

一、概述

LMX4644 是一款四通道降压型微模块稳压器，采用塑封工艺，可满足全温区工作要求。控制芯片采用 0.18 μm BCD 工艺，封装形式采用 BGA77，外形尺寸典型值为 9 mm $\times$ 15mm $\times$ 5.1mm，工作环境温度为 -55 $^{\circ}\text{C}$ ~+125 $^{\circ}\text{C}$ ，输入电压范围为 4V~14V，输出电压范围为 0.6V~5.5V，可提供四路 4A 电流，四通道并联使用时，可提供单路 16A 电流。

二、产品特性

- ◆ 每路输出可提供 4A 电流
- ◆ 宽输入电压范围：4V 至 16V
- ◆ 0.6V 至 5.5V 输出电压
- ◆ 每通道可提供 4A DC、5A 峰值输出电流
- ◆ 1MHz 工作频率
- ◆ 电流模式控制、快速瞬态响应
- ◆ 并联均流，单颗模组可并联输出 16A
- ◆ 软起动、输出电压跟踪
- ◆ 外部频率同步
- ◆ 过流和过热保护

三、绝对最大额定值（所有电压以 GND 为参考）

参数	最小值	最大值	单位
SVIN	-0.3	16	V
VIN	-0.3	16	V
RUN	-0.3	16	V
VOUT	-0.3	6	V
INTVCC	-0.3	3.8	V
FB、TRACK/SS	-0.3	3.8	V
CLKIN、CLKOUT、MODE	-0.3	3.8	V
PGOOD	-0.3	3.8	V
工作环境温度范围	-55	125	$^{\circ}\text{C}$
工作结温	-55	165	$^{\circ}\text{C}$
储藏温度	-65	150	$^{\circ}\text{C}$
峰值回流焊温度	-	245	$^{\circ}\text{C}$

四、推荐工作条件

参数	最小值	最大值	单位
SVIN	4.0	14	V
VIN	2.75	14	V
负载电流	-	4	A
环境温度	-55	105	$^{\circ}\text{C}$
工作结温	-55	155	$^{\circ}\text{C}$

