

**20V<sub>IN</sub>、15A 降压型 DC/DC μModule 稳压器**

**特点**

- 占板面积 <1cm<sup>2</sup> (单面 PCB) 或 0.5cm<sup>2</sup> (双面 PCB) 的完整解决方案
- 6.25mm × 6.25mm × 5.02mm BGA 封装
- 宽输入电压范围：3.1V 至 20V
- 输出电压：0.6V 至 5.5V
- 输出电流：15A DC
- 在整个电压、负载和温度范围内的最大总直流输出电压误差：±1.5%
- 差分远程检测放大器
- 电流模式控制、快速瞬态响应
- 外部频率同步
- 多个 LTM4638 可实现多相并联均流
- 输出电压跟踪
- 可选断续工作模式
- 电源良好指示
- 过压、过流和过温保护

**应用**

- 电信、数据通信、网络和工业设备
- 医疗诊断设备
- 数据存储机架单元和卡
- 测试和调试系统

**说明**

LTM<sup>®</sup>4638 是一款完整的 15A 降压型开关模式 μModule (功率模块) 稳压器，采用微型 6.25mm × 6.25mm × 5.02mm BGA 封装。封装中内置开关控制器、功率 FET、电感和支持元件。LTM4638 在 3.1V 至 20V 的输入电压范围内工作，支持 0.6V 至 5.5V (由单个外部电阻设置) 的输出电压范围。其高效率设计提供高达 15A 连续输出电流。仅需输入和输出电容。LTM4638 产品视频可在网站上观看。📺

LTM4638 支持可选的断续工作模式和输出电压跟踪，可用于控制电源轨时序。其高开关频率和电流模式控制可在不牺牲稳定性的情况下实现对电压和负载变化的超快速瞬态响应。

故障保护特性包括过压、过流和过温保护。

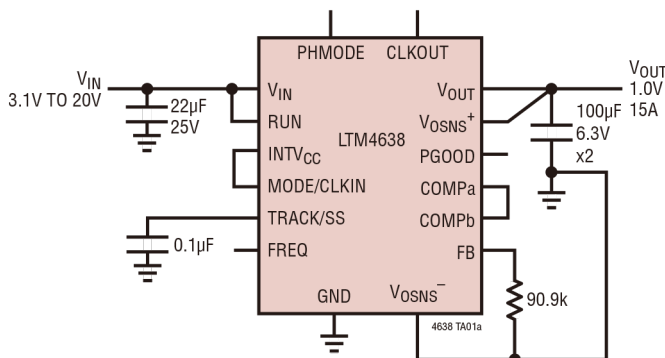
LTM4638 提供 SnPb 或符合 RoHS 标准的引脚表面处理。

所有注册商标和商标均属各自所有人所有。

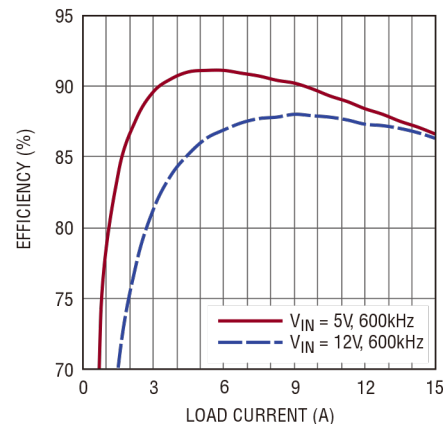
📺 点击查看相关的视频设计创意。

**典型应用**

15A、1.0V 输出 DC/DC μModule<sup>®</sup> 降压型稳压器



1.0V 输出效率与负载电流的关系



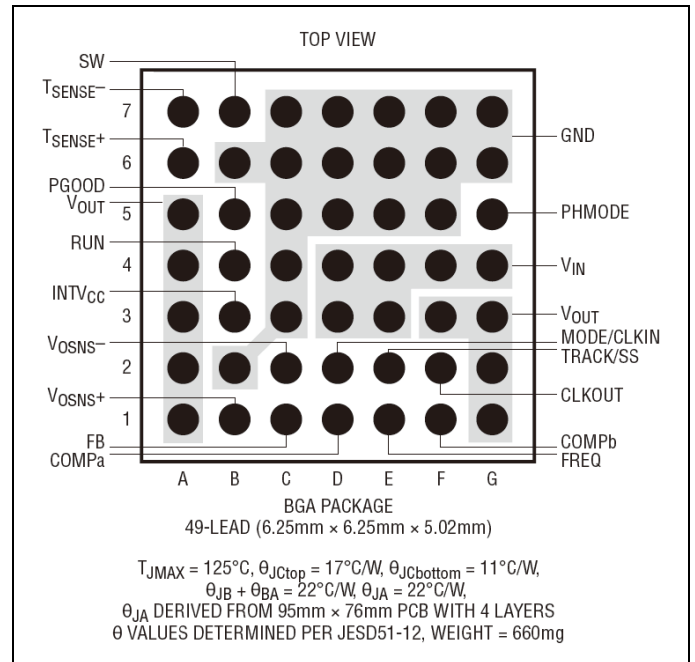
## 绝对最大额定值

(注释 1)

$V_{IN}$ .....	-0.3V 至 22V
$V_{OUT}$ .....	-0.3V 至 6V
$INTV_{CC}$ .....	-0.3V 至 3.6V
RUN .....	-0.3V 至 $V_{IN}$
PGOOD、FREQ、COMP <sub>a</sub> 、COMP <sub>b</sub> 、 PHMODE、CLKOUT、FB .....	-0.3V 至 6V
MODE/CLKIN、TRACK/SS .....	-0.3V 至 $INTV_{CC}$
$V_{OSNS}^{+}$ .....	-0.3V 至 6V
$V_{OSNS}^{-}$ .....	-0.3V 至 0.3V
内部工作温度范围 (注释 2、5) .....	-40°C 至 125°C
存储温度范围 .....	-55°C 至 125°C
峰值焊料回流体温 .....	245°C

## 引脚配置

(参见引脚功能、引脚配置表)



## 订购信息

产品型号	焊盘或焊球表面处理	器件标识*		封装类型	MSL 额定值	温度范围 (注释 2)
		器件	表面处理代码			
LTM4638EY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4638Y	e1	BGA	3	-40°C 至 125°C
LTM4638IY#PBF	SAC305 (RoHS)	LTM4638Y	e1	BGA	3	-40°C 至 125°C

• 关于具有更宽额定工作温度范围的器件，请联系工厂。\*焊盘或焊球表面处理代码依据 IPC/JEDEC J-STD-609 标准。

- 推荐的 LGA 和 BGA PCB 装配和制造程序
- LGA 和 BGA 封装和托盘图纸

## 电气特性

• 表示规格适用于额定内部工作温度范围 (注释 2)，其他规格的适用温度为  $T_A = 25^{\circ}C$ 。依据首页所示的典型应用， $V_{IN} = 12V$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位
<b>开关稳压器部分：每个通道</b>						
$V_{IN}$	输入直流电压		● 3.1		20	V
$V_{OUT}$	输出电压范围		● 0.6		5.5	V
$V_{OUT(DC)}$	输出电压，随电压和负载的总变化 (注释 6)	$C_{IN} = 22\mu F$ , $C_{OUT} = 100\mu F$ 陶瓷, $R_{FB} = 40.2k$ , MODE = $INTV_{CC}$ , $I_{OUT} = 0A$ 至 15A (注释 3) -40°C 至 125°C	● 1.477	1.50	1.523	V
$V_{RUN}$	RUN 引脚接通阈值	$V_{RUN}$ 上升	1.1	1.25	1.35	V

**电气特性** • 表示规格适用于额定内部工作温度范围 (注释 2)，其他规格的适用温度为  $T_A = 25^\circ\text{C}$ 。依据首页所示的典型应用， $V_{IN} = 12\text{V}$ 。

符号	参数	条件	最小值	典型值	最大值	单位	
$I_{Q(VIN)}$	输入电源偏置电流	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $\text{MODE} = \text{INTV}_{CC}$		100		mA	
		$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $\text{MODE} = \text{GND}$		18		mA	
		关断, $\text{RUN} = 0$ , $V_{IN} = 12\text{V}$		20		$\mu\text{A}$	
$I_{S(VIN)}$	输入电源电流	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 15\text{A}$		2.3		A	
$I_{OUT(DC)}$	输出连续电流范围	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	0		15	A	
$\Delta V_{OUT}(\text{Line})/V_{OUT}$	电压调整精度	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $V_{IN} = 3.1\text{V}$ 至 $20\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$	●	0.04	0.15	%/V	
$\Delta V_{OUT}(\text{Load})/V_{OUT}$	负载调整精度	$V_{OUT} = 1.5\text{V}$ , $I_{OUT} = 0\text{A}$ 至 $15\text{A}$	●	0.5	1.2	%	
$V_{OUT(AC)}$	输出纹波电压	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ 陶瓷, $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		5		mV	
$\Delta V_{OUT(\text{START})}$	开启过冲	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ 陶瓷, $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		30		mV	
$t_{\text{START}}$	开启时间	$C_{OUT} = 100\mu\text{F}$ 陶瓷, 无负载, $\text{TRACK}/\text{SS} = 0.01\mu\text{F}$ , $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		2.5		ms	
$\Delta V_{OUTLS}$	动态负载的峰值偏差	负载: 满载的 0% 至 50%, $C_{OUT} = 47\mu\text{F}$ 陶瓷, $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		160		mV	
$t_{\text{SETTLE}}$	动态加载阶跃的建立时间	负载: 满载的 0% 至 50%, $C_{OUT} = 47\mu\text{F}$ 陶瓷, $V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		40		$\mu\text{s}$	
$I_{OUTPK}$	输出电流限值	$V_{IN} = 12\text{V}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$		18		A	
$V_{FB}$	FB 引脚电压	$I_{OUT} = 0\text{A}$ , $V_{OUT} = 1.5\text{V}$	●	0.594	0.60	0.606	V
$I_{FB}$	FB 引脚电流	(注释 4)			$\pm 30$	nA	
$R_{FBHI}$	$V_{OUT}$ 和 FB 引脚之间的电阻		60.05	60.40	60.75	k $\Omega$	
$I_{\text{TRACK}/\text{SS}}$	跟踪引脚软启动上拉电流	$\text{TRACK}/\text{SS} = 0\text{V}$		6	10	$\mu\text{A}$	
$V_{IN(\text{UVLO})}$	$V_{IN}$ 欠压闭锁	$V_{IN}$ 下降	2.5	2.6	2.7	V	
		$V_{IN}$ 迟滞		250		mV	
$t_{\text{ON}(\text{MIN})}$	最小导通时间	(注释 4)		25		ns	
$t_{\text{OFF}(\text{MIN})}$	最小关断时间	(注释 4)		50		ns	
$V_{\text{PGOOD}}$	PGOOD 跳变电平	$V_{FB}$ 相对于设定输出					
		$V_{FB}$ 负斜坡	-12	-8	-5	%	
		$V_{FB}$ 正斜坡	5	8	12	%	
$I_{\text{PGOOD}}$	PGOOD 漏电流			2		$\mu\text{A}$	
$V_{\text{PGL}}$	PGOOD 电压低	$I_{\text{PGOOD}} = 1\text{mA}$		0.02	0.1	V	
$V_{\text{INTVCC}}$	内部 $V_{CC}$ 电压	$V_{IN} = 4\text{V}$ 至 $20\text{V}$		3.2	3.3	3.4	V
$f_{\text{OSC}}$	振荡器频率			600		kHz	

