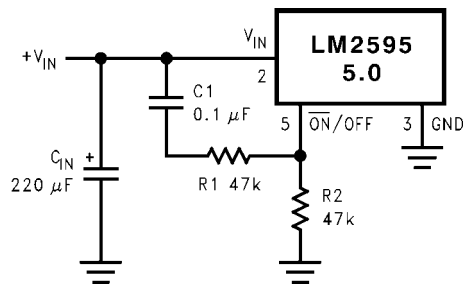


FIGURE 21. Delayed Startup

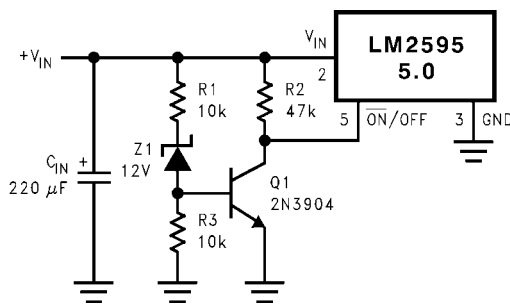


FIGURE 22. Undervoltage Lockout for Buck Regulator

## 遅延スタートアップ

Figure 21 は、 $\overline{\text{ON/OFF}}$  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回路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、 $\overline{\text{ON/OFF}}$  ピンをハイに引き上げ、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、 $R_2$  が  $\overline{\text{ON/OFF}}$  ピンをローに引き下げ、スイッチングの動作を開始します。 $R_1$  は  $\overline{\text{ON/OFF}}$  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。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  $\overline{\text{ON/OFF}}$  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。

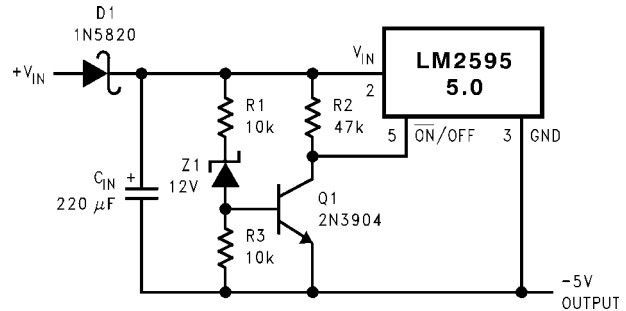
この遅延スタートアップの機能は、入力電源の電流が制限されている場合に役立ちます。レギュレータが動作し始める前に、入力電圧が充分高い電圧になります。バック・レギュレータの場合、入力電圧が高いほど、少ない電流で立ち上がります。

## 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しておくほうが望ましい時があります。バック・レギュレータ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なまず (ツェナー電圧プラス約 1V)。Figure 24 の回路のようになると、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、 $\overline{\text{ON/OFF}}$  ピンの 25V の最大電圧の制限を守るために、 $\overline{\text{ON/OFF}}$  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ことにより動作します。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。



This circuit has an ON/OFF threshold of approximately 13V.

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、LM2595-5.0 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。

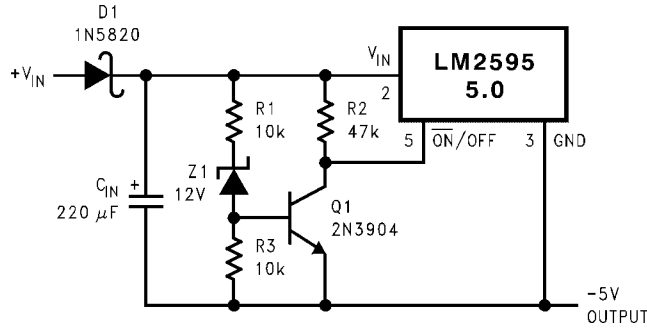
このレギュレータの構成は、入力電圧より大きい出力電圧でも、小さい出力電圧でもつくることができ、最大出力電流は入出力電圧の両方に大きく依存します。Figure 26 の曲線は、異なる入力条件に対して可能な出力電流の関係を示したものです。

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・ピンのあいだには 32V が現れます。LM2595 の最大入力電圧は 40V です。

この構成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、 $C_{IN}$  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・ダイオードを使うことができます。

