

具 PLL、输出跟踪和裕量调节功能的 12A DC/DC μ Module

特点

- 完整的开关模式电源
- 宽输入电压范围：4.5V 至 20V
- 12A DC (典型值)、14A 峰值输出电流
- 0.6V 至 5V 输出电压
- 输出电压跟踪和裕量调节
- 多个 μ Module 并联工作并可实现均流
- 采用差分远端检测以实现精准稳压 (仅 LTM4601)
- PLL 频率同步
- $\pm 1.5\%$ 稳压
- 电流折返保护 (在启动时停用)
- 具有金制衬垫涂层并符合 RoHS 标准的无铅型 (e4) 封装
- 超快速瞬态响应
- 电流模式控制
- 高达 95% 的效率 (在 $5V_{IN}$ 、 $3.3V_{OUT}$ 时)
- 可设定的软启动
- 输出过压保护
- 小占板面积、扁平 ($15\text{mm} \times 15\text{mm} \times 2.8\text{mm}$) 表面贴装型 LGA 封装

应用

- 电信和网络设备
- 服务器
- 工业设备
- 负载点调节

描述

LTM[®]4601 是一个完整的 12A 降压型开关模式 DC/DC 电源，具有内置的开关控制器、MOSFET、电感和所有的相关元件。该 μ Module[™] 采用了一个小型表面贴装 $15\text{mm} \times 15\text{mm} \times 2.8\text{mm}$ LGA 封装。LTM4601 的工作输入电压范围为 4.5V 至 20V，输出电压范围为 0.6 至 5V，具有输出电压跟踪和裕量调节功能。高效率设计提供了 12A 的连续电流 (峰值为 14A)。仅需采用大容量输入和输出电容器便可完成全部的设计。

扁平 (高度仅 2.8mm) 且重量轻 (1.7g) 的封装能够很容易地安装在 PC 板底部的未用空间中，以实现高密度负载点调节。可以使该 μ Module 与一个外部时钟相同步，以减少无用的频率谐波，并允许执行 PolyPhase[®] 操作，提供高负载电流。

高开关频率和自适应接通时间电流模式架构的运用实现了针对输入电压和负载变化的快速瞬态响应，而并未影响稳定性。可采用一个板载差分远端检测放大器来精准地调节输出电压，这样使输出电流不受负载电流的影响。LTM4601-1 没有板载远端检测放大器。

Δ 、LTC、LT 和 PolyPhase 是凌力尔特公司的注册商标。

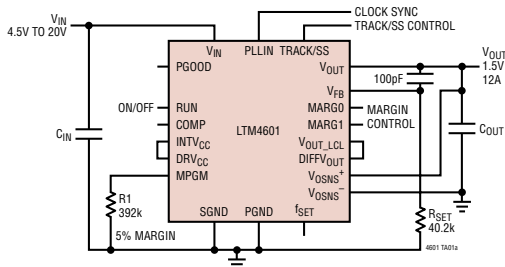
μ Module 是凌力尔特公司的商标。

所有其他商标均为其各自拥有者的产权。

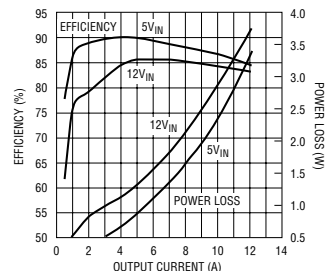
受包括第 5481178、5847554、6580258、6304066、6476589、6774611、6677210 号美国专利的保护。

典型应用

4.5V 至 20V 输入及 1.5V/12A 输出电源



效率和功耗与负载电流的关系曲线



LTM4601/LTM4601-1

绝对最大额定值 (注1)

INTV _{CC} , DRV _{CC} , V _{OUT_LCL} , V _{OUT} (V _{OUT} ≤ 3.3V 和 DIFFV _{OUT})	-0.3V 至 6V
PLLIN, TRACK/SS, MPGM, MARG0, MARG1, PGOOD, f _{SET}	-0.3V 至 INTV _{CC} + 0.3V
RUN	-0.3V 至 5V
V _{FB} , COMP	-0.3V 至 2.7V
V _{IN}	-0.3V 至 20V
V _{OSNS} ⁺ , V _{OSNS} ⁻	-0.3V 至 INTV _{CC} - 1V
工作温度范围 (注2)	-40°C 至 85°C
结温	125°C
贮存温度范围	-55°C 至 125°C

封装/订购信息

TOP VIEW

LGA PACKAGE
118-LEAD (15mm × 15mm × 2.8mm)
T_{JMAX} = 125°C, θ_{JA} = 15°C/W, θ_{JC} = 6°C/W,
θ_{JA} DERIVED FROM 95mm × 76mm PCB WITH 4 LAYERS
WEIGHT = 1.7g
*LTM4601-1 ONLY

产品型号	LGA 器件标记 *
LTM4601EV#PBF	LTM4601V
LTM4601IV#PBF	LTM4601V
LTM4601EV-1#PBF	LTM4601V-1
LTM4601IV-1#PBF	LTM4601V-1

对于规定工作温度范围更宽的器件，请咨询凌力尔特公司。
* 温度等级见集装箱上的标识。

电特性 凡标注 ● 表示该指示适合 -40°C 至 85°C 的温度范围，否则仅指 T_A = 25°C, V_{IN} = 12V。按照典型应用 (见首页) 配置。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
V _{IN(DC)}	输入 DC 电压	●	4.5		20	V
V _{OUT(DC)}	输出电压	C _{IN} = 10μF × 3, C _{OUT} = 200μF V _{IN} = 5V, V _{OUT} = 1.5V, I _{OUT} = 0A V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V, I _{OUT} = 0A	● ●	1.478 1.5	1.522 1.522	V V
输入规格						
V _{IN(UVLO)}	欠压锁存门限	I _{OUT} = 0A		3.2	4	V
I _{NRUSH(VIN)}	启动时的输入浪涌电流	I _{OUT} = 0A, V _{OUT} = 1.5V V _{IN} = 5V V _{IN} = 12V		0.6 0.7		A A
I _{Q(VIN,NOLOAD)}	输入电源偏置电流	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V, 未进行开关操作 V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V, 开关操作连续进行 V _{IN} = 5V, V _{OUT} = 1.5V, 未进行开关操作 V _{IN} = 5V, V _{OUT} = 1.5V, 开关操作连续进行 停机, RUN = 0, V _{IN} = 12V		3.8 38 2.5 42 22		mA mA mA mA μA
I _{S(VIN)}	输入电源电流	V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 1.5V, I _{OUT} = 12A V _{IN} = 12V, V _{OUT} = 3.3V, I _{OUT} = 12A V _{IN} = 5V, V _{OUT} = 1.5V, I _{OUT} = 12A		1.81 3.63 4.29		A A A

电特性 凡标注 ● 表示该指示适合 -40°C 至 85°C 的温度范围, 否则仅指 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$, $V_{IN} = 12\text{V}$ 。按照典型应用 (见首页) 配置。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
INTV_{CC}	$V_{IN} = 12\text{V}$, $\text{RUN} > 2\text{V}$	无负载	4.7	5	5.3	V

输出规格

I_{OUTDC}	输出连续电流范围 (参见针对不同 V_{IN} 、 V_{OUT} 和 T_A 的输出电流降额曲线)	$V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$		0	12	A
$\frac{\Delta V_{\text{OUT(LINE)}}}{V_{\text{OUT(MIN)}}$	电压调节精度	$V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$, $I_{\text{OUT}} = 0\text{A}$, V_{IN} 从 4.5V 至 20V	●		0.3	%
$\frac{\Delta V_{\text{OUT(0A-12A)}}}{V_{\text{OUT(MIN)}}$	负载调节精度	$V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$, 0A 至 12A $V_{IN} = 12\text{V}$, 远端检测放大器 $V_{IN} = 12\text{V}$ (LTM4601-1)	● ●		0.25 1	% %
$V_{\text{OUT(AC)}}$	输出纹波电压	$I_{\text{OUT}} = 0\text{A}$, $C_{\text{OUT}} = 2 \times 100\mu\text{F}/\text{X5R}/\text{陶瓷}$ $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$		20 18		$\text{mV}_{\text{P-P}}$ $\text{mV}_{\text{P-P}}$
f_s	输出纹波电压频率	$I_{\text{OUT}} = 5\text{A}$, $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$		850		kHz
$\Delta V_{\text{OUT(START)}}$	导通过冲, $\text{TRACK/SS} = 10\text{nF}$	$C_{\text{OUT}} = 200\mu\text{F}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$, $I_{\text{OUT}} = 0\text{A}$ $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		20 20		mV mV
t_{START}	导通时间, $\text{TRACK/SS} = \text{开路}$	$C_{\text{OUT}} = 200\mu\text{F}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$, $I_{\text{OUT}} = 1\text{A}$ 阻性负载 $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		0.5 0.7		ms ms
ΔV_{OUTLS}	动态负载的峰值偏差	负载: 满负载的 0% 至 50% 至 0%, $C_{\text{OUT}} = 2 \times 22\mu\text{F}/\text{陶瓷}$, 470 μF , 4V SANYO POSCAP $V_{IN} = 12\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$		35 35		mV mV
t_{SETTLE}	动态负载阶跃的稳定时间	负载: 满负载的 0% 至 50% 或 50% 至 0% $V_{IN} = 12\text{V}$		25		μs
I_{OUTPK}	输出限流值	$C_{\text{OUT}} = 200\mu\text{F}$, 表 2 $V_{IN} = 12\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$ $V_{IN} = 5\text{V}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$		17 17		A A

远端检测放大器 (注 3) (仅 LTM4601, 在 LTM4601-1 不支持)

V_{OSNS^+} , V_{OSNS^-} CM 范围	共模输入电压范围	$V_{IN} = 12\text{V}$, $\text{RUN} > 2\text{V}$		0	$\text{INTV}_{\text{CC}} - 1$	V
$\text{DIFFV}_{\text{OUT}}$ 范围	输出电压范围	$V_{IN} = 12\text{V}$, DIFF OUT 负载 = 100k		0	INTV_{CC}	V
V_{OS}	输入失调电压值				1.25	mV
A_V	差分增益				1	V/V
GBP	增益带宽乘积				3	MHz
SR	转换速率				2	V/ μs
R_{IN}	输入电阻	V_{OSNS^+} 至 GND			20	k Ω
CMRR	共模抑制模式				100	dB

控制级

V_{FB}	误差放大器输入电压精度	$I_{\text{OUT}} = 0\text{A}$, $V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$	●	0.594	0.6	0.606	V
V_{RUN}	RUN 引脚导通/关断门限			1	1.5	1.9	V
$I_{\text{SS/TRACK}}$	软启动充电电流	$V_{\text{SS/TRACK}} = 0\text{V}$		-1.0	-1.5	-2.0	μA
$t_{\text{ON(MIN)}}$	最小导通时间	(注 4)			50	100	ns