五、热信息

参数	BGA77	单位
θ_{Ja} (Ta=25℃, Force Air 1m/s)	14.612	℃/W

六、引脚描述

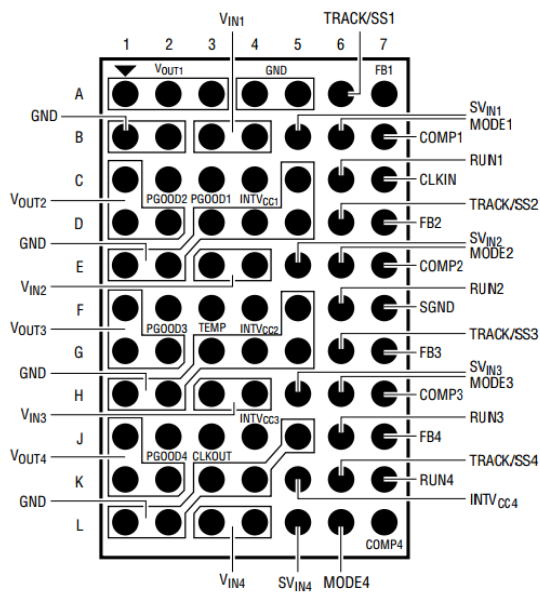


图1 引脚图

表 1 引出端说明

引出端 序号	符号	I/O	功能	引出端 序号	符号	I/O	功能
A1	VOUT1	O	第一路功率输出	B5	SVIN1	I	第一路信号电源
A2	VOUT1	O	第一路功率输出	E5	SVIN2	I	第二路信号电源
A3	VOUT1	O	第一路功率输出	H5	SVIN3	I	第三路信号电源
C1	VOUT2	O	第二路功率输出	L5	SVIN4	I	第四路信号电源
D1	VOUT2	O	第二路功率输出	A6	TRACK/ SS1	I/O	第一路输出跟踪和 软启动配置引脚
D2	VOUT2	O	第二路功率输出	D6	TRACK/ SS2	I/O	第二路输出跟踪和软 启动配置引脚
F1	VOUT3	O	第三路功率输出	G6	TRACK/ SS3	I/O	第三路输出跟踪和软 启动配置引脚
G1	VOUT3	O	第三路功率输出	K6	TRACK/ SS4	I/O	第四路输出跟踪和软 启动配置引脚
G2	VOUT3	O	第三路功率输出	B6	MODE1	I	第一路工作模式选择 引脚
J1	VOUT4	O	第四路功率输出	E6	MODE2	I	第二路工作模式选择 引脚
K1	VOUT4	O	第四路功率输出	H6	MODE3	I	第三路工作模式选择 引脚
K2	VOUT4	O	第四路功率输出	L6	MODE4	I	第四路工作模式选择 引脚
A4	GND	I/O	功率地	B3	VIN1	I	第一路功率电源输入
A5	GND	I/O	功率地	B4	VIN1	I	第一路功率电源输入
B1	GND	I/O	功率地	E3	VIN2	I	第二路功率电源输入
B2	GND	I/O	功率地	E4	VIN2	I	第二路功率电源输入
C5	GND	I/O	功率地	H3	VIN3	I	第三路功率电源输入
D3	GND	I/O	功率地	H4	VIN3	I	第三路功率电源输入

D4	GND	I/O	功率地	L3	VIN4	I	第四路功率电源输入
D5	GND	I/O	功率地	L4	VIN4	I	第四路功率电源输入
E1	GND	I/O	功率地	C6	RUN1	I	第一路使能输入引脚
E2	GND	I/O	功率地	F6	RUN2	I	第二路使能输入引脚
F5	GND	I/O	功率地	J6	RUN3	I	第三路使能输入引脚
G3	GND	I/O	功率地	K7	RUN4	I	第四路使能输入引脚
G4	GND	I/O	功率地	A7	FB1	I	第一路反馈引脚
G5	GND	I/O	功率地	D7	FB2	I	第二路反馈引脚
H1	GND	I/O	功率地	G7	FB3	I	第三路反馈引脚
H2	GND	I/O	功率地	J7	FB4	I	第四路反馈引脚
J5	GND	I/O	功率地	F7	SGND	I/O	信号地引脚
K3	GND	I/O	功率地	F3	TEMP	O	温度检测引脚
K4	GND	I/O	功率地	C4	INTVCC 1	O	第一路内部电源输出
L1	GND	I/O	功率地	F4	INTVCC 2	O	第二路内部电源输出
L2	GND	I/O	功率地	J4	INTVCC 3	O	第三路内部电源输出
C7	CLKIN	I	时钟输入引脚	K5	INTVCC 4	O	第四路内部电源输出
J3	CLKOUT	O	时钟输出引脚	B7	COMP1	I/O	第一路电流阈值控制 及 稳定性补偿引脚
C3	PGOOD 1	O	第一路电源输出良 好性指示	E7	COMP2	I/O	第二路电流阈值控制 及 稳定性补偿引脚
C2	PGOOD 2	O	第二路电源输出良 好性指示	H7	COMP3	I/O	第三路电流阈值控制 及 稳定性补偿引脚
F2	PGOOD 3	O	第三路电源输出良 好性指示	L7	COMP4	I/O	第四路电流阈值控制 及 稳定性补偿引脚
J2	PGOOD 4	O	第四路电源输出良 好性指示				

VOUT1 (A1, A2, A3), VOUT2 (C1, D1, D2), VOUT3 (F1, G1, G2), VOUT4 (J1, K1, K2): 功率输出引脚。在这些引脚和 GND 引脚之间施加输出负载, 在这些引脚和 GND 引脚之间放置输出去耦电容。

GND(A4-A5, B1-B2, C5, D3-D5, E1-E2, F5, G3-G5, H1-H2, J5, K3-K4, L1-L2): 电源地引脚。使用大面积的 PCB 敷铜将所有 GND 引脚连接在一起。

VIN1 (B3, B4), VIN2 (E3, E4), VIN3 (H3, H4), VIN4 (L3, L4): 功率电源输入引脚。连接到各通道内部的上功率 MOSFET 的漏极, 在这些引脚和 GND 引脚之间施加输入电压。建议在每个 VIN 引脚和 GND 引脚之间放置输入去耦电容。

