

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6月

## LM2576/LM2576HV シリーズ SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 3A 降圧型電圧レギュレータ

### 概要

LM2576 シリーズは、降圧型（バック）スイッチング・レギュレータのアクティブ機能のすべてを内蔵したモノリシック集積回路で、3A の負荷を駆動でき、優れたラインおよびロード・レギュレーション能力をもっています。これらのデバイスは、3.3V、5V、12V、15V の固定出力電圧、および可変出力電圧タイプがあります。

外付け部品は必要最小限となっており、これらのレギュレータは使い易く、内部で周波数補償され、固定周波数発振器を内蔵しています。

LM2576 シリーズは、通常の 3 端子リニア・レギュレータに代わる高効率レギュレータです。その高効率によって、ヒートシンクのサイズを大幅に減らすことができます。また、ヒートシンクを必要としない場合もあります。

標準インダクタは、メーカ数社から発売されており、LM2576 シリーズを使用するにあたって最も適当と思われるものを購入することができます。そのため、スイッチング電源の設計が大幅に簡略化されています。

その他の特長としては、規定入力電圧、および出力負荷条件内で  $\pm 4\%$  の出力電圧許容誤差、および  $\pm 10\%$  の発振器周波数許容誤差が保証されています。また外部シャットダウン機能を内蔵しており、50 $\mu$ A（代表値）のスタンバイ電流を実現しています。また、異常条件でも完全に保護動作の保証される熱暴走保護機能およびサイクルごとの電流制限回路も内蔵しています。

### 特長

- 3.3V、5V、12V、15V、および可変出力電圧バージョン
- 可変出力電圧バージョンは 1.23V ~ 37V (HV バージョンは 57V) の出力電圧範囲で、ラインおよび負荷条件に対して最大  $\pm 4\%$  の出力誤差
- 出力電流 3A 保証
- 広入力電圧範囲、40V、HV バージョンでは最大 60V
- 4 個の外付け部品で動作可能
- 52kHz の固定周波数発振器内蔵
- TTL レベルのシャットダウン機能
- ローパワー・スタンバイモード
- 高効率
- 入手が容易な標準インダクタ
- 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
- シリーズ・レギュレータの為の高効率プリレギュレータ
- オンボード・スイッチング・レギュレータ
- 反転型コンバータ（バックブースト）

### 代表的なアプリケーション（固定出力電圧バージョン）

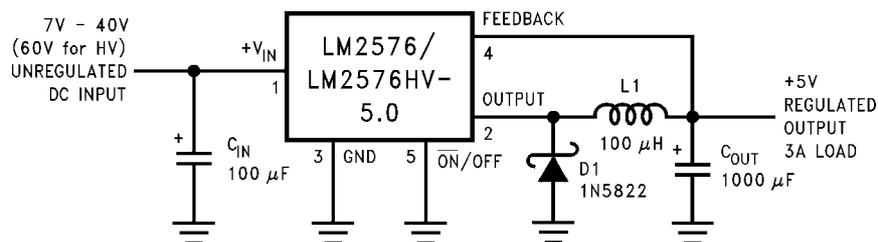
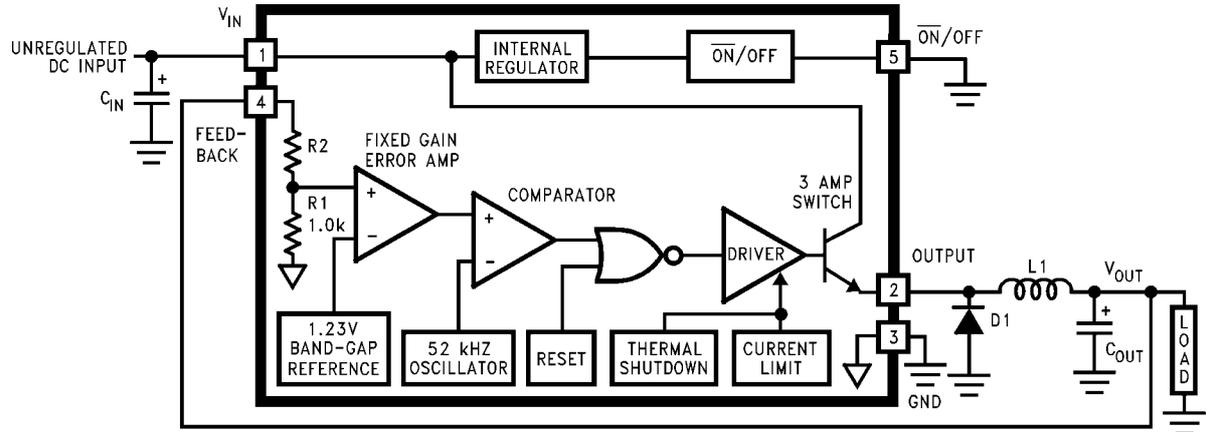


FIGURE 1.

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。

LM2576/LM2576HV シリーズ SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 3A 降圧型電圧レギュレータ

ブロック図



3.3V R2 = 1.7k  
 5V, R2 = 3.1k  
 12V, R2 = 8.84k  
 15V, R2 = 11.3k  
 For ADJ. Version  
 R1 = Open, R2 = 0  
 Patent Pending

製品情報

Temperature Range	Output Voltage					NS Package Number	Package Type
	3.3	5.0	12	15	ADJ		
- 40 125 T <sub>A</sub>	LM2576HVS-3.3	LM2576HVS-5.0	LM2576HVS-12	LM2576HVS-15	LM2576HVS-ADJ	TS5B	TO-263
	LM2576S-3.3	LM2576S-5.0	LM2576S-12	LM2576S-15	LM2576S-ADJ		
	LM2576HVSX-3.3	LM2576HVSX-5.0	LM2576HVSX-12	LM2576HVSX-15	LM2576HVSX-ADJ	TS5B	TO-220
	LM2576SX-3.3	LM2576SX-5.0	LM2576SX-12	LM2576SX-15	LM2576SX-ADJ	Tape & Reel	
	LM2576HVT-3.3	LM2576HVT-5.0	LM2576HVT-12	LM2576HVT-15	LM2576HVT-ADJ	T05A	
	LM2576T-3.3	LM2576T-5.0	LM2576T-12	LM2576T-15	LM2576T-ADJ	T05D	
	LM2576HVT-3.3	LM2576HVT-5.0	LM2576HVT-12	LM2576HVT-15	LM2576HVT-ADJ		
	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	T05D	
	LM2576T-3.3	LM2576T-5.0	LM2576T-12	LM2576T-15	LM2576T-ADJ		
	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03	Flow LB03		

**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。

最小 ESD 耐圧 (C = 100pF, R = 1.5k ) 2 kV  
リード温度 (ハンダ付け、10 秒) 260

## 最大電源電圧

LM2576 45V  
LM2576HV 63V

**動作定格**

## 動作温度範囲

ON/OFF ピン入力電圧 - 0.3V V + V<sub>IN</sub>

LM2576/LM2576HV - 40 T<sub>J</sub> + 125

グラウンドに対する出力電圧  
(定常状態) - 1V

## 電源電圧

消費電力 内部制限

LM2576 40V

保存温度範囲 - 65 ~ + 150

LM2576HV 60V

最大接合部温度 150

**電気的特性 LM2576-3.3、LM2576HV-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	LM2576-3.3 LM2576HV-3.3		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	

**SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2**

V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 0.5A Circuit of Figure 2	3.3	3.234 3.366	V V(Min) V(Max)
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage LM2576	6V V <sub>IN</sub> 40V, 0.5A I <sub>LOAD</sub> 3A Circuit of Figure 2	3.3	3.168/ <b>3.135</b> 3.432/ <b>3.465</b>	V V(Min) V(Max)
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage LM2576HV	6V V <sub>IN</sub> 60V, 0.5A I <sub>LOAD</sub> 3A Circuit of Figure 2	3.3	3.168/ <b>3.135</b> 3.450/ <b>3.482</b>	V V(Min) V(Max)
	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	75		%

**電気的特性 LM2576-5.0、LM2576HV-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	LM2576-5.0 LM2576HV-5.0		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	

**SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2**

V <sub>OUT</sub>	Output Voltage	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 0.5A Circuit of Figure 2	5.0	4.900 5.100	V V(Min) V(Max)
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage LM2576	0.5A I <sub>LOAD</sub> 3A, 8V V <sub>IN</sub> 40V Circuit of Figure 2	5.0	4.800/ <b>4.750</b> 5.200/ <b>5.250</b>	V V(Min) V(Max)
V <sub>OUT</sub>	Output Voltage LM2576HV	0.5A I <sub>LOAD</sub> 3A, 8V V <sub>IN</sub> 60V Circuit of Figure 2	5.0	4.800/ <b>4.750</b> 5.225/ <b>5.275</b>	V V(Min) V(Max)
	Efficiency	V <sub>IN</sub> = 12V, I <sub>LOAD</sub> = 3A	77		%

**電気的特性 LM2576-12、LM2576HV-12**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	LM2576-12 LM2576HV-12		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2</b>					
$V_{OUT}$	Output Voltage	$V_{IN} = 25V, I_{LOAD} = 0.5A$ Circuit of Figure 2	12	11.76 12.24	V V(Min) V(Max)
$V_{OUT}$	Output Voltage LM2576	0.5A $I_{LOAD}$ 3A, 15V $V_{IN}$ 40V Circuit of Figure 2	12	11.52/ <b>11.40</b> 12.48/ <b>12.60</b>	V V(Min) V(Max)
$V_{OUT}$	Output Voltage LM2576HV	0.5A $I_{LOAD}$ 3A, 15V $V_{IN}$ 60V Circuit of Figure 2	12	11.52/ <b>11.40</b> 12.54/ <b>12.66</b>	V V(Min) V(Max)
	Efficiency	$V_{IN} = 15V, I_{LOAD} = 3A$	88		%

**電気的特性 LM2576-15、LM2576HV-15**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	LM2576-15 LM2576HV-15		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2</b>					
$V_{OUT}$	Output Voltage	$V_{IN} = 25V, I_{LOAD} = 0.5A$ Circuit of Figure 2	15	14.70 15.30	V V(Min) V(Max)
$V_{OUT}$	Output Voltage LM2576	0.5A $I_{LOAD}$ 3A, 18V $V_{IN}$ 40V Circuit of Figure 2	15	14.40/ <b>14.25</b> 15.60/ <b>15.75</b>	V V(Min) V(Max)
$V_{OUT}$	Output Voltage LM2576HV	0.5A $I_{LOAD}$ 3A, 18V $V_{IN}$ 60V Circuit of Figure 2	15	14.40/ <b>14.25</b> 15.68/ <b>15.83</b>	V V(Min) V(Max)
	Efficiency	$V_{IN} = 18V, I_{LOAD} = 3A$	88		%

