

LMZ13610

LMZ13610 具有 36 V 最大输入电压的 10 A SIMPLE SWITCHER[®] 电源模块

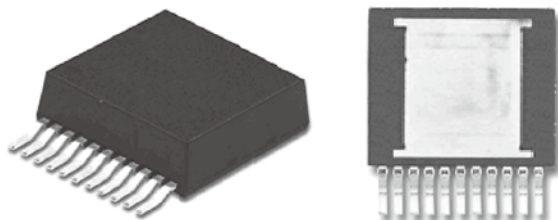


文献编号: ZHCSA31C

LMZ13610

具有 36 V 最大输入电压的 10 A SIMPLE SWITCHER® 电源模块

简单易用的 11 引脚封装



顶视图

底视图

30151301

TO-PMOD 11 引脚封装
15 x 17.79 x 5.9 mm (0.59 x 0.7 x 0.232 英寸)
 $\theta_{JA} = 9.9^{\circ}\text{C/W}$, $\theta_{JC} = 1.0^{\circ}\text{C/W}$ (注 1)
符合 RoHS 标准

电气规格

- 总输出功率为 50 W (最大值)
- 输出电流高达 10 A
- 输入电压范围: 6 V 至 36 V
- 输出电压范围: 0.8 V 至 6 V
- 效率高达 92%

主要特性

- 集成型屏蔽式电感器
- 简单的 PCB 布局
- 固定的开关频率 (350 kHz)
- 采用外部软启动、跟踪和精准启用的灵活启动排序
- 针对浪涌电流以及诸如输入欠压闭锁 (UVLO) 和输出短路等故障的保护
- 40°C 至 125°C 结温范围
- 单个裸露焊盘和标准引出脚配置可简化安装与制造
- 得到 WEBENCH® Power Designer 工具的全面支持
- 引脚可兼容 LMZ22010/08、LMZ12010/08、LMZ23610/08/06H 和 LMZ13608/06H

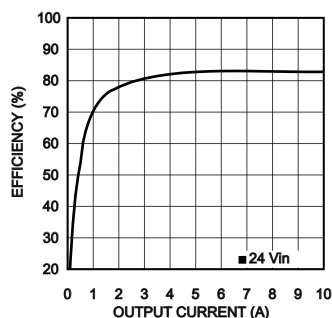
应用

- 从 12 V 和 24 V 输入电源轨的负载点转换
- 时间关键型项目
- 空间受限/高散热要求的应用
- 负输出电压应用 (见 AN-2027)

性能优势

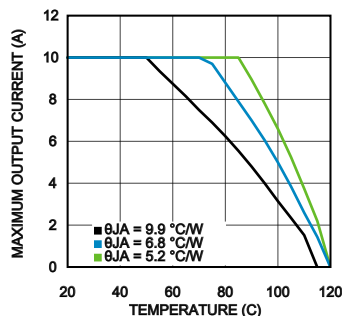
- 高效率减少了系统的发热量
- 低辐射发射 (EMI) 性能符合 EN55022 B 类标准 (注 2)
- 仅需 7 个外部组件
- 低输出电压纹波
- 无需外部散热器

系统性能

效率 $V_{IN} = 24\text{ V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$


30151302

热降额曲线

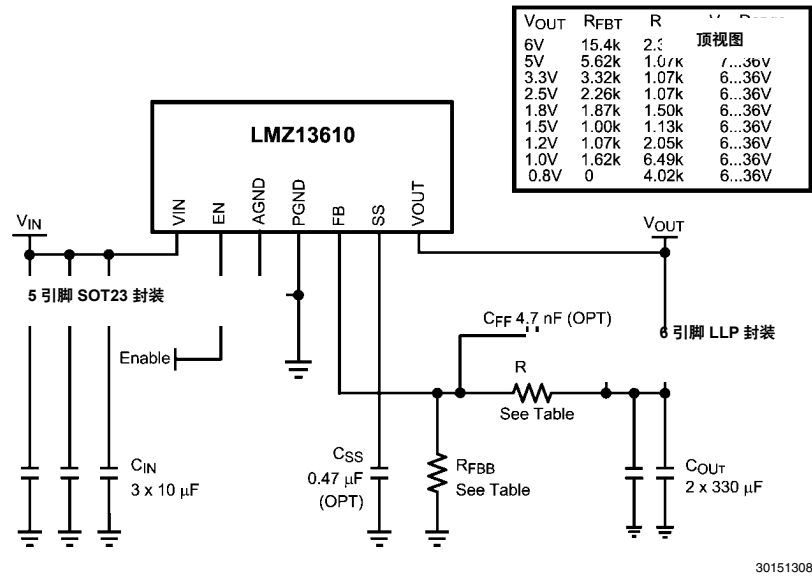
 $V_{IN} = 24\text{ V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$


30151303

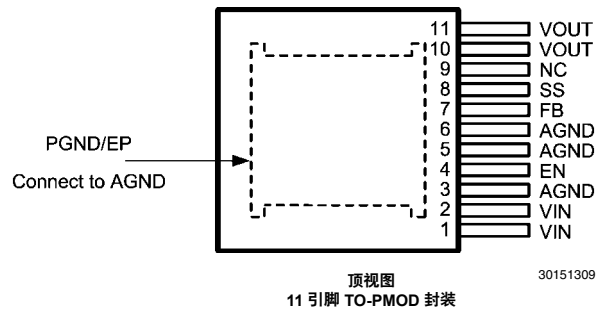
注 1: θ_{JA} 在一块 75 mm x 90 mm 的 4 层 PCB 上进行测量。

注 2: EN 55022:2006, +A1:2007, FCC Part 15 Subpart B。

简化的应用原理图



连线图



订购信息

订购编号	封装类型	NSC 封装图例	装运方式
LMZ13610TZ	TO-PMOD-11	TZA11A	32, 导轨
LMZ13610TZE	TO-PMOD-11	TZA11A	250, 带装和卷装

引脚说明 – 5 引脚 SOT23 封装

引脚	名称	说明
1、2	VIN	电源输入 – 标称工作范围为 6 V 至 36 V。在封装组件内部包含一个小数值的内部电容。在该引脚和 PGND 之间需要附加的外部输入电容。
3、5、6	AGND	模拟地 – 所有标注电压的参考点。必须在外部连接至 EP / PGND。
4	EN	使能 – 高精度使能比较器的输入。上升门限为 1.274 V（典型值）。当模块被使能时，即在内部启动一个 20 μ A 源电流以提供可编程迟滞。
7	FB	反馈 – 在内部连接至调节、过压和短路比较器。在该输入引脚上，调节参考点为 0.8 V。将反馈电阻分压器连接在输出与 AGND 之间以设定输出电压。
8	SS	软起动/跟踪输入 – 如需延长 1.6 ms 的内部软起动，可连接一个外部软起动电容器。如欲实施跟踪，则连接至与一个具有较高优先级的电源轨相连的外部阻性分压器。见“应用”部分。
9	NC	未连接。该引脚必须处于浮置状态，不要接地。
10、11	VOUT	输出电压 – 来自内部电感器的输出。把输出电容器连接在该引脚和 PGND 之间。
EP	PGND	裸露焊盘 / 用于模块内部电源电路的电源接地电气路径。– 未在内部连接至 AGND / 引脚 5。用于在操作期间将热量从封装散逸出去。它必须在封装的外部电连接至引脚 5。

最大绝对额定值 (注 3)

如果需要符合军用 / 航空航天要求的器件, 请与德州仪器的销售办事处/分销商联系, 以了解供货情况与技术规格。

VIN 对 PGND	-0.3 V 至 40 V
EN 对 AGND	-0.3 V 至 5.5 V
SS、FB 对 AGND	-0.3 V 至 2.5 V
AGND 对 PGND	-0.3 V 至 0.3 V
结温	150°C
贮存温度范围	-65°C 至 150°C

ESD 敏感度 (注 4)

±2 kV

如需了解焊接规范, 可通过以下网址参阅产品文件夹:

www.national.com 和

www.national.com/ms/MS/MS-SOLDERING.pdf

工作额定值 (注 3)

VIN	6 V 至 36 V
EN	0 V 至 5.0 V
工作结温	-40°C 至 125°C

电特性 采用标准字体表示的规格仅适用于 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 的温度条件; 采用**粗体字**表示的极限值适用于 -40°C 至 $+125^\circ\text{C}$ 的结温 (T_J) 范围。表中给出的“最小”和“最大”规格限值由测试、设计或统计相关来保证。典型值代表 $T_J = 25^\circ\text{C}$ 条件下最可能采用的参数标准, 这里仅供参考。除非另有规定, 否则以下条件适用: $V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$ 。

符号	参数	条件	最小值 (注 5)	典型值 (注 6)	最大值 (注 5)	单位
系统参数						
使能控制						
V_{EN}	EN 门限	V_{EN} 逐渐上升	1.096	1.274	1.452	V
I_{EN-HYS}	EN 迟滞源电流	$V_{EN} > 1.274\text{ V}$		13		μA
软启动						
I_{SS}	SS 源电流	$V_{SS} = 0\text{ V}$	40	50	60	μA
t_{SS}	内部软启动间隔			1.6		msec
电流限值						
I_{CL}	电流限制门限	直流平均值	12.5			A
内部开关振荡器						
f_{OSC}	自由运行振荡器频率		314	359	404	kHz
调节和过压比较器						
V_{FB}	调节状态反馈电压	$V_{SS} > +0.8\text{ V}$ $I_O = 10\text{ A}$	0.775	0.795	0.815	V
V_{FB-OV}	反馈过压保护门限			0.86		V
I_{FB}	反馈输入偏置电流			5		nA
I_O	未执行开关操作时的静态电流			3		mA
I_{SD}	关断模式静态电流	$V_{EN} = 0\text{ V}$		32		μA
D_{max}	最大占空因数			85		%
热特性						
T_{SD}	热关断	逐渐上升		165		$^\circ\text{C}$
$T_{SD-HYST}$	热关断迟滞	逐渐下降		15		$^\circ\text{C}$
θ_{JA}	结点至环境 (注 7)	空气自然对流		9.9		$^\circ\text{C/W}$
		225 LFPM		6.8		
		500 LFPM		5.2		
θ_{JC}	结点至外壳			1.0		$^\circ\text{C/W}$
性能参数 (注 8)						
ΔV_O	输出电压纹波	带宽 (BW) 在 20 MHz		24		mV PP
$\Delta V_O / \Delta V_{IN}$	线路输入电压调节	$V_{IN} = 12\text{ V}$ 至 20 V , $I_{OUT} = 10\text{ A}$		±0.2		%
$\Delta V_O / \Delta I_{OUT}$	负载调节	$V_{IN} = 12\text{ V}$, $I_{OUT} = 0.001\text{ A}$ 至 10 A		1		mV/A
η	峰值效率	$V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT} = 5\text{ A}$		89.5		%
η	满负载效率	$V_{IN} = 12\text{ V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$, $I_{OUT} = 10\text{ A}$		87.5		%

注 3：最大绝对额定值为极限值，在超过这些限值的条件下工作有可能损坏器件。工作额定值系指器件预期的运行条件。如需了解有保证的规格指标及测试条件，请参阅“电特性”。

注 4：人体模型指的是一个 100 pF 电容器通过一个 1.5 k Ω 电阻器向每个引脚放电。测试方法按照 JESD-22-114 标准执行。

注 5：“最小”和“最大”极限值在 25°C 温度条件下进行了全面的生产测试。工作温度范围内的极限值通过采用“统计质量控制 (SQC)”法的相关性来保证。这些极限值用于计算 TI 的平均出厂质量水平 (AOQL)。