**注释 1:** 注意, 超出上述绝对最大额定值可能会导致器件永久性损坏。在任何绝对最大额定值条件下长期工作会影响器件的可靠性和使用寿命。

**注释 2:** LTM4638 在脉冲负载条件下进行测试, 使得  $T_j \approx T_A$ 。LTM4638E 保证在  $0^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的内部工作温度范围内满足性能规格要求。 $-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  内部工作温度范围内的规格通过设计、表征以及与统计过程控制的相关性来保证。LTM4638I 保证在  $-40^\circ\text{C}$  至  $125^\circ\text{C}$  的内部工作温度范围内满足规格要求。请注

意, 与这些规格一致的最高环境温度取决于具体工作条件以及电路板布局、额定封装热阻和其他环境因素。

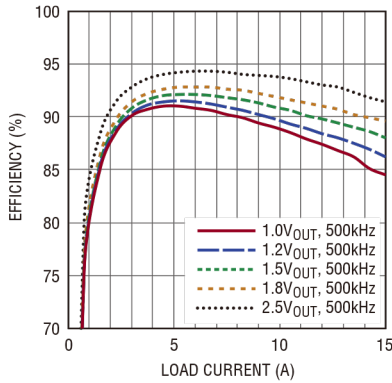
**注释 3:** 请参阅不同  $V_{IN}$ 、 $V_{OUT}$  和  $T_A$  下的输出电流降额曲线。

**注释 4:** 晶圆级 100% 测试。

**注释 5:** 该 IC 包含过温保护功能, 旨在保护器件免受暂时过载状况影响。结温超过  $125^\circ\text{C}$  时就会启动过温保护。在额定最大工作结温以上连续工作可能会影响器件的可靠性。

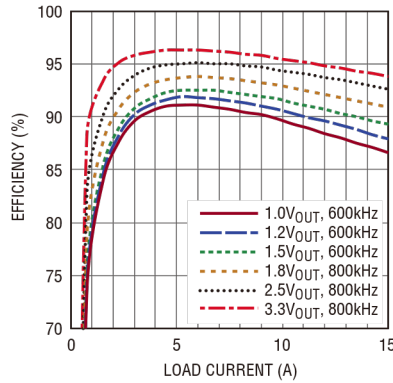
## 典型性能参数

3.3V<sub>IN</sub> 时效率与负载电流的关系



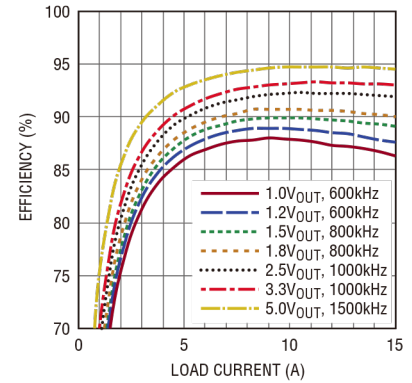
4638 G01

5V<sub>IN</sub> 时效率与负载电流的关系



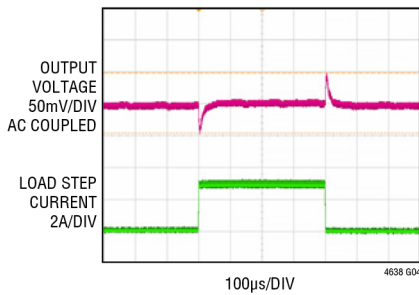
4638 G02

12V<sub>IN</sub> 时效率与负载电流的关系



4638 G03

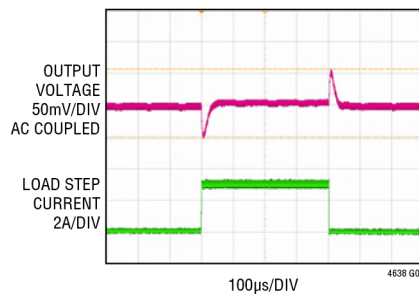
1V 输出瞬态响应



4638 G04

$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1.0V$ ,  $f_S=600kHz$   
 $C_{OUT}=3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMP<sub>A</sub> CONNECT TO COMP<sub>B</sub>,  $C_{FF}=33pF$

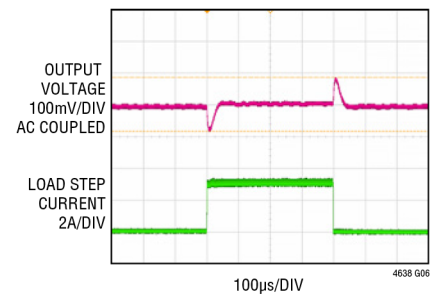
1.5V 输出瞬态响应



4638 G05

$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1.5V$ ,  $f_S=800kHz$   
 $C_{OUT}=3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMP<sub>A</sub> CONNECT TO COMP<sub>B</sub>,  $C_{FF}=33pF$

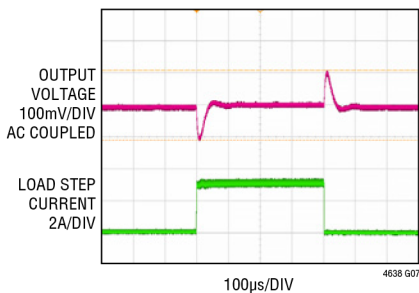
2.5V 输出瞬态响应



4638 G06

$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=2.5V$ ,  $f_S=1000kHz$   
 $C_{OUT}=3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMP<sub>A</sub> CONNECT TO COMP<sub>B</sub>,  $C_{FF}=33pF$

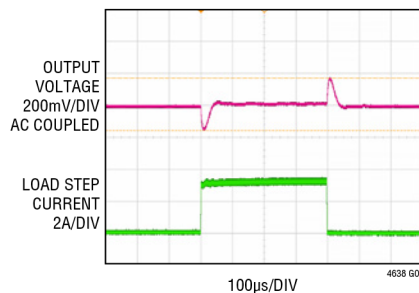
3.3V 输出瞬态响应



4638 G07

$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=3.3V$ ,  $f_S=1000kHz$   
 $C_{OUT}=3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMP<sub>A</sub> CONNECT TO COMP<sub>B</sub>,  $C_{FF}=33pF$

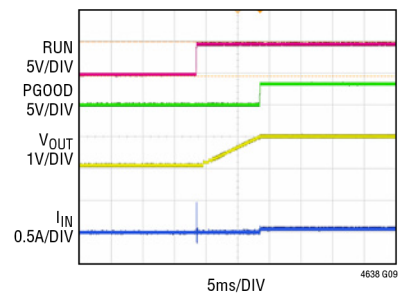
5V 输出瞬态响应



4638 G08

$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=5V$ ,  $f_S=1500kHz$   
 $C_{OUT}=3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMP<sub>A</sub> CONNECT TO COMP<sub>B</sub>,  $C_{FF}=33pF$

无负载电流的启动波形

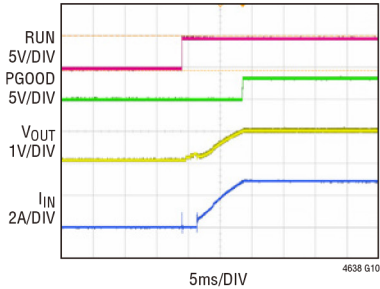


4638 G09

$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1V$ ,  $f_S=600kHz$   
 $C_{OUT}=3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMP<sub>A</sub> CONNECT TO COMP<sub>B</sub>,  $C_{FF}=33pF$ ,  $C_{SS}=0.1\mu F$

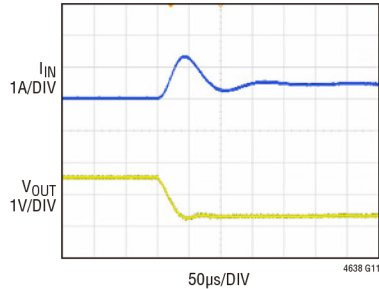
## 典型性能参数

### 15A 负载电流时的启动波形



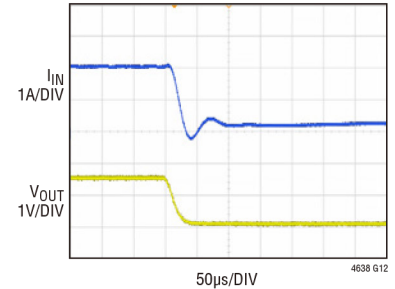
$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1V$ ,  $f_S=600kHz$   
 $C_{OUT} = 3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMPa CONNECT TO  
 COMPb,  $C_{FF}=33pF$ ,  $C_{SS}=0.1\mu F$

### 未施加负载时的输出短路波形



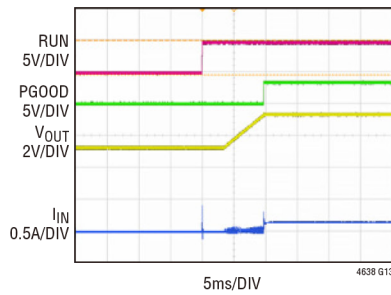
$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1.5V$ ,  $f_S=800kHz$   
 $C_{OUT} = 3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMPa CONNECT TO  
 COMPb,  $C_{FF}=33pF$

### 施加 15A 负载电流时的 输出短路波形



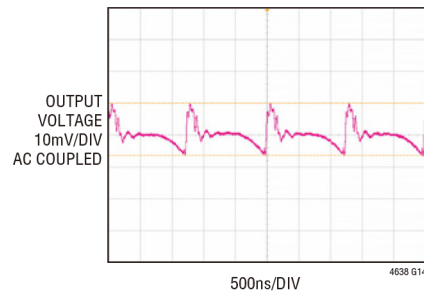
$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1.5V$ ,  $f_S=800kHz$   
 $C_{OUT} = 3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMPa CONNECT TO  
 COMPb,  $C_{FF}=33pF$

### 启动进入预偏置输出



$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=3.3V$ ,  $f_S=800kHz$   
 $C_{OUT} = 3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMPa CONNECT TO  
 COMPb,  $C_{FF}=33pF$ , PREBIASED OUTPUT TO 1.2V,  
 $C_{SS}=0.1\mu F$

### 稳态输出电压纹波



$V_{IN}=12V$ ,  $V_{OUT}=1.5V$ ,  $f_S=800kHz$   
 $C_{OUT} = 3 \times 100\mu F + 1 \times 22\mu F$  CERAMIC CAPACITOR  
 INTERNAL COMPENSATION, COMPa CONNECT TO  
 COMPb,  $C_{FF}=33pF$

## 引脚功能



对于不同  $\mu$ Module 产品，封装的行和列标签可能不同。请仔细检查每种封装布局。

**V<sub>OUT</sub> (A1-A5、F3、G1-G3)**：开关模式稳压器的电源输出引脚。在这些引脚和 GND 引脚之间应用输出负载。建议将输出去耦电容直接放在这些引脚和 GND 引脚之间。并联输出参见“应用信息”部分。

**COMPb (F1)**：内部环路补偿网络。在大多数应用中，其连接到 COMPa 以使用内部补偿。

**FREQ (E1)**：开关频率设置引脚。频率在内部设置为 600kHz。将一个外部电阻放在该引脚与 GND 之间可提高频率，放在该引脚与 INTV<sub>CC</sub> 之间可降低频率。频率调整参见“应用信息”部分。

**COMPa (D1)**：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线性比例关系。将不同通道的 COMPa 引脚连接在一起支持并行操作。该器件具内部补偿功能。连接到 COMPb 以使用内部补偿。或者连接到 Type-II C-R-C 网络以使用定制补偿。

**FB (C1)**：开关模式稳压器的误差放大器的负输入。该引脚通过一个 60.4k $\Omega$  精密电阻内部连接到 V<sub>OSNS</sub><sup>+</sup>。输出电压可通过 FB 和 V<sub>OSNS</sub><sup>-</sup> 引脚之间的附加电阻设置。在多相 (PolyPhase<sup>™</sup>) 操作中，将 FB 引脚连接在一起允许并行操作。详见“应用信息”部分。

