

## LM2587

### SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> 5A フライバック・レギュレータ

#### 概要

LM2587 シリーズは、フライバック、昇圧 (ブースト)、フォワード・コンバータの用途に設計されたモノリシック・レギュレータ IC です。このデバイスには、3.3V、5.0V、12V、可変型の 4 種の出力電圧バージョンがあります。

外付け部品は必要最小限で、コスト・パフォーマンスが高く、使いやすいです。本データシートには、昇圧レギュレータとフライバック・レギュレータの代表的な回路を示しています。また、ダイオードとコンデンサの選択ガイド、これらのスイッチング・レギュレータの動作に最適設計された標準インダクタとフライバック・トランス製品を記載しています。

パワー・スイッチとして、耐圧 65V、5.0A の NPN トランジスタを内蔵しています。パワー・スイッチは、過電流保護回路と熱暴走保護回路、低電圧ロックアウト回路により保護されています。この IC は、100kHz の固定周波数発振器を内蔵しています。起動時の突入電流を低減するソフトスタート・モード、および入力電圧と出力負荷の過渡状態の改善・除去、サイクルごとの電流制限のために、電流モード制御も備えています。規定入力電圧および出力負荷の条件内で、± 4% の出力電圧許容差が保証されています。

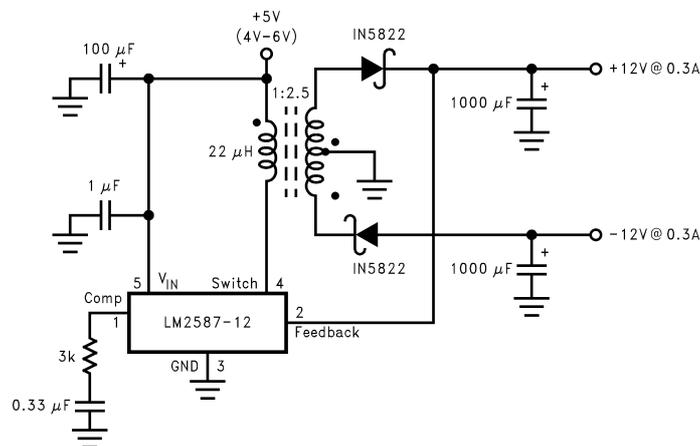
#### 特長

- わずかな外付け部品
- 標準インダクタとトランスの製品ファミリ
- 耐圧 65V、5.0A の NPN 出力スイッチング・トランジスタ内蔵
- 広入力電圧範囲 4V ~ 40V
- 優れた過渡応答、ライン・レギュレーション、電流制限を実現する電流モード・オペレーション
- スイッチング周波数 100kHz
- 内部ソフトスタート機能により、起動時の突入電流を低減
- 過電流保護、低電圧ロックアウト、熱暴走保護回路内蔵
- 規定された入力および負荷の条件に対して、最大 ± 4% の出力電圧誤差

#### 代表的なアプリケーション

- フライバック・レギュレータ
- 多出力レギュレータ
- 昇圧レギュレータ
- フォワード・コンバータ

#### フライバック・レギュレータ



#### 製品情報

Package Type	NSC Package Drawing	Order Number
5-Lead TO-220 Bent, Staggered Leads	T05D	LM2587T-3.3, LM2587T-5.0, LM2587T-12, LM2587T-ADJ
5-Lead TO-263	TS5B	LM2587S-3.3, LM2587S-5.0, LM2587S-12, LM2587S-ADJ
5-Lead TO-263 Tape and Reel	TS5B	LM2587SX-3.3, LM2587SX-5.0, LM2587SX-12, LM2587SX-ADJ

SIMPLE SWITCHER<sup>®</sup> と 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。

## 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。  
関連する電氣的信頼性試験方法の規格を参照ください。

入力電圧	- 0.4V	$V_{IN}$	45V
スイッチ電圧	- 0.4V	$V_{SW}$	65V
スイッチ電流 (Note 2)			内部制限
コンペンセーション・ピン電圧	- 0.4V	$V_{COMP}$	2.4V
フィードバック・ピン電圧	- 0.4V	$V_{FB}$	2 $V_{OUT}$
保存温度範囲	- 65	~ + 150	
リード温度 (ハンダ付け、10 秒)			260

最大接合部温度 (Note 3)

150

消費電力 (Note 3)

内部制限

ESD 耐圧 (C = 100pF, R = 1.5k )

2kV

## 動作定格

電源電圧	4V	$V_{IN}$	40V
出力スイッチ電圧	0V	$V_{SW}$	60V
出力スイッチ電流		$I_{SW}$	5.0A
接合部温度範囲	- 40	$T_J$	+ 125

## LM2587-3.3 電氣的特性

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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> Test Circuit of Figure 2 (Note 4)						
$V_{OUT}$	Output Voltage	$V_{IN} = 4V$ to 12V $I_{LOAD} = 400$ mA to 1.75A	3.3	3.17/ <b>3.14</b>	3.43/ <b>3.46</b>	V
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 12V $I_{LOAD} = 400$ mA	20		50/ <b>100</b>	mV
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{LOAD}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 12V$ $I_{LOAD} = 400$ mA to 1.75A	20		50/ <b>100</b>	mV
$\eta$	Efficiency	$V_{IN} = 12V$ , $I_{LOAD} = 1A$	75			%
<b>UNIQUE DEVICE PARAMETERS</b> (Note 5)						
$V_{REF}$	Output Reference Voltage	Measured at Feedback Pin $V_{COMP} = 1.0V$	3.3	3.242/ <b>3.234</b>	3.358/ <b>3.366</b>	V
$\Delta V_{REF}$	Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 40V	2.0			mV
$G_M$	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30$ $\mu A$ to +30 $\mu A$ $V_{COMP} = 1.0V$	1.193	<b>0.678</b>	<b>2.259</b>	mmho
$A_{VOL}$	Error Amp Voltage Gain	$V_{COMP} = 0.5V$ to 1.6V $R_{COMP} = 1.0$ M $\Omega$ (Note 6)	260	151/ <b>75</b>		V/V

## LM2587-5.0 電氣的特性

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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> Test Circuit of Figure 2 (Note 4)						
$V_{OUT}$	Output Voltage	$V_{IN} = 4V$ to 12V $I_{LOAD} = 500$ mA to 1.45A	5.0	4.80/ <b>4.75</b>	5.20/ <b>5.25</b>	V
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta V_{IN}}$	Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 12V $I_{LOAD} = 500$ mA	20		50/ <b>100</b>	mV
$\frac{\Delta V_{OUT}}{\Delta I_{LOAD}}$	Load Regulation	$V_{IN} = 12V$ $I_{LOAD} = 500$ mA to 1.45A	20		50/ <b>100</b>	mV
$\eta$	Efficiency	$V_{IN} = 12V$ , $I_{LOAD} = 750$ mA	80			%
<b>UNIQUE DEVICE PARAMETERS</b> (Note 5)						
$V_{REF}$	Output Reference	Measured at Feedback Pin	5.0	4.913/ <b>4.900</b>	5.088/ <b>5.100</b>	V

**LM2587-5.0 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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
	Voltage	$V_{COMP} = 1.0V$				
$\Delta V_{REF}$	Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 40V	3.3			mV
$G_M$	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30 \mu A$ to +30 $\mu A$ $V_{COMP} = 1.0V$	0.750	<b>0.447</b>	<b>1.491</b>	mmho
$A_{VOL}$	Error Amp Voltage Gain	$V_{COMP} = 0.5V$ to 1.6V $R_{COMP} = 1.0 M\Omega$ (Note 6)	165	<b>99/49</b>		V/V

**LM2587-12 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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> Test Circuit of Figure 3 (Note 4)						
$V_{OUT}$	Output Voltage	$V_{IN} = 4V$ to 10V $I_{LOAD} = 300 mA$ to 1.2A	12.0	<b>11.52/11.40</b>	<b>12.48/12.60</b>	V
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 10V $I_{LOAD} = 300 mA$	20		<b>100/200</b>	mV
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{LOAD}$	Load Regulation	$V_{IN} = 10V$ $I_{LOAD} = 300 mA$ to 1.2A	20		<b>100/200</b>	mV
$\eta$	Efficiency	$V_{IN} = 10V$ , $I_{LOAD} = 1A$	90			%
<b>UNIQUE DEVICE PARAMETERS</b> (Note 5)						
$V_{REF}$	Output Reference Voltage	Measured at Feedback Pin $V_{COMP} = 1.0V$	12.0	<b>11.79/11.76</b>	<b>12.21/12.24</b>	V
$\Delta V_{REF}$	Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 40V	7.8			mV
$G_M$	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30 \mu A$ to +30 $\mu A$ $V_{COMP} = 1.0V$	0.328	<b>0.186</b>	<b>0.621</b>	mmho
$A_{VOL}$	Error Amp Voltage Gain	$V_{COMP} = 0.5V$ to 1.6V $R_{COMP} = 1.0 M\Omega$ (Note 6)	70	<b>41/21</b>		V/V

**LM2587-ADJ 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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
<b>SYSTEM PARAMETERS</b> Test Circuit of Figure 3 (Note 4)						
$V_{OUT}$	Output Voltage	$V_{IN} = 4V$ to 10V $I_{LOAD} = 300 mA$ to 1.2A	12.0	<b>11.52/11.40</b>	<b>12.48/12.60</b>	V
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to 10V $I_{LOAD} = 300 mA$	20		<b>100/200</b>	mV
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{LOAD}$	Load Regulation	$V_{IN} = 10V$ $I_{LOAD} = 300 mA$ to 1.2A	20		<b>100/200</b>	mV
$\eta$	Efficiency	$V_{IN} = 10V$ , $I_{LOAD} = 1A$	90			%
<b>UNIQUE DEVICE PARAMETERS</b> (Note 5)						
$V_{REF}$	Output Reference Voltage	Measured at Feedback Pin $V_{COMP} = 1.0V$	1.230	<b>1.208/1.205</b>	<b>1.252/1.255</b>	V

## LM2587-ADJ 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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
$\Delta V_{REF}$	Reference Voltage Line Regulation	$V_{IN} = 4V$ to $40V$	1.5			mV
$G_M$	Error Amp Transconductance	$I_{COMP} = -30 \mu A$ to $+30 \mu A$ $V_{COMP} = 1.0V$	3.200	<b>1.800</b>	<b>6.000</b>	mmho
$A_{VOL}$	Error Amp Voltage Gain	$V_{COMP} = 0.5V$ to $1.6V$ $R_{COMP} = 1.0 M\Omega$ (Note 6)	670	400/ <b>200</b>		V/V
$I_B$	Error Amp Input Bias Current	$V_{COMP} = 1.0V$	125		425/ <b>600</b>	nA

## 出力電圧の全タイプの電気的特性 (Note 5)

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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
$I_S$	Input Supply Current	(Switch Off) (Note 8)	11		15.5/ <b>16.5</b>	mA
		$I_{SWITCH} = 3.0A$	85		140/ <b>165</b>	mA
$V_{UV}$	Input Supply Undervoltage Lockout	$R_{LOAD} = 100\Omega$	3.30	<b>3.05</b>	<b>3.75</b>	V
$f_O$	Oscillator Frequency	Measured at Switch Pin $R_{LOAD} = 100\Omega$ $V_{COMP} = 1.0V$	100	85/ <b>75</b>	115/ <b>125</b>	kHz
$f_{SC}$	Short-Circuit Frequency	Measured at Switch Pin $R_{LOAD} = 100\Omega$ $V_{FEEDBACK} = 1.15V$	25			kHz
$V_{EAO}$	Error Amplifier Output Swing	Upper Limit (Note 7)	2.8	2.6/ <b>2.4</b>		V
		Lower Limit (Note 8)	0.25		0.40/ <b>0.55</b>	V
$I_{EAO}$	Error Amp Output Current (Source or Sink)	(Note 9)	165	110/ <b>70</b>	260/ <b>320</b>	$\mu A$
$I_{SS}$	Soft Start Current	$V_{FEEDBACK} = 0.92V$ $V_{COMP} = 1.0V$	11.0	8.0/ <b>7.0</b>	17.0/ <b>19.0</b>	$\mu A$
D	Maximum Duty Cycle	$R_{LOAD} = 100\Omega$ (Note 7)	98	93/ <b>90</b>		%
$I_L$	Switch Leakage Current	Switch Off $V_{SWITCH} = 60V$	15		300/ <b>600</b>	$\mu A$
$V_{SUS}$	Switch Sustaining Voltage	$dV/dT = 1.5V/ns$		65		V
$V_{SAT}$	Switch Saturation Voltage	$I_{SWITCH} = 5.0A$	0.7		1.1/ <b>1.4</b>	V
$I_{CL}$	NPN Switch Current Limit		6.5	<b>5.0</b>	<b>9.5</b>	A