注 6：典型值针对 25°C 的温度条件，并代表最可能采用的参数标准。

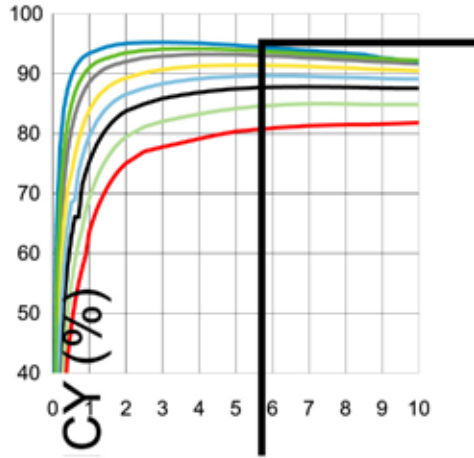
注 7： θ_{JA} 在一块 3.0" x 3.5" 的 4 层电路板上测量（在外层上采用两盎司铜，在内层上采用一盎司铜，210 个 12 密耳热过孔，2 W 功率耗散）。参阅评估板应用笔记布局示意图。

注 8：参阅“[典型应用材料清单 — 表 1](#)”中的 BOM。

典型性能特征

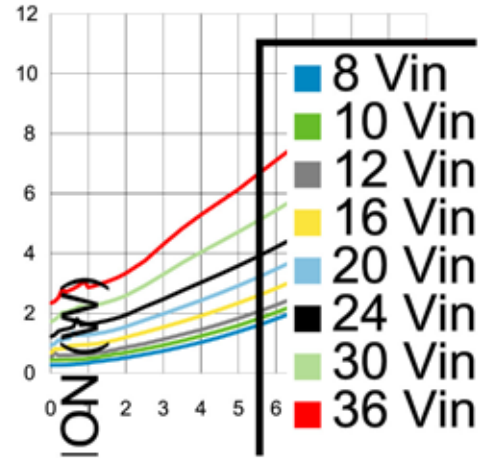
除非另有说明，否则以下条件适用： $V_{IN} = 12\text{ V}$ ； $C_{IN} = 3 \times 10\text{ }\mu\text{F} + 47\text{ nF X7R 陶瓷}$ ； $C_{OUT} = 2 \times 330\text{ }\mu\text{F 特殊聚合物} + 47\text{ }\mu\text{F 陶瓷} + 47\text{ nF 陶瓷}$ ； $C_{FF} = 4.7\text{ nF}$ ；环境温度 = 25°C （针对波形）。所有的标示温度均为环境温度值。

效率（5.0 V 输出，在 25°C ）



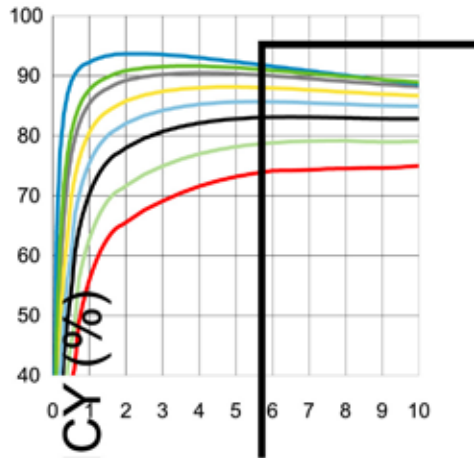
30151334

功率耗散（5.0 V 输出，在 25°C ）



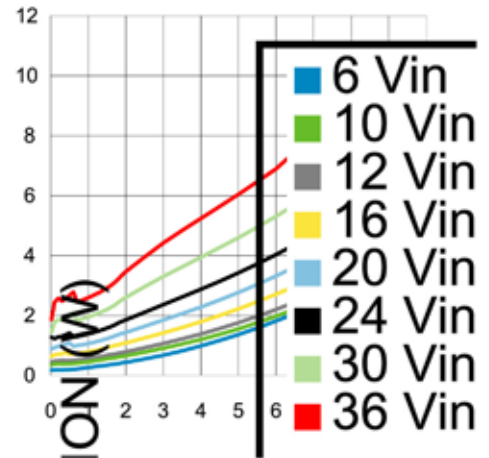
30151335

效率（3.3 V 输出，在 25°C ）



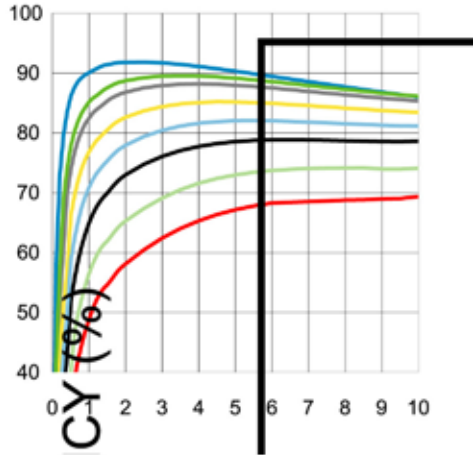
30151336

功率耗散（3.3 V 输出，在 25°C ）

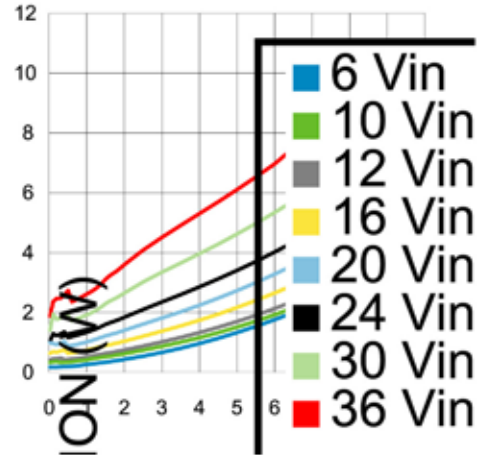


30151337

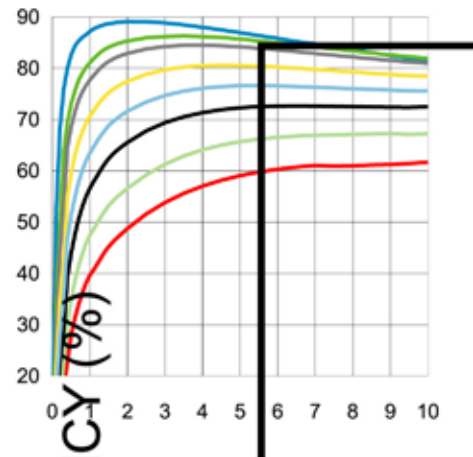
效率 (2.5 V 输出, 在 25°C)



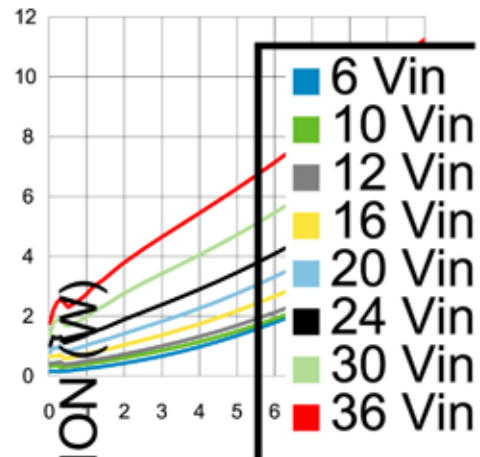
功率耗散 (2.5 V 输出, 在 25°C)



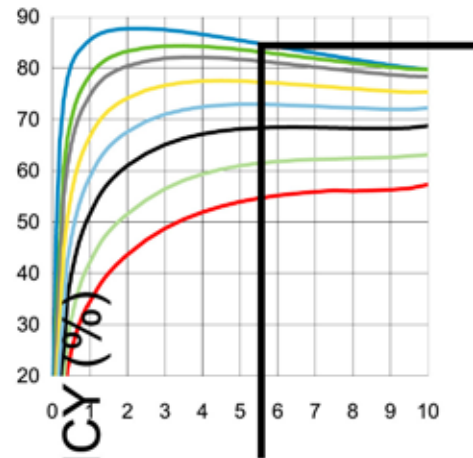
效率 (1.8 V 输出, 在 25°C)



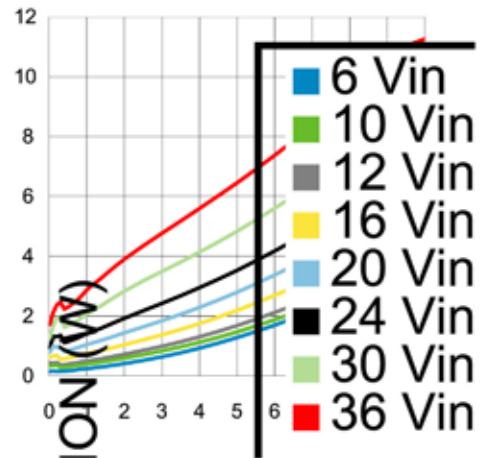
功率耗散 (1.8 V 输出, 在 25°C)



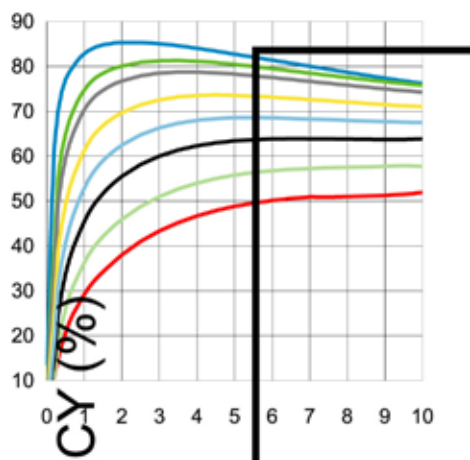
效率 (1.5 V 输出, 在 25°C)



功率耗散 (1.5 V 输出, 在 25°C)

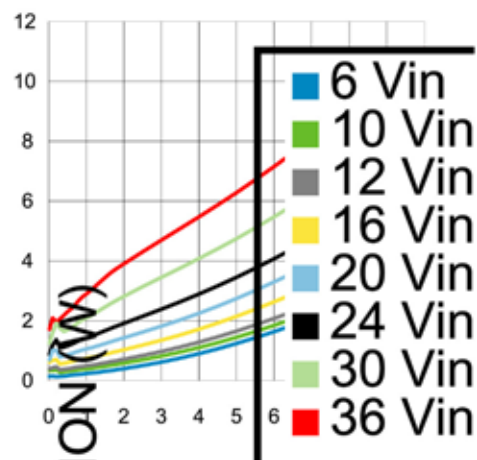


效率 (1.2 V 输出, 在 25°C)



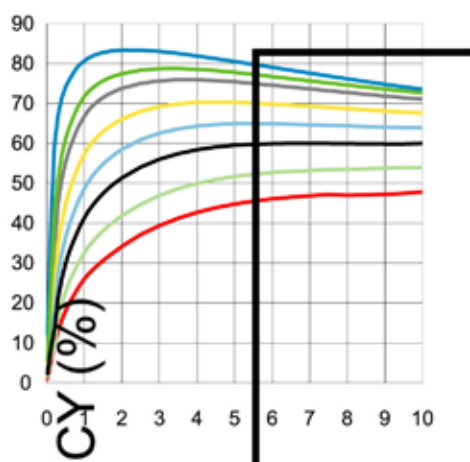
30151344

功率耗散 (1.2 V 输出, 在 25°C)



