



## 特性

可替代 LTM4650A  
独立的双路微电源模块  
每路单独输出 25A，并联输出 50A  
4.5V~16V 宽范围输入  
0.6V~5.5V 输出  
±2.0%输出误差  
内置差分远端补偿放大器  
电流控制模式，快速瞬态响应  
可多个器件并联输出  
开关频率可调，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  
输出电压过压保护

## 概述

XHTM4650A 是一款双 25A 输出开关模式 DC/DC 电源，兼容 ADI 的 LTM4650A，可方便地配置为单路两相 50A 输出。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 4.5V 至 16V 的电压输入；每路输出的输出电压范围为 0.6V~5.5V，由外部电阻设置。器件工作时只需要几个输入和输出电容。XHTM4650A 的引脚与 4620 和 4630 兼容。

该器件支持多相频率同步操作、突发模式操作和输出电压跟踪排序。内置用于温度监控的温度二极管。高开关频率和电流模式架构实现对线路和负载的快速瞬态响应而不牺牲稳定性。

故障保护功能包括过压和过流保护。

## 典型应用

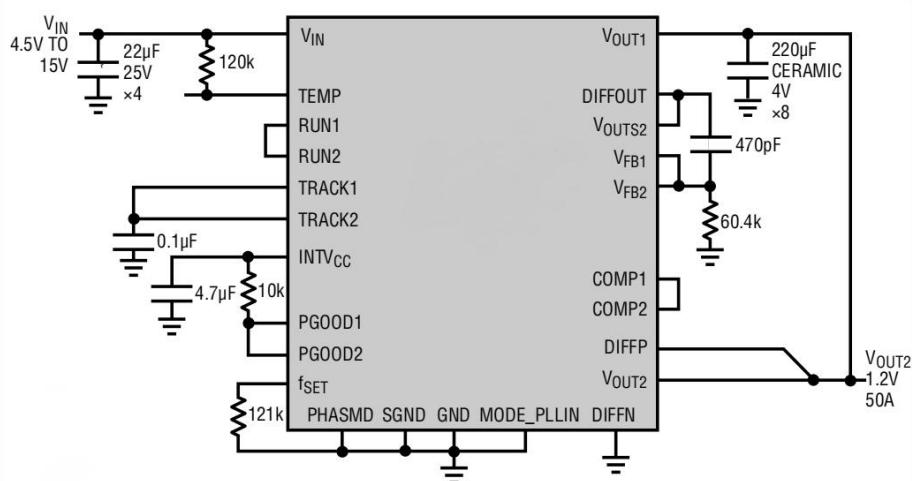


图1 典型应用



## 引脚功能

引出端排列按图 2 的规定（顶视）。

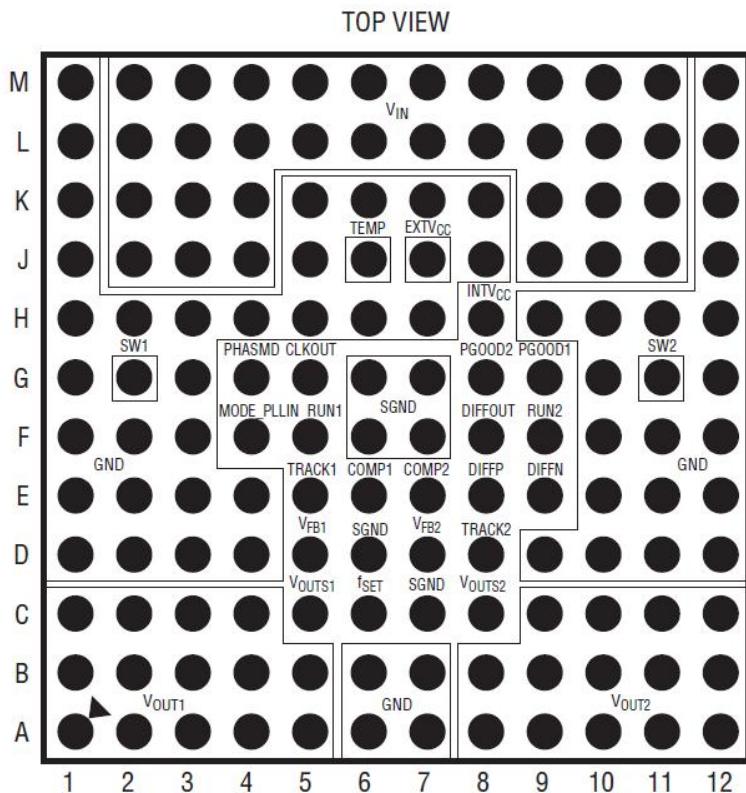


图2 引出端排列

表1 引出端描述

| 序号  | 符号                 | 名称     |
|---|--------------------|--------|
| M2-M11,L2-L11,J2-J4,J9-J11,K2-K4,K9-K11   | V <sub>IN</sub>    | 功率电源输入 |
| A1-A5,B1-B5,C1-C4   | V <sub>OUT1</sub>  | 输出 1   |
| A8-A12,B8-B12,C9-C12  | V <sub>OUT2</sub>  | 输出 2   |
| A6-A7,B6-B7,D1-D4,D9-D12,E1-E4,E10-E12,F1-F3,F10-F12,G1,G3,G10,G12,H1-H7,H9-H12,J1,J5,J8,J12,K1,K5-K8,K12,L1,L12,M1,M12 | GND                | 参考地    |
| C7,D6,G6-G7,F6-F7   | SGND               | 信号参考地  |
| C5  | V <sub>OUTS1</sub> | 检测脚 1  |
| C8  | V <sub>OUTS2</sub> | 检测脚 2  |
| C6  | f <sub>SET</sub>   | 频率设定   |
| D5  | V <sub>FB1</sub>   | 反馈 1   |
| D7  | V <sub>FB2</sub>   | 反馈 2   |
| E5  | TRACK1             | 跟踪 1   |
| D8  | TRACK2             | 跟踪 2   |
| E6  | COMP1              | 补偿 1   |



|     |                    |                    |
|-----|--------------------|--------------------|
| E7  | COMP2              | 补偿 2               |
| E8  | DIFFP              | 远端采样放大器正           |
| E9  | DIFFN              | 远端采样放大器负           |
| F4  | MODE_PLLIN         | 模式选择和外部时钟          |
| F5  | RUN1               | 使能 1               |
| F9  | RUN2               | 使能 2               |
| F8  | DIFFOUT            | 内部远端放大器输出          |
| G2  | SW1                | 开关节点 1             |
| G11 | SW2                | 开关节点 2             |
| G4  | PHASMD             | 相位设置               |
| G5  | CLKOUT             | 时钟输出               |
| G9  | PGOOD1             | 输出电源良好指示 1         |
| G8  | PGOOD2             | 输出电源良好指示 2         |
| H8  | INTV <sub>CC</sub> | 内部 5V 稳压器输出        |
| J6  | TEMP               | 温度检测               |
| J7  | EXTV <sub>CC</sub> | EXTV <sub>CC</sub> |
| 散热器 |                    |                    |