## COMMON DEVICE PARAMETERS (Note 4)

$\theta_{JA}$	Thermal Resistance	T Package, Junction to Ambient (Note 10)	65			
$\theta_{JA}$		T Package, Junction to Ambient (Note 11)	45			
$\theta_{JC}$		T Package, Junction to Case	2			

## 出力電圧の全タイプの電気的特性 (Note 5)( 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、 $V_{IN} = 5V$ 。

Symbol	Parameters	Conditions	Typical	Min	Max	Units
$\theta_{JA}$		S Package, Junction to Ambient (Note 12)	56			$^{\circ}C/W$
$\theta_{JA}$		S Package, Junction to Ambient (Note 13)	35			
$\theta_{JA}$		S Package, Junction to Ambient (Note 14)	26			
$\theta_{JC}$		S Package, Junction to Case	2			

**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、試験条件については「電気的特性」を参照ください。

**Note 2:** 昇圧レギュレータでは、スイッチ電流と出力電流は等しくありません。LM2587 を昇圧レギュレータとして構成した場合、出力電流は IC により制限されません。スイッチの損傷を防ぐため、出力電流は外部で 5A に制限しなければなりません。ただし、LM2587 をフライバック・レギュレータとして構成した場合、出力電流は内部制限がかかります（「アプリケーション・ヒント」参照）。

**Note 3:** デバイスの接合部温度 ( $T_J$ ) は、周囲温度 ( $T_A$ )、接合部 - 周囲間熱抵抗 ( $\theta_{JA}$ ) と、デバイスの消費電力 ( $P_D$ ) の関数になります。熱暴走保護回路は、デバイスの温度が最大接合部温度を超えると動作します ( $P_D \times \theta_{JA} + T_{A(MAX)} \leq T_{J(MAX)}$ )。安全な熱設計のため、デバイスでの最大消費電力が次式を満たすことを確認してください。  $P_D \leq [T_{J(MAX)} - T_{A(MAX)}] / \theta_{JA}$ 。熱設計にマージンを持たせるため、最大許容消費電力を計算するとき、最大接合部温度をデレーティングしてください。

**Note 4:** 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。LM2587 を Figure 2、3 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」の項に示します。

**Note 5:** 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。

**Note 6:**  $A_{VOL}$  を正確に測るため、コンペンセーション・ピン (Comp: エラー・アンプの出力) に 1.0M  $\Omega$  の抵抗を接続します。

**Note 7:** このパラメータを測定するとき、出力トランジスタをオンするため、帰還電圧は低い値 (Adj:  $V_{FB} = 1.05V, 3.3V: V_{FB} = 2.81V, 5.0V: V_{FB} = 4.25V, 12V: V_{FB} = 10.20V$ ) に設定し、エラー・アンプの出力を HIGH にします。

**Note 8:** このパラメータを測定するとき、出力トランジスタをオフするため、帰還電圧は高い値 (Adj:  $V_{FB} = 1.41V, 3.3V: V_{FB} = 3.80V, 5.0V: V_{FB} = 5.75V, 12V: V_{FB} = 13.80V$ ) に設定し、エラー・アンプの出力を LOW にします。

**Note 9:** エラー・アンプの出力電流の最悪値を測定するため、LM2587 は帰還電圧を低い値 (Note 7 で規定) と高い値 (Note 8 で規定) にし、テストされます。

**Note 10:** 5ピン TO-220 パッケージを最小銅エリアを備えたプリント基板に垂直に、0.5 インチのリードでソケットを使用して、または直接実装した時の接合部 - 周囲間熱抵抗 (ヒートシンクなし)。

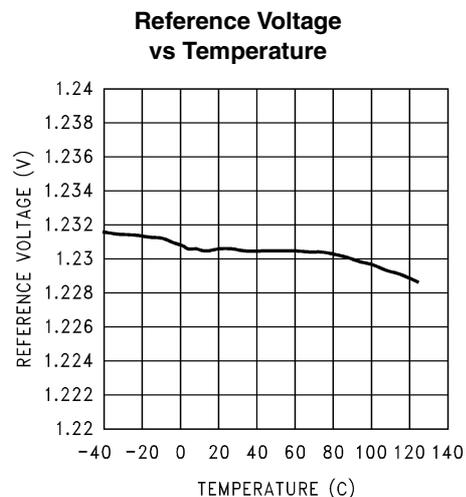
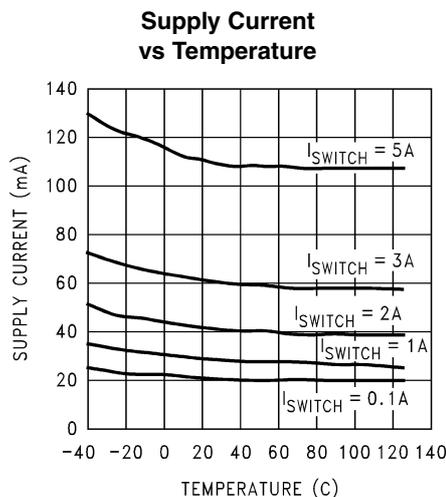
**Note 11:** 5ピン TO-220 パッケージをリードを囲む 4 平方インチの銅エリアを備えたプリント基板に、0.5 インチのリードで垂直に実装した時の接合部 - 周囲間熱抵抗 (ヒートシンクなし)。

**Note 12:** 5ピン TO-263 パッケージを 0.136 平方インチ (TO-263 パッケージと同サイズ、厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備えた基板に水平に実装した時の接合部 - 周囲間熱抵抗。

**Note 13:** 5ピン TO-263 パッケージを 0.4896 平方インチ (TO-263 パッケージの 3.6 倍のサイズ、厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備えた基板に水平に実装した時の接合部 - 周囲間熱抵抗。

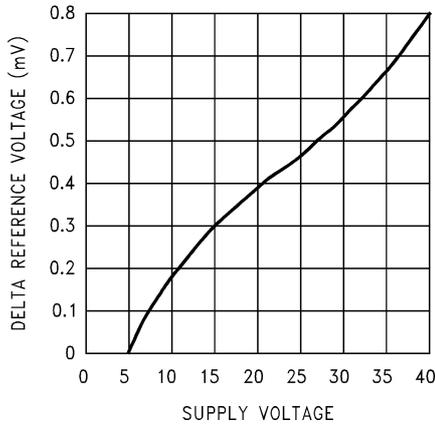
**Note 14:** 5ピン TO-263 パッケージを 1.0064 平方インチ (TO-263 パッケージの 7.4 倍のサイズ、厚さ 35  $\mu m$ ) の銅エリアを備えた基板に水平に実装した時の接合部 - 周囲間熱抵抗。さらに銅エリアを追加すると、熱抵抗が下がります。Switchers Made Simple<sup>®</sup> ソフトウェアの「熱モデル」を参照してください。

## 代表的な性能特性 ( つづき)

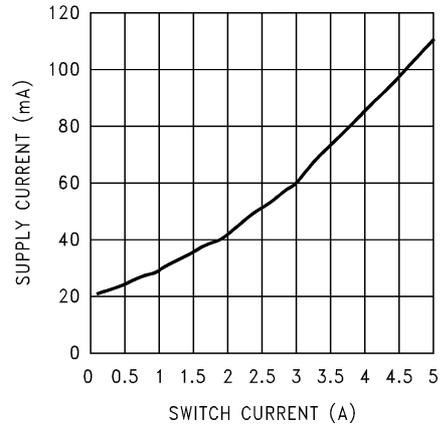


代表的な性能特性 (つぎ)

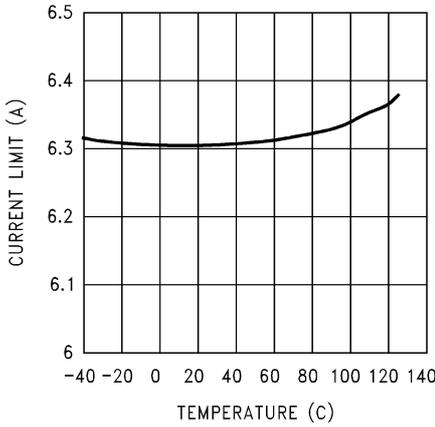
Reference Voltage vs Supply Voltage



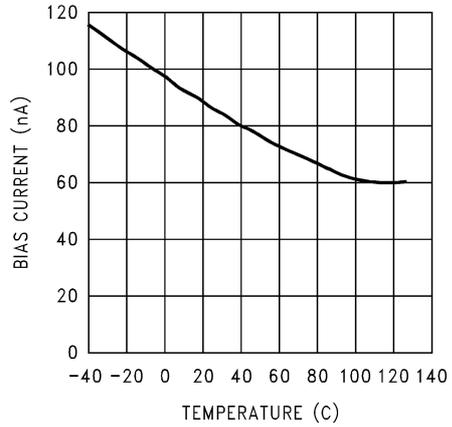
Supply Current vs Switch Current



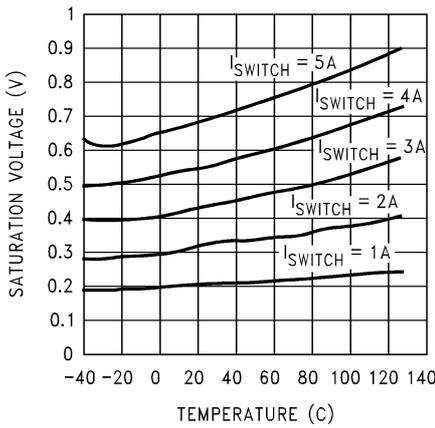
Current Limit vs Temperature



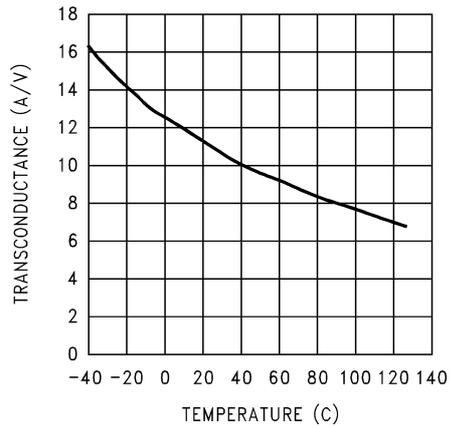
Feedback Pin Bias Current vs Temperature



Switch Saturation Voltage vs Temperature

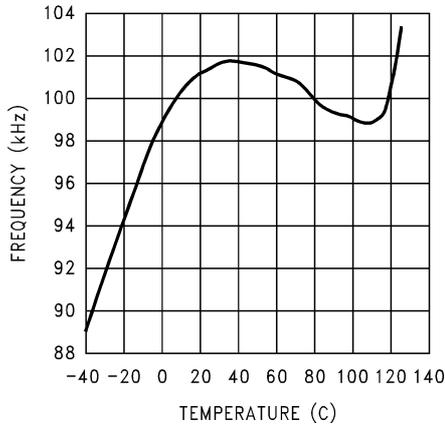


Switch Transconductance vs Temperature

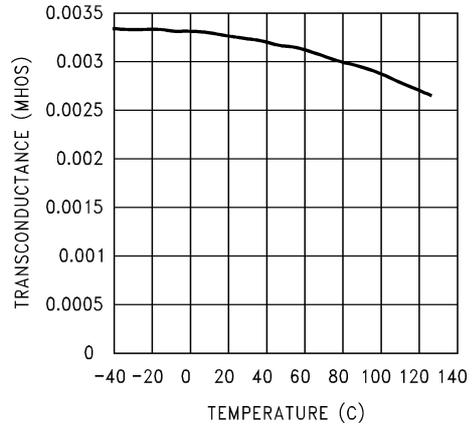


代表的な性能特性 (つづき)

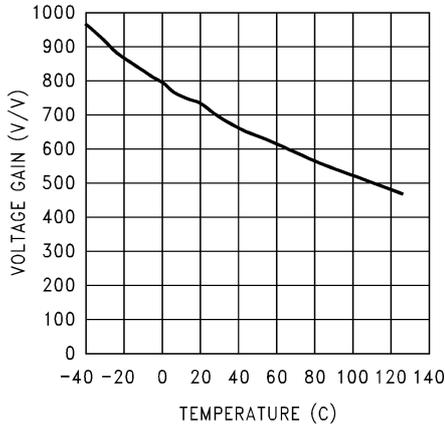
**Oscillator Frequency vs Temperature**



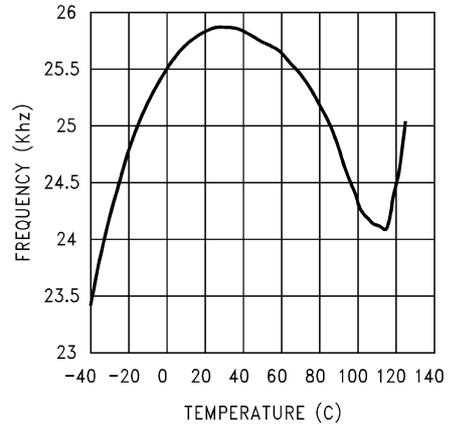
**Error Amp Transconductance vs Temperature**