LTM4601/LTM4601-1

电特性 凡标注 ● 表示该指示适合 -40°C 至 85°C 的温度范围，否则仅指 $T_A = 25^{\circ}\text{C}$ ， $V_{IN} = 12\text{V}$ 。按照典型应用 (见首页) 配置。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
$t_{\text{OFF(MIN)}}$	最小关断时间	(注 4)		250	400	ns
R_{PLLIN}	PLLIN 输入电阻			50		$k\Omega$
I_{DRVCC}	流入 DRVCC 引脚的电流	$V_{\text{OUT}} = 1.5\text{V}$ ， $I_{\text{OUT}} = 1\text{A}$ ，频率 = 850kHz， $\text{DRVCC} = 5\text{V}$		18	25	mA
R_{FBHI}	V_{OUT} 和 V_{FB} 之间的电阻		60.098	60.4	60.702	$k\Omega$
V_{MPGM}	裕量基准电压			1.18		V
V_{MARGO} ， V_{MARG1}	MARG0，MARG1 电压门限			1.4		V
PGOOD 输出						
ΔV_{FBH}	PGOOD 上限	V_{FB} 上升	7	10	13	%
ΔV_{FBL}	PGOOD 下限	V_{FB} 下降	-7	-10	-13	%
$\Delta V_{\text{FB(HYS)}}$	PGOOD 迟滞	V_{FB} 恢复		1.5		%

注 1： 高于“绝对最大额定值”部分所列数值的应力有可能对器件造成永久性的损害。在任何绝对最大额定值条件下暴露的时间过长都有可能影响器件的可靠性和使用寿命。

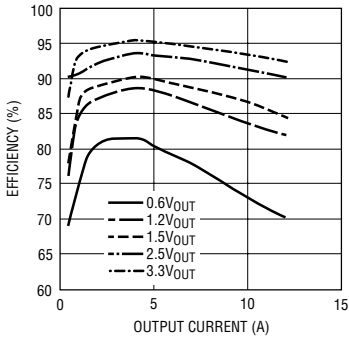
注 2： LTM4601E/LTM4601E-1 保证在 0°C 至 85°C 的范围内满足规定性能要求。在 -40°C 至 85°C 工作温度范围内的指标通过设计、特性分析和统计过程控制中的相关性来保证。LTM4601I/LTM4601I-1 保证在 -40°C 至 85°C 的温度范围内满足性能规格的要求并进行了测试。

注 3： 推荐用于 $\leq 3.3\text{V}$ 输出的远端检测放大器。

注 4： 仅在晶圆级上进行了全面的测试。

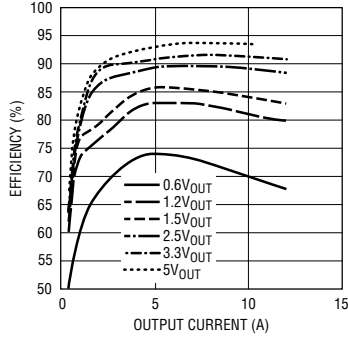
典型性能特征 (所有曲线均参见图18)

效率与负载电流的关系曲线 (5V_{IN})



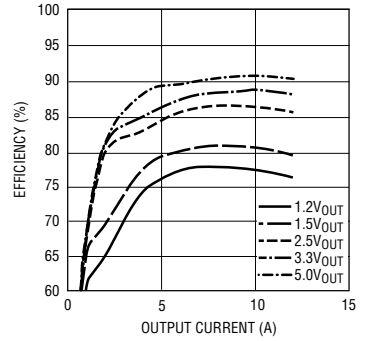
4601 G01

效率与负载电流的关系曲线 (12V_{IN})



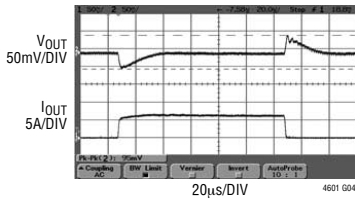
4601 G02

效率与负载电流的关系曲线 (20V_{IN})



4601 G03

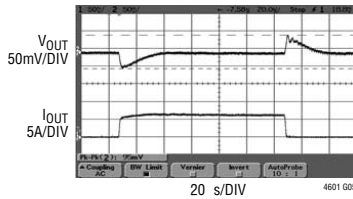
1.2V 瞬态响应



4601 G04

1.2V AT 6A/ μ S LOAD STEP
 $C_{OUT} = 3 \cdot 22\mu\text{F}$ 6.3V CERAMICS
 470 F 4V SANYO POSCAP
 $C3 = 100\text{pF}$

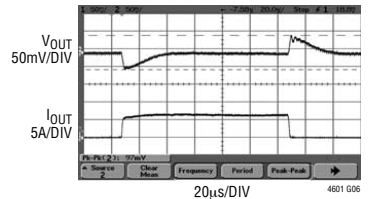
1.5V 瞬态响应



4601 G05

1.5V AT 6A/ μ S LOAD STEP
 $C_{OUT} = 3 \cdot 22\mu\text{F}$ 6.3V CERAMICS
 470 μF 4V SANYO POSCAP
 $C3 = 100\text{pF}$

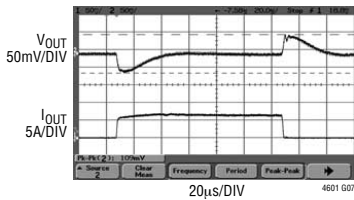
1.8V 瞬态响应



4601 G06

1.8V AT 6A/ μ S LOAD STEP
 $C_{OUT} = 3 \cdot 22\mu\text{F}$ 6.3V CERAMICS
 470 F 4V SANYO POSCAP
 $C3 = 100\text{pF}$

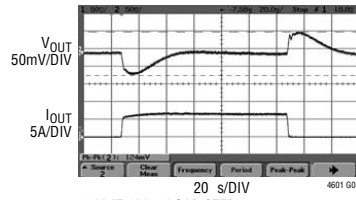
2.5V 瞬态响应



4601 G07

2.5V AT 6A/ μ S LOAD STEP
 $C_{OUT} = 3 \cdot 22\mu\text{F}$ 6.3V CERAMICS
 470 F 4V SANYO POSCAP
 $C3 = 100\text{pF}$

3.3V 瞬态响应



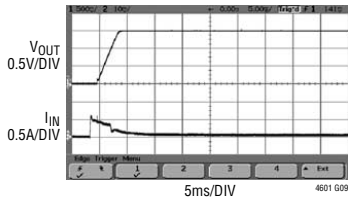
4601 G08

3.3V AT 6A/ μ S LOAD STEP
 $C_{OUT} = 3 \cdot 22\mu\text{F}$ 6.3V CERAMICS
 470 F 4V SANYO POSCAP
 $C3 = 100\text{pF}$

LTM4601/LTM4601-1

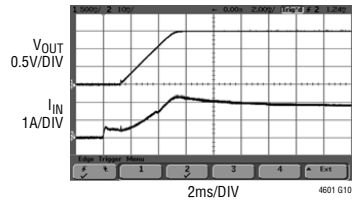
典型性能特征 (所有曲线均参见图18)

启动, $I_{OUT} = 0A$



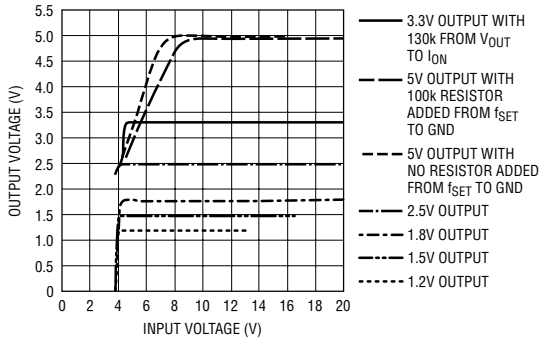
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F$
 $3 \cdot 22\mu F$
 SOFT-START = 10nF

启动, $I_{OUT} = 12A$ (阻性负载)



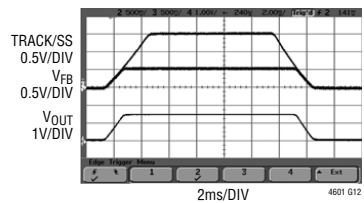
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F$
 $3 \cdot 22\mu F$
 SOFT-START = 10nF

V_{IN} 至 V_{OUT} 降压比



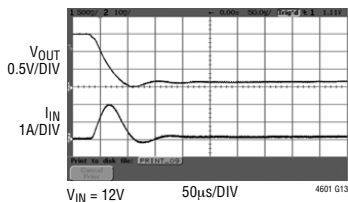
4601 G11

跟踪, $I_{OUT} = 12A$



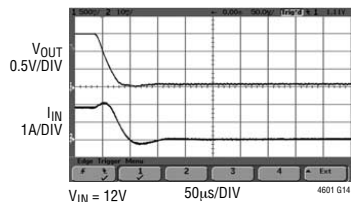
$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F$
 $3 \cdot 22\mu F$
 SOFT-START = 10nF

短路保护, $I_{OUT} = 0A$



$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F$
 $3 \cdot 22\mu F$
 SOFT-START = 10nF

短路保护, $I_{OUT} = 12A$



$V_{IN} = 12V$
 $V_{OUT} = 1.5V$
 $C_{OUT} = 470\mu F$
 $3 \cdot 22\mu F$
 SOFT-START = 10nF

引脚功能 (见封装描述部分中的引脚分配)

V_{IN} (线排 1) : 电源输入引脚。在这些引脚和 PGND 引脚之间施加输入电压。建议把输入去耦电容直接置于 V_{IN} 引脚和 PGND 引脚之间。

V_{OUT} (线排 3) : 电源输出引脚。在这些引脚和 PGND 引脚之间施加输出负载。建议把高频输出去耦电容直接置于这些引脚和 PGND 引脚之间。请注意下方的插图。

PGND (线排 2) : 用于输入和输出的电源接地引脚。

V_{OSNS}⁻ (引脚 M12) : 远端检测放大器的负 (-) 输入。该引脚连接至接地远端检测点。远端检测放大器用于 V_{OUT} ≤ 3.3V 条件。

NC1 (引脚 M12) : 在 LTM4601-1 上未连接。

V_{OSNS}⁺ (引脚 J12) : 远端检测放大器的正 (+) 输入。该引脚连接至输出远端检测点。远端检测放大器用于 V_{OUT} ≤ 3.3V 条件。

NC2 (引脚 J12) : 在 LTM4601-1 上未连接。

DIFFV_{OUT} (引脚 K12) : 远端检测放大器的输出。该引脚连接至 V_{OUT_LCL} 引脚。

NC3 (引脚 K12) : 在 LTM4601-1 上未连接。

DRV_{CC} (引脚 E12) : 该引脚一般连接至 INTV_{CC}，对内部 MOSFET 驱动器供电。可用 50mA 外部电源或如图 16 所示的外部电路给该引脚施加 6V 的偏压。这样降低模块的功耗，从而改善了较高输入电压条件下的效率。