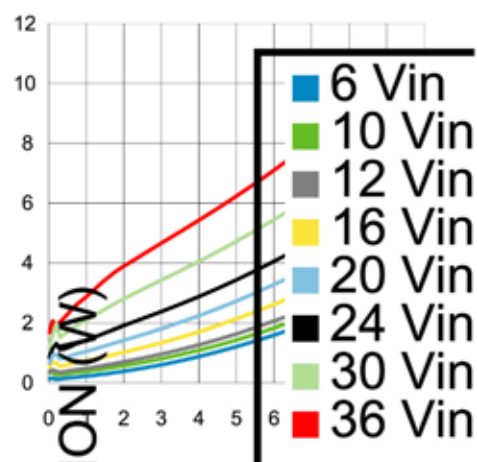
30151345

效率 (1.0 V 输出, 在 25°C)



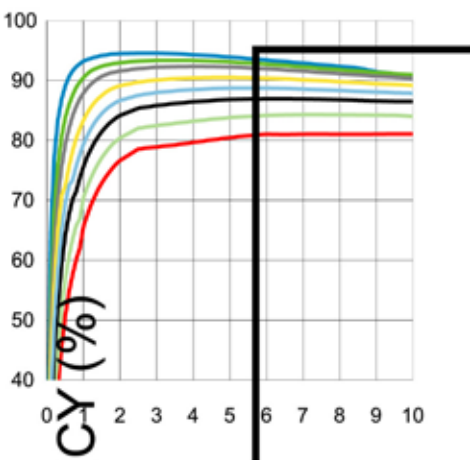
30151346

功率耗散 (1.0 V 输出, 在 25°C)



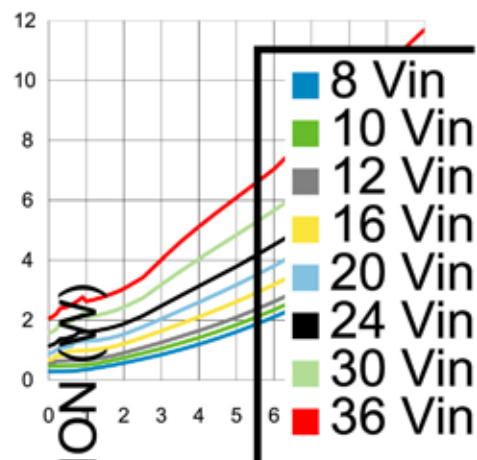
30151347

效率 (5.0 V 输出, 在 85°C)



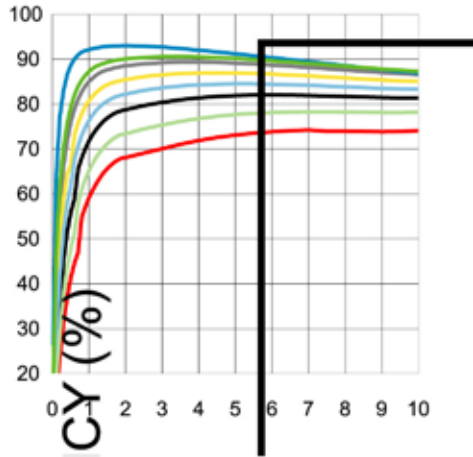
30151348

功率耗散 (5.0 V 输出, 在 85°C)



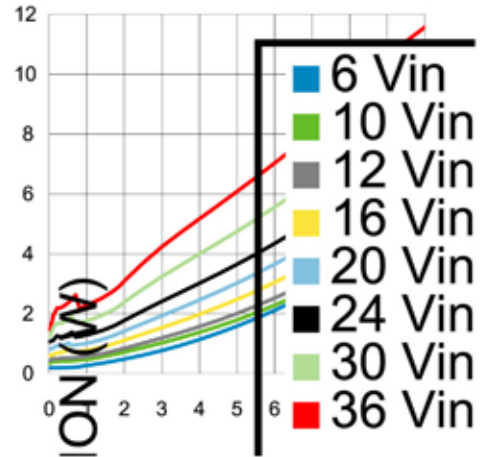
30151349

效率 (3.3 V 输出, 在 85°C)



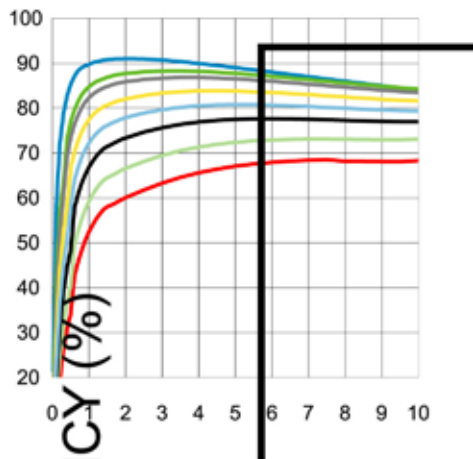
30151350

功率耗散 (3.3 V 输出, 在 85°C)



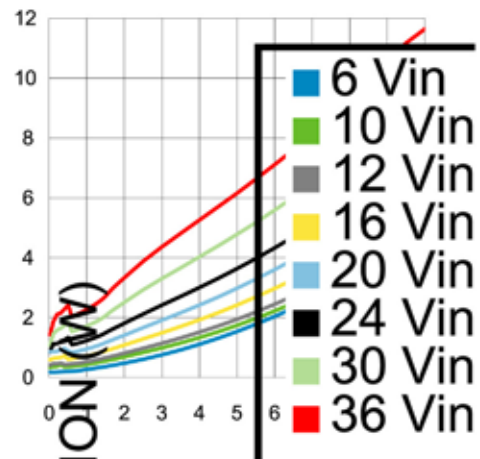
30151351

效率 (2.5 V 输出, 在 85°C)



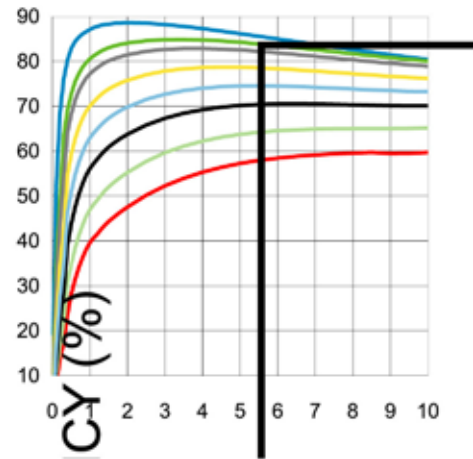
30151352

功率耗散 (2.5 V 输出, 在 85°C)



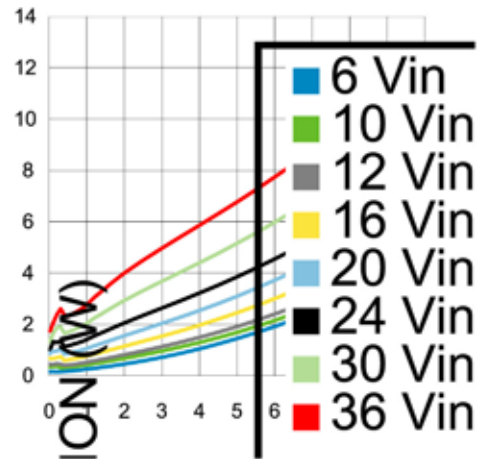
30151353

效率 (1.8 V 输出, 在 85°C)



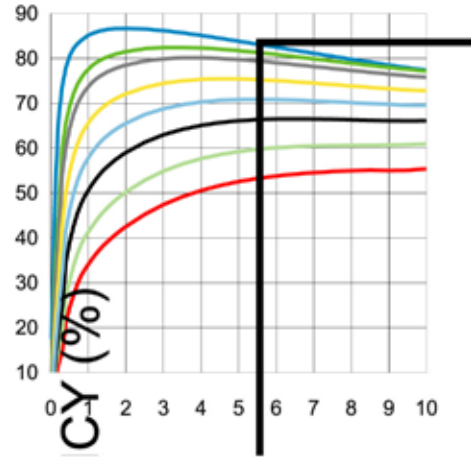
30151354

功率耗散 (1.8 V 输出, 在 85°C)



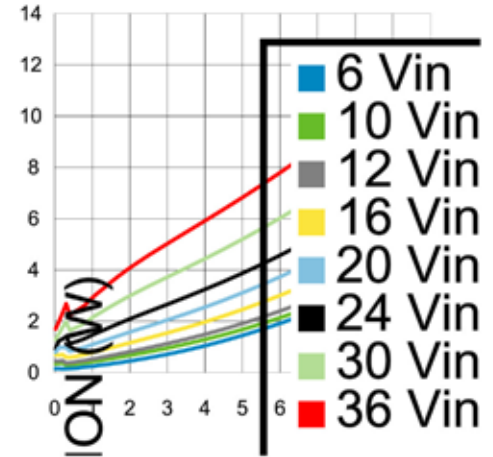
30151355

效率 (1.5 V 输出, 在 85°C)



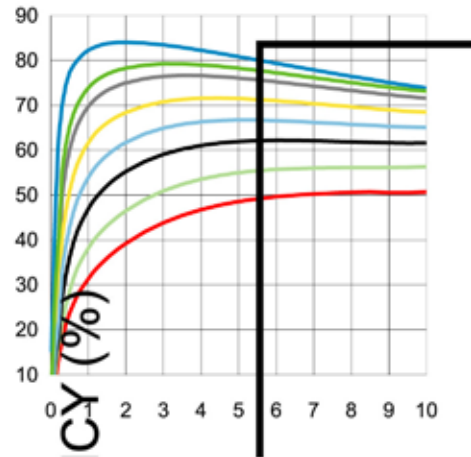
30151356

功率耗散 (1.5 V 输出, 在 85°C)



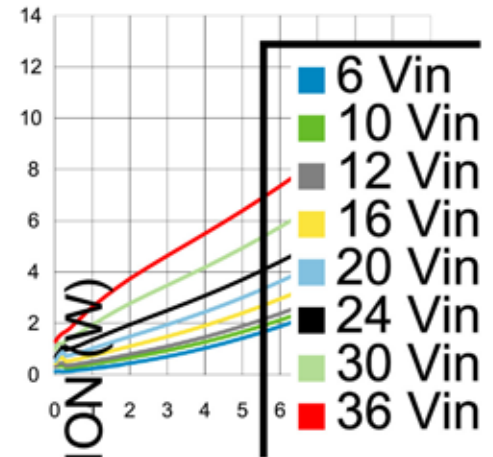
30151357

效率 (1.2 V 输出, 在 85°C)



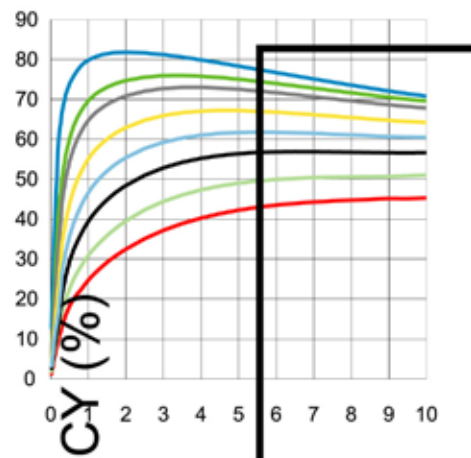
30151358

功率耗散 (1.2 V 输出, 在 85°C)