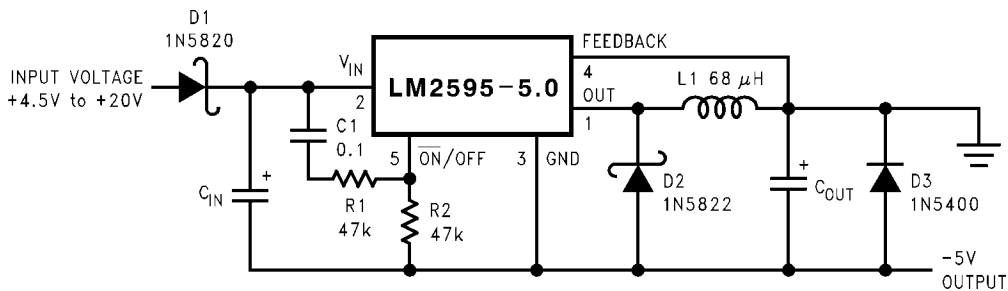
また、D3 のダイオードがない場合、入力電圧が加えられたとき、 $C_{IN}$  の充電電流が、出力を一瞬正側へ引き上げます。D3 を使用すると、出力ダイオード電圧でクランプされます。

アプリケーション情報 (つづき)



This circuit has hysteresis  
 Regulator starts switching at  $V_{IN} = 13V$   
 Regulator stops switching at  $V_{IN} = 8V$

FIGURE 24. Undervoltage Lockout with Hysteresis for Inverting Regulator



$C_{IN}$ : 220  $\mu F$ /25V Tant. Sprague 595D  
 120  $\mu F$ /50V Elec. Panasonic HFQ  
 $C_{OUT}$ : 22  $\mu F$ /20V Tant. Sprague 595D  
 120  $\mu F$ /25V Elec. Panasonic HFQ

FIGURE 25. Inverting -5V Regulator with Delayed Startup

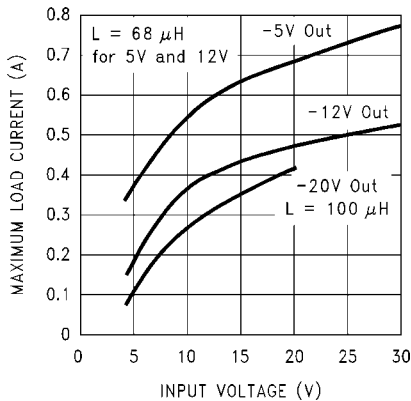


FIGURE 26. Inverting Regulator Typical Load Current

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。多く設計では、68 $\mu H$ 、1.5A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、LM2595の電流制限(約1.5A)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。入力の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に示され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ことにより、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することができます。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することで解決できます。

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 ON/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、グランドを基準 )より下に引き下げ、オフするには1.3Vより先に引き上げます。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。

アプリケーション情報 (つづき)

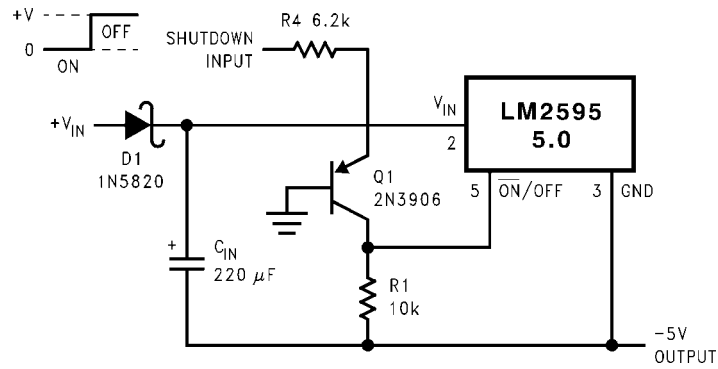


FIGURE 27. Inverting Regulator Ground Referenced Shutdown

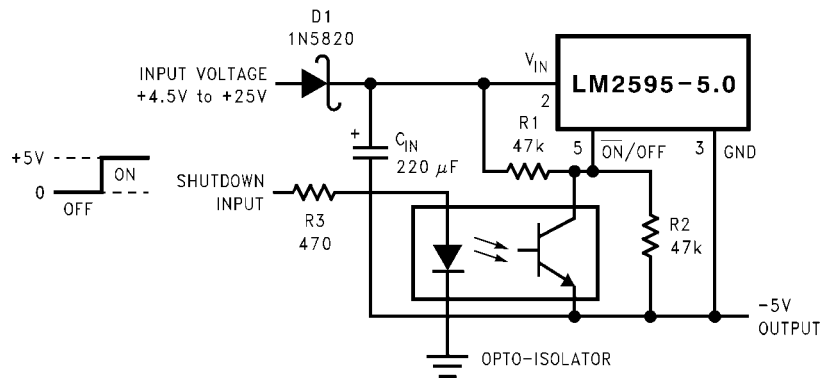
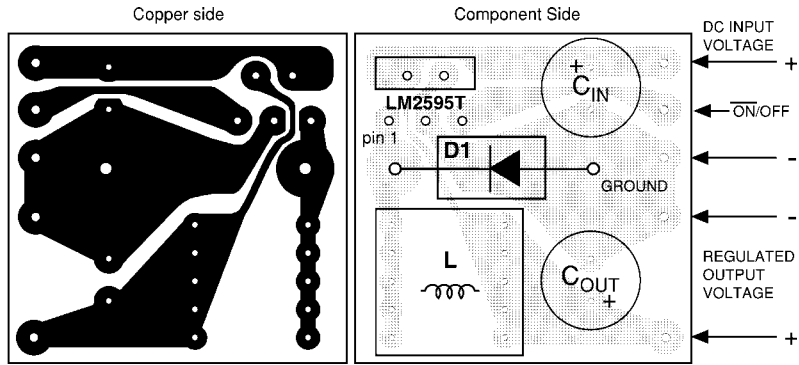


