

LKM4644B 型

四路降压 DC/DC μ Module 稳压器

产品说明书

瓴科微电子

LKM4644B 型四路降压 DC/DC μ Module 稳压器

1 特点

- 四通道输出降压 μ Module 稳压器
- 每个通道 5A 直流输出电流
- 宽输入电压范围：4V~16V
- SVIN 外部偏置下，VIN：3.1V~16V
- 0.6V~5.5V 输出电压
- 功耗高达 5.5W（ $T_A=60^{\circ}\text{C}$ ，200LFM，无散热器）
- 输出电压精度： $\pm 1.5\%$
- 电流模式控制，快速瞬态响应
- 可多路并联以获得更高的输出电流
- 输出电压跟踪
- 内部温度监测输出
- 外部频率同步
- 过压、电流和温度保护
- 工作温度： $-40^{\circ}\text{C}\sim+85^{\circ}\text{C}$
- 封装：BGA77（ $9.00\text{mm}\times 15.00\text{mm}\times 2.50\text{mm}$ ）

2 应用

- 多轨负载点调节
- FPGA、DSP 和 ASIC 应用

3 概述

LKM4644B 是一款四路 DC/DC 降压 μ Module(微模块)稳压器，每个输出电流最大为 5A。输出可以并联在一个阵列中，四路并联最高负载电流可达 16A。封装中包括开关控制器、功率 FET、电感器和支持组件。LKM4644B 通过外部偏置电源在 4V~16V 或 3.1V~16V 的输入电压范围内工作，支持 0.6V~5.5V 的输出电压范围。其高效设计为每个通道提供 5A 连续输出电流。仅需要大容量输入和输出电容器。

器件信息

型号	封装	封装尺寸
LKM4644B	BGA77	$9.00\text{mm}\times 15.00\text{mm}\times 3.50\text{mm}$

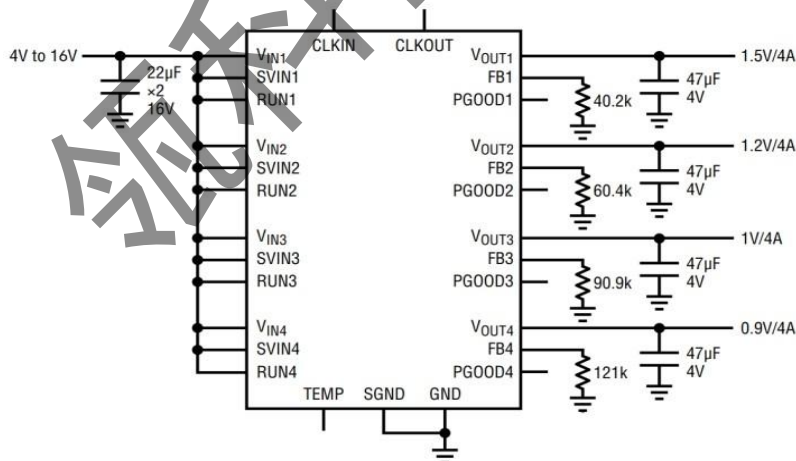


图 1 典型应用图

目 录

1 特点	1
2 应用	1
3 概述	1
4 管脚排布与功能描述	3
4.1 引脚排列	3
5 电特性	4
5.1 绝对最大额定值	4
5.2 电特性	5
6 特性曲线	6
7 功能描述	8
8 应用信息	9
8.1 VIN 至 VOUT 降压比	9
8.2 输出电压编程	9
8.3 输入去耦电容器	9
8.4 输出去耦电容器	10
8.5 断续导通模式 (DCM)	10
8.6 强制连续导通模式 (CCM)	10
8.7 工作频率	10
8.8 频率同步和时钟输入	10
8.9 多通道并行运行	10
8.10 软启动和输出电压跟踪	11
8.11 稳定性补偿	13
8.12 运行启动	13
8.13 预偏置输出启动	13
8.14 典型应用	13
9 封装形式	15
10 可订购的信息	16
11 版本信息	16

