



## 特性

可替代 LTM4644IY  
四路降压稳压变换器，每路 4A  
4V~14V 宽范围输入  
2.40V~14V 外部偏置电压  
0.6V~5.5V 输出  
±3%输出误差  
电流控制模式，快速瞬态响应  
可并联提高输出电流  
可与外部时钟同步  
可选的突发模式操作  
具备软启动/跟踪功能  
过压、过流和过温保护  
内置温度检测二极管

## 概述

XHTM4644IY 是一款四路输出开关模式 DC/DC 变换器，每路输出 4A 电流，兼容 ADI 的 LTM4644IY。所有输出可并联输出高达 16A 电流。封装内包含开关控制器、功率场效应晶体管、电感，和所有的支持组件。支持 4V 至 14V 的电压输入或 2.40V~14V 外部偏置电压输入；输出电压范围为 0.6V~5.5V。变换器的高效率特征支持每路输出 4A 电流。只需要配置大容量输入输出电容即可正常工作

## 典型应用

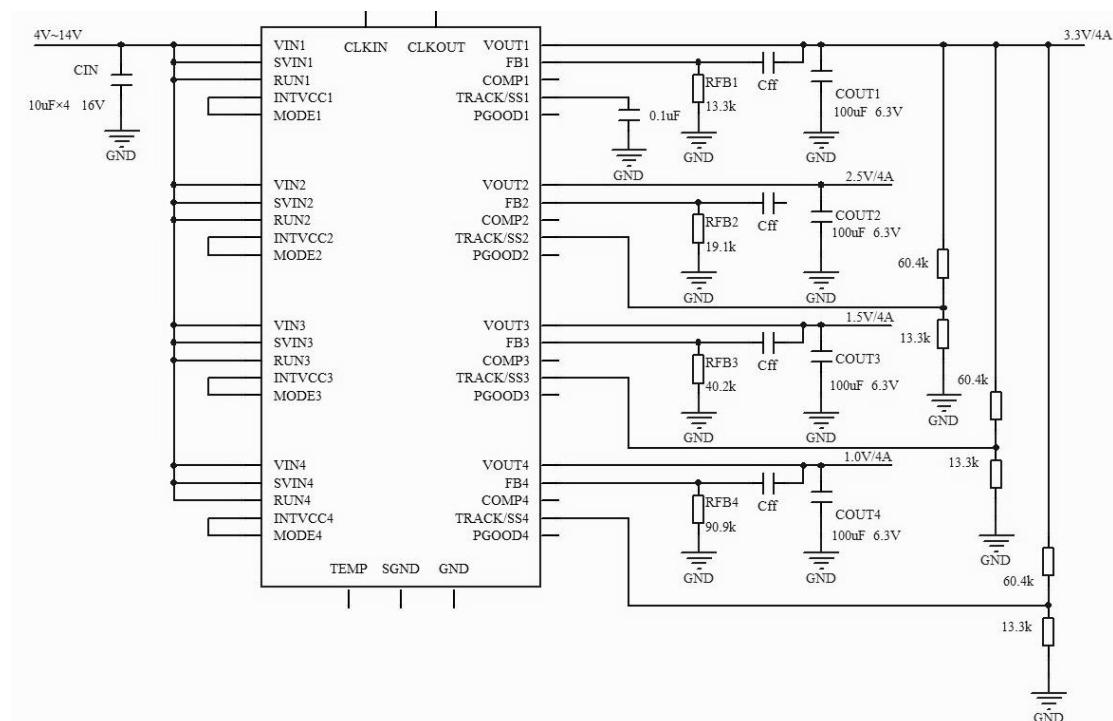


图1 典型应用



## 引脚功能

引出端排列按图 2 的规定 (顶视)。

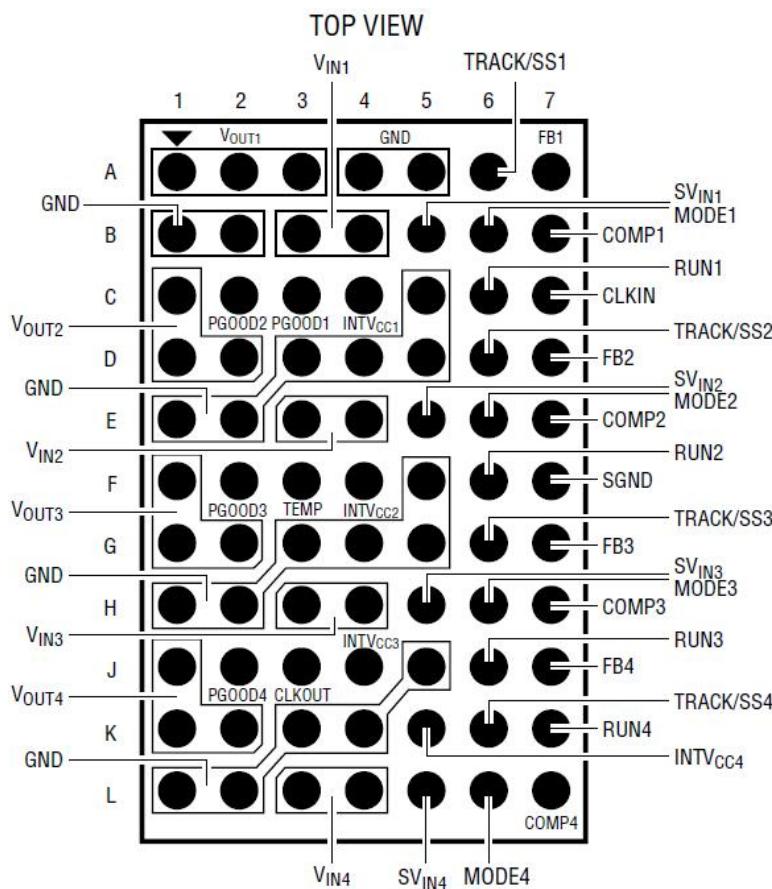


图2 引出端排列

表1 引出端描述

编号	名称	描述
A1-A3	VO1	输出 1
C1, D1, D2	VO2	输出 2
F1, G1, G2	VO3	输出 3
J1, K1, K2	VO4	输出 4
A4-A5, B1-B2, C5, D3-D5, E1-E2, F5, G3-G5, H1-H2, J5, K3-K4, L1-L2	GND	功率地
B3, B4	VIN1	功率电源输入 1
E3, E4	VIN2	功率电源输入 2
H3, H4	VIN3	功率电源输入 3
L3, L4	VIN4	功率电源输入 4
C3, C2, F2, J2	PG1, PG2, PG3, PG4	电源输出良好指示
J3	CLKOUT	时钟输出



