

LM2588

LM2588 SIMPLE SWITCHER 5A Flyback Regulator with Shutdown



Literature Number: ZHCS518

LM2588

带有关断的SIMPLE SWITCHER® 5A 回扫式稳压器

一般说明

LM2588 系列稳压器是专为回扫、步升(升压)和正激转换器应用而设计的单片集成电路。此器件有4个不同的输出电压型号：3.3V、5.0V、12V和电压可调。

这些稳压器所需外围元件最少，性价比高，而且简单易用。数据表中包含了升压型稳压器和回扫式稳压器的典型电路。同时还给出了元件的选型指南，包括二极管、电容器、一系列标准电感器以及与这些开关稳压器配合工作的回扫式变压器。

电源开关是一个可承受65V电压的5.0A NPN器件。为电源开关提供保护的包括限流和限热电路以及一个欠压锁定电路。此集成电路包含一个可调频率振荡器，编程后可使频率高达200kHz。振荡器还可以与其他器件同步，这样多个器件就可以工作在同一个开关频率下。

其他特性包括软启动模式和电流模式控制，其中软启动可以降低启动过程中的浪涌电流，电流模式控制可以提供改善的输入电压拒绝、输出负载瞬态和逐周期限流。该器件还有一个关断引脚，所以它可以实现外部停机。在规定输入电压和输出负载的情况下，供电系统可保证±4%的输出电压容差。

特性

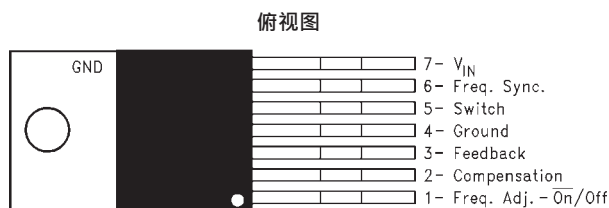
- 仅需极少量外围元件
- 一系列标准电感器和变压器
- 5.0A、65V的NPN输出开关
- 宽广的输入电压范围：4V至40V
- 可调开关频率：100kHz至200kHz
- 外部关断能力
- 关断模式下小于60μA的漏电流输出
- 频率同步
- 电流工作模式可改善瞬态响应、线路调节和限流性能
- 内部软启动功能降低了启动中的浪涌电流
- 限流、欠压锁定和热关断可保护输出晶体管
- 对于线路和负载可保证最大±4 %的系统输出电压容差

典型应用

- 回扫式稳压器
- 正激转换器
- 多路输出稳压器
- 简单升压稳压器

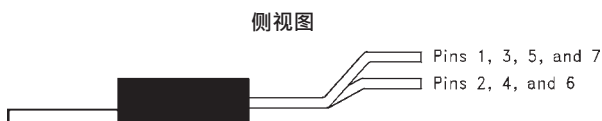
接线图

引脚弯曲交错，7脚TO-220(T)



01242017

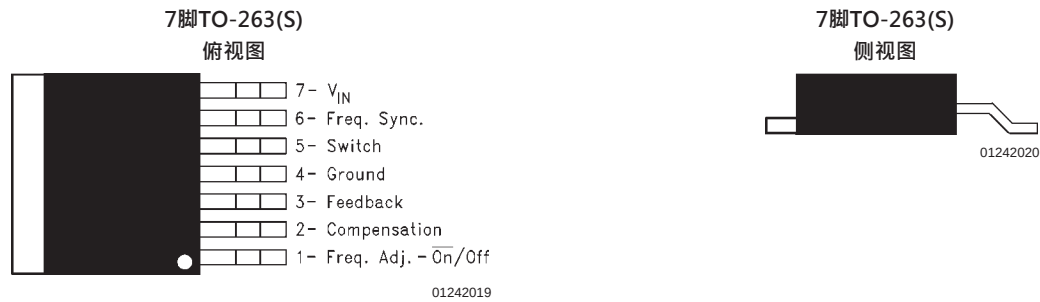
引脚弯曲交错，7脚TO-220(T)



01242018

订购号LM2588T-3.3、LM2588T-5.0、
LM2588T-12或者LM2588T-ADJ
参见NS封装号TA07B

连接图 (续)



01242019
订购号LM2588S-3.3、LM2588S-5.0、
LM2588S-12或者LM2588S-ADJ
卷带包装订购号LM2588SX-3.3、LM2588SX-5.0、
LM2588SX-12或者LM2588SX-ADJ
参见NS封装号TS7B

订购信息

封装类型	NSC封装图	订购号
7脚TO-220 · 引脚弯曲交错	TA07B	LM2588T-3.3, LM2588T-5.0, LM2588T-12, LM2588T-ADJ
7引脚TO-263	TS7B	LM2588S-3.3、LM2588S-5.0、LM2588S-12、LM2588S-ADJ
7脚TO-263 卷带包装	TS7B	LM2588SX-3.3, LM2588SX-5.0, LM2588SX-12, LM2588SX-ADJ

最大绝对额定值

(注释1)

如果用于军用 / 航空专用设备，请向美国国家半导体销售办事处/
经销商咨询具体可用性和规格。

输入电压	$-0.4V \leq V_{IN} \leq 45V$
开关电压	$-0.4V \leq V_{SW} \leq 65V$
开关电流(注释2)	内部限制
补偿引脚电压	$-0.4V \leq V_{COMP} \leq 2.4V$
反馈引脚电压	$-0.4V \leq V_{FB} \leq 2V_{OUT}$
开/关引脚电压	$-0.4V \leq V_{SH} \leq 6V$
同步引脚电压	$-0.4V \leq V_{SYNC} \leq 2V$
功耗(注释3)	内部限制
储存温度范围	$-65^{\circ}C \text{ 至 } +150^{\circ}C$

引脚温度

(焊接10秒)

260°C

最大结温

(注释3)

150°C

最小ESD额定值

(C = 100pF · R = 1.5kΩ)

2kV

工作额定值

电源电压

 $-4V \leq V_{IN} \leq 40V$

输出开关电压

 $0V \leq V_{SW} \leq 60V$

输出开关电流

 $I_{SW} \leq 5.0A$

结点温度

范围

 $-40^{\circ}C \leq T_J \leq +125^{\circ}C$ **LM2588-3.3 电气特性**

标准字体表示的规格仅针对 $T_J = 25^{\circ}C$ 的情况，**粗字体**则适用于整个工作温度范围。除非另有说明， $V_{IN} = 5V$ 。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
图1的系统参数测量电路(注释4)						
V_{OUT}	输出电压	$V_{IN} = 4V \text{ 至 } 12V$ $I_{LOAD} = 400mA \text{ 至 } 1.75A$	3.3	3.17/ 3.14	3.43/ 3.46	V
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	输入电压调节率	$V_{IN} = 4V \text{ 至 } 12V$ $I_{LOAD} = 400mA$	20		50/ 100	mV
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{LOAD}$	负载调节率	$V_{IN} = 12V$ $I_{LOAD} = 400mA \text{ 至 } 1.75A$	20		50/ 100	mV
η	效率	$V_{IN} = 12V \cdot I_{LOAD} = 1A$	75			%
独有的器件参数(注释5)						
V_{REF}	输出参考电压	在反馈引脚处测得 $V_{COMP} = 1.0V$	3.3	3.242/ 3.234	3.358/ 3.366	V
ΔV_{REF}	参考电压调整率	$V_{IN} = 4V \text{ 至 } 40V$	2.0			mV
G_M	误差放大器跨导	$I_{COMP} = -30\mu A \text{ 至 } +30\mu A$ $V_{COMP} = 1.0V$	1.193	0.678	2.259	mmho
A_{VOL}	误差放大器增益	$V_{COMP} = 0.5V \text{ 至 } 1.6V$ $R_{COMP} = 1.0M\Omega$ (注释6)	260	151/ 75		V/V

LM2588-5.0 电气特性

标准字体表示的规格仅针对 $T_J = 25^{\circ}C$ 的情况，**粗字体**则适用于整个工作温度范围。除非另有说明， $V_{IN} = 5V$ 。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
图1的系统参数测量电路(注释4)						
V_{OUT}	输出电压	$V_{IN} = 4V \text{ 至 } 12V$ $I_{LOAD} = 500mA \text{ 至 } 1.45A$	5.0	4.80/ 4.75	5.20/ 5.25	V
$\Delta V_{OUT}/\Delta V_{IN}$	输入电压调节率	$V_{IN} = 4V \text{ 至 } 12V$ $I_{LOAD} = 500mA$	20		50/ 100	mV
$\Delta V_{OUT}/\Delta I_{LOAD}$	负载调节率	$V_{IN} = 12V$ $I_{LOAD} = 500mA \text{ 至 } 1.45A$	20		50/ 100	mV
η	效率	$V_{IN} = 12V \cdot I_{LOAD} = 750mA$	80			%
独有的器件参数(注释5)						

LM2588-5.0 电气特性 (续)

标准字体表示的规格仅针对T_J = 25°C的情况，粗字体则适用于整个工作温度范围。除非另有说明，V_{IN} = 5V。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
V _{REF}	输出参考电压	在反馈引脚处测得 V _{COMP} = 1.0V	5.0	4.913/ 4.900	5.088/ 5.100	V
ΔV _{REF}	参考电压调整率	V _{IN} = 4V至40V	3.3			mV
G _M	误差放大器跨导	I _{COMP} = -30μA至+30μA V _{COMP} = 1.0V	0.750	0.447	1.491	mmho
A _{VOL}	误差放大器增益	V _{COMP} = 0.5V至1.6V R _{COMP} = 1.0MΩ(注释6)	165	99/ 49		V/V

LM2588-12 电气特性

标准字体表示的规格仅针对T_J = 25°C的情况，粗字体则适用于整个工作温度范围。除非另有说明，V_{IN} = 5V。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
图2的系统参数测量电路(注释4)						
V _{OUT}	输出电压	V _{IN} = 4V至10V I _{LOAD} = 300mA至1.2A	12.0	11.52/ 11.40	12.48/ 12.60	V
ΔV _{OUT} / ΔV _{IN}	输入电压调节率	V _{IN} = 4V至10V I _{LOAD} = 300mA	20		100/ 200	mV
ΔV _{OUT} / ΔI _{LOAD}	负载调节率	V _{IN} = 10V I _{LOAD} = 300mA至1.2A	20		100/ 200	mV
η	效率	V _{IN} = 10V · I _{LOAD} = 1A	90			%

独有的器件参数(注释5)

V _{REF}	输出参考电压	在反馈引脚处测得 V _{COMP} = 1.0V	12.0	11.79/ 11.76	12.21/ 12.24	V
ΔV _{REF}	参考电压调整率	V _{IN} = 4V至40V	7.8			mV
G _M	误差放大器跨导	I _{COMP} = -30μA至+30μA V _{COMP} = 1.0V	0.328	0.186	0.621	mmho
A _{VOL}	误差放大器增益	V _{COMP} = 0.5V至1.6V R _{COMP} = 1.0MΩ(注释6)	70	41/ 21		V/V

LM2588-12 电气特性

标准字体表示的规格仅针对T_J = 25°C的情况，粗字体则适用于整个工作温度范围。除非另有说明，V_{IN} = 5V。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
图2的系统参数测量电路(注释4)						
V _{OUT}	输出电压	V _{IN} = 4V至10V I _{LOAD} = 300mA至1.2A	12.0	11.52/ 11.40	12.48/ 12.60	V
ΔV _{OUT} / ΔV _{IN}	输入电压调节率	V _{IN} = 4V至10V I _{LOAD} = 300mA	20		100/ 200	mV
ΔV _{OUT} / ΔI _{LOAD}	负载调节率	V _{IN} = 10V I _{LOAD} = 300mA至1.2A	20		100/ 200	mV
η	效率	V _{IN} = 10V · I _{LOAD} = 1A	90			%

LM2588-ADJ电气特性 (续)标准字体表示的规格仅针对 $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 的情况，**粗字体**则适用于整个工作温度范围。除非另有说明， $V_{\text{IN}} = 5\text{V}$ 。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
UNIQUE DEVICE PARAMETERS (Note 5)						
V_{REF}	输出参考电压	在反馈引脚处测得 $V_{\text{COMP}} = 1.0\text{V}$	1.230	1.208/ 1.205	1.252/ 1.255	V
ΔV_{REF}	参考电压调整率	$V_{\text{IN}} = 4\text{V}$ 至 40V	1.5			mV
G_{M}	误差放大器跨导	$I_{\text{COMP}} = -30\mu\text{A}$ 至 $+30\mu\text{A}$ $V_{\text{COMP}} = 1.0\text{V}$	3.200	1.800	6.000	mmho
A_{VOL}	误差放大器增益	$V_{\text{COMP}} = 0.5\text{V}$ 至 1.6V $R_{\text{COMP}} = 1.0\text{M}\Omega$ (注释6)	670	400/ 200		V/V
I_{B}	误差放大器 输入偏置电流	$V_{\text{COMP}} = 1.0\text{V}$	125		425/ 600	nA