4 管脚排布与功能描述

4.1 引脚排列

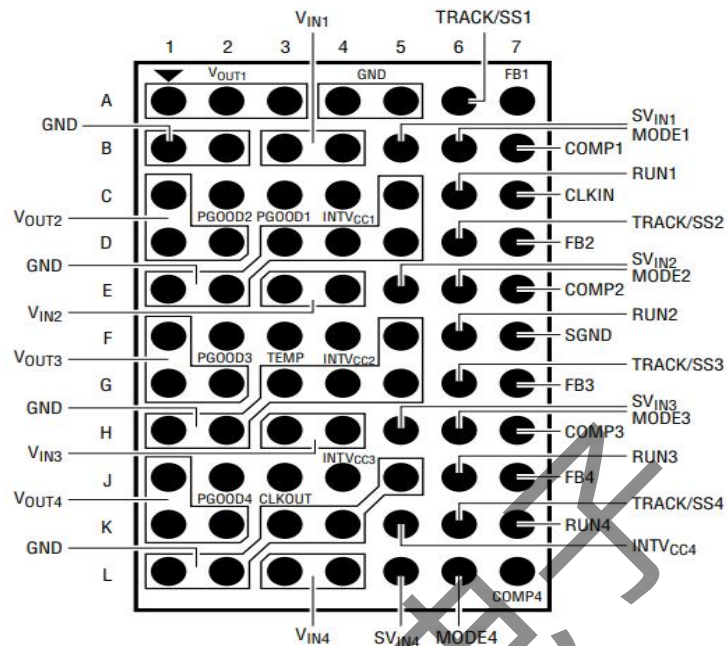


图 2 引脚排列图（顶视图）

表 1 引脚说明

引脚编号	引脚名称	描述
A1,A2,A3 C1,D1,D2 F1,G1,G2 J1,K1,K2	VOUT1 VOUT2 VOUT3 VOUT4	每个开关模式稳压器通道的电源输出引脚。在这些引脚和 GND 引脚之间施加输出负载。建议将输出去耦电容直接放置在这些引脚和 GND 引脚之间。
A4,A5,B1,B2, C5,D3,D4,D 5,E1,E2,F5,G 3,G4,G5,H1, H2,J5,K3,K4, L1,L2	GND	输入和输出回路的电源接地引脚。使用大的 PCB 铜区域将所有 GND 连接在一起。
B3,B4 E3,E4 H3,H4 L3,L4	VIN1 VIN2 VIN3 VIN4	电源输入引脚连接到每个开关模式稳压器通道的内部顶部 MOSFET 的漏极。在这些引脚和 GND 引脚之间施加输入电压。建议将输入去耦电容直接放置在 VIN 引脚和 GND 引脚之间。
C3 C2 F2 J2	PGOOD1 PGOOD2 PGOOD3 PGOOD4	每个开关模式稳压器通道的开漏逻辑输出电源良好。当 FB 引脚上的电压不在内部 0.6V 参考电压的±10%范围内时，PGOOD 被拉至接地。
J3	CLKOUT	模块 PolyPhase®操作的输出时钟信号。CLKOUT 相对于 CLKIN 的相位设置为 180°。CLKOUT

引脚编号	引脚名称	描述
		的峰间振幅是 INTVCC 到 GND。
C4 F4 J4 K5	INTVCC1 INTVCC2 INTVCC3 INTVCC4	每个开关模式稳压器通道的内部 3.3V 稳压器输出。内部电源驱动器和控制电路由该电压供电。每个引脚已通过 1 μ F 低 ESR 陶瓷电容器内部去耦至 GND。
B5 E5 H5 L5	SVIN1 SVIN2 SVIN SVIN4	信号 VIN。每个开关模式稳压器通道的控制电路的内部 3.3V 稳压器的滤波输入电压。在大多数应用中，将此引脚分别连接到 VIN 引脚。将 SVIN 连接到至少 4V 的外部电源，该电压源也必须大于 VOUT。
A6 D6 G6 K6	TRACK/SS1 TRACK/SS2 TRACK/SS3 TRACK/SS4	每个开关模式稳压器通道的输出跟踪和软启动引脚。允许用户控制输出电压的上升时间。在该引脚上施加低于 0.6V 的电压会绕过误差放大器的内部参考输入，相反，它会伺服 FB 引脚以匹配 TRACK 电压。在 0.6V 以上，跟踪功能停止，内部基准恢复对误差放大器的控制。该引脚上有来自 INTVCC 的内部 1.7 μ A 上拉电流，因此在此处放置电容器可提供软启动功能。
B6 E6 H6 L6	MODE1 MODE2 MODE3 MODE4	为每个开关模式稳压器通道选择操作模式。将此引脚连接到 INTVCC，以强制所有输出负载连续同步运行。将其连接到 SGND 可在轻负载下实现不连续电流模式操作。
C6 F6 J6 K7	RUN1 RUN2 RUN3 RUN4	每个开关模式稳压器通道的运行控制输入。通过将特定的 RUN 引脚连接到 1.2V 以上来启用稳压器操作。将其拉至 1.1V 以下会关闭相应的稳压器通道。
A7 D7 G7 J7	FB1 FB2 FB3 FB4	每个开关模式稳压器通道的误差放大器的负输入。该引脚通过一个 60.4k Ω 的精密电阻器连接到每个通道的 VOUT。不同的输出电压可以通过 FB 和 GND 引脚之间的附加电阻器以及 VOUT、FB 和 GND 引脚之间的两个电阻器进行编程。在多相操作中，将 FB 引脚连接在一起可以实现并行操作。
B7 E7 H7 L7	COMP1 COMP2 COMP3 COMP4	每个开关模式稳压器通道的电流控制阈值和误差放大器补偿点。内部电流比较器阈值与该电压成正比。将 COMP 引脚连接在一起以实现并行操作。
C7	CLKIN	模块相位检测器的外部同步输入。该引脚在内部通过 20k Ω 端接至 SGND。锁相环将强制通道 1 开启信号与 CLKIN 信号的上升沿同步。通道 2、通道 3 和通道 4 也将与具有预定相移的 CLKIN 信号的上升沿同步。
F7	SGND	信号接地。SGND 内部通过单点连接到 GND。使用单独的 SGND 接地铜区域作为反馈电阻器和连接到信号引脚的其他组件的接地。建议在模块下方的 PCB 背面进行 PGND 平面和 SGND 平面之间的第二次连接。
F3	TEMP	温度监测输出。

5 电特性

5.1 绝对最大额定值

参数	最小值	最大值	单位
V _{IN} , SV _{IN}	-0.3	+18	V
V _{OUT}	-0.3	V _{IN}	V
RUN	-0.3	+18	V

INTV _{CC}	-0.3	+3.6	V
PGOOD,MODE,TRACK,SS,FB	-0.3	INTV _{CC}	V
CLKOUT,CLKIN	-0.3	INTV _{CC}	V
内部工作温度范围	-40	+85	°C
存储温度范围	-55	+125	°C
最大回流温度	220		°C