## 绝对最大值

电源电压 ( $V_{IN}$ ) ..... -0.3V ~ 18V;  
开关电压 ( $V_{SW1}$ ,  $V_{SW2}$ ) ..... -1V ~ 18V;  
使能 ( $V_{RUN1}$ ,  $V_{RUN2}$ ) ..... -0.3V ~ 6V;  
PowerGood ( $V_{PGOOD1}$ ,  $V_{PGOOD2}$ ) ..... -0.3V ~ 6V;  
辅助电源 (INTV<sub>CC</sub> , EXTV<sub>CC</sub> ,) ..... -0.3V~6V;  
跟踪 ( $V_{TRACK1}$ ,  $V_{TRACK2}$ ) ..... -0.3V~INTV<sub>CC</sub>;  
频率/模式设置 ( $V_{MODE\_PLLIN}$ ,  $V_{f\_SET}$ ,  $V_{PHASMD}$ ) ..... -0.3V~INTV<sub>CC</sub>;  
输出 ( $V_{O1}$ ,  $V_{O2}$ ,  $V_{OS1}$ ,  $V_{OS2}$ ) ..... -0.3V ~ 6V;  
远端检测 ( $V_{DIFFP}$ ,  $V_{DIFFN}$ ,  $V_{DIFFOUT}$ ) ..... -0.3V~3.6V;  
反馈和补偿 ( $V_{FB1}$ ,  $V_{FB2}$ ,  $V_{COMP1}$ ,  $V_{COMP2}$ ) ..... -0.3V ~ 2.7V;  
工作内部温度范围 ( $T_{INT}$ ) ..... -55°C ~ 100°C;  
存储温度范围 ( $T_{ST}$ ) ..... -60°C ~ 150°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  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 、 $V_{IN} = 12 \text{ V}$ 、 $V_{RUN1} = V_{RUN2} = 5.0 \text{ V}$  条件下测得。

表2 电特性表

| 符号               | 参数                  | 条件(除另有规定外, $V_{IN}=12\text{V}$ ,<br>$V_{RUN}=5\text{V}$ , $T_A=-55^\circ\text{C}\sim100^\circ\text{C}$ ) <sup>a</sup>  | 极限值   |       | 单位            |
|------------------|---------------------|--|-------|-------|---------------|
|                  |                     |  | 最小    | 最大    |               |
| $V_{IN}$         | 输入电压范围              | -  | 4.5   | 16.0  | V             |
| $V_{OUT(RANGE)}$ | 输出电压范围              | -  | 0.6   | 5.5   | V             |
| $V_{OUT(DC)}$    | 输出电压精度 <sup>b</sup> | $C_{IN}=22\mu\text{F}\times3$ , $C_{OUT}=100\mu\text{F}$ 陶瓷, $470\mu\text{F}$ 有机高分子, $V_{OUT}=1.2\text{V}$   | 1.170 | 1.230 | V             |
| $I_{Q(VIN)}$     | 输入偏置电流              | $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , 突发模式   | -     | 15    | mA            |
|                  |                     | $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , 脉冲模式   | -     | 35    | mA            |
|                  |                     | $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , 连续模式   |       | 160   | mA            |
|                  |                     | 关断电流, $RUN=0\text{V}$ , $V_{IN}=12\text{V}$  | -     | 200   | $\mu\text{A}$ |
| $I_{OUT}$        | 输出电流范围 <sup>b</sup> | $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$  | 0     | 25.0  | A             |
| $S_v$            | 线性调整率               | $V_{IN}=4.5\text{V}\sim16.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , $I_{OUT}=0\text{A}$   | -     | 1.0   | %             |
| $S_l$            | 负载调整率 <sup>b</sup>  | $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , $I_{OUT}=0\text{A}\sim25.0\text{A}$  | -     | 2.0   | %             |
| $V_{FB}$         | 反馈引脚电压              | $I_{OUT}=0\text{A}$ , $V_{OUT}=1.5\text{V}$  | 0.588 | 0.612 | V             |
| $V_{RUN}$        | 使能电压                | RUN 引脚电压上升, $T_A=25^\circ\text{C}$   | 1.1   | 1.4   | V             |
| $I_{S(VIN)}$     | 输入电源电流 <sup>b</sup> | $V_{IN}=5.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , $I_{OUT}=25\text{A}$ ,<br>$T_A=25^\circ\text{C}$  | -     | 7.5   | A             |
|                  |                     | $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_{OUT}=1.2\text{V}$ , $I_{OUT}=25\text{A}$ ,<br>$T_A=25^\circ\text{C}$   | -     | 3.5   | A             |
| $V_{RIPPLE}$     | 输出纹波电压              | $I_{O}=0\text{A}$ , $C_{OUT}=100\mu\text{F}\times3/X7R/陶瓷$ $470\mu\text{F}$ 有机高分子, $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $V_o=1.2\text{V}$<br>$BW=20\text{MHz}$ , $T_A=25^\circ\text{C}$ | -     | 50    | mV            |
| $t_{START}$      | 启动时间                | $C_{OUT}=100\mu\text{F}$ 陶瓷, 空载, $470\mu\text{F}$ 有机高分子, TRACK/SS 外接 $0.01\mu\text{F}$ 电容到地, $V_{IN}=12.0\text{V}$ , $T_A=25^\circ\text{C}$                                | -     | 5     | ms            |
| $V_{os}$         | 输入偏移电压              | $V_{DIFFP}=V_{DIFFOUT}=1.5\text{V}$ ,<br>$I_{DIFFOUT}=100\mu\text{A}$ , $T_A=25^\circ\text{C}$   | -     | 3.5   | mV            |
| $T_{TRACK}$      | 软启动上拉电流             | TRACK/SS=0V, $T_A=25^\circ\text{C}$  | -     | 2.5   | $\mu\text{A}$ |
| $UVLO$           | 欠压锁定                | 输入下降, $T_A=25^\circ\text{C}$   | 3.3   | -     | V             |
|                  |                     | 输入上升, $T_A=25^\circ\text{C}$   | -     | 4.0   | V             |
| $V_{PGL}$        | PGOOD 输出低电平         | $I_{PGOOD}=2\text{mA}$ , $T_A=25^\circ\text{C}$  | -     | 0.4   | V             |



|                    |                            |  |       |       |         |
|--------------------|----------------------------|--|-------|-------|---------|
| $I_{PGOOD}$        | PGOOD 漏电流                  | $V_{PGOOD}=5.0V, T_A=25^\circ C$                 | -     | 5     | $\mu A$ |
| $V_{PGOOD}$        | 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                | $V_{IN}=6V\sim16V, T_A=25^\circ C$               | 4.8   | 5.2   | V       |
| $S_{INTVCC}$       | INTVCC 负载调整率               | $I_{cc}=0mA\sim50mA, T_A=25^\circ C$             | -     | 4.0   | %       |
| $V_{EXTVCC}$       | EXTVcc 切换电压                | EXTVcc 斜坡上升, $T_A=25^\circ C$                    | 4.5   | -     | V       |
| $V_{EXTVCC(DROP)}$ | EXTVcc 压差                  | $I_{cc}=20mA, V_{EXTVCC}=5V, T_A=25^\circ C$     | -     | 150   | mV      |
| $V_{EXTVCC(HYST)}$ | EXTVcc 迟滞                  | $T_A=25^\circ C$                                 | -     | 300   | mV      |
| FREQ_Normal        | 标称频率                       | $f_{SET}=1.2V, T_A=25^\circ C$                   | 440   | 550   | kHz     |
| FREQ_LOW           | 最低频率                       | $f_{SET}=0V, T_A=25^\circ C$                     | 210   | 290   | kHz     |
| FREQ_HIGH          | 最高频率                       | $f_{SET}>2.4V, \text{高达} INTVCC, T_A=25^\circ C$ | 680   | 860   | kHz     |
| CLKOUT             | 相位                         | PHASMD=GND, $T_A=25^\circ C$                     | 50    | 70    | °       |
|                    |                            | PHASMD=浮置, $T_A=25^\circ C$                      | 80    | 100   | °       |
|                    |                            | PHASMD=INTVCC, $T_A=25^\circ C$                  | 110   | 130   | °       |
| CLKOUT_H           | 时钟高输出电压                    | $T_A=25^\circ C$                                 | 2     | -     | V       |
| CLKOUT_L           | 时钟低输出电压                    | $T_A=25^\circ C$                                 | -     | 0.4   | V       |
| $R_{FBHI}$         | FB 到VOUT 的上电阻 <sup>c</sup> | $T_A=25^\circ C$                                 | 59.75 | 60.95 | kΩ      |

