



微电路模块
LYM46441YG 型 DC/DC 电源模块
产品手册

济南晶恒电子有限责任公司
V1.0



1. 产品特点及主要性能指标

- 每路可输出 4A 电流的四通道降压型稳压器
- 输入电压范围: 4V~14V
- 输出电压范围: 0.6V~5.5V
- 最大输出电流: 4A
- 可并联提供较高的输出电流
- 过压、过流和过热保护
- 潮湿敏感度等级: 3 级
- 自主研发、全国产化
- 工作温度范围 T_c : -55°C ~ +125°C
- 执行标准: SJ20668-1998 《微电路模块总规范》
- 15mm×9mm×5.0mm 表面贴装 BGA 封装
- 替代型号: LTM4644IY
- 典型重量: 1.7g
- ESDS: 2 级 (2000V)

2. 应用

- 分布式电源系统
- FPGA、DSP 和 ASIC 等供电单元
- 通讯设备
- 仪器仪表

3. 绝对最大额定值

- 功能端 V_{IN} 、 SV_{IN} 电压范围: 0.0~15.0V
- 功能端 V_{OUT} 、 RUN 电压范围: 0.0~ SV_{IN}
- 功能端 $PGOOD$ 、 $MODE$ 、 FB 、 $TRACK/SS$ 、 $CLKOUT$ 、 $CLKIN$ 电压范围: 0.0~ $INTV_{CC}$
- 功能端 INV_{CC} 电压范围: 0.0~3.7V
- 储存温度范围 T_{stg} : -55°C ~ +125°C
- 最高焊接温度: 240°C

4. 主要电特性

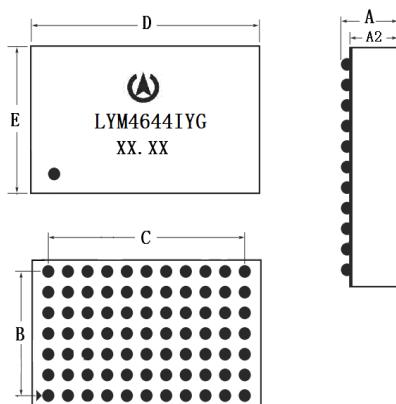
序号	特性	符号	条件 除另有规定外 $-55^{\circ}\text{C} \leq T \leq 125^{\circ}\text{C}$, $C_{IN}=22 \mu\text{F}$, $C_{OUT}=100 \mu\text{F}$	极限值		单位
				最小	最大	
1	输出电压	V_0	$V_{IN}=12V$, $I_0=0A$, $R_{FB}=40.2k\Omega$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $T_a=-55^{\circ}\text{C}$	1.460	1.550	V
			$V_{IN}=12V$, $I_0=0A$, $R_{FB}=40.2k\Omega$, $T_A=125^{\circ}\text{C}$	1.460	1.580	V
2	输出电流	I_0	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	0	4	A
3	输入电源电流	$I_{S(VIN)}$	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $I_0=4A$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	0.75	A
4	电压调整率	S_V	$V_{IN}=4V \sim 14V$, $V_0=1.5V$, $I_0=0A$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $T_a=-55^{\circ}\text{C}$	—	1.5%	—
			$V_{IN}=4V \sim 14V$, $V_0=1.5V$, $I_0=0A$, $T_A=125^{\circ}\text{C}$	—	3.5%	—
5	电流调整率	S_I	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $I_0=0A \sim 4A$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$, $T_a=-55^{\circ}\text{C}$	—	2.5%	—
			$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $I_0=0A \sim 1A$, $T_A=125^{\circ}\text{C}$	—	3.5%	—
6	输出纹波电压	V_{RIP}	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $I_0=0A$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	—	20	mV
7	动态负载电压 跌落	$ \Delta V_{OUTLS} $	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$, 负载: 0A~2A	—	200	mV
8	恢复时间	t_{SETTLE}	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$, 负载: 0A~2A	—	100	μs
9	输出峰值电流	I_{OUTPK}	$V_{IN}=12V$, $V_0=1.5V$, $T_A=25^{\circ}\text{C}$	5	—	A