**電気的特性 LM2576-ADJ、LM2576HV-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	LM2576-ADJ LM2576HV-ADJ		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2</b>					
$V_{OUT}$	Feedback Voltage	$V_{IN} = 12V, I_{LOAD} = 0.5A$ $V_{OUT} = 5V$ , Circuit of Figure 2	1.230	1.217 1.243	V V(Min) V(Max)

**電気的特性 LM2576-ADJ、LM2576HV-ADJ (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。**

Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-ADJ LM2576HV-ADJ		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
<b>SYSTEM PARAMETERS (Note 3) Test Circuit Figure 2</b>					
$V_{OUT}$	Feedback Voltage LM2576	0.5A $I_{LOAD}$ 3A, 8V $V_{IN}$ 40V $V_{OUT} = 5V$ , Circuit of Figure 2	1.230	1.193/ <b>1.180</b> 1.267/ <b>1.280</b>	V V(Min) V(Max)
$V_{OUT}$	Feedback Voltage LM2576HV	0.5A $I_{LOAD}$ 3A, 8V $V_{IN}$ 60V $V_{OUT} = 5V$ , Circuit of Figure 2	1.230	1.193/ <b>1.180</b> 1.273/ <b>1.286</b>	V V(Min) V(Max)
	Efficiency	$V_{IN} = 12V$ , $I_{LOAD} = 3A$ , $V_{OUT} = 5V$	77		%

**出力電圧の全タイプの電気的特性**

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  $V_{IN} = 25V$ 、15V バージョンでは  $V_{IN} = 30V$  であり、 $I_{LOAD} = 500mA$  です。

Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-XX LM2576HV-XX		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	
<b>DEVICE PARAMETERS</b>					
$I_b$	Feedback Bias Current	$V_{OUT} = 5V$ (Adjustable Version Only)	50	100/ <b>500</b>	nA
$f_O$	Oscillator Frequency	(Note 11)	52	47/ <b>42</b> 58/ <b>63</b>	kHz kHz (Min) kHz (Max)
$V_{SAT}$	Saturation Voltage	$I_{OUT} = 3A$ (Note 4)	1.4	1.8/ <b>2.0</b>	V V(Max)
DC	Max Duty Cycle (ON)	(Note 5)	98	93	% %(Min)
$I_{CL}$	Current Limit	(Note 4)(Note 11)	5.8	4.2/ <b>3.5</b> 6.9/ <b>7.5</b>	A A(Min) A(Max)
$I_L$	Output Leakage Current	(Note 6)(Note 7): Output = 0V  Output = - 1V Output = - 1V	7.5	2 30	mA(Max) mA mA(Max)
$I_Q$	Quiescent Current	(Note 6)	5	10	mA mA(Max)
$I_{STBY}$	Standby Quiescent Current	ON /OFF Pin = 5V (OFF)	50	200	$\mu A$ $\mu A$ (Max)
$J_A$	Thermal Resistance	T Package, Junction to Ambient (Note 8)	65		/W
$J_A$		T Package, Junction to Ambient (Note 9)	45		
$J_C$		T Package, Junction to Case	2		
$J_A$		S Package, Junction to Ambient (Note 10)	50		

### 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  $V_{IN} = 25V$ 、15V バージョンでは  $V_{IN} = 30V$  であり、 $I_{LOAD} = 500mA$  です。

Symbol	Parameter	Conditions	LM2576-XX LM2576HV-XX		Units (Limits)
			Typ	Limit (Note 2)	

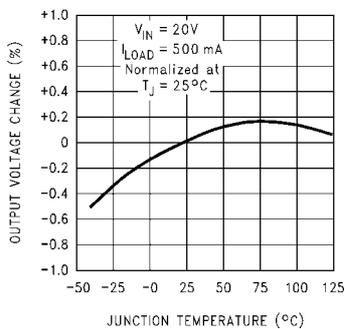
#### ON /OFF CONTROL Test Circuit Figure 2

$V_{IH}$	ON /OFF Pin	$V_{OUT} = 0V$	1.4	2.2/ <b>2.4</b>	V(Min)
$V_{IL}$	Logic Input Level	$V_{OUT} = \text{Nominal Output Voltage}$	1.2	1.0/ <b>0.8</b>	V(Max)
$I_{IH}$	ON /OFF Pin Input Current	ON /OFF Pin = 5V (OFF)	12	30	$\mu A$ $\mu A(\text{Max})$
		ON /OFF Pin = 0V (ON)	0	10	$\mu A$ $\mu A(\text{Max})$

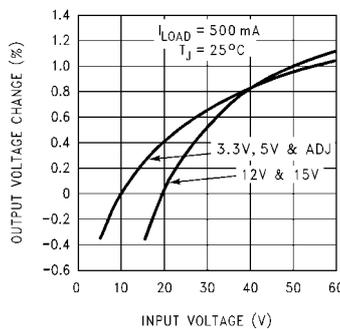
- Note 1:** 絶対最大定格とは、IC に破壊が発生する可能性のある制限値をいいます。動作定格とは IC が動作する条件を示し、特定の性能リミット値を保証するものではありません。保証される仕様および試験条件については、電気的特性を参照下さい。
- Note 2:** 室温におけるリミット値 (標準文字) および全動作温度範囲におけるリミット値 (**太字**) は保証されます。室温におけるリミット値は 100%検査されます。全動作温度範囲におけるリミット値は、標準統計品質管理 (SQC) 手法を用い、相関関係により保証されます。
- Note 3:** キャッチ・ダイオード、インダクタ、入出力コンデンサ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。したがって、LM2576/LM2576HV を Figure 2 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 4:** 出力ピンのソース電流。出力ピンにはダイオード、インダクタまたはコンデンサを接続しません。
- Note 5:** フィードバック・ピンは出力から外し、0V に接続します。
- Note 6:** 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/15V バージョンでは + 25V に接続、出力トランジスタをオフにします。
- Note 7:**  $V_{IN} = 40V$  (高電圧バージョンの場合、60V)。
- Note 8:** 5リード TO-220 パッケージの接合部・周囲間熱抵抗 (外付けヒートシンクなし)。IC ソケットに装着、または最小の銅エリアを備えたプリント基板上に 1/2 インチのリード長で垂直実装。
- Note 9:** 5リード TO-220 パッケージの接合部・周囲間熱抵抗 (外付けヒートシンクなし)。リードを囲む約 4 平方インチの銅エリアを備えたプリント基板上に 1/4 インチのリード長で垂直実装。
- Note 10:** TO-263 パッケージでは、デバイスを PC ボードの銅エリアにハンダ付けする事によって、熱抵抗を下げることができます。0.5 平方インチでは  $J_A = 50$  /W、1 平方インチでは  $J_A = 37$  /W、1.6 平方インチ以上では  $J_A = 32$  /W となります。
- Note 11:** 発振器周波数は出力短絡時あるいは過負荷時に約 11kHz に下がり、その結果、安定出力電圧が公称出力電圧の約 40% に低下します。この自己保護機能により最小デューティ・サイクルを 5% から約 2% に低下させることで、IC の平均消費電力が低下します。

### 代表的な性能特性 (Figure 2 の回路)

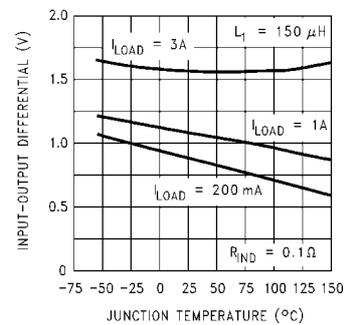
#### Normalized Output Voltage



#### Line Regulation

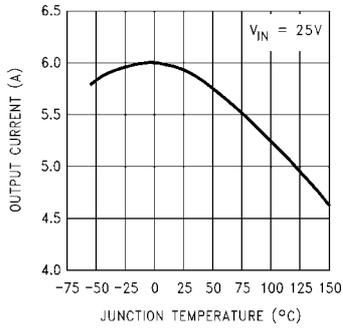


#### Dropout Voltage

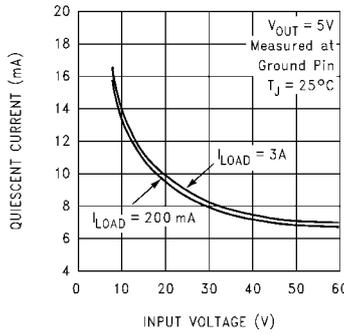


代表的な性能特性 (Figure 2 の回路) (つづき)