5.2 电特性

“*”表示适用于全温范围的规格，其他规格适用于 T_A=25°C。典型应用条件：V_{IN}=12V。

参数		最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
外部偏置电源	V _{OUT}	-	3.1	-	V	SV _{IN} =4V, V _{IN} =0V~4V
输入直流电压	V _{IN} ,SV _{IN}	4	-	16	V	SV _{IN} =V _{IN}
输出电压范围	V _{OUT(RANGE)}	0.6	-	5.5	V	-
输出电压随线路和负载的总变	V _{OUT(DC)}	1.477	-	1.523	V	C _{IN} =22μF, C _{OUT} =100μF Ceramic, MODE=INTV _{CC} , V _{IN} =4V~16V, I _{OUT} =0A~5A
RUN 引脚 ON 阈值	V _{RUN}	1.1	1.2	1.3	V	V _{RUN} 上升
输入电源偏置电流	I _{Q(SVIN)}	-	18	-	mA	V _{IN} =12V, V _{OUT} =1.5V, MODE = INTV _{CC}
			2.5		mA	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V, MODE = GND 关
			80		μA	机, RUN = 0, V _{IN} = 12V
输入电源电流	I _{S(VIN)}	-	0.58	-	A	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V, I _{OUT} = 4A
输出连续电流范围	I _{OUT(DC)}	0	-	5	A	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V
线性调整率	ΔV _{OUT(Line)} /V _{OUT}	-	0.02	5	%/V	V _{OUT} = 1.5V, V _{IN} = 4V~16V, I _{OUT} = 0A
负载调整率	ΔV _{OUT(Load)} /V _{OUT}	-	0.5	1	%/A	V _{OUT} = 1.5V, I _{OUT} = 0A~5A
输出纹波电压	V _{OUT(AC)}	-	5	-	mV	I _{OUT} = 0A, C _{OUT} = 100μF Ceramic, V _{IN} = 12V, V _{OUT} =1.5V
软启过冲	ΔV _{OUT(START)}	-	30	-	mV	I _{OUT} = 0A, C _{OUT} = 100μF Ceramic, V _{IN} = 12V, V _{OUT} =1.5V
软启时间	t _{START}	-	3.5	-	ms	C _{OUT} =100μFCeramic,NoLoad, TRACK/SS=0.01μF,V _{IN} =12V, V _{OUT} = 1.5V
动态负载输出偏差	ΔV _{OUTLS}	-	40	-	mV	负载:0% to 50% to 0% of Full Load, C _{OUT} =47μFF 47uF Ceramic,V _{IN} =12V, V _{OUT} =1.5V
动态负载阶跃的稳定时间	t _{SETTLE}	-	40	-	μs	
输出电流限制	I _{OUTPK}	6	7	-	A	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V
FB 引脚电压	V _{FB}	-	0.60	-	V	I _{OUT} = 0A, V _{OUT} = 1.5V,0°C ~125°C
			0.60			I _{OUT} = 0A, V _{OUT} = 1.5V,-55°C ~125°C
FB 引脚电流	I _{FB}	-	-	±30	nA	-
V _{OUT} 和 FB 引脚之间的电阻	R _{FBHI}	-	60.40	-	kΩ	-
软启动上拉电流	I _{TRACK/SS}	-	1.7	-	μA	TRACK/SS = 0V
V _{IN} 欠压锁定	V _{IN(UVLO)}	-	2.5 0.3	-	V	V _{IN} 下降 V _{IN} 迟滞
最短导通时间	t _{ON(MIN)}	-	30	-	ns	-
最短停机时间	t _{OFF(MIN)}	-	100	-	ns	-

参数		最小值	典型值	最大值	单位	测试条件
外部偏置电源	V _{OUT}	-	3.1	-	V	SV _{IN} =4V, V _{IN} =0V~4V
PGOOD 门限	V _{PGOOD}	-	-8.35 10	-	%	V _{FB} with Respect to Set Output V _{FB} Ramping Negative V _{FB} Ramping Positive
PGOOD 漏电	IPGOOD	-	-	2	μA	-
PGOOD 低电平	VPGL	-	0.025	0.1	V	IPGOOD = 1mA
INTVCC 电压	VINTVCC	3.1	3.27	3.45	V	SV _{IN} = 4V~20V
INTVCC 负载调整率	V _{INTVCC} Load Reg	-	-0.67	-	%	I _{CC} = 0mA to 20mA
振荡器频率	f _{OSC}	-	1000	-	MHz	-
CLKIN 阈值	CLKIN	-	0.7	-	V	-