PGOOD1, PGOOD2, PGOOD3, PGOOD4(C3, C2, F2, J2): 电源输出良好性指示, 漏极开路逻辑输出引脚。当 FB 引脚上的电压不在内部 0.6V 基准电压的 $\pm 10\%$ (典型值) 范围内时, PGOOD 被拉低到 GND。

CLKOUT(J3): 时钟输出引脚。用于多相位输出时钟信号, CLKOUT 相对于 CLKIN 的相位设定为 180° 。CLKOUT 的峰峰值为 INTVCC 至 GND。该引脚为输出引脚, 不要驱动该引脚。

INTVCC1, INTVCC2, INTVCC3, INTVCC4 (C4, F4, J4, K5): 内部电源输出引脚。内部电源驱动器和控制电路由该电压供电。每个引脚内部使用 $2.2 \mu\text{F}$ 的低 ESR 陶瓷电容到 GND 作为去耦电容。

SVIN1, SVIN2, SVIN3, SVIN4 (B5, E5, H5, L5): 偏置输入电源。用于内部 3.3V 稳压器的输入电压, 作用于各通道的控制电路。在大多数应用中, 通常将此引脚连接到 VIN 引脚。SVIN 的输入电压应大于 4V 且大于输出电压。

TRACK/SS1, TRACK/SS2, TRACK/SS3, TRACK/SS4(A6, D6, G6, K6): 输出跟踪和软启动引脚。用户通过设定此引脚控制输出电压的上升时间。在此引脚上施加低于 0.6V 的电压会绕过误差放大器的内部参考输入, 而将 FB 引脚匹配 TRACK 电压。高于 0.6V 时, 跟踪功能停止, 内部参考恢复对误差放大器的控制。此引脚上的 INTVCC 内部有典型值为 $2.5\ \mu\text{A}$ 的上拉电流, 因此在此处放置一个电容可提供软启动功能。此引脚不能悬空。

MODE1, MODE2, MODE3, MODE4(B6, E6, H6, L6): 工作模式选择引脚。将此引脚连接到 INTVCC, 将强制所有输出以 CCM 模式工作; 将其连接到 SGND 可在轻负载下实现 DCM 模式操作。该引脚禁止悬空。

RUN1, RUN2, RUN3, RUN4(C6, F6, J6, K7): 使能输入引脚。将 RUN 引脚连接到 1.6V 以上启用稳压器。将其拉低至 0.8V 以下会关闭相应的调节器通道。该引脚禁止悬空。

FB1, FB2, FB3, FB4(A7, D7, G7, J7): 反馈引脚(误差放大器的负输入引脚)。在 4644 内部, 该引脚通过 $60.4\text{k}\Omega$ 精密电阻连接到每个通道的 VOUT。

可以通过在 FB 和 SGND 引脚之间的连接不同的外部电阻实现不同的电压输出。在多相位并联工作时, 将 FB 引脚连接在一起并行操作。

COMP1, COMP2, COMP3, COMP4(B7, E7, H7, L7): 电流阈值控制及稳定性补偿引脚。内部电流比较器阈值与该电压成比例。将 COMP 引脚连接在一起以实现并联操作, 器件内部具有补偿。

CLKIN (C7): 外部时钟输入引脚。外部时钟输入到内部锁相环模块。该引脚内部以 $20\text{k}\Omega$ 端接至 SGND。锁相环将强制通道 1 导通信号与 CLKIN 信号的上升沿同步。通道 2, 通道 3 和通道 4 也将与 CLKIN 信号的上升沿同步, 并具有设定的相移。

SGND (F7): 信号接地引脚。SGND 连接内部信号的 GND。使用时分开的 SGND 接地铜区域, 作为反馈电阻的接地和其它信号接地。建议在 PCB 底层将 PGND 平面和 SGND 平面之间进行第二次连接。