**Error Amp Voltage Gain vs Temperature**



**Short Circuit Frequency vs Temperature**



配置図

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

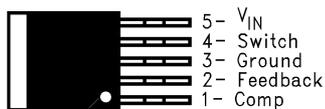


**Bent, Staggered Leads  
5-Lead TO-220 (T)  
Side View**



Order Number LM2587T-3.3, LM2587T-5.0,  
LM2587T-12 or LM2587T-ADJ  
See NS Package Number T05D

**5-Lead TO-263 (S)  
Top View**

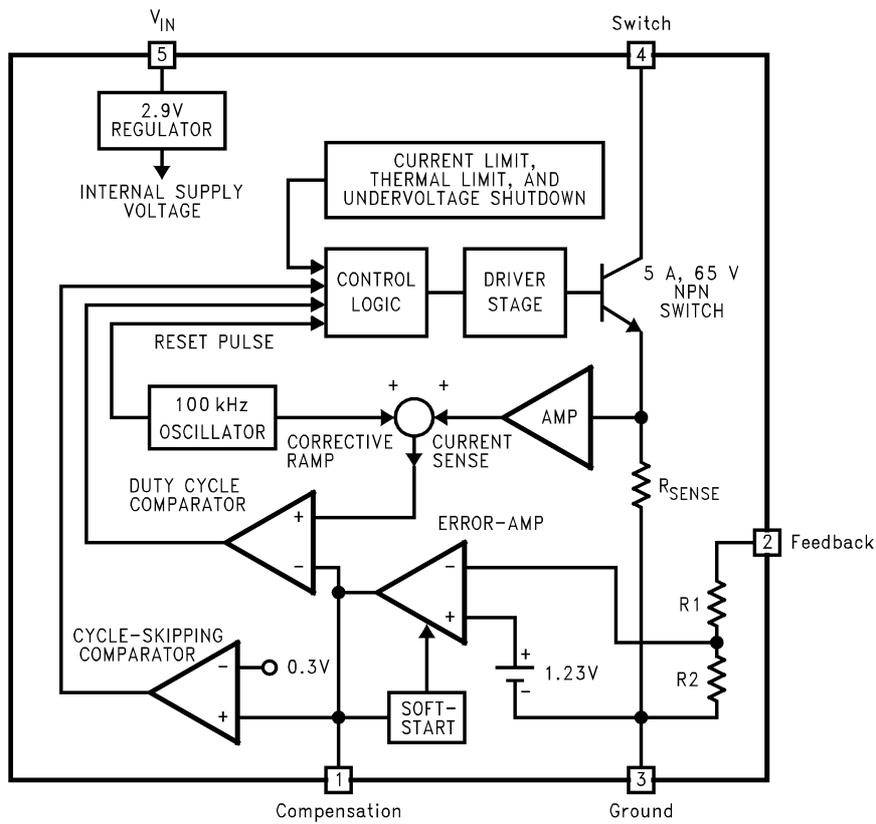


**5-Lead TO-263 (S)  
Side View**



Order Number LM2587S-3.3, LM2587S-5.0,  
LM2587S-12 or LM2587S-ADJ  
See NS Package Number TS5B

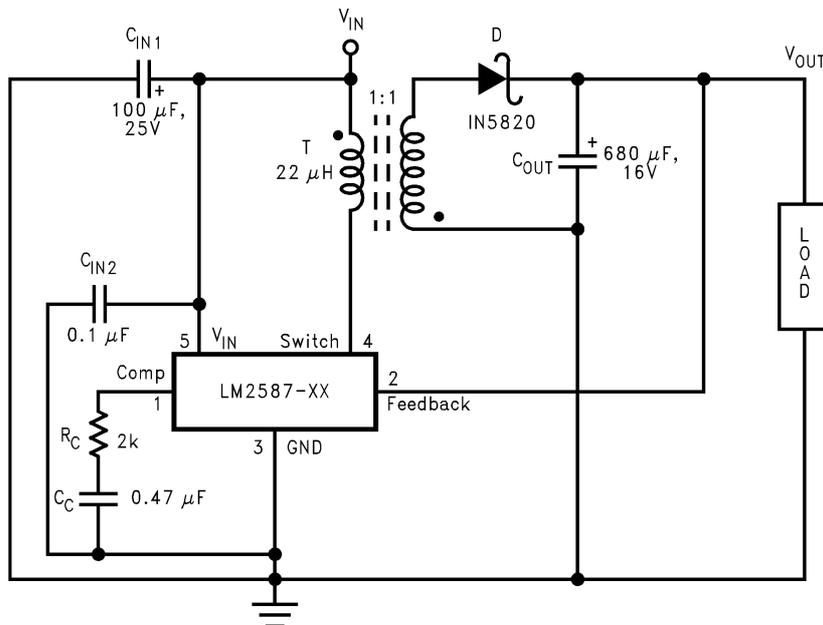
ブロック図



For Fixed Versions 3.3V, R1 = 3.4k, R2 = 2k5V, R1 = 6.15k, R2 = 2k12V, R1 = 8.73k, R2 = 1k For Adj. Version R1 = Short (0), R2 = Open

FIGURE 1.

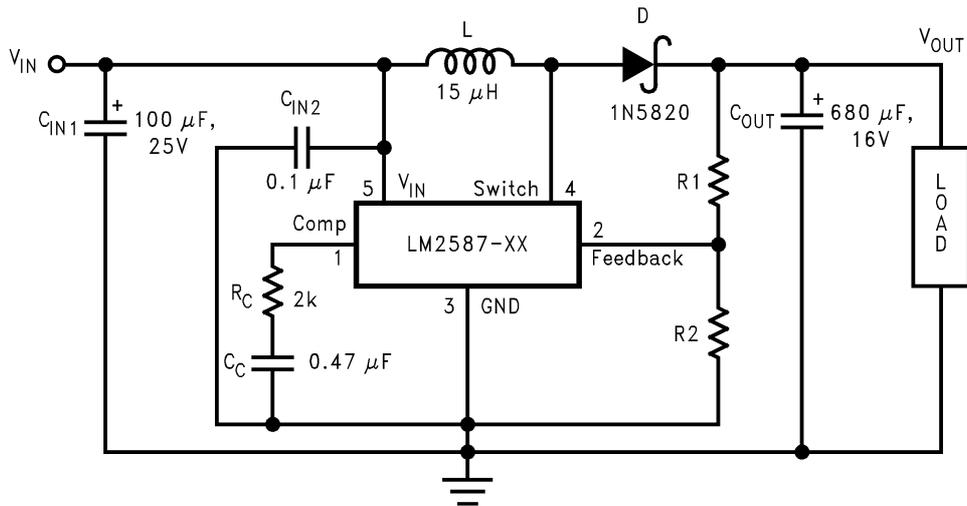
テスト回路



C<sub>IN1</sub> 100 μF, 25V Aluminum Electrolytic C<sub>IN2</sub> 0.1 μF Ceramic T 22 μH, 1:1 Schott #67141450D 1N5820 C<sub>OUT</sub> 680 μF, 16V Aluminum Electrolytic C<sub>C</sub> 0.47 μF Ceramic R<sub>C</sub> 2k

FIGURE 2. LM2587-3.3 and LM2587-5.0

## テスト回路(つぎ)



$C_{IN1}$  100  $\mu$ F, 25V Aluminum Electrolytic  $C_{IN2}$  0.1  $\mu$ F Ceramic  $L$  15  $\mu$ H, Renco #RL-5472-5D 1N5820  $C_{OUT}$  680  $\mu$ F, 16V Aluminum Electrolytic  $C_C$  0.47  $\mu$ F Ceramic  $R_C$  2k For 12V Devices:  $R_1$  = Short ( ) and  $R_2$  = Open For ADJ Devices:  $R_1$  = 48.75k,  $\pm$  0.1% and  $R_2$  = 5.62k,  $\pm$  1%

**FIGURE 3. LM2587-12 and LM2587-ADJ**

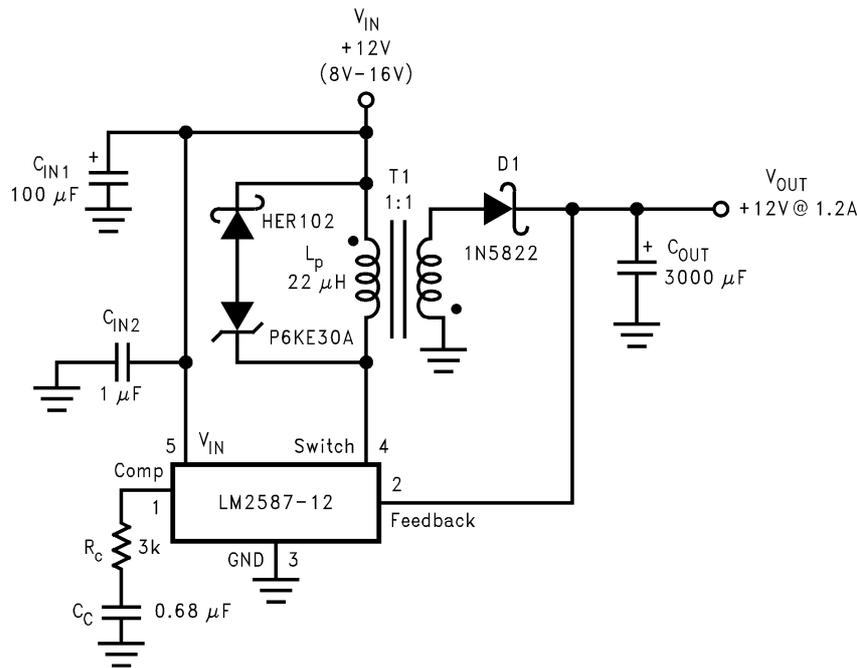
## フライバック・レギュレータの動作

LM2587 はフライバック・レギュレータで使うのに適した IC です。フライバック・レギュレータは、Figure 4 に示されているように単一電圧の出力も、複数電圧の出力もできます。Figure 4 のフライバック・レギュレータは、入力電圧範囲内にある電圧を出力します。これはフライバック・レギュレータ特有の性質で、バック・レギュレータや昇圧レギュレータではこのような出力を作ることではできません。

フライバック・レギュレータは次のように動作します (Figure 4 を参照)。スイッチがオンするとき、トランス T1 の 1 次側に電流が流れトランス・コアにエネルギーを蓄積します。1 次巻線と 2 次巻線では位相が反転しているので、電流が 1 次側を流れるとき 2 次側には電流が流れません。スイッチがオフすると、磁界がなくなり 1

次巻線と 2 次巻線の電圧の極性が反転します。このとき D1 は順方向にバイアスされて電流が流れ、トランスに蓄積されたエネルギーが開放されます。これにより出力に電圧が発生します。

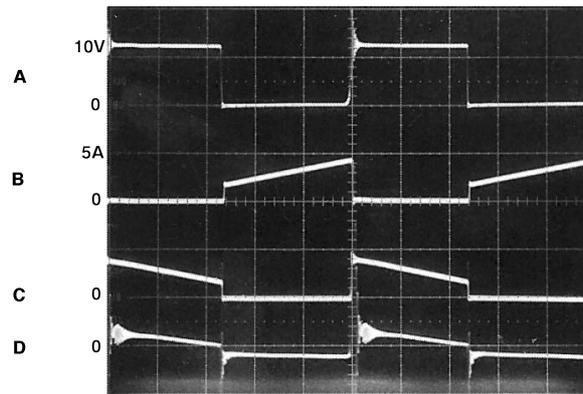
出力電圧は、ピーク・スイッチ電流の変調により制御されます。これは出力電圧の分圧をエラー・アンプへ帰還することによって行われます。エラー・アンプは帰還電圧と 1.230V の基準電圧の差を増幅します。エラー・アンプの出力電圧はスイッチ電流 (スイッチがオンしているときのインダクタ電流) に比例するランプ電圧と比較されます。コンパレータは、これら 2 つの電圧が等しくなるとスイッチ・オン時間を終わらせ、スイッチ電流のピークを制御して出力電圧を一定に保ちます。



(Figure 4 に示されているように) 少数の外付け部品だけで、LM2587 をフライバック・レギュレータとして動作させることができます。このレギュレータのスイッチング波形を Figure 5 に示します。この回路の動作時の Typical Performance Characteristics を Figure 6 に示します。