LYM4644IYG 型 DC/DC 电源模块

5. 外形尺寸及引脚排列

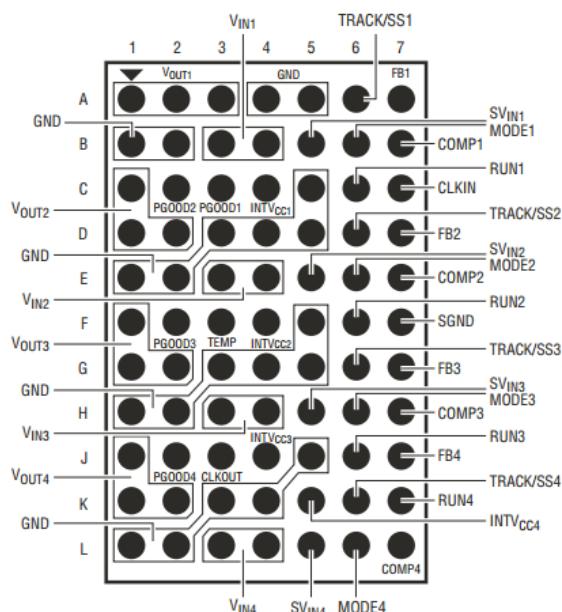
5.1 外形尺寸



尺寸 符号	数值 (单位: mm)		
	最小	公称	最大
A	—	—	5.5
A ₂	—	—	4.9
D	14.70	—	15.40
E	8.7	—	9.40
B	—	7.62	—
C	—	12.7	—

注: 未注公差按 GB/T 1804-2000 中 m 级。

5.2 引脚排列



透视图

注: 引脚数量为 77。模块的引出端排列及功能应符合上图的规定, 其中引出端排列示意图中的数值为坐标值。



LYM4644IYG 型 DC/DC 电源模块

5.3 功能引脚分配

引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号
A1	V_{OUT1}	B1	GND	C1	V_{OUT2}	D1	V_{OUT2}	E1	GND	F1	V_{OUT3}
A2	V_{OUT1}	B2	GND	C2	PGOOD2	D2	V_{OUT2}	E2	GND	F2	PGOOD3
A3	V_{OUT1}	B3	V_{IN1}	C3	PGOOD1	D3	GND	E3	V_{IN2}	F3	TEMP
A4	GND	B4	V_{IN1}	C4	$INTV_{CC1}$	D4	GND	E4	V_{IN2}	F4	$INTV_{CC2}$
A5	GND	B5	SV_{IN1}	C5	GND	D5	GND	E5	SV_{IN2}	F5	GND
A6	TRACK/SS1	B6	MODE1	C6	RUN1	D6	TRACK/SS2	E6	MODE2	F6	RUN2
A7	FB1	B7	COMP1	C7	CLKIN	D7	FB2	E7	COMP2	F7	SGND

引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号	引脚坐标	符号
G1	V_{OUT3}	H1	GND	J1	V_{OUT4}	K1	V_{OUT4}	L1	GND		
G2	V_{OUT3}	H2	GND	J2	PGOOD4	K2	V_{OUT4}	L2	GND		
G3	GND	H3	V_{IN3}	J3	CLKOUT	K3	GND	L3	V_{IN4}		
G4	GND	H4	V_{IN3}	J4	$INTV_{CC3}$	K4	GND	L4	V_{IN4}		
G5	GND	H5	SV_{IN3}	J5	GND	K5	$INTV_{CC4}$	L5	SV_{IN4}		
G6	TRACK/SS3	H6	MODE3	J6	RUN3	K6	TRACK/SS4	L6	MODE4		
G7	FB3	H7	COMP3	J7	FB4	K7	RUN4	L7	COMP4		