七、封装尺寸图

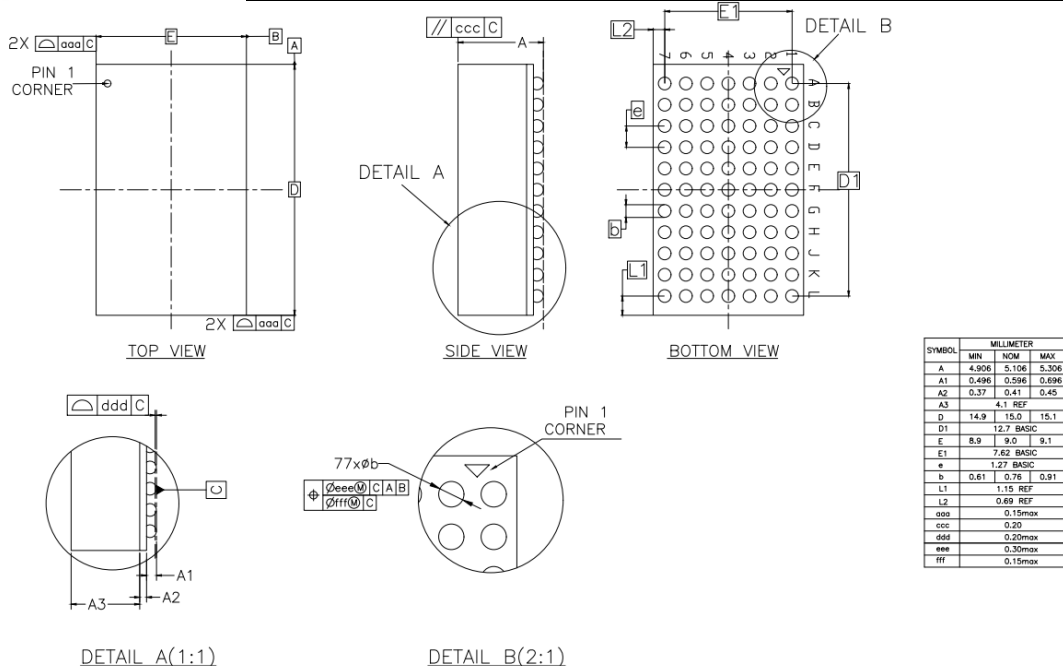


图2 封装尺寸图

八、电气特性

	参数	指标	条件	最小	典型	最大	单位
1	SVIN	输入电压		4		14	V
2	VIN	功率输入电压		1.2		14	
3	IQ (SVIN)	输入电流	VIN=12V, VOUT=1.5V, MODE=INTVCC		10.9		mA
			VIN=12V, VOUT=1.5V, MODE=GND		1.46		mA
			关断, RUN=0, VIN=12V		11.5		uA
4	VFB	反馈电压	IOUT=0~4A, VOUT=1.5V, 常温, RFB=40.2KΩ, MODE=INTVCC	0.591	0.6	0.609	V
			IOUT=0~4A, 高温, 低温, RFB=40.2KΩ, MODE=INTVCC	0.585	0.6	0.615	V
			IOUT=0~4A, VOUT=1.5V, RFB=40.2KΩ, MODE=GND	0.585	0.6	0.618	V
5	Δ VFB(LINE)	线性调整精度	VIN=4V~16V, IOUT=0A		0.01		%/V
6	Δ VOUT(LOAD)	负载调整精度	VOUT=1.5V, IOUT=0A~4A		0.2		%
7	IFB	FB脚输入电流	(注: 设计保证)			50	nA
8	t(ON)	最小开启时间	(注: 设计保证)		60		ns
9	t(OFF)	最小关断时间	(注: 设计保证)		90		ns
10	IOCP	输出限流	VIN=12V, VOUT=1.5V, 常温		6		A
11	R(HS)	上边管导通阻抗	INTVCC=3.5V		60		mohm