6 特性曲线

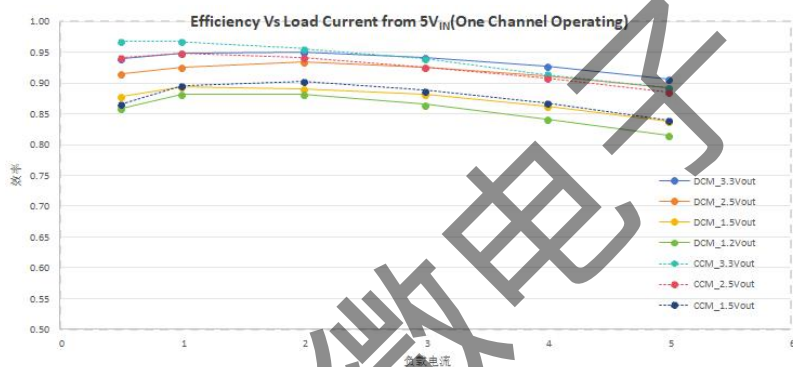


图3 效率 VS 5VIN 负载电流（单通道工作）

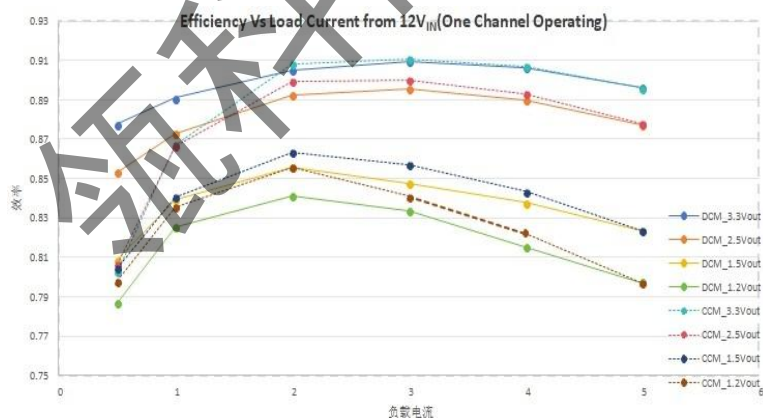


图4 效率 VS 12VIN 负载电流（单通道工作）

VIN=12V,Vout=2.5V,Iload=0A,RUN2: ON（单通道工作）

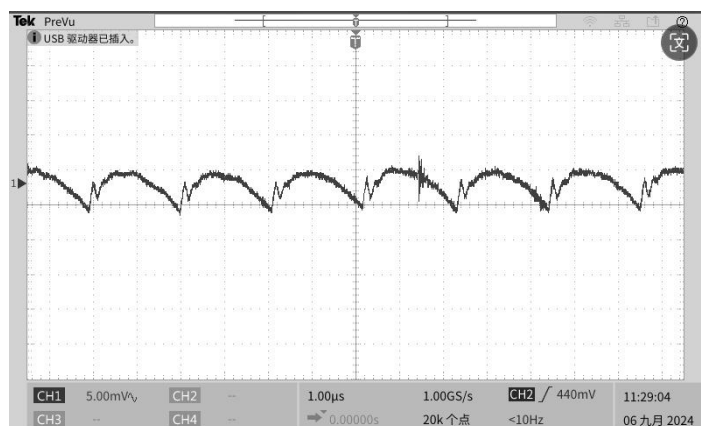


图 5 输出纹波

VIN=12V, Vout=3.3V, 初始 Vout=2V, EN 上电, Model:DCM

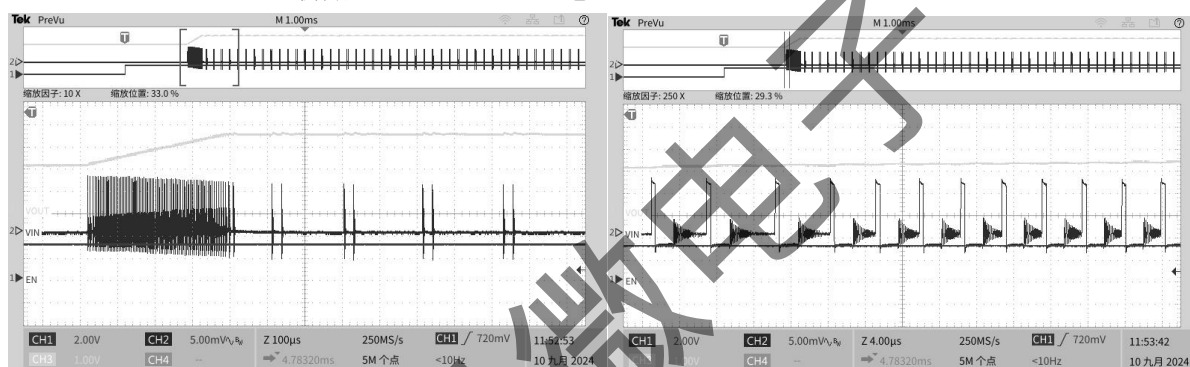


图 6 启动预偏置输出

Start-Up with 4A Load,EN=L TO H

VIN =12V,Vout=1.2V, EN=H TO L

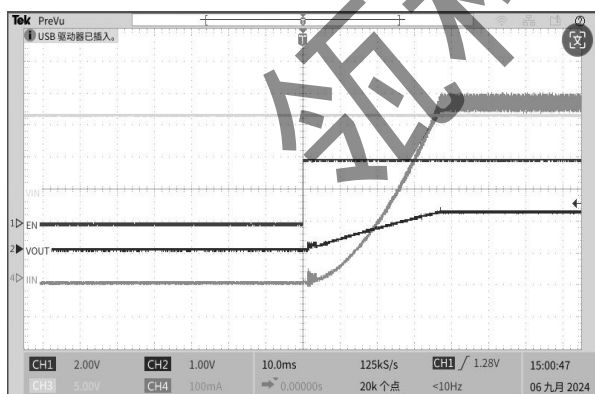


图 7 4A 带载启动

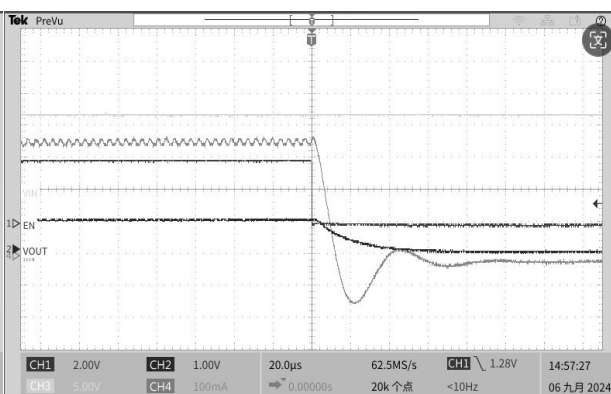


图 8 4A 带载关闭

Start-Up with No Load, EN=L TO H

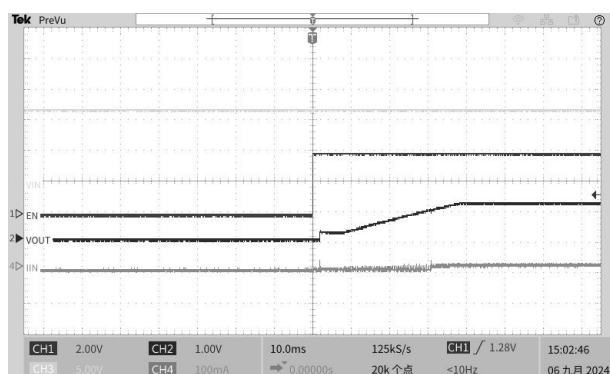


图9 空载启动

No Load, EN=H TO L

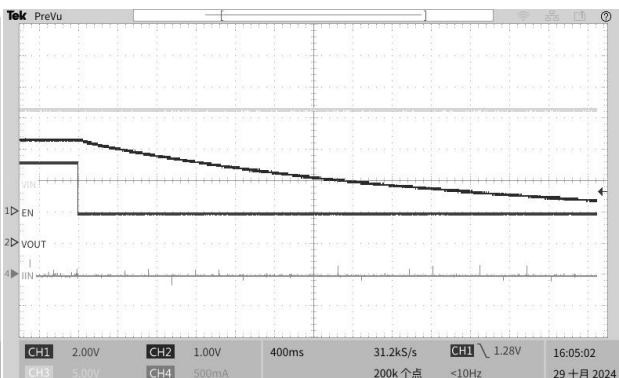


图10 控制开关

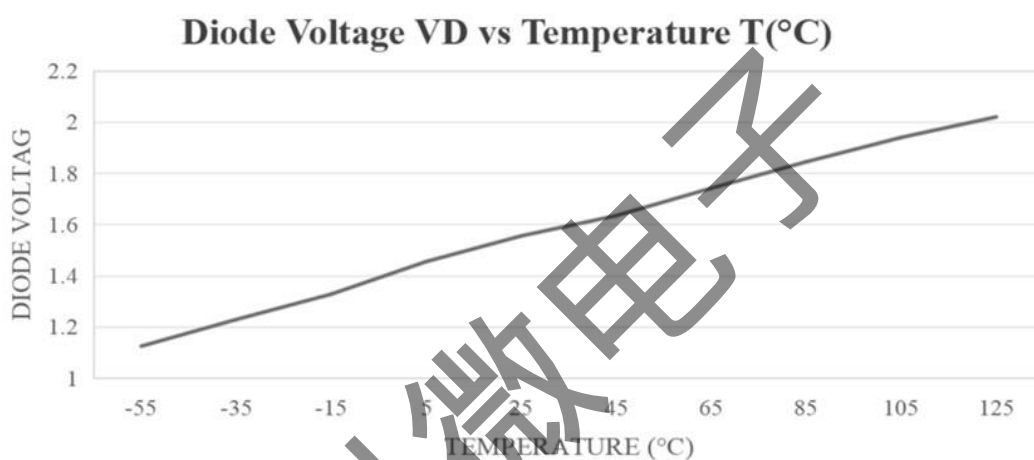


图11 温度监测: TEMP 电压 VS 温度

7 功能描述

LKM4644B 是一款四路输出独立非隔离开关模式 DC/DC 电源。它有四个独立的稳压器通道，每个通道都能在几乎没有外部输入和输出电容器的情况下提供高达 5A 的连续输出电流。每个稳压器均可在 4V~16V 输入电压范围内通过单个外部电阻器提供 0.6V~5.5V 的精确调节输出电压。通过外部偏置电压，该模块可以在低至 3.1V 的输入电压下工作。

LKM4644B 集成了四个独立的恒定频率控制导通时间谷值电流模式稳压器、功率 MOSFET、电感器和其他支持分立元件。典型的开关频率设置为 1MHz。对于开关噪声敏感型应用， μ Module 稳压器可以从外部同步到 700kHz~1.3MHz 的时钟。

通过电流模式控制和内部反馈环路补偿，LKM4644B 模块具有足够的稳定性裕度和良好的瞬态性能，具有广泛的输出电容器，甚至采用全陶瓷输出电容器。电流模式控制提供了并联任何独立稳压器通道的灵活性以及精确的电流共享。通过每两个稳压器通道之间的内置时钟交错，LKM4644B 可以轻松地采用 2+2、3+1 或 4 通道并行操作，这在 FPGA 等多轨 POL 应用中非常灵活。此外，LKM4644B 还具有 CLKIN 和 CLKOUT 引脚，用于频率同步或多相多个器件，允许多达 8 相级联同时运行。

电流模式控制还提供逐周期快速电流监测。在过流情况下提供折返电流限制，以在 VFB 下降时将电感器谷值