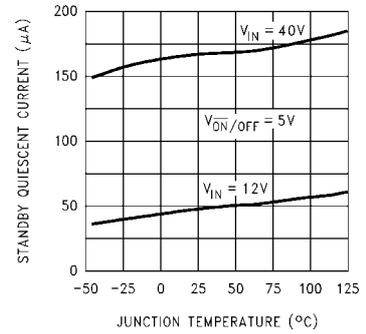
Current Limit



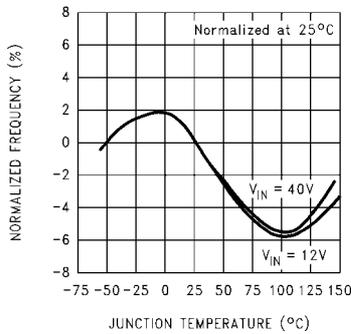
Quiescent Current



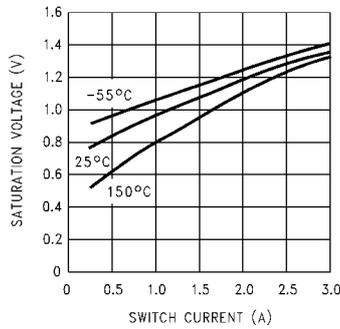
Standby Quiescent Current



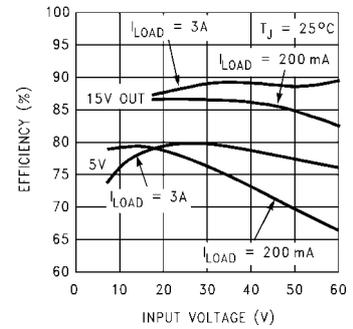
Oscillator Frequency



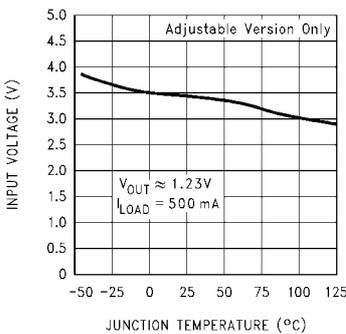
Switch Saturation Voltage



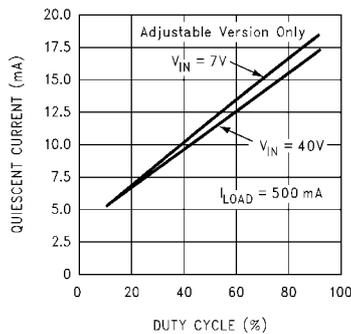
Efficiency



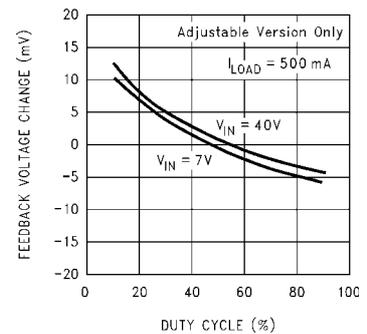
Minimum Operating Voltage



Quiescent Current vs Duty Cycle

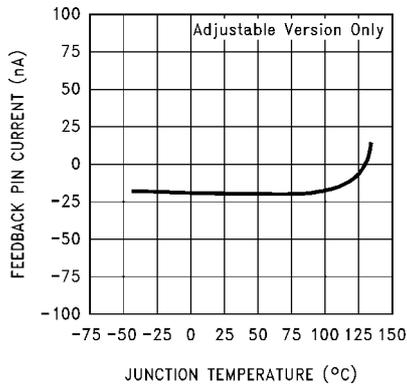


Feedback Voltage vs Duty Cycle

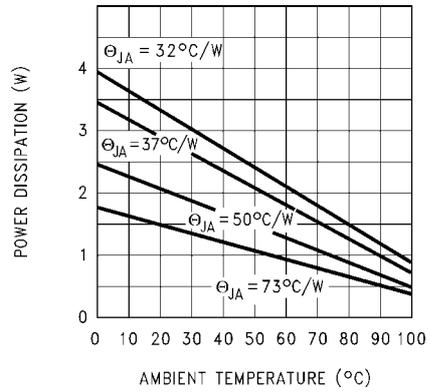


代表的な性能特性 (Figure 2 の回路) (つづき)

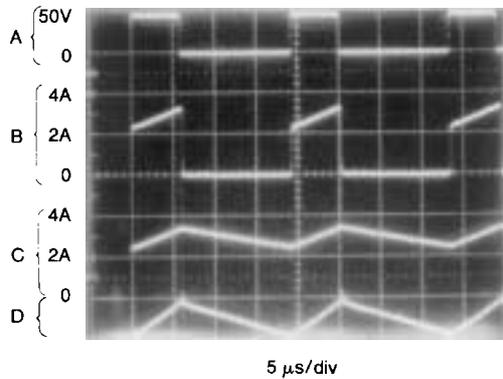
Feedback Pin Current



Maximum Power Dissipation (TO-263) (See Note 10)

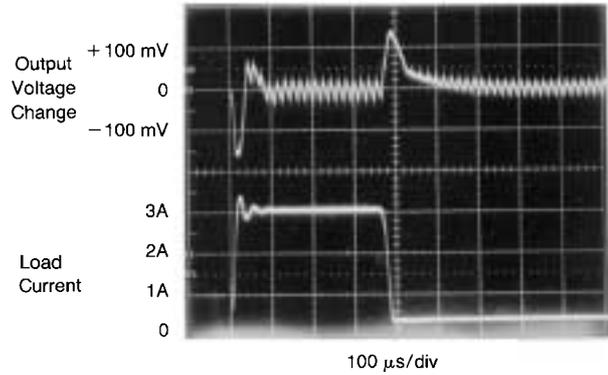


Switching Waveforms



$V_{OUT} = 15V$   
 A: Output Pin Voltage, 50V/div  
 B: Output Pin Current, 2A/div  
 C: Inductor Current, 2A/div  
 D: Output Ripple Voltage, 50 mV/div,  
 AC-Coupled  
**Horizontal Time Base: 5  $\mu\text{s}/\text{div}$**

Load Transient Response

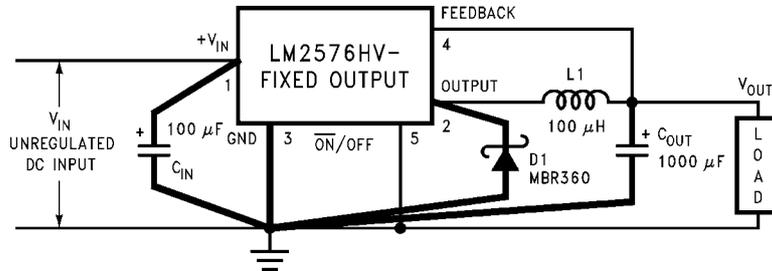


### テスト回路とレイアウトのガイドライン

他のスイッチング・レギュレータと同様に、レイアウトは極めて重要です。配線のインダクタンスに伴う急激なスイッチング電流がトランジェント電圧を発生し、問題を起こすことがあります。インダクタンスおよびグラウンド・ループを最小にするためには、太線で表したリードの長さを出来る限り短くしなければなりません。

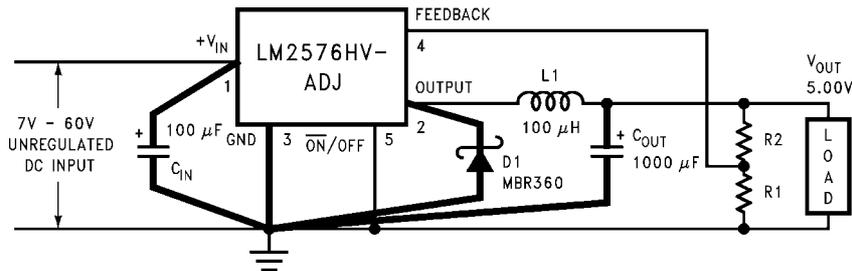
一点接地（図示）するか、グラウンド・プレーンの構成にすることにより、最良の結果が得られます。可変出力電圧タイプを使用するときは、出力の分割抵抗をレギュレータの近くに配置し、フィードバック用の配線パターンを出来る限り短くします。

#### Fixed Output Voltage Versions



- C<sub>IN</sub> — 100 µF, 75V, Aluminum Electrolytic
- C<sub>OUT</sub> — 1000 µF, 25V, Aluminum Electrolytic
- D1 — Schottky, MBR360
- L1 — 100 µH, Pulse Eng. PE-92108
- R1 — 2k, 0.1%
- R2 — 6.12k, 0.1%

#### Adjustable Output Voltage Version



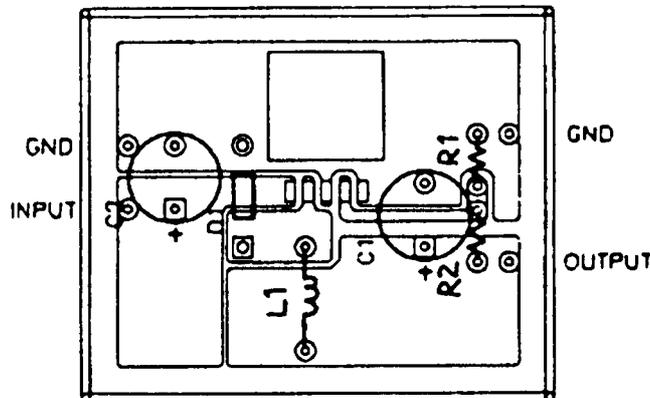
$$V_{OUT} = V_{REF} \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

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

ただし V<sub>REF</sub> = 1.23V, R<sub>1</sub> は、1k ~ 5k.

FIGURE 2.

TO-263 パッケージ、PCB パターン例



\* PD の条件により発熱を考慮し、特に GND 部の面積を増加して下さい。

## LM2576 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順

[ 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、12V、または 15V)</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><b>1. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p><b>A.</b> Figure 3、Figure 4、Figure 5、または Figure 6 から正しいインダクタ値選択チャートを選択します ( 各々、出力電圧 3.3V、5V、12V、または 15V)。他の出力電圧については、可変出力電圧バージョンの設計手順を参照ください。</p> <p><b>B.</b> インダクタ値選択チャートから、<math>V_{IN(Max)}</math> と <math>I_{LOAD(Max)}</math> の交差するインダクタンス領域を求め、そのインダクタ・コードを書き留めます。</p> <p><b>C.</b> インダクタ・コードからインダクタ値を求め、Figure 3 の表から適切なインダクタを選択します。表には、インダクタ・メーカ 3 社の部品番号が記載されています。選択したインダクタは、LM2576 のスイッチング周波数 (52kHz) における動作、および <math>1.15 \times I_{LOAD}</math> に対して定格を満足するものでなければなりません。インダクタの詳細情報については、本データシートのアプリケーション・ヒントのインダクタ・セクションを参照ください。</p> <p><b>2. 出力コンデンサの選択 (<math>C_{OUT}</math>)</b></p> <p><b>A.</b> インダクタと同様に出力コンデンサの値は、スイッチング・レギュレータ・ループにおいて重要です。安定動作と許容可能な出力リップル電圧 ( 出力電圧の約 1%) を得るためには、100<math>\mu</math>F から 470<math>\mu</math>F の数値を推奨します。</p> <p><b>B.</b> コンデンサの定格電圧は、少なくとも出力電圧の 1.5 倍でなくてはなりません。5V のレギュレータには最低 8V の定格が適切であり、10V または 15V の定格を推奨します。</p> <p>高電圧電解コンデンサは一般に ESR 値が低く、そのために回路に最低限必要な電圧より高い定格電圧のコンデンサを選択する必要があります。</p> <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、少なくとも最大負荷電流の 1.2 倍でなくてはなりません。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は、ダイオード定格電流は LM2576 の最大定格電流のリミット値と同じでなくてはなりません。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>B.</b> ダイオードの定格逆電圧は、少なくとも最大入力電圧の 1.25 倍でなくてはなりません。</p> <p><b>4. 入力コンデンサ (<math>C_{IN}</math>)</b></p> <p>レギュレータの近くに配置されたアルミニウムまたはタンタル電解バイパス・コンデンサは、安定動作のために必要です。</p>	<p><b>与式 :</b></p> <p><math>V_{OUT}</math> = 5V</p> <p><math>V_{IN(Max)}</math> = 15V</p> <p><math>I_{LOAD(Max)}</math> = 3A</p> <p><b>1. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p><b>A.</b> Figure 4 に示す選択チャートを使用します。</p> <p><b>B.</b> 選択チャートから、15V のラインと、3A のラインの交差するインダクタンス領域は L100 です。</p> <p><b>C.</b> 要求されるインダクタ値は 100<math>\mu</math>H です。Figure 3 の表、AIE 社の 415-0930、Pulse Engineering 社の PE-92108、Renco 社の RL2444 から選択します。</p> <p><b>2. 出力コンデンサの選択 (<math>C_{OUT}</math>)</b></p> <p><b>A.</b> <math>C_{OUT}</math> = 680<math>\mu</math>F ~ 2000<math>\mu</math>F の標準アルミニウム電解</p> <p><b>B.</b> コンデンサ定格電圧 = 20V</p> <p><b>3. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p><b>A.</b> この例では、3A の電流定格が適切です。</p> <p><b>B.</b> 20V1N5823 または SR302 ショットキ・ダイオード、または Figure 8 に示す推奨ファースト・リカバリ・ダイオードのいずれかを使用します。</p> <p><b>4. 入力コンデンサ (<math>C_{IN}</math>)</b></p> <p>100<math>\mu</math>F の 25V アルミニウム電解コンデンサを、十分なバイパス機能を得る為に入力ピン及びグラウンド・ピンに近く配置します。</p>