1 2	R(LS)	下边管导通阻抗	INTVCC=3.5V		30		mohm
1 3	VIN(UVL O)	VIN欠压阈值	VIN下降触发阈值		2.95		V
			VIN 欠压锁定迟滞		300		mV
1 4	VRUN	RUN阈值电压	使能开启阈值	1.1	1.17	1.3	V
1 5	VINTVCC	内部INTVCC电压	SVIN=4V~16V	3.35	3.5	3.65	V
1 6	Δ INTVCC (LOAD)	INTVCC负载调整率	SVIN=4V, ICC=0mA~70mA			1	%
1 7	VPGOOD	PGOOD指示范围	VFB降低超出-10%精度	-13	-9.6	-7	%
			VFB升高超出+10%精度	7	10	13	%
1 8	IPGOOD	PGOOD引脚漏电流			0.02	2	uA
1 9	VPGL	PGOOD引脚下拉电压	IPGOOD=1mA		0.01	0.1	V
2 0	ITRACK/ SS	TRACK/SS脚上拉电流			2.5	4	uA
2 1	f (OSC)	振荡器频率	RT=162K	0.85	1	1.2	MHz
2 2	CLKIN	CLKIN阈值	CLKIN高逻辑判断阈值	0.85			V
			CLKIN低逻辑判断阈值			0.3	V
2 3	VIN_OV	过压保护阈值	VIN过压保护阈值		23.5		V
			VIN过压保护释放阈值		21.5		V

九、功能描述

LMX4644是一款4路输出的独立非隔离开关模式DC/DC降压稳压器，输入电压范围4.0V~16V，每一路最大输出持续电流为4A（峰值电流5A），可并联输出高达16A。通过一个外部电阻提供0.6V至5.5V的精确调节输出电压。LMX4644集成了控制器、功率MOSFET、功率电感和其他元件。典型的开关频率被设置为1MHz。稳压器可以从外部同步到800KHz至1.2MHz的时钟。LMX4644模块通过电流模式控制和内部反馈环路补偿，具有足够的稳定余量和良好的瞬态性能。

LMX4644的电流模式控制可以将任何单独的调节通道并联，并准确地共享电流。由于每两个调节通道之间有一个内置的时钟交错，LMX4644可以很容易地采用2+2、3+1或4通道并行操作，这在FPGA等多轨电源应用中非常灵活。此外，LMX4644通过CLKIN和CLKOUT引脚提供外部时钟输入和时钟输出功能，用于频率同步或多相位的多个器件，允许多达8个相位的级联同时运行。RUN引脚拉低到1.1V以下时，控制器进入关机状态，关闭两个功率MOS和大部分内部控制电路。在轻负载状态下通过把MODE引脚设置为SGND可以启动断续模式（DCM），提高轻负载运行的转换效率。

1. V_{IN} 到 V_{OUT} 的降压比率

在给定的输入电压下，最大的 V_{IN} 和 V_{OUT} 的压降比是有限制的。由于每个调节器的最小关闭时间和最小开启时间限制，最小关断时间限制规定了一个最大占空比，可以计算为：

$$D_{max} = 1 - t_{off}(\min) \times F_{SW}$$

其中：

$t_{\text{off}}(\text{min})$ 是最小的关闭时间，典型值为90ns。 F_{SW} 是开关频率。
最小导通时间限制规定了转换器的最小占空比，可计算为：

$$D_{\text{min}} = 1 - t_{\text{on}}(\text{min}) \times F_{\text{SW}}$$

其中：

$t_{\text{on}}(\text{min})$ 为最小导通时间，典型值为60ns。

在超过最小占空比的情况下，输出电压仍保持调节状态，单开关频率会下降，建议使用时不超出最小占空比。

2. 输出电压设置

控制器内部参考电压 0.6V。通过 60.4k Ω 的内部反馈电阻将每通道的 V_{OUT} 引脚连接到 对应的 FB 引脚。从 FB 引脚到 SGND 增加一个电阻 $R_{\text{FB(BOT)}}$ ，对输出电压进行设置。

$$R_{\text{FB(BOT)}} = \frac{60.4\text{k}}{\frac{V_{\text{OUT}}}{0.6} - 1}$$

表 1. V_{FB} 电阻表与各种输出电压的关系

$V_{\text{OUT}}(\text{V})$	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
$R_{\text{FB(BOT)}}(\text{k}\Omega)$	Open	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25

对于N 个通道并联操作，使用以下公式可以计算 $R_{\text{FB(BOT)}}$ 。将每个并联输出的 V_{OUT} 和 FB 及 COMP 引脚分别接在一起，用一个电阻连接到 SGND。

$$R_{\text{FB(BOT)}} = \frac{\left(\frac{60.4\text{k}}{N}\right)}{\left(\frac{V_{\text{OUT}}}{0.6} - 1\right)}$$