FIGURE 4. 12V Flyback Regulator Design Example

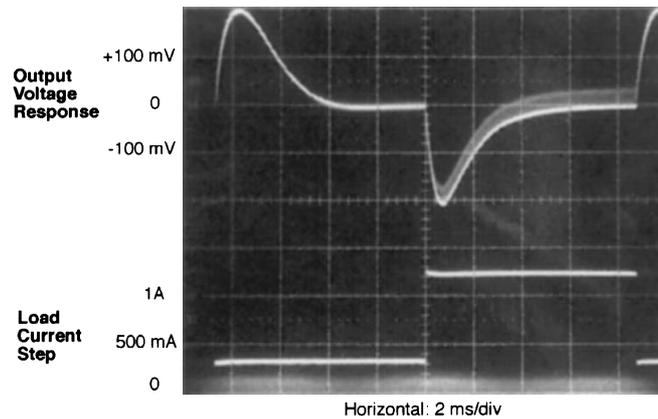
## 代表的な性能特性



A: Switch Voltage, 10 V/div  
B: Switch Current, 5 A/div  
C: Output Rectifier Current, 5 A/div  
D: Output Ripple Voltage, 100 mV/div  
AC-Coupled

Horizontal: 2  $\mu$ s/div

**FIGURE 5. Switching Waveforms**



**FIGURE 6.  $V_{OUT}$  Load Current Step Response**

## 代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション

Figure 7 ~ Figure 12 に、単出力から 3 出力の 6 つのフライバック・レギュレータの回路例を示します。各図には、トランスを除いて各部品の部品番号とメーカー名が示してあります。トランスの部品番号とメーカー名については Figure 13 の表をご覧ください。LM2587-ADJ を使用する電圧の場合や他の出力条件の場合は、ソフトウェア Switchers Made Simple (Version 4.3 以降) を参照してください。

代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション(つづき)

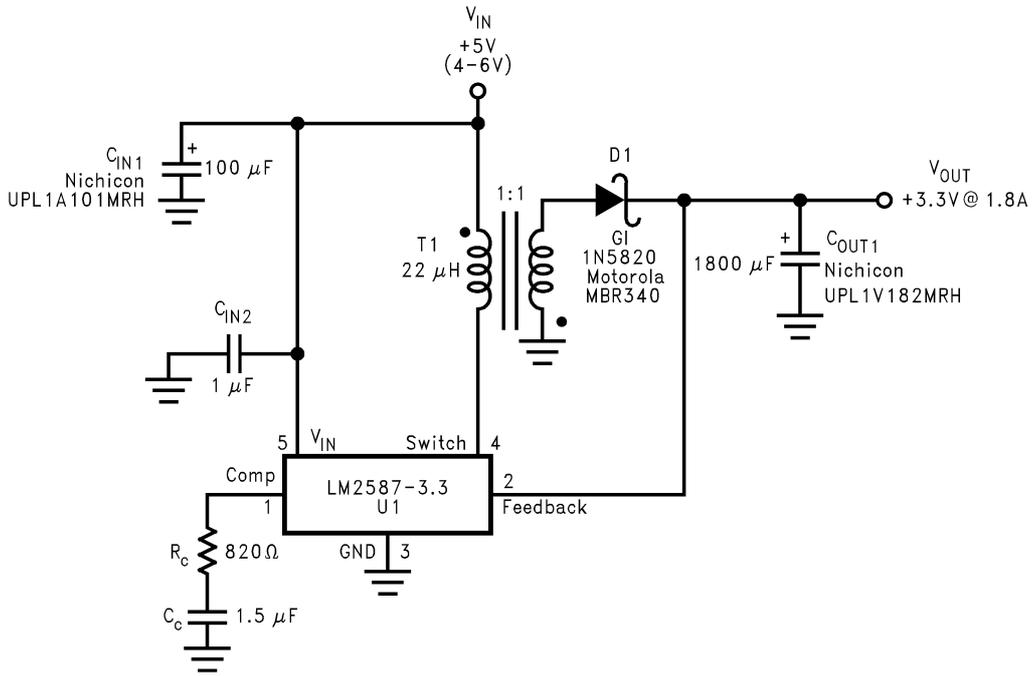


FIGURE 7. Single-Output Flyback Regulator

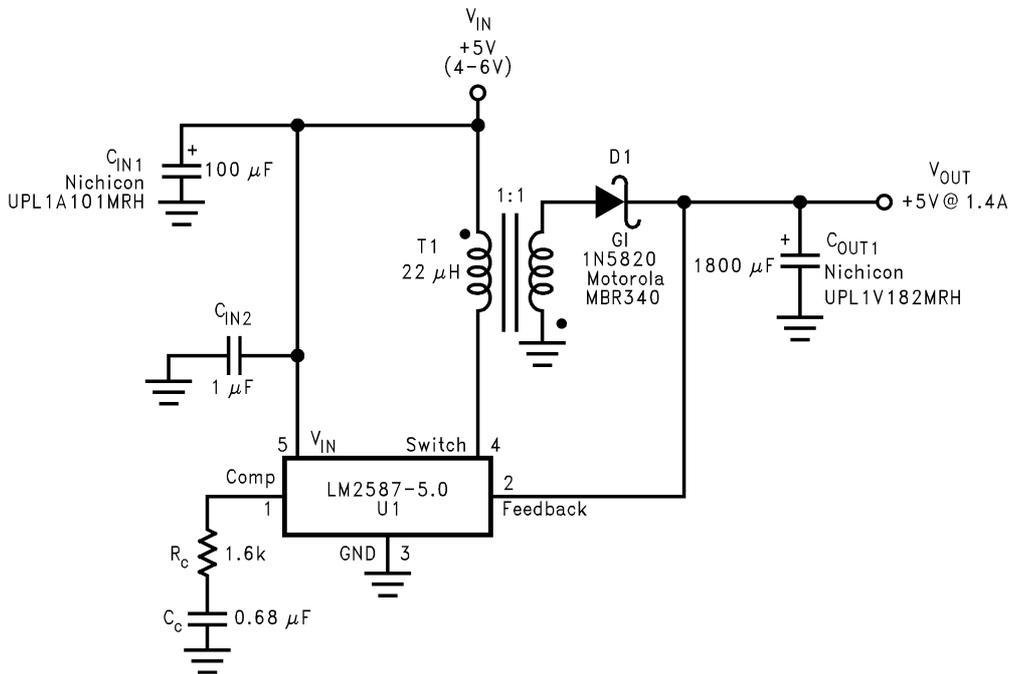


FIGURE 8. Single-Output Flyback Regulator

## 代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション(つづき)

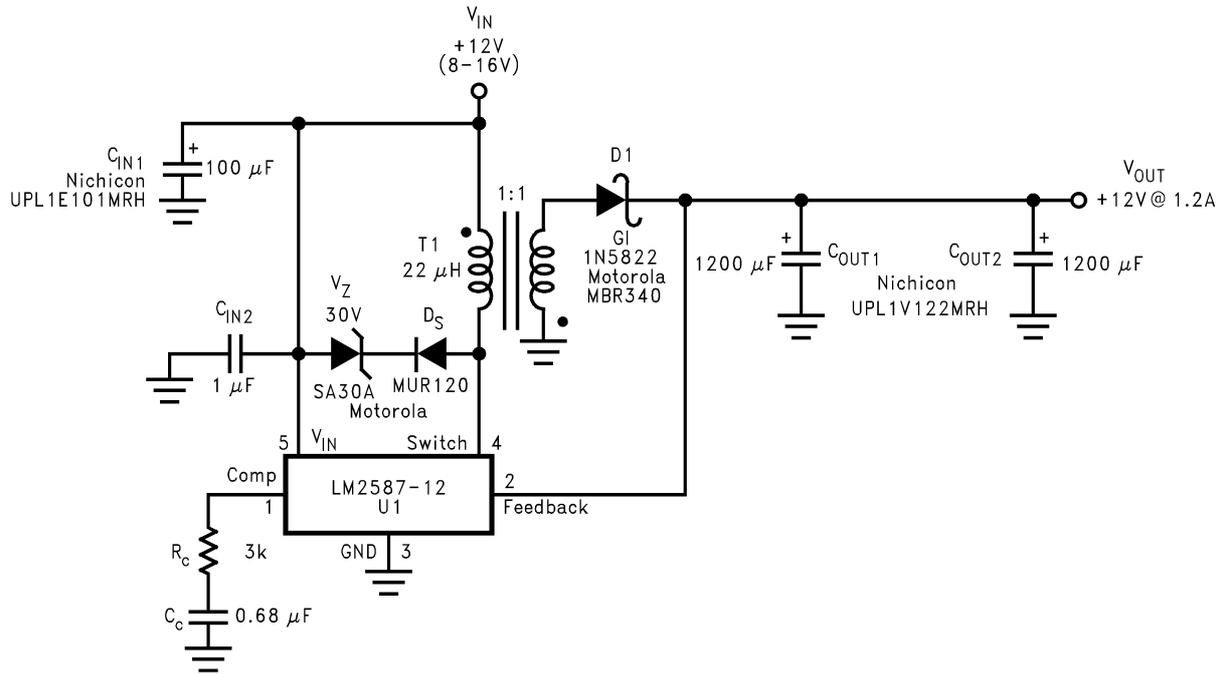


FIGURE 9. Single-Output Flyback Regulator

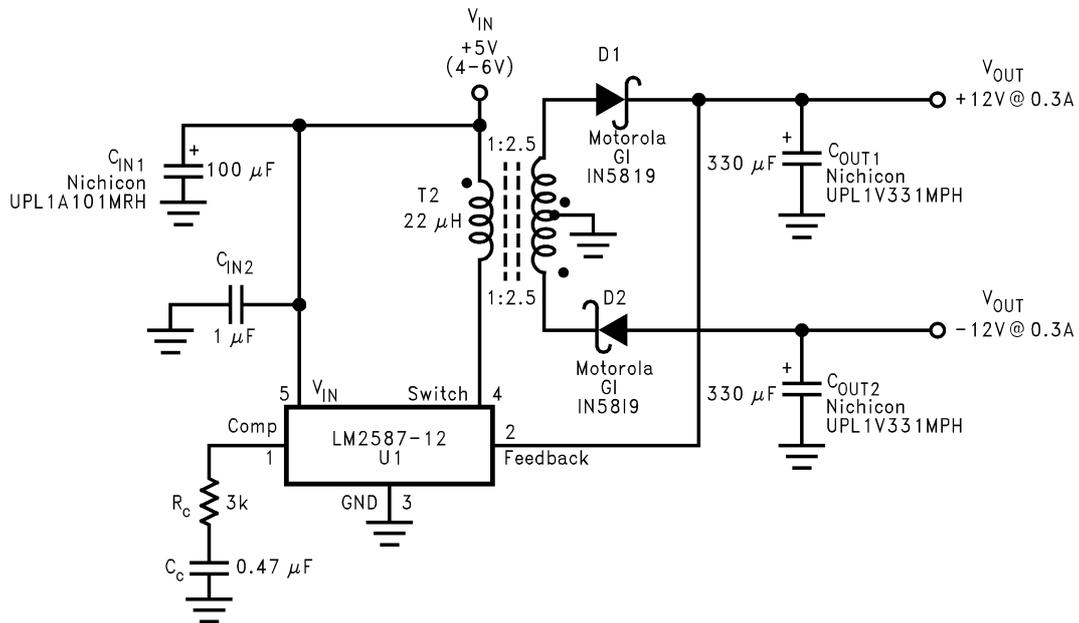


FIGURE 10. Dual-Output Flyback Regulator



## 代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション (つづき)

Applications	Figure 7	Figure 8	Figure 9	Figure 10	Figure 11	Figure 12
Transformers	T1	T1	T1	T2	T3	T4
$V_{IN}$	4V–6V	4V–6V	8V–16V	4V–6V	18V–36V	18V–36V
$V_{OUT1}$	3.3V	5V	12V	12V	12V	5V
$I_{OUT1}$ (Max)	1.8A	1.4A	1.2A	0.3A	1A	2.5A
$N_1$	1	1	1	2.5	0.8	0.35
$V_{OUT2}$				-12V	-12V	12V
$I_{OUT2}$ (Max)				0.3A	1A	0.5A
$N_2$				2.5	0.8	0.8
$V_{OUT3}$						-12V
$I_{OUT3}$ (Max)						0.5A
$N_3$						0.8

FIGURE 13. Transformer Selection Table

Transformer Type	Manufacturers' Part Numbers				
	Coilcraft (Note 15)	Coilcraft (Note 15) Surface Mount	Pulse (Note 16) Surface Mount	Renco (Note 17)	Schott (Note 18)
T1	Q4434-B	Q4435-B	PE-68411	RL-5530	67141450
T2	Q4337-B	Q4436-B	PE-68412	RL-5531	67140860
T3	Q4343-B	—	PE-68421	RL-5534	67140920
T4	Q4344-B	—	PE-68422	RL-5535	67140930