## 效率曲线

效率与输出电流的关系曲线,  
 $V_{IN}=5V$

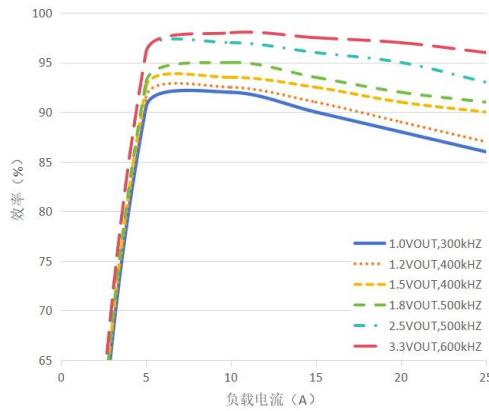


图3

效率与输出电流的关系曲线,  
 $V_{IN}=12V$

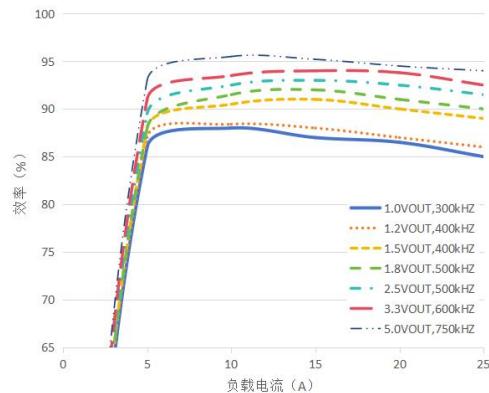


图4



## 功能简介

XHTM4650A 是一款双路独立输出非隔离 DC/DC 微电源模块。它可以提供两个 25A 输出，外部输入和输出电容和设置组件很少。在 4.5V 至 16V 输入范围内，该模块可提供 0.6V~5.5V 的精确输出电压，输出电压可通过外部电阻调节。

XHTM4650A 内置两个集成恒定频率电流模式调节器和高速功率场效应晶体管。典型开关频率是 250kHz~780Hz，具体频率取决于输出电压。对于开关噪声敏感的应用，它可在 250kHz~650kHz 范围内与外部时钟同步。 $f_{SET}$  引脚电阻可用于设定自由运行频率。

XHTM4650A 使用电流模式控制和内部反馈回路补偿，在宽输出电容范围内具有足够的稳定性裕量和良好的瞬态性能，即使所有输出电容器为陶瓷。

电流模式控制提供逐周期快速电流限制和过电流条件下电流限制。内部过压和欠压比较器在输出电压反馈点超出设定电压 10% 的窗口时拉低开漏 PGOOD 输出。如果输出电压超过正常工作电压的 10%，续流 MOSFET 将箝位输出以保护它。

将使能引脚拉至 0.5V 以下会迫使微电源模块关闭两个 MOSFET 进入关闭状态。

TRACK 引脚用于设定输出电压斜坡、启动过程中的电压跟踪或微电源模块软启动。

XHTM4650A 通过内部补偿保持所有操作条件下的稳定。VFB 引脚外部电阻接地用于设置输出电压。差分远程检测放大器可用于精确检测任意一路输出端位于负载点的输出电压，或者在并行操作中检测负载点的输出电压。

借助 MODE\_PLLIN、PHASMD 和 CLKOUT 引脚可轻松实现多相操作。通过将 PHASMD 引脚设置为不同值，可将多个微电源模块级联起来同时工作，搭建多达 12 相的电源。

为了提高轻负载下的效率，可以设置 MODE\_PLLIN 引脚的电平，选择突发模式操作或脉冲跳跃模式操作。这些轻负载特性在使用电池的场合比较实用。

微电源模块内部包含一个温度二极管监控其温度。

开关引脚可用于微电源模块监控，同时将一个 R-C 电路接地，可消除开关过渡边缘上的高频振铃，该部分电路需选取合适的参数和位置。

## 应用信息

### 输入输出降压比

对于给定输入电压，最大输入输出电压可以达到的比率是有限制的。XHTM4650A 的每个输出能够达到 98% 的占空比，但是输入输出电压的最小压差仍然是负载电流的函数，并



将限制与上开关管高占空比相关的输出电流能力。最小导通时间 $t_{ON\_MIN}$ 是在某个规定占空比和某一特定频率下操作时另一个需要考虑的因素，这源于 $t_{ON\_MIN} < D/f_{SW}$ （其中，D 为占空比， $f_{SW}$ 开关频率）的事实。

## 输出电压设置

PWM控制器有一个内部0.6V基准电压源。在 $V_{O1}$ 和 $V_{FB1}$ 之间以及 $V_{O2}$ 和 $V_{FB2}$ 之间连接了一个60.4kΩ的内部反馈电阻器。把这些引脚连接至其各自的输出对于实现正确的反馈调节非常重要。倘若 $V_{O1}$ 和 $V_{O2}$ 引脚悬空（当用作单个微电源模块或至少其中一个在并联输出中使用时），就会发生过压。当 $V_{FB1}$ 或 $V_{FB2}$ 上未连接反馈电阻时，输出电压为0.6V。在 $V_{FB}$ 引脚连接一个电阻 $R_{FB}$ 到GND，可设置输出电压：

$$V_{OUT} = 0.6V \times \frac{60.4k + R_{FB}}{R_{FB}}$$

$V_{FB}$ 电阻和输出电压关系

| $V_{OUT}$ | 0.6V | 1.0V  | 1.2V  | 1.5V  | 1.8V  | 2.5V  | 3.3V  | 5.0V  |
|-----------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| $R_{FB}$  | Open | 90.9K | 60.4K | 40.2K | 30.2K | 19.1K | 13.3K | 8.25K |

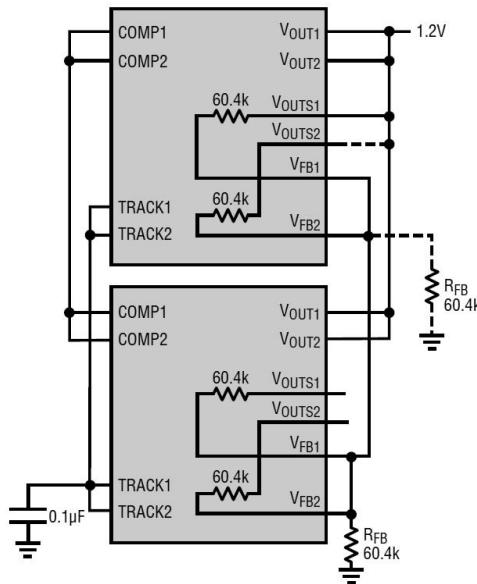


图5 并联输出连接配置

对于多个通道并联运作的情形，相同的反馈电阻器可用于并联设计。通过把 $V_{O1}$ 连接至输出，这样做就把内部的一个60.4K电阻器连接到输出。然后把所有的 $V_{FB}$ 引脚与一个设定电压的电阻器连接在一起，如图5所示。