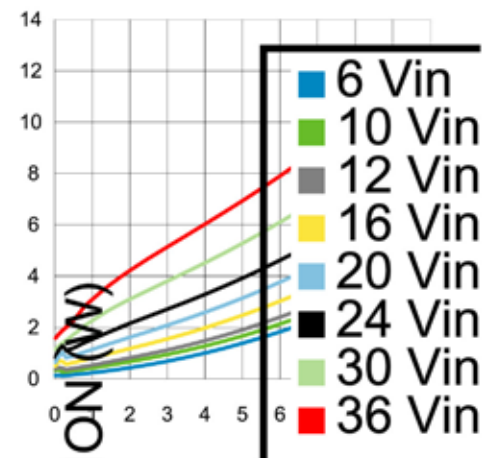
30151359

效率 (1.0 V 输出, 在 85°C)

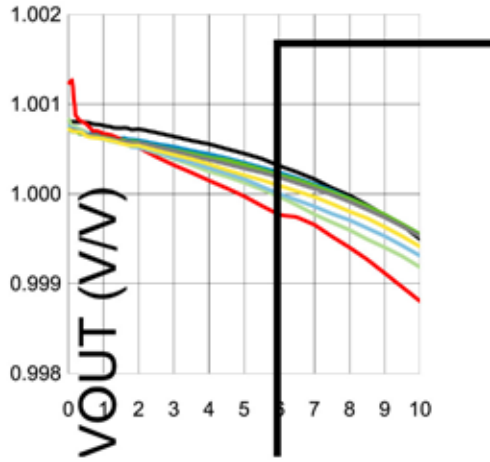


30151360

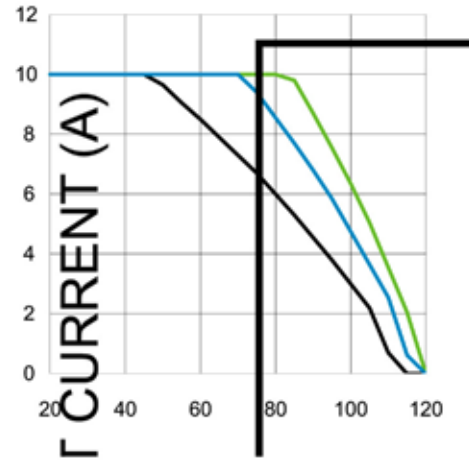
功率耗散 (1.0 V 输出, 在 85°C)



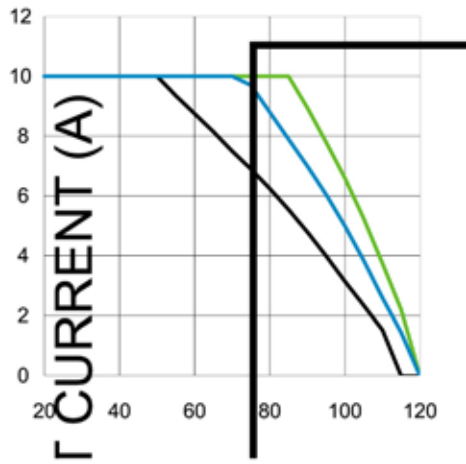
30151361

归一化线路输入电压和负载调节 $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$ 

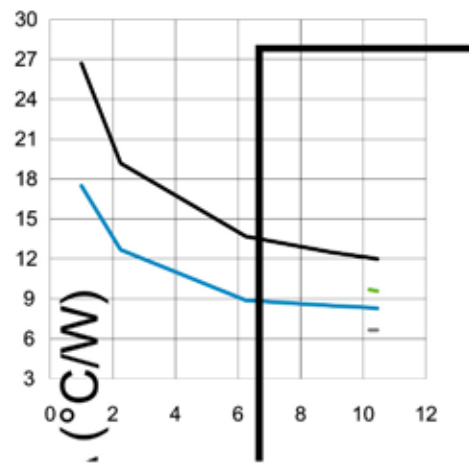
30151362

热降额 $V_{IN} = 24\text{ V}$, $V_{OUT} = 5.0\text{ V}$ 

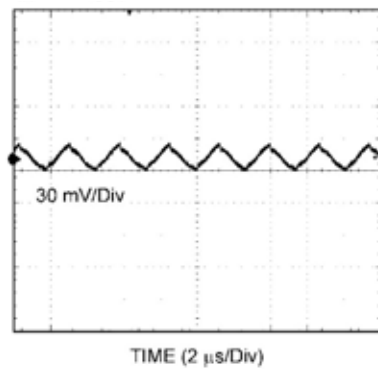
30151363

热降额 $V_{IN} = 24\text{ V}$, $V_{OUT} = 3.3\text{ V}$ 

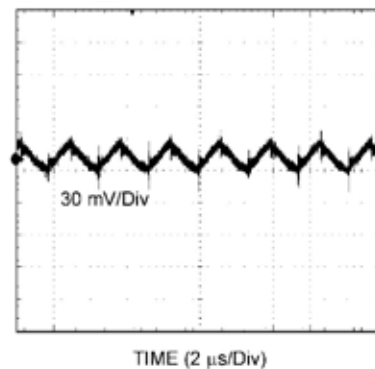
30151364

 θ_{JA} 与铜散热面积的关系曲线

30151365

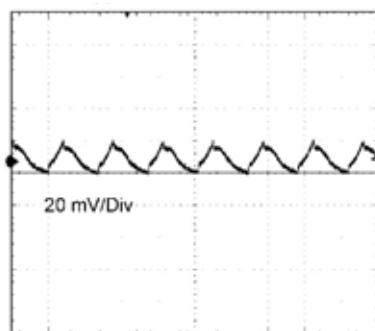
输出纹波
 12 V_{IN} , 5.0 V_{OUT} (在满负载, 带宽 = 20 MHz)

30151366

输出纹波
 12 V_{IN} , 5.0 V_{OUT} (在满负载, 带宽 = 250 MHz)

30151369

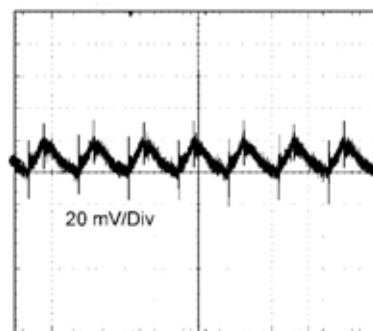
输出纹波
12 V_{IN}, 3.3 V_{OUT} (在满负载, 带宽 = 20 MHz)



TIME (2 μs/Div)

30151367

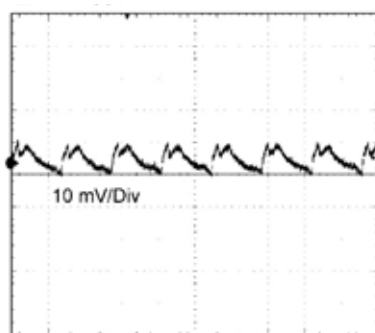
输出纹波
12 V_{IN}, 3.3 V_{OUT} (在满负载, 带宽 = 250 MHz)



TIME (2 μs/Div)

30151370

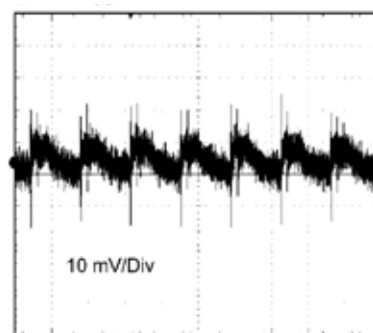
输出纹波
12 V_{IN}, 1.2 V_{OUT} (在满负载, 带宽 = 20 MHz)



TIME (2 μs/Div)

30151368

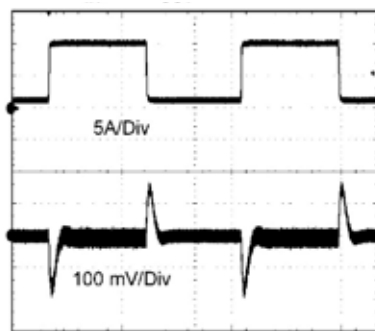
输出纹波
12 V_{IN}, 1.2 V_{OUT} (在满负载, 带宽 = 250 MHz)



TIME (2 μs/Div)

30151371

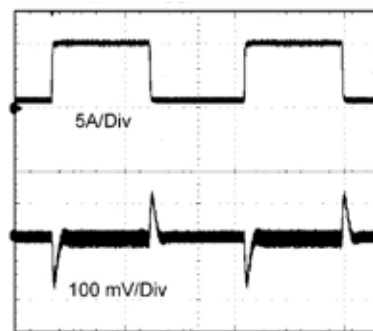
瞬态响应
12 V_{IN}, 5.0 V_{OUT} (1 A 至 10 A 阶跃)



TIME (500 μs/Div)

30151372

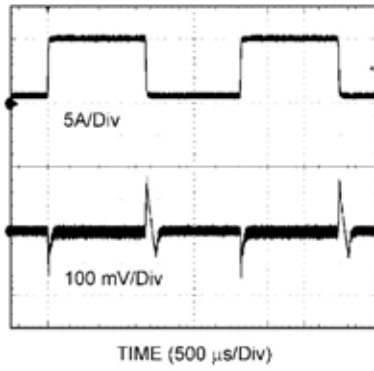
瞬态响应
12 V_{IN}, 3.3 V_{OUT} (1 A 至 10 A 阶跃)



TIME (500 μs/Div)

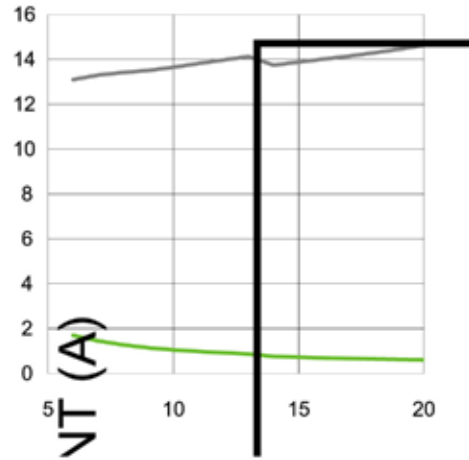
30151373

瞬态响应
12 V_{IN}, 1.2 V_{OUT} (1 A 至 10 A 阶跃)