INTV_{CC} (引脚 A7) : 该引脚用于为 5V 内部稳压器提供额外的去耦。

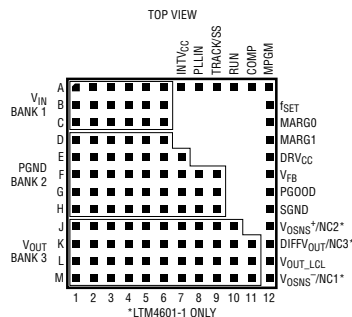
PLLIN (引脚 A8) : 至相位检波器的外部时钟同步输入。在内部通过一个 50k 电阻器将该引脚接至 SGND。时钟脉冲应高于 2V 且低于 INTV_{CC}。见“应用信息”。

TRACK/SS (引脚 A9) : 输出电压跟踪和软起动引脚。当模块被配置为一个主输出时，则在该引脚布设一个接地的软起动电容器，以控制输出电压上开斜率。软起动电容可作为一个独立的稳压器而用于软起动接通。从属操作通过在主输出和地之间布设一个电阻分压器、并将该分压器的中心点连接至此引脚来执行。见“应用信息”。

MPGM (引脚 A12) : 可编程裕量调节输入。一个连接在该引脚和地之间的电阻负责设定一个等于 1.18V/R 的电流。该电流与 10kΩ 相乘，将得到一个单位为 mV 的数值 (它是 0.6V 内部基准电压的一个百分数)。见“应用信息”。如欲把多个 LTM4601 并联，则每个 LTM4601 都需要一个单独的 MPGM 电阻器。不要把 MPGM 引脚连接在一起。

f_{SET} (引脚 B12) : 在内部把频率设定为 850kHz。可以在该引脚和地之间布设一个外部电阻，以提高频率。需要一个 1000pF 电容对该引脚进行去耦。有关频率调节方面的信息请参见“应用信息”。

V_{FB} (引脚 F12) : 误差放大器的负输入。在内部通过一个 60.4k 的精准电阻器将该引脚连接至 V_{OUT_LCL} 引脚。可利用一个位于 V_{FB} 和 SGND 引脚之间的附加电阻器来设置不同的输出电压。见“应用信息”。



LTM4601/LTM4601-1

引脚功能 (见封装描述部分中的引脚分配)

MARG0 (引脚 C12) : 该引脚是用于裕量调节功能的 LSB 逻辑输入。通过该引脚和 MARG1 引脚共同作用，将决定使用裕量高、裕量低还是无裕量状态。该引脚具有一个 50k 的内部下拉电阻器。见“应用信息”。

MARG1 (引脚 D12) : 该引脚是用于裕量调节功能的 MSB 逻辑输入。通过该引脚和 MARG0 引脚共同作用，将决定使用裕量高、裕量低还是无裕量状态。该引脚具有一个 50k 的内部下拉电阻器。见“应用信息”。

SGND (引脚 H12) : 信号地。该引脚连接至位于输出滤波器的 PGND。

COMP (引脚 A11) : 电流控制门限和误差放大器补偿点。电流比较器门限随该控制电压的增加而增加。电压范围为 0V 至 2.4V，其中，0.7V 对应于零检测电压 (零电流)。

PGOOD (引脚 G12) : 输出电压电源良好指示器。在一个 25 μ s 电源故障屏蔽定时器终止之后，当输出电压超出稳压点的 $\pm 10\%$ 时，该漏极开路逻辑输出被拉至地。

RUN (引脚 A10) : 运行控制引脚。当该引脚的电压高于 1.9V 时，模块将被接通。而当该引脚的电压低于 1.9V 时，模块将被关断。在模块内部，一个 5.1V 齐纳二极管连接在该引脚与地之间，此引脚可通过分压电阻器来实现可编程 UVLO 功能。引脚最大电压为 5V。把流入 RUN 引脚的电流限制在 1mA 以下。

V_{OUT_LCL} (引脚 L12) : 把 V_{OUT} 直接连接至该引脚，以对远端检测放大器进行旁路；或者将 DIFFV_{OUT} 连接至该引脚 (当采用远端检测放大器时)。可把 V_{OUT_LCL} 连接至 LTM4601-1 上的 V_{OUT}，在 LTM4601-1 中，V_{OUT} 在内部通过 50 Ω 电阻器连接至 V_{OUT_LCL} 引脚。

简化方框图

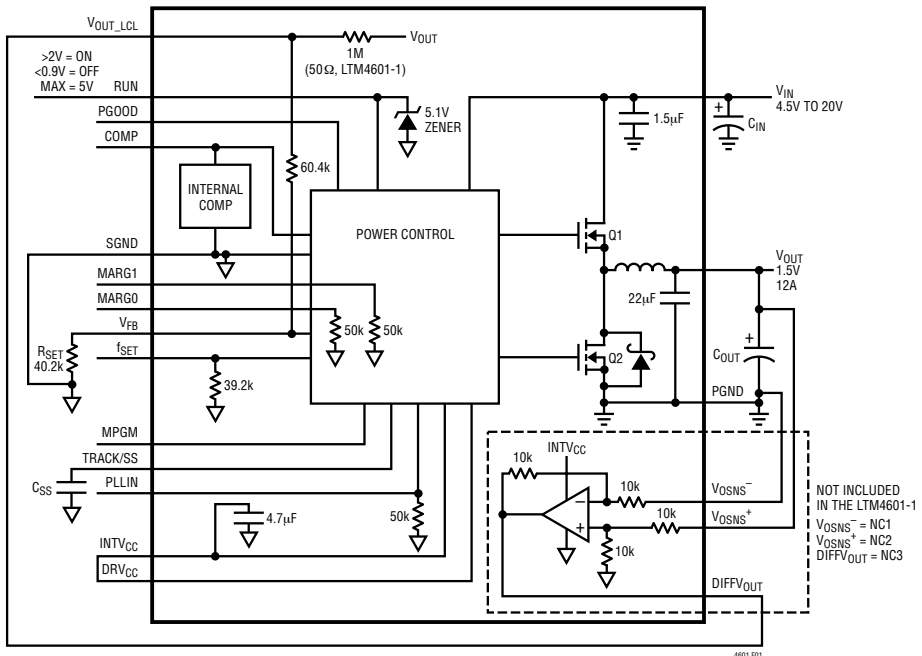


图 1 : LTM4601/LTM4601-1 的简化方框图

4601 F01

去耦要求 $T_A = 25^\circ\text{C}$ ， $V_{IN} = 12\text{V}$ 。采用图 1 所示的配置。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
C_{IN}	外部输入电容要求 ($V_{IN} = 4.5\text{V}$ 至 20V ， $V_{OUT} = 1.5\text{V}$)	$I_{OUT} = 12\text{A}$ ，3 个 $10\mu\text{F}$ 电容器	20	30		μF
C_{OUT}	外部输出电容要求 ($V_{IN} = 4.5\text{V}$ 至 20V ， $V_{OUT} = 1.5\text{V}$)	$I_{OUT} = 12\text{A}$	100	200		μF

工作原理

电源模块描述

LTM4601 是一款独立非隔离开关模式 DC/DC 电源。它能够利用少许外部输入和输出电容来提供高达 12A 的 DC 输出电流。该模块提供了精准调节的输出电压，在 4.5V 至 20V 的宽输入电压范围内，通过一个外部电阻将输出电压设置在 $0.6V_{DC}$ 至 $5.0V_{DC}$ 之间。典型应用原理图示于图 18。

LTM4601 集成了恒定导通时间的电流模式控制器、高开关速度超低 $R_{DS(ON)}$ 的 FET 和肖特基二极管。满载条件下典型开关频率为 850kHz。LTM4601 模块采用了电流模式控制和内部反馈环路补偿，在各种工作条件下均拥有足够的稳定性和优异的瞬态响应性能，并可采用各种各样的输出电容，甚至是全陶瓷输出电容。

电流模式控制提供了逐个周期快速电流限制功能。此外，当 V_{FB} 下降时，将在过流条件下提供折返电流限制。如果输出反馈电压脱离了以稳压点为中心的 $\pm 10\%$ 窗口，则内部过压和欠压比较器将把漏极开路 PGOOD 输出拉至低电平。而且，在过压条件下，内部顶端 FET Q1 关闭，而底端 FET Q2 接通（并保持接通状态至过压条件被清除为止）。

把 RUN 引脚拉至 1V 以下将强制控制器进入其停机状态，从而将 Q1 和 Q2 全部关断。在低负载电流条件下，该模块的缺省状态是工作于连续电流模式，以实现最小的输出电压纹波。

当 DRV_{CC} 引脚被连接至 $INTV_{CC}$ 时，一个集成 5V 线性稳压器将负责对内部栅极驱动器供电。如果在 DRV_{CC} 引脚上施加了一个 5V 外部电源，则效率将会因为内部线性稳压器功耗的下降而得以改善。在较高的输入电压范围条件下，效率提高更为明显。

LTM4601 具有一个非常低失调的极准确的差分远端检测放大器。这保证了非常准确的远端电压检测。MPGM 引脚、MARG0 引脚和 MARG1 引脚用于支持电压裕量调节，其中，裕量百分数由 MPGM 引脚来设置，而 MARG0 和 MARG1 引脚则负责选择裕量调节。

PLLIN 引脚用于实现器件至一个外部时钟的频率同步。TRACK/SS 引脚用于电源跟踪和软起动编程。

应用信息

LTM4601 的典型应用电路示于图 18。外部元件的选择主要由最大负载电流和输出电压来决定。关于特殊应用的具体外部电容器要求请参阅表 2。

V_{IN} 至 V_{OUT} 降压比

对于一个给定的输入电压，可实现的最大 V_{IN} 至 V_{OUT} 降压比是受到限制的。这些约束条件示于“典型性能特征”中标有“V_{IN} 至 V_{OUT} 降压比”的曲线。请注意，可以进一步降低热额定值。请参见本数据表的“热性能的考虑和降低额定输出电流”部分。

输出电压设置和裕量调节

PWM 控制器具有 0.6V 内部基准电压。如方框图所示，一个 1M 电阻器和一个 0.5% 精度的 60.4k 内部反馈电阻器把 V_{OUT} 和 V_{FB} 引脚连接起来。V_{OUT_LCL} 引脚连接在 1M 和 60.4k 电阻器之间。在 V_{OUT_LCL} 引脚未与输出相连或远端检测放大器输出未与 V_{OUT_LCL} 相连的情况下，1M 电阻器用于提供输出过压保护。输出电压将被设定为 0.6V 的缺省值。在 V_{FB} 引脚和 SGND 引脚之间增设一个电阻器 R_{SET} 可设置输出电压：

$$V_{OUT} = 0.6V \cdot \frac{60.4k + R_{SET}}{R_{SET}}$$

表 1：1% 精度的标准电阻值

R _{SET} (kΩ)	开路	60.4	40.2	30.1	25.5	19.1	13.3	8.25
V _{OUT} (V)	0.6	1.2	1.5	1.8	2	2.5	3.3	5