**Note 15:** Coilcraft Inc., Phone: (800) 322-2645

1102 Silver Lake Road, Cary, IL 60013 Fax: (708) 639-1469

**Note 16:** Pulse Engineering Inc., Phone: (619) 674-8100

12220 World Trade Drive, San Diego, CA 92128 Fax: (619) 674-8262

**Note 17:** Renco Electronics Inc., Phone: (800) 645-5828

60 Jeffryn Blvd. East, Deer Park, NY 11729 Fax: (516) 586-5562

**Note 18:** Schott Corp., Phone: (612) 475-1173

1000 Parkers Lane Road, Wayzata, MN 55391 Fax: (612) 475-1786

FIGURE 14. Transformer Manufacturer Guide

## トランスのフットプリント (端子配置図)

Figure 15 ~ Figure 32 に、Figure 14 に載っている各トランスのフットプリントを示します。

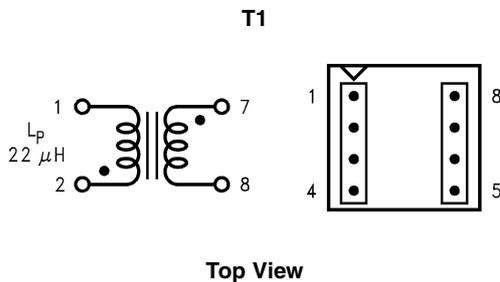


FIGURE 15. Coilcraft Q4434-B

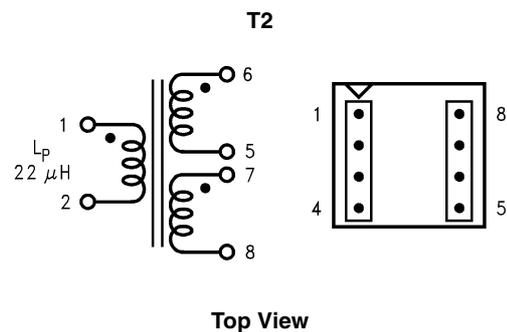
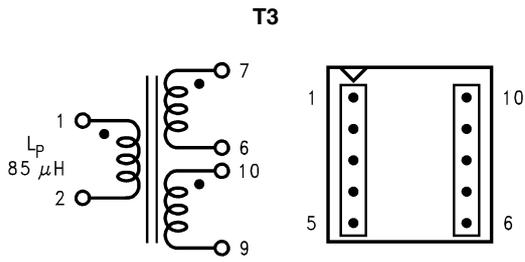


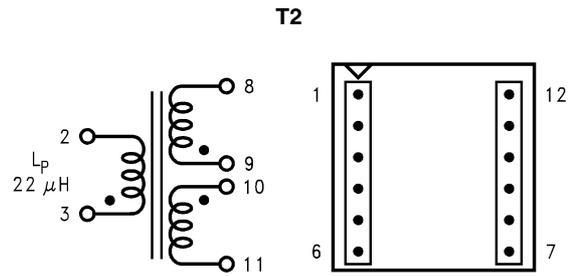
FIGURE 16. Coilcraft Q4337-B

代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション(つづき)



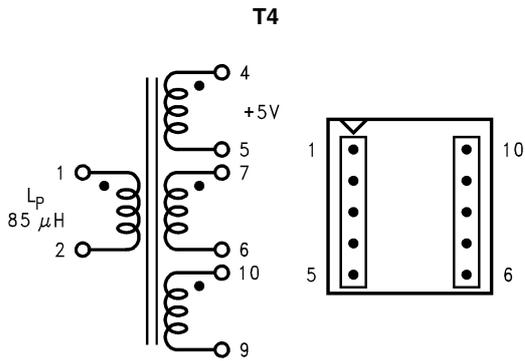
Top View

FIGURE 17. Coilcraft Q4343-B



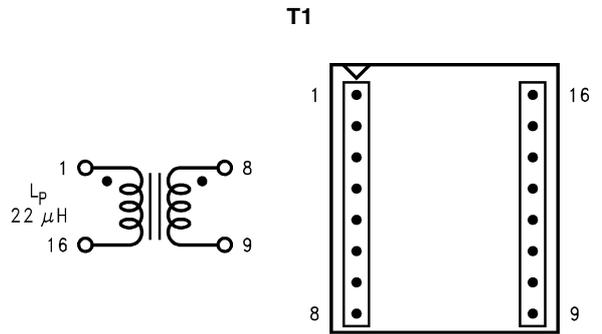
Top View

FIGURE 20. Coilcraft Q4436-B  
(Surface Mount)



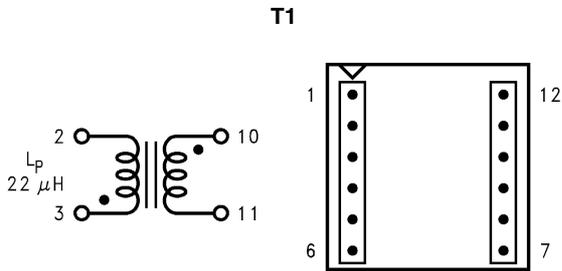
Top View

FIGURE 18. Coilcraft Q4344-B



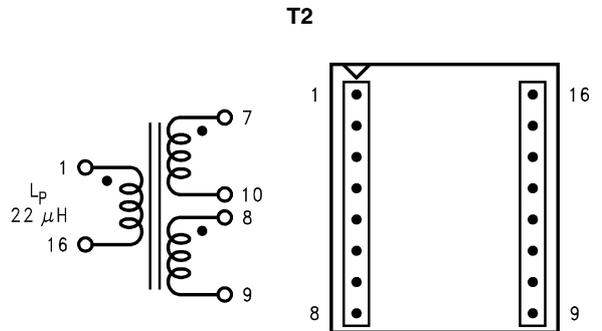
Top View

FIGURE 21. Pulse PE-68411  
(Surface Mount)



Top View

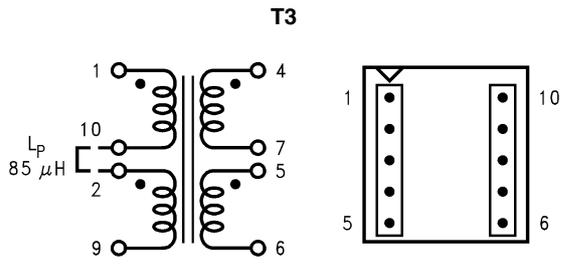
FIGURE 19. Coilcraft Q4435-B  
(Surface Mount)



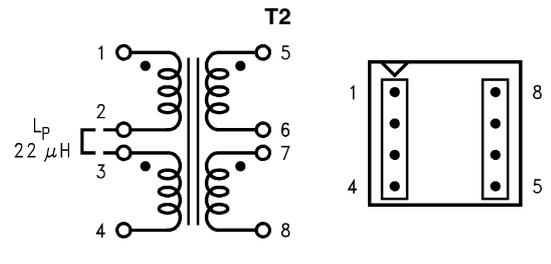
Top View

FIGURE 22. Pulse PE-68412  
(Surface Mount)

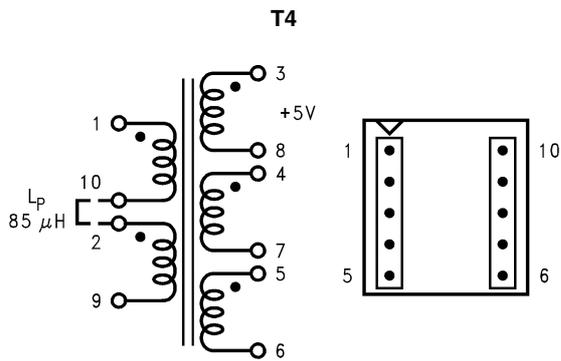
代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション(つづき)



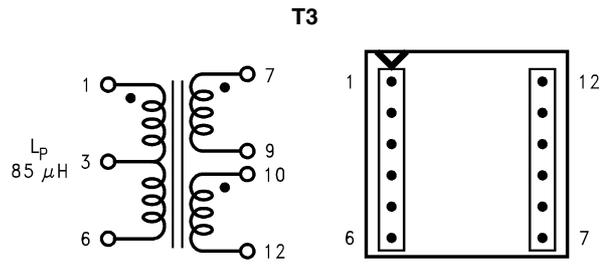
Top View  
**FIGURE 23. Pulse PE-68421 (Surface Mount)**



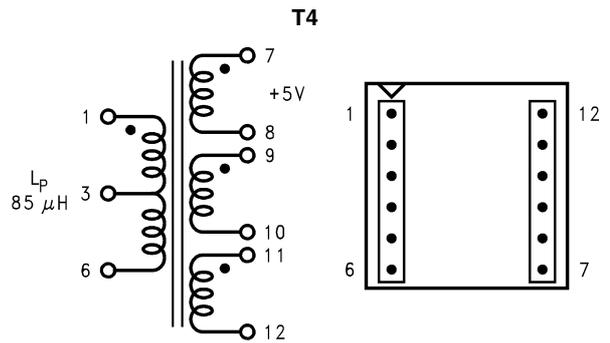
Top View  
**FIGURE 26. Renco RL-5531**



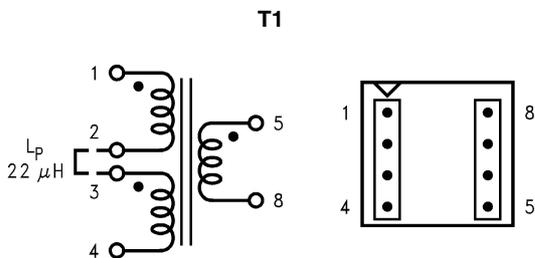
Top View  
**FIGURE 24. Pulse PE-68422 (Surface Mount)**



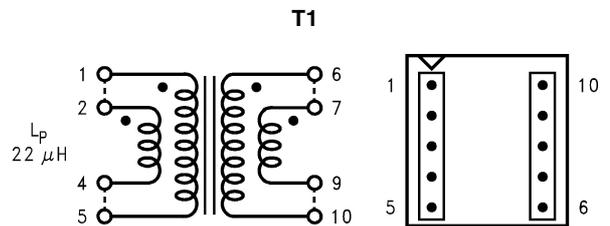
Top View  
**FIGURE 27. Renco RL-5534**



Top View  
**FIGURE 28. Renco RL-5535**



Top View  
**FIGURE 25. Renco RL-5530**



Top View  
**FIGURE 29. Schott 67141450**

代表的なフライバック・レギュレータのアプリケーション(つづき)

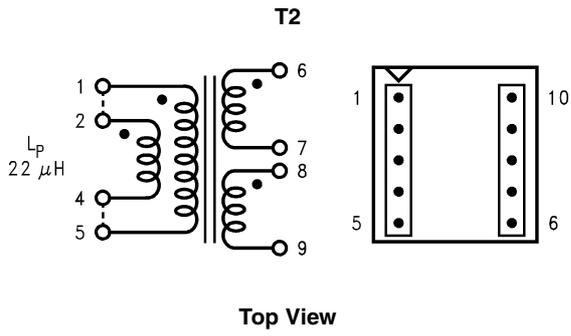


FIGURE 30. Schott 67140860

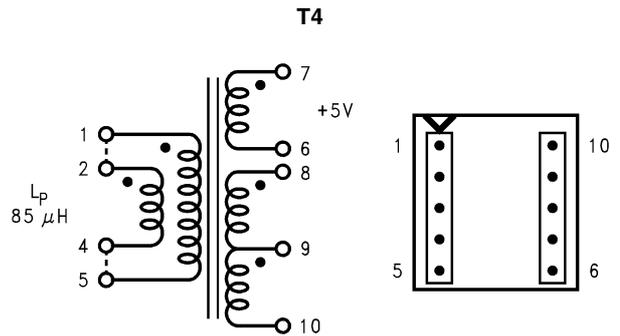


FIGURE 32. Schott 67140930

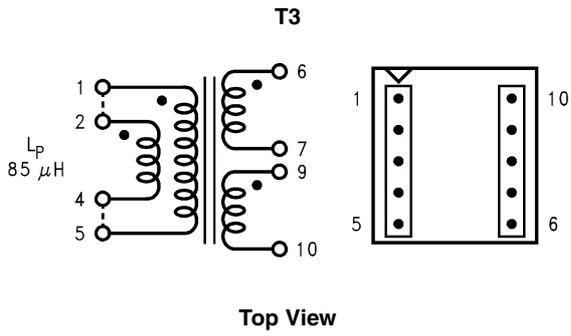


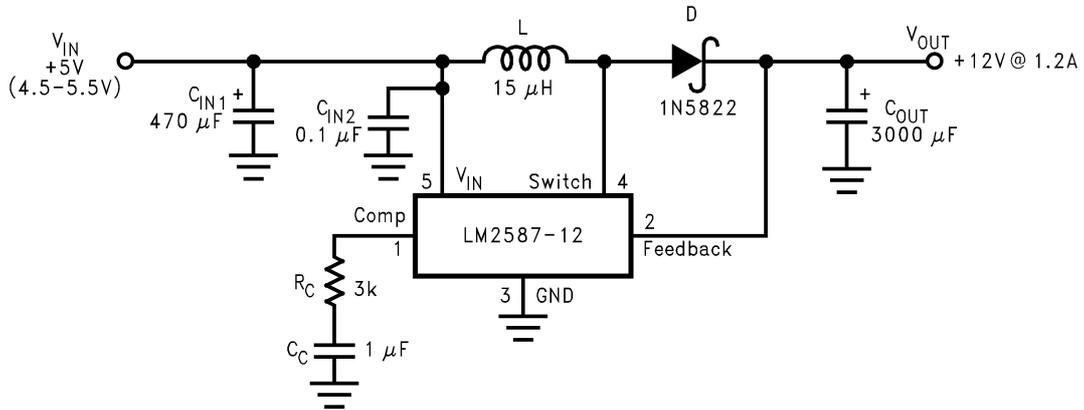
FIGURE 31. Schott 67140920

## 昇圧 (ブースト) レギュレータの動作

Figure 33 に、LM2587 を昇圧 (ブースト) レギュレータとして使った例を示します。この回路は、入力電圧より大きな電圧を出力するスイッチング・レギュレータです。