所有输出电压型号的电气特性 (注释5)标准字体表示的规格仅针对 $T_j = 25^{\circ}\text{C}$ 的情况，**粗字体**则适用于整个工作温度范围。除非另有说明， $V_{\text{IN}} = 5\text{V}$ 。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
I_{S}	输入供电电流	开关断开 (注释8)	11		15.5/ 16.5	mA
		$I_{\text{SWITCH}} = 3.0\text{A}$	85		140/ 165	mA
$I_{\text{S/D}}$	关断输入供电电流	$V_{\text{SH}} = 3\text{V}$	16		100/ 300	μA
V_{UV}	输入供电欠压锁定	$R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$	3.30	3.05	3.75	V
f_{O}	振荡器频率	在开关引脚处测得 $R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$ ， $V_{\text{COMP}} = 1.0\text{V}$ 调频引脚开路(脚1)	100	85/ 75	115/ 125	kHz
		$R_{\text{SET}} = 22\text{k}\Omega$	200			kHz
f_{SC}	短路频率	在开关引脚处测得 $R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$ $V_{\text{FEEDBACK}} = 1.15\text{V}$	25			kHz
V_{EAO}	误差放大器输出摆幅	上限 (注释7)	2.8	2.6/ 2.4		V
		下限 (注释8)	0.25		0.40/ 0.55	V
I_{EAO}	误差放大器输出电流 (源或汇)	(注释9)	165	110/ 70	260/ 320	μA
I_{SS}	软启动电流	$V_{\text{FEEDBACK}} = 0.92\text{V}$ $V_{\text{COMP}} = 1.0\text{V}$	11.0	8.0/ 7.0	17.0/ 19.0	μA
D_{MAX}	最大占空比	$R_{\text{LOAD}} = 100\Omega$ (注释7)	98	93/ 90		%
I_{L}	开关漏电流	开关断开 $V_{\text{SWITCH}} = 60\text{V}$	15		300/ 600	μA
V_{SUS}	开关持续电压	$dV/dT = 1.5\text{V/ns}$		65		V
V_{SAT}	开关饱和电压	$I_{\text{SWITCH}} = 5.0\text{A}$	0.7		1.1/ 1.4	V

所有输出电压型号的电气特性

(注释5) (续)

标准字体表示的规格仅针对 $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 的情况，**粗字体**则适用于整个工作温度范围。除非另有说明， $V_{IN} = 5\text{V}$ 。

符号	参数	工作条件	典型值	最小值	最大值	单位
I_{CL}	NPN开关电流极限		6.5	5.0	9.5	A
V_{STH}	同步阈值电压	$F_{SYNC} = 200\text{kHz}$ $V_{COMP} = 1\text{V}$, $V_{IN} = 5$	0.75	0.625/ 0.40	0.875/ 1.00	V
I_{SYNC}	同步引脚电流	$V_{IN} = 5\text{V}$ $V_{COMP} = 1\text{V}$, $V_{SYNC} = V_{STH}$	100		200	μA
V_{SHTH}	开/关引脚(脚1) 阈值电压	$V_{COMP} = 1\text{V}$ (注释10)	1.6	1.0/ 0.8	2.2/ 2.4	V
I_{SH}	开/关引脚(脚1) 电流	$V_{COMP} = 1\text{V}$ $V_{SH} = V_{SHTH}$	40	15/10	65/ 75	μA
θ_{JA}	热阻	T 封装，结到环境 (注释11)	65			$^{\circ}\text{C/W}$
θ_{JA}		T 封装，结到环境 (注释12)	45			
θ_{JC}		T 封装，结到外壳	2			
θ_{JA}		S 封装，结到环境 (注释13)	56			
θ_{JA}		S 封装，结到环境 (注释14)	35			
θ_{JA}		S 封装，结到环境 (注释15)	26			
θ_{JC}		S 封装，结到外壳	2			

注释1：一旦超过最大绝对额定值，设备就将可能损坏。当引脚1、2、3和6的电流限制在小于1.2mA时，这些额定值都适用。工作额定值表明器件被指定在这些条件下工作，但这些条件不一定可以保证器件的参数规格。关于规格保证和测试环境，请见电气特性。

注释2：注意，在步升稳压器中的开关电流和输出电流不相同。当LM2588用作步升稳压器时，输出电流不能在内部进行限制。为防止开关受损，输出电流必须在外部被限制在5A。不过，当LM2588用作回扫式稳压器时，输出电流可以在内部进行限制(参看“应用提示”以获得更多信息)。

注释3：器件的结温(T_J)是环境温度(T_A)、结到环境热阻(θ_{JA})以及器件功耗(P_D)的函数。当温度超过器件的最大结温时就会发生热关断。 $P_D \times \theta_{JA} + T_{A(MAX)} \geq T_{J(MAX)}$ 。为实现安全的热设计，必须确保器件的最大功耗低于： $P_D \leq [T_{J(MAX)} - T_{A(MAX)}] / \theta_{JA}$ 。当计算允许的最大功耗时，需要对最大结温进行降额 - 这可以为热设计提供一定的安全裕度。

注释4：二极管、电感器、输入和输出电容等外部元件也会影响开关稳压器的性能。当LM2588按照图1和图2使用时，系统性能就跟系统参数所说明的一样。

注释5：所有室温极限值都经过了100%生产测试，标准的统计质量控制(SQC)方法则保证了极端温度处极限值的准确性。

注释6：作为误差放大器输出的补偿引脚接有一个1.0M Ω 的电阻，可确保测量 A_{VOL} 时的精确度。

注释7：为测量此参数，可根据器件的输出型号将反馈电压设定为一个较低值，以此将误差放大器输出强制拉高，且开关导通。

注释8：为测量此参数，可根据器件的输出型号将反馈电压设定为一个较高值，以此将误差放大器输出强制压低，且开关关断。

注释9：为了测量最坏情况下误差放大器的输出电流，将LM2588分别设定在反馈电压的低值((注释7)中给出)和高值((注释8)中给出)进行测试。

注释10：当测试最小值时，不要从此引脚汲取电流 - 用一个二极管对其进行隔离。如果此引脚输出电流，频率调整电路就开始工作(见 图41)。

注释11：垂直安装的7脚TO-220封装的结到环境热阻(无外部散热片)，1/2英寸长的引脚连接到插座内，或连接到一个铜面积最小的印刷电路板上。

注释12：垂直安装的7脚TO-220封装的结到环境热阻(无外部散热片)，1/2英寸长的引脚焊接到一个有大约4平方英寸(1盎司)铜的印刷电路板上，这些铜环绕这些引脚。

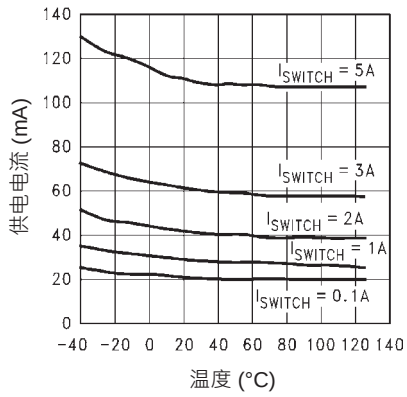
注释13：紧靠一个铜面积为0.136平方英寸(与TO-263封装的尺寸相同)、重量为1盎司(厚度为0.0014英寸)的印刷电路板且水平安装的7脚TO-263的结到环境热阻。

注释14：紧靠一个铜面积为0.4896平方英寸(是TO-263封装的面积3.6倍)、重量为1盎司(厚度为0.0014英寸)的印刷电路板且水平安装的7脚TO-263的结到环境热阻。

注释15：紧靠一个铜面积为1.0064平方英寸(是TO-263封装的面积7.4倍)、重量为1盎司(厚度为0.0014英寸)的印刷电路板且水平安装的7脚TO-263的结到环境热阻。附加铜面积会进一步降低热阻。参见Switchers Made Simple®软件的热学模型。

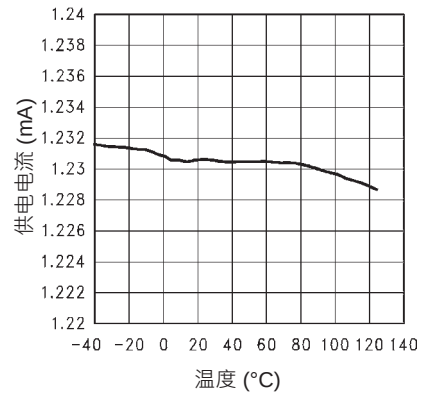
典型性能特征

供电电流vs温度

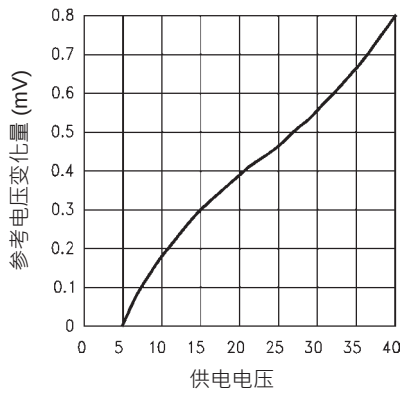


01242002

供电电压vs温度

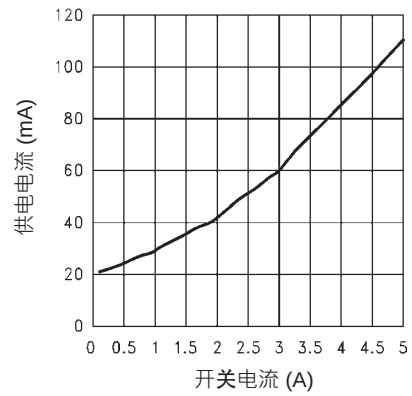


01242003

 Δ 参考电压vs电源电压

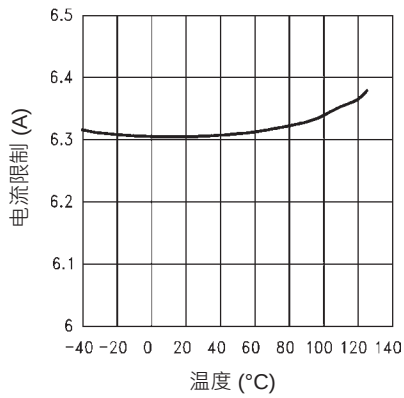
01242004

供电电流vs开关电流



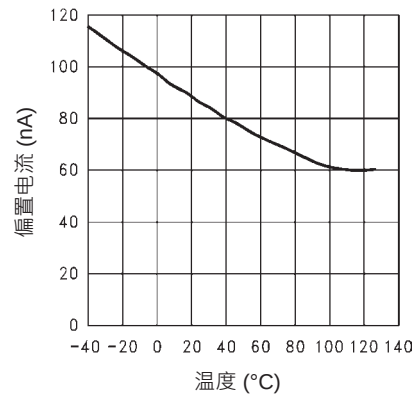
01242005

电流极限值vs温度



01242006

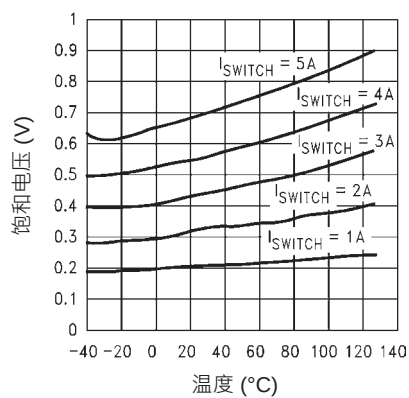
反馈引脚偏置电流vs温度



01242007

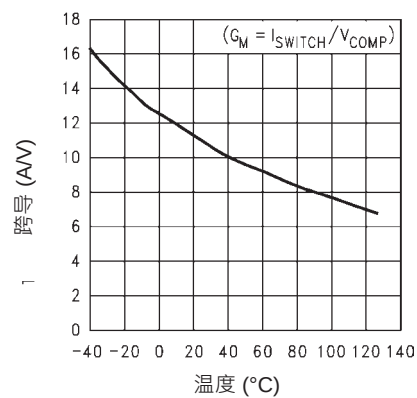
典型性能特点 (续)