在并联操作中，每通道 $V_{FB}$ 引脚具有一个20nA的最大 $I_{FB}$ 电流。要减小该电流所引起的输



出电压误差，可把另外一个V<sub>os</sub>引脚连接至V<sub>o</sub>，并可采用一个额外的R<sub>FB</sub>电阻器来降低该电流流过的等效电阻。以图5为例，V<sub>FB</sub>引脚的等效电阻为 (60.4k//R<sub>FB</sub>)，其数值等于30.2k（对于一个1.2V输出，R<sub>FB</sub>等于60.4k）。4相位并联可看作一个I<sub>FB</sub>× 4 = 80nA的最坏情况反馈电流。电压误差为80nA × 30.2k = 2.4mV。如图5所示，如果V<sub>os2</sub>连接至V<sub>o</sub>，而另一个60.4k电阻器连接在V<sub>FB2</sub>和地之间，则电压误差减小至1.2mV。如果该电压误差可接受，则无需额外的连接。内置60.4k电阻器的准确度为0.5%，而V<sub>FB</sub>电阻器的准确度可由用户根据需要来选择。所有的COMP引脚都连接在一起，以实现相位之间的均流。可以把TRACK引脚连接在一起，并使用单个软起动电容器实现稳压器的软起动。软起动公式则需要增大软起动电流参数（增加的倍数为并联的信道数）。

## 输入电容器

微电源模块应连接至一个低交流阻抗的直流电源。对于微电源模块输入，采用4个22uF输入陶瓷电容器以抑制RMS纹波电流。可采用一个47uF至100uF的表面贴装型大容量铝电解电容器以提供更大的输入电容量。这个大容量输入电容器仅在输入端具有较长引线和走线或源电容不足（因而有损于输入阻抗）的条件下使用。如果采用了低阻抗电源，则不需要这个大容量电容器。

对于一个降压型微电源模块，占空比可采用下式计算：

$$D = \frac{V_o}{V_{IN}}$$

如果不考虑电感器电流纹波，那么对于每个输出而言输入电容器的RMS电流可用下式来估算：

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

在上式中，η%是微电源模块的效率。大容量电容器可以是一个开关电源等级的铝电解电容器、聚合物电容器。

## 输出电容器

应选择具有足够低ESR的大容量输出电容器，以满足输出电压纹波和瞬态响应要求。Co可以是一个低ESR钽电容器、低ESR聚合物电容器或陶瓷电容器。每个输出的典型输出电容范围为400uF至600uF。如果需要进一步降低输出纹波或动态响应尖峰，或许需要额外的输



出滤波电路。

## 突发模式操作

XHTM4650A能够在每个微电源模块上执行突发模式操作，功率MOSFET在该模式中可根据负载需求间歇式地运作，从而节省静态电流。在那些以实现非常轻负载条件下效率最高作为高优先级的应用中，应执行突发模式操作。将MODE\_PLLIN引脚悬空可进入突发模式操作。在该操作期间，电感器的峰值电流被设定为正常操作中最大峰值电流的约1/3（尽管COMP引脚上的电压指示一个较低的数值）。当电感器的平均电流大于负载要求时，COMP引脚上的电压下降。当COMP电压降至低于0.5V时，突发比较器跳变，致使内部睡眠线路电平走高并把两个功率MOSFET全部关断。

在睡眠模式中，内部电路被部分关断，从而把每个输出的静态电流减小至大约450uA。此时，负载电流由输出电容器提供。当输出电压下降时，导致COMP电压上升至高于0.5V，内部睡眠线路电平随之走低，XHTM4650A恢复正常工作。下一个振荡器周期将接通上端功率MOSFET，开关周期将重复。任一微电源模块都可针对突发模式操作进行配置。

## 脉冲跳跃模式操作

在需要低输出纹波和高效率的应用中，应采用脉冲跳跃模式。脉冲跳跃操作允许XHTM4650A在低输出负载条件下跳过若干个周期，从而通过降低开关损耗来提高效率。把MODE\_PLLIN引脚连接至INTV<sub>cc</sub>可启用脉冲跳跃操作。在轻负载条件下，内部电流比较器有可能在几个周期中保持跳变并强制上端MOSFET持续几个周期处于关断状态，从而跳过若干个周期。在该模式中电感器电流不会反向。这种模式将保持较高的有效频率，因而输出纹波和噪声低于突发模式操作。任一微电源模块都可针对脉冲跳跃模式进行配置。

## 强制连续操作

在那些固定频率操作比低电流效率更为关键以及期望实现最低输出纹波的应用中，应采用强制连续操作。可通过将MODE\_PLLIN引脚连接至SGND来使能强制连续操作。在该模式中，允许电感器电流在低输出负载期间反向，COMP电压始终控制电流比较器的门限值，而上端MOSFET则在每个震荡周期都会开通。在开机启动期间，强制连续模式被关闭并阻止电感器电流反向，直到XHTM4650A的输出电压处于调节状态为止。任一稳压器都可针对强制连续模式进行配置。

## 多相操作



对于需要25A以上电流的负载，可将微电源模块中的两个输出甚至多个XHTM4650A多相位并联运行，以在不增加输入和输出电压纹波的情况下提供更大的输出电流。

MODE\_PLLIN 引脚允许XHTM4650A同步至一个外部时钟（介于250kHz和650kHz之间），而内部锁相环还允许XHTM4650A锁定至一个输入的时钟相位。CLKOUT信号可连接至下一级的 MODE\_PLLIN引脚，以校直整个系统的频率和相位。把PHASMD引脚连接至INTV<sub>CC</sub>、SGND 或悬空将分别产生120°、60°或90°的相位差（在MODE\_PLLIN和CLKOUT之间）。通过将每个XHTM4650A通道的PHASMD引脚设置为不同的电平，可级联多达12个相位以使它们彼此同时运行。

多相电源可显著降低输入和输出电容器中的纹波电流值。RMS输入纹波电流的减少和有效纹波频率的倍增与使用的相位个数相关（假设输入电压大于使用的相位数与输出电压的乘积）。当所有的输出连接在一起以实现单个高输出电流设计时，输出纹波减小的幅度同样也和使用的相位个数相关。

XHTM4650A器件是一款电流模式控制型器件，因此并联模块将拥有非常优良的均流特性。这将平衡微电源模块运行时产生的热量。

## 频率选择和锁相环

XHTM4650A可在各种频率下运作以改善电源转换效率。当输出电压较低或者占空比较低时，建议工作在较低频率，以通过降低功率MOSFET开关损耗来提高效率。当输出电压较高或者占空比较高时，建议工作在较高频率，以限制电感器纹波电流。

XHTM4650A的开关频率可利用一个连接在f<sub>SET</sub>引脚和SGND之间的外部电阻器设定。一个精准的10 μA电流源流过电阻来设置电压。图6给出了频率设定值与编程电压的关系曲线。

$$R_{SET} \text{计算公式: } R_{SET} = \frac{V_{fSET}}{10\mu A} \times 10^6 \Omega$$

在0V至INTVCC的电压范围和250kHz至650kHz的频率范围内，可以将一个外部时钟施加至MODE\_PLLIN引脚。时钟输入高电平门限为1.6V，时钟输入低电平门限为1V。微电源模块具有内置的PLL环路滤波器组件。频率设定电阻器应始终接入，以在锁定至一个外部时钟之前设定初始开关频率。**在与外部时钟同步时，微电源模块工作于连续模式。**