LM2576 シリーズ降圧型 (バック) レギュレータ設計手順 (つづき)

インダクタ値の選択ガイド (連続動作モード)

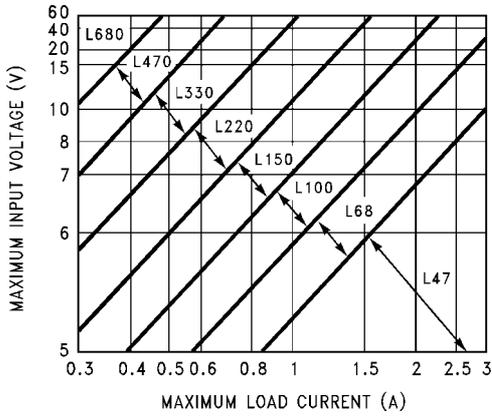


FIGURE 3. LM2576(HV)-3.3

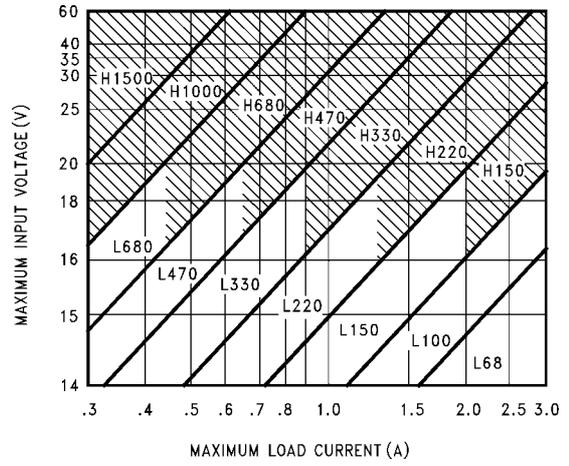


FIGURE 5. LM2576(HV)-12

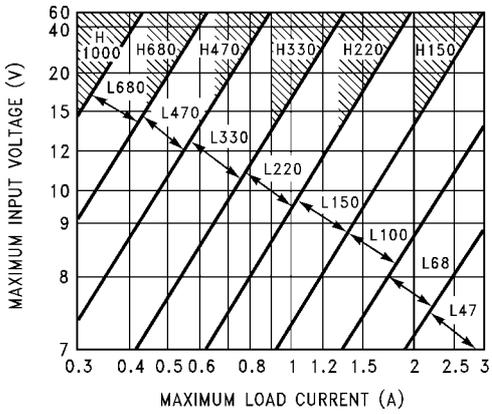


FIGURE 4. LM2576(HV)-5.0

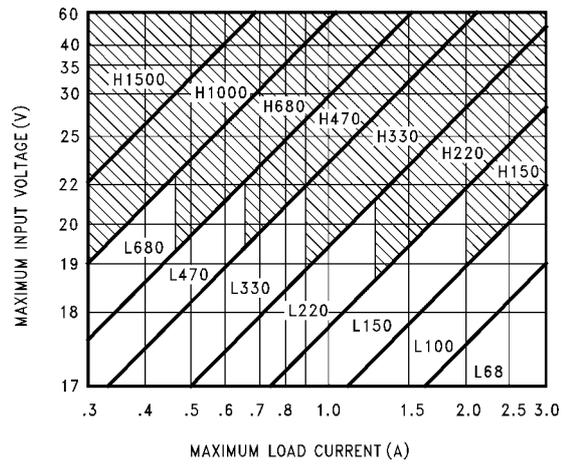


FIGURE 6. LM2576(HV)-15

LM2576 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( つづき )

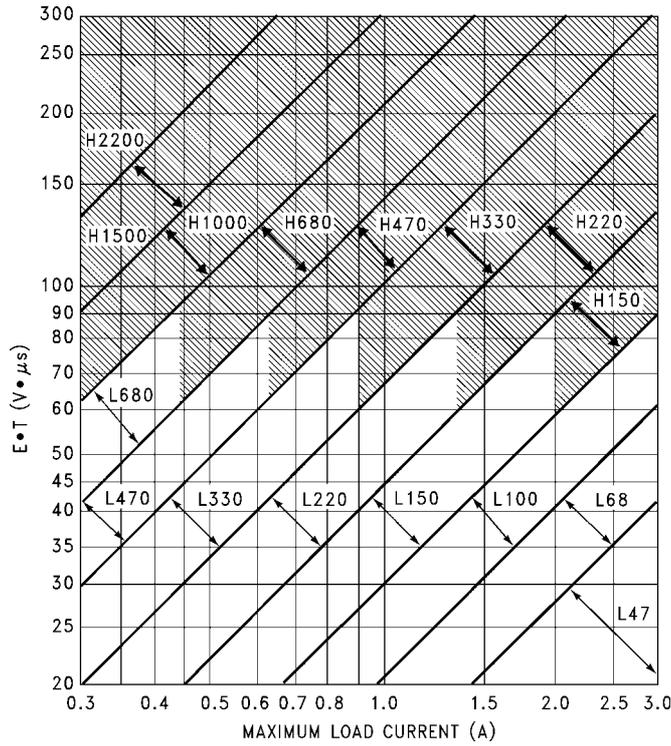


FIGURE 7. LM2576(HV)-ADJ

[ 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 (52kHz で固定)</p> <p><b>1. プログラミング出力電圧 (R1 および R2 を選択、Figure 2 参照)</b>            適切な抵抗値を選択するには以下の式を用います。</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 1k と 5k の間を選択します (最適温度係数および時間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ます)。</p> $R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right)$	<p><b>与式 :</b></p> <p><math>V_{OUT} = 10V</math>  <math>V_{IN(Max)} = 25V</math>  <math>I_{LOAD(Max)} = 3A</math>  <math>F = 52 \text{ kHz}</math></p> <p><b>1. プログラミング出力電圧 (R1 および R2 を選択)</b></p> $V_{OUT} = 1.23 \left( 1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \quad R_1=1k \text{ を選択}$ $R_2 = R_1 \left( \frac{V_{OUT}}{V_{REF}} - 1 \right) = 1k \left( \frac{10V}{1.23V} - 1 \right)$ <p><math>R_2 = 1k(8.13 - 1) = 7.13k</math>、1%の誤差で最も近い値 7.15k を用います。</p>

## LM2576 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( 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. インダクタのボルト・マイクロ秒定数、<math>E \cdot T (V \cdot \mu s)</math> を以下の式から計算します。</p> $E \cdot T = (V_{IN} - V_{OUT}) \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \cdot \frac{1000}{F \text{ (in kHz)}} (V \cdot \mu s)$ <p>B. 上記の式の <math>E \cdot T</math> 値を用いて、Figure 7 に示す <b>インダクタ値選択ガイド</b> の縦軸の <math>E \cdot T</math> 値を選択します。</p> <p>C. 横軸から、最大負荷電流を選択します。</p> <p>D. <math>E \cdot T</math> 値および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、その領域のインダクタ・コードを書き留めます。</p> <p>E. Figure 9 の表のインダクタ・コードからインダクタ値を求め、適切なインダクタを選択します。表には、インダクタ・メーカ 3 社の部品番号が記載されています。選択したインダクタは、LM2576 のスイッチング周波数 (52kHz) における動作、および <math>1.15 \times I_{LOAD}</math> に対して定格を満足するものでなければなりません。インダクタの詳細情報については、本データシートのアプリケーション・ヒントのインダクタ・セクションを参照ください。</p> <p><b>3. 出力コンデンサの選択 (<math>C_{OUT}</math>)</b></p> <p>A. インダクタと同様に出力コンデンサの値は、スイッチング・レギュレータ・ループにおいて重要です。安定動作のために、コンデンサは以下の条件を満たさなければなりません。</p> $C_{OUT} \geq 13,300 \frac{V_{IN}(\text{Max})}{V_{OUT} \cdot L(\mu H)} (\mu F)$ <p>上記の式から、安定動作のためのループ条件を満たす <math>10 \mu F</math> から <math>2200 \mu F</math> の間のコンデンサ値が得られます。しかし、許容可能な出力リップル電圧 (出力電圧の約 1%) および変動する負荷に対するトランジェント応答を達成するためには、出力コンデンサは、上記の式の解より数倍大きな値でなければなりません。</p> <p>B. コンデンサの定格電圧は、少なくとも出力電圧の 1.5 倍でなくてはなりません。10V のレギュレータには最低 15V の定格が適切です。高電圧電解コンデンサは一般に ESR 値が低く、そのために回路に最低限必要な電圧より高い定格電圧のコンデンサを選択する必要があります。</p> <p><b>4. 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、少なくとも最大負荷電流の 1.2 倍で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は、ダイオード定格電流は LM2576 の最大定格電流のリミット値と同じで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。Figure 8 の選択ガイドから適切なダイオードを選択します。</p> <p>B. ダイオードの定格逆電圧は、少なくとも最大入力電圧の 1.25 倍でなくてはなりません。</p> <p><b>5. 入力コンデンサ (<math>C_{IN}</math>)</b></p> <p>レギュレータの近くに配置されたアルミニウムまたはタンタル電解バイパス・コンデンサは、安定動作のために必要です。</p>	<p><b>2. インダクタの選択 (L1)</b></p> <p>A. <math>E \cdot T (V \cdot \mu s)</math> を計算します。</p> $E \cdot T = (25 - 10) \cdot \frac{10}{25} \cdot \frac{1000}{52} = 115 V \cdot \mu s$ <p>B. <math>E \cdot T = 115 V \cdot \mu s</math></p> <p>C. <math>I_{LOAD}(\text{Max}) = 3A</math></p> <p>D. インダクタンス領域 = H150</p> <p>E. インダクタ値 = <math>15 \mu H</math>。AIE 部品番号 415-0936、Pulse Engineering 部品番号 PE-531115、または Renco 部品番号 RL-2445 から選択します。</p> <p><b>3. 出力コンデンサの選択 (<math>C_{OUT}</math>)</b></p> <p>A. <math>C_{OUT} &gt; 13,300 \frac{25}{10 \cdot 150} = 22.2 \mu F</math></p> <p>しかし、許容可能な出力リップル電圧を得るには、<math>C_{OUT} = 680 \mu F</math> を選択します。  <math>C_{OUT} = 680 \mu F</math> 電解コンデンサ</p> <p><b>4. キャッチ・ダイオードの選択 (D1)</b></p> <p>A. この例では、3.3A の定格電流が適切です。</p> <p>B. 30V 耐圧の 31DQ03 ショットキ・ダイオード、または Figure 8 に示す推奨ファースト・リカバリ・ダイオードのいずれかを使用します。</p> <p><b>5. 入力コンデンサ (<math>C_{IN}</math>)</b></p> <p><math>100 \mu F</math> のアルミニウム電解コンデンサを、十分なバイパス機能を得る為に入力ピン及びグラウンド・ピンに近く配置します。</p>