参考饱和电压vs温度



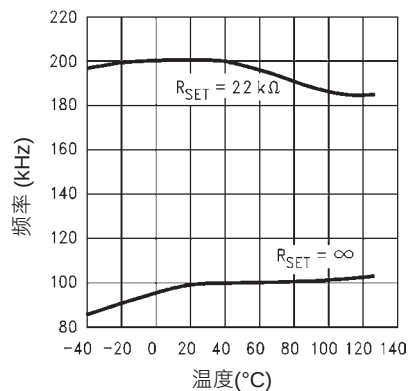
01242008

开关跨导vs温度



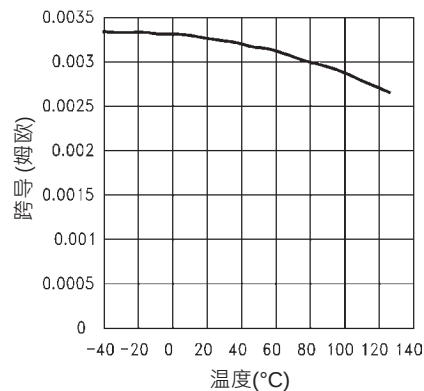
01242009

振荡频率vs温度



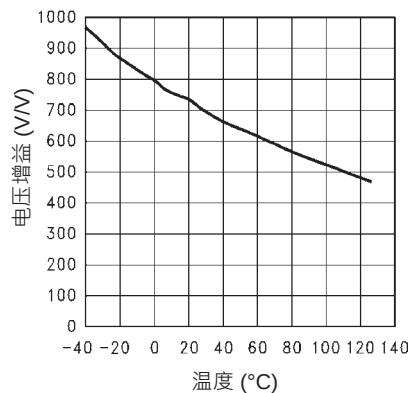
01242010

误差放大器跨导vs温度



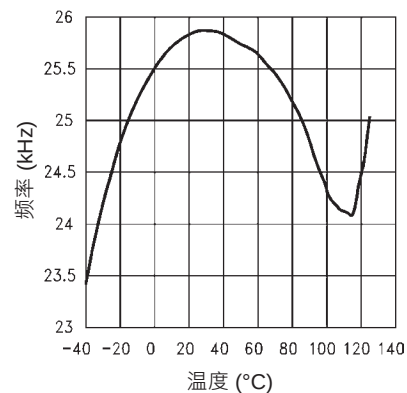
01242011

误差放大器电压增益vs温度



01242012

短路频率vs温度

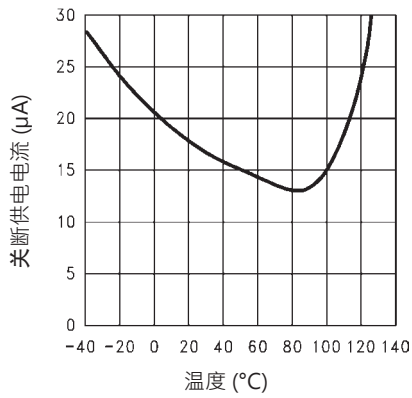


01242013

典型性能特点

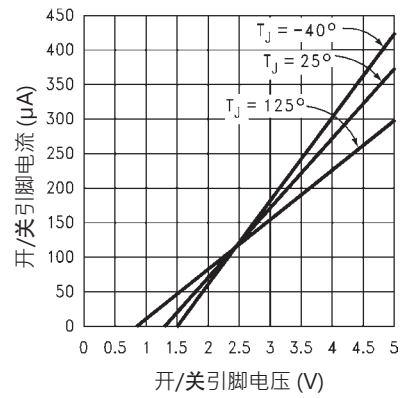
(续)

关断供电电流vs温度



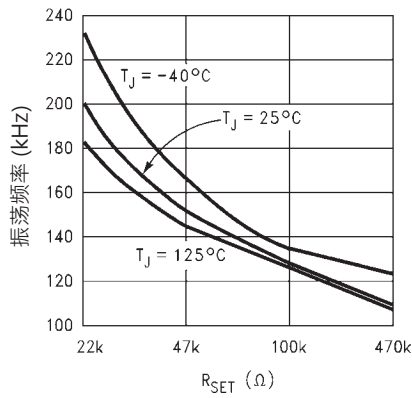
01242014

开/关引脚电流vs电压



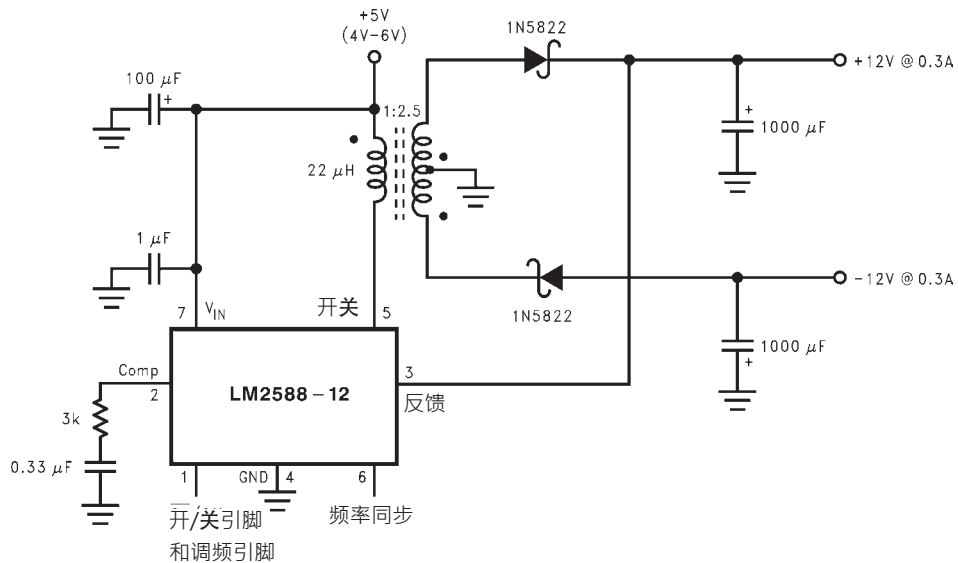
01242015

振荡器频率vs电阻



01242016

回扫式稳压器



01242001

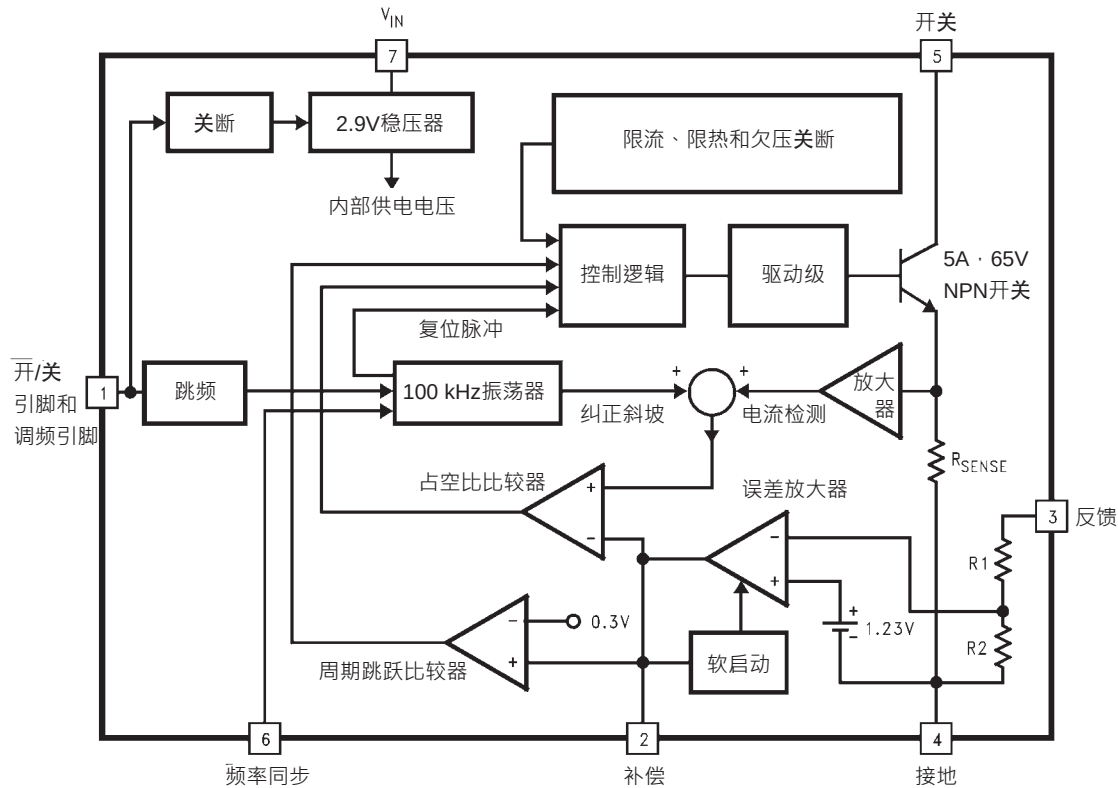


图1. LM2588-3.3 和 LM2588-5.0



图2. LM2588-12 和 LM2588-ADJ

框图



对于固定型号3.3V · R₁ = 3.4k · R₂ = 2k5.0V · R₁ = 6.15k · R₂ = 2k12V · R₁ = 8.73k · R₂ = 1k
对于可调型号R₁ = 短路(0Ω)和R₂ = 开路

01242023

图3. 方框图

回扫式稳压器工作

LM2588非常适合用于回扫式稳压器拓扑结构。回扫式稳压器可产生单路输出电压，比如图4所示的情况，或者多路输出电压。图4中，回扫式稳压器产生的输出电压在输入电压范围之内。这个特性是回扫式稳压器独有的，降压和升压式稳压器都没有。

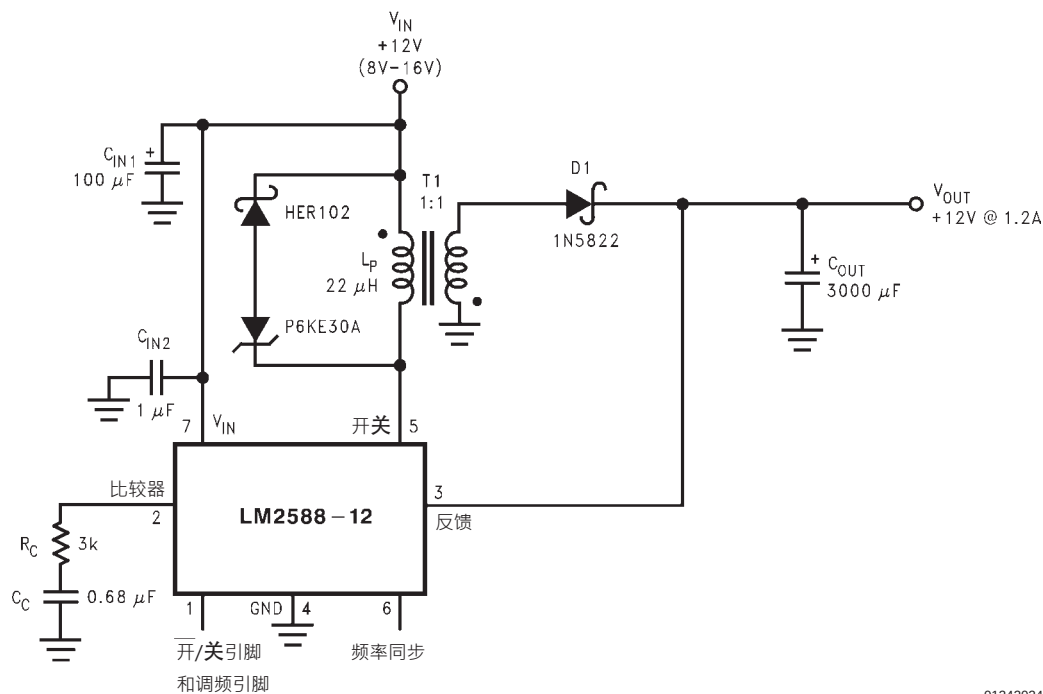
回扫式稳压器的工作如下所示(见图4)：当开关导通时，电流会流经变压器初级绕组T1，将能量存储在变压器磁场中。注意，初级绕组和次级绕组是不同相的，所以当电流经过初级时，就没有电流经

过次级。当开关关断时，磁场强度开始下降，初级绕组和次级绕组的极性反转。现在整流器D1是前向偏置，电流流经D1，将变压器中的能量释放掉。这也就在输出端产生了电压。

输出电压可通过调制峰值开关电流来控制。具体实现上可将部分输出电压反馈到误差放大器，放大器会放大反馈电压和1.230V参考之间的压差。误差放大器输出电压随后将与开关电流(即开关导通时间内的电感器电流)成正比的斜坡电压进行比较。当两个电压相等时，比较器会终止开关导通时间，从而控制峰值开关电流，保持恒定输出电压。

回扫式稳压器工作

(续)

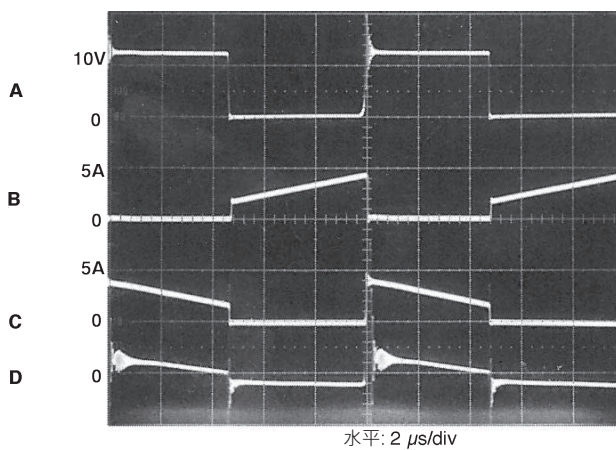


01242024

如图4所示，仅使用少量的外部元件，LM2588即可用作回扫式稳压器。稳压器的开关波形如图5所示。此电路工作中的典型性能特性见图6。

图4. 12V回扫式稳压器设计示例

典型性能特征



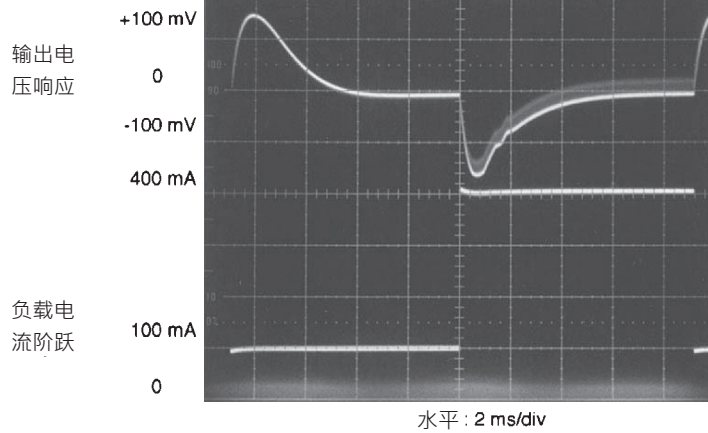
01242060

- A：开关电压 · 10V/div
- B：开关电流 · 5A/div
- C：输出整流器电流 · 5A/div
- D：输出纹波电压 · 100mV/div · 交流耦合