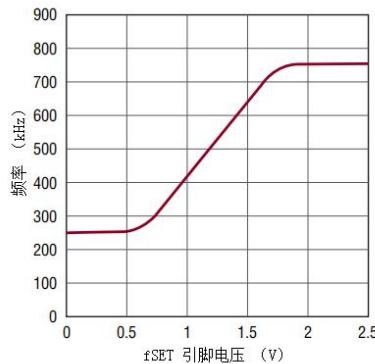


图6 微电源模块工作频率与fSET引脚电压关系

PLL相位检波器的输出具有一对互补的电流源，该电流源负责对内部滤波器网络进行充电和放电。当施加外部时钟时，利用一个内部开关将fSET频率电阻器断接，而电流源用于控制频率调节以锁定至输入的外部时钟。当未施加外部时钟时，则内部开关导通，从而连接外部fSET频率设定电阻器以执行自由振荡操作。

## 最小导通时间

最小导通时间 $t_{ON}$ 是XHTM4650A能够将任一通道上的上端MOSFET接通的最小持续时间。它由内部定时延迟，以及接通上端MOSFET所需的栅极电荷决定。低占空比应用有可能接近这一最小导通时间限值，应谨慎地确保：

$$\frac{V_o}{V_{IN} \times FREQ} > t_{ON\_MIN}$$

如果占空比降至最小导通时间所能提供的水平以下，则控制器将开始跳过某些周期。输出电压将继续被调节，但输出纹波将增加。导通时间可通过降低开关频率来延长。一般来说应使导通时间长于110ns。

## 输出电压跟踪

输出电压跟踪可采用TRACK引脚在外部设置（使用电阻分压器将主微电源模块输出分压后输出到从微电源模块TRACK引脚，分压器上电阻为 $R_{TA}$ ，连接主微电源模块输出和从微电源模块TRACK引脚，下电阻为 $R_{TB}$ ，连接从微电源模块TRACK和地）。可以使任一个输出跟踪另一个微电源模块的上升或下降。主微电源模块的输出采用一个与从微电源模块的反馈分压器相同的外部电阻分压器进行分压，以实现重合跟踪。XHTM4650A内部使用一个准确的60.4k 电阻器作为每个通道的上端反馈电阻器。



$$V_{SLAVE} = \left(1 + \frac{60.4k}{R_{TA}}\right) \times V_{TRACK}$$

$V_{TRACK}$ 是施加在从微电源模块跟踪引脚上的跟踪斜坡。 $V_{TRACK}$ 具有一个0V至0.6V的控制范围或内部基准电压。当以设定从微电源模块输出相同的电阻值来对主微电源模块的输出进行分压时，则从微电源模块将重合跟踪主稳压器，直至达到其终值为止。主微电源模块将从微电源模块的稳压点继续趋近其终值。当 $V_{TRACK}$ 高于0.6V时，电压跟踪功能停止。

TRACK引脚可利用一个布设在稳压器TRACK引脚上的接地电容器来控制。一个1.3uA电流源将把TRACK引脚充电至高达基准电压，然后继续至高达INTV<sub>CC</sub>。在0.6V斜坡之后，TRACK引脚将不再负责控制，而内部电压基准将通过反馈分压器来控制输出电压的调整。在开机跟踪或软起动过程中，折返电流限制功能被停用。当RUN引脚电压低于1.2V时，TRACK引脚被拉至低电平。总的软启动时间可按下式计算：

$$t_{SOFT\_START} = \frac{C_{SS}}{1.3uA} \times 0.6V$$

直到 $TRACK = 0.5V$ 之前，稳压器通道都将始终在脉冲跳跃模式中启动，这与MODE\_PLLIN引脚所选定的模式无关。在 $TRACK = 0.5V$ 和0.54V之间，它将工作于强制连续模式，并在 $TRACK > 0.54V$ 时恢复至选定的模式。为了在处于稳态操作时立即跟踪另一个通道，一旦 $V_{FB}$ 低于0.54V，则强制XHTM4650A进入连续模式运作，这与MODE\_PLLIN引脚上的设定值无关。

比例式跟踪可利用少量的简单计算以及加至主稳压器TRACK引脚的电压变化速率值来实现。如上文所述，TRACK引脚具有一个0V~0.6V的控制范围。主稳压器TRACK引脚的电压变化速率直接等于主稳压器的输出电压变化速率（单位：伏特/时间）。算式为：

$$\frac{MR}{SR} \times 60.4k = R_{TB}$$

式中的MR为主稳压器的输出电压变化速率，SR为从稳压器的输出电压变化速率（单位：伏特/时间）。当需要实现重合跟踪时，则 $MR = SR$ ，于是 $R_{TB}$ 等于60.4k。RTA由下式推导：

$$R_{TA} = \frac{0.6V}{\frac{V_{FB}}{60.4k} + \frac{V_{FB}}{R_{FB}} - \frac{V_{TRACK}}{R_{TB}}}$$

式中的 $V_{FB}$ 为稳压器的反馈电压基准，而 $V_{TRACK}$ 为0.6V。由于在电压变化速率相等(即重合跟踪)时 $R_{TB}$ 等于从稳压器的60.4k上端反馈电阻器，因此当 $V_{FB}=V_{TRACK}$ 时 $R_{TA}$ 等于 $R_{FB}$ 。于是 $R_{TB}=60.4k$ 且 $R_{TA}=60.4k$ 。



在比例式跟踪中，从稳压器可能需要一个不同的电压变化速率。可求解 $R_{TB}$ 以得出SR低于MR的时刻。应确定所选的从电源电压变化速率足够快，以使从输出电压在主输出之前达到其终值。

例如：假设 $MR=1.5V/1ms$ 和 $SR=1.2V/1ms$ 。则 $R_{TB}=76.8k$ 。解出 $R_{TA}$ 等于 $49.9k$ 。

当某个通道使用阻性分压器来实现跟踪时，每个TRACK引脚都有一个 $1.3\mu A$ 的电流源。这将在TRACK引脚输入上施加一个偏移。可以使用较小阻值的电阻器（但具有与上面的公式计算出的电阻值相同的比例关系）。比如：在使用 $60.4k$  电阻器的场合中，就能采用一个 $6.04k$ 电阻器，从而把TRACK引脚偏移减小至一个可以忽略不计的数值。

## 电源良好

PGOOD引脚是漏极开路引脚，可用于监视有效的输出电压调节。该引脚负责监视一个围绕稳压点的 $\pm 10\%$ 窗口。一个电阻器可上拉至不超过 $6V$ （最大值）的特定电源电压，以实现监视。

## 稳定性补偿

该模块已经针对所有的输出电压进行了内部补偿。

## 使能

RUN引脚具有一个最小值为 $1.4V$ 的使能门限。它们负责控制每个通道和INTVcc的接通。这些引脚可被上拉至高达 $V_{IN}$ 以执行 $5V$ 操作，或者，也可以在这些引脚上布设一个 $5V$ 齐纳二极管，在 $5V$ 以上的输入安放一个 $10K$ 至 $100K$ 的电阻，以开启通道。另外，RUN引脚还能用于输出电压排序。在并联操作中，RUN引脚可连接在一起并利用单个控制器进行控制。