**V<sub>OSNS</sub><sup>+</sup> (B1)**：差分远程检测放大器的正输入。该引脚通过一个 60.4k 0.5% 精密电阻内部连接到 FB。详见“应用信息”部分。

**PHMODE (G5)**：开关模式稳压器的相位选择器的控制输入。确定内部振荡器与 CLKOUT 之间的相位关系。将其连接到 INTV<sub>CC</sub> 支持 2 相运行，将其连接到 SGND 支持 3 相运行，将其连接到 INTV<sub>CC</sub>/2 支持 4 相运行。详见“应用信息”部分。

**TRACK/SS (E2)**：开关模式稳压器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。此引脚上施加低于 0.6V 的电压会旁路误差放大器的内部基准输入，而将 FB 引脚伺服到 TRACK 电压。高于 0.6V 时，跟踪功能停止，内部基准电压源恢复对误差放大器的控制。从 INTV<sub>CC</sub> 到该引脚有内部 6 $\mu$ A 上拉电流，故在此处放置一个电容可提供软启动功能。详见“应用信息”部分。

**MODE/CLKIN (D2)**：断续工作模式选择引脚和鉴相器的外部同步输入。要使用断续工作模式，应将 MODE/CLKIN 连接到 GND。MODE/CLKIN 浮空或连接到高于 1V 的电压将选择强制连续模式。此外，MODE/CLKIN 连接到外部时钟将使系统时钟与外部时钟同步，并将器件置于强制连续模式。详见“应用信息”部分。

**V<sub>OSNS</sub><sup>-</sup> (C2)**：差分远程检测放大器的负输入。在 FB 和 V<sub>OSNS</sub><sup>-</sup> 引脚之间连接一个外部电阻，以设置特定通道的输出电压。详见“应用信息”部分。

**CLKOUT (F2)**：多相操作的输出时钟信号。CLKOUT 相对于 CLKIN 的相位由相应 PHMODE 引脚的状态决定。CLKOUT 的峰峰值幅度为 INTV<sub>CC</sub> 至 GND。详见“应用信息”部分。

**V<sub>IN</sub> (D3-D4、E3-E4、F4、G4)**：电源输入引脚连接到内部顶端 MOSFET 的漏极，信号 V<sub>IN</sub> 连接到各开关模式稳压器通道的控制电路的内部 3.3V 稳压器。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在每个 V<sub>IN</sub> 引脚和 GND 引脚之间。

**INTV<sub>CC</sub> (B3)**：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通过该电压供电。LTM4638 有一个内部 2.2 $\mu$ F 去耦电容。无需外部去耦电容。

## 引脚功能

**RUN (B4)**: 运行控制输入引脚。将特定 RUN 引脚连接到 1.2V 以上电压以使能稳压器操作。将其接到 1.1V 以下电压会关断特定稳压器通道。

**T<sub>SENSE</sub><sup>+</sup> (A6)**: 温度监视器引脚。内部二极管连接的 PNP 晶体管放在 T<sub>SENSE</sub><sup>+</sup> 和 T<sub>SENSE</sub><sup>-</sup> 引脚之间。请参阅“应用信息”部分。

**GND (B2、B6、C3-C7、D5-D7、E5-E7、F5-F7、G6-G7)**: 输入和输出回路的电源地引脚。使用较大 PCB 覆铜区域以将所有 GND 连接在一起。

**PGOOD (B5)**: 输出电源良好引脚，开漏逻辑。当 FB 引脚上的电压不在内部 0.6V 基准电压的  $\pm 8\%$  范围内时，PGOOD 被拉至地。

**T<sub>SENSE</sub><sup>-</sup> (A7)**: 内部温度监视器的低端。

**SW (B7)**: 各通道用于测试的开关节点。还可以应用一个 R-C 缓冲网络，以减少或消除开关节点振铃，或者保持浮空。请参阅“应用信息”部分。

## 框图

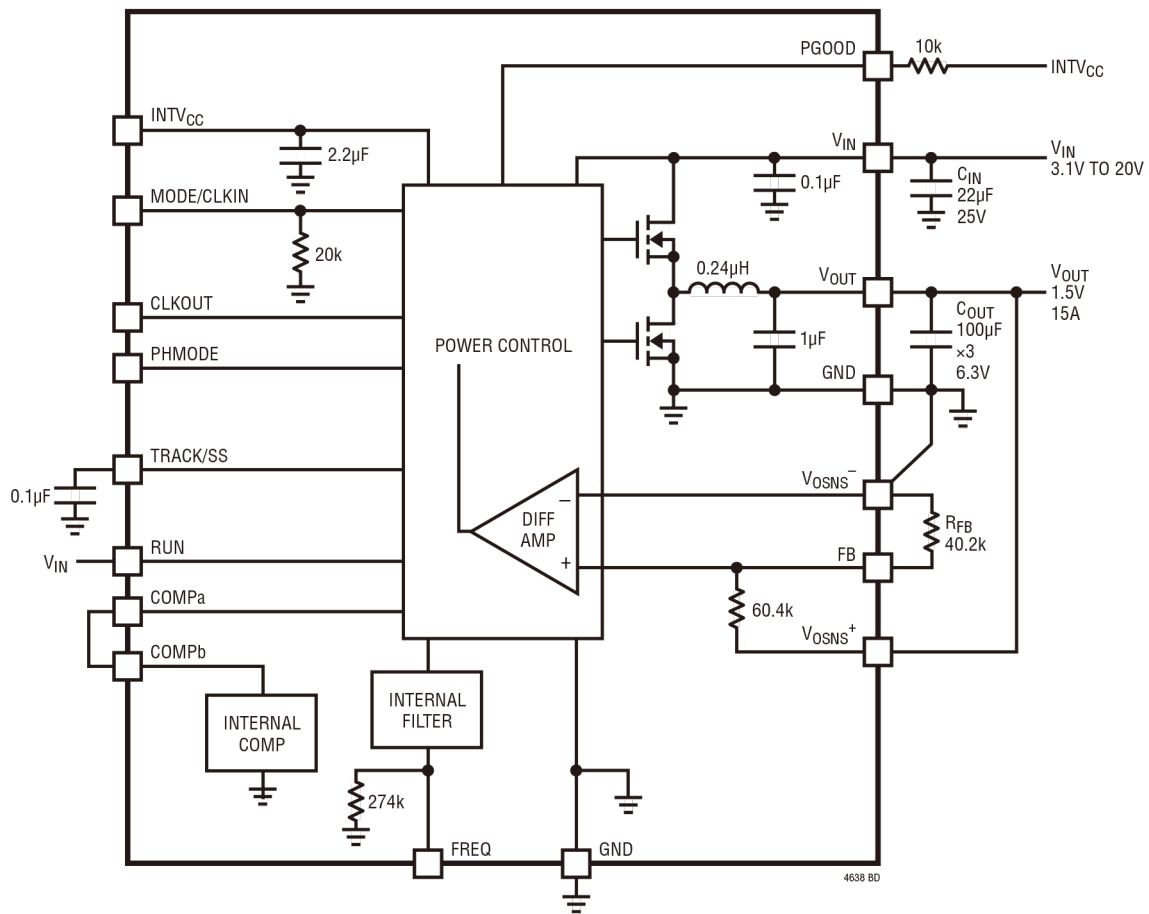


图 1. LTM4638 简化框图

## 去耦要求

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 ( $V_{IN} = 3.1V$ 至 $20V$ , $V_{OUT} = 1.5V$ )	$I_{OUT} = 15A$	22	44		$\mu F$
$C_{OUT}$	外部输出电容要求 ( $V_{IN} = 3.1V$ 至 $20V$ , $V_{OUT} = 1.5V$ )	$I_{OUT} = 15A$	220*	470*		$\mu F$

\*在极端温度和/或电容偏置电压情况下，由于实际电容随偏置电压和温度而变化，因此可能需要额外的电容。



## 操作

LTM4638 是一款独立非隔离开关模式 DC/DC 电源。利用很少的外部输入和输出电容，它便可提供高达 15A DC 输出电流。此模块提供精密调节的输出电压，输出电压可通过一个外部电阻在 0.6V 至 5.5V 范围内调整，输入电压范围为 3.1V 至 20V。典型应用原理图参见图 21。

LTM4638 含有集成式恒定导通时间谷值电流模式稳压器、功率 MOSFET、电感和其他支持分立元件。默认开关频率为 600kHz。对于开关噪声敏感型应用，开关频率可通过外部电阻调整， $\mu$ Module 稳压器可通过外部手段与一个时钟同步，达到设定频率的  $\pm 30\%$  范围内。请参阅“应用信息”部分。

凭借电流模式控制和内部反馈环路补偿，LTM4638 模块具有足够的稳定性裕量和良好的瞬态性能，支持各种输出电容，甚至是所有陶瓷输出电容。

电流模式控制提供逐周期快速限流。如果输出反馈电压不在调节点的  $\pm 8\%$  窗口内，内部输出过压和欠压比较器将会把开漏 PGOOD 输出拉低。在 OV 和 UV 期间强制以连续模式工作，但在 TRACK 引脚斜坡上升至 0.6V 的启动期间除外。

此外，为了保护内部功率 MOSFET 器件免受瞬态电压尖峰的影响，LTM4638 会持续监控  $V_{IN}$  引脚是否有过压情况。当  $V_{IN}$  上升到 24.5V 以上时，稳压器通过关断两个功率 MOSFET 来暂停操作。一旦  $V_{IN}$  降至 21.5V 以下，稳压器便立即恢复正常运行。当退出过压状况时，稳压器不执行软启动功能。

多相操作很容易结合同步和相位模式控制来使用。通过将 PHMODE 引脚设置为不同电平，最多可以级联 6 个相位，使其彼此同步运行。LTM4638 的 MODE/CLKIN 和 CLKOUT 引脚支持多器件的多相操作或频率同步。

将 RUN 引脚拉至 GND 会强制控制器进入关断状态，断开两个功率 MOSFET 和大部分内部控制电路。在轻负载电流下，将 MODE/CLKIN 引脚拉至 GND 可使能断续工作模式 (DCM)，以实现比连续模式 (CCM) 更高的效率。TRACK/SS 引脚用于电源跟踪和软启动编程。请参阅“应用信息”部分。

## 应用信息

LTM4638 典型应用电路如图 21 所示。外部元件选择主要由输入电压、输出电压和最大负载电流决定。有关特定应用的具体外部电容要求，请参见表 7。

### V<sub>IN</sub> 到 V<sub>OUT</sub> 降压比

对于给定输入电压，由于稳压器的最小关断时间和最小导通时间限制，可实现的最大 V<sub>IN</sub> 与 V<sub>OUT</sub> 降压比是有限制的。最小关断时间限制决定了最大占空比，后者可通过下式计算：

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

其中，t<sub>OFF(MIN)</sub> 为最小关断时间，LTM4638 典型值为 50ns，f<sub>SW</sub> (Hz) 为开关频率。相反，最小导通时间限制决定了转换器的最小占空比，后者可通过下式计算：

$$D_{MIN} = t_{ON(MIN)} \cdot f_{SW}$$

其中，t<sub>ON(MIN)</sub> 为最小导通时间，LTM4638 典型值为 25ns。在极少数情况下，占空比会超出最小值，此时输出电压仍然受调节，但开关频率会从其编程值降低。请注意，可能存在其他热降额。请参见本数据手册中的散热考虑和输出电流降额部分。

### 输出电压编程

PWM 控制器内置 0.6V 基准电压。如框图所示，一个 60.4k 内部反馈电阻将 V<sub>OUT</sub> 和 FB 引脚连接在一起。添加一个电阻 R<sub>FB</sub> 于 FB 引脚和 V<sub>OSNS<sup>-</sup></sub> 之间以设置输出电压：

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

表 1. R<sub>FB</sub> 电阻表与不同输出电压

V <sub>OUT</sub> (V)	0.6	1.0	1.2	1.5	1.8	2.5	3.3	5.0
R <sub>FB</sub> (kΩ)	OPEN	90.9	60.4	40.2	30.1	19.1	13.3	8.25