LM2587 の昇圧レギュレータがどのように動作するかを簡単に説明します (Figure 33 を参照)。NPN スイッチがオンすると、インダクタ電流が  $V_{IN}/L$  の割合で増加しインダクタにエネルギーを蓄積し

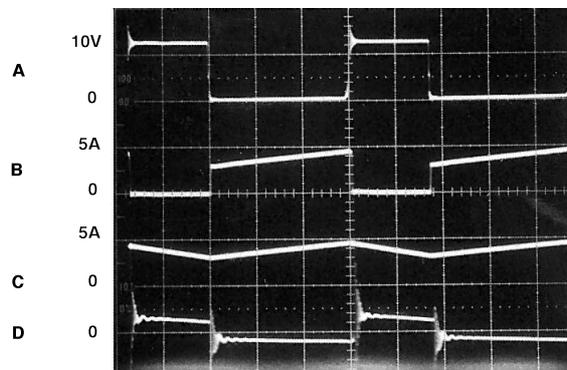
ます。スイッチがオフすると、インダクタのスイッチ側が  $V_{IN}$  より高くなり、その電流をダイオード (D) を通して、 $(V_{OUT} - V_{IN})/L$  の割合で出力コンデンサ ( $C_{OUT}$ ) へ流します。つまりスイッチがオンしている間にインダクタに蓄積されたエネルギーは、スイッチがオフしている間に出力に移ります。出力電圧はフライバック・レギュレータと同様に、ピークのスイッチ電流を調整すると制御されます。



(Figure 33 に示されているように) 少数の外付け部品だけで、LM2587 を昇圧レギュレータとして動作させることができます。この回路の動作時のスイッチング波形を Figure 34 に示します。Figure 35 にトランジェント・レスポンスを示します。

FIGURE 33. 12V Boost Regulator

## 代表的な性能特性



A: Switch Voltage, 10 V/div  
B: Switch Current, 5 A/div  
C: Inductor Current, 5 A/div  
D: Output Ripple Voltage, 100 mV/div, AC-Coupled

Horizontal: 2  $\mu$ s/div

FIGURE 34. Switching Waveforms

代表的な性能特性 (つづき)

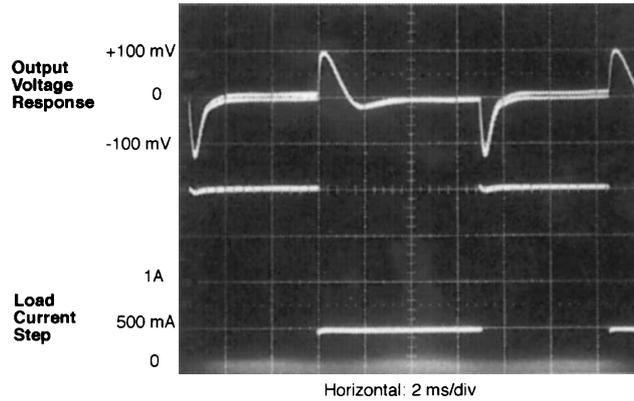


FIGURE 35.  $V_{OUT}$  Response to Load Current Step

代表的な昇圧レギュレータのアプリケーション

Figure 36、Figure 38 ~ Figure 40 に、4 つの代表的な昇圧レギュレータを示します。1 つは固定型、3 つは可変型の LM2587 を使用しています。各図には各 부품の部品番号とメーカー名が示されています。12V 出力のアプリケーションでは、インダクタの部品

番号とメーカー名を Figure 37 の表に示してあります。他の出力電圧のアプリケーションについては、Switchers Made Simple (Version 4.3 以降) を参照してください。

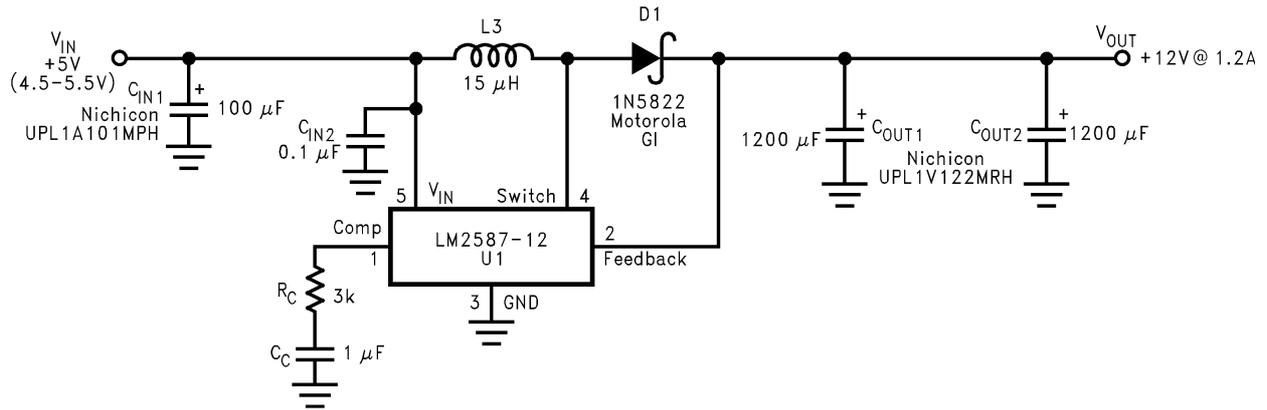


FIGURE 36. + 5V to + 12V Boost Regulator

Figure 37 の表には Figure 36 の固定出力レギュレータのための標準インダクタの部品番号とメーカー名が示されています。

Coilcraft (Note 19)	Pulse (Note 20)	Renco (Note 21)	Schott (Note 22)
R4793-A	PE-53900	RL-5472-5	67146520

- Note 19:** Coilcraft Inc., Phone: (800) 322-2645  
1102 Silver Lake Road, Cary, IL 60013: Fax: (708) 639-1469
- Note 20:** Pulse Engineering Inc., Phone: (619) 674-8100  
12220 World Trade Drive, San Diego, CA 92128: Fax: (619) 674-8262
- Note 21:** Renco Electronics Inc., Phone: (800) 645-5828  
60 Jeffryn Blvd. East, Deer Park, NY 11729: Fax: (516) 586-5562
- Note 22:** Schott Corp., Phone: (612) 475-1173  
1000 Parkers Lane Road, Wayzata, MN 55391: Fax: (612) 475-1786

FIGURE 37. Inductor Selection Table

## 代表的な昇圧レギュレータのアプリケーション (つづき)

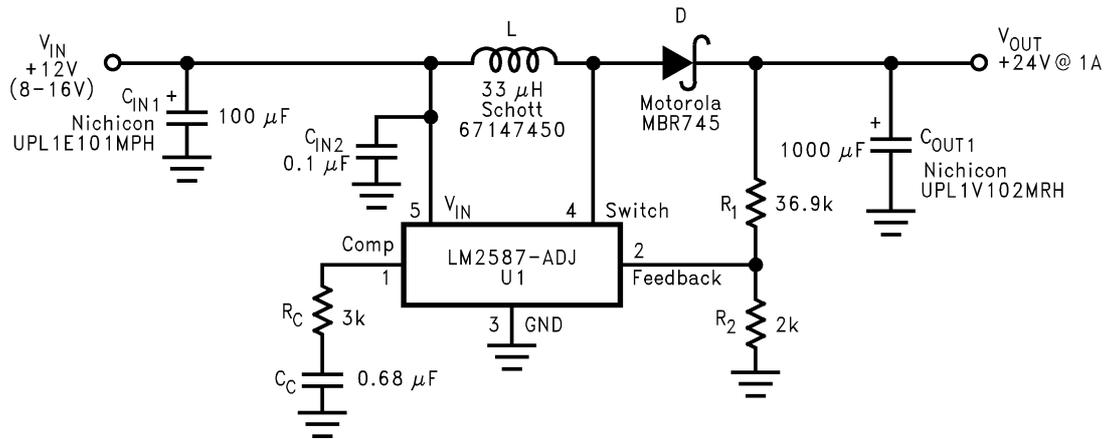


FIGURE 38. +12V to +24V Boost Regulator

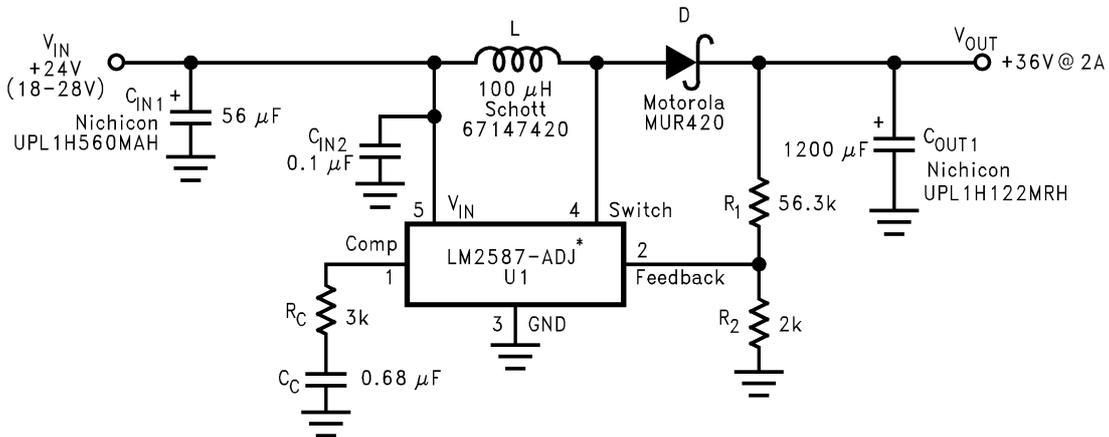
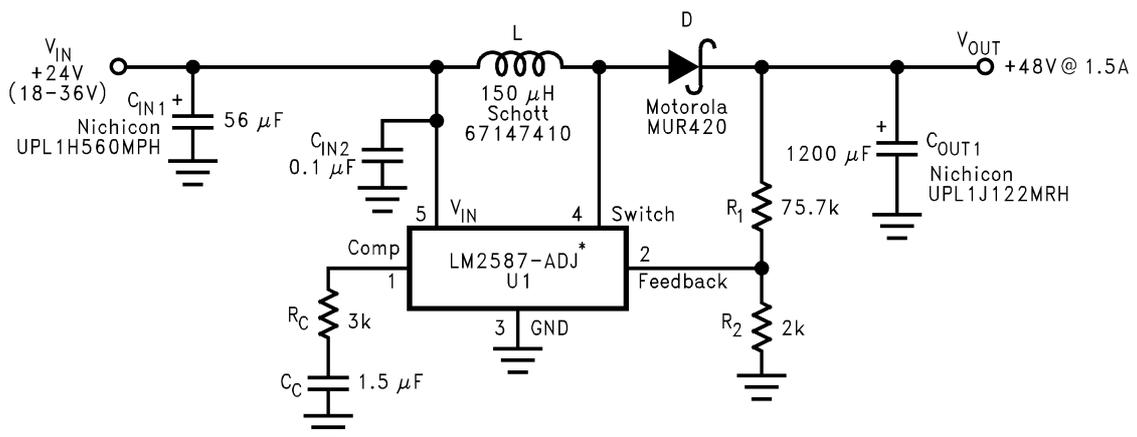


FIGURE 39. +24V to +36V Boost Regulator



\* LM2587 はこれらのアプリケーションではヒートシンクを必要とします。ヒートシンクのサイズは最大周囲温度に依存します。IC の熱抵抗と必要なヒートシンクのサイズを算出する場合は、アプリケーション・ヒント内の「ヒートシンク / 熱の考慮事項」を参照ください。