## INTVCC和EXTVCC

XHTM4650A模块具有一个从输入电压获得的内部 $5V$ 低压差稳压器。该稳压器用于给控制电路和功率MOSFET驱动器供电。这个稳压器能提供高达 $70mA$ 的电流，而通常采用~ $300mA$ 以在最高频率向器件供电。此内部 $5V$ 电源由RUN1或RUN2使能。

EXTVcc允许一个外部 $5V$ 电源给XHTM4650A供电，从而降低了内部 $5V$ 低压差稳压器产生的功率损耗。节省的功率损耗可由下式计算：

$$P_{LOSS} = (V_{IN} - 5V) \times 30mA$$

EXTVcc具有一个 $4.7V$ 的启动门限和 $6V$ 的最大额定电压。当采用一个 $5V$ 输入时，将此 $5V$ 输入也连接至EXTVcc以保持一个 $5V$ 栅极驱动电平。EXTVcc必须在 $V_{IN}$ 开通之后开通，而且



EXTV<sub>CC</sub>还必须在V<sub>IN</sub>关断之前关断。

## 差分远程采样放大器

提供了一个准确的差分远程采样放大器，用于在远程负载点上准确地检测低输出电压。对于大电流负载情况尤其如此。该放大器可在两个通道之一或者单个并联输出上使用。非常重要的一点是：DIFFP和DIFFN应正确地连接于输出端，而DIFFOUT则连接至V<sub>OS1</sub>或V<sub>OS2</sub>。在并联操作中，DIFFP和DIFFN正确地连接于输出端，DIFFOUT则连接至VOUTS引脚之一。

## SW引脚

SW引脚一般用于测试目的（通过监视这些引脚来完成）。另外，这些引脚还可用来衰减由开关电流回路中的LC寄生参数所引起的开关节点振铃。通常采用一种串联R-C组合（称为减振器电路）。其中的电阻器负责衰减谐振，而电容器的选择仅以影响电阻器两端的高频振铃为出发点。如果可以测量或近似求出杂散电感或电容，那么就能采用某种分析法来选择减振器的组件值。电感通常比较容易预知。它组合了电源通路板电感与MOSFET连接线电感。

首先，可以使用一个带高频探头的宽带宽示波器来监视SW引脚。振铃频率的值可以被测量出来。阻抗Z可采用下式计算：

$$Z(L) = 2\pi f L$$

式中的f为振铃的谐振频率，L为开关通路中的总寄生电感。如果选择了一个与Z相等的电阻器，则振铃应得到抑制。应选择适合的减振器电容值，以使其阻抗等于振铃频率下的电阻器阻值。采用以下公式计算： $Z(C)=1/(2\pi f C)$ 。这些参数值提供了一个很好的出发点。变更这些组件的前提应该是：以尽可能低的功率损失实现振铃的衰减。

## 温度监视（TEMP）

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：

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

其中 $I_D$ 为二极管电流， $V_D$ 为二极管电压，n为理想因子（通常接近1.0），IS（饱和电流）为与过程相关的参数。可分解为：

$$V_T = \frac{K \times T}{q}$$



其中T为开尔文中的二极管结温度，q为电子电荷，k为玻尔兹曼常数。在室温（298K）下， $V_T$ 约为26mV，并与开尔文温度呈线性关系。因为这种线性关系所以二极管是合适的温度传感器。上方程中的 $I_S$ 项是当二极管的端子为零伏时通过二极管结的外推电流。 $I_S$ 因工艺差异，随温度而变化，并且根据定义必须总是小于 $I_D$ 。将所有的常数组合成一个项：

$$K_D = \frac{\eta \times K}{q}$$

其中 $K_D=8.62^{-5}$ ，并且 $\ln(I_D/I_S)$ 总是正的，因为 $I_D$ 总是大于 $I_S$ ，留下我们的等式：

$$V_D = T(KELVIN) \times K_D \times I_n \frac{I_D}{I_S}$$

其中 $V_D$ 似乎随温度的升高而增加。

## 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25V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给出来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          |
|------|------|-------------|---------------|
| 1.0V | 5V   | 150uF~250uF | 800uF~3000uF  |
|      | 12V  | 150uF~250uF | 800uF~3000uF  |
| 1.5V | 5V   | 150uF~250uF | 800uF~3000uF  |
|      | 12V  | 150uF~250uF | 800uF~3000uF  |
| 3.3V | 5V   | 150uF~250uF | 1000uF~3000uF |
|      | 12V  | 150uF~250uF | 1000uF~3000uF |
| 5.0V | 12V  | 150uF~250uF | 1600uF~3000uF |

## 安全性考虑



XHTM4650A模块未提供V<sub>IN</sub>至V<sub>O</sub>隔离。没有安放内置熔丝。如果需要的话，应提供一个额定值为最大输入电流两倍的慢熔断熔丝，以避免各组件遭受灾难性的故障。

应选择合适的熔丝或电路断路器，以在内部上端MOSFET发生故障的情况下限制过压期间至微电源模块的电流。倘若内部上端MOSFET出现故障，那么将其关断并不解决过压问题，因此内部下端MOSFET将无限期接通以试图保护负载。在此故障情况下，输入电压将通过发生故障的内部上端MOSFET和开通的内部下端MOSFET提供非常大的电流到地。这会引发过大的热量并造成电路板受损（取决于输入电压可向该系统提供多大的功率）。在这种场合，可采用熔丝或电路断路器作为一种辅助的故障保护器。

该器件能支持过流保护。其提供了一个用于监视内部温度的温度二极管，而且该二极管可用于检测是否需要执行热关断操作（此操作可通过控制RUN引脚来完成）。

## 布局检查清单 / 实例

XHTM4650A的高集成度使得PCB电路板的布局非常简单和容易。不过，为了优化其电气和热性能，有些布局考虑仍然是必不可少的。

为大电流通路使用大的PCB铜面积，包括V<sub>IN</sub>、GND、V<sub>O1</sub>和V<sub>O2</sub>。这样做有助于最大限度地减小PCB传导损耗及热应力。

在靠近V<sub>IN</sub>、PGND和V<sub>O</sub>引脚的地方布设高频陶瓷输入和输出电容器，以最大限度地降低高频噪声。

在组件的下方布设一个专用的电源接地层。

为了最大限度地减小过孔传导损耗并降低模块的热应力，应采用多个过孔来实现顶层与其他电源层之间的互连。

不要将过孔直接置于焊盘之上，除非过孔被覆盖或涂覆。

为连接至信号引脚的组件采用一个分离的SGND覆铜区域，将SGND单点连接到GND。

对于并联模块，把V<sub>O</sub>、V<sub>FB</sub>和COMP引脚连接在一起。采用一个内部电路层将这些引脚紧密地连接在一起。可将TRACK引脚连接至一个用于稳压器软起动的公用电容器。

在信号引脚上引出测试点以实施监视。

## 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. XHTM4650A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。