C4, F4, J4, K5	INTVCC1, INTVCC2, INTVCC3, INTVCC4	内部电源输出
B5, E5, H5, L5	SVIN1, SVIN2, SVIN3, SVIN4	信号电压输入
A6, D6, G6, K6	TRACK/SS1, TRACK/SS2,	输出跟踪和软启动
B6, E6, H6, L6	MODE1, MODE2, MODE3, MODE4	操作模式选择
C6, F6, J6, K7	RUN1, RUN2, RUN3,	使能控制输入
A7, D7, G7, J7	FB1, FB2, FB3, FB4	反馈
B7, E7, H7, L7	COMP1, COMP2, COMP3, COMP4	补偿
C7	CLKIN	时钟输入
F7	SGND	信号地
F3	TEMP	温度检测

## 绝对最大值

电源 ( $V_{IN}$ 、 $SV_{IN}$ )	.....	-0.3V~15V
使能 (RUN)	.....	-0.3V~15V
内部稳压器输出 (INTV <sub>CC</sub> )	.....	-0.3V~3.7V
控制、状态信号 (PGOOD、MODE、TRACK/SS、FB)	.....	-0.3V~INTV <sub>CC</sub>
同步 (CLKOUT、CLKIN)	.....	-0.3V~INTV <sub>CC</sub>
工作壳温 ( $T_c$ )	.....	-55 °C~100 °C
存储温度范围 ( $T_{ST}$ )	.....	-60 °C~150 °C
回流焊峰值温度	.....	245 °C

## 电特性

除非另有说明，所有最小值/最大值规格适用于整个推荐的工作范围。所有典型规格在  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12\text{ V}$  条件下测得。

表2 电特性

符号	参数	条件(除另有规定外, $T_A=-55^\circ\text{C}\sim100^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN}=12\text{V}$ )	极限值		单位
			最小	最大	
$V_{IN}$	输入电压范围	$SVIN=V_{IN}$	4.0	14.0	V
$V_{OUT(RANGE)}$	输出电压范围	-	0.6	5.5	V
$V_{OUT(DC)}$	输出电压精度	$C_{IN}=22\mu\text{F}$ ， $C_{OUT}=100\mu\text{F}$ 陶瓷, CCM 模式， $V_{IN}=4.0\text{V}\sim14.0\text{V}$ ， $I_{OUT}=0\text{A}\sim4.0\text{A}$	1.470	1.530	V



$V_{RUN}$	使能电压	RUN 引脚电压上升, $T_A=25^\circ C$	1.1	1.4	V
$I_Q(SV_{IN})$	输入偏置电流	$V_{IN}=12.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$ , CCM 模式	-	10	mA
		$V_{IN}=12.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$ , DCM 模式	-	5	mA
		关断电流, $RUN=0V$ , $V_{IN}=12.0V$	-	200	$\mu A$
$I_{S(VIN)}$	输入电源电流	$V_{IN}=12.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$ , $I_{OUT}=4.0A$ , $T_A=25^\circ C$	-	0.67	A
$I_{OUT}$	输出电流范围	$V_{IN}=12.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$	0	4.0	A
$S_v$	线性调整率	$V_{IN}=4.0V\sim14.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$ , $I_{OUT}=0A$ , CCM 模式	-	1.0	%
$S_t$	负载调整率	$V_{IN}=12.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$ , $I_{OUT}=0A\sim4.0A$	-	2.0	%
$V_{RIPPLE}$	输出纹波电压	$I_{OUT}=0A$ , $V_{OUT}=1.5V$ , $C_{OUT}=100\mu F$ 陶瓷, $V_{IN}=12.0V$ , $BW=20MHz$ , $T_A=25^\circ C$	-	30	mV
$t_{START}$	启动时间	$C_{OUT}=100\mu F$ , 空载, TRACK/SS 外接 $0.01\mu F$ 电容到地, $V_{IN}=12.0V$ , $V_{OUT}=1.5V$ , $T_A=25^\circ C$	-	5	ms
$V_{FB}$	反馈引脚电压	$I_{OUT}=0A$	0.588	0.612	V
$I_{TRACK/SS}$	软启动上拉电流	TRACK/SS=0V, $T_A=25^\circ C$	-	5	$\mu A$
$UVLO$	欠压锁定	输入下降, $T_A=25^\circ C$	-	3.3	V
		输入迟滞, $T_A=25^\circ C$	-	0.7	V
$I_{PGOOD}$	PGOOD 漏电流	$T_A=25^\circ C$	-	2	$\mu A$
$V_{PGL}$	PGOOD 输出低电平	$I_{PGOOD}=1mA$ , $T_A=25^\circ C$	-	0.1	V
$V_{PGOOD}$	PGOOD 跳变电平	输入下降, $T_A=25^\circ C$	-15		%
		输入上升, $T_A=25^\circ C$		15	%
$V_{INTVCC}$	INTVCC 输出电压	$SV_{IN}=4.0V\sim14.0V$ , $T_A=25^\circ C$	3.2	35	V
$S_{INTVCC}$	INTVCC 负载调整率	$I_{CC}=0mA\sim20mA$ , $T_A=25^\circ C$	-	1.0	%
$f_{osc}$	晶振频率	$T_A=25^\circ C$	0.8	1.2	MHz
$R_{FBHI}$	FB 到VOUT 的上电阻	-	59.80	60.80	k $\Omega$



## 效率曲线

效率与输出电流的关系曲线,  
VIN=5V

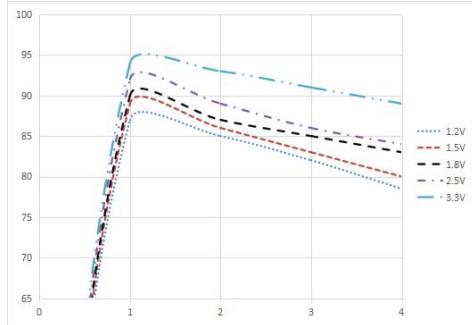


图3

效率与输出电流的关系曲线,  
VIN=12V

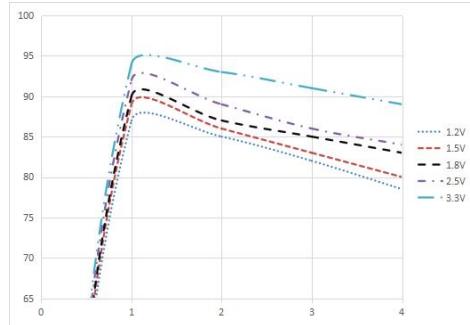


图4

## 功能简介

XHTM4644IY 是独立四输出非隔离开关模式 DC/DC 变换器.它有四个独立通道，每个通道都能提供高达 4A 的连续输出电流，同时所需的外部输入和输出电容器很少。每个调节器通过一个外部电阻器在 4V 到 14V 的输入电压范围内提供精确可调的输出电压，调整范围为 0.6V~5.5V。在外部偏置电压下，该模块可以在 2.40V 的低电压下工作。