## LM2576 シリーズ降圧型 ( バック ) レギュレータ設計手順 ( つづき )

降圧型 ( バック ) レギュレータの設計手順をさらに簡素化するために、ナショナル セミコンダクター社は、スイッチング・レギュレータの SIMPLE SWITCHER® シリーズ用にコンピュータ設計を支援するソフトウェアを用意しています。IBM 互換パーソナルコンピュータ対応のソフトウェア「Switchers Made Simple」(バージョン 3.3)をディスクセット (3.5 インチ) で提供しています。ナショナル セミコンダクター社の代理店にお問い合わせ下さい。また、IBM 互換パーソナルコンピュータ対応ソフトウェアは URL からダウンロード可能です (<http://www.national.com/appinfo/power/index.html>)。

V <sub>R</sub>	Schottky		Fast Recovery	
	3A	4A-6A	3A	4A-6A
20V	1N5820 MBR320P SR302	1N5823	The following diodes are all rated to 100V  31DF1 HER302	The following diodes are all rated to 100V  50WF10 MUR410 HER602
30V	1N5821 MBR330 31DQ03 SR303	50WQ03 1N5824		
40V	1N5822 MBR340 31DQ04 SR304	MBR340 50WQ04 1N5825		
50V	MBR350 31DQ05 SR305	50WQ05		
60V	MBR360 DQ06 SR306	50WR06 50SQ060		

FIGURE 8. Diode Selection Guide

Inductor Code	Inductor Value	Schott (Note 12)	Pulse Eng. (Note 13)	Renco (Note 14)
L47	47 $\mu$ H	671 26980	PE-53112	RL2442
L68	68 $\mu$ H	671 26990	PE-92114	RL2443
L100	100 $\mu$ H	671 27000	PE-92108	RL2444
L150	150 $\mu$ H	671 27010	PE-53113	RL1954
L220	220 $\mu$ H	671 27020	PE-52626	RL1953
L330	330 $\mu$ H	671 27030	PE-52627	RL1952
L470	470 $\mu$ H	671 27040	PE-53114	RL1951
L680	680 $\mu$ H	671 27050	PE-52629	RL1950
H150	150 $\mu$ H	671 27060	PE-53115	RL2445
H220	220 $\mu$ H	671 27070	PE-53116	RL2446
H330	330 $\mu$ H	671 27080	PE-53117	RL2447
H470	470 $\mu$ H	671 27090	PE-53118	RL1961
H680	680 $\mu$ H	671 27100	PE-53119	RL1960
H1000	1000 $\mu$ H	671 27110	PE-53120	RL1959
H1500	1500 $\mu$ H	671 27120	PE-53121	RL1958
H2200	2200 $\mu$ H	671 27130	PE-53122	RL2448

**Note 12:** Schott Corporation, (612) 475-1173, 1000 Parkers Lake Road, Wayzata, MN 55391.

**Note 13:** Pulse Engineering, (619) 674-8100, P.O. Box 12235, San Diego, CA 92112.

**Note 14:** Renco Electronics Incorporated, (516) 586-5566, 60 Jeffryn Blvd. East, Deer Park, NY 11729.

FIGURE 9. Inductor Selection by Manufacturer's Part Number

## アプリケーション・ヒント

### 入力コンデンサ (C<sub>IN</sub>)

安定性を保つために、最低 100 μF の電解コンデンサでレギュレータの入力ピンをバイパスして下さい。コンデンサのリードは短くしてレギュレータの近くに設けます。

動作温度範囲に - 25 以下の温度が含まれる場合は、入力コンデンサの値を大きくする必要があります。通常の電解コンデンサは、低温、及び製造よりの期間が長いほど容量値が減少し、ESR (等価直列抵抗) が増加します。セラミック・コンデンサまたは固体タンタル・コンデンサを並列接続すると、低温でのレギュレータの安定性が増します。コンデンサの動作寿命を最大限に高めるために、コンデンサの RMS リップル定格電流を次式の値より大きくします。

$$1.2 \times \left( \frac{t_{ON}}{T} \right) \times I_{LOAD}$$

$$\text{ここで } \frac{t_{ON}}{T} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}} \text{ (降圧型レギュレータの場合)}$$

$$\text{および } \frac{t_{ON}}{T} = \frac{|V_{OUT}|}{|V_{OUT}| + V_{IN}} \text{ (反転型レギュレータの場合)}$$

### 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。この 2 つのモードの相違点は、インダクタの電流が連続して流れるか、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ことにあります。これらのモードの特長はそれぞれ明確に異なり、レギュレータの性能およびアプリケーションにより選択します。

LM2576 (あるいはシンプル・スイッチャ・ファミリのデバイス) は、連続および不連続の両動作モードで使用可能です。

Figure 3 ~ Figure 7 のインダクタ値の選択ガイドは、連続動作領域の降圧型 (バック) レギュレータを設計するためのものです。このインダクタ選択ガイドに記載のインダクタ値を使用する場合、ピーク・ツー・ピークのインダクタ・リップル電流成分は、最大 DC 電流の約 20% ~ 30% になります。回路は、比較的大きな負荷電流では連続モード (常にインダクタ電流が流れている) で動作しますが、小さな負荷条件下では不連続モード (ある一定時間インダクタ電流がゼロになる) になります。この不連続モードの動作は全く問題ありません。小さな負荷 (約 300mA 以下) の場合、不連続モードでレギュレータを動作させることが望ましく、これは一般に連続モードでは大きなインダクタ値が必要なためです。

選択ガイドには連続モードに適したインダクタ値が記載されていますが、選択したインダクタ値が極端に高ければ、設計の際、不連続モードの検討が必要になります。コンピュータ設計ソフトウェア「Switchers Made Simple」は、不連続モード (および連続モード) 動作における全ての構成部品値に対応しています。

インダクタには、ポットコア、トロイダル、E 型コア、ボビンコアなどの各種タイプがあり、またフェライトやパウダーアイアンなどの各種コア材料があります。最も安価なボビンコア・タイプは、フェライトのロッドコアにワイヤを巻いた構造をしています。このインダクタ・タイプは安価ですが、コア内に完全なマグネティック・フラックスループを備えていないため、多くの電磁妨害 (EMI) を発生させます。この EMI は、ノイズにシビアな応用回路で問題を起す原因になったり、プローブの誘導電圧によりオシロスコープの読出しが正しく行われない原因にもなります。

選択表に記載のインダクタには、AIE 社のフェライト・ポットコア、Pulse Engineering 社のパウダーアイアン・トロイダル、Renco 社のフェライト・ボビンコアがあります。

インダクタは、飽和するおそれがあるため、最大定格電流を超えて動作させないようにして下さい。インダクタが飽和し始めると、インダクタンス値は急激に減少し、インダクタは抵抗成分 (巻線の DC 抵抗) に近くなります。この結果、スイッチ電流が急激に上がり、各インダクタ・タイプの飽和特性は異なるため、インダクタの選択には注意が必要です。

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ぐために、電流とエネルギーのリミット値が記載されています。

### インダクタ電流のリップル成分

SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> が連続モードで動作しているとき、入力電圧に応じて、インダクタの電流波形は三角波形あるいは鋸歯形になります。入力電圧と出力電圧が一定していれば、インダクタの電流波形のピーク・ツー・ピーク時の振幅も一定状態に保たれます。負荷電流の増加 / 低下に応じて、鋸歯電流波形全体も上昇 / 降下します。この波形の平均 DC 値は DC 負荷電流に一致します (降圧型レギュレータ構成の場合)。

負荷電流が最低レベルまで下がると、鋸歯電流波形の底部がゼロに達してスイッチャは不連続動作モードに移行しますが、レギュレータの動作には全く問題ありません。負荷電流が非常に小さくなると、すべての降圧型スイッチング・レギュレータは (インダクタ値の大きさに関係なく) 不連続動作モードになります。

### 出力コンデンサ

出力コンデンサは出力電圧のフィルタとしての役割と、ループを安定させるために必要です。コンデンサはプリント基板のパターンを短くして LM2576 の近くに配置します。一般に、スイッチング用のアルミニウム電解コンデンサで十分ですが、ESR の低いコンデンサを選ぶと、出力電圧のリップル成分が低くなり優れた安定性が得られます。コンデンサの ESR 値は様々な要因で決まり、例えばその要因としてコンデンサの容量値、定格電圧、物理的サイズ、および構造タイプなどがあります。一般に、電解コンデンサの場合、容量値または電圧が低い (12V 以下) と ESR 値は高くなります。

出力電圧のリップル成分量は主に、出力コンデンサの ESR 値とインダクタ電流のリップル成分 (I<sub>IND</sub>) の大きさにより決まります。アプリケーション・ヒントのセクション「インダクタ電流のリップル成分」を参照下さい。