对于多个通道的并行操作，并行设计可以使用同一反馈设置电阻。这是通过将 V<sub>OSNS<sup>+</sup></sub> 连接到输出端来实现的，如图 2 所示，由此将一个内部 60.4k 电阻连接到输出端。所有 V<sub>FB</sub> 引脚都与一个设置电阻相连，如图 2 所示。

图 23 显示了并联操作的一个例子。

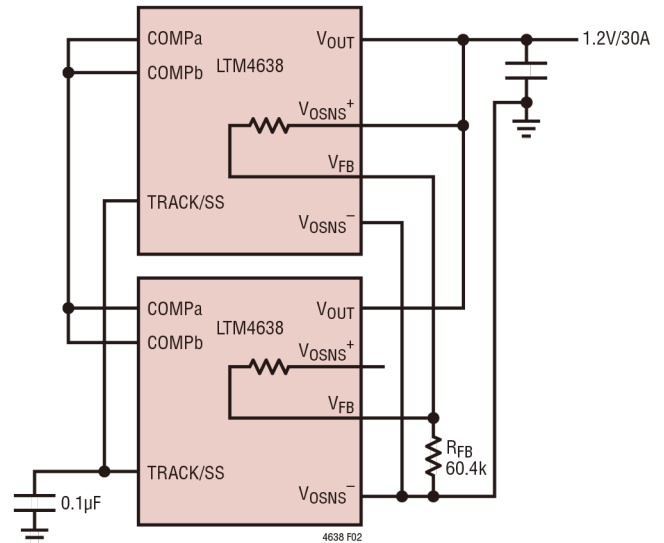


图 2.4 相并联配置

### 输入去耦电容

LTM4638 模块应连接到低交流阻抗直流电源。稳压器需要一个 22µF 输入陶瓷电容来给 RMS 纹波电流去耦。只有当输入源阻抗受到感性引线、走线影响或源电容不足时，才需要体输入电容。体电容可以是铝电解电容或聚合物电容。

在不考虑电感纹波电流的情况下，输入电容的 RMS 电流可估算为：

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

其中，η% 为电源模块的估计效率。

## 应用信息

### 输出去耦电容

凭借优化的高频率、高带宽设计，LTM4638 仅需要单个低 ESR 输出陶瓷电容即可实现低输出纹波电压和非常好的瞬态响应。在极端低温/高温或高输出电压的情况下，由于实际电容随偏置电压和温度而变化，因此需要额外的陶瓷电容或钽聚合物电容。表 7 为在 4A 负载阶跃瞬态期间使电压下降和过冲最小的不同输出电压和输出电容的对照表。如果需要进一步降低输出纹波或动态瞬态尖峰，系统设计人员可能需要使用额外的输出滤波。凌力尔特 LTpowerCAD™ 设计工具可在线下载，用于分析输出纹波、稳定性和瞬态响应以进一步优化设计。

### 断续电流模式 (DCM)

在需要低输出纹波和效率的中等电流应用中，应将 MODE/CLKIN 引脚连接到 GND 来使用断续电流模式 (DCM)。在轻负载时，内部电流比较器可以在数个周期时间内保持脱扣状态，迫使顶部 MOSFET 关闭数个周期，从而实现跳周期操作。在此模式下，电感电流不会反向。

### 强制连续电流模式 (CCM)

在固定频率运行比低电流效率更重要且需要最低输出纹波的应用中，应当采用强制连续工作模式。将 MODE/CLKIN 引脚连接到 INTV<sub>CC</sub> 可以使强制连续运行。在此模式下，电感电流可以在低输出负载期间反向，COMP 电压全程控制电流比较器阈值，顶部 MOSFET 总是随着每个振荡器脉冲而导通。在启动期间，强制连续模式禁用，防止电感电流反向，直到 LTM4638 的输出电压处于稳压状态。

### 工作频率

LTM4638 的工作频率经过优化，可实现紧凑的封装尺寸和最小输出纹波电压，同时仍能保持高效率。默认工作频率为 600kHz。在大多数应用中不需要进行额外的频率调整。

如果应用需要 600kHz 以外的工作频率，可以在 FREQ 引脚和 SGND 之间增加一个电阻 R<sub>FSET</sub> 来提高工作频率，如图 22 所示。工作频率可以通过下式计算：

$$f(\text{Hz}) = \frac{1.6e11}{274k \parallel R_{FSET}(\Omega)}$$

可编程工作频率范围为 400kHz 至 3MHz。

### 频率同步和时钟输入

该电源模块具有锁相环，其由内部压控振荡器和鉴相器组成，允许内部上方 MOSFET 导通锁定外部时钟的上升沿。外部时钟频率范围必须在电阻设定工作频率附近 ±30% 以内。脉冲检测电路用于检测 CLKIN 引脚上的时钟以开启锁相环。时钟的脉冲宽度至少须为 100ns。时钟高电平必须高于 1V，时钟低电平必须低于 0.3V。在稳压器启动期间，锁相环功能禁用。

### 多相操作

对于需要 15A 以上电流的输出负载，多个 LTM4638 可以并联以错相运行，从而提供更多输出电流而不会增加输入和输出电压纹波。

CLKOUT 信号可以连接到后一 LTM4638 级的 MODE/CLKIN 引脚，以使整个系统的频率和相位保持一致。将 PHMODE 引脚连接到 INTV<sub>CC</sub>、GND 或 FLOAT 分别会产生 180°、120°或 90°的相位差 (CLKIN 和 CLKOUT 之间)，对应于 2 相、3 相或 4 相操作。通过将各 LTM4638 的 PHMODE 引脚设置为不同电平，最多可以级联 6 个相位，使其彼此错相同步运行。图 3 为时钟相位的 4 相设计和 6 相设计示例。

表 2. PHMODE 引脚状态和对应的相位关系 (相对于 CLKIN)

PHMODE	INTV <sub>CC</sub>	GND	浮空
CLKOUT	180°	120°	90°

## 应用信息

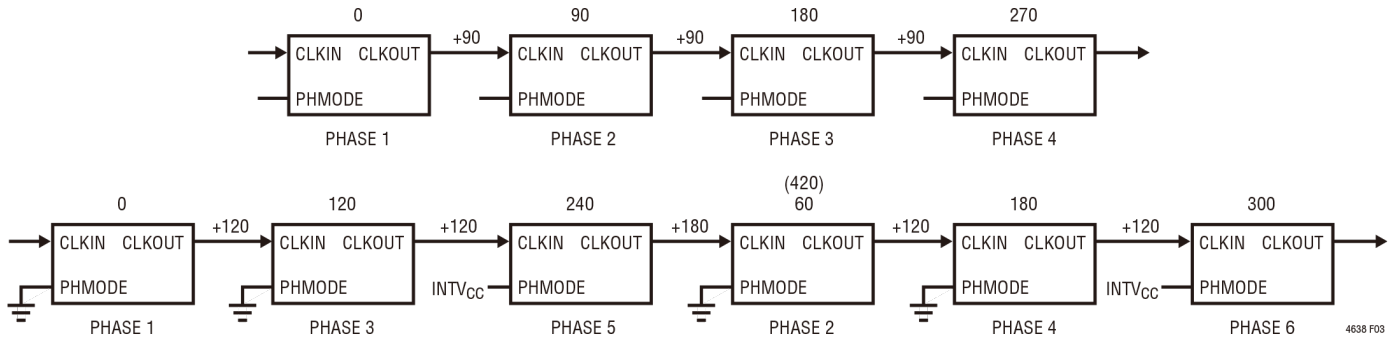


图 3.4 相、6 相操作

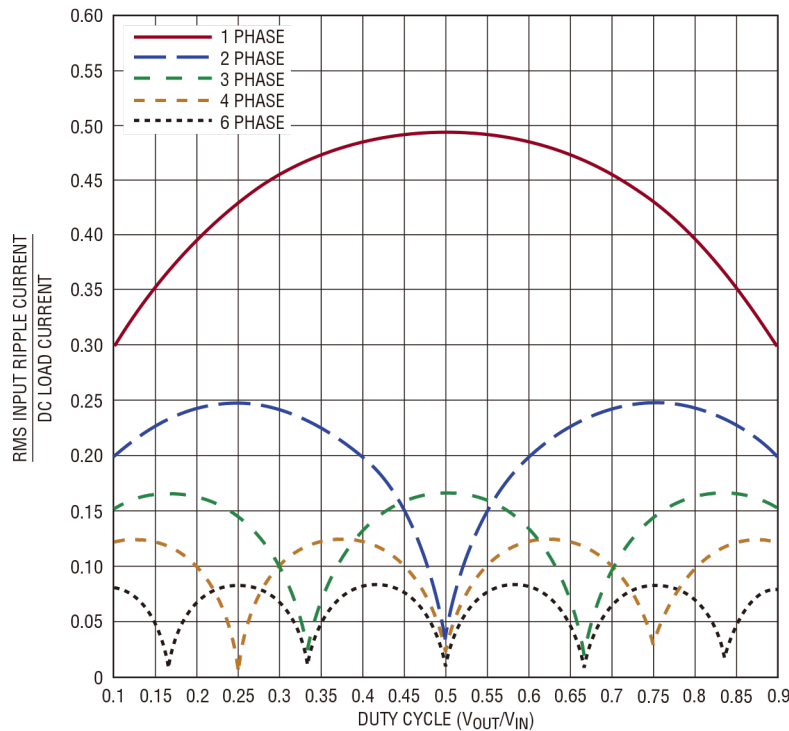


图 4. RMS 输入纹波电流与直流负载电流之比与占空比的关系

多相电源可显著降低输入和输出电容中的纹波电流流量。RMS 输入纹波电流的减小倍数和有效纹波频率的增加倍数等于所使用的相数（假设输入电压大于所用相数乘以输出电压）。当所有输出连接在一起以实现单路高输出电流设计时，输出纹波幅度的减小倍数也等于所用相数。

LTM4638 是固有电流模式控制器件，因此并联模块具有非常好的均流特性，这将能平衡设计产生的热量。请将每个并联通道的 RUN、TRACK/SS、FB 和 COMPa 引脚连接在一起。图 23 为并联操作和引脚连接的示例。

## 应用信息

### 输入 RMS 纹波电流消除

应用笔记 77 详细阐明了多相操作，其中给出了输入 RMS 纹波电流消除的数学推导，并且显示了 RMS 纹波电流降幅与交错相数的关系图，参见图 4。

### 软启动和输出电压跟踪

TRACK/SS 引脚提供了让稳压器软启动或让其跟踪不同电源的方法。TRACK/SS 引脚上的电容设置输出电压的斜坡速率。内部  $6\mu\text{A}$  电流源将外部软启动电容充电至  $\text{INTV}_{\text{CC}}$  电压。当 TRACK/SS 电压低于  $0.6\text{V}$  时，它将接管内部  $0.6\text{V}$  基准电压来控制输出电压。总软启动时间可

以计算如下：

$$t_{\text{SS}} = 0.6 \cdot \frac{C_{\text{SS}}}{6\mu\text{A}}$$

其中， $C_{\text{SS}}$  为 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禁用。

输出电压跟踪也可以利用 TRACK/SS 引脚从外部设置。可以使用另一个稳压器上下跟踪输出。图 5 和图 6 显示了比率跟踪的示例波形和原理图，其中从稳压器的输出压摆率与主稳压器的输出压摆率成比例。