XHTM4644IY 集成了四个独立的恒频控制谷电流模式控制器，功率 MOSFET，电感和其他分立器件.典型的开关频率设置为 1.0MHz。对于开关噪声敏感的应用，变换器可以与外部时钟同步，外部时钟频率为 700kHz~1.3MHz。

XHTM4644IY 模块采用电流模式控制，反馈环补偿内置，具有足够的稳定裕度和良好的瞬态性能，同时输出电容取值范围大，甚至所有输出电容器为陶瓷电容器时也具有良好的环路稳定性和瞬态性能。

电流模式控制提供了灵活的单独通道并联与精确的电流分配。XHTM4644IY 在每两个通道之间有一个内置时钟交错，它可以很容易地采用 2+2, 3+1 或 4 通道的并联操作，在 FPGA 这样的多轨 POL 应用程序中非常灵活。此外，XHTM4644IY 具有 CLKIN 和 CLKOUT 引脚，用于频率同步或多个设备同步，允许多达 8 个相位级联同时运行。

电流模式控制还提供逐周快速电流监测。在过流条件下提供返折式电流限制，当  $V_{FB}$  下降时，将电感谷电流降低到原始值的 40%左右。如果输出反馈电压超出调节点附近 $\pm 15\%$ 的窗口，内部过电压或欠压比较器会将开漏的 PGOOD 引脚输出拉低。当过压或欠压时，连续导通模式 (CCM) 将会强制运行，除了启动时 TRACK 引脚电压上升到 0.6V 的过程。

将运行引脚拉到 0.5V 以下，会使控制器处于关闭状态，同时关闭 MOSFET 和大部分内



部控制电路。在轻负载电流下，通过将模式引脚设置为 SGND，可以工作在不连续导通模式 (DCM)，比连续导通模式 (CCM) 效率更高。TRACK/SS 引脚用于跟踪和软启动设置。模块内的温度二极管，用于监视模块的温度。

## 应用说明

### 输入输出降压比

对于给定的输入电压，由于每个调节器的最小关闭时间和最小导通时间限制，在最大  $V_{IN}$  和  $V_{out}$  降压比方面都有限制。最小关闭时间决定了最大占空比，计算方法如下：

$$D_{MAX} = 1 - t_{OFF(MIN)} \times f_{SW}$$

其中  $t_{OFF(MIN)}$  为最小关闭时间，一般为 70ns， $f_{SW}$  为开关频率。相反地最小导通时间决定了最小占空比，计算方法如下：

$$D_{MIN} = t_{ON(MIN)} \times f_{SW}$$

其中  $t_{ON(MIN)}$  为最小导通时间，一般为 40ns。在极少数低于最小占空比的情况下，输出电压仍将保持在调节状态，但开关频率将比设定值低。

### 输出电压设定

PWM 控制器内部包含一个 0.6V 的基准电压源。每个通道内部，包含一个 60.4k 的电阻器，从  $V_O$  到  $V_{FB}$ 。通过从  $V_{FB}$  引脚到地的外部电阻器  $R_{FB}$  可设置输出电压：

$$R_{FB} = \frac{60.4k}{\frac{V_O}{0.6} - 1}$$

对于 N 通道并联操作，将所有通道的  $V_O$ 、 $V_{FB}$  和 COMP 引脚各自连接到一起，使用下式计算  $R_{FB}$ ：

$$R_{FB} = \frac{\frac{60.4k}{N}}{\frac{V_O}{0.6} - 1}$$

VOUT(V)	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
$R_{FB}(K\Omega)$	开路	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25



## 输入退耦电容

XHTM4644IY 应连接到低交流阻抗直流电源。对于每个变换器通道，可以采用  $10\mu\text{F}$  输入陶瓷电容器来实现纹波电流退耦。只有当使用较长感性引线或没有足够的源电容导致输入源阻抗较大时，才需要大的输入电容，该电容器可以是电解铝电容器或聚合物电容器。

在不考虑电感纹波电流的情况下，输入电容器的均方根电流可使用下式估算：

$$I_{CIN(RMS)} = \frac{I_{OUT(MAX)}}{\eta\%} \times \sqrt{D \times (1 - D)}$$

其中  $\eta\%$  为变换器的预估效率。

## 输出退耦电容

由于优化了高频、高带宽设计，每个通道只需一颗低 ESR 输出陶瓷电容器即可获得较低的输出电压纹波和很好的瞬态响应。如果需要进一步减少输出波纹或动态瞬态尖峰，设计人员可能需要增加额外的输出滤波，以尽量减少瞬态负载电流暂态期间的电压下降和超调。多相运行将减少有效输出波纹，该输出纹波与通道数有关。

## 断续导通模式

在需要低输出纹波和高效率的应用中，应该通过将 MODE 引脚连接到 SGND 来使用断续模式 (DCM)。在轻负载时，内部电流比较器可能会关闭几个周期，并迫使顶部 MOSFET 在这几个周期内保持关闭，从而跳过若干周期。在这种模式下，电感器电流不会反向。

轻载下使用 DCM 时，输出电压会出现较大的波动，非必要一般不推荐使用此模式。

## 连续导通模式

在固定频率操作比轻载效率更关键，并且期望获得最小的输出纹的应用中，应该使用强制连续导通模式操作。强制连续操作可以通过将模式引脚连接到 INTVCC 来启用。在这种模式下，电感电流在低输出负载下被允许反向，整个电流比较器的阈值由 COMP 电压控制，顶部 MOSFET 在每个开关周期内都会开启。在启动过程中，在 XHTM4644IY 的输出电压处于调节状态之前，强制连续模式会被禁止，以免电感电流反向。

## 运行频率

XHTM4644IY 优化了工作频率，实现了封装尺寸紧凑，输出纹波电压最小，同时保持了较高的效率。默认的工作频率在内部设置为 1MHz。在大多数应用中，不需要额外的频率调整。如果需要 1 MHz 以外的任何工作频率，则可以从外部同步到一个 700 kHz 到 1.3MHz



的时钟。

对于给定的  $V_{IN}, V_{OUT}$  工作条件, 需要一个最小的开关频率使电感峰值纹波电流小于 2A。

电感峰值纹波电流计算如下:

$$\Delta I_{PK-PK} = \frac{V_{OUT}}{F_s(\text{MHz})} \times \frac{V_{IN} - V_{OUT}}{V_{IN}}$$

由于谷值电流模式 (VCM) 控制的性质, 最大的电感峰值纹波电流 2A 是强制执行的, 以保持在空载下的输出电压调节。

## 频率同步和时钟输入

变换器包含由内部压控振荡器和相位检测器组成的锁相环。这可使所有内部顶部 MOSFET 的开关锁定在同一外部时钟上升边沿。外部时钟频率必须在 1MHz 设置频率的  $\pm 30\%$  范围内。脉冲检测电路用于检测 CLKIN 引脚上的时钟以打开锁相环。时钟的脉宽至少为 100 ns。时钟高电平在 2V 以上, 时钟低电平低于 0.3V。在变换器启动过程中, 锁相环功能被禁用。