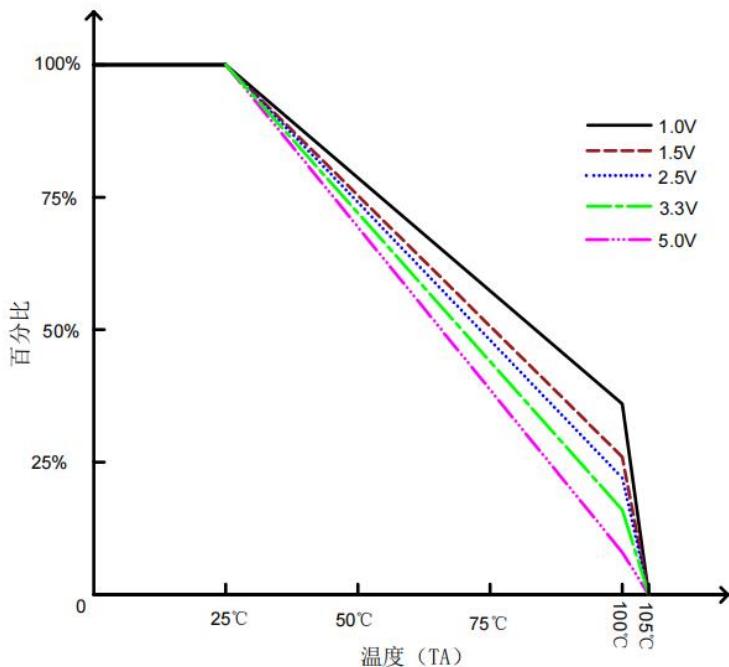


图7 12V输入

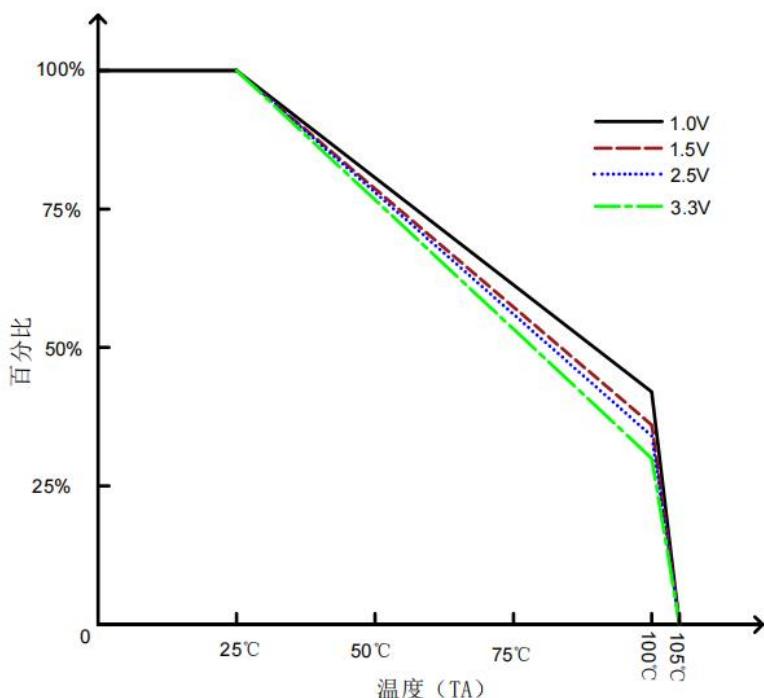


图8 5V输入

## 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. XHTM4650A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

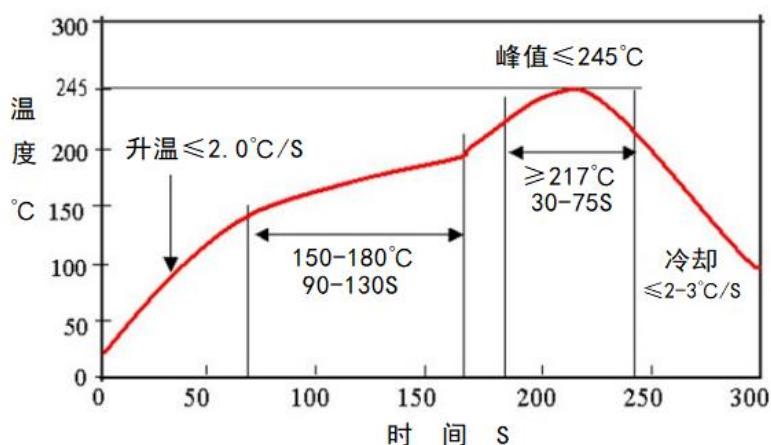


图9 回流焊曲线



## 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。

## 典型应用电路

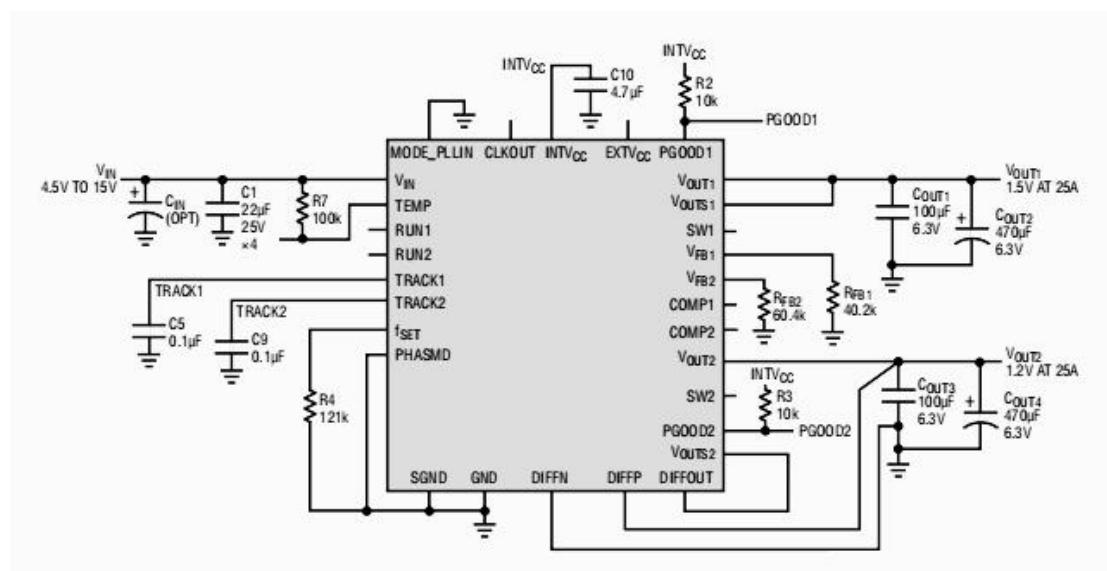


图7 独立输出

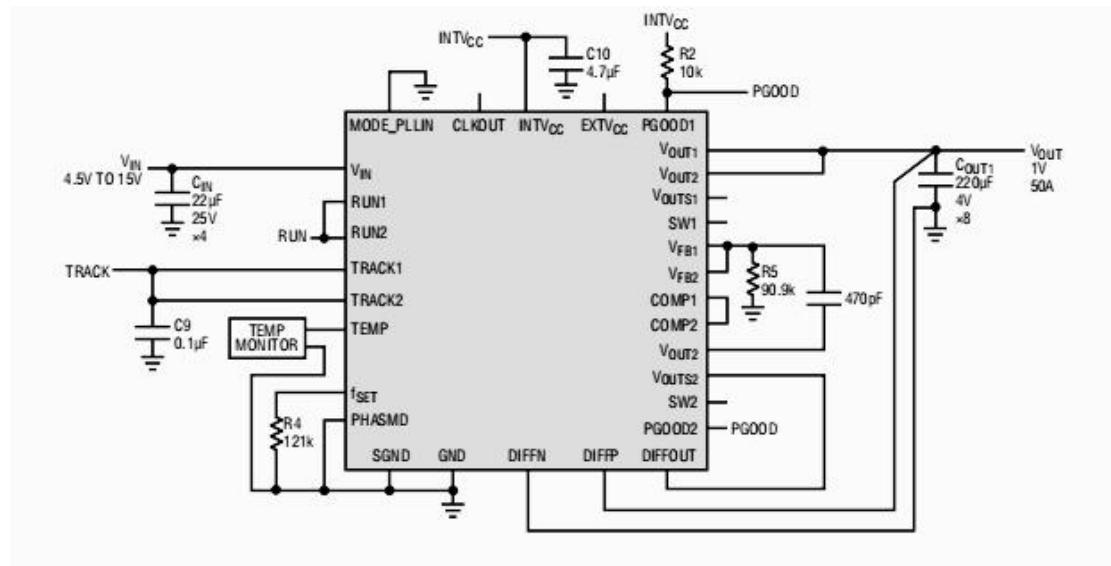


图8 2相并联输出

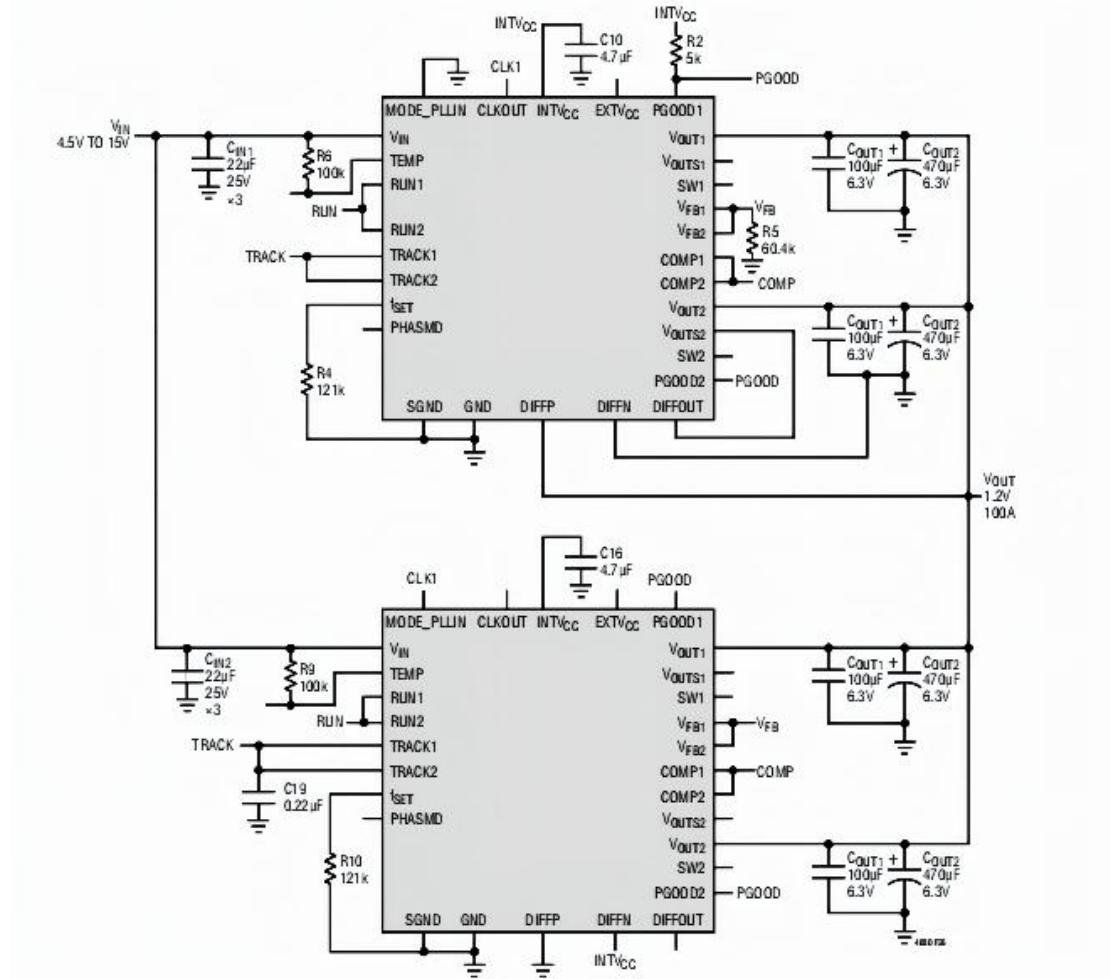


图9 4相并联输出



## 封装信息

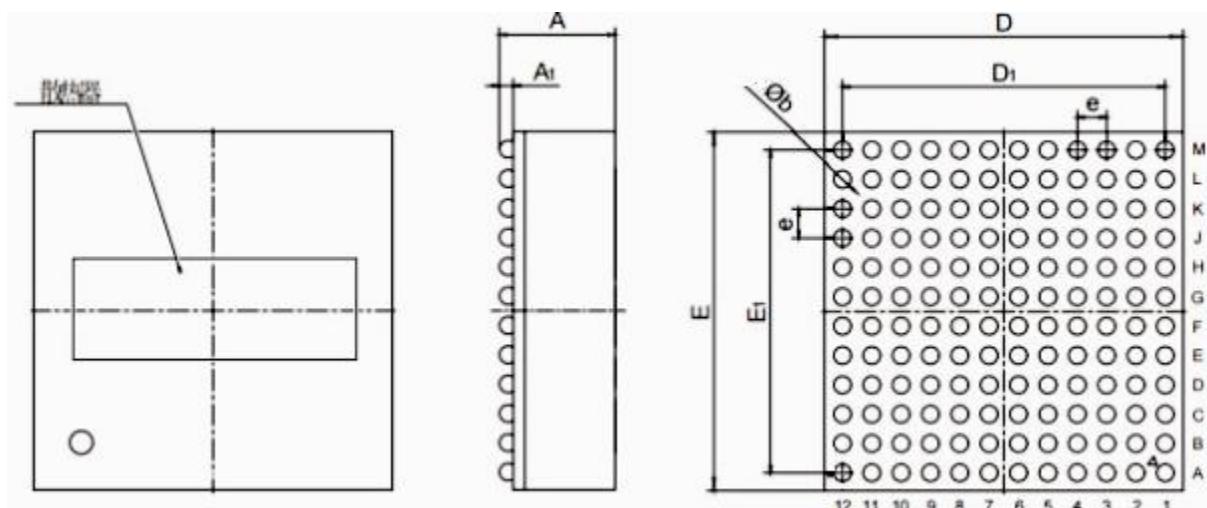


图 10 外壳外形

位为毫米

单

| 尺寸符号 | 数值   |      |      | 尺寸符号 | 数值    |       |       |
|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
|      | 最小   | 公称   | 最大   |      | 最小    | 公称    | 最大    |
| A    | 4.71 | 5.01 | 5.31 | D    | 15.70 | 16.00 | 16.30 |
| A1   | 0.50 | 0.60 | 0.70 | D1   | —     | 11e   | —     |



|       |       |       |       |     |      |      |      |
|-------|-------|-------|-------|-----|------|------|------|
| $E$   | 15.70 | 16.00 | 16.30 | $e$ | —    | 1.27 | —    |
| $E_1$ | —     | 11e   | —     | $b$ | 0.60 | 0.75 | 0.90 |

\*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。