MPGM 引脚负责设置一个电流，当该电流与内部 10k 电阻相乘时，将建立 0.6V 基准 ± 用于裕量调节的偏移量。1.18V 基准利用 MPGM 引脚上的 MPGM 电阻的分压作用来设置电流。计算 V_{OUT(MARGIN)}：

$$V_{OUT(MARGIN)} = \frac{\%V_{OUT}}{100} \cdot V_{OUT}$$

式中的 %V_{OUT} 是希望的 V_{OUT} 裕量调节百分数，而 V_{OUT(MARGIN)} 是裕量值 (单位：V)：

$$R_{PGM} = \frac{V_{OUT}}{0.6V} \cdot \frac{1.18V}{V_{OUT(MARGIN)}} \cdot 10k$$

式中的 R_{PGM} 是布设在 MPGM 引脚的接地电阻器的阻值。

输出裕量调节将对电压值的裕量进行 ± 调节。这是由 MARG0 和 MARG1 引脚来控制的。见下面的真值表：

MARG0	MARG1	模式
低电平	低电平	无裕量调节
低电平	高电平	裕量上调
高电平	低电平	裕量下调
高电平	高电平	无裕量调节

输入电容器

LTM4601 模块要连接至低 AC 阻抗 DC 电源。输入电容必须布设在模块的附近。在图 18 中，选用了 10μF 的陶瓷输入电容，因为它能够处理流入转换器的大 RMS 电流。可选一个 100μF 的大容量输入电容器。该 100μF 电容器仅在输入端具有长电感性导线或走线的条件下才使用。

应用信息

对于降压型转换器而言，开关占空比可按下式估算：

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

在不考虑电感电流纹波的情况下，输入电容的 RMS 电流可由下式来估算：

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

在上式中， $\eta\%$ 是电源模块的估计效率。 C_{IN} 可以是铝电解电容器、OS-CON 电容器或高容量陶瓷电容器。请注意，电容器额定纹波电流通常仅基于温度和以小时来计算的使用寿命。合理的做法是正确地降额使用输入电容器，或选择比所要求温度更高的条件而设计电容器。关于降额要求，请向电容器制造商咨询。

在图 18 中， $10\mu F$ 输入电容用作高频输入去耦电容器。在典型的 12A 输出应用中，建议采用 3 个 ESR 非常低的 X5R 或 X7R 型 $10\mu F$ 陶瓷电容器。在 PCB 布局中，这些去耦电容器应布设在紧靠模块输入引脚的地方，以最大限度地降低走线电感和高频 AC 噪声。每个 $10\mu F$ 陶瓷电容器通常适合于 2A 至 3A 的 RMS 纹波电流。关于 RMS 额定电流，请查阅陶瓷电容器产品目录。

把多个 LTM4601 器件并联起来使用多相操作，由于稳压器交错操作，从而降低实际的输入 RMS 纹波电流。应用指南 77 (Application Note 77) 对此进行了详细的说明。输入电容器纹波电流要求与相数的函数关系请参阅图 2。该图描绘了 RMS 纹波电流和 DC 负载电流之比与占空比和并联相数之间的函数关系。应选择对应的占空比和相数，以实现正确的纹波电流值。例如：两相并联 LTM4601 设计可从 12V

输入提供 24A 电流 (在 2.5V 输出条件下)。占空比为 $DC = 2.5V/12V = 0.21$ 。对于 0.21 的占空比，两相曲线具有约 0.25 的比率。由于采用了外部输入电容器，RMS 纹波电流与 24A DC 负载电流的 0.25 比率将产生约 6A 的输入 RMS 纹波电流。

输出电容器

LTM4601 是专为实现低输出电压纹波而设计的。选择了具有足够低的有效串联电阻 (ESR) 的大容量输出电容器 (被定义为 C_{OUT})，以满足输出电压纹波和瞬态性能要求。 C_{OUT} 可以是低 ESR 钽电容器、低 ESR 聚合物电容器或陶瓷电容器。如果采用全陶瓷输出电容器，则典型电容为 $200\mu F$ 。如果需要进一步减小输出纹波或动态瞬变尖峰，则系统的设计要求增加输出滤波。表 2 给出了由不同的输出电压和输出电容器组成的矩阵，以最大限度地减小 $5A/\mu s$ 瞬变期间的压降和过冲。该表优化了总等效 ESR 和总电容，从而实现瞬态性能的最优化。

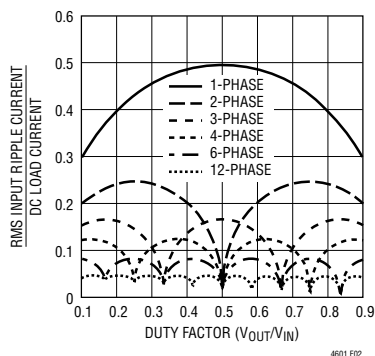


图 2：归一化输入 RMS 纹波电流与占空比的关系曲线，对于 1 至 6 个模块 (相位)

应用信息

把多个LTM4601 器件并联起来使用多相操作，由于稳压器交错操作，从而降低实际的输出纹波电流。例如：12V 至 2.5V 多相设计中每个LTM4601 的电感电流都可从“电感器纹波电流与占空比的关系曲线”图(图 3) 得到。通过在 f_{SET} 引脚和地之间增设一个外部电阻器，能够降低在低占空比和高输出电

压条件下的大纹波电流，这提高了频率。如果占空比为 $DC = 2.5V/12V = 0.21$ ，则 2.5V 输出和 21% 占空比条件下的电感器纹波电流约为 6A (在图 3 中)。

图 4 示出了峰至峰输出纹波电流和电感器电流之比与占空比和并联相数之间的函数关系。应选择对应的占空比和相数，以实现正确的输出纹波电流比值。如果在 21% 占空比条件下选择了两相操作，则该比率为 0.6。输出纹波电流与 6A 电感器纹波电流的 0.6 比率将产生 3.6A 的实际输出纹波电流。请参阅应用指南 77 (Application Note 77)，以了解有关输出纹波电流的下降与并联相数之间函数关系的详细说明。

输出电压纹波具有两个分量，它们与输出电容的大小以及输出电容的有效串联电阻 (ESR) 相关。因此，可以采用已知的实际输出纹波电流来计算输出电压纹波。计算公式为： $\Delta V_{OUT(P-P)} \approx (\Delta I_L / (8 \cdot f \cdot$

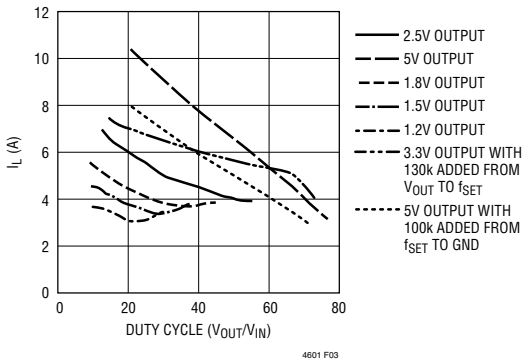


图 3：电感器纹波电流与占空比的函数关系

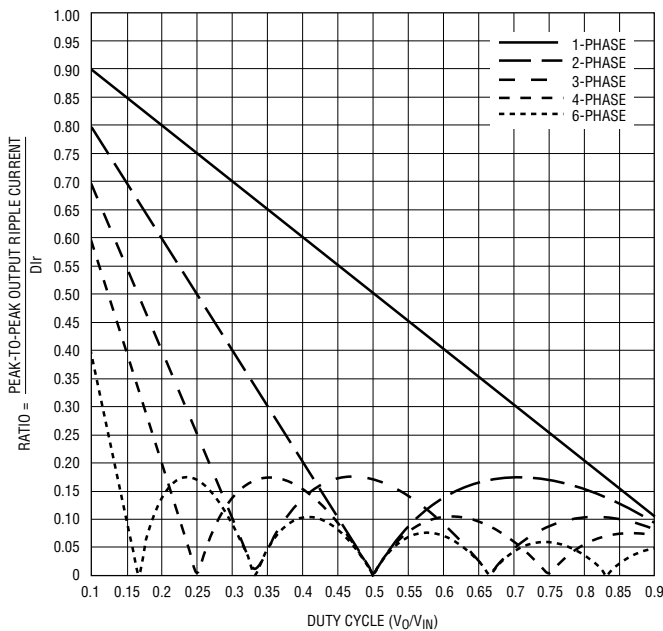


图 4：归一化输出纹波电流与占空比的关系曲线， $Dir = V_O T / L_I$ ， $Dir =$ 每个相位的电感器电流

应用信息

$m \cdot C_{OUT} + ESR \cdot \Delta I_L$ ，式中的 f 为频率， m 为并联相数。利用我们凌力尔特公司的 μ Module 设计工具便可轻松完成该计算过程。

故障条件：电流限制和过流折返

LTM4601 具有电流模式控制器，该控制器不仅可在稳态操作中对逐个周期电感器电流进行固有限制，而且在瞬变条件下也是如此。

为了在过载条件下进一步限制电流，LTM4601 提供了折返电流限制功能。如果输出电压降幅超过 50%，则应逐渐地把最大输出电流减小至其满电流限值的 1/6 左右。

软起动和跟踪

TRACK/SS 引脚提供了对稳压器进行软起动或使其跟踪另一个电源的方法。该引脚的电容器将负责设置输出电压的斜率。1.5 μ A 电流源将把外部软起动电容器充电至 0.6V 或内部电压基准与任何裕量增量之差的 80%。这将控制内部基准和输出电压的上升。总软起动时间可由下式计算：

$$t_{SOFTSTART} = 0.8V \cdot (0.6V - V_{OUT(MARGIN)}) \cdot \frac{C_{SS}}{1.5\mu A}$$

当 RUN 引脚电压降至 1.5V 以下时，SS 引脚被复位，以在稳压器被再次使能时提供正确的软起动控制。在软起动过程中，电流折返和强制连续模式被停用。软起动功能还可用于控制输出斜坡上升时间，这样就能够使很容易地使另一个稳压器对其进行跟踪。

输出电压跟踪

可以采用 TRACK/SS 引脚从外部进行输出电压跟踪的设置。可利用另一个稳压器来跟踪输出的上

升和下降。采用一个与从属稳压器的反馈分压器相同的外部电阻分压器对主稳压器的输出进行分压。图 5 示出了重合跟踪实例。比例式跟踪可通过选择不同的电阻值 (以改变输出跟踪比) 来实现。主输出必须高于从属输出，以使跟踪功能生效。图 6 示出了重合输出跟踪特性。