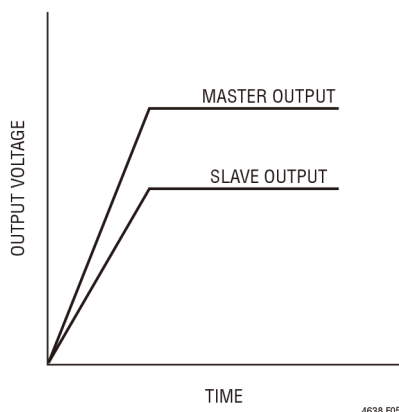


图 5. 输出比率跟踪波形

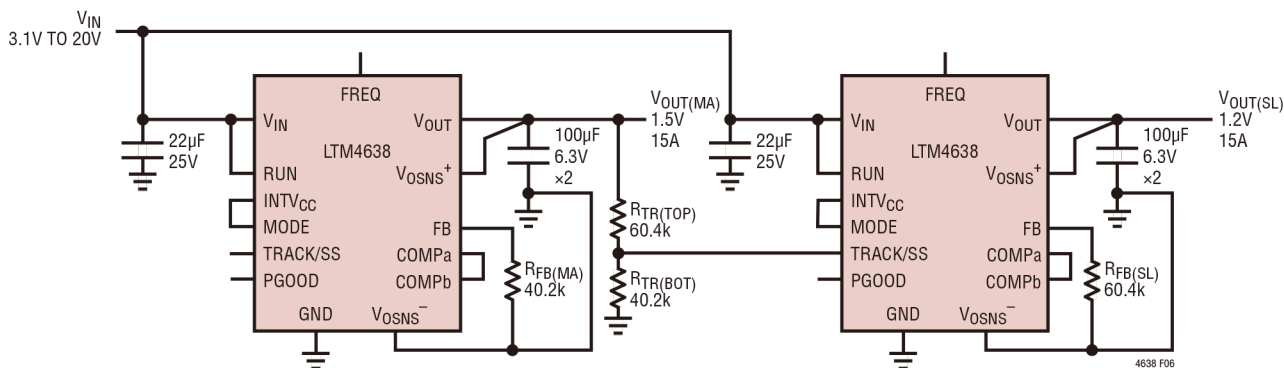


图 6. 比率输出电压跟踪原理图示例

## 应用信息

从稳压器的 TRACK/SS 通过  $R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}$  电阻分压器连接到主稳压器输出,当 TRACK/SS 电压低于 0.6V 时,其电压用于调节从稳压器输出电压,因此从输出电压和主输出电压在启动期间应满足如下关系式:

$$V_{OUT(SL)} \cdot \frac{R_{FB(SL)}}{R_{FB(SL)} + 60.4k} =$$

$$V_{OUT(MA)} \cdot \frac{R_{TR(BOT)}}{R_{TR(TOP)} + R_{TR(BOT)}}$$

$R_{FB(SL)}$  为反馈电阻,  $R_{TR(TOP)}/R_{TR(BOT)}$  为从稳压器 TRACK/SS 引脚上的电阻分压器,如图 6 所示。

按照上面的等式,主稳压器的输出压摆率 (MR) 与从稳压器的输出压摆率 (SR) 之比由下式确定:

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

例如,  $V_{OUT(MA)} = 1.5V$ ,  $MR = 1.5V/1ms$ ,  $V_{OUT(SL)} = 1.2V$ ,  $SR = 1.2V/1ms$ 。根据公式可以得出,  $R_{TR(TOP)} = 60.4k$  且  $R_{TR(BOT)} = 40.2k$  是用于比率跟踪的良好组合。

当使用电阻分压器在从稳压器上实现跟踪时, TRACK/SS 引脚将开启  $2\mu A$  电流源。这会在 TRACK/SS 引脚输入上产生一个偏移。可以使用阻值较小但比率相同的电阻。例如,对于使用 60.4k 的情况,可以使用 6.04k 将 TRACK/SS 引脚偏移减小到可忽略不计的值。

重合输出跟踪可以认为是特殊的比率输出跟踪,即主稳压器的输出压摆率 (MR) 与从稳压器的输出压摆率 (SR) 相同,波形如图 7 所示。

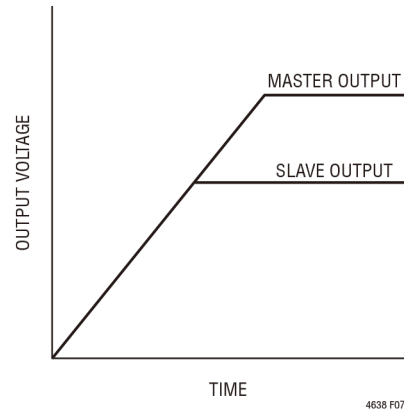


图 7. 输出重合跟踪波形

从公式中很容易发现,在重合跟踪中,从稳压器的 TRACK/SS 引脚电阻分压器始终与其反馈分压器相同:

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

例如,  $R_{TR(TOP)} = 60.4k$  且  $R_{TR(BOT)} = 60.4k$  是用于  $V_{OUT(MA)} = 1.5V$  且  $V_{OUT(SL)} = 1.2V$  应用的重合跟踪的良好组合。

### 电源良好

PGOOD 引脚为开漏引脚,可用于监视有效输出电压调节。当输出电压超出调节点上下  $\pm 8\%$  窗口时,此引脚被拉低。为了防范瞬态期间出现不需要的 PGOOD 毛刺或动态  $V_{OUT}$  变化, LTM4638 的 PGOOD 下降沿具有大约 25 个开关周期的消隐延迟。

### RUN 使能

将 RUN 引脚拉至地会强制 LTM4638 进入关断状态,断开两个功率 MOSFET 及其大部分内部控制电路。将 RUN 引脚接到 0.6V 以上电压会仅接通内部基准电压源,而功率 MOSFET 仍保持关断。将 RUN 引脚电压提高到 1.2V 以上会开启整个芯片。

## 应用信息

### 预偏置输出启动

有些场合可能要求电源启动时输出电容上有一些电荷。LTM4638 可以安全地上电至预偏置输出而不会放电。

为实现此操作，LTM4638 会强行进入断续工作模式 (DCM)，直至 TRACK/SS 引脚电压达到 0.6V 基准电压。这将会防止 BG 在预偏置输出启动期间导通，避免输出放电。

### SW 引脚和缓冲电路

SW 引脚一般用于监控和测试目的。SW 引脚也可用于抑制开关电流路径中 LC 寄生效应引起的开关节点振铃。通常使用 R-C 串联组合，称之为缓冲电路。电阻将抑制谐振，所选的电容仅影响电阻上的高频振铃。

如果杂散电感或电容可以测量或近似确定，那么可以使用某种分析技术来选择缓冲元件值。电感通常更容易预测，包括功率路径电路板电感和 MOSFET 互连接合线电感。

首先，SW 引脚可以用宽带宽示波器的高频探头进行监视。振铃频率值可以测量。阻抗  $Z$  可以通过下式计算：

$$Z_L = 2\pi \cdot f \cdot L$$

其中， $f$  为振铃的谐振频率， $L$  为开关路径中的总寄生电感。如果选择的电阻等于  $Z$ ，那么应当能抑制振铃。选择缓冲电容值，使其阻抗等于振铃频率时的电阻。计算如下：

$$Z_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$$

这些值是很好的出发点。应对这些元件进行修改，以最少的功率损耗来衰减振铃。

### 稳定性补偿

LTM4638 已针对所有输出电压和电容组合进行了内部优化和补偿，包括 COMPb 连接到 COMPa 时的所有陶瓷电容应用。请注意，对于所有陶瓷电容应用，须在  $V_{OUT}$  和  $V_{FB}$  引脚之间连接一个 22pF 到 47pF 前馈电容 ( $C_{FF}$ )，以实现高带宽控制环路补偿和足够的相位裕量。表 7 所列的值满足大多数使用优化内部补偿的应用要求。对于特定优化要求，应断开 COMPb 与 COMPa 的连接，并将 Type II C-R-C 补偿网络应用于 COMPa 到 GND 之间，以实现外部补偿。LTpowerCAD 设计工具可在线下载，用于执行特定控制环路优化，以及分析控制稳定性和负载瞬态性能。

### 差分远程检测放大器

LTM4638 内置一个精密差分远程检测放大器，可以精确地检测远程负载点的输出电压。这特别适合大电流负载。在远程输出检测点， $V_{OSNS}^+$  和  $V_{OSNS}^-$  正确连接非常重要，并且反馈电阻  $R_{FB}$  应连接在  $V_{FB}$  引脚和  $V_{OSNS}^-$  引脚之间。请查看图 21 中的示意图以供参考。

在多相单路输出应用中，只需要一套差分检测放大器和一套反馈电阻，同时应将不同通道的 RUN、TRACK/SS、 $V_{OUT}$ 、 $V_{FB}$  和 COMPa 连在一起。并联应用参见图 23。

### 输入过压保护

为了保护内部功率 MOSFET 器件免受瞬态电压尖峰的影响，LTM4638 会持续监控每个  $V_{IN}$  引脚是否有过压情况。当  $V_{IN}$  上升到 23.5V 以上时，稳压器通过关断相应通道上的两个功率 MOSFET 来暂停操作。一旦  $V_{IN}$  降至 21.5V 以下，稳压器便立即恢复正常运行。当退出过压状况时，稳压器执行软启动功能。

## 应用信息

### 散热考虑和电流输出降额

数据手册“引脚配置”部分报告的热阻与 JESD 51-12 定义的参数一致，旨在用于有限元分析 (FEA) 软件建模工具，即利用热建模、仿真和相关分析的结果对安装到硬件测试板的  $\mu$ Module 封装执行硬件评估。提供这些热系数的动机参见 JESD 51-12 (“电子封装热信息报告和使用指南”)。

许多设计人员可能会选择使用实验室设备和测试载具 (如演示板) 来预测  $\mu$ Module 稳压器在各种电气和环境条件下应用的热性能，以便为 FEA 活动提供补充。如果没有 FEA 软件，“引脚配置”部分报告的热阻本身与关于热性能的指导无关；相反，本数据手册中提供的降额曲线可以用于产生与应用相关的见解和指导，并且经过调整，可以将热性能与具体应用相关联。

“引脚配置”部分给出了 JESD 51-12 中明确定义的四个热系数，下面将引用或解释这些系数：

1.  $\theta_{JA}$  (结至环境热阻) 是自然对流下的结至环境空气热阻，在 1 立方英尺的密封外罩中测量。这种环境有时被称为“静止空气”，但自然对流会导致空气运动。该值是将器件安装到 95mm  $\times$  76mm 四层 PCB 上来确定的。
2.  $\theta_{Jcbottom}$  是从结到产品外壳底部的热阻，测量条件是所有器件功耗都流过封装底部。在典型  $\mu$ Module 稳压器中，大部分热量是从封装底部流出，但总会有热量流出到周围环境中。因此，该热阻值可用于比较封装，但测试条件与用户应用一般不一致。
3.  $\theta_{Jctop}$  是从结到产品外壳顶部的热阻，测量条件是几乎所有器件功耗都流过封装顶部。典型  $\mu$ Module 稳压器的电气连接位于封装底部，因此应用很少这样运行，使得大部分热量从结流到器件顶部。与  $\theta_{Jcbottom}$  的情况一样，该值可用于比较封装，但测试条件与用户应用一般不一致。