电流降低到原始值的约 40%。如果输出反馈电压超出调节点附近的±10%窗口，内部过压和欠压比较器会将开漏 PGOOD 输出拉低。在 OV 和 UV 条件下强制执行连续导通模式（CCM）操作，但在 TRACK 引脚上升至 0.6V 的启动期间除外。将 RUN 引脚拉至 1.1V 以下会强制控制器进入关闭状态，从而关闭功率 MOSFET 和大部分内部控制电路。在轻负载电流下，通过将 mode 引脚设置为 SGND，可以启用不连续导通模（DCM）操作，以实现比连续导通模式（CCM）更高的效率。TRACK/SS 引脚用于电源跟踪和软启动编程。模块内部包含一个温度二极管，用于监控模块的温度。

8 应用信息

8.1 VIN 至 VOUT 降压比

由于稳压器的最短关断时间和最短导通时间限制，给定输入电压可实现的最大 VIN 和 VOUT 降压比受到限制。最短关闭时间限制规定了最大占空比，其计算公式如下：

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

其中 tOFF（MIN）是最短关断时间，典型值为 100ns，fSW 是开关频率。相反，最小导通时间限制规定了转换器的最小占空比，其计算公式如下：

$$D_{MAX}=t_{ON(MIN)}*f_{SW}$$

其中 tON（MIN）是最短导通时间，典型值为 30ns。在超过最小占空比的极少数情况下，输出电压仍将保持稳定，但开关频率将从其编程值降低。请注意，可能会施加额外的热降额。

8.2 输出电压编程

PWM 控制器具有内部 0.6V 参考电压。如框图所示，60.4k 内部反馈电阻将 VOUT 和 FB 引脚连接在一起。从 FB 引脚到 GND 添加一个电阻器 RFB (BOT) 可对输出电压进行编程：

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

表 2 VFB 电阻表与各种输出电压的关系

VOUT(V)	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
RFB(k)	OPEN	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25

对于 N 通道的并行操作，可以使用以下公式求解 RFB(BOT)：

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

8.3 输入去耦电容器

LKM4643B 模块应连接到低交流阻抗直流电源。对于每个稳压器通道，需要一个 10μF 的输入陶瓷电容器来实现 RMS 纹波电流去耦。仅当输入源阻抗因长电感引线、走线或源电容不足而受到影响时，才需要大容量输入电容器。大容量电容器可以是电解铝电容器和聚合物电容器。

在不考虑电感电流纹波的情况下，对于每个输出，输入电容器的 RMS 电流可估计为：

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

其中， $\eta\%$ 是电源模块的估计效率。

8.4 输出去耦电容器

采用优化的高频、高带宽设计，每个稳压器通道只需要单片低 ESR 输出陶瓷电容器即可实现低输出电压纹波和非常好的瞬态响应。如果需要进一步减少输出纹波或动态瞬态尖峰，可能需要额外的输出滤波，以最大限度地减少 2A 负载阶跃瞬态期间的电压降和过冲。多相操作将减少作为相数函数的有效输出纹波。