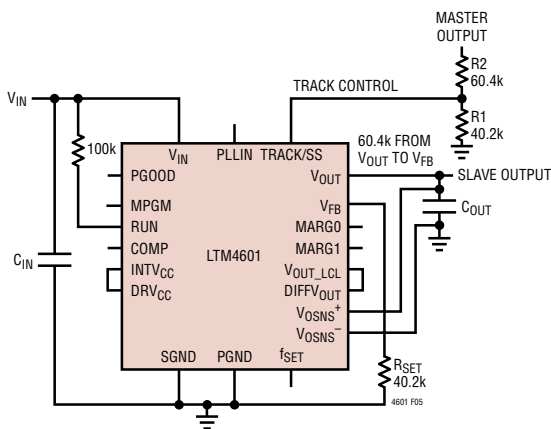


图 5

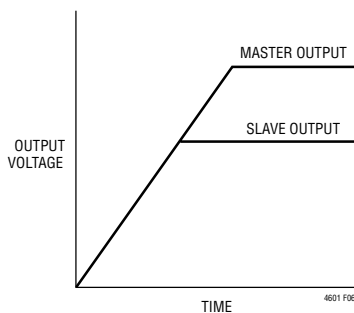


图 6

应用信息

运行使能

RUN 引脚用于使能电源模块。该引脚在内部与地之间接有 5.1V 齐纳二极管。可采用一个逻辑输入将此引脚驱动至不超过 5V 的电压。

通过在输入电源和 RUN 引脚之间连接一个电阻分压器，从而把 RUN 引脚用作一种欠压锁存 (UVLO) 功能：

$$V_{UVLO} = \frac{R1 + R2}{R2} \cdot 1.5V$$

电源良好

PGOOD 引脚是一个漏极开路引脚，可用于监视有效输出电压调节。该引脚负责监视以稳压点为中心的 $\pm 10\%$ 窗口，并利用裕量调节功能进行跟踪。

COMP 引脚

该引脚为外部补偿引脚。电源模块已经针对大多数输出电压在内部进行了补偿。提供了针对大部分应用要求的值见表 2。此器件为控制环路优化提供一种 SPICE 模型。

PLLIN

电源模块具有一个锁相环，该锁相环由一个内部压控振荡器和一个相位检波器组成。这使得内部顶端 MOSFET 的导通能够被锁定至外部时钟的上升沿。频率范围在 850kHz 工作频率的 $\pm 30\%$ 以内。脉冲检测电路用于检测 PLLIN 引脚上的一个时钟，以接通锁相环。该时钟的脉冲宽度必须至少为 400ns，并具有 2V 的幅度。在稳压器启动期间，锁相环功能被停用。

INTV_{CC} 和 DRV_{CC} 连接

内部低压差稳压器产生了一个内部 5V 电源，该电源负责对控制电路和用于驱动内部功率 MOSFET 的 DRV_{CC} 供电。因此，如果系统不具备一个 5V 电源，则可由 V_{IN} 直接向 LTM4601 供电。流经 LDO

的栅极驱动器电流约为 20mA。内部 LDO 功耗可由下式计算：

$$P_{LDO_LOSS} = 20mA \cdot (V_{IN} - 5V)$$

LTM4601 还提供了外部栅极驱动器电压引脚 DRV_{CC}。如果在系统中存在一个 5V 电源，则建议将 DRV_{CC} 引脚连接至外部 5V 电源。在较高的输入电压条件下尤其应当如此。不要给 DRV_{CC} 引脚施加超过 6V 的电压。5V 输出可利用外部电路来对 DRV_{CC} 引脚供电，如图 16 所示。

模块的并联操作

LTM4601 是一款固有的电流模式控制型器件。并联模块将拥有非常好的电流均分性能。在设计上这将起到平衡热应力的作用。图 19 示出了并联设计的原理图。由于模块是并联的，因此，电压反馈将随着变量 n 的改变而改变：

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

n 为并联模块的数目。

图 19 示出了在并联设计中使用的 LTM4601 和 LTM4601-1。第 2 个 LTM4601 器件不需要远端检测放大器，因而采用了 LTM4601-1 器件。LTM4601 器件能够没有差分放大器的情况下使用。V_{OSNS+} 可被连接至地，而 V_{OSNS-} 则可被连接至 INTV_{CC}。DIFF_{OUT} 引脚可浮置。当把多个 LTM4601-1 与一个 LTM4601 并联使用时，应把 LTM4601 的数目限制为 5 个，以实现总共 6 个模块的并联。

热性能的考虑和降低额定输出电流

可把图 7 和 8 中的功耗曲线与图 9 至图 14 中的负载电流降额曲线配合起来使用，以计算模块在采用不同散热方法时的近似热阻 θ_{JA} 。热模型是从工作台上的若干温度测量结果和热建模分析推导出来的。应用指南 103 (Application Note 103) 提供了热模

应用信息

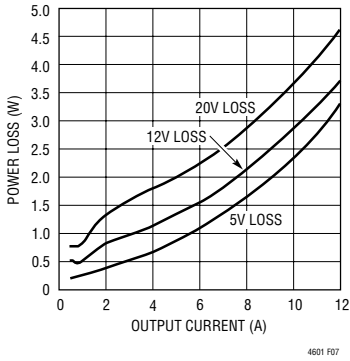


图7：1.5V 功耗

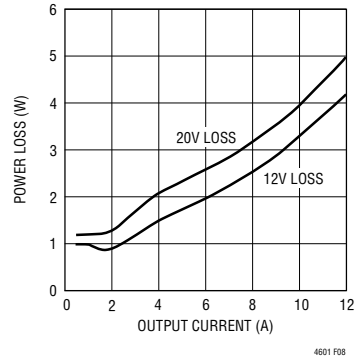


图8：3.3V 功耗

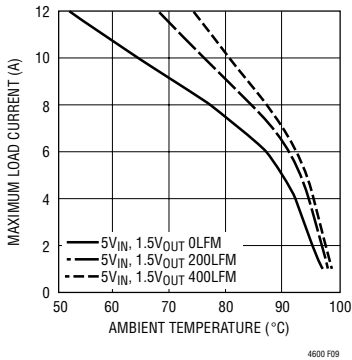


图9：无散热器，5V_{IN}

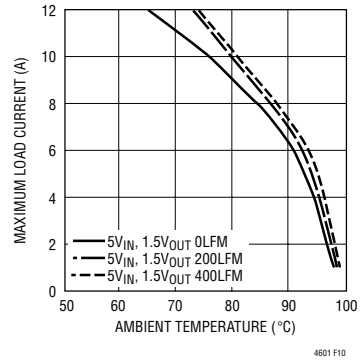


图10：BGA 散热器，5V_{IN}

应用信息

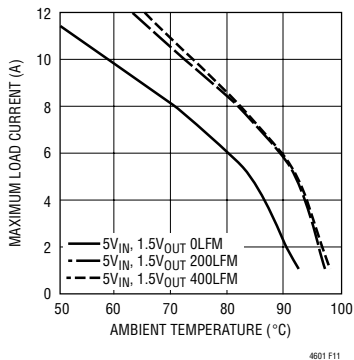


图 11：无散热器，12V_{IN}

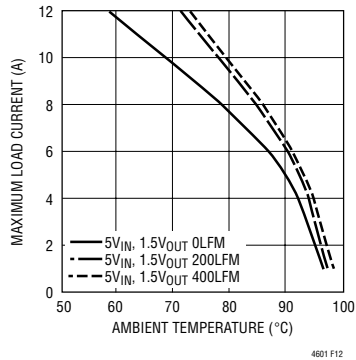


图 12：BGA 散热器，12V_{IN}

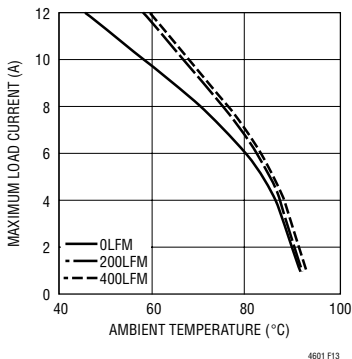


图 13：12V_{IN}，3.3V_{OUT}，无散热器

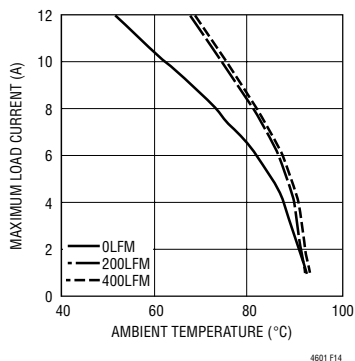


图 14：12V_{IN}，3.3V_{OUT}，BGA 散热器

应用信息

表 2：输出电压响应与元件矩阵的关系 (参阅图 18) · 0A 至 6A 负载阶跃

典型测量值

C _{OUT1} 供应商	器件型号	C _{OUT2} 供应商	器件型号
TDK	C4532XR0J107MZ (100 μ F · 6.3V)	SANYO POS CAP	6TPE330MIL (330 μ F · 6.3V)
TAIYO YUDEN	JMK432BJ107MU-T (100 μ F · 6.3V)	SANYO POS CAP	2R5TPE470M9 (470 μ F · 2.5V)
TAIYO YUDEN	JMK316BJ226ML-T501 (22 μ F · 6.3V)	SANYO POS CAP	4TPE470MCL (470 μ F · 4V)

V _{OUT} (V)	C _{IN} (陶瓷)	C _{IN} (大容量)	C _{OUT1} (陶瓷)	C _{OUT2} (大容量)	C _{COMP}	C3	V _{IN} (V)	压降 (mV)	峰至峰 (mV)	恢复时间 (μ s)	负载阶跃 (A/ μ s)	R _{SET} (k Ω)
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	47pF	5	70	140	30	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	无	100pF	5	35	70	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	22pF	5	70	140	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	5	40	93	30	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	12	70	140	30	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	无	100pF	12	35	70	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	22pF	12	70	140	20	6	60.4
1.2	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	12	49	98	20	6	60.4
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	5	48	100	35	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	无	33pF	5	54	109	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	100pF	5	44	84	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	5	61	118	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	12	48	100	35	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	无	33pF	12	54	109	30	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	100pF	12	44	89	25	6	40.2
1.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	12	54	108	25	6	40.2
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	47pF	5	48	100	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	无	100pF	5	44	90	20	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	100pF	5	68	140	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	5	65	130	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	12	60	120	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 2.5V	无	100pF	12	60	120	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	100pF	12	68	140	30	6	30.1
1.8	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	12	65	130	20	6	30.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	5	48	103	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	220pF	5	56	113	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	无	5	57	116	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	5	60	115	25	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	12	48	103	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	无	12	51	102	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	220pF	12	56	113	30	6	19.1
2.5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	220pF	12	70	140	25	6	19.1
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	100pF	7	120	240	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	7	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	7	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	7	114	230	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	1 × 100 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	100pF	12	110	214	30	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	3 × 22 μ F 6.3V	470 μ F 4V	无	150pF	12	110	214	35	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	2 × 100 μ F 6.3V	330 μ F 6.3V	无	100pF	12	110	214	35	6	13.3
3.3	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	100pF	12	114	230	30	6	13.3
5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	22pF	15	188	375	25	6	8.25
5	2 × 10 μ F 25V	150 μ F 35V	4 × 100 μ F 6.3V	无	无	22pF	20	159	320	25	6	8.25