## 多通道并联

对于需要超过 4A 输出电流的负载, XHTM4644IY 多个通道可以很容易地并联以提供更多的输出电流, 而不增加输入和输出电压纹波。XHTM4644IY 在四个调整器通道中的每两个之间具有预先设定的相移, 适合于采用 2+2、3+1 或 4 通道并行操作。表 3 给出了通道之间的相位差。

表 3

通道号	1	2	3	4
相位差	180°	90°	180°	

多相电源显著地减少了输入和输出电容器中的纹波电流。假设输入电压大于所用相数 N 乘以输出电压, 输入纹波电流减小到了 1/N, 有效纹波频率增大到了 N 倍。当所有的输出连接在一起以实现单路高输出电流时, 输出波纹幅值也被减少了所使用的相数。

XHTM4644IY 是电流模式控制变换器, 因此具有很好的电流均流特性。这将平衡变换器运行时的热量。请将每个平行通道的 RUN、TRACK/SS、FB 和 COMP 引脚连在一起。

## 软启动和输出电压跟踪

TRACK /SS 引脚提供了一种方法, 可以软启动每个通道, 或者将其跟踪到另一个电源。



TRACK/SS 引脚上的电容器将设定输出电压的斜坡。内部  $2.5\mu\text{A}$  电流源将外部软启动电容器充电，最高为  $\text{INTVCC}$ 。当 TRACK/SS 电压低于  $0.6\text{V}$  时，它将接替内部  $0.6\text{V}$  参考电压，以控制输出电压。软启动时间可计算为：

$$t_{ss} = 0.6 \times \frac{C_{ss}}{2.5\mu\text{A}}$$

其中  $C_{ss}$  为软启动电容。在软启动过程中，电流折返和强制连续模式被禁用。

输出电压跟踪也可以通过使用每个通道的 TRACK/SS 引脚设定。输出可以与另一个通道上下跟踪。图 5 和图 6 显示了比例跟踪的波形和原理图，其中从输出（VOUT2、VOUT3 和 VOUT4）的输出与主输出（VOUT1）成正比。

由于从输出的 TRACK/SS 通过  $R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}$  电阻器与主输出相连，启动过程中 TRACK/SS 电压低于  $0.6\text{V}$  时，从输出的电压应满足以下方程：

$$V_{OUT(SL)} \times \frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k} = V_{OUT(MA)} \times \frac{R_{TR(BOT)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}}$$

其中  $60.4\text{k}$  为反馈分压器上电阻（变换器内部集成）， $R_{FB(SL)}$  为反馈分压器下电阻（外置）， $R_{TR(TOP)}$ 、 $R_{TR(BOT)}$  组成接入从通道 TRACK/SS 引脚的分压器。

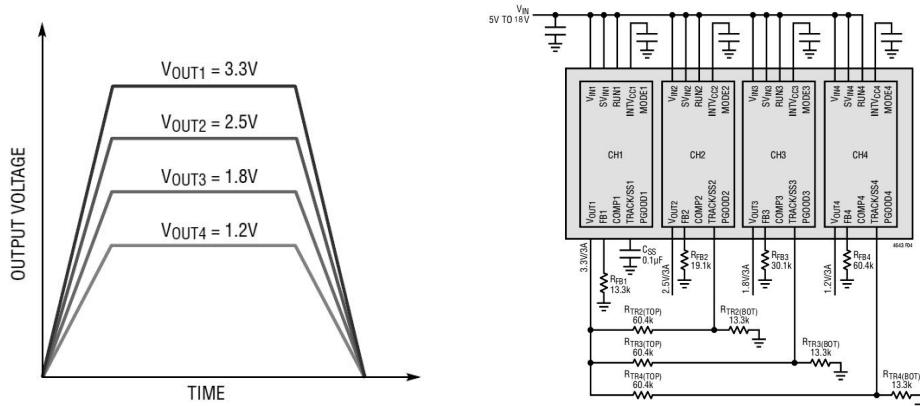


图 5 比例跟踪波形

图 6 跟踪功能电路图

按照上面的方程，主输出斜率（MR）和从输出斜率（SR）以伏特/时间为单位由以下因素决定：

$$\frac{MR}{SR} = \frac{\frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k}}{\frac{R_{TR(TOP)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}}}$$



当使用电阻分频器在特定信道上实现跟踪时，TRACK/SS 引脚将有一个  $2.5\mu\text{A}$  的电流源。这将在 TRACK/SS 引脚输入上引入偏移量。为解决这个问题，可使用与根据上述公式计算的电阻值比例相同的小值电阻。例如，在使用  $60.4\text{k}$  的情况下，可以使用  $6.04\text{k}$  将 TRACK/SS 偏移减小到可忽略的程度。

一致输出跟踪可以被认为是一种特殊的比例输出跟踪，主输出斜率 (MR) 和从输出斜率 (SR) 相同，如图 7 所示。

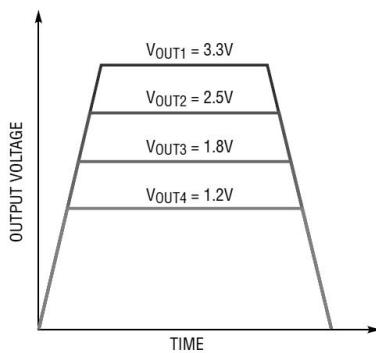


图 7 一致跟踪原理图

从该方程可以很容易地发现，在一致跟踪中，从通道的 TRACK/SS 引脚电阻分配器总是与其输出分压器相同。

## 电源良好

开路漏极引脚 PGOD 可用于监测每个有效输出电压通道。该引脚监控调节点周围  $\pm 15\%$  窗口。可将外部上拉电阻器接到 INTVCC 以进行监控。

## 稳定补偿

XHTM4644IY 模块内部各个通道的补偿回路针对只适用于低 ESR 陶瓷输出电容器的情况进行了设计和优化。使用  $10\text{pF} \sim 100\text{pF}$  的前馈电容就可以提高所有输出电容器应用中的相位裕度。

## 运行使能

将通道的 RUN 引脚拉到地，会使调节器处于关闭状态，同时关闭电源 MOSFET 和大部分内部控制电路。RUN 引脚电压超过  $1.4\text{V}$  将打开通道，低于  $0.5\text{V}$  将关闭通道。