5.4 功能描述

引脚符号	功能描述
V_{IN1} 、 V_{IN2} 、 V_{IN3} 、 V_{IN4}	功率输入端：建议直接把输入退耦电容放置在 V_{IN} 与 GND 之间。
V_{OUT1} 、 V_{OUT2} 、 V_{OUT3} 、 V_{OUT4}	功率输出端：建议直接把输出退耦电容放置在 V_{OUT} 与 GND 之间。
GND	功率地：用于输入和输出回路的电源接地引脚。
TRACK/SS1、TRACK/SS2 TRACK/SS3、TRACK/SS4	输出电压跟踪和软启动端：见 5.4.2。
FB1、FB2、FB3、FB4	开关稳压器输出电压调整端：见 5.4.1。
COMP1、COMP2、 COMP3、COMP4	阈值电流控制和误差放大器补偿端：内部电流比较器门限与该引脚电压成比例。并联使用时将各补偿引脚连接在一起。
PGOOD1、PGOOD2 PGOOD3、PGOOD4	开关稳压器输出电压良好指示端：当 FB 引脚电压不在模块基准电压 0.6V 的 $\pm 10\%$ 以内时，该引脚被拉低到地。
RUN1、RUN2、RUN3、 RUN4	开关稳压器运行控制：高于 1.2V 运行、低于 1.1V 禁止输出，不能悬空。
MODE1、MODE2 MODE3、MODE4	开关稳压器工作模式选择：该引脚连接至 $INTV_{CC}$ ，所有负载工作于强制连续模式，该引脚连接至 SGND，在轻载时进入不连续电流模式，不能悬空。
$INTV_{CC1}$ 、 $INTV_{CC2}$ $INTV_{CC3}$ 、 $INTV_{CC4}$	内部供电端：每个开关稳压器通道内部 3.6V 稳压器输出，为内部功率驱动器及控制电路提供电压。
CLKIN	模块相位检波器的外部同步输入端
CLKOUT	用于多相操作输出时的时钟信号端
SGND	信号地端：SGND 在内部通过单点连接至 GND。
TEMP	内置温度二极管，用于监视 VBE 结电压随温度的变化情况。

5.4.1 FB1、FB2、FB3、FB4 (输出电压调整端)：

开关稳压器基准电压为 0.6V，输出端 V_{OUT} 与输出电压调整端 FB 之间内置电阻为 60.4K Ω ，输出电压调整电阻计算公式为：

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

典型输出电压对应下位电阻阻值如下表所示：



输出电压 V_{OUT}	0.6V	1.0V	1.2V	1.5V	1.8V	2.5V	3.3V	5.0V
调整电阻 R_{FB}	开路	90.9k Ω	60.4k Ω	40.2k Ω	30.1k Ω	19.1k Ω	13.3k Ω	8.25k Ω

当 N 个通道并联工作时, 将引脚 V_{OUT} 、FB 和 COMP 引脚连接在一起, 在引脚 FB 与 SGND 之间放置外部电阻 R_{FB} 即可设定输出电压值, 电阻 R_{FB} 由下式确定:

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

5.4.2 TRACK/SS1、TRACK/SS2、TRACK/SS3、TRACK/SS4 (输出电压跟随和软启动) :

(1) 软启动功能

TRACK/SS 引脚提供一种实现每个稳压器通道的软启动或跟踪一个不同电压的使用方法。TRACK/SS 引脚上的一个电容设置输出电压的斜坡速率, 一个内置的 $2.5 \mu A$ 电流源将把外部软启动电容充电至接近 $INTV_{CC}$ 。当 TRACK/SS 电压低于 $0.6V$ 时, 它将替代内部误差放大器的 $0.6V$ 基准电压来控制输出电压。软启动时间可按下式计算:

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

式中的 C_{ss} 为 TRACK/SS 引脚上的电容。在软启动中电路折返和强迫连续模式被停用。

(2) 输出电压跟随功能

输出电压跟随可采用每个稳压器通道的 TRACK/SS 引脚在外部设置。可以使输出跟踪另一个稳压器的上升或下降。主稳压器的输出采用一个与从稳压器的反馈分压器相同的外部电阻进行分压, 可实现重合追踪。

由于从属稳压器的 TRACK/SS 通过一个 $R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}$ 连接至主稳压器的输出, 而且当 TRACK/SS 引脚电压低于 $0.6V$ 时其电压用于调节从稳压器的输出, 如图 1 所示, 因此从属稳压器输出电压和主稳压器的输出电压启动期间应满足下式:

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

$R_{FB(SL)}$ 为反馈电阻, $R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}$ 是从属稳压器 TRACK/SS 引脚上的电阻分压器。

按照上面的公式, 以“伏特/时间”为单位的

主稳压器输出摆率 (MR) 和从属稳压器输出摆率 (SR) 由下式决定:

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

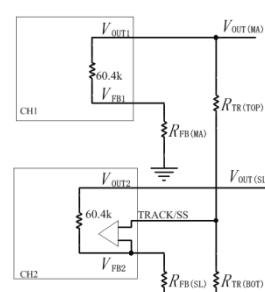


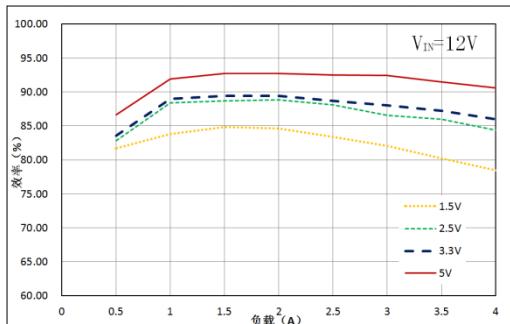
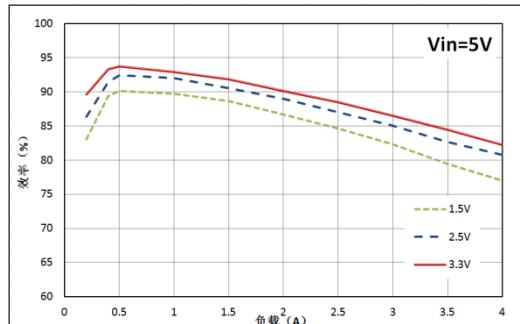
图 1 输出电压跟随示意图



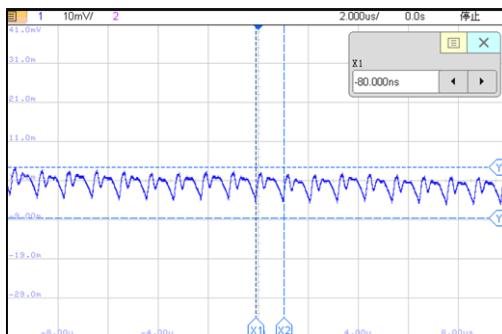
重合输出跟踪可以看作是一种特殊的比例式输出跟踪，即注稳压器的输出摆率 (MR) 与从属稳压器的输出摆率 (SR) 相同，在重合跟踪中，从属稳压器的 TRACK/SS 引脚电压始终与其输出电压相同。