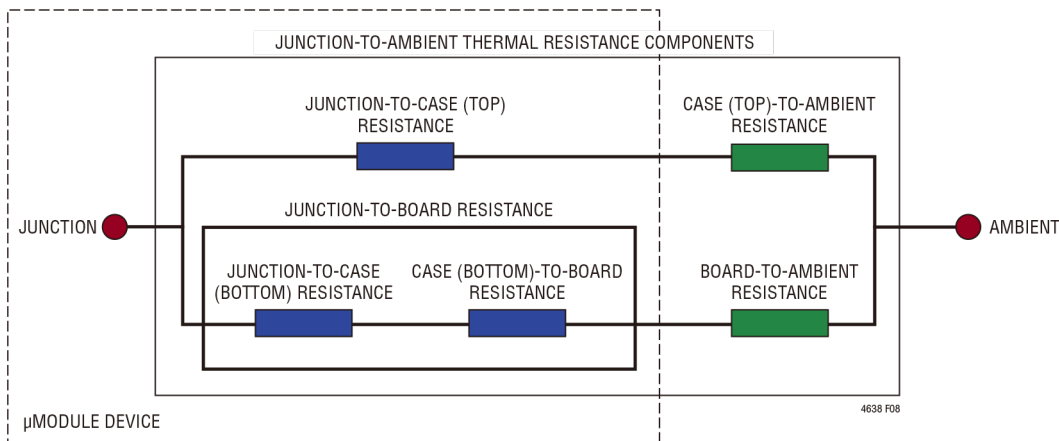


图 8. JESD 51-12 热系数的图形表示



## 应用信息

4.  $\theta_{JB}$  (从结到印刷电路板的热阻) 是结至板热阻, 几乎所有热量都流过  $\mu$ Module 封装的底部并进入电路板, 实际上是  $\theta_{JCbottom}$  与器件底部通过焊点和板的一部分的热阻之和。电路板温度是在距封装一定距离处测量。

图 8 给出了上述热阻的图形表示; 蓝色热阻包含在  $\mu$ Module 稳压器内部, 而绿色热阻在  $\mu$ Module 封装外部。

实际上, 读者应该清楚, 在 JESD 51-12 定义的或“引脚配置”部分中提供的四个热阻参数中, 没有任何一个或其组合再现或表达了  $\mu$ Module 稳压器的正常工作条件。例如, 在普通板载应用中, 不可能像标准针对  $\theta_{JCtop}$  和  $\theta_{JCbottom}$  所定义的那样, 器件总功耗 (热量) 100% 仅通过  $\mu$ Module 封装的顶部或底部进行热传导。在实践中, 功耗会在远离封装的两个方向上散热——当然, 在没有散热器和气流的情况下, 大部分热流会进入板中。

在 LTM4638 中, 要注意有多个功率器件和元件消耗功率, 结果是相对于元件或芯片的不同结的热阻与总封装功耗的关系并非完全线性的。为了调和这种复杂性而不影响建模简单性, 同时又不忽视实际情况, 人们采用了一种方法, 将有限元分析软件建模与受控环境室中的实验室测试配合使用, 以合理地定义和关联本数据手册中提供的热阻值: (1) 最初, FEA 软件使用所有正确的材料系数以及精确的功率损耗源定义, 精确构建 LTM4638 和指定 PCB 的机械几何结构; (2) 该模型模拟了与 JESD 51-12 一致的软件定义 JEDEC 环境, 以预测不同界面处的功率损耗热流和温度读数, 从而支持计算 JEDEC 定义的热阻值; (3) 模型和有限元分析软件用于评估具有散热器和气流的 LTM4638; (4) 求解并分析这些热阻值, 以及在软件模型中仿真各种工作条件之后, 执行细致的实验室评估, 在受控环境室中用热电偶复制仿真条件, 同时以与仿真情况相同的功率损耗运行器件。该过程和尽职调查的结果产生了本数据手册所示的一组降额曲线。执行这些实验室测试并与 LTM4638 模型相关联之后,  $\theta_{JB}$  与  $\theta_{BA}$  之和应非常接近  $\theta_{JA}$  值, 因为几乎 100% 的功耗从结通过电路板流入环境, 没有气流或顶部安装散热器。

图 9 至图 12 中的 1.0V、1.5V、3.3V 和 5V 功率损耗曲线可与图 13 至图 19 中的负载电流降额曲线配合使用, 以计算 LTM4638 在各种气流条件下的近似  $\theta_{JA}$  热阻。功率损耗曲线是在室温下测得, 并根据环境温度乘以一个乘积因子。对于 120°C 结温, 此近似因子为 1.2。只要结温低于 120°C (相对于 125°C 的最大结温有 5°C 的保护带), 便可在提高环境温度的同时实现最大负载电流。当环境温度达到某一点, 使结温为 120°C 时, 应在提高环境温度 (最高 120°C) 的同时降低负载电流, 以使结温保持在 120°C。用于绘制降额曲线的输出电流从 15A 开始, 环境温度为 30°C。输出电压为 1.0V、1.5V、3.3V 和 5V。选择这些值的目的是包括用于关联热阻的较低和较高输出电压范围。热模型源自受控温度室中的若干温度测量以及热建模分析。在有气流和无气流两种情况下, 在监视结温的同时提高环境温度。降额曲线考虑了功率损耗随着环境温度变化而增加。结温保持在 120°C 最大值, 同时随着环境温度的升高而降低输出电流或功率。随着环境温度提高, 输出电流会减小, 从而降低模块内部损耗。监视的 120°C 结温减去环境工作温度就是允许的模块温度升幅。例如在图 16 中, 在没有气流或散热器的情况下, 负载电流在约 92°C 时降额至约 8A, 12V 至 1.5V、8A 输出时的功率损耗约为 1.8W。8W 损耗是这样得出的: 从 12V 至 1.5V、8A 时的功率损耗曲线得知室温损耗约为 1.5W, 然后乘以 120°C 结温对应的因子 1.2。从 120°C 结温中减去 92°C 环境温度, 差值 28°C 除以 1.8W 得到  $\theta_{JA}$  热阻为 15.5°C/W。表 3 给出的值为 15°C/W, 非常接近。表 4、表 5 和表 6 提供了有和无气流及散热器情况下 1.5V、3.3V 和 5V 输出的等效热阻。表 3、表 4、表 5 和表 6 中针对各种条件导出的热阻可乘以算得的功率损耗 (与环境温度相关), 以得到高于环境温度的升幅, 从而获得最大结温。室温功率损耗可以从“典型性能参数”部分中的效率曲线得出, 并利用上述环境温度乘积因子进行调整。印刷电路板为 1.6mm 厚四层板, 两个外层有两盎司铜, 两个内层有一盎司铜。PCB 尺寸为 95mm × 76mm。

## 应用信息

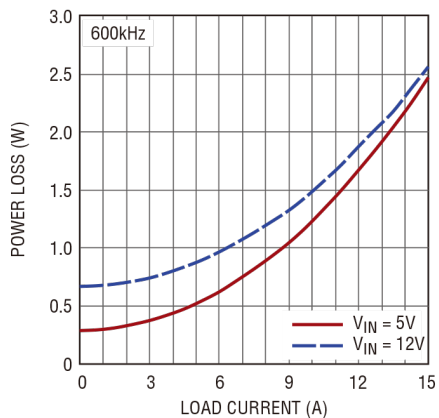


图 9. 1V 输出时的功率损耗

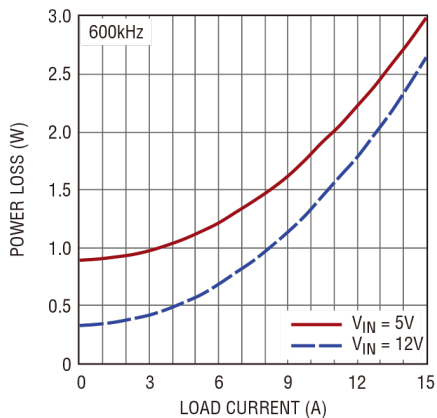


图 10. 1.5V 输出时的功率损耗

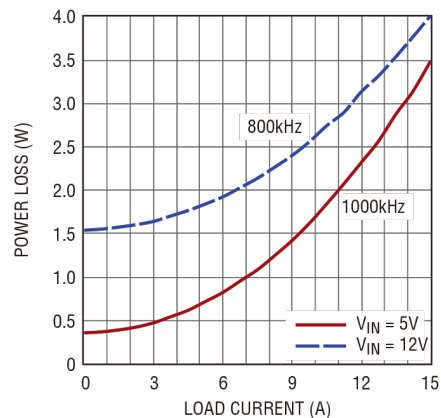


图 11. 3.3V 输出时的功率损耗

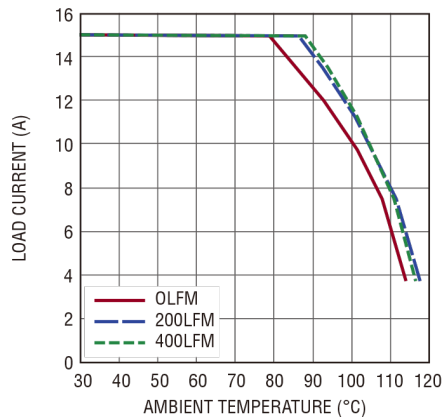


图 12. 5V 至 1V 降额曲线, 无散热器

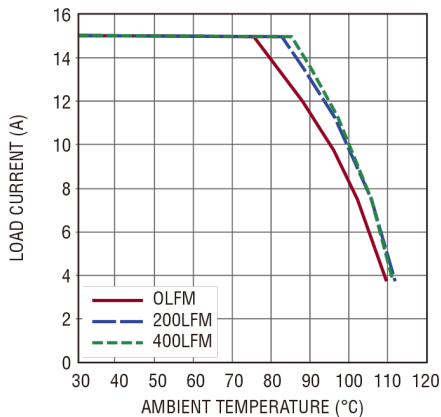


图 13. 12V 至 1V 降额曲线, 无散热器

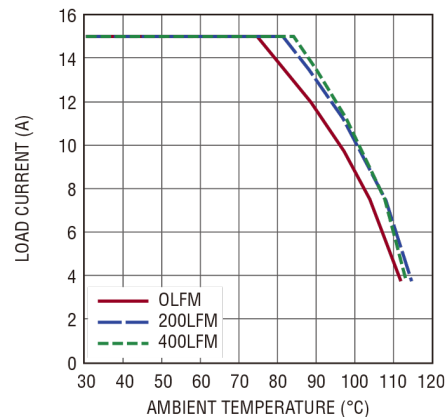


图 14. 5V 至 1.5V 降额曲线, 无散热器

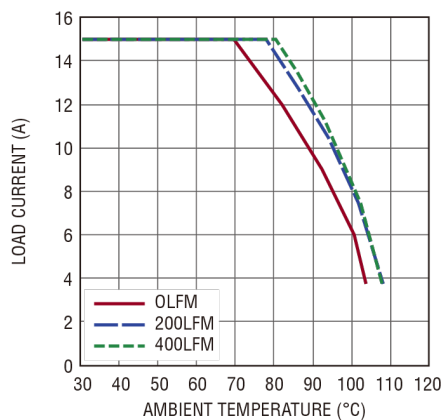


图 15. 12V 至 1.5V 降额曲线, 无散热器

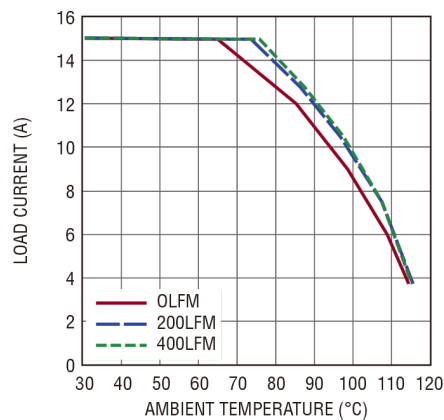


图 16. 5V 至 3.3V 降额曲线, 无散热器

## 应用信息

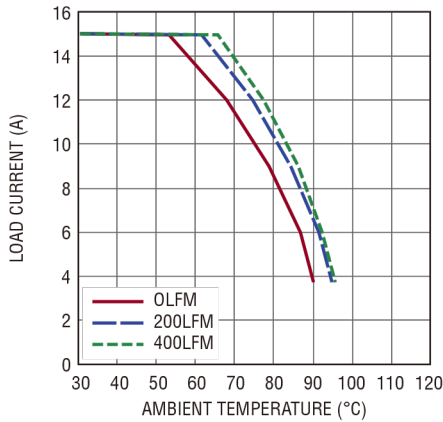


图 17. 12V 至 3.3V 降额曲线, 无散热器

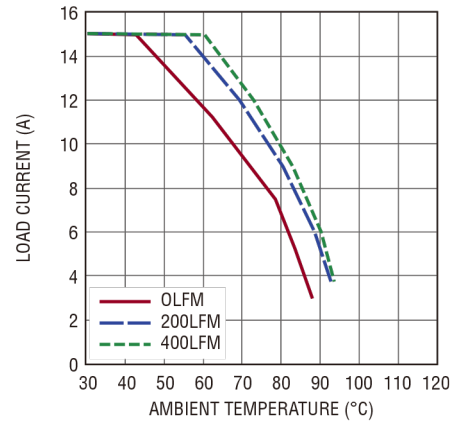


图 18. 12V 至 5V 降额曲线, 无散热器

表 3. 1.0V 输出

降额曲线	$V_{IN}$ (V)	功率损耗曲线	气流 (LFM)	散热器	$\theta_{JA}$ (°C/W)
图 13、14	5、12	图 9	0	无	15
图 13、14	5、12	图 9	200	无	12
图 13、14	5、12	图 9	400	无	11