8.5 断续导通模式（DCM）

在需要低输出纹波和中间电流高效率的应用中，应通过将 **mode** 引脚连接到 **SGND** 来使用断续导通模式（DCM）。在轻负载下，内部电流比较器可能会在几个周期内保持跳闸状态，并迫使顶部 MOSFET 在几个周期内保持关闭，从而跳过周期。在此模式下，电感器电流不会反向。

8.6 强制连续导通模式（CCM）

在固定频率操作比低电流效率更重要的应用中，并且在需要最低输出纹波的应用中应使用强制连续操作。可通过将 **MODE** 引脚连接到 **INTVCC** 来启用强制连续操作。在此模式下，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阈值，并且顶部 MOSFET 总是随着每个振荡器脉冲导通。在启动期间，强制连续模式被禁用，电感器电流被阻止反向，直到 LKM4644B 的输出电压达到稳定为止。

8.7 工作频率

LKM4644B 的工作频率经过优化，以实现紧凑的封装尺寸和最小的输出纹波电压，同时仍保持高效率。默认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。如果应用需要 1MHz 以外的任何工作频率， μ Module 稳压器可以从外部同步到 700kHz~1.3MHz 的时钟。

8.8 频率同步和时钟输入

电源模块具有由内部压控振荡器和相位检测器组成的锁相环。这允许所有内部顶部 MOSFET 导通被锁定到同一外部时钟的上升沿。外部时钟频率范围必须在 1MHz 设定频率的 $\pm 30\%$ 范围内。脉冲检测电路用于检测 **CLKIN** 引脚上的时钟以接通锁相环。时钟的脉冲宽度必须至少为 400ns。时钟高电平必须高于 2V，时钟低电平必须低于 0.3V。在调节器启动期间，锁相环功能被禁用。

8.9 多通道并行运行

对于需要超过 4A 输出电流的负载，LKM4644B 多个稳压器通道可以轻松并联，以提供更多输出电流，而不会增加输入和输出电压纹波。LKM4644B 在四个稳压器通道中的每两个通道之间都有预设的内置相移，适合采用 2+2、3+1 或 4 通道并行操作。表 3 给出了调节器通道之间的相位差。

表 3 稳压器通道之间的相位差

CHANNEL	CH1	CH2	CH3	CH4
相位差	180°	90°	180°	

多相电源显著减少了输入和输出电容器中的纹波电流。RMS 输入纹波电流会因所使用的相数而减少，而有效纹波频率会乘以所使用的相数（假设输入电压大于所使用的相数乘以输出电压）。当所有输出连接在一起以实现单个高输出电流设计时，输出纹波幅度也因所使用的相位数而减小。

8.10 软启动和输出电压跟踪

TRACK/SS 引脚提供了一种方法来软启动每个稳压器通道或将其跟踪到不同的电源。TRACK/SS 引脚上的电容器将对输出电压的斜坡率进行编程。内部 $1.7\mu\text{A}$ 电流源将为外部软启动电容器充电至 INTVCC 电压。当 TRACK/SS 电压低于 0.6V 时，它将接管内部 0.6V 参考电压来控制输出电压。总软启动时间可计算为：

$$t_{SS} = 0.6 * \frac{C_{SS}}{1.7\mu\text{A}}$$

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。输出电压跟踪还可以使用每个稳压器通道的 TRACK/SS 引脚进行外部编程。输出可以用另一个调节器上下跟踪。图 12 和图 13 显示了比率跟踪的示例波形和原理图，其中从稳压器（VOUT2、VOUT3 和 VOUT4）的输出压摆率与主稳压器（VOUT1）成正比。

由于从调节器的 TRACK/SS 通过 RTR（TOP）/RTR（BOT）电阻分压器连接到主调节器的输出，其电压用于调节从调节器的输出。当 TRACK/SS 电压低于 0.6V 时，启动时从机输出电压和主机输出电压应满足以下方程。

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

其中 60.4k 是集成顶部反馈电阻器， $R_{FB}（SL）$ 是外部底部反馈电阻器。 $R_{TR}（TOP）/R_{TR}（BOT）$ 是从稳压器 TRACK/SS 引脚上的电阻分压器，如图 13 所示。根据上式，主设备的输出转换速率（MR）和从设备的输出转换速率（SR）（单位为伏特/时间）由下式确定：

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

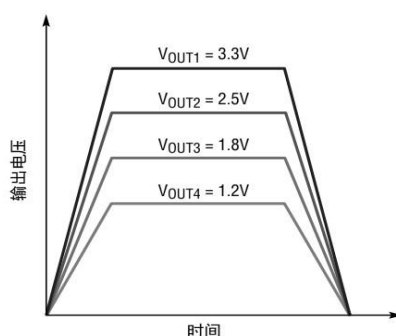


图 12 输出比例跟踪波形

例如， $V_{OUT}（MA）= 3.3\text{V}$ ， $MR = 3.3\text{V}/24\text{ms}$ ， $V_{OUT}（SL）= 1.2\text{V}$ ， $SR = 1.2\text{V}/24\text{ms}$ ，如图 13 所示的 VOUT1 和 VOUT4。从方程中可以看出， $R_{TR4}（TOP）= 60.4\text{k}$ 和 $R_{TR4}（BOT）= 13.3\text{k}$ 是一个很好的组合。按照相同的方程式，

我们可以得到 VOUT2 和 VOUT3 的相同 RTR (TOP) /RTR (BOT) 电阻分压器值。当使用电阻分压器对特定通道进行跟踪时，TRACK 引脚将接通 1.7μA 电流源。这将对 TRACK 引脚输入施加偏移。可以使用与根据上述公式计算出的电阻值具有相同比率的较小值电阻器。例如，如果使用 60.4k，则可以使用 6.04k 将 TRACK 引脚偏移减小到可忽略的值。