出力電圧のリップル成分は、小容量のコンデンサ (220 μF ~ 1000 μF) だと 50mV ~ 150mV (代表値) になりますが、大容量のコンデンサを使用することにより約 20mV ~ 50mV まで減少します。

**出力電圧のリップル成分 = (I<sub>IND</sub>) × (出力コンデンサの ESR 値)**

出力電圧のリップル成分をさらに減少させるには、いくつかの通常の電解コンデンサを並列接続するか、あるいはグレードの高いコンデンサを使用して下さい。これらのコンデンサは通常、“高周波”、“低インダクタンス”、あるいは“低 ESR”型と呼ばれます。これらを使用すると、出力電圧のリップル成分は 10mV ~ 20mV の電圧範囲まで減少します。ただし、連続動作モードで ESR を 0.03 以下にすると、レギュレータ動作が不安定になることがあります。

## アプリケーション・ヒント (つづき)

タンタルコンデンサを使用する場合、ESR 値を非常に低くすることができますが、単一の出力コンデンサとして使用する際には動作の安定性上十分な注意が必要です。タンタルコンデンサは、優れた低温特性を備えているため、アルミニウム電解コンデンサの総容量の 10 ~ 20% の値のものを並列に接続することにより最良の性能が得られます。

コンデンサの 52kHz における定格電流リップル成分は、インダクタ電流のピーク・ツー・ピーク・リップル成分より少なくとも 50% 高くなければなりません。

### キャッチ・ダイオード

降圧型 (バック) レギュレータには、スイッチのターンオフ時にインダクタ電流の帰還パス用として、1 個のダイオードが必要です。この帰還パス用のダイオードは、リードとプリント基板パターンを短く配線し LM2576 の近くに配置します。

ショットキ・ダイオードは、その高速スイッチング機能と低順方向電圧降下により、特に 5V 以下 (低出力電圧) のスイッチング・レギュレータにおいて最高の効率を発揮します。ファーストリカバリ・ダイオード、高効率ダイオード、あるいはウルトラファーストリカバリ・ダイオードも適していますが、これらの中には急激なターンオフ特性をもつタイプがあり、動作不安定と EMI 問題を起こすことがあります。穏やかな回復 (ソフトリカバリ) 特性を備えたファーストリカバリ・ダイオードを選択する方が賢明であるといえます。標準的な 60Hz のダイオード (1N4001、1N5400 など) も適していません。ショットキ・ダイオードおよび “ソフト” ファーストリカバリ・ダイオードの選択ガイドについては、Figure 8 を参照下さい。

### 出力電圧リップル成分とトランジェント

スイッチング電源の出力電圧は、スイッチング周波数に鋸波リップル電圧 (出力電圧の約 1%) を含み、また鋸波形のピーク時における短い電圧スパイクも含んでいることがあります。

出力電圧のリップル成分は主に、インダクタの鋸波電流リップル成分に出力コンデンサの ESR を乗じて得られます (アプリケーション・ヒントのセクション「インダクタの選択」を参照)。

電圧スパイクは、出力スイッチの急激なスイッチング動作、および出力フィルタ・コンデンサに派生するインダクタンس成分が原因で起こります。この電圧スパイクを最小限に抑えるためには、低インダクタンس・タイプのコンデンサを使用し、リードの長さを極力短くします。配線インダクタンس、浮遊容量、またこれらのトランジェントの測定に使用するオシロスコープ・プローブ等、全てがこの電圧スパイクの振幅の原因になります。

小容量の LC フィルタ (20µH と 100µF) を出力に加えると、出力リップルとトランジェントの量をさらに低減することができます (Figure 15 参照)。このフィルタにより、出力電圧のリップル成分とトランジェントの量を約 1/10 に低減することができます。

### フィードバックの接続

LM2576 (固定出力電圧バージョン) のフィードバック・ピンは、スイッチング電源の出力電圧ポイントに結線します。可変出力電圧バージョンを使用する場合、LM2576 の近くに両方の出力電圧分割抵抗を配置し、不要なノイズの検出を避けます。100k 以上の抵抗の使用は、ノイズによる誤動作の可能性が高くなるので避けて下さい。

### ON/OFF 入力

通常動作では、ON/OFF ピンを接地するか、または L レベルの TTL 電圧 (代表値 1.6V 以下) で駆動します。レギュレータをスタンバイ・モードにするには、このピンを H レベルの TTL 信号、あるいは CMOS 信号で駆動します。ON/OFF ピンは抵抗を使用しないで直接 +V<sub>IN</sub> にプルアップできますが、オープン状態にしないで下さい。

### 接地

出力電圧の安定性を維持するため、電源グラウンド接続を低インピーダンスにしなければなりません (Figure 2 参照)。5 リードの TO-220 および TO-263 スタイルのパッケージでは、タブとピン 3 の両方がグラウンドであり、銅の同じリードフレームなので、どちらかを接地して下さい。

### ヒートシンク / 熱の考慮事項

多くの場合、LM2576 の接合部温度を許容動作範囲に維持するために小さなヒートシンクだけが必要です。各アプリケーションにおいて、ヒートシンクが必要か否かを決定するには、次の事項を明確にしなければなりません。

1. 最大周囲温度 (アプリケーションにおける)。
2. レギュレータの最大消費電力 (アプリケーションにおける)。
3. 最大許容接合部温度 (LM2576 では 125 )。安全に対する設計上の配慮から、最大温度より約 15 低い温度を選択しなければなりません。
4. LM2576 パッケージ熱抵抗  $J_A$  と  $J_C$ 。LM2576 による全消費電力は、次式から計算します。

$$P_D = (V_{IN})(I_Q) + (V_O/V_{IN})(I_{LOAD})(V_{SAT})$$

ここで、 $I_Q$  (待機時消費電流) と  $V_{SAT}$  は前出の特性曲線に示され、 $V_{IN}$  は入力最小電圧、 $V_{OUT}$  が安定化出力電圧、また  $I_{LOAD}$  は負荷電流です。ターンオンおよびターンオフ間のダイナミック損失は、キャッチダイオードにショットキを使用した場合は無視することができます。

ヒートシンクを使用しない場合、接合部温度上昇は次式から求めます。

$$T_J = (P_D) (J_A)$$

実際の動作接合部温度を得るには、最大周囲温度に接合部温度の上昇分を加算します。

$$T_J = T_A + T_A$$

実際の動作接合部温度がステップ 3 で設定した安全動作接合部温度より高い場合は、ヒートシンクが必要になります。

ヒートシンクを使用する場合、接合部温度上昇は次式から求めます。

$$T_J = (P_D) (J_C + \text{interface} + \text{Heat sink})$$

動作接合部温度は次のようになります。

$$T_J = T_A + T_J$$

上記のように、設定した安全動作接合部温度より実際の動作接合部温度が高い場合は、大きなヒートシンク (熱抵抗が低いもの) が必要です。

設計ソフトウェア「Switchers Made Simple」は更に正確 (非線形) な熱モデルが含まれており、異なる入出力パラメータ、または異なる成分の数値を用いて接合部温度を求めることができます。また、レギュレータの接合部温度を最大動作温度以下に維持するのに必要なヒートシンクの熱抵抗値も計算できます。

## 他の応用回路

### 反転型レギュレータ

Figure 10 は、反転型（バックブースト）構成の LM2576-12 を示しており、正の入力電圧から -12V の負出力が得られます。この回路では、レギュレータのグラウンド・ピンを負出力電圧にブートストラップし、フィードバック・ピンを接地することでレギュレータが反転出力電圧を検出して -12V に安定させます。

この構成では、12V 以上の入力電圧を印加すると約 700mA の最大許容出力電流が得られます。軽負荷時には、必要とする最小入力電圧が約 4.7V に下がります。

この反転型（バックブースト）構成では、標準的な降圧型（バック）モードの構成と比べてスイッチ電流が高いため、許容出力電流が低減します。また、起動時の入力ランシユ電流も降圧型（バック）モード・レギュレータより高くなり、電流制限値が 5A 以下の入力側電源を過負荷状態にすることがあります。遅延ターンオン回路または低電圧ロックアウト回路の使用（次項参照）により、スイッチャがターンオン可能になる前に、入力電圧を十分に高いレベルに上げることができず。

反転型（バックブースト）レギュレータは降圧型（バック）構成のレギュレータと構造が異なるために、降圧型レギュレータの設計手順のセクションを参照してインダクタまたは出力コンデンサの選択はできません。反転型設計のためのインダクタ値の推奨範囲は、68μH ~ 220μH の間になります。また、降圧型の設計で一般に必要な値より大きな値の出力コンデンサを選択して下さい。低入力電圧または高出力電流に対しては、大容量（数千 μF）の出力コンデンサが必要です。

ピーク・スイッチ電流と同じピーク・インダクタ電流は次式より求めることができます。

$$I_p \approx \frac{I_{LOAD} (V_{IN} + |V_{OL}|)}{V_{IN}} + \frac{V_{IN} |V_{OL}|}{V_{IN} + |V_{OL}|} \times \frac{1}{2L_1 f_{osc}}$$

ここでは、 $f_{osc} = 52\text{kHz}$ 。通常の連続したインダクタ電流（連続モード）の動作条件で、最小  $V_{IN}$  は最悪値を表します。上式より得られたピーク電流定格を満足できるインダクタを選択して下さい。

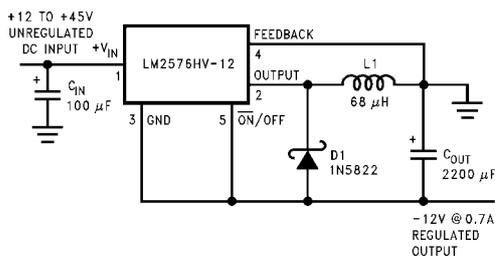


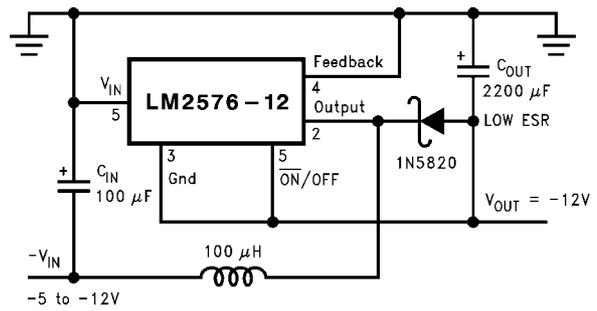
FIGURE 10. Inverting Buck-Boost Develops - 12V