表 4. 1.5V 输出

降额曲线	$V_{IN}$ (V)	功率损耗曲线	气流 (LFM)	散热器	$\theta_{JA}$ (°C/W)
图 15、16	5、12	图 10	0	无	15
图 15、16	5、12	图 10	200	无	12
图 15、16	5、12	图 10	400	无	11

表 5. 3.3V 输出

降额曲线	$V_{IN}$ (V)	功率损耗曲线	气流 (LFM)	散热器	$\theta_{JA}$ (°C/W)
图 17、18	5、12	图 11	0	无	15
图 17、18	5、12	图 11	200	无	12
图 17、18	5、12	图 11	400	无	11

表 6. 5V 输出

降额曲线	$V_{IN}$ (V)	功率损耗曲线	气流 (LFM)	散热器	$\theta_{JA}$ (°C/W)
图 19	12	图 12	0	无	15
图 19	12	图 12	200	无	12
图 19	12	图 12	400	无	11

## 应用信息

表 7. 输出电压响应与元件对照表 (参见图 21)

C <sub>OUT1</sub> 供应商	产品型号	说明	C <sub>OUT2</sub> 供应商	产品型号	说明
Murata	GRM186R60J226ME	22μF、6.3V、X5R、0603	PANASONIC	EEF-GX0E471L	470μF、2.5V、3mΩ
TDK	C1608X5R0J226M080AC	22μF、6.3V、X5R、0603			
Murata	GRM31CR60J107ME	100μF、6.3V、X5R、1206			
Taiyo Yuden	JMK316BJ107ML	100μF、6.3V、X5R、1206			
TDK	C3216X5R0J107M160AB	100μF、6.3V、X5R、1206			

## 所有陶瓷输出电容

V <sub>OUTn</sub> (V)	V <sub>INn</sub> (V)	R <sub>FB</sub> (kΩ)	f <sub>SW</sub> (kHz)	C <sub>OUT1</sub> (陶瓷电容)	C <sub>OUT2</sub> (体电容)	COMP <sub>a</sub> (pF)	COMP <sub>a</sub> 上的 R <sub>TH</sub> (kΩ)	COMP <sub>a</sub> 上的 C <sub>TH</sub> (pF)	负载阶跃 (A)	峰峰值偏差 (mV)	恢复时间 (μs)
1	5	90.9	600	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	85	40
1	12	90.9	600	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	94.4	40
1.5	5	40.2	600	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	106.4	40
1.5	12	40.2	800	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	109.1	40
2.5	5	19.1	800	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	165.4	40
2.5	12	19.1	1000	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	171	40
3.3	5	13.3	800	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	218	40
3.3	12	13.3	1000	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	218	40
5	12	8.25	1500	22μF + 3×100μF	无	短接至 COMP <sub>b</sub>	无	无	3.75	328	40

## 应用信息

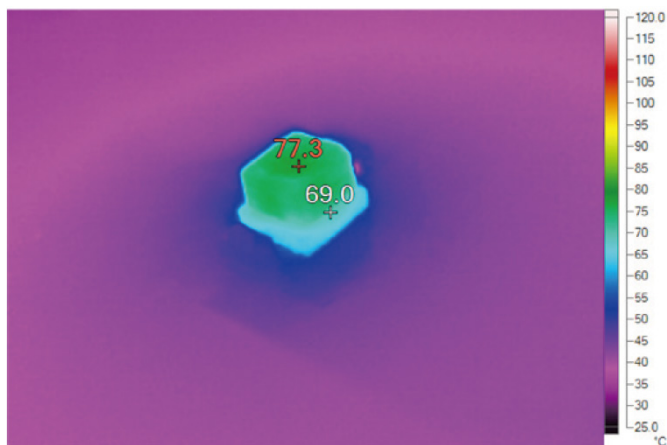


图 19. 12V 输入、1.0V 输出、无气流和散热器情况下的热图像

### 安全考虑

LTM4638 模块不提供从  $V_{IN}$  到  $V_{OUT}$  的电流隔离。内部无保险丝。如果需要，应提供额定值为最大输入电流两倍的慢熔保险丝以保护每个单元免受灾难性故障的影响。该器件支持热关断和过流保护。

### 布局检查清单/示例

LTM4638 的高集成度使 PCB 板布局非常简单和容易。然而，为了优化其电气和热性能，布局上仍有一些事项需要注意。

- 对高电流路径应使用较大 PCB 覆铜区域，包括  $V_{IN}$ 、GND 和  $V_{OUT}$ 。这有助于最大限度地减少 PCB 传导损耗和热应力。
- 将高频陶瓷输入和输出电容放在  $V_{IN}$ 、PGND

和  $V_{OUT}$  引脚旁边，以尽量降低高频噪声。

- 在器件下方放置专用电源接地层。
- 为使过孔传导损耗最小并降低模块热应力，应使用多个过孔来实现顶层和其他电源层之间的互连。
- 勿将过孔直接放在焊盘上，除非过孔被盖住或有镀层。
- 对于连接到信号引脚的元件，应使用单独的 SGND 接地覆铜区域。将 SGND 连接到器件下方的 GND。
- 在信号引脚上引出测试点以便监控。
- CLKIN、CLKOUT 和 FREQ 引脚走线之间应留有间隔，以最大限度降低这些信号之间的串扰引起噪声的可能性。

图 20 显示了一个很好的推荐布局例子。

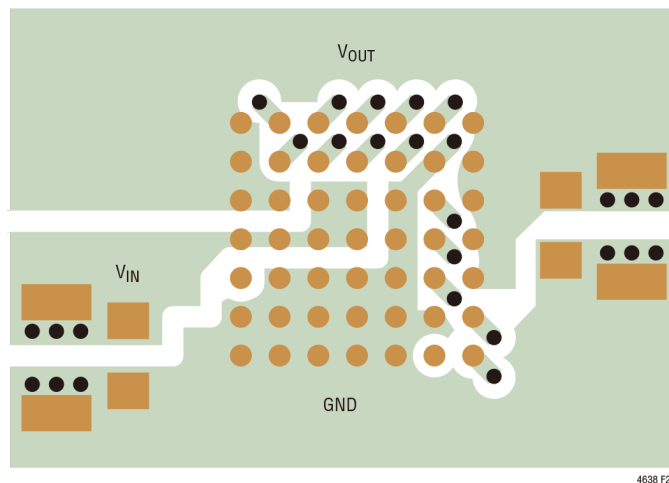


图 20. 推荐 PCB 布局

## 应用信息

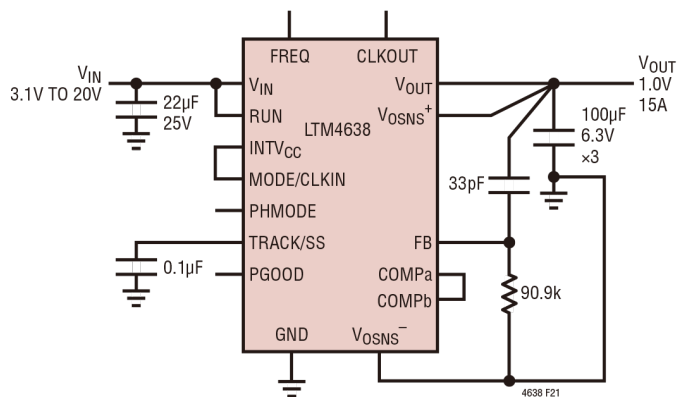


图 21. 3.1V<sub>IN</sub> 至 20V<sub>IN</sub>、1V 输出、15A 设计

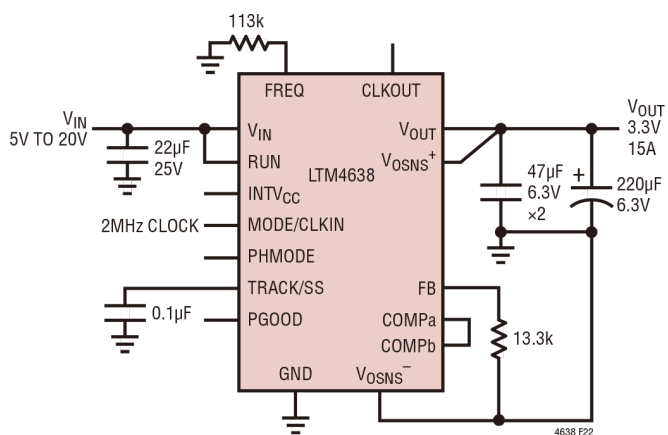


图 22. 5V<sub>IN</sub> 至 20V<sub>IN</sub>、3.3V 输出、2MHz 外部时钟

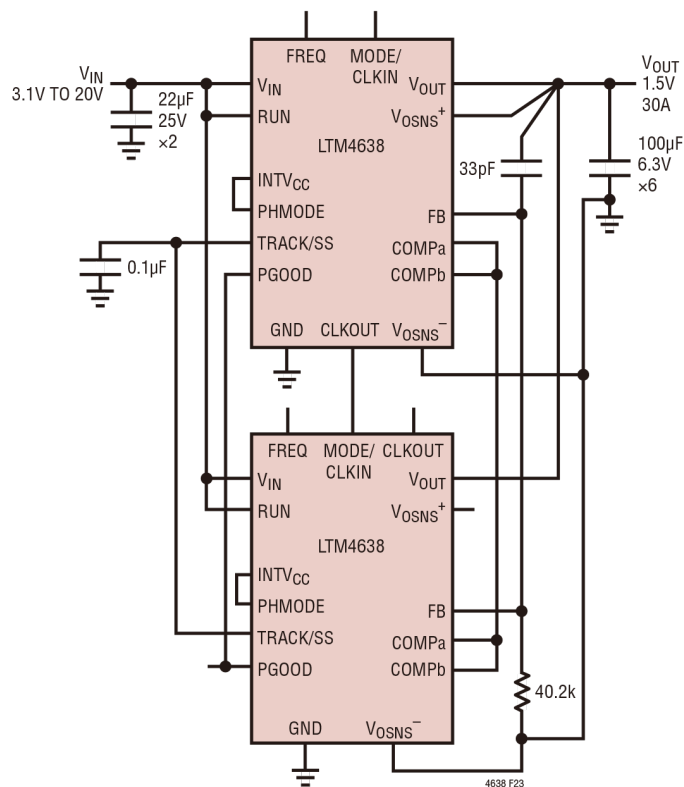
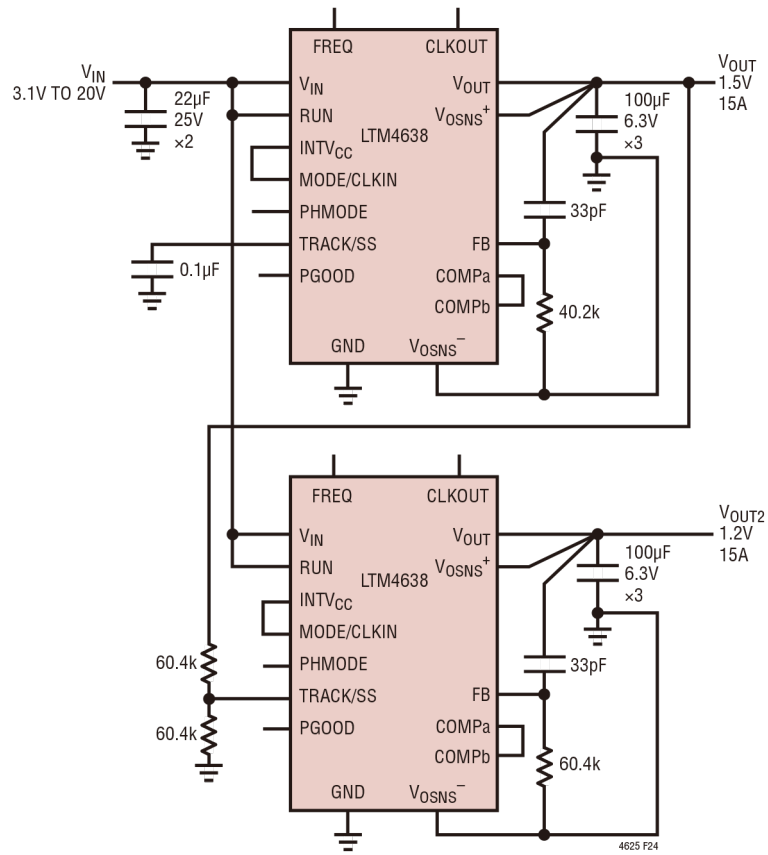