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

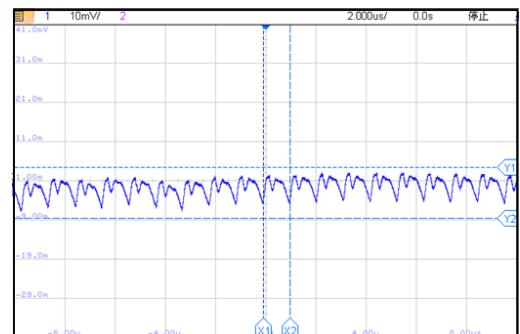
5.5 特性曲线

效率曲线 VS 负载电流 $V_{IN}=12V$ 效率曲线 VS 负载电流 $V_{IN}=5V$ 

输出纹波

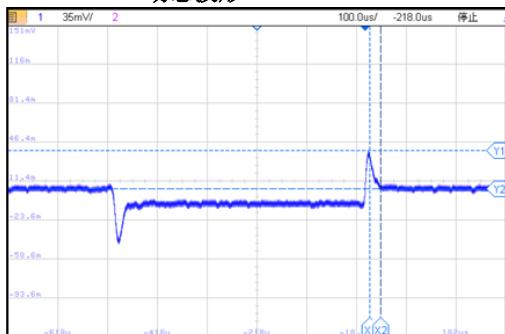


输出纹波

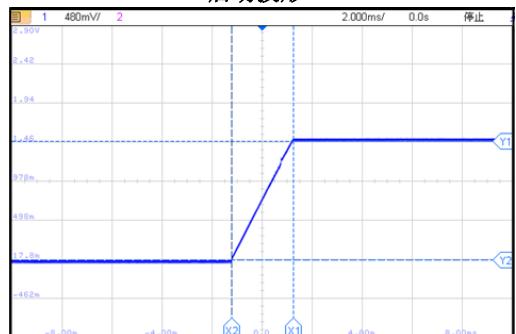


$V_{IN}=12V, V_O=1.5V, I_O=0A, C_0=47\mu F$ 陶瓷电容 2 只

动态波形



启动波形



$V_{IN}=12V, V_O=1.5V, I_O=0A\sim 2A, C_0=47\mu F$ 陶瓷电容 2 只

$V_{IN}=12V, V_O=1.5V, I_O=2A, C_{SS}=10nF$



5.6 模块降额使用

当模块带载输出时,要根据环境温度、散热情况、工作状态等条件进行负载电流的降额,以保证模块内部芯片的结温在最大结温以内,从而增加可靠性和延长使用寿命。

假设模块焊接在尺寸为 116mm×105mm 的 4 层板上,不使用散热器,自然对流的条件下,典型工作状态下的降额曲线如图 2、3 所示。