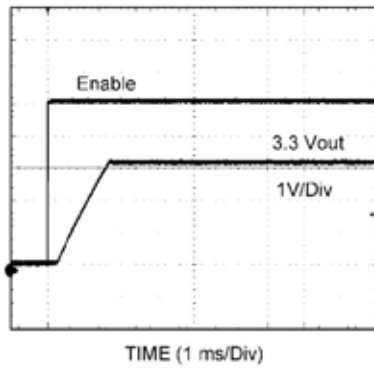
30151374

短路电流与输入电压的关系曲线



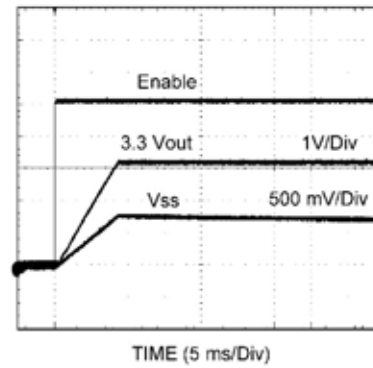
30151376

3.3 V_{OUT} 软起动, 无 C_{SS}



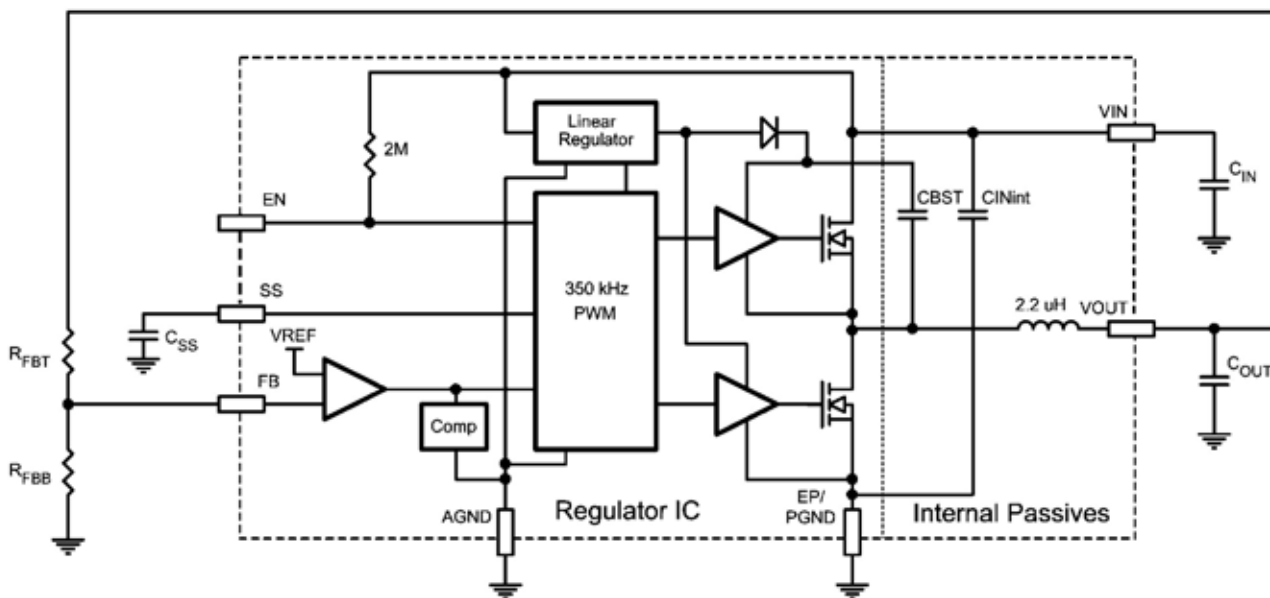
30151378

3.3 V_{OUT} 软起动, C_{SS} = 0.47 μF



301513a4

方框图



30151378

一般说明

LMZ13610 SIMPLE SWITCHER® 电源模块是一款简单易用的降压型 DC-DC 解决方案，能驱动高达 10 A 的负载。LMZ13610 采用一种创新型封装，此封装增强了散热性能，并允许进行手工焊接或机器焊接。

LMZ13610 可接受一个介于 6 V 和 36 V 之间的输入电压轨，并提供一个低至 0.8 V 的可调和高度准确的输出电压。LMZ13610 仅需 2 个外部电阻器和 3 个外部电容器即可构成完成的电源解决方案。LMZ13610 是一款可靠且稳健的设计，其具有以下保护功能：热关断、输入欠压闭锁、输出过压保护、短路保护、输出电流限制，并可启动一个预偏置输出。

LMZ13610 应用的设计步骤

LMZ13610 得到了 Webench® 设计工具的全面支持，该工具可提供：组件选择、电气和热性能仿真。此外，还配有可用作设计起点的评估板和演示板。下列步骤可用于 LMZ13610 应用的人工设计。

组件数值的所有参考可查阅典型应用原理图（图 4）。

利用使能分压电阻器来选择最小工作 V_{IN}

通过选择 FB 电阻分压器来设置 V_{OUT}

选择 C_{OUT}

选择 C_{IN}

确定模块的功率耗散

根据热性能要求进行 PCB 的布局

使能分压器（ R_{ENT} 、 R_{ENB} 和 R_{ENH} ）的选择

在模块的内部，有一个 2 M Ω 上拉电阻器连接于 V_{IN} 和使能引脚之间。对于不需要精准欠压闭锁（UVLO）的应用，可以把使能输入置于开路状态，内部电阻器将始终使能模块。在此类场合中，内部 UVLO 通常出现在 4.3 V（ V_{IN} 逐渐上升）。

在具有单独监控电路的应用中，可把使能输入直接连接到一个逻辑

电源。在电源排序的场合，分压器连接至一个电源轨，此电源轨在上电周期中将早于 LMZ13610 的输出电源轨变至运行状态。

使能引脚提供了一个精准的 1.274 V 门限，以实现直接逻辑电源驱动，或者连接至一个从某个较高使能电压（比如： V_{IN} ）引出的分压器。此外，还有一个 13 μ A（典型值）的开关偏移电流，因而能提供可编程迟滞。见图 1。

使能分压器的作用是让设计人员能够选择一个输入电压，低于此输入电压时电路将被停用。这实现了可编程 UVLO 功能。应根据下面的比值来选择两个电阻器：

$$R_{ENT} / R_{ENB} = (V_{IN\ UVLO} / 1.274\ V) - 1 \quad (1)$$

如 LMZ13610 典型应用所示， R_{ENB} 为 12.7 k Ω ， R_{ENT} 为 42.2 k Ω ，由此产生的上升 UVLO 为 5.51 V。请注意，当 V_{IN} 被提升至 20 V 时，该分压器将向 EN 输入提供 4.62 V 电压。应始终检查此上限电压，以确定其决不超过针对使能的 5.5 V 最大绝对限值。在上限电压将超过 EN 输入的工作范围的情况下，可采用一个 5.1 V 齐纳箝位。假如目标应用禁止超过最大使能输入电压，那么就不需要该齐纳箝位。

通过内置 R_{ENH} 可增加额外的使能电压迟滞。可以通过选择适当的 R_{ENT} 和 R_{ENB} 阻值以使 R_{ENH} 的数值为零，这样就可以把它从设计中去掉。

上升门限可按下式计算：

$$V_{EN(rising)} = 1.274 (1 + (R_{ENT} \parallel 2\ \text{meg}) / R_{ENB}) \quad (2)$$

而下降门限电平则可采用下式来计算：

$$V_{EN(falling)} = V_{EN(rising)} - 13\ \mu\text{A} (R_{ENT} \parallel 2\ \text{meg} \parallel R_{ENTB} + R_{ENH}) \quad (3)$$

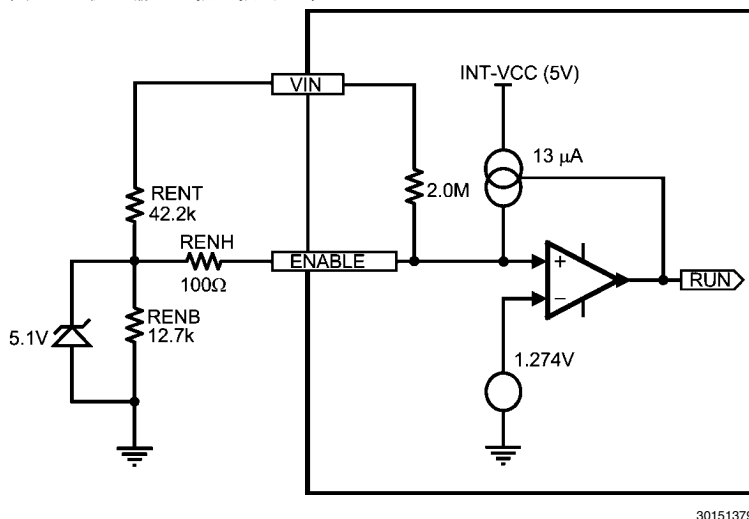


图 1：使能输入细节

输出电压的选择

输出电压由两个连接在 V_{OUT} 和 AGND 之间的电阻器所构成的分压器来决定。该分压器的中点连接至 FB 输入。

由外部分压电阻器 R_{FBT} 和 R_{FBB} 决定的稳定输出电压为：

$$V_{OUT} = 0.795 \text{ V} * (1 + R_{FBT} / R_{FBB}) \quad (4)$$

重新整理公式项：针对某一期望输出电压的反馈电阻器比值为：

$$R_{FBT} / R_{FBB} = (V_{OUT} / 0.795 \text{ V}) - 1 \quad (5)$$

这些电阻器一般应从 1.0 k Ω 至 10.0 k Ω 的阻值范围内选择。

当 $V_{OUT} = 0.8 \text{ V}$ 时，FB 引脚可以直接连接至输出端，而且 R_{FBB} 可设定为 8.06 k Ω ，以提供最小输出负载。

第 2 页上的“简化的应用原理图”中包含一张 R_{FBT} 和 R_{FBB} 的阻值表。

软起动电容器的选择

可编程软起动功能允许稳压器在被使能之后缓慢地爬升至其稳态操作点，从而减小来自输入电源的浪涌电流并减缓输出电压上升时间。

接通时，在所有的 UVLO 条件消逝之后，一个内部 1.6 msec 电路使 SS 输入缓慢爬升以实现内部软起动。如果 1.6 msec 是一个足够的接通时间，那么就不必布设 C_{SS} 电容器。给该输入增设一个外部电容器可延长软起动周期。

软起动周期由下式给出：

$$t_{SS} = V_{REF} * C_{SS} / I_{SS} = 0.795 \text{ V} * C_{SS} / 50 \mu\text{A} \quad (6)$$

可以将 (6) 式重新整理如下：

$$C_{SS} = t_{SS} * 50 \mu\text{A} / 0.795 \text{ V} \quad (7)$$

采用一个 0.22 μF 电容器将产生 3.5 msec 的典型软起动周期；而使用 0.47 μF 电容器则产生 7.5 msec（典型值）的软起动周期。0.47 μF 是推荐的初值。

当软起动输入超过 0.795 V 时，功率级的输出将处于调节状态，而且 50 μA 的电流将被停用。请注意，以下条件将通过利用一个内部电流宿 (current sink) 把 SS 输入放电至地而使软起动电容器复位。

使能输入被拉至低电平

某种热关断状态

V_{IN} 降低至低于 4.3 V（典型值）并触发 V_{CC} UVLO

跟踪电源分压器选项

跟踪功能允许将模块作为从电源连接至一个主电压轨（常常是 3.3 V 系统电压轨），这里，从模块的输出电压低于主模块的输出电压。正确的配置将允许从电源轨的上电与主电源轨相重合，从而使得斜坡上升期间电源轨之间的电压差很小（即：通常小于 0.15 V）。跟踪阻性分压器的元件数值选择应使内部 50 μA 电流源的影响最小化。在大多数场合中，跟踪分压电阻器的比值与输出电压设定分压器的比值相同。跟踪模式中的正确操作要求从电

源轨的软起动时间短于主电源轨；这是一个很容易满足的条件，因为 C_{SS} 电容器被 R_{TKB} 所取代。对于跟踪功能的支持仅限于主电源的上电间隔；一旦 SS/TRK 上升并越过 0.795 V，则不再使能输入且 50 μA 内部电流源被关断。

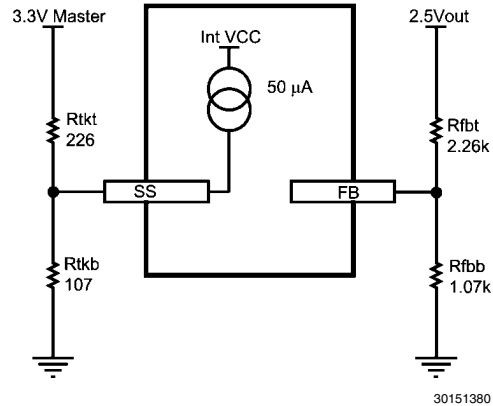


图 2：跟踪选项输入细节

C_{OUT} 的选择

模块内部不包含任何需要的 C_{OUT} 输出电容。根据误差放大器中的内部补偿组件数值，所需的最小电容值介于 330 μF （对于 6 V_{OUT} 应用）和 660 μF （对于 1.2 V_{OUT} 应用）之间。如果电容器的实际 ESR 高于 15 m Ω ，则可减低这些最小值。