3. 工作模式

在轻负载电流、高效率的应用中，通过将 MODE 引脚连接到 SGND 使能断续模式(DCM)。在低输出纹波、高负载电流的应用中，通过将 MODE 引脚与 INTVCC 连接启动连续模式 (CCM)。

4. 工作频率

LMX4644默认的工作频率在内部设置为 1MHz。一般不需要再进行额外的调整。如果应用需要1MHz以外的任何工作频率，稳压器可以从外部同步到800kHz至 12MHz的时钟。

5. 频率同步和时钟输入

该电源模块内部有一个锁相环，由压控振荡器和鉴相器组成。内部顶部 MOSFET 的开启都被锁定在同一个外部时钟的上升沿。外部时钟频率范围须在 1MHz 设定频率的 $\pm 20\%$ 以内。

脉冲检测电路用于检测 CLKIN 引脚上的时钟，以打开锁相环。时钟的脉冲宽

度必须至少是 400ns。时钟电平须高于 2V，时钟低电平必须低于 0.3V。在调节器的启动过程中，锁相环功能被禁用。

6. 多通道并行操作

对于需要超过 4A 输出电流的负载，LMX4644 的多个稳压器通道可以很容易地并联，以提供更多的输出电流，而不会增加输入和输出电压的纹波。LMX4644 在四个调节通道中的每两个通道之间都有预设的相移，适合采用 2+2、3+1 或 4 通道并联操作。表 2 给出了调节通道之间的相位差。

表 2. 不同通道之间相位的差异

通道	CH1	CH2	CH3	CH4
相位差	180°	90°	180°	

多相电源可减少输入和输出电容中的纹波电流，降低输出纹波。LMX4644 是电流模式控制的器件，并联模式下能做到很好的均流。每个并联通道的 RUN、TRACK/SS、FB 和 COMP 引脚分别连接在一起。

7. 软启动和输出电压追踪

TRACK/SS 引脚软启动每个调节通道或跟踪它到一个不同的电源。通过一个 2.5μA 的电流源将外部软启动电容充到 INTVCC 电压。当 TRACK/SS 电压低于 0.6V，它将替代内部 0.6V 参考电压来控制输出电压。软启动时间可以计算为：

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

其中：

C_{ss} 是 TRACK/SS 引脚上的电容。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每个调节通道的 TRACK/SS 引脚在外部进行编程。

推荐使用 4.7nF 电容，软启动时间为 1mS。

8. 电源输出正常指示 (PGOOD)

PGOOD 引脚是开漏引脚，用于监测对应通道的输出电压是否正常。当输出电压超出设置电压值 ±10% 时，则该引脚拉至低电平。

9. 环路稳定性补偿

LMX4644 模块每个调节通道的内部环路已补偿，可在 VOUT 和 FB 引脚之间增加一个 10pF~15pF 电容提升相位裕度。

10. 启动使能端

将每个调节通道的 RUN 引脚拉低至 GND，稳压器进入关机状态，关闭两个功率 MOSFET 和大部分内部控制电路。把 RUN 引脚拉高 1.2V 以上将开启整个稳压器通道。

11. 过温保护

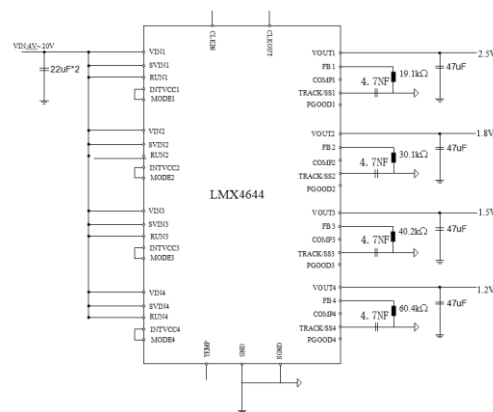
内部过温保护装置监测模块的结点温度。如果结点温度达到约 165℃，电源开关将被关闭，直到温度下降约 15℃ 左右。