FIGURE 28. Inverting Regulator Ground Referenced Shutdown using Opto Device

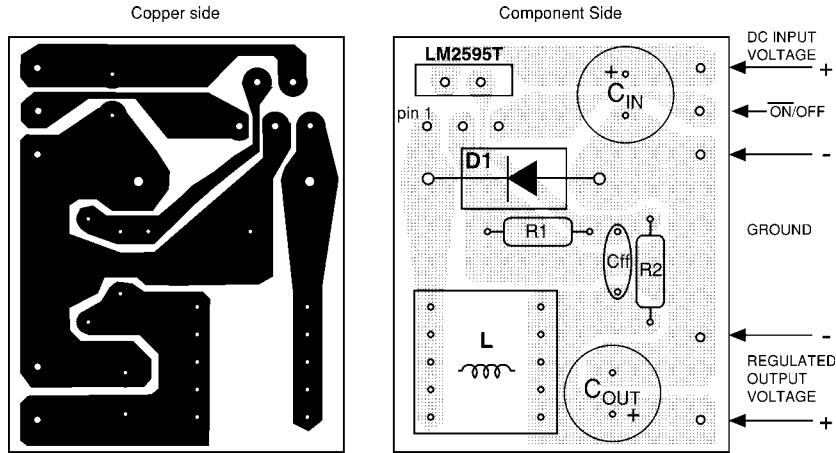
アプリケーション情報 (つづき)

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



$C_{IN}$  - 150  $\mu$ F, 50V, Aluminium Electrolytic Nichicon, " PL series "  
 $C_{OUT}$  - 120  $\mu$ F, 25V Aluminium Electrolytic Nichicon, " PL series "  
 D1 - 3A, 40V Schottky Rectifier, 1N5822  
 L1 - 68  $\mu$ H, L30, Schott, Through hole

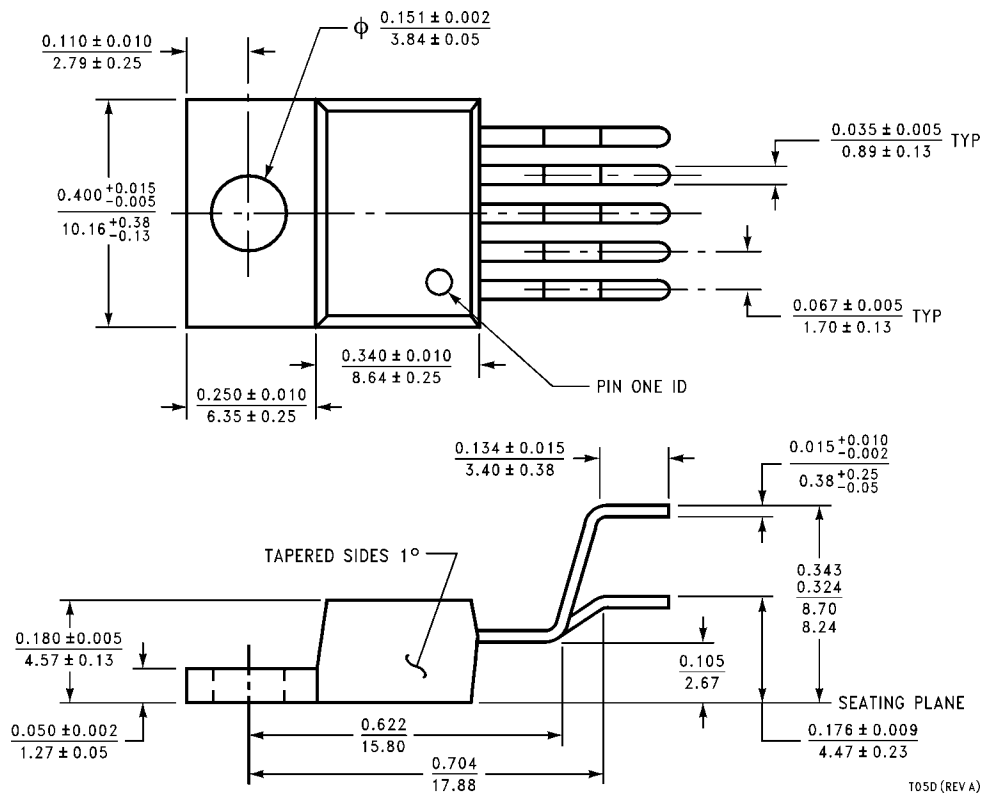
TYPICAL THROUGH HOLE PC BOARD LAYOUT, ADJUSTABLE OUTPUT (1X SIZE)