为了获得尽可能低的纹波，建议将一个低 ESR (15 m Ω) 钽电容器、有机半导体电容器或特殊聚合物电容器与一个 47 nF X7R 陶瓷电容器相并联以实现高频降噪。输出电容器 C_{OUT} 可以由若干个布设在模块附近的电容器并联组成。

输出电容器组件也必须满足 Δi_L 的最坏情况额定纹波电流 — 按下面的 (18) 式计算。除此之外，增加电容将降低输出纹波，只要 ESR 低至足以允许这么做即可。环路响应验证对于确认闭环运行状态也是非常有用的。

对于具有动态负载阶跃的应用：下式提供了一种针对负载瞬态要求的上佳 C_{OUT} 首过近似 (first pass approximation)。

$$C_{OUT} \geq \frac{I_{step}}{(\Delta V_{OUT} - I_{STEP} \times ESR) \times \left(\frac{f_{sw}}{V_{OUT}} \right)} \quad (8)$$

对于 12 V_{IN} ，3.3 V_{OUT} ， V_{OUT} 5% 的瞬态电压 = 0.615 V (ΔV_{OUT})，9 A 负载阶跃 (I_{STEP})，3 m Ω 的输出电容器有效 ESR 和 350 kHz 的开关频率 (f_{SW})：

$$C_{OUT} \geq \frac{9A}{(0.165V - 9A \times 0.003) \times \left(\frac{350e3}{3.3V} \right)} \geq 615 \mu\text{F} \quad (9)$$

需要注意的是，必须始终满足针对最小输出电容的稳定性要求。

一种推荐的输出电容器组合是：两个 330 μF 、15 m Ω ESR 钽聚合物电容器与一个 47 μF 6.3 V X5R 陶瓷电容器并联连接。这种组合将提供有可能超过某些应用之要求的卓越性能。此外，还可以使用一些 47 nF 的小陶瓷电容器，用于抑制高频 EMI。

C_{IN} 的选择

LMZ13610 模块包含两个内部陶瓷输入电容器。需要在模块的外部增设输入电容以处理应用的输入纹波电流。输入电容器可以由若干个并联的电容器组成。该输入电容应置于非常靠近模块的地方。输入电容器的选择一般是必需满足输入纹波电流要求，而不是电容值。输入纹波电流额定值由下式决定：

$$I_{CIN-RMS} = I_{OUT} \times \sqrt{D(1-D)} \quad (10)$$

式中， $D \approx V_{OUT} / V_{IN}$ 。

（作为一个参考，最坏情况纹波电流将出现在模块被施加满载电流时以及当 $V_{IN} = 2 * V_{OUT}$ 时）。

推荐的最小输入电容为 30 μF X7R（或 X5R）陶瓷电容器，其额定电压至少应比给应用施加的最大输入电压高出 25%。另外，还建议对选定电容器的电压和温度降额给予关注。应当指出的是：在电容器的数据表中可能并未提供陶瓷电容器的额定纹波电流，您也许不得不联系电容器制造商以获取该参数。

假如系统设计要求保持某个特定的峰至峰输入纹波电压 (ΔV_{IN}) 最小值，则可使用下面的公式。

$$C_{IN} \geq \frac{I_{OUT} \times D \times (1-D)}{f_{SW} \times \Delta V_{IN}} \quad (11)$$

对于 12 V 输入至 3.3 V 输出应用，倘若 ΔV_{IN} 为 200 mV（即 V_{IN} 的 1.66%），且 $f_{SW} = 350$ kHz，则：

$$C_{IN} \geq \frac{10A \times \left(\frac{3.3V}{12V}\right) \times \left(1 - \frac{3.3V}{12V}\right)}{350 \text{ kHz} \times 200 \text{ mV}} \geq 28 \mu F \quad (12)$$

如欲衰减输入电容和输入电源线寄生电感的任何谐振效应，那么可能需要增加具有较高 ESR 的大电容。LMZ13610 典型应用原理图和评估板包括一个起该作用的 150 μF 50 V 铝电容器。有许多场合是不需要使用这个电容器的。

功率耗散和电路板散热要求

当计算模块功率耗散时，将采用应用的最大输入电压和平均输出电流。在特性曲线中提供了许多常见的工作条件，这样那些不太常见的应用就可通过插值进行推导。在所有的设计中，都必须把结温保持在 125°C 的最大额定值以下。

对于 $V_{IN} = 12$ V， $V_{OUT} = 3.3$ V， $I_{OUT} = 10$ A 和 $T_{A-MAX} = 50^\circ\text{C}$ 的设计案例，模块必须具有低于下式计算值的外壳至环境热阻 (θ_{CA})：

$$\theta_{CA} < \frac{T_{J-MAX} - T_{A-MAX}}{P_{IC_LOSS}} - \theta_{JC} \quad (13)$$

假定结点至外壳的典型热阻 (θ_{JC}) 为 1.0°C/W。使用“典型性能特征”部分中的 85°C 功率耗散曲线来估算所设计之应用的 P_{IC_LOSS} 。在本应用中，其为 5.3 W。

$$\theta_{CA} < \frac{125^\circ\text{C} - 50^\circ\text{C}}{5.3 \text{ W}} - 1.0 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} < 13.15 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \quad (14)$$

为了达到 $\theta_{CA} = 13.15$ ，PCB 需要高效地散逸热量。当没有气流和外部散热器时，所需电路板面积（在顶部和底部金属层上均覆有 2 盎司铜箔）的合适估计值为：

$$\text{Board Area}_{\text{cm}^2} \geq \frac{500}{\theta_{CA}} \cdot \frac{^\circ\text{C} \times \text{cm}^2}{\text{W}} \quad (15)$$

因此，对于本 PCB 设计实例来说，所需的最小面积大约为 38.02 cm²（在顶层和底层上覆有 2 盎司铜箔）。这是 6.16 x 6.16 cm (2.42 x 2.42 英寸) 的占板面积。PCB 铜散热器必须连接至裸露焊盘。为了获得最佳的性能，可采用大约 100 个彼此间隔 59 密耳 (1.5 mm) 的 12 密耳 (305 μm) 热过孔将顶层铜箔连接至底层铜箔。

另一种估测设计温升的方法是采用 θ_{JA} 。针对不同的散热铜面积和气流， θ_{JA} 估计值可从典型应用曲线获得。假设我们的设计所要求的工作条件与前面一样，但具有 225 LFPM 的气流。我们可以确定所需的 θ_{JA} 为：

$$\theta_{JA} < \frac{T_{J-MAX} - T_{A-MAX}}{P_{IC_LOSS}}$$

$$\theta_{JA} < \frac{(125 - 50)^\circ\text{C}}{5.3 \text{ W}} < 14.15 \frac{^\circ\text{C}}{\text{W}} \quad (16)$$

在“ θ_{JA} 与铜散热面积的关系曲线”图中，该应用所需要的铜面积现在仅为 2 平方英寸。气流的存在使得所需的散热面积减小为原来的 1/3。

如欲进一步减小用于散热的铜面积，该封装还可使用 D3-PAK 表面贴装型散热器。

如需了解针对 SIMPLE SWITCHER® 电源模块的高散热性能 PCB 布局实例，请参阅 AN-2093、AN-2084、AN-2125、AN-2020 和 AN-2026。

PC 板布局指引

PC 板布局是 DC-DC 转换器设计的一个重要环节。糟糕的电路板布局会由于引发 EMI、接地反跳和走线中的阻性电压降而损害 DC-DC 转换器及周围电路的性能。这些会向 DC-DC 转换器发送错误信号，进而导致调节性能或稳定性欠佳。遵循一些简单的设计规则就能实现优良的布局。图 5 示出了一款良好的布局实例。

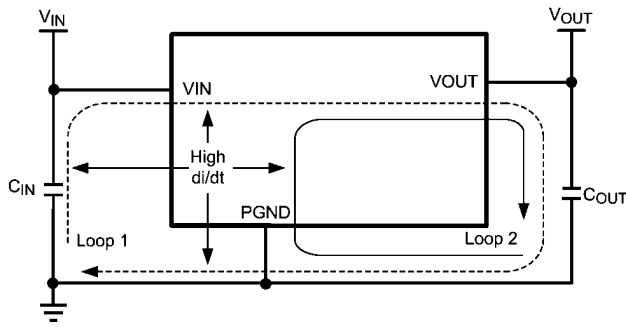


图 3：大电流环路

30151381

1、尽量缩小开关电流环路的面积。

如上图所示，从降低 EMI 的角度来看，在 PCB 板布局过程中必须最大限度地压缩高 di/dt 路径。不重叠的大电流环路具有高 di/dt 分量，如果输入电容器 (V_{IN}) 的安放位置与 LMZ13610 有一定的距离，那么该分量就将在输出引脚上招致显著的高频噪声。所以，应将 C_{IN} 布设在尽可能靠近 LMZ13610 V_{IN} 和 PGND 裸露焊盘的地方。这将最大限度地缩小高 di/dt 面积，并降低辐射 EMI。此外，输入和输出电容器的接地都应包括一个连接至 PGND 裸露焊盘 (EP) 的局部顶端平面。

2、拥有一个单点接地。

用于反馈、软启动和使能组件的接地连线应路由至器件的 AGND 引脚。这样做能防止任何开关电流或负载电流流入模拟接地走线。如果处置不当，则不良的接地会导致负载调节性能下降或不稳定的输出电压纹波状态。此外，应提供从引脚 4 (AGND) 至 EP/PGND 的单点接地连线。

3、尽量缩短至 FB 引脚的走线长度。

两个反馈电阻器 (R_{FBT} 和 R_{FBB}) 都应安放在靠近 FB 引脚的地方。由于 FB 节点为高阻抗，故需维持尽可能小的铜面积。从 R_{FBT} 、 R_{FBB} 引出的走线应远离 LMZ13610 本体，以最大限度地减少可能的噪声拾拾。

4、使输入和输出总线接线尽量宽阔。

这么做可减少转换器输入或输出端上的任意电压降，并最大限度地提高效率。为了优化负载上的电压准确度，需确保将一根单独的反馈电压检测走线连接至负载。这样做将能够校正电压降并提供最优的输出准确度。

5、提供足够的器件散热。

使用一排散热过孔把裸露焊盘连接至 PCB 底层上的接地平面。如果 PCB 具有多个铜层，那么这些热过孔也可连接至内层散热接地平面。为了获得最佳的散热效果，可使用一个 10×10 或更大的过孔阵列，这些过孔的间距为 46.8 密耳 (1.5 mm)，最小过孔直径为 12 密耳 (305 μm)。应确保将足够的铜面积用于散热，以使结温低于 125°C 。