重合输出跟踪可以被认为是一种特殊的比率输出跟踪，其中主机的输出转换速率（MR）与从机的输出转换速率（SR）相同，波形如图 14 所示。从公式中我们可以很容易地发现，在同步跟踪中，从调节器的 TRACK/SS 引脚电阻分压器始终与其输出分压器相同。

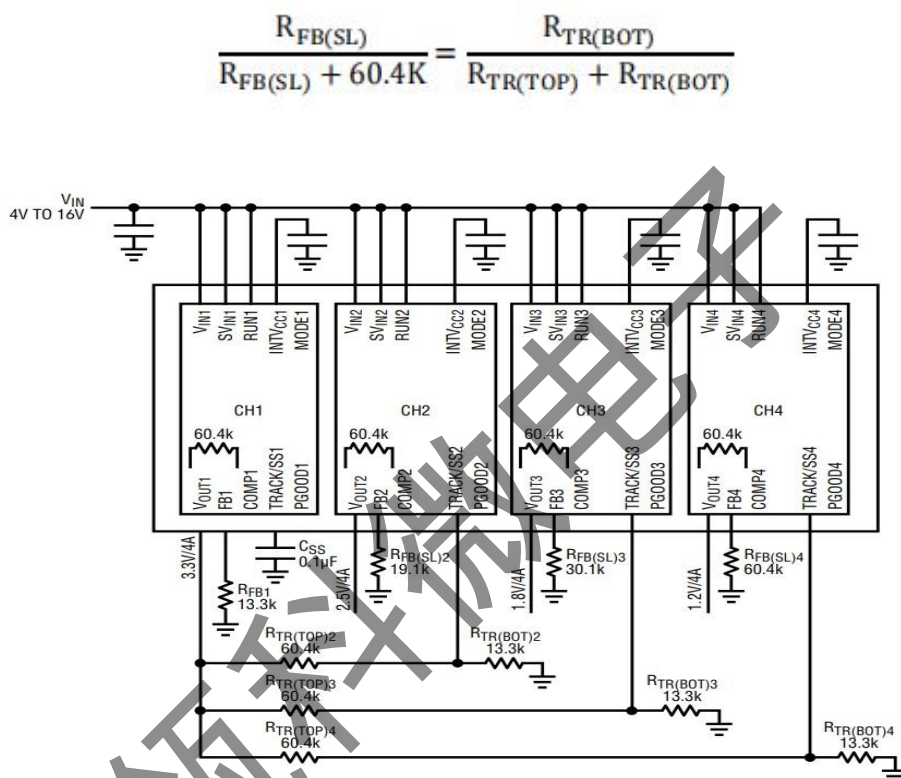


图 13 输出比例跟踪原理图

例如， $R_{TR4(TOP)}=60.4k$ 和 $R_{TR4(BOT)}=60.4k$ 是 $V_{OUT(MA)}=3.3V$ 和 $V_{OUT(SL)}=1.2V$ 应用的一致跟踪的良好组合。

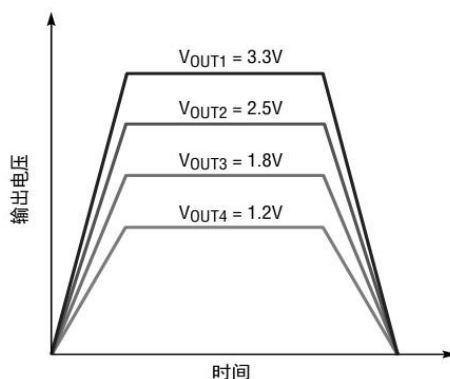


图 14 输出重合跟踪波形

8.11 稳定性补偿

LKM4644B 每个稳压器通道的内部补偿环路都是专为低 ESR 陶瓷输出电容器应用而设计和优化。如果需要大容量输出电容器来减少输出纹波或动态瞬态尖峰，则需要在 VOUT 和 FB 引脚之间额外增加 10pF~50pF 的相位补偿电容器。

8.12 运行启动

将每个稳压器通道的 RUN 引脚拉至地会强制稳压器进入关断状态，从而关闭功率 MOSFET 及其大部分内部控制电路。将 RUN 引脚电压提高到 0.7V 以上仅打开内部参考，同时仍保持功率 MOSFET 关闭。进一步将 RUN 引脚电压提高到 1.2V 以上将打开整个稳压器通道。

8.13 预偏置输出启动

在某些情况下，可能需要电源在输出电容器上充电后启动。LKM4644B 可以安全地加电至预偏置输出，而无需对其进行放电。LKM4644B 通过强制非连续模式（DCM）操作直至 TRACK/SS 引脚电压达到 0.6V 参考电压来实现此目的。这将防止 BG 在预偏置输出启动期间开启，从而导致输出放电。请勿使用高于 INTVCC（3.3V）的输出电压对 LKM4644B 进行预偏置。