また、レギュレータ上の最大電圧は入出力電圧の絶対的和を示します。-12V の負出力電圧に対する最大入力電圧は、LM2576 では +28V、LM2576HV では +48V になります。

「Switchers Made Simple」設計ソフトウェア・バージョン 3.3 により、各種モード、入出力パラメータ、成分の数値などを用いてレギュレータ設計の可能性を検討することができます。

### 負昇圧型（ネガティブブースト）レギュレータ

反転型（バックブースト）構成のもう 1 つのタイプには、負の昇圧型（ネガティブブースト）構成があります。Figure 11 の回路は -5V ~ -12V の入力電圧範囲を許容し、-12V の出力調整電圧が得られます。入力電圧が -12V 以上になると、出力電圧は -12V を超えることがありますが、レギュレータに悪影響はありません。



Typical Load Current  
400 mA for  $V_{IN} = -5.2\text{V}$   
750 mA for  $V_{IN} = -7\text{V}$   
Note: ヒートシンクが必要です。

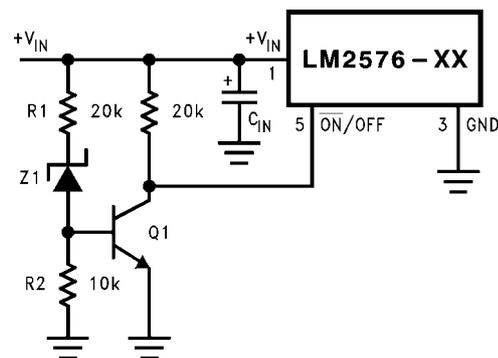
FIGURE 11. Negative Boost

この種のブースト構成のレギュレータはスイッチ電流は高くなり、特に低入力電圧の場合顕著となります。出力電流は定格最大スイッチング電流によって決まり、スイッチング・トランジスタは内蔵されたカレント・リミット回路により保護されます。しかし、ネガティブブースト・レギュレータの回路構成 (Figure 11) は、負荷短絡時、電流はグラウンドより負荷及びダイオードを経由して  $-V_{IN}$  へ直接流れる為、IC の電流制限はきかず、負荷保護機能を必要とする場合、ヒューズ又は他の保護回路を付加しなければなりません。

### 低電圧ロックアウト回路

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く、これを低電圧ロックアウト回路により実現しています (Figure 12)。Figure 13 は反転型構成の同一回路を示しています。この回路によって、入力電圧が所定のレベルに達するまでレギュレータをオフしておくことができます。

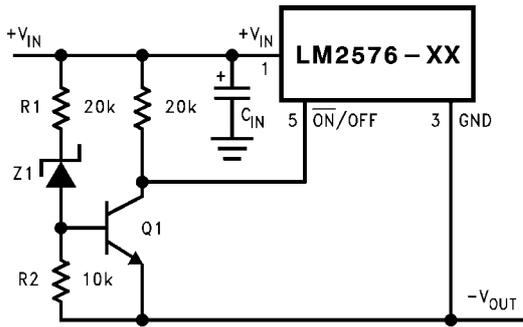
$$V_{TH} \approx V_{Z1} + 2V_{BE}(Q1)$$



Note: 回路の一部を示しています。

FIGURE 12. Undervoltage Lockout for Buck Circuit

他の応用回路 (つづき)



Note: 回路の一部を示しています。(Figure 10 参照)

FIGURE 13. Undervoltage Lockout for Buck-Boost Circuit

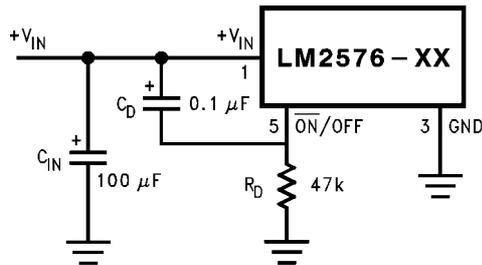
遅延スタートアップ機能

ON/OFF ピンを使用すると、遅延スタートアップ機能が可能になります (Figure 14 参照)。20V の入力電圧と回路図に記載の数値では、回路がスイッチング動作をする前に約 10msec の遅延時間が得られます。RC 時間の定数を大きくすると、さらに長い遅延

延時間が得られます。ただし、RC 時間の定数を大きくし過ぎると、ON/OFF ピンに対しリップル成分のカップリングが生じるため、60Hz(電源周波数)または 120Hz でリップル成分が高くなるなど障害が起こります。

可変出力、低リップル電源

Figure 15 は可変出力電圧バージョンの 3A 電源回路例です。この回路では外付け L-C フィルタを追加し、1/10 以下に出力リップルを低減しています。



Note: 回路の一部を示しています。

FIGURE 14. Delayed Startup

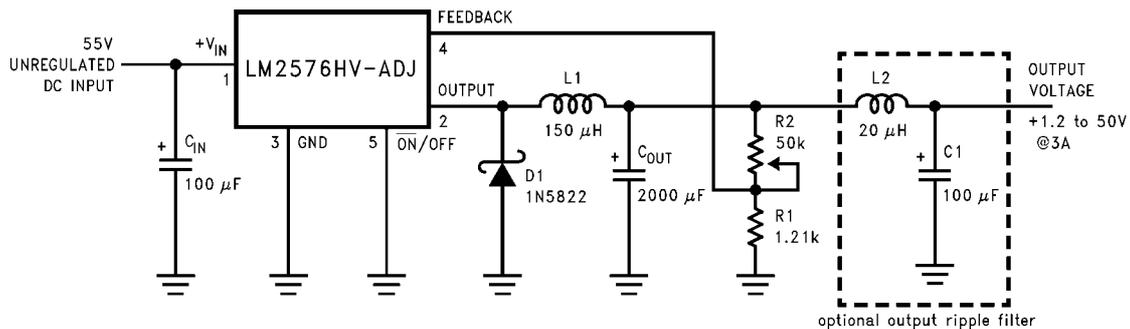


FIGURE 15. 1.2V to 55V Adjustable 3A Power Supply with Low Output Ripple

用語の定義

バックレギュレータ

高電圧を低電圧に変換するスイッチングレギュレータの 1 種であり、降圧型スイッチングレギュレータとしても知られています。

バックブーストレギュレータ

トランスなしに正電圧を負電圧に変換するスイッチングレギュレータの一種。

デューティ・サイクル

発振器周期に対する出力スイッチのオン・タイム比率。

$$\text{バックレギュレータの場合} \quad D = \frac{t_{ON}}{T} = \frac{V_{OUT}}{V_{IN}}$$

$$\text{バックブーストレギュレータの場合} \quad D = \frac{t_{ON}}{T} = \frac{|V_O|}{|V_O| + V_{IN}}$$

キャッチダイオード (電流ステアリングダイオード)

LM2576 の SW トランジスタがスイッチ・オフ時に、負荷電流にリターンパスを与えるダイオード。

効率 ( )

負荷に実際に供給された入力電力の比率。

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

等価直列抵抗 (ESR)

コンデンサのインピーダンスの純粋な抵抗成分 (Figure 16 参照)。ESR はコンデンサを加熱する電力損失を招き、コンデンサの動作寿命に直接影響します。スイッチングレギュレータ出力フィルタとして使用する場合、ESR 値が高ければ、出力電圧のリップル成分も高くなります。



FIGURE 16. Simple Model of a Real Capacitor

## 用語の定義 (つづき)

100 $\mu$ F ~ 1000 $\mu$ F 容量範囲のコンデンサの ESR 値は、最も標準的なアルミニウム電解コンデンサで 0.5 ~ 0.1、ハイグレードのコンデンサ (低 ESR、高周波、低インダクタンス) で一般に 0.15 以下です。

## 等価直列インダクタンス (ESL)

コンデンサの純粋なインダクタンス成分 (Figure 16 参照)。インダクタンスの量は、多くはコンデンサの構造により決まります。降圧型 (バック) レギュレータにおいては、この不要なインダクタンスによって出力上に電圧スパイクが生じます。

## 出力リップル電圧

スイッチングレギュレータの出力電圧の AC 成分。通常、出力コンデンサの ESR をインダクタ電流のリップル成分 ( $I_{IND}$ ) で乗じて得られます。この鋸波リップル電流のピーク・ツー・ピーク値を求めるには、アプリケーション・ヒントのセクション「インダクタ電流のリップル成分」を参照下さい。

## コンデンサ・リップル電流

規定温度でコンデンサを連続して動作させることのできる最大許容交流電流の RMS 値。

## スタンバイ・クワイゼント (待機時消費) 電流 ( $I_{STBY}$ )

スタンバイ・モード時 ( $\overline{ON/OFF}$  ピンが H レベルの TTL 電圧) に LM2576 が必要とする電源電流で、出力スイッチがオフの状態です。

## インダクタ電流のリップル成分 ( $I_{IND}$ )

インダクタ電流波形のピーク・ツー・ピーク値。通常はレギュレータの動作が連続 (不連続に対比) しているときの鋸波の値を示します。

## 連続 / 不連続動作モード

インダクタ電流の動作モード。連続モードでは、インダクタ電流は常に流れており、決してゼロに降下しません。不連続モードでは、インダクタ電流は通常のスイッチング・サイクルの一定周期間ゼロに降下します。

## インダクタ飽和

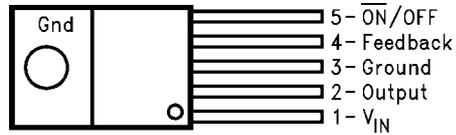
インダクタがマグネティック・フラックスに耐えられない状態。インダクタが飽和状態になると誘導性を失い抵抗成分が増し、インダクタ電流は巻線の DC 抵抗成分と供給可能なソース電流によって制限を受けます。

## ボルト・マイクロ秒動作定数 ( $E \cdot T_{op}$ )

インダクタの印加電圧と印加時間の積 (ボルト・マイクロ秒)。  $E \cdot T_{op}$  定数は、インダクタの機能処理に費やすエネルギーを表し、コアタイプ、コア面積、コア巻数、およびデューティ・サイクルによって異なります。

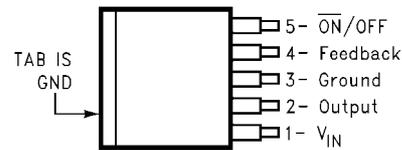
## ピン配置図 (Note 15)