图5. 开关波形

典型性能特点

(续)



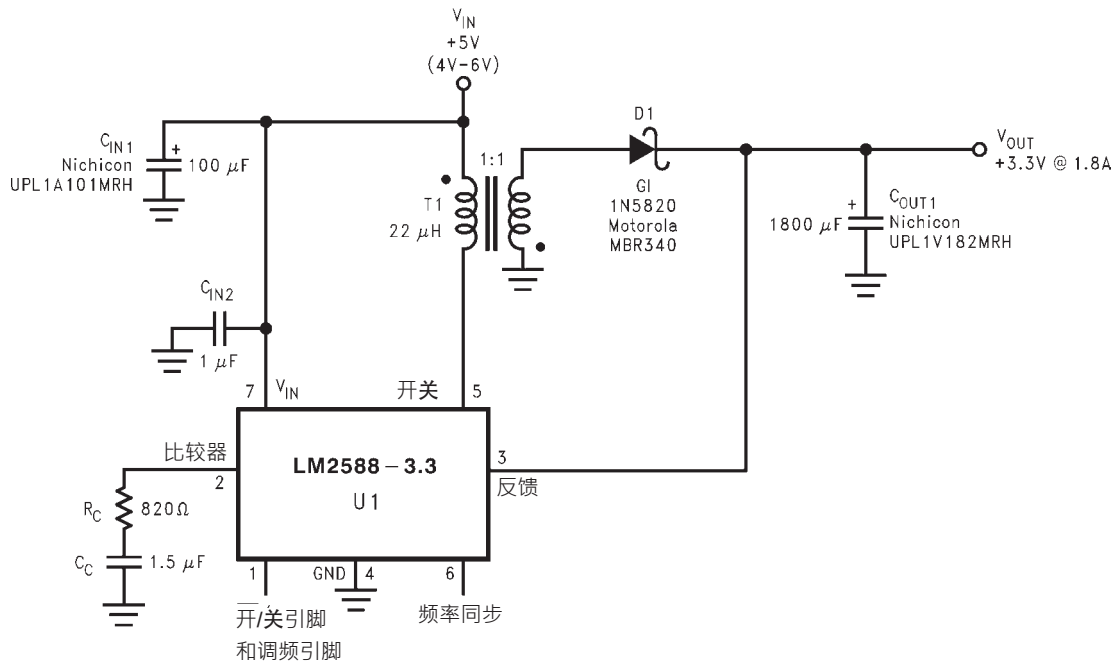
01242061

图6. V_{OUT} 对负载电流阶跃的响应

典型回扫式稳压器应用

图7 到12给出了6个典型回扫式应用，从单路输出到三路输出。每个图都包含了除变压器之外的每个元件的编号和制造商。变压器

元件编号和制造商名称见 图13 中的表格。对于不同输入电压的应用(需用LM2588-ADJ)或者不满足标准配置的不同输出配置，请使用Switchers Made Simple™应用。

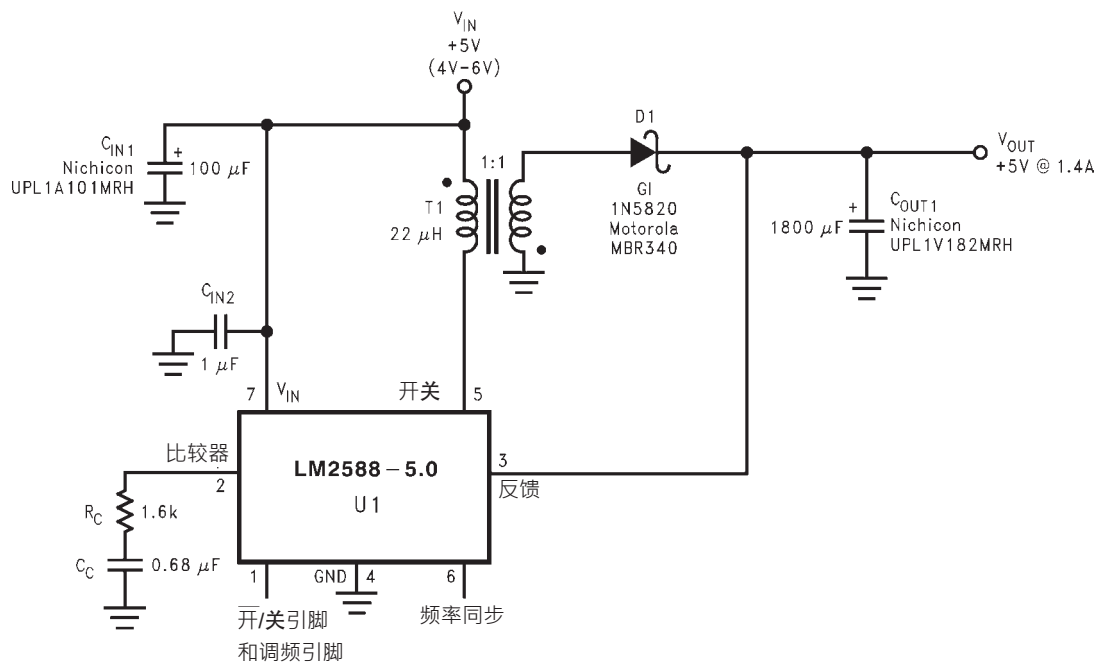


01242025

图7.单路输出回扫式稳压器

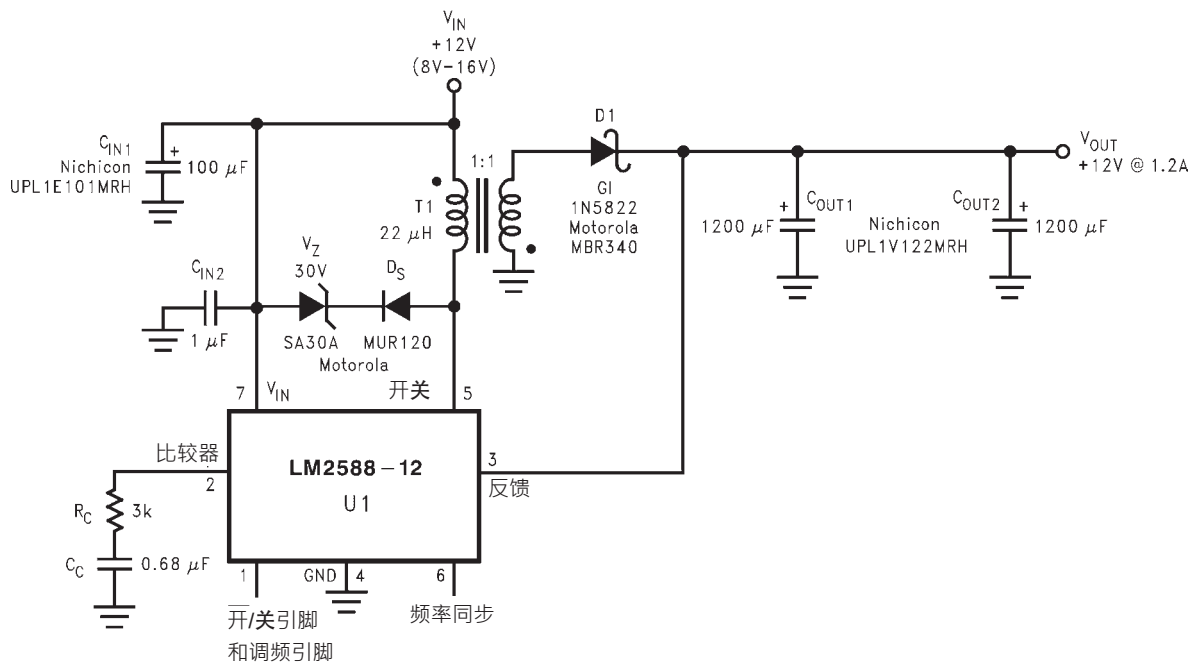
典型回扫式稳压器应用

(续)



01242026

图8.单路输出回扫式稳压器

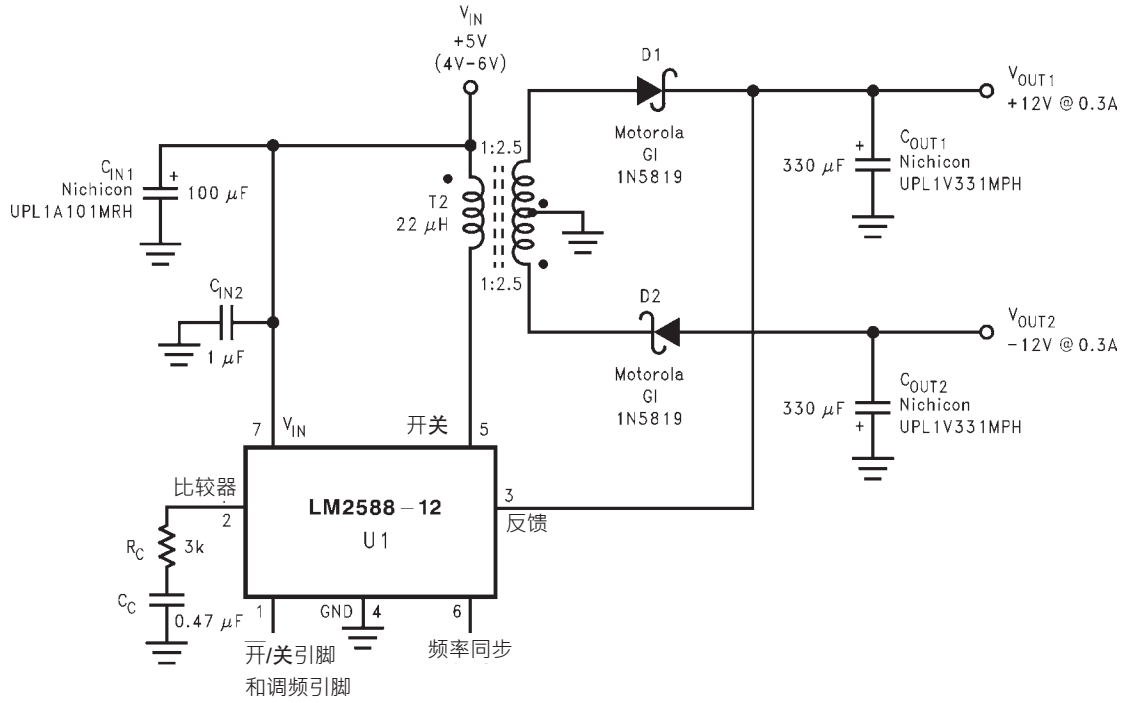


01242027

图9.单路输出回扫式稳压器

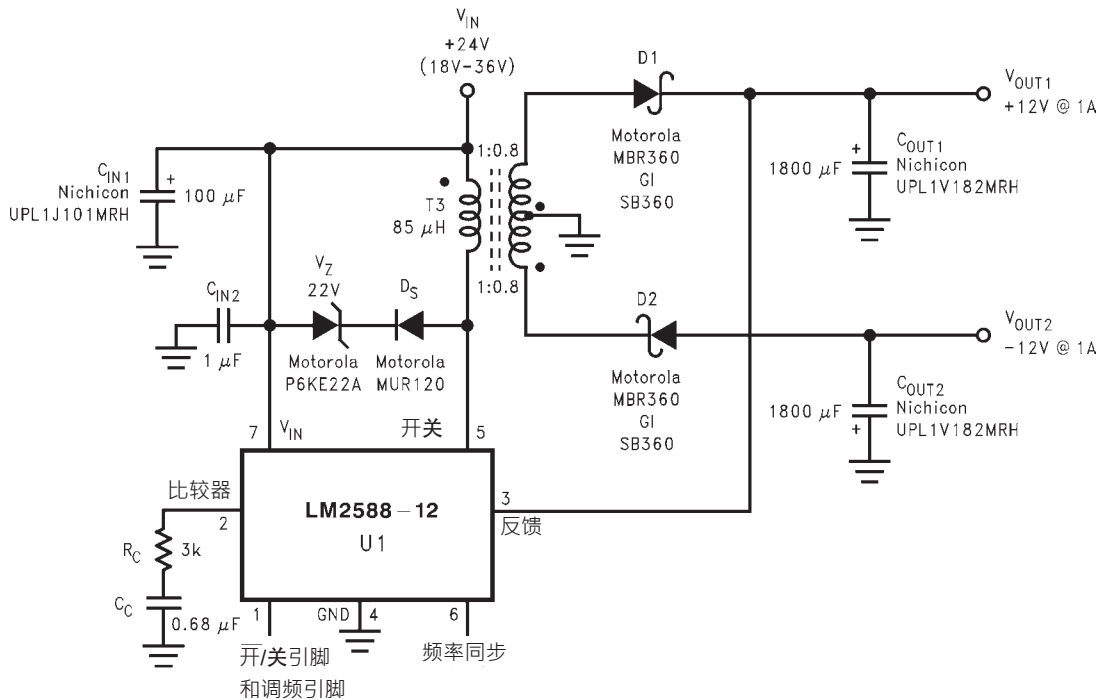
典型回扫式稳压器应用

(续)