FIGURE 40. +24V to +48V Boost Regulator

## アプリケーション・ヒント (つづき)

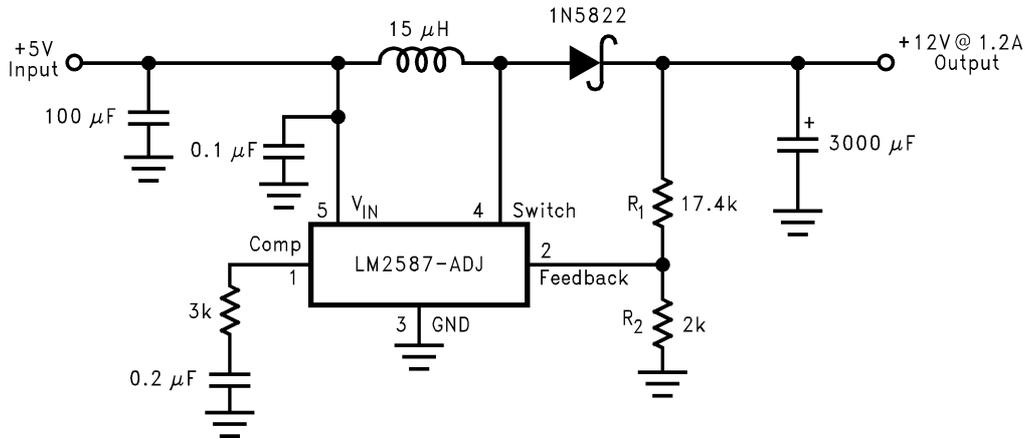


FIGURE 41. Boost Regulator

出力電圧の設定 ( $R_1$ 、 $R_2$  の選択)

Figure 41 の可変レギュレータの出力電圧は、次式による  $R_1$  と  $R_2$  を使って設定されます。

$$V_{OUT} = V_{REF} (1 + R_1/R_2) \quad V_{REF} = 1.23V$$

抵抗  $R_1$  と  $R_2$  は、1.23V の内部基準電圧と比較できるように出力電圧を分圧します。 $R_2$  が 1k ~ 5k のとき、 $R_1$  は次のようになります。

$$R_1 = R_2 (V_{OUT}/V_{REF} - 1) \quad V_{REF} = 1.23V$$

最適温度係数と経年変化に対する安定した精度を得るために、1%金属膜抵抗を使います。

## ショート・サーキット時の状態

昇圧レギュレータの回路構成から出力を短絡したとき (Figure 41 参照)、電流はスイッチをバイパスし、入力から直接インダクタとダイオードを通して出力へと流れます。スイッチの電流制限回路は、回路全体の出力電流を制限しません。負荷を保護しスイッチへの損傷を防ぐには、外部電流制限回路を使って電流を入力または出力側で制限しなければなりません。外部制限は、デバイスの最大スイッチ電流を 5A に設定しなければなりません。

標準トランスを使ったフライバック・レギュレータの場合 (Figure 42)、主出力が短絡しても LM2587 は保護されます。出力電圧が定格の 80% に落ちると周波数は 25kHz に落ちます。低い周波数ではオフタイムが長くなります。オフタイムが長くなると、トランスはスイッチが再度ターンオンする前に蓄積エネルギーをすべて放出でき、スイッチはコレクタ電流が零の状態でもターンオンします。この状態ではスイッチの電流制限回路がピーク電流を制限し、デバイスを保護します。

## フライバック・レギュレータの入力コンデンサ

フライバック・レギュレータは、入力電源から不連続のパルス電流を引き込みます。したがってフライバック・レギュレータでは、2 個の入力コンデンサが必要です。ひとつはエネルギー蓄積のため、もうひとつはフィルタリングのためです (Figure 42 参照)。両方ともフライバック・レギュレータの動作のために必要です。安定した定電圧を LM2587 へ供給するために蓄積コンデンサ ( 100μF ) が必要です。入力源が整流された DC 電源で使用温度範囲が広い場合、非常に大きな許容リップル電流のコンデンサが必要となります。これは、容量の大きい、または電圧定格の高い入力コンデンサが必要となることを意味します。蓄積コンデンサは、同じ入力電源に接続されている他の回路に干渉する恐れのあるノイズを低減する役目も持っています。

## アプリケーション・ヒント

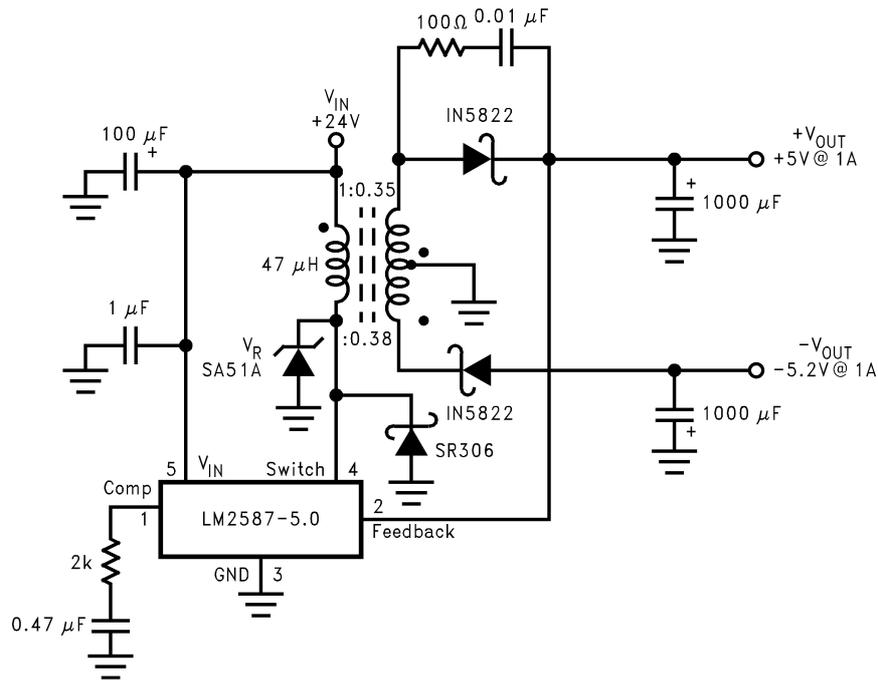


FIGURE 42. Flyback Regulator

さらに、入力電流パルスによって発生するノイズのため、小さなバイパス・コンデンサが必要です。ノイズを除去するため、 $1.0\mu\text{F}$ のセラミック・コンデンサをできるだけデバイスに近づけて、 $V_{\text{IN}}$ とグラウンド間に挿入してください。

## スイッチ電圧の制限

フライバック・レギュレータでは、オフしているときのスイッチに現れる最大定常電圧はトランスの巻線比  $N$ 、出力電圧  $V_{\text{OUT}}$ 、最大入力電圧  $V_{\text{IN}}(\text{Max})$  によって定まります。

$$V_{\text{SW(OFF)}} = V_{\text{IN}}(\text{Max}) + (V_{\text{OUT}} + V_{\text{F}})/N$$

ただし  $V_{\text{F}}$  は出力ダイオードの順方向電圧で、ショットキ・ダイオードでは代表的な値が  $0.5\text{V}$ 、ウルトラ・ファースト・リカバリ・ダイオードでは  $0.8\text{V}$  です。回路によっては電圧スパイク  $V_{\text{LL}}$  が定常電圧に乘ることがあります (Figure 5 の波形 A を参照)。通常この電圧スパイクは、トランスの漏れインダクタンス、出力ダイオードのリカバリ時間により起こります。スイッチにかかる電圧が最大定格を超えないように“クランプ”するために、トランジェント抑制素子を (Figure 4 の回路やその他のフライバック・レギュレータの回路に示されているように) トランスの 1 次側にダイオードと直列に挿入します。Figure 42 の回路図にスイッチ電圧をクランプするもうひとつの方法を示します。電圧トランジェント抑制素子 (SA51A) がスイッチ端子に 1 個挿入されています。この方法では 1 次側の電圧だけでなくスイッチにかかる全電圧をクランプできます。

回路レイアウトが悪い場合 (「回路レイアウトのガイドライン」を参照)、負のトランジェント電圧がスイッチ端子 (4 ピン) に現れることがあります。(IC のグラウンドに対して) 負の電圧がモノリシック IC の端子に加わると IC の動作が不安定になり、予期せぬ動作をすることがあります。このことは LM2587 にも当てはまります。フライバック・レギュレータに使う場合、スイッチ端子 (4 ピン) の電圧は、スイッチがターンオンすると負になることがあります。スイッチのリング電圧は、出力ダイオードの容量成分とトランスの漏れインダ

クタンスにより、2 次側に共振回路が形成されることにより発生します。共振回路がリング電圧を発生し、それがトランスを介してスイッチ端子に発生します。この問題を避けるためによく使われる 2 つの方法があります。ひとつは Figure 42 に示されているように RC スナバ回路を出力ダイオードに並列に付加することです。抵抗とコンデンサの値は、スイッチ端子の電圧が  $-0.4\text{V}$  以下にならないように選ばなければなりません。抵抗は  $10$  から  $1\text{k}$  の値、コンデンサは  $0.001\mu\text{F}$  ~  $0.1\mu\text{F}$  の値で選びます。スナバ回路の追加により回路全体の効率は (ほんのわずかですが) 低下します。

“リング電圧”を少なくする、あるいは取り除くための他の方法は、Figure 42 に示すように、クランプとしてのショットキ・ダイオードを 4 ピンと 3 ピン (グラウンド) 間に挿入します。これにより 4 ピンの電圧が  $-0.4\text{V}$  以下に下がるのを防ぎます。ダイオードの逆耐圧は、スイッチがオフ時の電圧より先大きくなければなりません。

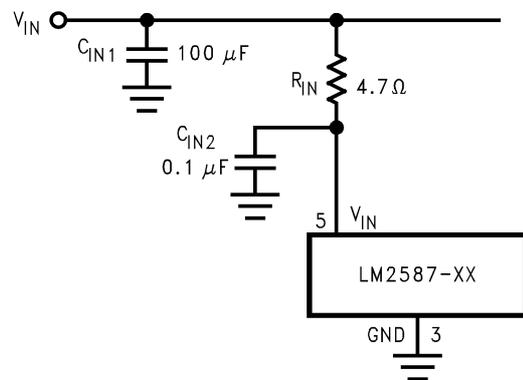


FIGURE 43. Input Line Filter

## アプリケーション・ヒント (つづき)

## 出力電圧の上限

昇圧レギュレータの最大出力電圧は、最大スイッチ電圧からダイオードの電圧降下分を差し引いたものです。フライバック・レギュレータでの最大出力電圧は、巻線比  $N$ 、デューティ・サイクル  $D$  を使って次の式で定まります。

$$V_{OUT} \approx N \times V_{IN} \times D / (1 - D)$$

フライバック・レギュレータのデューティ・サイクルは次式で定まります。

$$D = \frac{V_{OUT} + V_F}{N(V_{IN} - V_{SAT}) + V_{OUT} + V_F} \approx \frac{V_{OUT}}{N(V_{IN}) + V_{OUT}}$$

理論的には、最大出力電圧はトランスの巻線比を増加させれば際限なく大きくできます。しかし物理的な限界があり、巻線比を無限に大きくすることはできません。他の物理的限界には、LM2587 スイッチ、出力ダイオード、トランスの容量成分、インダクタンス成分や、出力ダイオードの逆回復時間があります。

## 入力電源のノイズ

入力スイッチがチャタリングする場合のように、入力電圧に異常に大きなトランジェント・ノイズがのっているときは、小さな RC ローパス・フィルタを LM2587 の入力端子に使用します。Figure 43 の回路はフィルタのレイアウトを示します。コンデンサは入力端子とグラウンド間に置かれ、抵抗は入力電源と入力端子間に置かれています。回路図に示されている  $R_{IN}$  と  $C_{IN}$  の値は、ほとんどのアプリケーションで充分ですが、特定のアプリケーションでは調整が必要なこともあります。効率が特に重要な場合、抵抗を小さなインダクタ (たとえば、10  $\mu$ H、100mA 定格) で置き換えます。

## 安定性

電流モードで制御されるレギュレータはすべて、50%を越すデューティ・サイクルで動作すると、サブハーモニック発振として知られている不安定動作に悩まされることがあります。サブハーモニック発振を防ぐ、すべての昇圧レギュレータやフライバック・レギュレータの安定動作に必要な、インダクタンスの最小値があります。この最小値は次式で与えられます。

$$L(\text{Min}) = \frac{2.92 [(V_{IN}(\text{Min}) - V_{SAT}) \times (2D(\text{Max}) - 1)]}{1 - D(\text{Max})} (\mu\text{H})$$