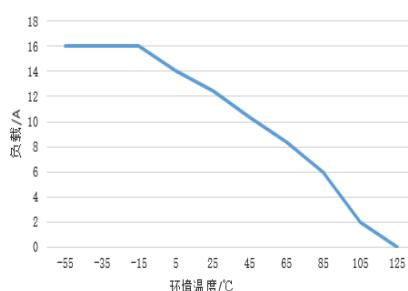


图 2 12V 输入/1.5V 输出降额曲线

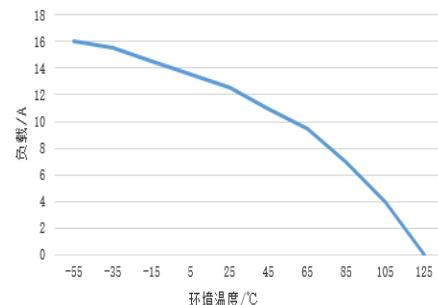


图 3 5V 输入/1.5V 输出降额曲线

6. 典型应用

6.1 应用原理图

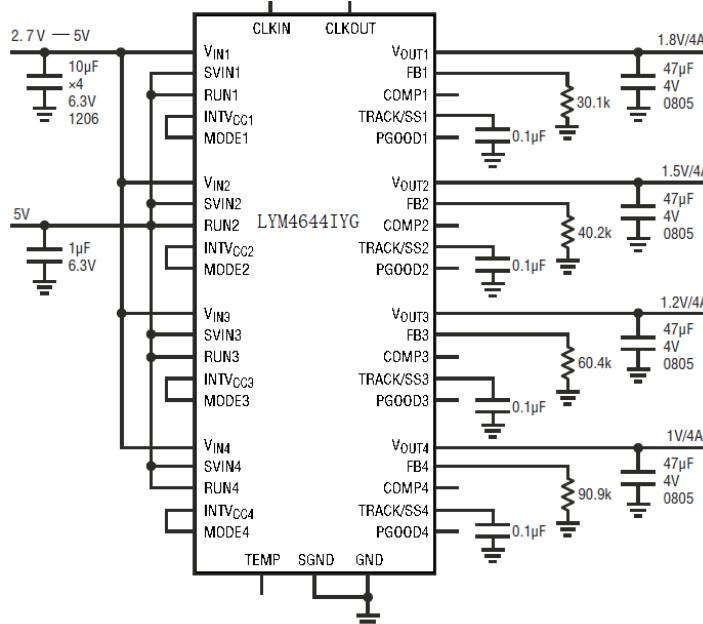


图 4 输入 2.7V~5V, 四路 (1.8V/4A、1.5V/4A、1.2V/4A、1.0V/4A) 输出



LYM4644IYG 型 DC/DC 电源模块

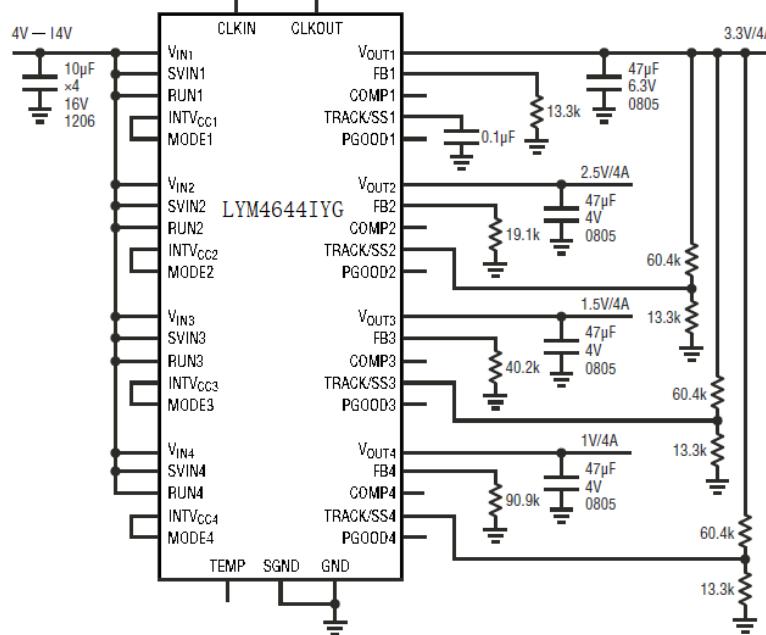


图 5 输入 4V~14V, 四路 (3.3V/4A、2.5V/4A、1.5V/4A、1.0V/4A) 输出, 具有跟踪功能

6.2 多通道并联操作

对于需要 4A 以上输出电流时, 可以将 LYM4644IYG 的多个稳压器通道并联起来使用。LYM4644IYG 在 4 个稳压器的通道的每两个之间有预设的内置相移, 这适合采用一种 2+2, 3+1 或 4 通道并联操作, 稳压器通道之间的相位差如下表所示:

通道	CH1	CH2	CH3	CH4
相位差	180°	90°	180°	

图 6 示出用于时钟定相的 2+2 和 4 通道示意图

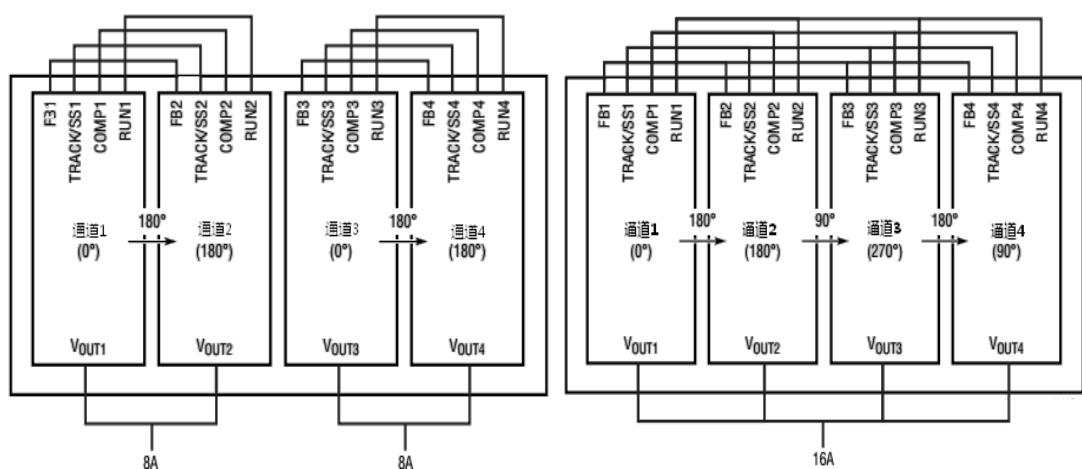


图 6 2+2 和 4 通道并联示意图



LYM4644IYG 型 DC/DC 电源模块

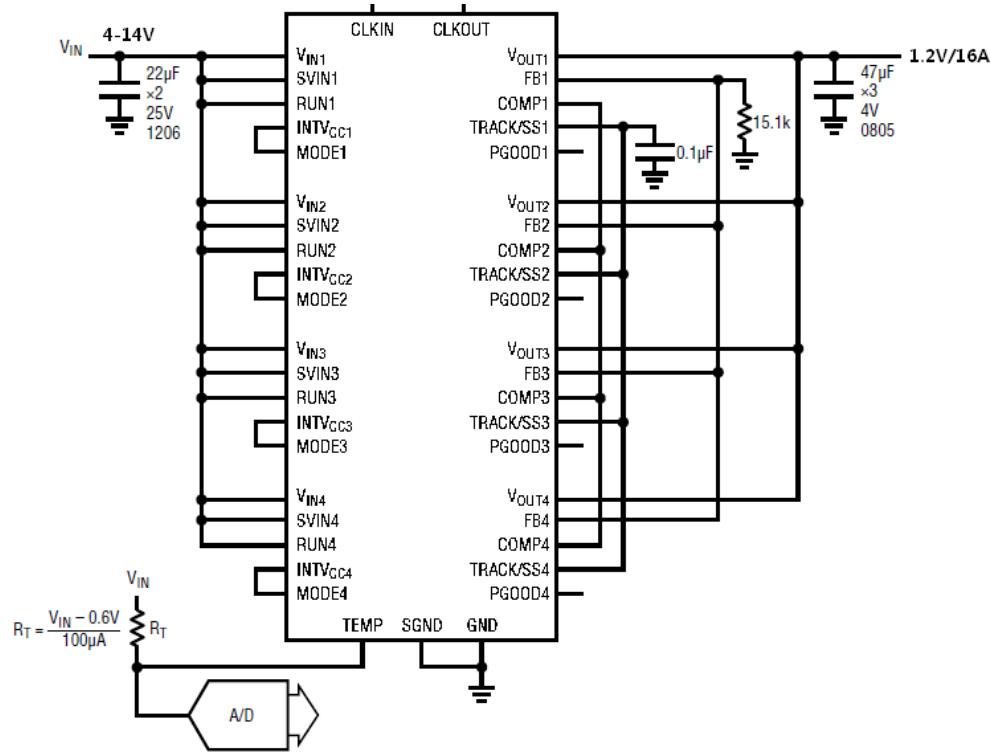


图 7 带有温度监测功能的 4 相并联输出 1.2V/16A

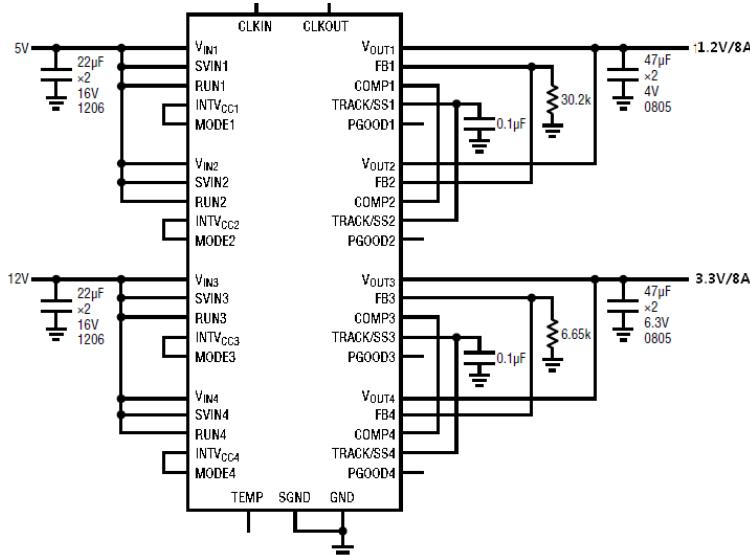


图 8 5V 和 12V 输入电压, 2+2 相并联输出 1.2V/8A、3.3V/8A

注: 模块输入端离电源电压较远时, 输入端应放置 22uF~100uF 电容, 输出电容典型值为 66uF~100uF。若想获得更低纹波及更小的电压跌落, 可在增加输出电容容量时采用多电容并联方式。



7. 装配说明

LYM4644IYG 型电源模块采用 BGA 封装，底部有 77 个锡球，使用过程中对焊接工艺有严格要求，以避免在焊接过程中造成模块底部焊盘的短路和虚焊现象，影响正常使用。具体的工艺要求如下：

7.1 回流焊推荐焊接工艺

1. 焊接焊料：Sn63Pb37

2. 焊接工艺流程

1) 使用自动或半自动印刷机，钢网厚度 0.125~0.150mm，开口面积/原焊盘面积：0.9~1.0，在 PCB 板上印刷 Sn63Pb37 焊膏，焊膏覆盖每个焊盘的面积应大于焊盘面积的 75%。

2) 元器件贴装：将模块贴到 PCB 板上，检验器件是否符合贴装要求。

3) 使用回流焊炉，若为混装工艺，要求模块底部峰值温度在 225~232°C 之间，模块顶部温度 235°C 以下。在保证焊接质量的情况下，峰值温度可以适当降低，典型的焊接温度工艺曲线如图 9 所示：