01242028

图10. 双路输出回扫式稳压器



01242029

图11. 双路输出回扫式稳压器

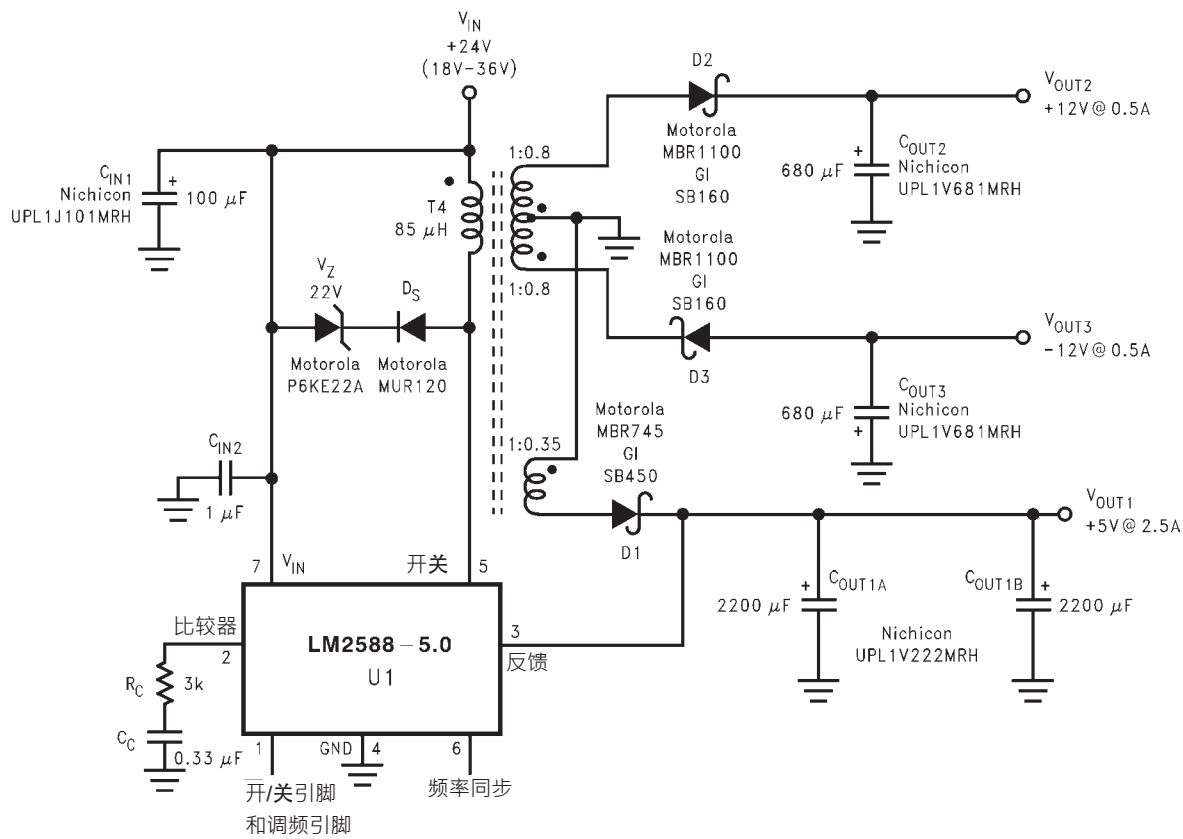


图12. 三路输出回扫式稳压器

01242030

变压器选择(T)

图13 列出了可用于回扫式稳压器应用的标准变压器。表格给出了每个变压器的变压比、输出电压、输入电压范围和每个电路的最大负载电流。

应用领域	图7	图8	图9	图10	图11	图12
变压器	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
$I_{OUT1}(\text{最大值})$	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
$I_{OUT2}(\text{最大值})$				0.3A	1A	0.5A
N_2				2.5	0.8	0.8
V_{OUT3}						–12V
$I_{OUT3}(\text{最大值})$						0.5A
N_3						0.8

图13. 变压器选择表

典型回扫式稳压器应用

(续)

变压器类型	制造商的元件编号				
	Coilcraft (注释16)	Coilcraft (注释16) 表面贴装	Pulse (注释17) 表面贴装	Renco (注释18)	Schott (注释19)
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

注释16：Coilcraft Inc., : 电话：(800) 322-2645

1102 Silver Lake Road · Cary · IL 60013 : 传真：(708) 639-1469

European Headquarters · 21 Napier Place : 电话：+44 1236 730 595

Wardpark North · Cumbernauld · Scotland G68 0LL : 传真：+44 1236 730 627

注释17：Pulse Engineering Inc., : 电话：(619) 674-8100

12220 World Trade Drive · San Diego · CA 92128 : 传真：(619) 674-8262

European Headquarters · Dunmore Road : 电话：+353 93 24 107

Tuam · Co. Galway · Ireland : 传真：+353 93 24 459

注释18：Renco Electronics Inc., : 电话：(800) 645-5828

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

注释19：Schott Corp., : 电话：(612) 475-1173

1000 Parkers Lane Road · Wayzata · MN 55391 : 传真：(612) 475-1786

图14. 变压器制造商指南

变压器封装

图15 到32 给出了每个变压器的封装，见图14 。

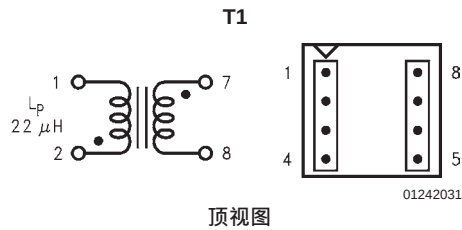


图15：Coilcraft Q4434-B

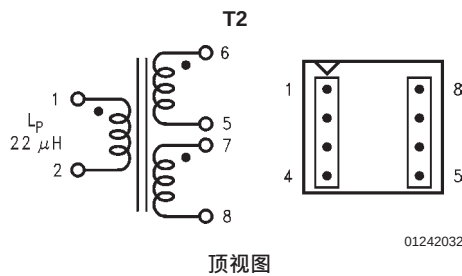


图16：Coilcraft Q4337-B

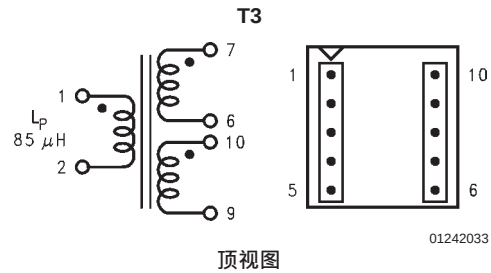


图17：Coilcraft Q4343-B

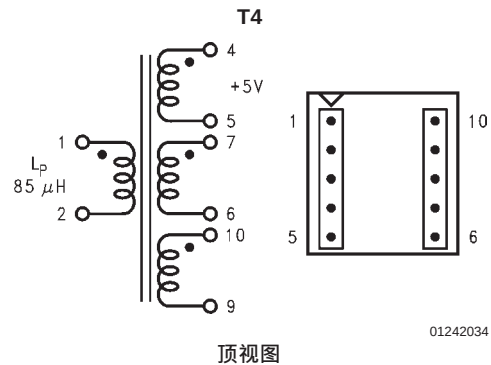
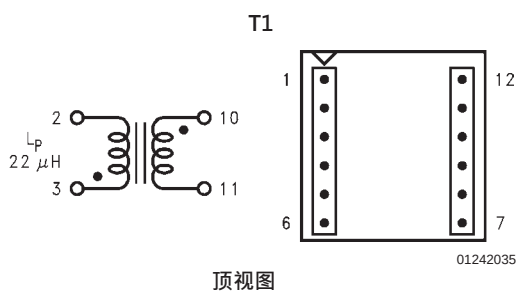
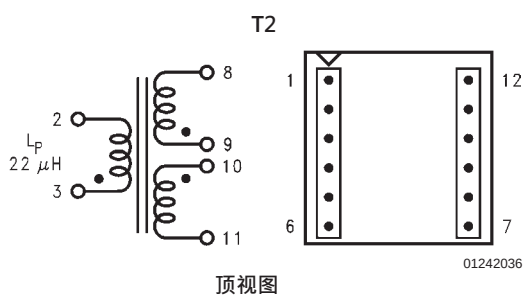
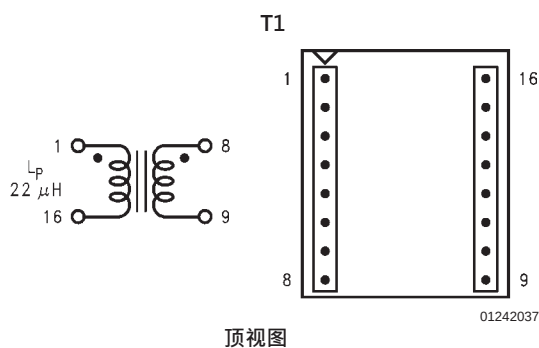
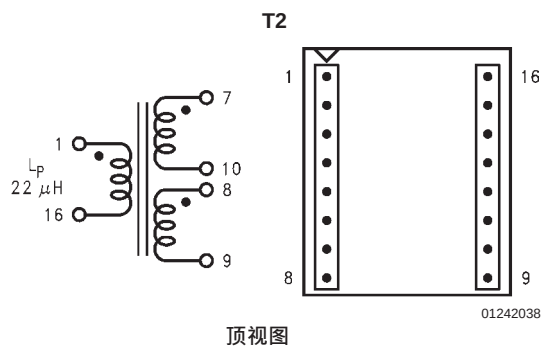
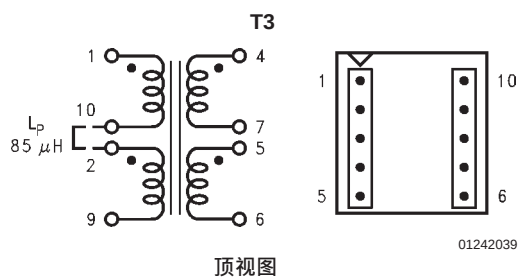
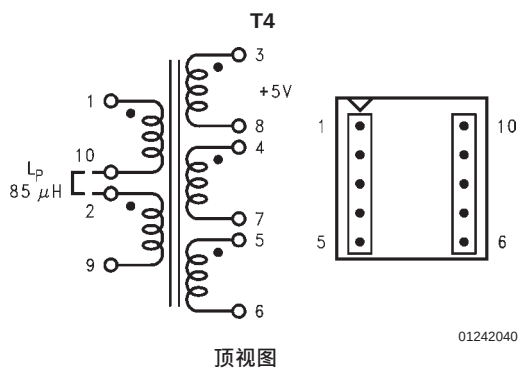


图18：Coilcraft Q4344-B

典型回扫式稳压器应用

(续)

图19 : Coilcraft Q4435-B
(表面贴装)图20 : Coilcraft Q4436-B
(表面贴装)图21 : Pulse PE-68411
(表面贴装)图22 : Pulse PE-68412
(表面贴装)图23 : Pulse PE-68421
(表面贴装)图24 : Pulse PE-68422
(表面贴装)

典型回扫式稳压器应用

(续)