其他特性

输出过压保护

如果 FB 引脚上的电压高于 0.86 V 内部基准，则把误差放大器的输出拉至接近地电位，从而导致 V_{OUT} 下降。

电流限制

低端 (LS) 和高端 (HS) 电流限制电路均对 LMZ13610 提供了保护作用。LS 电流限制检测通过监视流过 LS 同步 MOSFET 的电流在关断时间里执行。看一下“功能方框图”，当上端 MOSFET 断开时，电感器电流将流经负载、PGND 引脚和内部同步 MOSFET。假如该电流超过 13 A (典型值)，则电流限值比较器将禁止下一个开关周期的开始。开关周期在电流降至限值以下之前将被禁止。另外，还需注意的是：DC 电流限值取决于占空比，如“典型应用”部分中的曲线图所示。HS 电流限制电路负责监视上端 MOSFET 的电流。一旦检测到 HS 电流限值 (典型值为 16 A)，则 HS MOSFET 将被立即关断，直到下一个周期为止。超过 HS 电流限值将导致 V_{OUT} 下降。超过 LS 电流限值时的典型运行状态是 f_{SW} 下降至工作频率的 1/2。

热保护

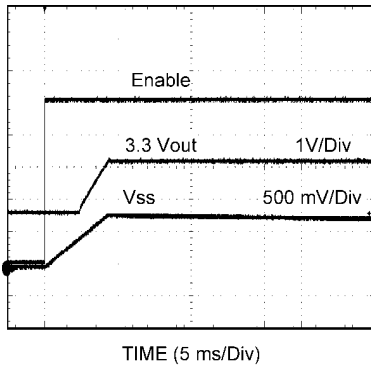
不得允许 LMZ13610 的结温超过其最大额定值。热保护功能由一个在 165°C (典型值) 时启动的内部热关断电路实现，此电路将使器件进入一种低功耗待机模式。在该状态下，主 MOSFET 保持断开 (导致 V_{OUT} 下降)，此外 C_{SS} 电容器被放电至地。热保护功能有助避免由于意外的器件过热而引发灾难性的故障。当结温回降至 150°C (典型迟滞 = 15°C) 以下时，SS 引脚被释放， V_{OUT} 平稳上升，并恢复正常操作。

需要最大输出电流的应用 (特别是那些处于高输入电压条件下的应用) 有可能必需在高温下增加降额幅度。

预偏置启动

LMZ13610 将正确地启动一个预偏置输出。在多电源轨逻辑应用中 (这里，在启动序列中不同的电源轨之间有可能存在电流路径)，这种启动情形是很常见的。下面的示波器屏幕截图显示了在这种模式中的正确运行状态。扫迹一是 EN 变至高电平。扫迹二是 1.8 V 预偏置上升至 3.3 V。扫迹三则为采用一个 $C_{SS} = 0.47 \mu\text{F}$ 时的 SS 电压。上升时间由 C_{SS} 决定。

图 3：大电流环路



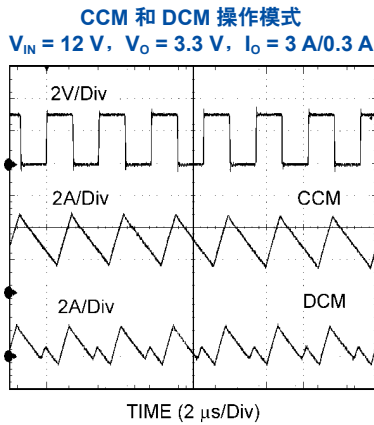
30151385

不连续导通和连续导通模式

在轻负载条件下，稳压器将工作于不连续导通模式 (DCM)。当负载电流高于临界导通点时，其将工作于连续导通模式 (CCM)。当在 DCM 中运作时，电感器电流被维持在一个等于 I_{out} 的平均值。在 DCM 中，当电感器电流减小至零时，低端开关将断开，这将引致电感器电流发生谐振。尽管处于 DCM 中，但允许电流稍稍变至负值以给自举电容器充电。

在 CCM 中，电流在整个开关周期中流经电感器，而且在关断时间里绝对不会降至零。

下面给出了一对波形，用于比较 CCM（靠上的波形）和 DCM 操作模式。



30151386

确定 DCM / CCM 边界的近似计算公式如下：

$$I_{DCB} = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times D}{2 \times L \times f_{SW}} \quad (17)$$

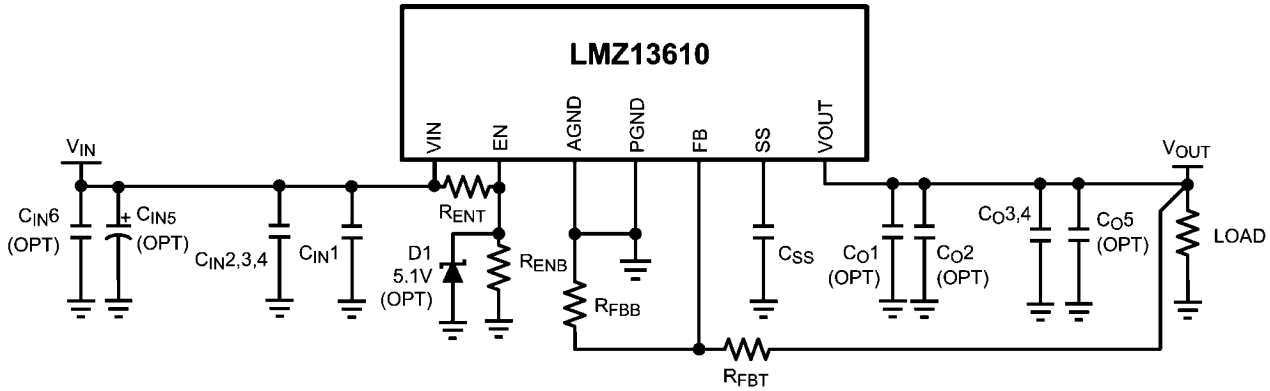
模块内部的电感器为 $2.2\text{ }\mu\text{H}$ 。该电感值被选择为低输入电压和高输入电压应用之间的一个上佳的平衡点。受电感器影响的主要参数为电感器纹波电流 (Δi_L) 的大小。 Δi_L 可采用下式计算：

$$\Delta i_L = \frac{(V_{IN} - V_{OUT}) \times D}{L \times f_{SW}} \quad (18)$$

式中的 V_{IN} 为最大输入电压， f_{SW} 通常为 359 kHz 。

倘若输出电流 I_{OUT} 是通过假设 $I_{OUT} = I_L$ 确定的，那么就能确定 Δi_L 的上限和下限峰值。

典型应用原理示意图和材料清单 (BOM)

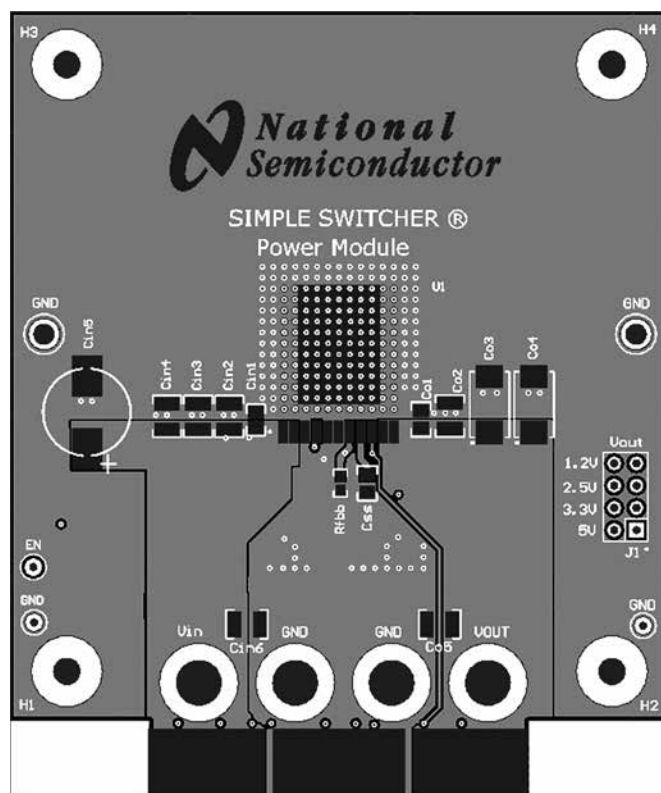


301513a1

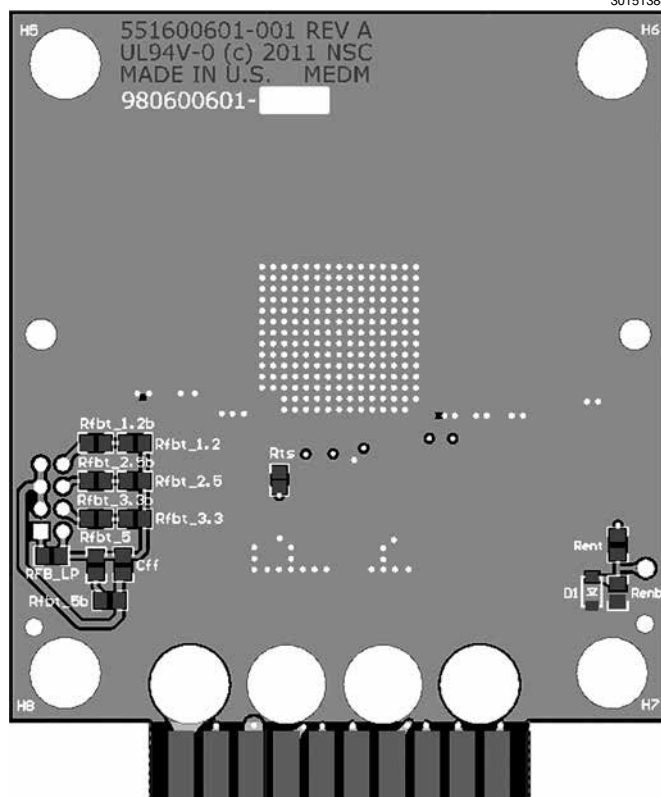
图 4

典型应用材料清单 — 表 1

参考标志	说明	外壳规格	制造商	制造商的器件型号
U1	SIMPLE SWITCHER®	TO-PMOD-11	National Semiconductor	LMZ13610TZ
C _{IN} 1, 6 (OPT)	0.047 μ F, 50 V, X7R	1206	Yageo America	CC1206KRX7R9BB473
C _{IN} 2, 3, 4	10 μ F, 50 V, X7R	1210	Taiyo Yuden	UMK325BJ106MM-T
C _{IN} 5 (OPT)	电容器, 铝, 150 μ F, 50 V	Radial G	Panasonic	EEE-FK1H151P
C _O 1, 5 (OPT)	0.047 μ F, 50 V, X7R	1206	Yageo America	CC1206KRX7R9BB473
C _O 2 (OPT)	47 μ F, 10 V, X7R	1210	Murata	GRM32ER61A476KE20L
C _O 3, 4	330 μ F, 6.3 V, 0.015 Ω	CAPSMT_6_UE	Kemet	T520D337M006ATE015
R _{FBT}	3.32 k Ω	0805	Panasonic	ERJ-6ENF3321V
R _{FBB}	1.07 k Ω	0805	Panasonic	ERJ-6ENF1071V
R _{ENT}	42.2 k Ω	0805	Panasonic	ERJ-6ENF4222V
R _{ENB}	12.7 k Ω	0805	Panasonic	ERJ-6ENF1272V
C _{SS}	0.047 μ F, $\pm 10\%$, X7R, 16 V	0805	AVX	0805YC474KAT2A
D1 (OPT)	5.1 V, 0.5 W	SOD-123	Diode Inc.	MMSZ5231BS-7-F