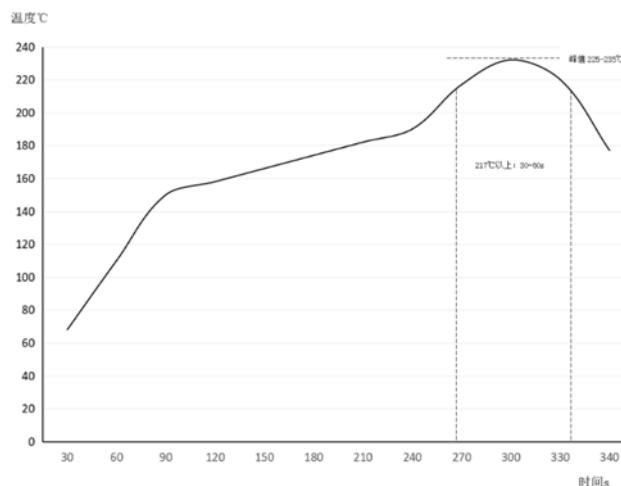


图 9 典型的焊接温度工艺曲线

4) 清洗

5) 检验：在显微镜下检验外观，符合要求后，用 X 光机检验焊点空洞是否符合要求；是否有短路情况。

6) 首样 1~5 只，检验符合要求后，才可以进行批量再流焊接。

7.2 使用注意事项

1. 储存及包装

1) 产品在密封包装袋中储放保存：在温度小于 40°C 且相对湿度小于 80% 时，可达 24 个月。

2) 在包装袋中储存超过 24 个月或包装袋被打开后，元件在回流焊或其他高温制程所采用时必须要符合：

a. 在 168h 内且工厂环境为 <30°C/60%RH 完成

b. 保存在 <30°C/10%RH 环境下

3) 元件在下述情况下必须再次经过烘烤：

a. 在 23±5°C 环境下，对于等级为 2a~5a 的器件，湿度指示卡上 10% 不是蓝色且 5% 是粉红色时需要烘烤。



b. 未符合潮湿敏感度 3 级的规范

4) 若需要烘烤, 元件需在 125°C 下烘烤至少 48h。并尽量在烘烤后 48h 内完成焊接。

如果没有按照条件使用, 出现问题不属于模块质量问题。

2. 回流前建议对回流焊炉的温度波动范围进行有效计量与监测, 保证焊接温度符合要求。

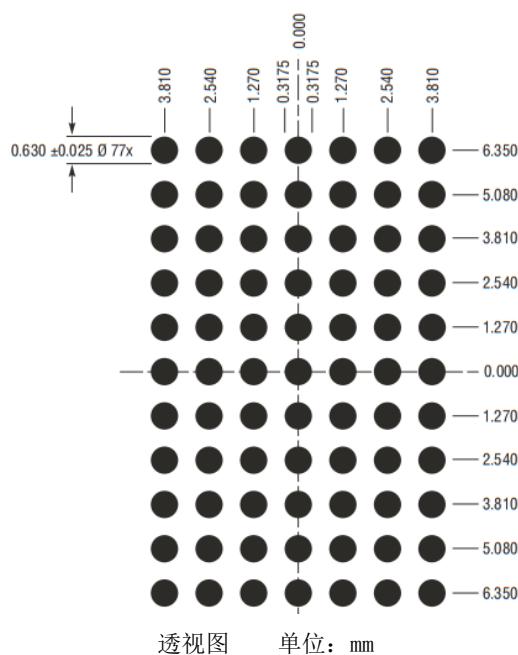
3. **返修:** 如需要取下模块并再次使用, 应使用返修系统进行。模块底部峰值温度应在 230°C 之间。元件拆除后, 需要对底部焊盘进行清理, 要求清理后的焊盘平整, 无毛刺, 无拉尖, 两个或两个以上不应互连的焊盘之间不能有焊料相连。

4. 因用户设备、环境等因素差异, 用户需根据自身情况制定相应的电装工艺, 焊接条件仅供参考。

5. **使用:** 测试、使用本模块时, 注意模块极限工作条件及模块极性, 以免造成模块失效。对于低压输入模块, 应注意其最大工作电压极限值, 避免输入电源的浪涌电压对其造成损坏, 可使用浪涌抑制器等对其输入端进行保护。

6. **降额:** 本系列模块为数字电路中 FPGA、ASIC、DSP 等处理器内核供电时, 应注意处理器峰值功率、平均功率的关系并对供电模块进行合理降额使用, 同时应考虑散热措施以保证系统稳定可靠。

设计 PCB 时, 推荐按照下图进行焊盘尺寸与布局的设计。



8. 特别声明

产品手册将不定期更新, 请用户务必在使用我单位产品前通过官方渠道获取产品手册的最新版本, 对产品手册有疑问之处请与我单位联系。