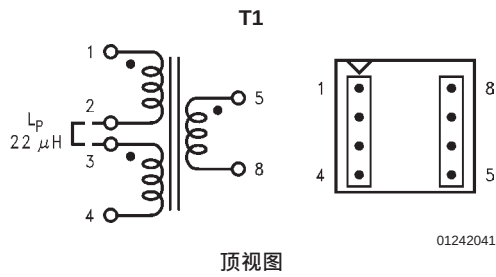


图25. Renco RL-5530

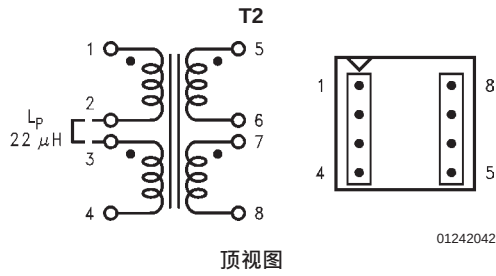


图26. Renco RL-5531

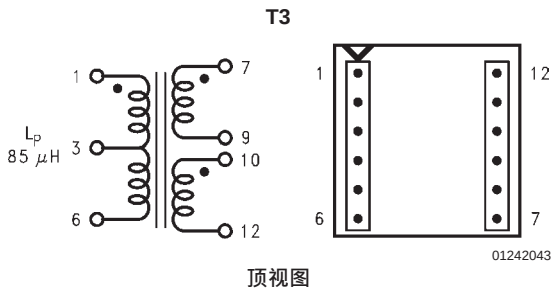


图27. Renco RL-5534

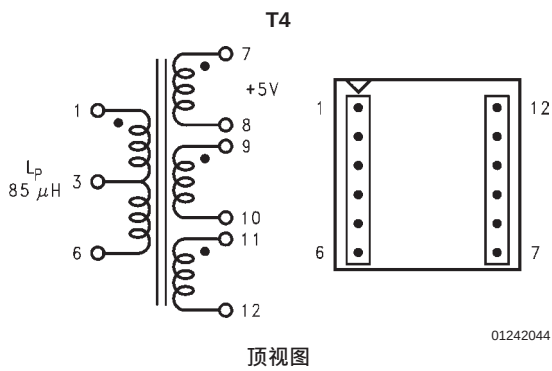


图28. Renco RL-5535

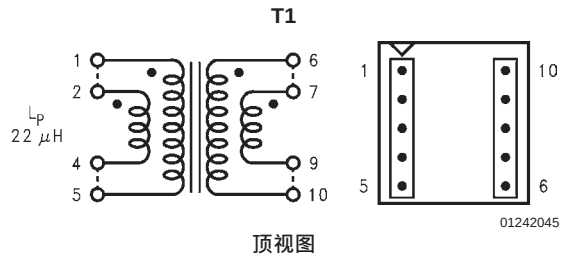


图29. Schott 67141450

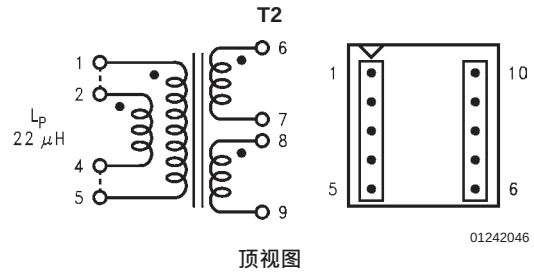


图30. Schott 67140860

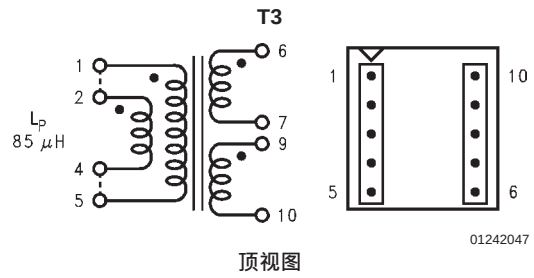


图31. Schott 67140920

典型回扫式稳压器应用

(续)

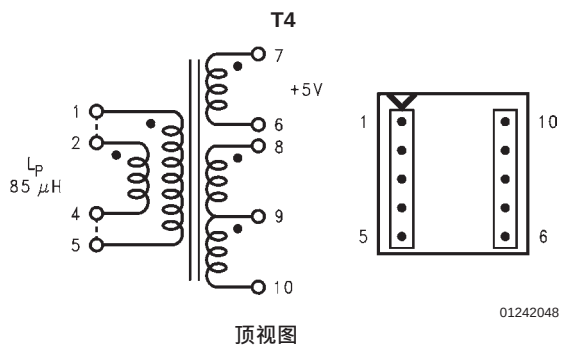


图32. Schott 67140930

步升(升压)稳压器工作

图33 显示了LM2588用作步升(升压)稳压器的应用。这是一个开关稳压器，它的输出电压要高于输入供电电压。下面简要解释一下LM2588升压型稳压器如何工作(见 图33)。当NPN开关导通

时，电感器电流以 V_{IN}/L 的速率上升，将能量存储在电感器中。当开关关闭时，电感器的低端会飞升至高于 V_{IN} ，通过二极管(D)将电流放到输出电容器(C_{OUT})，速率为 $(V_{OUT} - V_{IN})/L$ 。所以，在开关导通时间内存储在电感器内的能量就在开关关断时间内转移到输出端。输出电压受峰值开关电流控制，正如回扫式稳压器部分所述。

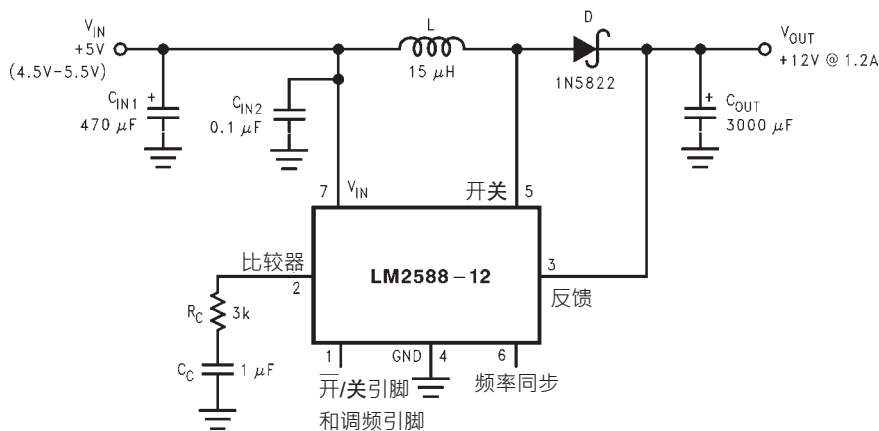
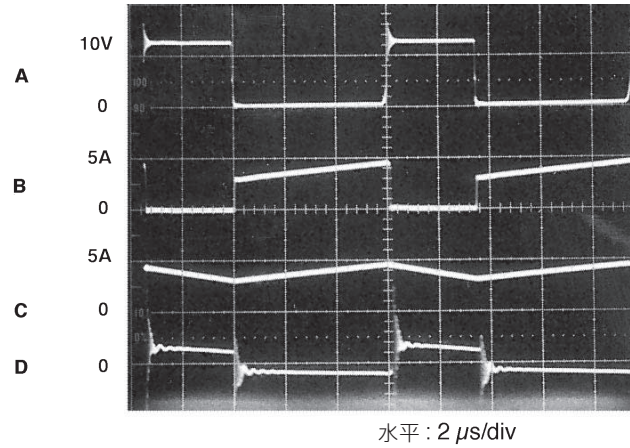


图33. 12V升压型稳压器

通过增加少量的外部元件(如图33所示)，LM2588可用于产生稳定的输出电压，而且高于输入电压。此电路运行中所观测到的开

关波形如图34所示。此稳压器的典型应用见图35。

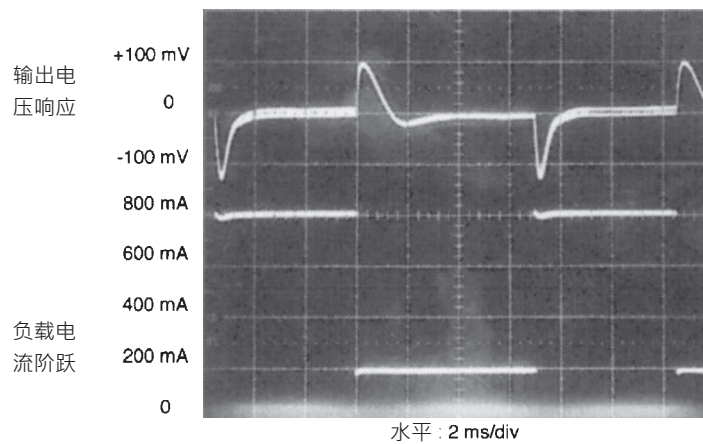
典型性能特征



01242062

- A : 开关电压 · 10V/div
 B : 开关电流 · 5A/div
 C : 电感器电流 · 5A/div
 D : 输出纹波电压 · 100mV/div · 交流耦合

图34. 开关波形



01242063

图35. V_{OUT} 对负载电流阶跃的响应

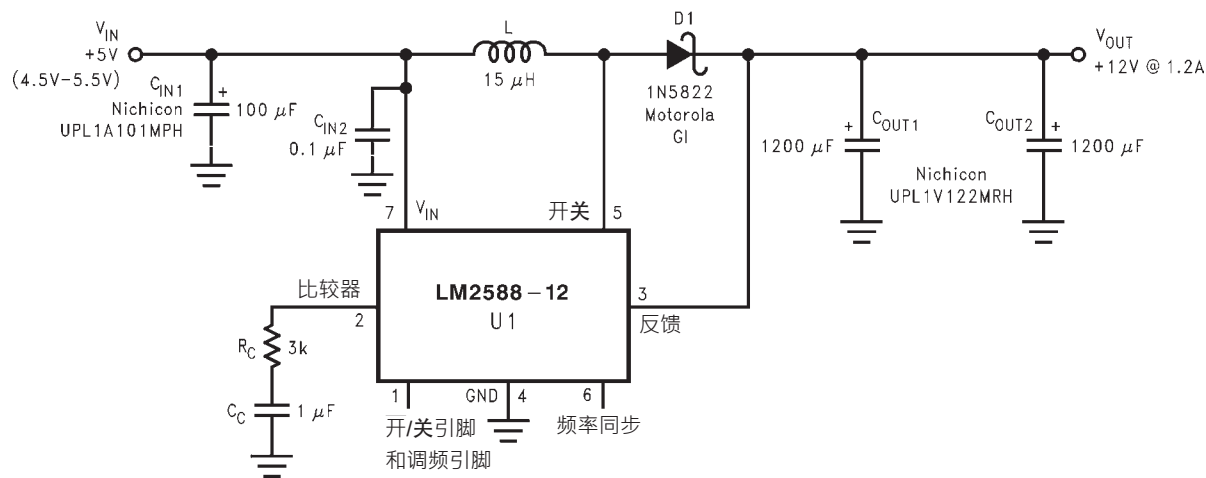
典型升压型稳压器应用

图36 和 38 到 40 给出了四个典型升压应用——一个使用输出固定的 LM2588，其余三个则输出可调。每个图都包含了每个元件的编

号和制造商。对于12V固定输出应用，电感器的元件编号和制造商都列在 图37 的表格中。对于不同输出电压的应用，可使用 *Switchers Made Simple* 软件。

典型升压型稳压器应用

(续)



01242050

图36. +5V至+12V升压型稳压器

图37 包含了图36 中固定输出稳压器所用的标准电感器的表格，给出了元件编号和相应的制造商。

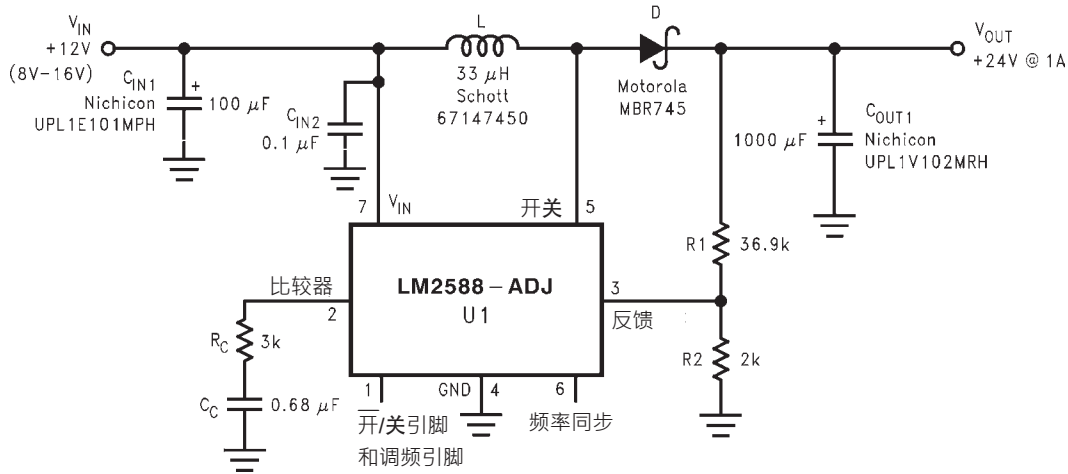
Coilcraft (注释20)	Pulse (注释21)	Renco (注释22)	Schott (注释23)
R4793-A	PE-53900	RL-5472-5	67146520

注释20：Coilcraft Inc.，电话：(800) 322-2645
1102 Silver Lake Road · Cary · IL 60013；传真：(708) 639-1469
European Headquarters · 21 Napier Place；电话：+44 1236 730 595
Wardpark North · Cumbernauld · Scotland G68 0LL；传真：+44 1236 730 627
注释21：Pulse Engineering Inc.，电话：(619) 674-8100
12220 World Trade Drive · San Diego · CA 92128；传真：(619) 674-8262
European Headquarters · Dunmore Road；电话：+353 93 24 107
Tuam · Co. Galway · Ireland；传真：+353 93 24 459
注释22：Renco Electronics Inc.，电话：(800) 645-5828
60 Jeffryn Blvd. East · Deer Park · NY 11729；传真：(516) 586-5562
注释23：Schott Corp.，电话：(612) 475-1173
1000 Parkers Lane Road · Wayzata · MN 55391；传真：(612) 475-1786