## 预偏置输出启动

在某些情况下，可能需要在输出电容器上充电才能启动电源。XHTM4644IY 可以安全地供电到预偏置输出中，而不需要放电。



XHTM4644IY 通过强制不连续模式 (DCM) 操作来实现这一点，直到 TRACK/SS 引脚电压达到 0.6V 基准电压。

输出电压高于 INTVCC(3.3V) 时，不要预偏置 XHTM4644IY。

## 过温保护

内部过温保护监视变换器的结温。当结温达到 160°C 左右时，两个功率 MOSFET 将被关闭，直到温度降低 15°C 左右。

## 低输入电压应用

XHTM4644IY 每个通道有一个单独的 SV<sub>IN</sub> 引脚，使其与输入电压低至 2.40V 的操作兼容。SV<sub>IN</sub> 引脚是调节器控制电路的电源输入，V<sub>IN</sub> 引脚是直接连接到顶部 MOSFET 漏极的功率输入。在大多数输入电压从 4V 到 16V 的应用中，将 SV<sub>IN</sub> 引脚直接连接到每个通道的 V<sub>IN</sub> 引脚上。一个可选的滤波器（包含一个 1Ω~10Ω 的电阻器），在 SV<sub>IN</sub> 和 V<sub>IN</sub> 之间，可以抑制额外的噪声。在大多数情况下，如果遵循良好的 PCB 布局，则不必使用此滤波器。在低输入电压（2.40V 至 4V）的应用中，或为降低内部偏置 LDO 功耗，用 0.1μF 旁路电容器将 SV<sub>IN</sub> 连接到高于 4V 的外部电压。请注意，SV<sub>IN</sub> 电压不能低于 V<sub>O</sub> 电压。

## 温度监视

一个二极管连接的PNP晶体管用于通过监视其在整个温度范围内的电压来提供TEMP 监视功能。该二极管与温度的相关性可利用下式来了解：

$$V_D = nV_T \ln\left(\frac{I_D}{I_S}\right)$$

式中的 V<sub>T</sub> 是热电压 (kT/q)，而 n (理想因子) 为 1 (对于 XHTM4644IY 中使用的两个二极管连接的PNP)。I<sub>D</sub> 具有一种可通过下面用于 I<sub>S</sub> 的典型经验方程式了解的指数温度相关性：

$$I_S = I_0 \exp\left(-\frac{V_{G0}}{V_T}\right)$$

式中的 I<sub>0</sub> 是某个与工艺和几何尺寸相关的电流 (I<sub>0</sub> 在室温下通常比 I<sub>S</sub> 大 20 个数量级，因此 I<sub>0</sub> 比 I<sub>D</sub> 的典型值大得多)，而 V<sub>G0</sub> 是 1.2V 的带隙基准电压 (外推至 -273°C 开氏温度的绝对零度)。

如果我们将 I<sub>S</sub> 方程代入 V<sub>D</sub> 方程，则可得出：



$$V_D = V_{G0} - \left( \frac{Kt}{q} \right) \times \ln \left( \frac{I_0}{I_D} \right), \quad V_T = \frac{KT}{q}$$

该表达式说明：如果 $I_0$ 恒定的话，那么二极管连接的PNP管的结电压将从绝对零度时的1.2V  $V_{G0}$ 值线性地减小至一个随温度的升高而不断减小的数值。如果我们将这个方程对温度 $T$ 取微分，则：

$$\frac{dV_D}{dT} = -\frac{V_{G0} - V_D}{T}$$

这个作为温度的一个函数而变化的 $dV_D / dT$ 通常约为 $-2\text{mV/}^\circ\text{C}$ 。该方程针对一阶微分进行了简化。

求解 $T$ ， $T = -(V_{G0} - V_D) / dV_D$ 提供了温度。

第一个例子：对于 $27^\circ\text{C}$ (即 $300^\circ\text{C}$ 开氏温度)，二极管电压为 $0.598\text{V}$ ，于是，  
 $300^\circ\text{C} = -(1200\text{mV} - 598\text{mV}) / -2\text{mV/}^\circ\text{C}$

第二个例子：对于 $75^\circ\text{C}$ (即 $350^\circ\text{C}$ 开氏温度)，二极管电压为 $0.50\text{V}$ ，于是，  
 $350^\circ\text{C} = -(1200\text{mV} - 500\text{mV}) / -2\text{mV/}^\circ\text{C}$

如欲将开氏温标转换为摄氏温标，只需从开氏温度值减去 $-273^\circ\text{C}$ 开氏温度即可。

在 $27^\circ\text{C}$ 条件下测量该正向电压以建立一个参考点。然后采用上面的表达式并测量整个温度范围内的正向电压将提供一个通用的温度监视器。

二极管连接的PNP晶体管可利用一个电阻器上拉至 $V_{IN}$ 以把电流设定为 $100\text{ }\mu\text{A}$ ，从而将该二极管连接的晶体管用作一个通用的温度监视器（通过监视随温度变化产生的二极管压降来实现）。

## 输入输出电容选择

在使用中为了减少电磁干扰降低电压波动，提高整体电源效率，条件允许时可以使用大体积（比如1206）X7R材质的陶瓷电容器，这类电容器有着较低的等效串联电阻（ESR），具有良好的抗浪涌能力，同时较大的封装尺寸能更好的起到储能作用，在电路稳定工作中可以起到关键作用。

输入电容使用不低于 $25\text{V}$ 耐压值的电容，输出电容使用耐压值大于输出电压2倍的电容，表4给出对应不同输入输出下的电容选择；



表4

输出电压	输入电压	输入电容	输出电容
1.5V	5V	10uF~33uF	47uF~100uF
	12V	10uF~33uF	47uF~100uF
2.5V	5V	10uF~33uF	47uF~100uF
	12V	10uF~33uF	47uF~100uF
3.3V	5V	22uF~47uF	100uF~150uF
	12V	22uF~47uF	100uF~150uF
5.0V	12V	22uF~47uF	100uF~200uF

## 安全性

XHTM4644IY变换器中V<sub>IN</sub>到V<sub>O</sub>未隔离，没有内部保险丝。如果有需要，可使用一个慢熔型保险丝，其额定值是最大输入电流的两倍，以保护每个单元不受灾难性故障的影响。该器件支持热关机和过流保护。

## 布局布线

XHTM4644IY的高集成度使得PCB板的布局变得非常简单。然而，为了优化其电气和热性能，一些布局方面的考虑仍然是必要的。

1. 在大电流路径上使用大的PCB铜区，包括V<sub>IN1</sub>~V<sub>IN4</sub>、GND、V<sub>O1</sub>到V<sub>O4</sub>。它有助于最大限度地减少PCB的传导损耗和热应力。
2. 在V<sub>IN</sub>、GND和V<sub>O</sub>引脚旁边放置高频陶瓷输入和输出电容器，以尽量减少高频噪声。
3. 在包含变换器的电路单元下方放置专用电源接地层。
4. 为了最大限度地减小导通损耗，降低模块热应力，在顶层和其他功率层之间使用多通孔互连。
5. 不要直接在焊盘上放置过孔，除非它们被塞孔或电镀整平。
6. 对于连接到信号引脚的器件，使用分离的SGND敷铜区域。将SGND单点连接到GND。
7. 对于并行模块，将TRACK/SS、VFB和COMP引脚连接在一起。使用内部层将这些引脚紧密连接在一起。TRACK/SS引脚可以共用一个电容器，用于变换器软启