$C_{IN}$  - 150  $\mu$ F, 50V, Aluminium Electrolytic Nichicon, " PL series "  
 $C_{OUT}$  - 120  $\mu$ F, 25V Aluminium Electrolytic Nichicon, " PL series "  
 D1 - 3A, 40V Schottky Rectifier, 1N5822  
 L1 - 68  $\mu$ H, L30, Schott, Through hole  
 R1 - 1 k , 1%  
 R2 - Use formula in Design Procedure  
 $C_{FF}$  - See Figure 3

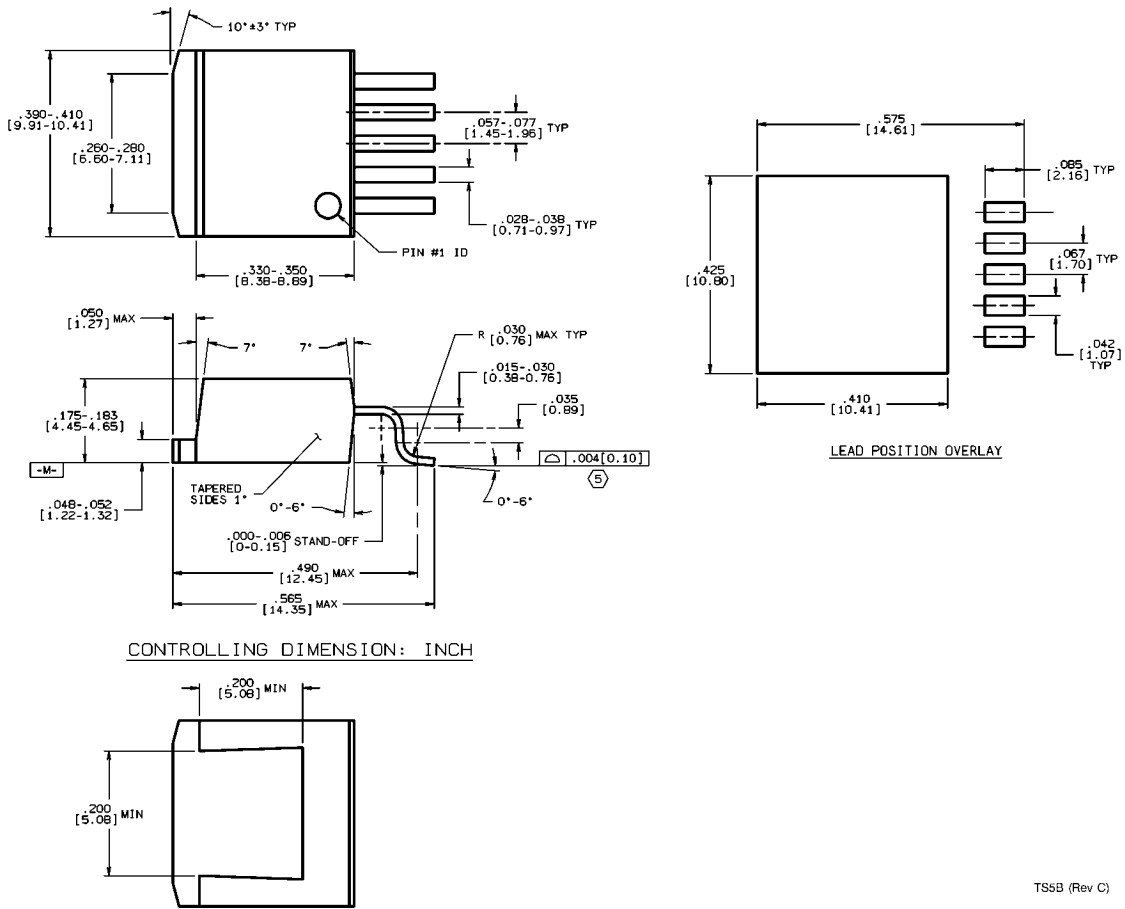
FIGURE 29. PC Board Layout

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



5-Lead TO-220 (T)  
 Order Number LM2595T-3.3, LM2595T-5.0,  
 LM2595T-12 or LM2595T-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 LM2595S-3.3, LM2595S-5.0,  
 LM2595S-12 or LM2595S-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