图37. 电感器选择表

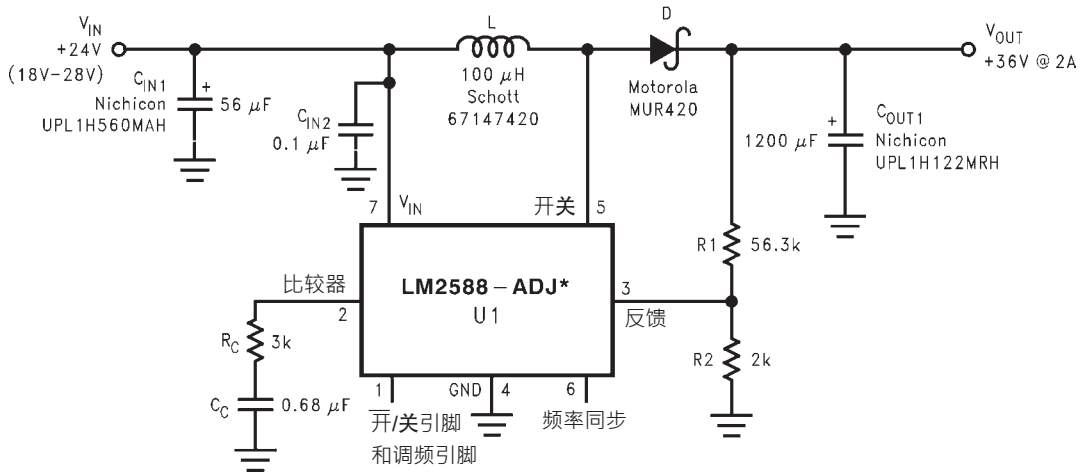
典型升压型稳压器应用

(续)



01242051

图38. +12V至+24V升压型稳压器

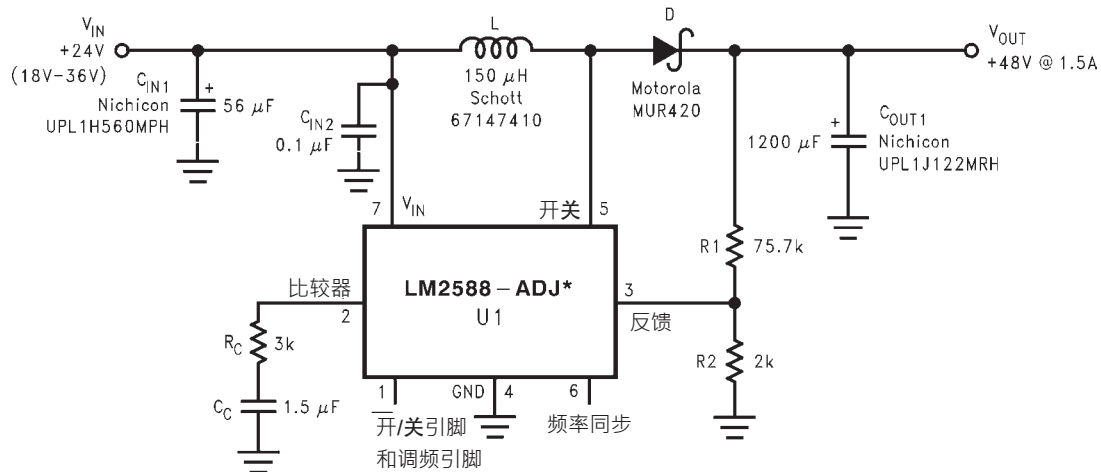


01242052

图39. +24V至+36V升压型稳压器

典型升压型稳压器应用

(续)



*这些应用中LM2588需要使用散热片。散热片的尺寸取决于最大环境温度。为计算IC的热阻和所需散热片的尺寸，参看“应用提示”的“散热片/热性考虑”部分内容。

图40. +24V至+48V升压型稳压器

应用提示

LM2588特殊性质

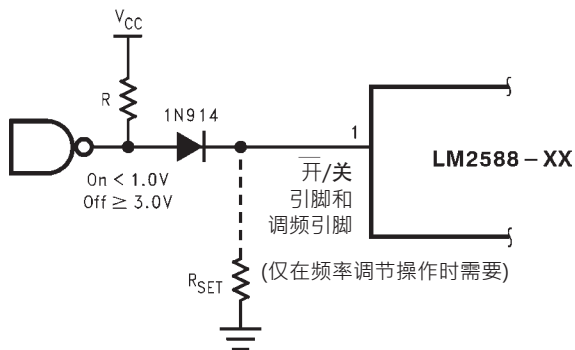


图41. 关断操作

关断控制

LM2588的一个特性就是它可以用开/关引脚(脚1)实现关断。在器件不用时，此特性通过关闭器件来保存输入能量。为使其正常工作，需要使用一个隔离二极管(如图41所示)。当开/关引脚加有3V或更高的电压并向脚1输入电流时，器件就会关断。在关断模式中，器件吸收的供电电流通常为56μA(16μA到VIN，40μA到开/关引脚)。为使器件重新工作，用一个(隔离)二极管使脚1悬空，如图41所示(为使其正常工作，不要在此引脚上输送电流 - 参看下一部分)。

频率调节

LM2588的开关频率可用外部电阻进行调节。这个特性使用户可以通过调节工作频率，实现磁性元件尺寸和输出电容器的最优化。引脚1(调频引脚)和地之间的一个电阻即可在100kHz至200kHz(最大值)之间设定开关频率。如图41所示，此脚在调整频率的同时仍然可用于实现关断。性能特点部分的一条曲线显示了相应开关频率下的电阻值。图42中的表格给出了常用频率下的电阻值。不过，从LM2588的100kHz开始改变其工作频率将会改变磁性元件的选择和补偿元件的值。

RSET(kΩ)	频率(kHz)
开路	100
200	125
47	150
33	175
22	200

图42. 频率设定电阻指南



图43. 频率同步

应用提示

(续)

频率同步

LM2588的另外一个特性是其可用同步引脚(脚6)使开关频率与外部源同步。此特性使得用户可以并联多个器件，输出更高的功率。加在同步引脚上的负的下降脉冲可使LM2588与外部振荡器同步(见图43和44)。

此特性可使LM2588与外部振荡器同步，比如系统时钟。这样多个电源就可以工作在同一频率下，也就消除了与频率相关的噪声问题。

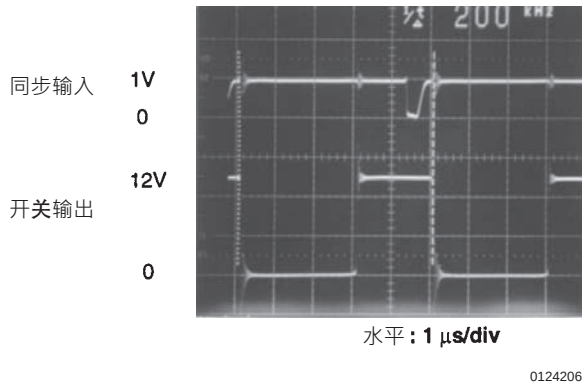


图44. 12V同步升压型稳压器的波形

图44 显示了LM2588 12V升压型稳压器与一个200kHz信号同步的情况。同步信号下降沿和开关导通之间有700ns的延迟。

编程输出电压(选择R1和R2)

参看图45 中的可调稳压器，根据下述公式，输出电压可通过电阻R1和R2实现编程控制：

$$V_{OUT} = V_{REF} (1 + R1 / R2) , \text{ 其中 } V_{REF} = 1.23V$$

电阻R1和R2对输出电压进行分压，所以它可与1.23V的内部参考电压进行比较。R2在1k 至 5k之间，R1为：

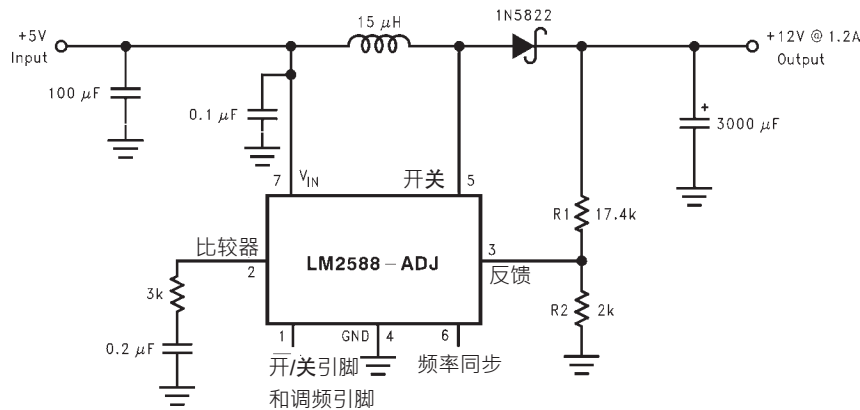
$$R1 = R2 (V_{OUT} / V_{REF} - 1) , \text{ 其中 } V_{REF} = 1.23V$$

为实现最优的温度系数和随时间的稳定性，建议使用精度为1%的金属膜电阻。

短路情形

由于升压型稳压器的固有特性，当输出短路时(见图45)，电流就直接从输入端经过电感器和二极管到达输出端，而不经开关。开关电流极限并不限制整个电路的输出电流。为保护负载和避免损坏开关，必须对电流进行外部限制，可利用输入供电或者在输出端加外部限流电路。外部极限应当设定为器件的最大开关电流，即5A。

在回扫式稳压器应用中(图46)，使用标准变压器，LM2588就会避免主输出短路的影响。当输出电压下降到其标称值的8%时，频率会降到25kHz。频率越低，关断时间越长。关断时间越长，变压器会在开关再次导通之前释放掉所有存储的能量。因此，在开关导通初始，其集电极上的电流为零。此时，开关电流极限就会限制尖峰电流，也就保护了器件。



01242056

图45. 升压型稳压器

图46. 升压型稳压器

其中VF是输出二极管前向偏置电压，肖特基二极管的典型值为0.5V
超快速恢复二极管的典型值为0.8V。某些电路会存在一个电压尖峰
 V_{LL} ，叠加在稳态电压上(见图5，波形A)。通常，这个电压尖峰是由

另外一种降低或消除“振铃”的方法是在脚5和脚4(地)之间加一个肖特基箝位二极管,同样如图46所示。这可防止脚5的电压降到-0.4V以下。二极管的反向电压额定值必须高于开关关断电压。

应用提示

(续)

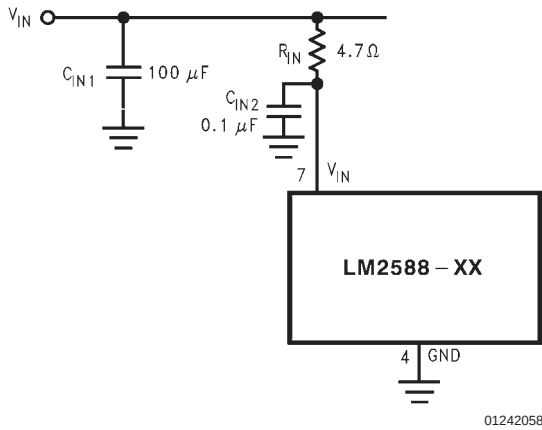


图47. 输入线路滤波器

输出电压限制

升压型稳压器的最大输出电压为最大开关电压减去二极管压降。对于回扫式稳压器，最大输出电压由变压比 N 和占空比 D 决定，如下式：

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

回扫式稳压器的占空比由下式确定：

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

理论上，最大输出电压可以任意大 - 只需增加变压器的变压比即可。但是，实际上有一些物理限制会阻止变压比变到无穷大，输

出电压也就不会是任意值。物理限制包括LM2588开关中的电容和电感、输出二极管和变压器 - 比如上述输出二极管的反向恢复时间。

噪声输入线路状况

如果输入电压有异常大的瞬态噪声，比如有跳跃的输入开关，那就需要在LM2588的输入引脚处加一个小的RC低通滤波器。图47的电路给出了滤波器的布局，电容器在输入引脚和地之间，电阻在输入电源和输入引脚之间。注意，图中 R_{IN} 和 C_{IN} 的值适用于大部分场合，但是对于特定应用则需要重新调整。如果效率需重点考虑，用一个小值电感代替电阻(比如10μH，电流额定值为200mA)。

稳定性

如果工作的占空比高于50%，那么所有电流模式控制稳压器都会受一种不稳定性的影响，即次谐波振荡。为消除次谐波振荡，需要有一个电感的最小值来确保所有升压型和回扫式稳压器工作的稳定性。最小电感由下式给出：