12. 低输入电压应用

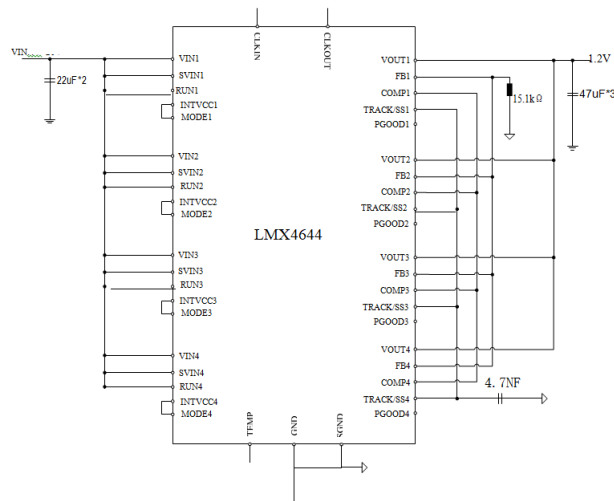
LMX4644 模块的每个稳压器通道都有一个单独的 SVIN 引脚，它可以在低至 2.375V 的输入电压下工作，SVIN 引脚是稳压器控制电路的电源输入。而 VIN 引脚是电源输入，直接连接到顶部 MOSFET 的漏极。在大多数输入电压范围为 4V 至 16V 的应用中，将 SVIN 引脚直接连接到每个稳压器通道的 VIN 引脚。可以在 SVIN 和 VIN 地之间放置一个由电阻(1Ω至10Ω)组成的可选滤波器，以获得额外的抗噪能力。在低输入电压(2.75V 至 4V)的应用中，或者为了减少内部偏执 LDO 的功率损耗，可将 SVIN 连接到高于 4V 的外部电压。

十、典型特性曲线

十一、典型应用及注意事项



典型应用图



四路并联应用图

- 1、 接地：采用尽量多的通孔接地，减小寄生电阻。
- 2、 大电流路径（VIN1~VIN4,VOUT1~VOUT4）走线尽量宽，PCB尽可能多放置散热孔，尽量优化PCB板的散热设计，使其散热良好。
- 3、 输入输出滤波电容尽量靠近对应管脚。
- 4、 注意区分模拟地SGND和功率地GND，SGND和GND靠近芯片单点细线或者0欧姆电阻连接。

- 5、对于输出并联的应用，需要把各通道的VOUT，VFB，COMP，TRACK/SS 分别连在一起。TRACK/SS 可以通过外接电容调整软起动时间。
- 6、防静电损伤：器件为静电敏感器件，传输、装配、测试过程中应采取充分的防静电措施。
- 7、产品说明书以发布日期为准，适时修改不另行说明。

十二、存储条件要求

- 1、产品在密封包装中储存：在温度小于30℃且湿度小于90%时，可达12个月。
- 2、包装袋被打开后，元器件将被回流焊制程或其他的高温制程所采用时必须符合：
 - a)在72小时内且工厂环境为小于30℃，低于60%RH 完成；
 - b)保存在10%RH 环境下；
 - c)使用前进行125℃，24h 烘烤去除内部水汽。

十三、选用指南

型号	温区	封装	尺寸
LMX4644	-55-125	BGA77	15x9x5.1
LMX4644BJ	-55-125	BGA77	15x9x5.1
LMX4644SH	-55-125	BGA77	15x9x5.1
LMX4644SZ	-40-85	BGA77	15x9x5.1
LMX4644T	-55-125	BGA77	15x9x2.506
LMX4643BJ	-55-125	BGA77	15x9x2.506
LMX4643SH	-55-125	BGA77	15x9x2.506
LMX4643SZ	-40-85	BGA77	15x9x2.506
LMX4622BJ	-55-125	BGA25	6.25x6.25x2.42
LMX4622SH	-55-125	BGA25	6.25x6.25x2.42
LMX4622SH	-40-85	BGA25	6.25x6.25x2.42

北京朗玛芯创技术有限公司致力于高端电源芯片及微模组研制、生产及推广应用。公司产品兼容性好、可靠性高、系统集成程度高。

公司拥有一支专业的售后服务队伍，可提供及时的技术支持服务，包括协助用户调试系统板、问题分析定位等。