应用信息

表 3 : 1.5V 输出 (在 12A)

降额曲线	V _{IN} (V)	功耗曲线	气流 (LFM)	散热器	θ _{JA} (°/W)
图 9 · 11	5 · 12	图 7	0	无	15.2
图 9 · 11	5 · 12	图 7	200	无	14
图 9 · 11	5 · 12	图 7	400	无	12
图 10 · 12	5 · 12	图 7	0	BGA 散热器	13.9
图 10 · 12	5 · 12	图 7	200	BGA 散热器	11.3
图 10 · 12	5 · 12	图 7	400	BGA 散热器	10.25

表 4 : 3.3V 输出 (在 12A)

降额曲线	V _{IN} (V)	功耗曲线	气流 (LFM)	散热器	θ _{JA} (°/W)
图 13	12	图 8	0	无	15.2
图 13	12	图 8	200	无	14.6
图 13	12	图 8	400	无	13.4
图 14	12	图 8	0	BGA 散热器	13.9
图 14	12	图 8	200	BGA 散热器	11.1
图 14	12	图 8	400	BGA 散热器	10.5

散热器制造商

Wakefield Engineering	器件型号 : 20069	电话 : 603-635-2800
-----------------------	--------------	-------------------

应用信息

型分析和降额曲线的详细说明。表 3 和表 4 汇总了针对典型条件的等效 θ_{JA} 。这些等效 θ_{JA} 参数与测量值相关联，并利用气流冷却得到了改善。由于采用了降额曲线，因此外壳温度被维持在 100°C 或更低的数值上。100°C 的最大外壳温度将允许 μ Module 内部产生约 13°C 至 25°C 的温升，且结点至外壳热阻 θ_{JC} 在 6°C/W 至 9°C/W 之间。这将把 μ Module 内部的最大结温维持在 125°C 以下。

安全性考虑

LTM4601 模块未提供 V_{IN} 至 V_{OUT} 的隔离。没有内部熔丝。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，以防止各部件发生灾难性故障。

布局检查表/实例

LTM4601 的高集成度使得 PCB 板布局非常简单易行。然而，为了优化其电性能和热性能，有些布局考虑仍然是必不可少的。

- 高电流路径 (包括 V_{IN} 、PGND 和 V_{OUT}) 应采用大 PCB 铜面积。这有助于最大限度地降低 PCB 传导损耗和热应力。
- 在 V_{IN} 、PGND 和 V_{OUT} 引脚的附近布设高频陶瓷输入和输出电容器，旨在最大限度地降低高频噪声。
- 在部件的下方布设一个专用的电源接地层。使频率同步信号源以电源地为基准。
- 为了最大限度地降低通路导通损耗并减小模块热应力，应采用多个用于顶层和其他电源层之间互连的通孔。
- 不要把通孔直接置于衬垫之上。
- 与信号引脚相连的元件采用一个单独的 SGND 接地铜面积。把 SGND 连接至位于部件下方的 PGND。

图 15 示出了一个上佳的推荐布局实例。

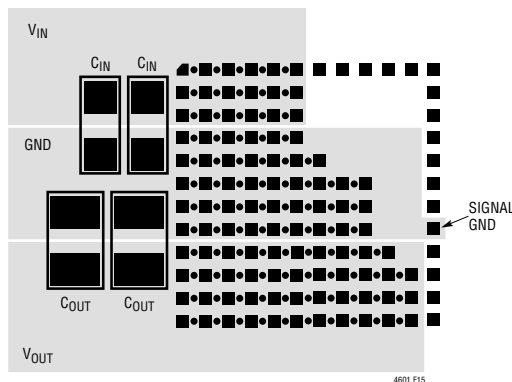


图 15：推荐布局

应用信息

频率调节

LTM4601 是专为宽范围输入条件下以 850kHz 的典型频率进行运作而设计的。 f_{SET} 引脚通常被置于开路状态，或利用一个可选的 1000pF 电容器进行去耦。开关频率专为在宽输入电压范围内维持恒定的输出纹波噪声而优化。850kHz 开关频率和 400ns 最小关断时间限制了较高占空比条件下的操作（比如：5V 至 3.3V），并对 20V 至 5V 等较低占空比应用中产生过大的电感器纹波电流。5V 和 3.3V 压降曲线通过在 f_{SET} 引脚上增设一个外部电阻器来修正，以实现较低输入电压操作或较高输入电压操作。

5V 输出实例

LTM4601 最小导通时间 = 100ns；

$$t_{\text{ON}} = (4.8 \cdot 10\text{pF})/I_{\text{FSET}}$$

LTM4601 最小关断时间 = 400ns；

$$t_{\text{OFF}} = t - t_{\text{ON}}, \text{ 式中的 } t = 1/\text{频率}$$

$$\text{占空比} = t_{\text{ON}}/t \text{ 或 } V_{\text{OUT}}/V_{\text{IN}}$$

用于设定频率的公式：

$I_{\text{FSET}} = V_{\text{IN}}/(3 \cdot R_{\text{FSET}})$ ，对于 20V 操作， $I_{\text{FSET}} = 170\mu\text{A}$ ， $t_{\text{ON}} = (4.8 \cdot 10\text{pF})/I_{\text{FSET}}$ ， $t_{\text{ON}} = 282\text{ns}$ （当内部 R_{FSET} 为 39.2k 时）。频率 = $V_{\text{OUT}}/(V_{\text{IN}} \cdot t_{\text{ON}}) = 5\text{V}/(20 \cdot 282\text{ns})$ 约为 886kHz。在较高的输入电压条件下，由于在电感器两端加有较大的电压，因此电感器纹波电流开始变高。这一点在图 3 所示的“典型电感器纹波电流与占空比的关系曲线”图中有所反映（这里，在 25% 的占空比条件下， $I_{\text{L}} \approx 10\text{A}$ ）。在较高的输入电压条件下，可通过在 f_{SET} 引脚和地之间增设一个外部电阻器来降低电感器纹波电流，以提高开关频率。选择了一个 8A 纹波电流，而总峰值电流等于 $1/2 \cdot 8\text{A}$ 纹波电流 + 输出电流。5V 输出电流被限制为 8A，因此，总峰值电流小于 12A。该数值低于 14A 的峰值规定值。在 f_{SET} 引脚和地之间布置了一个

100k 电阻器，而 100k 与 39.2k 的并联阻值等于 28k。采用 28k 阻值和 20V 输入电压计算出的 $I_{\text{FSET}} = 238\mu\text{A}$ 。这等于一个 200ns 的 t_{ON} 。对于 20V 至 5V 转换来说，这将把开关频率从约 886kHz 提高至约 1.25MHz。在 20V 输入条件下，最小导通时间超过 100ns。由于开关频率在各种输入和输出条件下大致恒定，故对于 1.25MHz 操作而言，较低输入电压范围被限定于 10V（因为最小关断时间为 400ns）。方程： $t_{\text{ON}} = (V_{\text{OUT}}/V_{\text{IN}}) \cdot (1/\text{频率})$ 得出一个 400ns 的导通时间和一个 400ns 的关断时间。“ V_{IN} 至 V_{OUT} 阶跃比曲线”显示出了一个 10V 至 20V 的工作范围（对于 1.25MHz 操作，且布设了一个 100k 的接地电阻器）和一个 8V 至 16V 的工作范围（当 f_{SET} 引脚浮置时）。做这些修改的目的是在限制电感器纹波电流的同时为 5V 输出设计提供更宽的输入电压范围，并保持 400ns 的最小关断时间。

3.3V 输出实例

LTM4601 最小导通时间 = 100ns；

$$t_{\text{ON}} = (3.3 \cdot 10\text{pF})/I_{\text{FSET}}$$

LTM4601 最小关断时间 = 400ns；

$$t_{\text{OFF}} = t - t_{\text{ON}}, \text{ 式中的 } t = 1/\text{频率}$$

$$\text{占空比(DC)} = t_{\text{ON}}/t \text{ 或 } V_{\text{OUT}}/V_{\text{IN}}$$

用于设定频率的公式：

$I_{\text{FSET}} = V_{\text{IN}}/(3 \cdot R_{\text{FSET}})$ ，对于 20V 操作， $I_{\text{FSET}} = 170\mu\text{A}$ ， $t_{\text{ON}} = (3.3 \cdot 10\text{pF})/I_{\text{FSET}}$ ， $t_{\text{ON}} = 195\text{ns}$ （当内部 R_{FSET} 为 39.2k 时）。频率 = $V_{\text{OUT}}/(V_{\text{IN}} \cdot t_{\text{ON}}) = 3.3\text{V}/(20 \cdot 195\text{ns})$ 约为 846kHz。最小导通时间和最小关断时间处于规格范围之内，分别为 195ns 和 980ns。用于 3.3V 输出转换的 4.5V 最小输入将不会满足 400ns 的最小关断时间规格要求。 $t_{\text{ON}} = 868\text{ns}$ ，频率 = 850kHz， $t_{\text{OFF}} = 315\text{ns}$ 。

应用信息

解决方案

在较低的输入电压条件下降低开关频率，以实现较高的占空比，并在 4.5V 输入电压条件下满足 400ns 的最小关断时间要求。关断时间应为 500ns 左右(包括 100ns 的防护频带)。(3.3V/4.5) 的占空比约为 73%。频率 = $(1 - DC) / t_{OFF}$ ，即： $(1 - 0.73) / 500ns = 540kHz$ 。在 4.5V 输入条件下，开关频率需降至 540kHz。 $t_{ON} = DC / \text{频率}$ ，即 $1.35\mu s$ 。 f_{SET} 引脚电压为 V_{IN} 的 1/3，而且 I_{fSET} 电流等于 $38\mu A$ (采用内部 39.2k

电阻器时)。对于 540kHz 操作， I_{fSET} 电流需为 $24\mu A$ 。可在以 V_{OUT} 和 f_{SET} 之间布设一个电阻器，以把流出 f_{SET} 引脚的有效 I_{fSET} 电流降至 $24\mu A$ 。 f_{SET} 引脚电压为 $4.5V/3 = 1.5V$ ，且 $V_{OUT} = 3.3V$ ，因此，130k 电阻器将向 f_{SET} 节点提供 $14\mu A$ 电流，并把 I_{fSET} 电流降至 $24\mu A$ 。这将使能 540kHz 操作和 4.5V 至 20V 输入操作，以实现至 3.3V 输出的降压转换。在该输入范围内，频率将从 540kHz 升至 1.1MHz。这将在此输入范围内提供一个 8A 的有效输出电流。