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

其中 V_{SAT} 是开关饱和电压，可在特性曲线中找到。

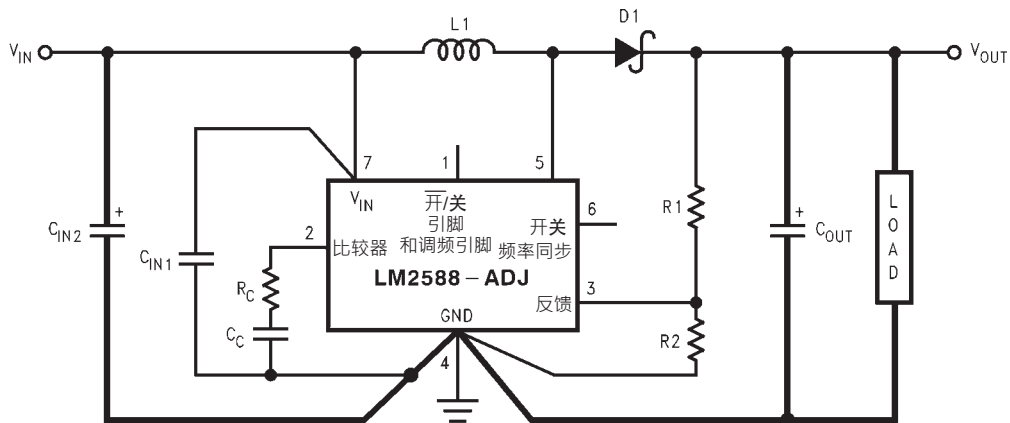


图48. 电路板布局

01242059

电路布局指南

跟所有开关稳压器一样，布局也是相当重要的。与走线电感相关的快速开关电流会产生电压瞬态，它会带来一些问题。对于最小的电感和接地回路，引脚和走线的长度要尽可能短。使用单点接地或接

地层结构可实现最佳效果。

将信号地和功率地分开(如图48所示)。当使用电压可调的稳压器时，在物理上要使编程电阻尽量靠近稳压器集成电路，以此缩短灵敏的反馈接线。

应用提示

(续)

散热片/热性考虑

在许多情况下，无需用散热片即可保证LM2588的结温在允许的工作温度范围之内。对于每个具体应用，为确定是否需要散热片，必须确定下列几个参数：

- 1) 最高环境温度(针对具体应用)。
- 2) 最大稳压器功耗(针对具体应用)。
- 3) 最大允许结温(对于LM2588为125°C)。为保证设计的安全性，应当选择比最大结温低大约15°C的温度，即110°C。
- 4) LM2588封装热阻 θ_{JA} 和 θ_{JC} (电气特性中已给出)。

LM2588的功耗(P_D)可用下式估计：

升压型：

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

回扫式：

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

V_{IN} 是最小输入电压， V_{OUT} 是输出电压， N 是变压器的变压比， D 是占空比， I_{LOAD} 是最大负载电流(ΣI_{LOAD} 是多路输出回扫式稳压器中的最大负载电流之和)。占空比计算如下：

升压型：

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

回扫式：

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

其中 V_F 是二极管前向偏置电压，肖特基二极管的典型值为0.5V，快速恢复二极管的典型值为0.8V。 V_{SAT} 是开关饱和电压，可在特性曲线中找到。

当不适用散热片时，结的温升为：

$$\Delta T_J = P_D \cdot \theta_{JA}$$

最大环境温度加上结的温升即为实际的工作结温：

$$T_J = \Delta T_J + T_A$$

如果工作结温超过上面项目3中的最大结温，就需要用散热片了。当使用散热片时，结的温升可由下式确定：

$$\Delta T_J = P_D \cdot (\theta_{JC} + \theta_{Interface} + \theta_{Heat Sink})$$

此时工作结温就变为：

$$T_J = \Delta T_J + T_A$$

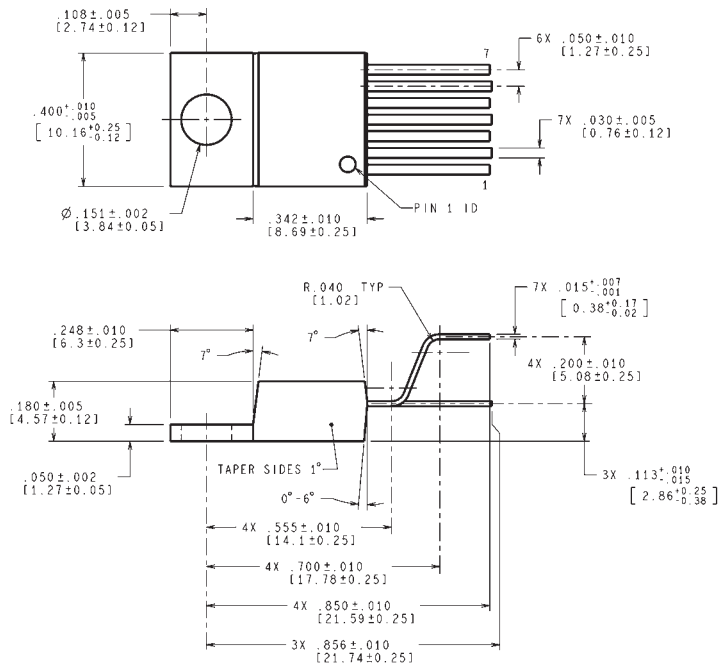
跟之前一样，如果超过了最大结温，就需要一个更大的散热片(其热阻更低)。

*Switchers Made Simple*设计软件包含了更加精确(非线性)的热学模型，可用来确定不同输入-输出参数或不同器件值下的结温。它还可以计算要将稳压器结温控制在最大工作温度以下所需的散热片热阻。

为进一步简化回扫式稳压器设计步骤，美国国家半导体提供了电脑设计软件*Switchers Made Simple*。通过所在地区的美国国家半导体销售办公室或美国国家半导体客户响应中心(1-800-272-9959)，用户可以获得用于IBM兼容电脑的软件安装磁盘(312")。

物理尺寸

除非特别说明，单位均为英寸(毫米)

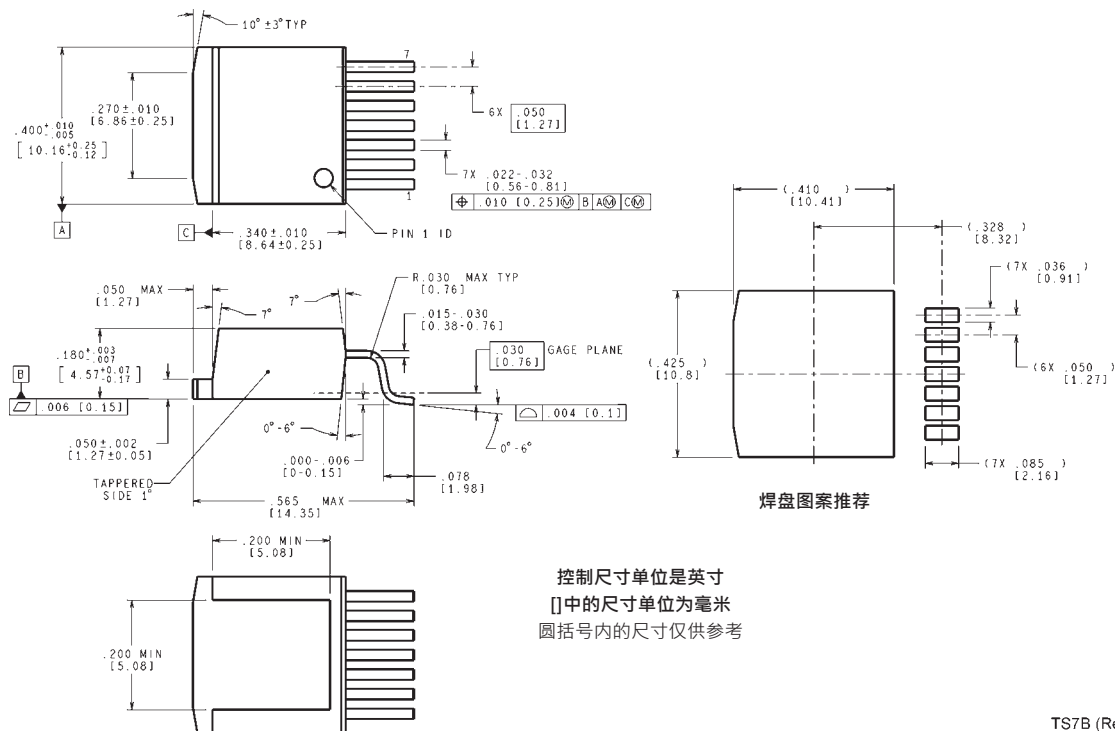


控制尺寸单位是英寸
 []中的尺寸单位为毫米

TA07B (Rev E)

订购号LM2588T-3.3、LM2588T-5.0、LM2588T-12或者LM2588T-ADJ

NS封装号 TA07B



控制尺寸单位是英寸
 []中的尺寸单位为毫米
 圆括号内的尺寸仅供参考

TS7B (Rev E)

订购号LM2588S-3.3、LM2588S-5.0、LM2588S-12或者LM2588S-ADJ

卷带包装订购号LM2588SX-3.3、LM2588SX-5.0、LM2588SX-12或者LM2588SX-ADJ

NS封装号 TS7B

注释

对于上述任何电路的使用，美国国家半导体不承担任何责任且不默示任何电路专利许可。美国国家半导体保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。

欲了解最新产品信息，请访问公司网站：www.national.com。

生命支持策略

未经美国国家半导体的总裁和首席律师事先的明确书面审批，不得将美国国家半导体的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

1. 生命支持设备或系统指：**(a)**打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；**(b)**支持或维持生命的设备或系统，其在依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。
2. 关键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备或系统失效，或影响生命支持设备或系统的安全性或效力的任何部件。

禁用物质合规

美国国家半导体制造的产品和使用的包装材料符合《消费产品管理规范(CSP-9-111C2)》以及《相关禁用物质和材料规范(CSP-9-111S2)》的条款，不包含CSP-9-111S2限定的任何“禁用物质”。如需了解详情，请访问：www.national.com/quality/green。

无铅产品符合RoHS指令。



美国国家半导体美洲区技术支持中心
电子邮件: support@nsc.com
电话: 1-800-272-9959

美国国家半导体欧洲技术支持中心
电子邮件: europa.support@nsc.com

美国国家半导体亚太区技术支持中心
电子邮件: ap.support@nsc.com

美国国家半导体日本技术支持中心
电子邮件: jpn.feedback@nsc.com

重要声明

德州仪器(TI) 及其下属子公司有权在不事先通知的情况下, 随时对所提供的产品和服务进行更正、修改、增强、改进或其它更改, 并有权随时中止提供任何产品和服务。客户在下订单前应获取最新的相关信息, 并验证这些信息是否完整且是最新的。所有产品的销售都遵循在订单确认时所提供的TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的硬件产品的性能符合TI 标准保修的适用规范。仅在TI 保证的范围内, 且TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非政府做出了硬性规定, 否则没有必要对每种产品的所有参数进行测试。

TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险, 客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了TI 产品或服务的组合设备、机器、流程相关的TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息, 不能构成从TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可, 或是TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于TI 的产品手册或数据表, 仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。在复制信息的过程中对内容的篡改属于非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任。

在转售TI 产品或服务时, 如果存在对产品或服务参数的虚假陈述, 则会失去相关TI 产品或服务的明示或暗示授权, 且这是非法的、欺诈性商业行为。TI 对此类虚假陈述不承担任何责任。

TI 产品未获得用于关键的安全应用中的授权, 例如生命支持应用(在该类应用中一旦TI 产品故障将预计造成重大的人员伤亡), 除非各方官员已经达成了专门管控此类使用的协议。购买者的购买行为即表示, 他们具备有关其应用安全以及规章衍生所需的所有专业技术和知识, 并且认可和同意, 尽管任何应用相关信息或支持仍可能由TI 提供, 但他们将独力负责满足在关键安全应用中使用其产品 & TI 产品所需的所有法律、法规和安全相关要求。此外, 购买者必须全额赔偿因在此类关键安全应用中使用TI 产品而对TI 及其代表造成的损失。

TI 产品并非设计或专门用于军事/航空应用, 以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品属于“军用”或“增强型塑料”产品。只有TI 指定的军用产品才满足军用规格。购买者认可并同意, 对TI 未指定军用的产品进行军事方面的应用, 风险由购买者单独承担, 并且独力负责在此类相关使用中满足所有法律和法规要求。

TI 产品并非设计或专门用于汽车应用以及环境方面的产品, 除非TI 特别注明该产品符合ISO/TS 16949 要求。购买者认可并同意, 如果他们在汽车应用中使用任何未被指定的产品, TI 对未能满足应用所需要求不承担任何责任。

可访问以下URL 地址以获取有关其它TI 产品和应用解决方案的信息:

产品	应用
数字音频	www.ti.com.cn/telecom
放大器和线性器件	www.ti.com.cn/computer
数据转换器	www.ti.com/consumer-apps
DLP® 产品	www.ti.com/energy
DSP - 数字信号处理器	www.ti.com.cn/industrial
时钟和计时器	www.ti.com.cn/medical
接口	www.ti.com.cn/security
逻辑	www.ti.com.cn/automotive
电源管理	www.ti.com.cn/video
微控制器 (MCU)	
RFID 系统	
OMAP 机动性处理器	
无线连通性	
德州仪器在线技术支持社区	www.deyisupport.com

邮寄地址: 上海市浦东新区世纪大道 1568 号, 中建大厦 32 楼 邮政编码: 200122
Copyright © 2012 德州仪器 半导体技术(上海)有限公司