8.14 典型应用

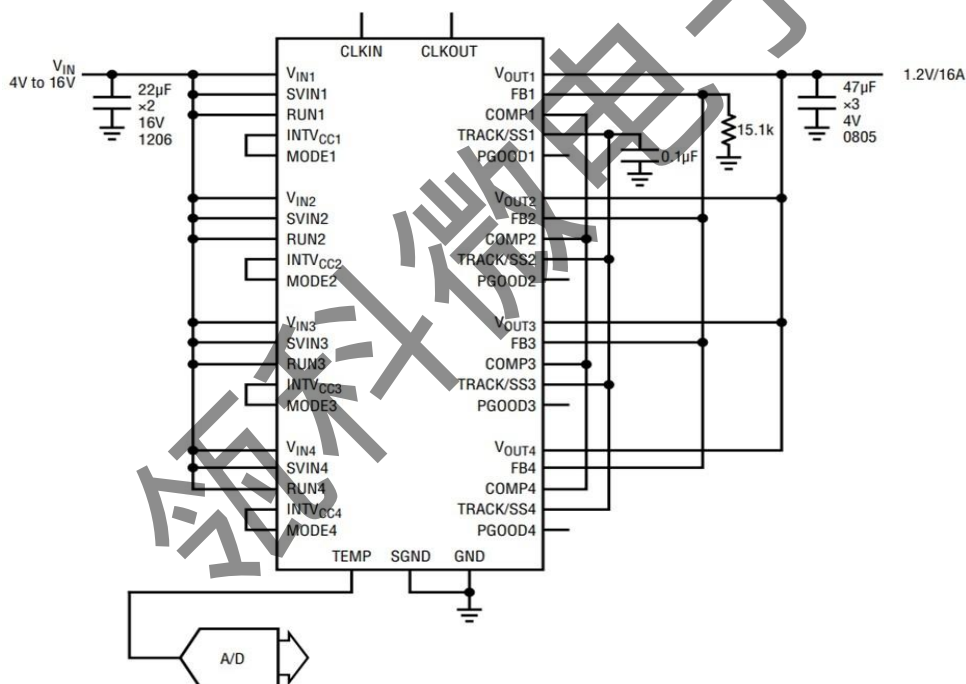


图 15 具有温度监控功能的 4V~16V 输入、4 相、1.2V、16A 设计

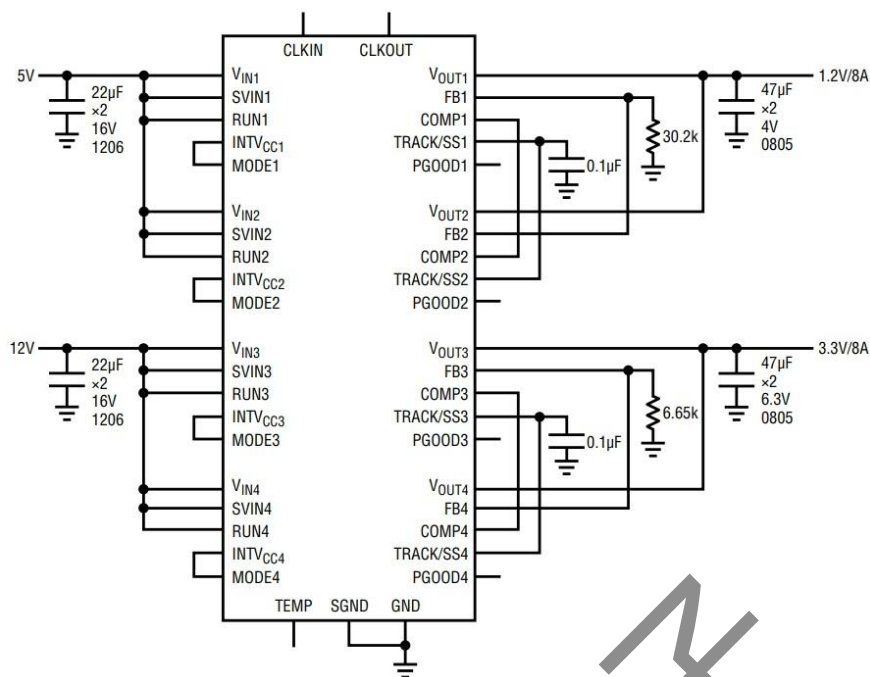
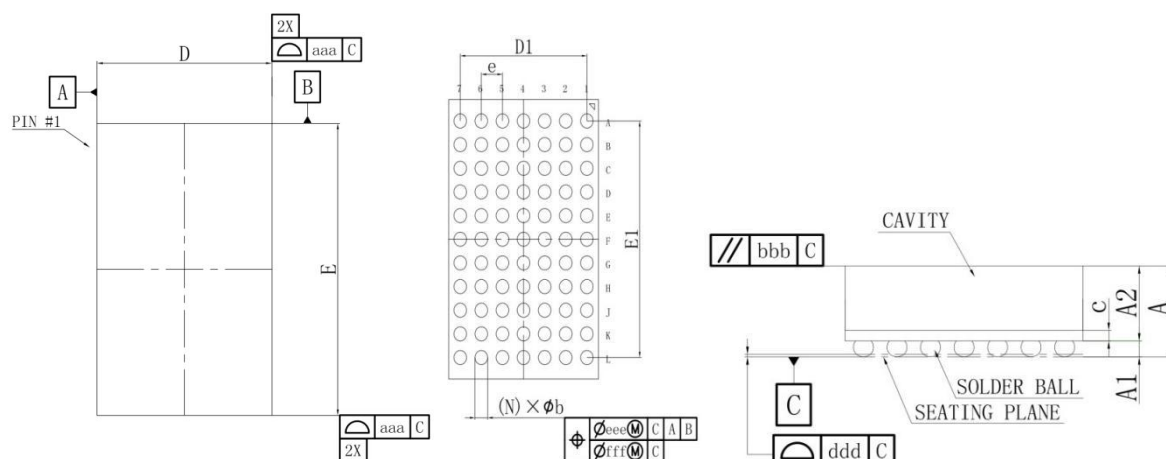


图 16 12V 和 5V 两个独立的输入轨，8A 输出 1.2V 和 8A 输出 3.3V

9 封装形式



尺寸符号	数值 (单位: mm)		
	最小	公称	最大
A	3.380	3.530	3.680
A1	0.570	0.620	0.670
A2	2.810	2.910	3.010
c	0.360	0.410	0.460
D	8.900	9.000	9.100
E	14.900	15.000	15.100
D1	-	7.620	-
E1	-	12.700	-
e	-	1.270	-
b	0.710	0.760	0.810
aaa	0.100		
bbb	0.100		
ddd	0.100		
eee	0.150		
fff	0.080		
N	77		
MD/ME	7/11		

10 可订购的信息

LK

①

M

②

4644

③

B

④

① 产品系列代号

② 分类标识

③ 产品代号

④ 封装类型

表 6 订货信息表

型号	封装	质量等级	工作温度
LKM4644B	BGA77, 塑料封装	工业级	-40°C~+85°C

11 版本信息

版本号	日期	版本说明	更改说明
REV 1.00	2025-05-15	更新版本	—
REV 2.00	2025-06-04	更新版本	优化文档内容