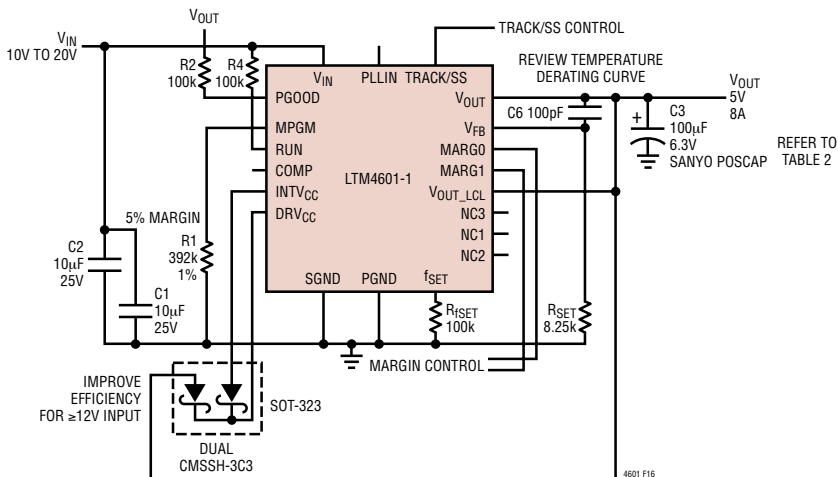


图 16：未采用差分放大器的 5V (在 8A) 设计

应用信息

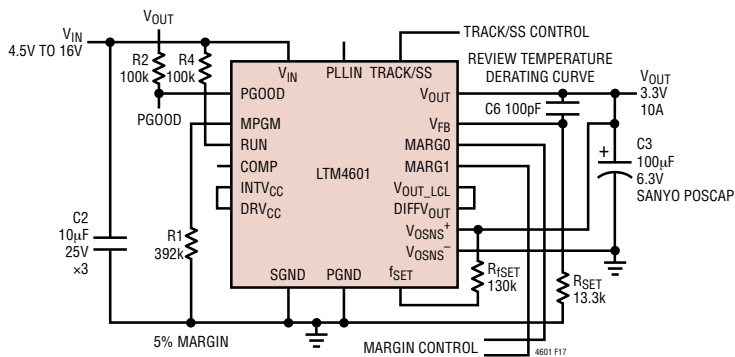


图 17 : 3.3V/10A 设计

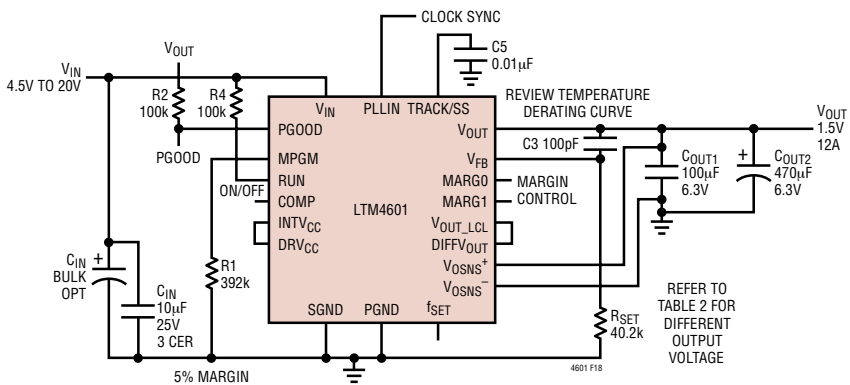


图 18 : 典型 4.5V 至 20V_{IN}、1.5V/12A 设计

应用信息

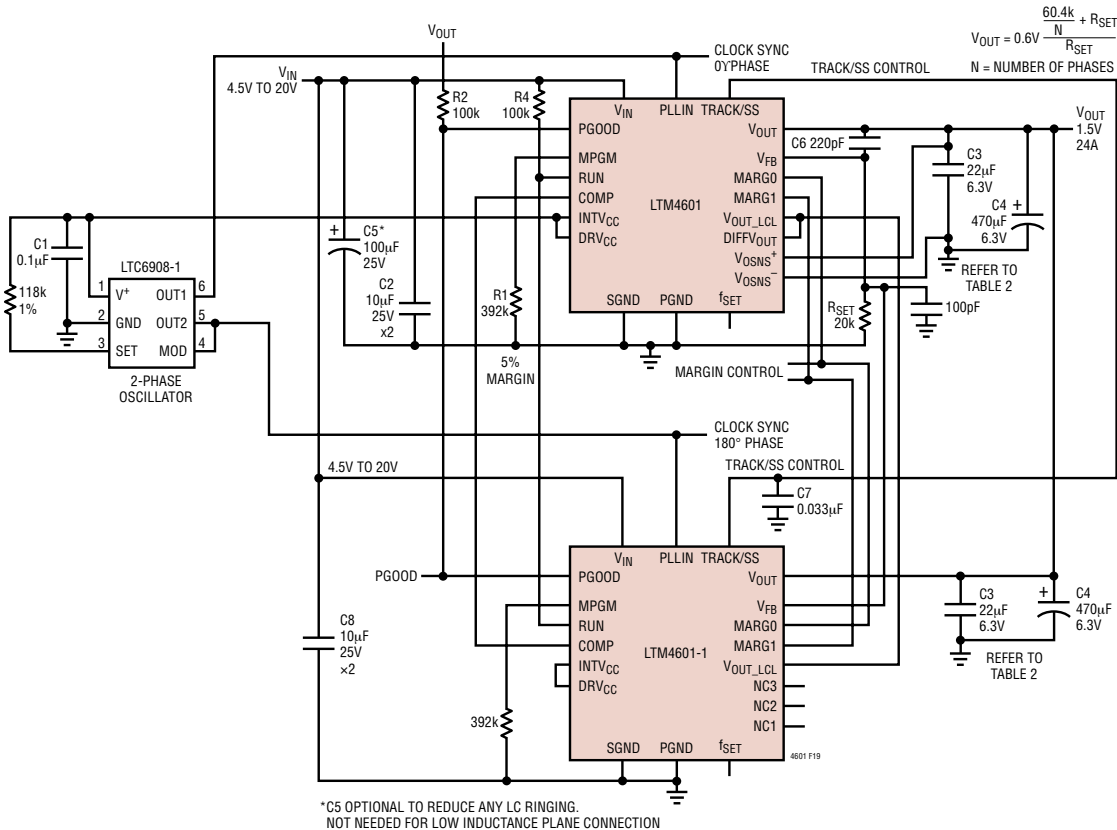
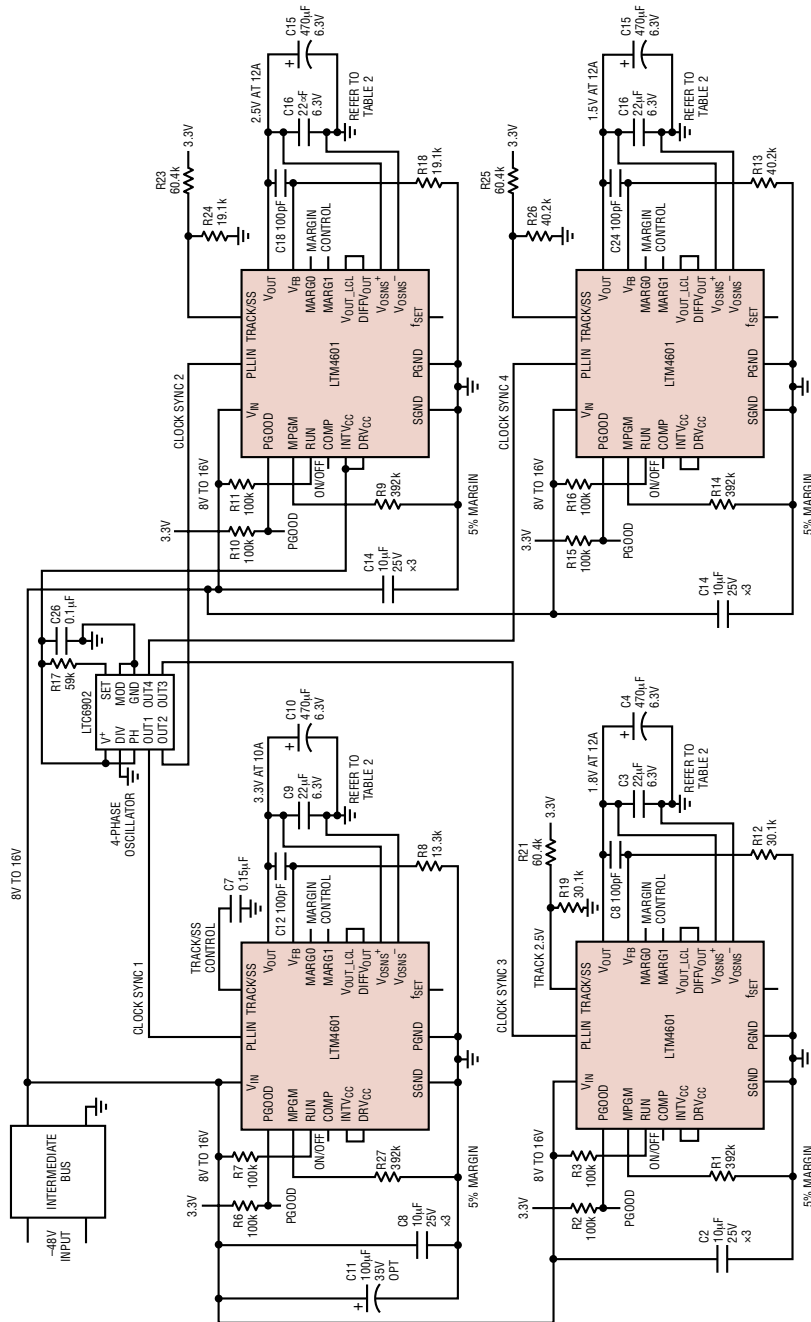