Straight Leads  
5-Lead TO-220 (T)  
Top View



LM2576T-XX or LM2576HVT-XX  
NS Package Number T05A

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

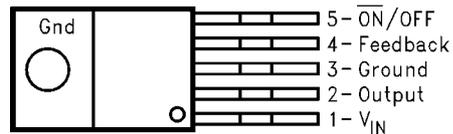


LM2576S-XX or LM2576HVS-XX  
NS Package Number TS5B  
LM2576SX-XX or LM2576HVSX-XX  
NS Package Number TS5B, Tape and Reel

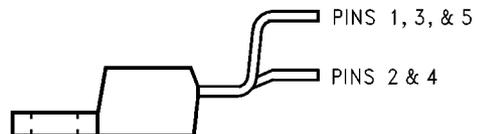
Side View



Bent, Staggered Leads  
5-Lead TO-220 (T)  
Top View



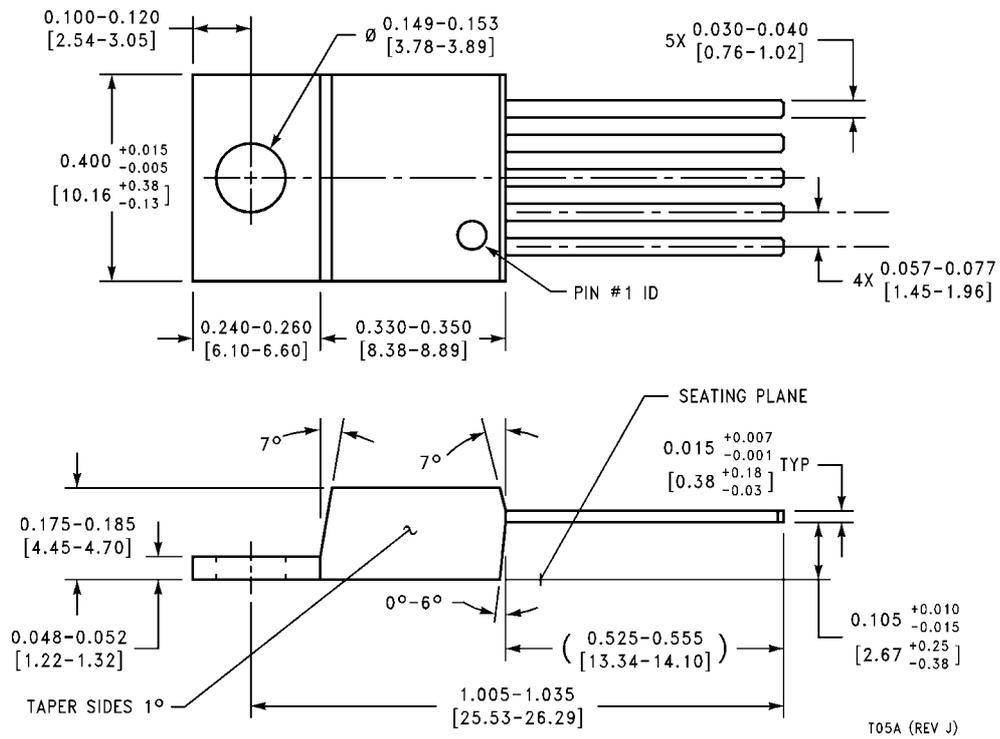
Side View



LM2576T-XX Flow LB03  
or LM2576HVT-XX Flow LB03  
NS Package Number T05D

Note 15: (XX は出力電圧オプションを示します。全部品番号については製品情報を参照下さい。)

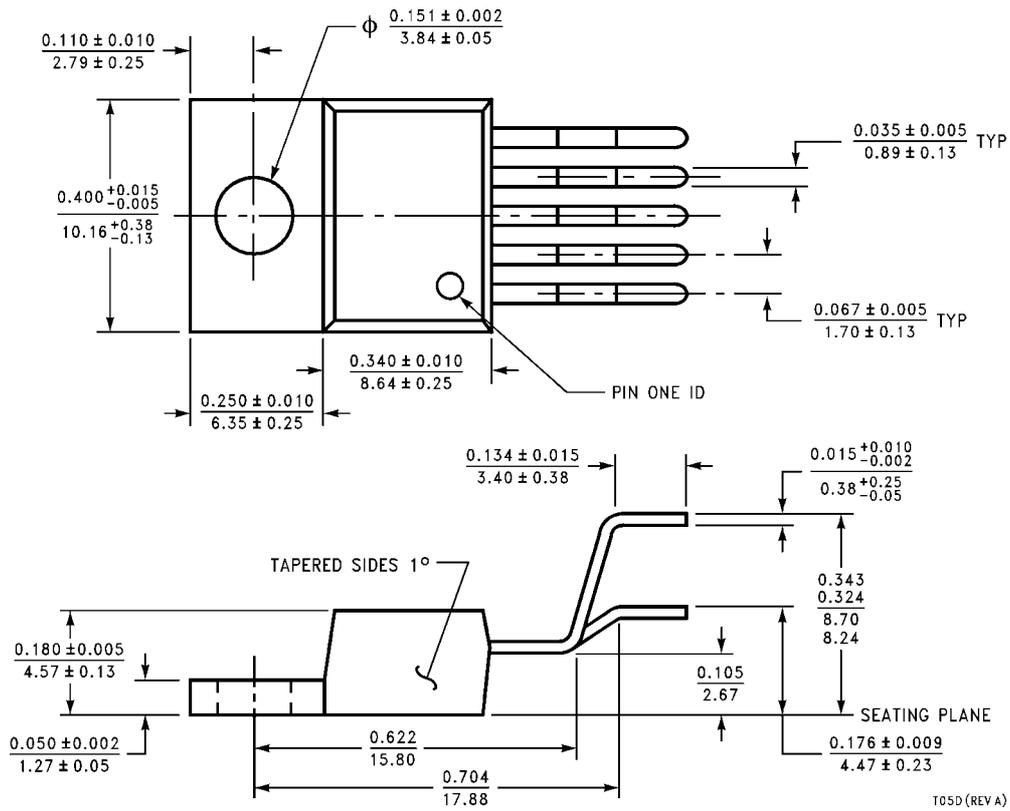
外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



T05A (REV J)

**5-Lead TO-220 (T)**  
**Order Number LM2576T-3.3, LM2576HVT-3.3,**  
**LM2576T-5.0, LM2576HVT-5.0, LM2576T-12,**  
**LM2576HVT-12, LM2576T-15, LM2576HVT-15,**  
**LM2576T-ADJ or LM2576HVT-ADJ**  
**NS Package Number T05A**

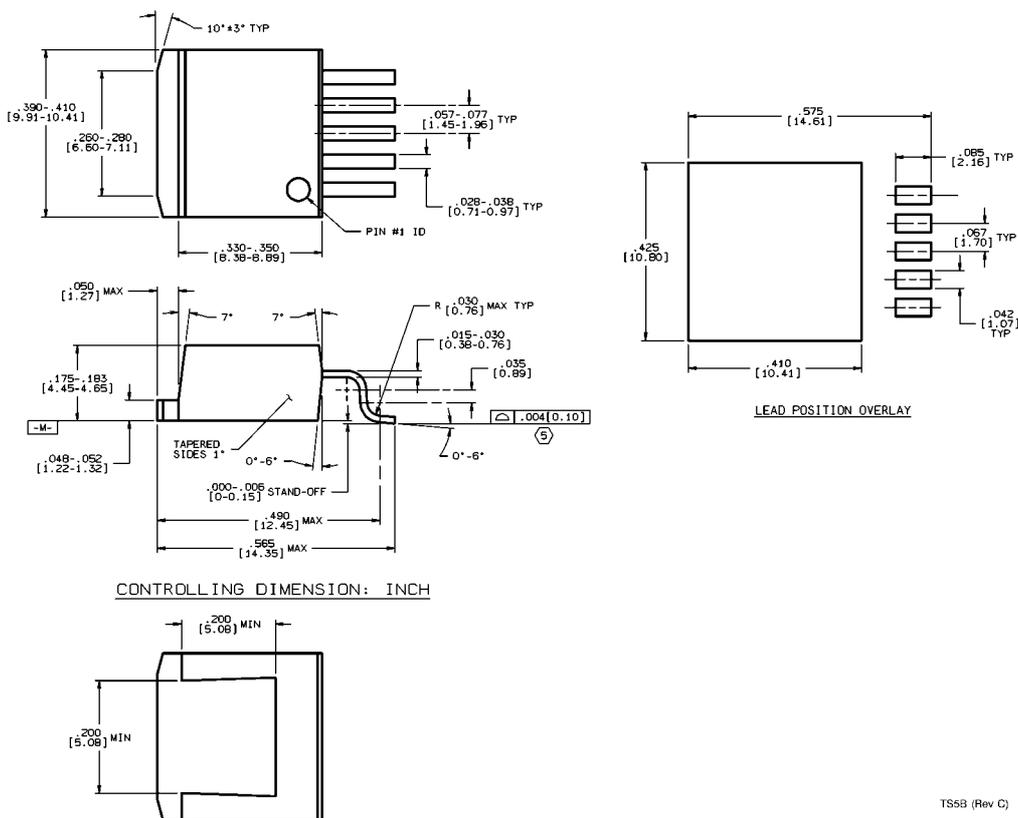
外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters) (つづき)



**Bent, Staggered 5-Lead TO-220 (T)**

**Order Number LM2576T-3.3 Flow LB03, LM2576T-XX Flow LB03, LM2576HVT-3.3 Flow LB03,  
 LM2576T-5.0 Flow LB03, LM2576HVT-5.0 Flow LB03,  
 LM2576T-12 Flow LB03, LM2576HVT-12 Flow LB03,  
 LM2576T-15 Flow LB03, LM2576HVT-15 Flow LB03,  
 LM2576T-ADJ Flow LB03 or LM2576HVT-ADJ Flow LB03  
 NS Package Number T05D**

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters) (つづき)



TSSB (Rev C)

**5-Lead TO-263 (S)**  
**Order Number LM2576S-3.3, LM2576S-5.0,**  
**LM2576S-12, LM2576S-15, LM2576S-ADJ,**  
**LM2576HVS-3.3, LM2576HVS-5.0, LM2576HVS-12,**  
**LM2576HVS-15, or LM2576HVS-ADJ**  
**NS Package Number TS5B**  
**5-Lead TO-263 in Tape & Reel (SX)**  
**Order Number LM2576SX-3.3, LM2576SX-5.0,**  
**LM2576SX-12, LM2576SX-15, LM2576SX-ADJ,**  
**LM2576HVSX-3.3, LM2576HVSX-5.0, LM2576HVSX-12,**  
**LM2576HVSX-15, or LM2576HVSX-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。

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。

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

 0120-666-116