ただし、 $V_{SAT}$  はスイッチの飽和電圧で特性曲線で見ることが出来ます。

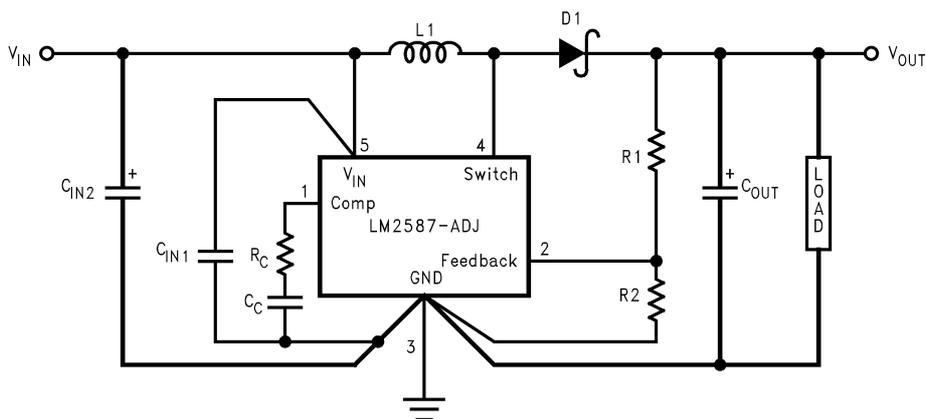


FIGURE 44. Circuit Board Layout

## 回路レイアウトのガイドライン

どんなスイッチング・レギュレータでもレイアウトは非常に重要です。高速でスイッチングしている電流は、配線のインダクタンスと結合して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。インダクタンスとグラウンド・ループを最小にするため、リードとパターンをできるだけ短くしてください。最良の結果を得るには、一点接地にするかグラウンド・プレーンを使用してください。(Figure 44 に示すように) 信号用グラウンドを電源用グラウンドから分離してください。可変タイプを使うときは、電圧設定抵抗をできるだけレギュレータ IC に近づけて、敏感な帰還配線を短くしてください。

## ヒートシンク / 熱に関する考慮事項

多くの場合、LM2587 の接合部温度を許容動作温度範囲内に保つにはヒートシンクは必要ありません。各アプリケーションでヒートシンクが必要かどうかを決めるには次の事項を確かめてください。

- 1) (そのアプリケーションの) 最大周囲温度
- 2) (そのアプリケーションの) レギュレータでの最大消費電力
- 3) 最大許容接合部温度 (LM2587 では 125 )。安全でマージンを持った設計では、最大接合部温度より約 15 低い温度 (110 ) を選んでください。

## アプリケーション・ヒント (つづき)

4) LM2587 のパッケージの熱抵抗  $J_A$  と  $J_C$  (「電気的特性」を参照)。

LM2587 の総消費電力 ( $P_D$ ) は、次式で見積もることができます。

ブースト:

$$P_D = 0.15\Omega \times \left( \frac{I_{LOAD}}{1-D} \right)^2 \times D + \frac{I_{LOAD}}{50 \times (1-D)} \times D \times V_{IN}$$

フライバック:

$$P_D = 0.15\Omega \times \left( \frac{N \times \Sigma I_{LOAD}}{1-D} \right)^2 \times D + \frac{N \times \Sigma I_{LOAD}}{50 \times (1-D)} \times D \times V_{IN}$$

$V_{IN}$  は最小入力電圧、 $V_{OUT}$  は出力電圧、 $N$  はトランスの巻線比、 $D$  はデューティ・サイクル、さらに、 $I_{LOAD}$  は最大負荷電流です ( $I_{LOAD}$  は、多出力フライバック・レギュレータの最大負荷電流の和です)。デューティ・サイクルは次式で与えられます。

ブースト:

$$D = \frac{V_{OUT} + V_F - V_{IN}}{V_{OUT} + V_F - V_{SAT}} \approx \frac{V_{OUT} - V_{IN}}{V_{OUT}}$$

フライバック:

$$D = \frac{V_{OUT} + V_F}{N(V_{IN} - V_{SAT}) + V_{OUT} + V_F} \approx \frac{V_{OUT}}{N(V_{IN}) + V_{OUT}}$$

ただし  $V_F$  はダイオードの順方向電圧で、ショットキ・ダイオードでは代表値 0.5V、ファースト・リカバリ・ダイオードでは代表値 0.8V です。 $V_{SAT}$  はスイッチの飽和電圧で、特性曲線で見ることができます。

ヒートシンクが使われていない場合、接合部温度の上昇は次のようになります。

$$T_J = P_D \times J_A$$

接合部温度の上昇分を最大周囲温度に加えると、実際の動作接合部温度が得られます。

$$T_J = T_J + T_A$$

動作接合部温度が前記3)項の最大接合部温度を超えると、ヒートシンクが必要です。ヒートシンクを使うときは、接合部温度の上昇は次式で求められます。

$$T_J = P_D \times (J_C + \text{Interface} + \text{Heat Sink})$$

この場合も動作接合部温度は次式で与えられます。

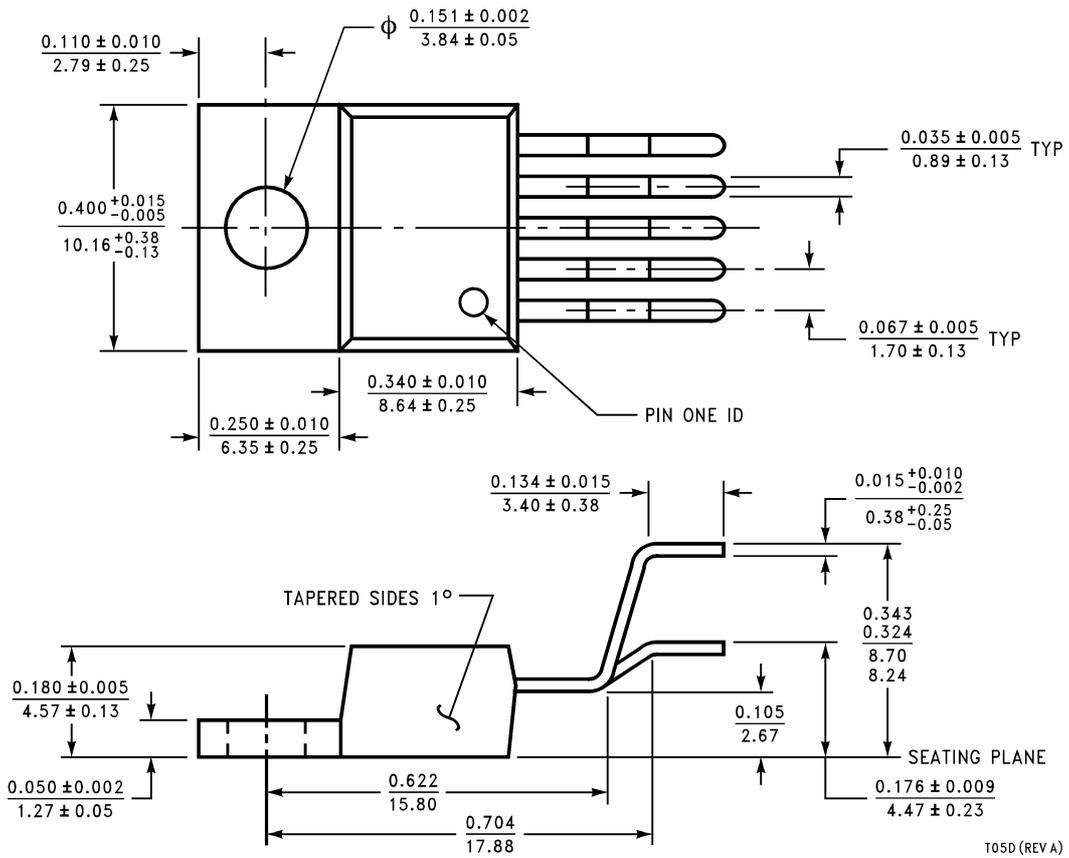
$$T_J = T_J + T_A$$

前例と同様に最大接合部温度を超える場合、(熱抵抗の小さな)大きなヒートシンクが必要です。

Switchers Made Simple (Version 4.3) のデザイン・ソフトウェアには、精度の高い(非線形の)熱特性モデルが含まれており、異なる入出力のパラメータや異なる部品の値の場合の接合部温度を求めるのに使えます。レギュレータの接合部温度を最大動作温度以下に保つのに必要なヒートシンクの熱抵抗を計算するのにも使えます。

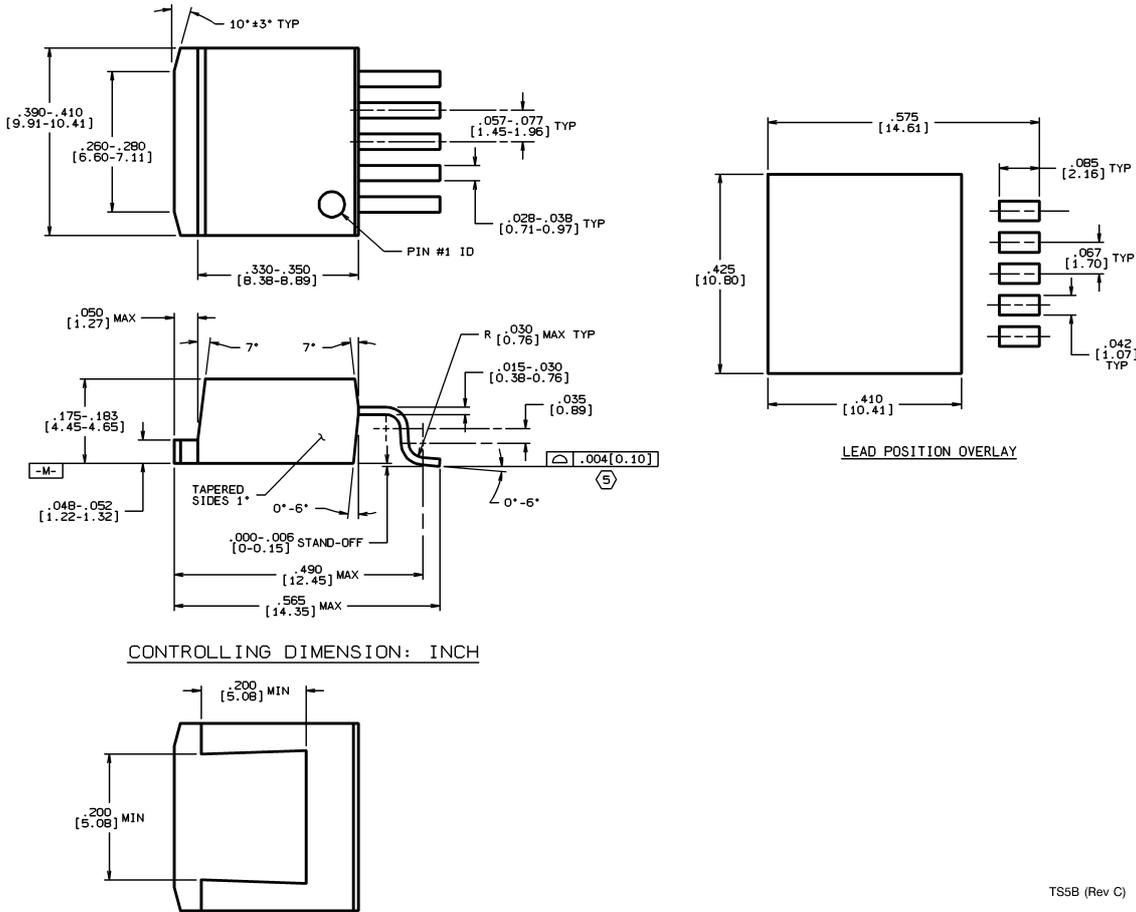
フライバック・レギュレータのデザイン手順をさらに簡単にするため、ナショナル・セミコンダクター社は、コンピュータ・デザインを支援するソフトウェアを提供しています。Switchers Made Simple (Version 4.3) のソフトウェアは、IBM 互換の PC 用の (3.5 インチ) ディスケットで、ナショナル・セミコンダクター・ジャパン社カスタマ・レスポンス・センターまたは販売代理店から入手できます。また、URL からダウンロードも可能です ([www.national.com/appinfo/power/index.html](http://www.national.com/appinfo/power/index.html))。

外形寸法図 特記のない限り inches (millimeters)



Order Number LM2587T-3.3, LM2587T-5.0,  
LM2587T-12 or LM2587T-ADJ  
NS Package Number T05D

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



Order Number LM2587S-3.3, LM2587S-5.0,  
LM2587S-12 or LM2587S-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ください。

[www.national.com/jpn/](http://www.national.com/jpn/)



0120-666-116