图 19 : 两相并联、1.5V/24A 设计

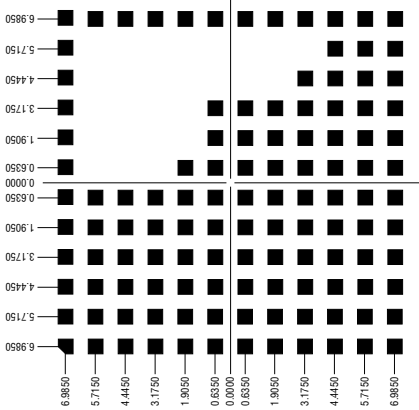
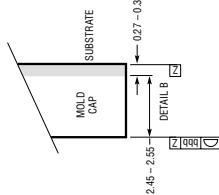
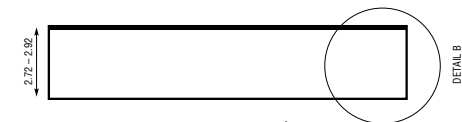
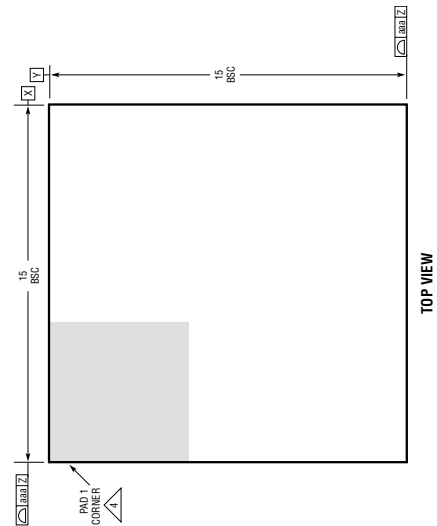
典型应用

具有跟踪功能的四相、四输出 (3.3V、2.5V、1.8V 和 1.5V)



封装描述

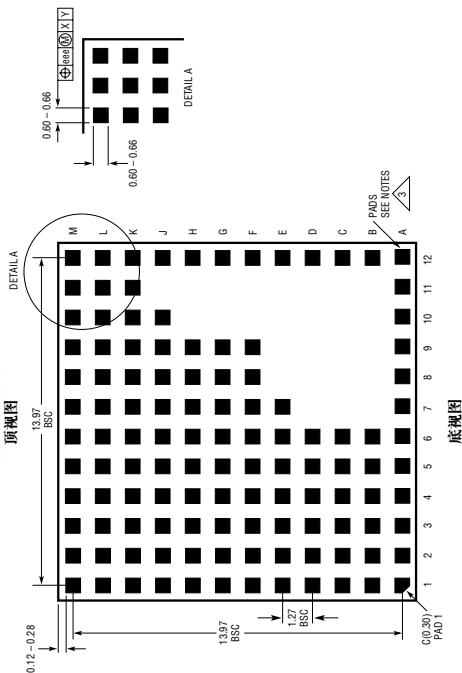
LGA 封装
118 引脚 (15mm × 15mm)
(参考 LTM DWG # 05-05-1801, Rev 0)



- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
 2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
 3. LAND DESIGNATION PER JEDEC MO-222, SPP-010
 4. DETAILS OF PAD #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PAD #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
 5. PRIMARY DATUM - Z - IS SEATING PLANE
 6. THE TOTAL NUMBER OF PADS: 118

SYMBOL	TOLERANCE
aaa	0.10
bbb	0.10
eee	0.03

LGA118006 REV.0



封装描述

引脚分配表
(按引脚序号来编排)

引脚名称	引脚名称	引脚名称	引脚名称	引脚名称	引脚名称
A1 V_{IN}	B1 V_{IN}	C1 V_{IN}	D1 PGND	E1 PGND	F1 PGND
A2 V_{IN}	B2 V_{IN}	C2 V_{IN}	D2 PGND	E2 PGND	F2 PGND
A3 V_{IN}	B3 V_{IN}	C3 V_{IN}	D3 PGND	E3 PGND	F3 PGND
A4 V_{IN}	B4 V_{IN}	C4 V_{IN}	D4 PGND	E4 PGND	F4 PGND
A5 V_{IN}	B5 V_{IN}	C5 V_{IN}	D5 PGND	E5 PGND	F5 PGND
A6 V_{IN}	B6 V_{IN}	C6 V_{IN}	D6 PGND	E6 PGND	F6 PGND
A7 INTV _{CC}	B7 -	C7 -	D7 -	E7 PGND	F7 PGND
A8 PLLIN	B8 -	C8 -	D8 -	E8 -	F8 PGND
A9 TRACK/SS	B9 -	C9 -	D9 -	E9 -	F9 PGND
A10 RUN	B10 -	C10 -	D10 -	E10 -	F10 -
A11 COMP	B11 -	C11 -	D11 -	E11 -	F11 -
A12 MPGM	B12 f_{SET}	C12 MARG0	D12 MARG1	E12 DRV _{CC}	F12 V_{FB}

引脚名称	引脚名称	引脚名称	引脚名称	引脚名称	引脚名称
G1 PGND	H1 PGND	J1 V_{OUT}	K1 V_{OUT}	L1 V_{OUT}	M1 V_{OUT}
G2 PGND	H2 PGND	J2 V_{OUT}	K2 V_{OUT}	L2 V_{OUT}	M2 V_{OUT}
G3 PGND	H3 PGND	J3 V_{OUT}	K3 V_{OUT}	L3 V_{OUT}	M3 V_{OUT}
G4 PGND	H4 PGND	J4 V_{OUT}	K4 V_{OUT}	L4 V_{OUT}	M4 V_{OUT}
G5 PGND	H5 PGND	J5 V_{OUT}	K5 V_{OUT}	L5 V_{OUT}	M5 V_{OUT}
G6 PGND	H6 PGND	J6 V_{OUT}	K6 V_{OUT}	L6 V_{OUT}	M6 V_{OUT}
G7 PGND	H7 PGND	J7 V_{OUT}	K7 V_{OUT}	L7 V_{OUT}	M7 V_{OUT}
G8 PGND	H8 PGND	J8 V_{OUT}	K8 V_{OUT}	L8 V_{OUT}	M8 V_{OUT}
G9 PGND	H9 PGND	J9 V_{OUT}	K9 V_{OUT}	L9 V_{OUT}	M9 V_{OUT}
G10 -	H10 -	J10 V_{OUT}	K10 V_{OUT}	L10 V_{OUT}	M10 V_{OUT}
G11 -	H11 -	J11 -	K11 V_{OUT}	L11 V_{OUT}	M11 V_{OUT}
G12 PGOOD	H12 SGND	J12 V_{OSNS}^+	K12 DIFFV _{OUT}	L12 V_{OUT_LCL}	M12 V_{OSNS}^-

封装描述


引脚分配表
(按引脚功能来编排)

引脚名称		引脚名称		引脚名称		引脚名称		引脚	
A1	V _{IN}	D1	PGND	J1	V _{OUT}	A7	INTV _{CC}	B7	-
A2	V _{IN}	D2	PGND	J2	V _{OUT}	A8	PLLIN	B8	-
A3	V _{IN}	D3	PGND	J3	V _{OUT}	A9	TRACK/SS	B9	-
A4	V _{IN}	D4	PGND	J4	V _{OUT}	A10	RUN	B10	-
A5	V _{IN}	D5	PGND	J5	V _{OUT}	A11	COMP	B11	-
A6	V _{IN}	D6	PGND	J6	V _{OUT}	A12	MPGM	C7	-
B1	V _{IN}	E1	PGND	J7	V _{OUT}	B12	f _{SET}	C8	-
B2	V _{IN}	E2	PGND	J8	V _{OUT}	C12	MARG0	C9	-
B3	V _{IN}	E3	PGND	J9	V _{OUT}	D12	MARG1	C10	-
B4	V _{IN}	E4	PGND	J10	V _{OUT}	E12	DRV _{CC}	C11	-
B5	V _{IN}	E5	PGND	K1	V _{OUT}	F12	V _{FB}	D7	-
B6	V _{IN}	E6	PGND	K2	V _{OUT}	G12	PGOOD	D8	-
C1	V _{IN}	E7	PGND	K3	V _{OUT}	H12	SGND	D9	-
C2	V _{IN}	F1	PGND	K4	V _{OUT}	J12	V _{OSNS} ⁺	D10	-
C3	V _{IN}	F2	PGND	K5	V _{OUT}	K12	DIFFV _{OUT}	D11	-
C4	V _{IN}	F3	PGND	K6	V _{OUT}	L12	V _{OUT_LCL}	E8	-
C5	V _{IN}	F4	PGND	K7	V _{OUT}	M12	V _{OSNS} ⁻	E9	-
C6	V _{IN}	F5	PGND	K8	V _{OUT}			E10	-
		F7	PGND	K9	V _{OUT}			E11	-
		F8	PGND	K10	V _{OUT}			F10	-
		F9	PGND	K11	V _{OUT}			F11	-
		G1	PGND	L1	V _{OUT}			G10	-
		G2	PGND	L2	V _{OUT}			G11	-
		G3	PGND	L3	V _{OUT}			H10	-
		G4	PGND	L4	V _{OUT}			H11	-
		G5	PGND	L5	V _{OUT}			J11	-
		G6	PGND	L6	V _{OUT}				
		G7	PGND	L7	V _{OUT}				
		G8	PGND	L8	V _{OUT}				
		G9	PGND	L9	V _{OUT}				
		H1	PGND	L10	V _{OUT}				
		H2	PGND	L11	V _{OUT}				
		H3	PGND	M1	V _{OUT}				
		H4	PGND	M2	V _{OUT}				
		H5	PGND	M3	V _{OUT}				
		H6	PGND	M4	V _{OUT}				
		H7	PGND	M5	V _{OUT}				
		H8	PGND	M6	V _{OUT}				
		H9	PGND	M7	V _{OUT}				
				M8	V _{OUT}				
				M9	V _{OUT}				
				M10	V _{OUT}				
				M11	V _{OUT}				

LTM4601/LTM4601-1

相关器件

器件型号	描述	备注
LTC2900	具可调复位定时器的四通道电源监视器	监视 4 个电源；可调复位定时器
LTC2923	电源跟踪控制器	跟踪升压和降压；电源排序
LT3825/LT3837	同步隔离反激式控制器	无需光耦合器；3.3V、12A 输出；简单的设计
LTM4600	10A DC/DC μ Module	基本型 10A DC/DC μ Module
LTM4601	具 PLL、输出跟踪/裕量调节和远端采样功能的 12A DC/DC μ Module	可同步、PolyPhase 操作至 48A，LTM4601-1 版本不具备远端采样功能
LTM4602	6A DC/DC μ Module	与 LTM4600 引脚兼容
LTM4603	具 PLL 和输出跟踪/裕量调节以及远端采样功能的 6A DC/DC μ Module	可同步、PolyPhase 操作至 48A，LTM4601-1 版本不具备远端采样功能，与 LTM4601 引脚兼容

本产品包含由 Silicon Semiconductor 公司授权使用的技术。  Silicon Semiconductor® 4601f

28

凌力尔特有限公司

电话：(852) 2428-0303 传真：(852) 2348-0885
www.linear.com.cn • info@linear-tech.com.hk

0607 • HONG KONG

 LINEAR
TECHNOLOGY

© LINEAR TECHNOLOGY CORPORATION 2007