图 23. 3.1V<sub>IN</sub> 至 20V<sub>IN</sub>、2 相、1.5V、30A 设计

## 应用信息

图 24.3.1V<sub>IN</sub> 至 20V<sub>IN</sub>, 1.2V 和 1.5V, 重合跟踪

## 封装说明



对于不同  $\mu$ Module 产品，封装的行和列标签可能不同。请仔细检查每种封装布局。

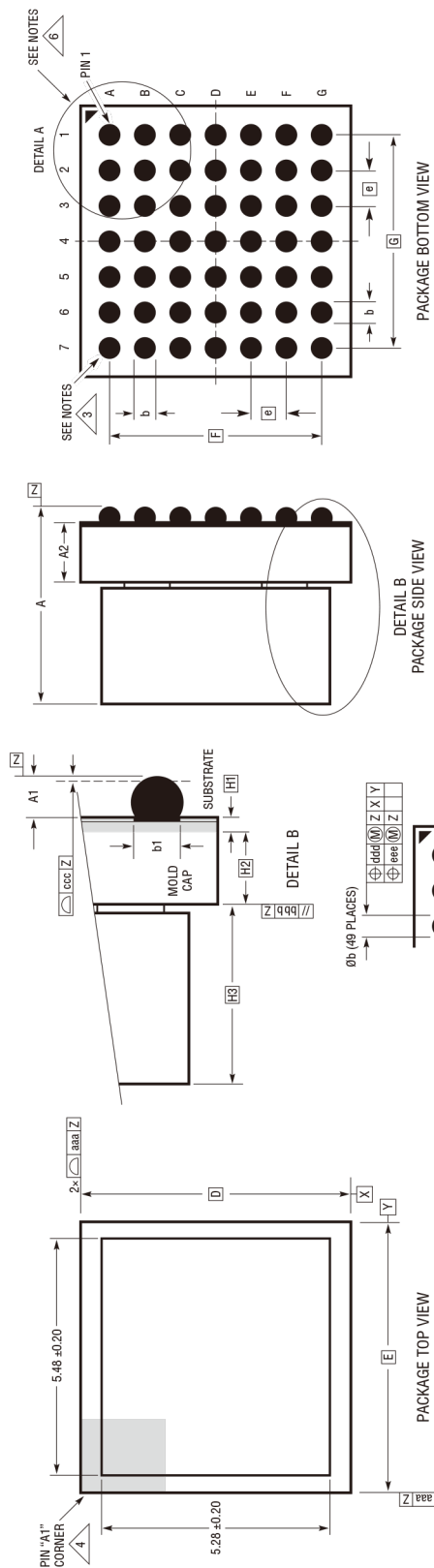
LTM4638 器件 BGA 引脚排列

引脚 ID	功能	引脚 ID	功能	引脚 ID	功能	引脚 ID	功能	引脚 ID	功能	引脚 ID	功能	引脚 ID	功能
A1	$V_{OUT}$	A2	$V_{OUT}$	A3	$V_{OUT}$	A4	$V_{OUT}$	A5	$V_{OUT}$	A6	$T_{SENSE+}$	A7	$T_{SENSE-}$
B1	$V_{OSNS+}$	B2	GND	B3	$INTV_{CC}$	B4	RUN	B5	PGOOD	B6	GND	B7	SW
C1	FB	C2	$V_{OSNS-}$	C3	GND	C4	GND	C5	GND	C6	GND	C7	GND
D1	COMP <sub>a</sub>	D2	MODE/CLKIN	D3	$V_{IN}$	D4	$V_{IN}$	D5	GND	D6	GND	D7	GND
E1	FREQ	E2	TRACK/SS	E3	$V_{IN}$	E4	$V_{IN}$	E5	GND	E6	GND	E7	GND
F1	COMP <sub>b</sub>	F2	CLKOUT	F3	$V_{OUT}$	F4	$V_{IN}$	F5	GND	F6	GND	F7	GND
G1	$V_{OUT}$	G2	$V_{OUT}$	G3	$V_{OUT}$	G4	$V_{IN}$	G5	PHMODE	G6	GND	G7	GND



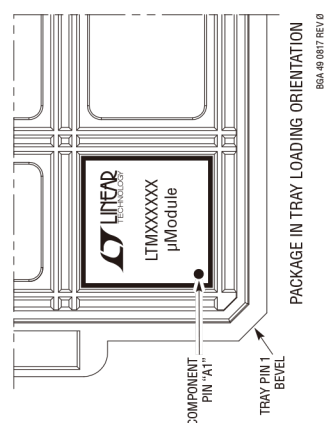
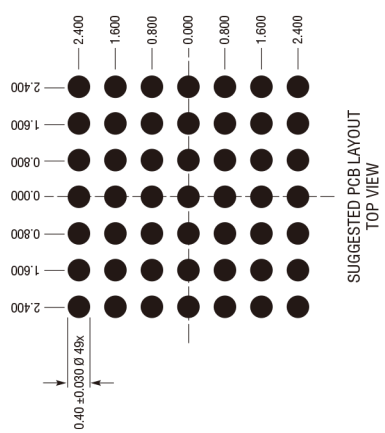
# 封装说明

## BGA 封装 49 引脚 (6.25mm × 6.25mm × 5.02mm) (参考 LTC DWG# 05-08-1574 Rev 0)

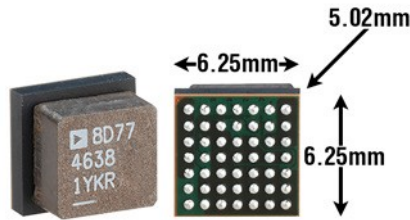


- NOTES:
1. DIMENSIONING AND TOLERANCING PER ASME Y14.5M-1994
  2. ALL DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS
  3. BALL DESIGNATION PER JE95
  4. DETAILS OF PIN #1 IDENTIFIER ARE OPTIONAL, BUT MUST BE LOCATED WITHIN THE ZONE INDICATED. THE PIN #1 IDENTIFIER MAY BE EITHER A MOLD OR MARKED FEATURE
  5. PRIMARY DATUM -Z-, IS SEATING PLANE
  6. PACKAGE ROW AND COLUMN LABELING MAY VARY AMONG  $\mu$ Module PRODUCTS. REVIEW EACH PACKAGE LAYOUT CAREFULLY

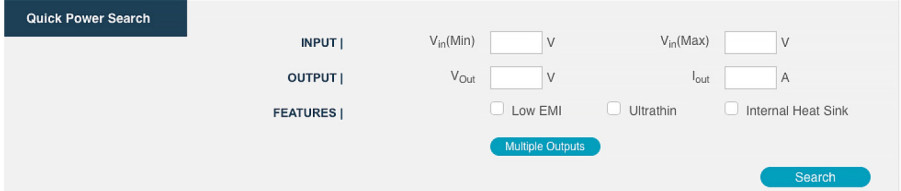
DIMENSIONS		MIN	NOM	MAX	NOTES
A		4.68	5.02	5.36	
A1		0.30	0.40	0.50	BALL HT
A2		1.41	1.52	1.69	
b		0.45	0.50	0.55	BALL DIMENSION
b1		0.37	0.40	0.43	PAD DIMENSION
D			6.25		
E			6.25		
e			0.80		
F			4.80		
G			4.80		
H1			0.32		SUBSTRATE THK
H2			1.20		MOLD CAP HT
H3			3.10		INDUCTOR HT
aaa				0.15	
bbb				0.10	
ccc				0.20	
ddd				0.20	
eee				0.08	
					TOTAL NUMBER OF BALLS: 49



## 封装照片



## 设计资源

主题	说明
<a href="#">μModule 设计和制造资源</a>	<p>设计：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>选型指南</li> <li>演示板和 Gerber 文件</li> <li>免费仿真工具</li> </ul> <p>制造：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>快速入门指南</li> <li>PCB 设计、装配和制造准则</li> <li>封装和板级可靠性</li> </ul>
<a href="#">μModule 稳压器产品搜索</a>	<p>1. 按参数对产品列表进行排序，并将结果下载为电子表格。 2. 使用“快速电源搜索”参数表进行搜索。</p> 
<a href="#">数字电源系统管理</a>	ADI 公司的数字电源管理 IC 系列是高集成度解决方案，提供基本功能，包括电源监视、监控、裕量调节和时序控制，并具有用于存储用户配置和故障记录的 EEPROM。

## 相关器件

产品型号	说明	备注
<a href="#">LTM4626</a>	12A μModule 稳压器。与 LTM4638 引脚兼容。	$3.1V \leq V_{IN} \leq 20V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ 。 6.25mm × 6.25mm × 3.87mm BGA
<a href="#">LTM4649</a>	10A μModule 稳压器	$4.5V \leq V_{IN} \leq 16V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ 。 9mm × 15mm × 4.92mm BGA
<a href="#">LTM4601</a>	12A μModule 稳压器	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ (28V LTM4601HV)。 $0.5V \leq V_{OUT} \leq 5V$ 。 15mm × 15mm × 2.82mm LGA。 15mm × 15mm × 3.42mm BGA
<a href="#">LTM4637</a>	20A μModule 稳压器	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ 。 15mm × 15mm × 4.32mm LGA。 15mm × 15mm × 4.92mm BGA。
<a href="#">LTM4646</a>	双通道 10A μModule 稳压器	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ 。 11.25mm × 15mm × 5.01mm BGA
<a href="#">LTM4662</a>	双通道 15A μModule 稳压器	$4.5V \leq V_{IN} \leq 20V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ 。 11.25mm × 15mm × 5.74mm BGA
<a href="#">LTM4643</a>	四通道 3A 超薄型 μModule 稳压器	$4V \leq V_{IN} \leq 20V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 3.3V$ 。 9mm × 15mm × 1.82mm LGA。 9mm × 15mm × 2.42mm BGA
<a href="#">LTM4644</a>	四通道 4A μModule 稳压器	$4V \leq V_{IN} \leq 14V$ 。 $0.6V \leq V_{OUT} \leq 5.5V$ 。 9mm × 15mm × 5.01mm BGA