动。

8. 每一通道的SVIN有一个单独的电容，并在SVIN和PVIN间加一个1~10Ω的电阻。

## 降额曲线

降额曲线的设计基于关键器件（比如电感）的温升限制，以确保在高温环境下，模块的内部器件不会超过其允许的最高工作温度，从而避免损坏或缩短寿命，同时也使模块能够安全、稳定、长时间的工作。

以下给出的降额曲线条件均为：

1. XHTM4644IY模块直接贴装在100mm×100mm的4层PCB板上；
2. 采用自然对流；
3. PCB板采用了两面和内层铺铜，在顶层和其他功率层之间使用多通孔互连；
4. 在大电流路径上使用大的PCB铜区；
5. 并联输出。

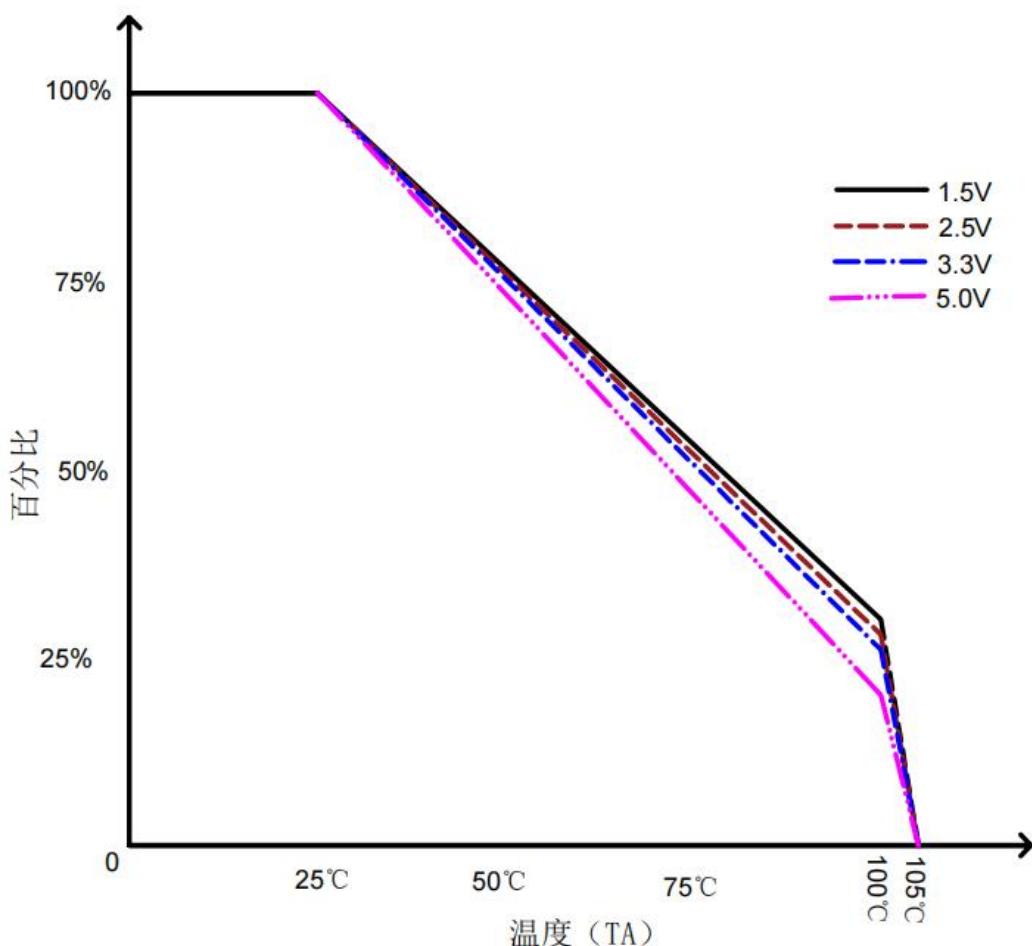


图11 12V输入

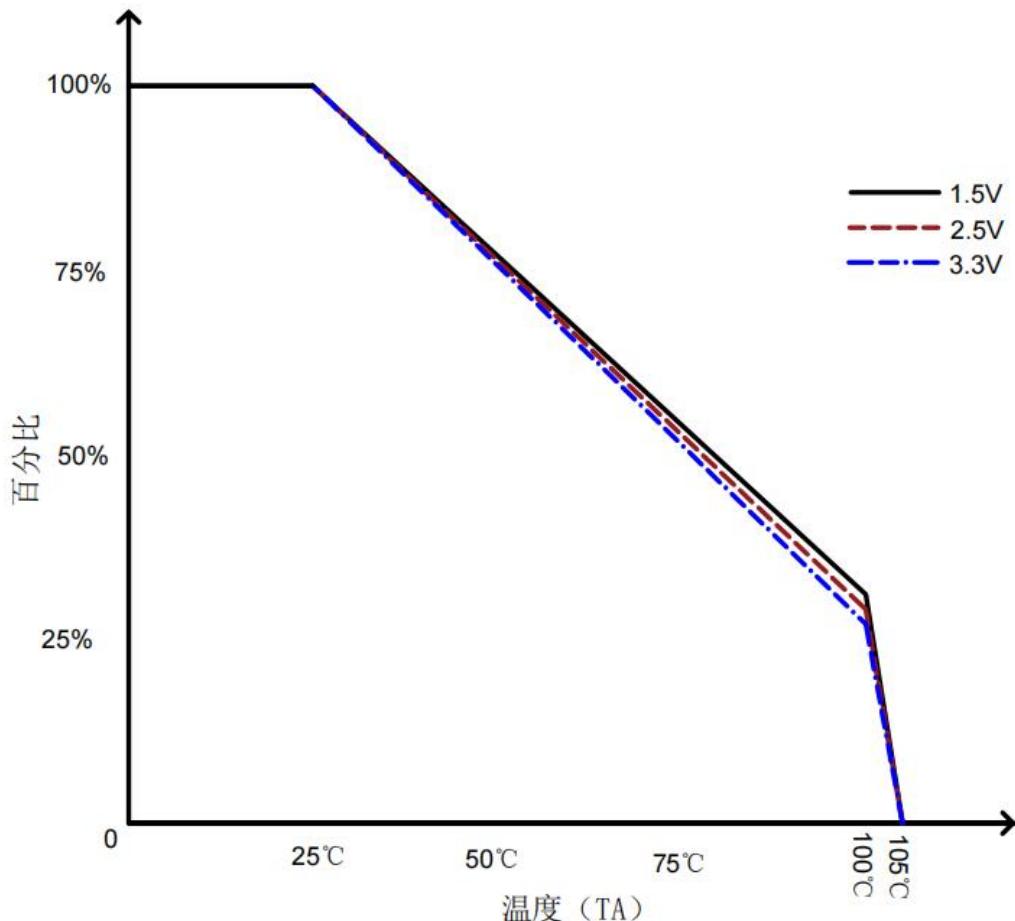


图12 5V输入

## 焊接及存储注意事项

1. 模块应贮存在环境温度为10°C~35°C、相对湿度不大于5%，周围环境无酸性、碱性及其他有害的气体的环境中；
2. SMT前请对模块进行烘烤，烘烤条件：125°C，烘烤时间不少于48小时；
3. XHTM4644IY模块使用了无铅BGA锡球，进行回流焊时峰值温度不可超过245°C。
4. 回流焊推荐曲线见图13

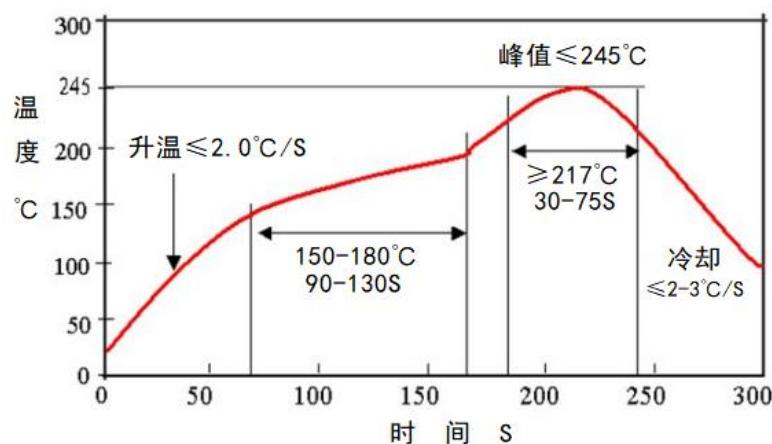


图13 回流焊曲线

## 静电防护及运输注意事项

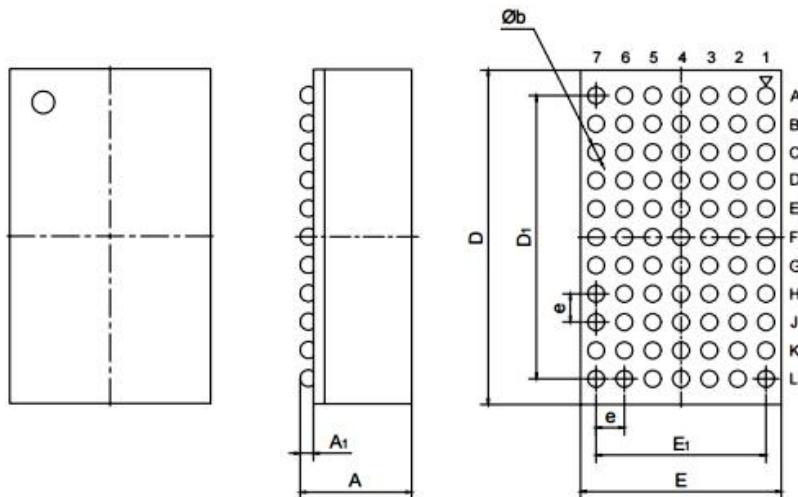
1. 使用抗静电材料对模块进行包装，包装条件需保证使模块间不会相互碰撞；
2. 运输和存放都应对模块抽真空包装，包装中应放入袋装的干燥剂和湿度指示卡片并且在包装表面粘贴防静电标签；
3. 需要时可以使用铝箔防静电包装；
4. 运输中应避免雨雪的直接淋袭和机械损伤。

## 其他注意事项

1. 禁止热拔插，及带负载条件下的任何操作对模块进行插拔，热插拔时产生的尖峰电压可能会对模块产生不可预料的损坏；
2. 请选择合适的输入源，确保输出电压和电流的稳定，有效噪声不大于100uVRMS；
3. 模块在工作时会产生热量，在使用中请保持其良好的导热条件；
4. 模块贴装及开展各项试验时，请确保有有效的防静电环境。



## 封装信息



单位为毫米

尺寸符号	数值			尺寸符号	数值		
	最小	公称	最大		最小	公称	最大
<i>A</i>	4.71	5.01	5.31	<i>D</i>	14.70	15.00	15.30
<i>A</i> <sub>1</sub>	0.50	0.60	0.70	<i>D</i> <sub>1</sub>	10e		
<i>E</i>	8.70	9.00	9.30	<i>e</i>	—	1.27	—
<i>E</i> <sub>1</sub>	6e			<i>b</i>	0.60	0.75	0.90

图12 外形尺寸



## 典型应用电路

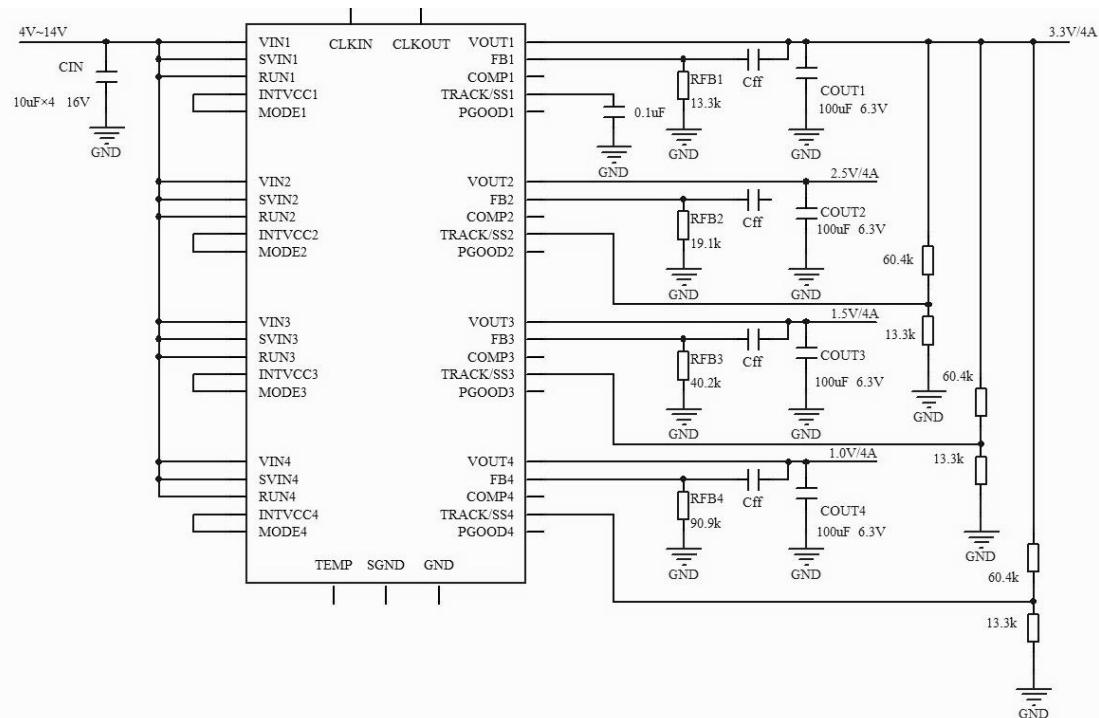


图8 4路输出电路图

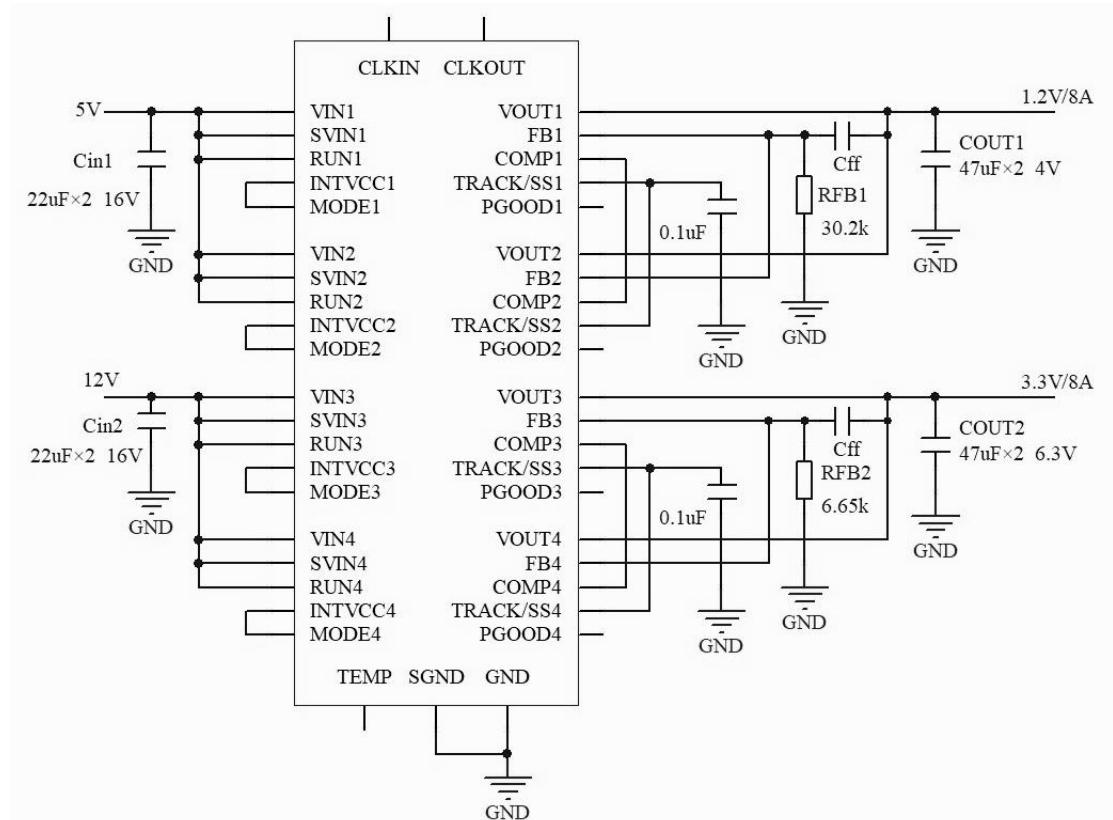


图9 2路输出电路图

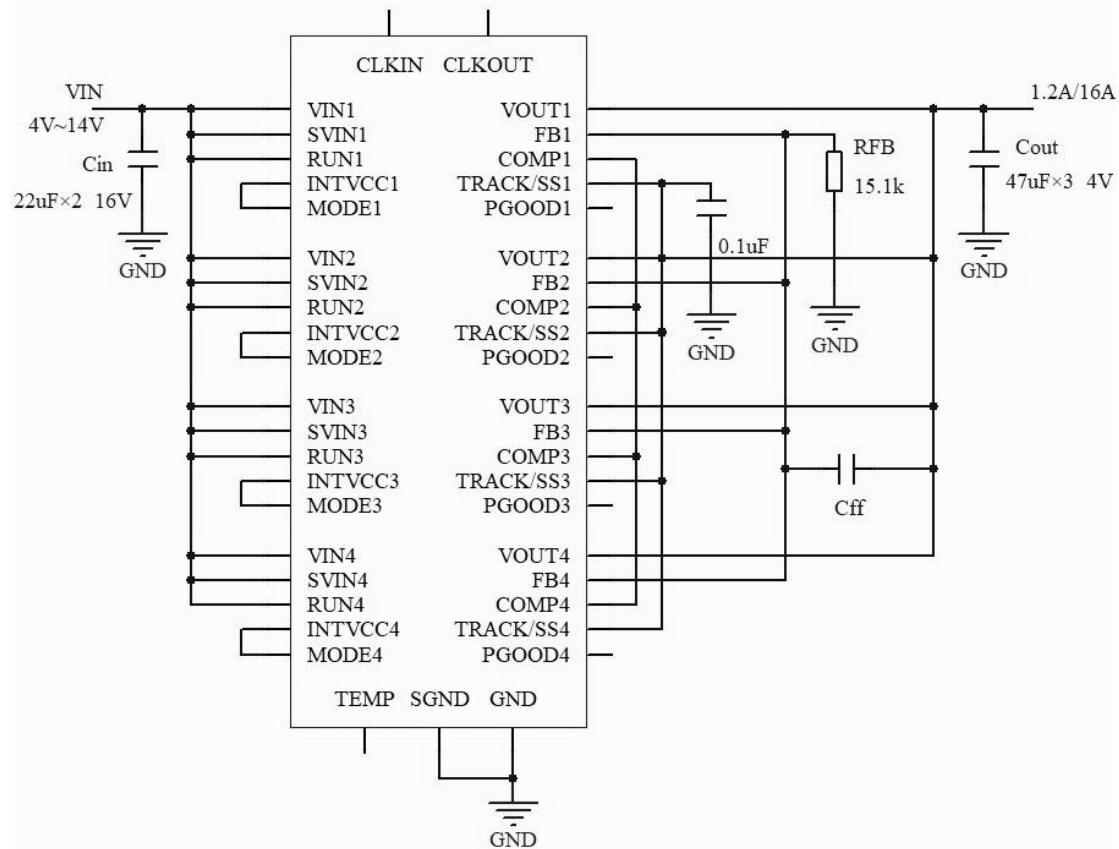


图10 单路输出电路图

\*内容如有变动，以本公司最新版本为准，最终解释权归PROTIS ELECTRONIC LIMITED所有