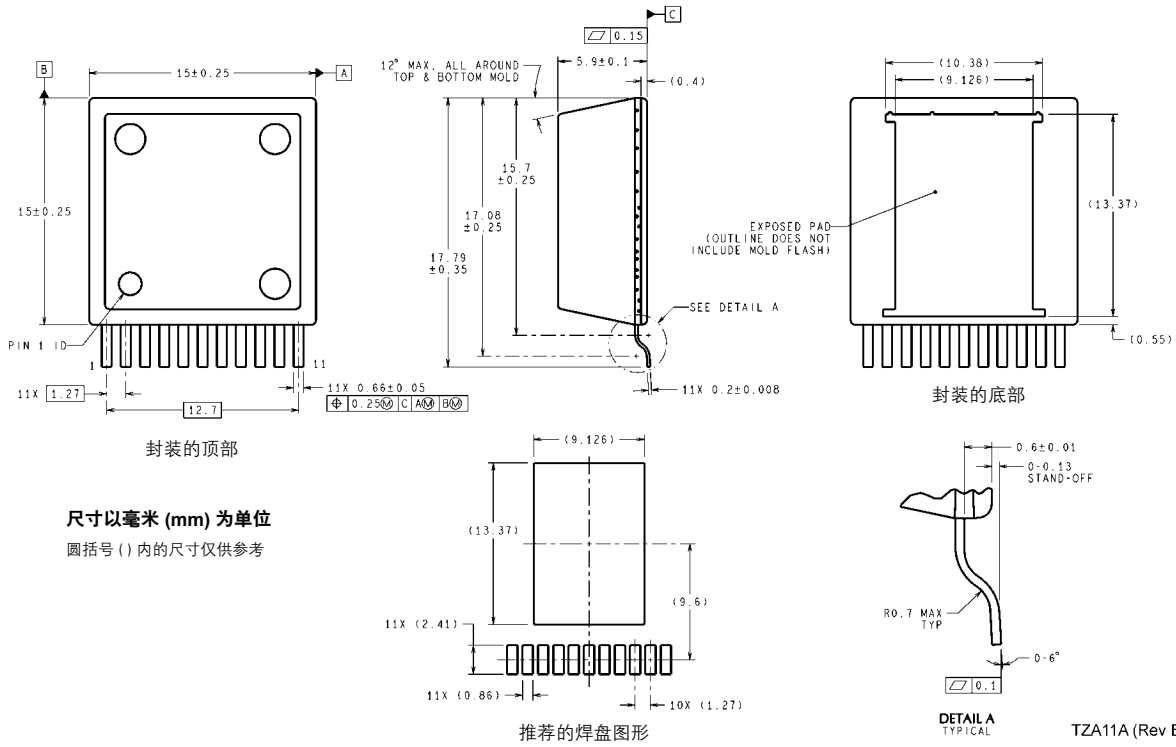
30151388



30151389

图 5: 布局示例

物理尺寸 图中标注尺寸的单位均为英寸（毫米），除非另有说明。



尺寸以毫米 (mm) 为单位
圆括号 () 内的尺寸仅供参考

11 引脚 TZA 封装
NS 封装编号 TZA11A

Notes

For more National Semiconductor product information and proven design tools, visit the following Web sites at:
www.national.com

Products		Design Support	
Amplifiers	www.national.com/amplifiers	WEBENCH® Tools	www.national.com/webench
Audio	www.national.com/audio	App Notes	www.national.com/appnotes
Clock and Timing	www.national.com/timing	Reference Designs	www.national.com/refdesigns
Data Converters	www.national.com/adc	Samples	www.national.com/samples
Interface	www.national.com/interface	Eval Boards	www.national.com/evalboards
LVDS	www.national.com/lvds	Packaging	www.national.com/packaging
Power Management	www.national.com/power	Green Compliance	www.national.com/quality/green
Switching Regulators	www.national.com/switchers	Distributors	www.national.com/contacts
LDOs	www.national.com/ldo	Quality and Reliability	www.national.com/quality
LED Lighting	www.national.com/led	Feedback/Support	www.national.com/feedback
Voltage References	www.national.com/vref	Design Made Easy	www.national.com/easy
PowerWise® Solutions	www.national.com/powerwise	Applications & Markets	www.national.com/solutions
Serial Digital Interface (SDI)	www.national.com/sdi	Mil/Aero	www.national.com/milaero
Temperature Sensors	www.national.com/tempsensors	SolarMagic™	www.national.com/solarmagic
PLL/VCO	www.national.com/wireless	PowerWise® Design University	www.national.com/training

THE CONTENTS OF THIS DOCUMENT ARE PROVIDED IN CONNECTION WITH NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION ("NATIONAL") PRODUCTS. NATIONAL MAKES NO REPRESENTATIONS OR WARRANTIES WITH RESPECT TO THE ACCURACY OR COMPLETENESS OF THE CONTENTS OF THIS PUBLICATION AND RESERVES THE RIGHT TO MAKE CHANGES TO SPECIFICATIONS AND PRODUCT DESCRIPTIONS AT ANY TIME WITHOUT NOTICE. NO LICENSE, WHETHER EXPRESS, IMPLIED, ARISING BY ESTOPPEL OR OTHERWISE, TO ANY INTELLECTUAL PROPERTY RIGHTS IS GRANTED BY THIS DOCUMENT.

TESTING AND OTHER QUALITY CONTROLS ARE USED TO THE EXTENT NATIONAL DEEMS NECESSARY TO SUPPORT NATIONAL'S PRODUCT WARRANTY. EXCEPT WHERE MANDATED BY GOVERNMENT REQUIREMENTS, TESTING OF ALL PARAMETERS OF EACH PRODUCT IS NOT NECESSARILY PERFORMED. NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY FOR APPLICATIONS ASSISTANCE OR BUYER PRODUCT DESIGN. BUYERS ARE RESPONSIBLE FOR THEIR PRODUCTS AND APPLICATIONS USING NATIONAL COMPONENTS. PRIOR TO USING OR DISTRIBUTING ANY PRODUCTS THAT INCLUDE NATIONAL COMPONENTS, BUYERS SHOULD PROVIDE ADEQUATE DESIGN, TESTING AND OPERATING SAFEGUARDS.

EXCEPT AS PROVIDED IN NATIONAL'S TERMS AND CONDITIONS OF SALE FOR SUCH PRODUCTS, NATIONAL ASSUMES NO LIABILITY WHATSOEVER, AND NATIONAL DISCLAIMS ANY EXPRESS OR IMPLIED WARRANTY RELATING TO THE SALE AND/OR USE OF NATIONAL PRODUCTS INCLUDING LIABILITY OR WARRANTIES RELATING TO FITNESS FOR A PARTICULAR PURPOSE, MERCHANTABILITY, OR INFRINGEMENT OF ANY PATENT, COPYRIGHT OR OTHER INTELLECTUAL PROPERTY RIGHT.

LIFE SUPPORT POLICY

NATIONAL'S PRODUCTS ARE NOT AUTHORIZED FOR USE AS CRITICAL COMPONENTS IN LIFE SUPPORT DEVICES OR SYSTEMS WITHOUT THE EXPRESS PRIOR WRITTEN APPROVAL OF THE CHIEF EXECUTIVE OFFICER AND GENERAL COUNSEL OF NATIONAL SEMICONDUCTOR CORPORATION. As used herein:

Life support devices or systems are devices which (a) are intended for surgical implant into the body, or (b) support or sustain life and whose failure to perform when properly used in accordance with instructions for use provided in the labeling can be reasonably expected to result in a significant injury to the user. A critical component is any component in a life support device or system whose failure to perform can be reasonably expected to cause the failure of the life support device or system or to affect its safety or effectiveness.

National Semiconductor and the National Semiconductor logo are registered trademarks of National Semiconductor Corporation. All other brand or product names may be trademarks or registered trademarks of their respective holders.

Copyright© 2011 National Semiconductor Corporation

For the most current product information visit us at www.national.com



**National Semiconductor
Americas Technical
Support Center**
Email: support@nsc.com
Tel: 1-800-272-9959

**National Semiconductor Europe
Technical Support Center**
Email: europe.support@nsc.com

**National Semiconductor Asia
Pacific Technical Support Center**
Email: ap.support@nsc.com

**National Semiconductor Japan
Technical Support Center**
Email: jpn.feedback@nsc.com

重要声明

德州仪器 (TI) 及其下属子公司保留依据 JESD46C 对所提供的半导体产品和服务进行更正、增强、改进或其它更改，并有权依据 JESD48B 中止提供任何产品和服务的权利。客户在下订单前应获取最新的相关信息，并验证这些信息是否完整且是最新的。所有半导体产品（这里也被称作“组件”）的销售都遵循在订单确认时所提供的 TI 销售条款与条件。

TI 保证其所销售的组件的性能符合产品销售时 TI 半导体产品销售条件与条款的适用规范。仅在 TI 保证的范围内，且 TI 认为有必要时才会使用测试或其它质量控制技术。除非适用法律做出了硬性规定，否则没有必要对每种组件的所有参数进行测试。TI 对应用帮助或客户产品设计不承担任何义务。客户应对其使用 TI 组件的产品和应用自行负责。为尽量减小与客户产品和应用相关的风险，客户应提供充分的设计与操作安全措施。

TI 不对任何 TI 专利权、版权、屏蔽作品权或其它与使用了 TI 组件或服务的组合设备、机器或流程相关的 TI 知识产权中授予的直接或隐含权限作出任何保证或解释。TI 所发布的与第三方产品或服务有关的信息，不能构成从 TI 获得使用这些产品或服务的许可、授权、或认可。使用此类信息可能需要获得第三方的专利权或其它知识产权方面的许可，或是 TI 的专利权或其它知识产权方面的许可。

对于 TI 的产品手册或数据表中 TI 信息的重要部分，仅在没有对内容进行任何篡改且带有相关授权、条件、限制和声明的情况下才允许进行复制。TI 对此类篡改过的文件不承担任何责任或义务。复制第三方的信息可能需要服从额外的限制条件。

在转售 TI 组件或服务时，如果对该组件或服务参数的陈述与 TI 标明的参数相比存在差异或虚假成分，则会失去相关 TI 组件或服务的所有明示或暗示授权，且这是不正当的、欺诈性商业行为。TI 对任何此类虚假陈述均不承担任何责任或义务。

客户认可并同意，尽管任何应用相关信息或支持仍可能由 TI 提供，但他们将独力负责满足与其产品及其应用中使用 TI 产品相关的所有法律、法规和安全相关要求。客户声明并同意，他们具备制定与实施安全措施所需的全部专业技术和知识，可预见故障的危险后果、监测故障及其后果、降低有可能造成人身伤害的故障的发生机率并采取适当的补救措施。客户将全额赔偿因在此类安全关键应用中使用任何 TI 组件而对 TI 及其代理造成的任何损失。

在某些场合中，为了推进安全相关应用有可能对 TI 组件进行特别的促销。TI 的目标是利用此类组件帮助客户设计和创立其特有的可满足适用的功能安全性标准和要求的终端产品解决方案。尽管如此，此类组件仍然服从这些条款。

TI 组件未获得用于 FDA Class III（或类似的生命攸关医疗设备）的授权许可，除非各方授权官员已经达成了专门管控此类使用的特别协议。

只有那些 TI 特别注明属于军用等级或“增强型塑料”的 TI 组件才是设计或专门用于军事/航空应用或环境的。购买者认可并同意，对并非指定面向军事或航空航天用途的 TI 组件进行军事或航空航天方面的应用，其风险由客户单独承担，并且由客户独力负责满足与此类使用相关的所有法律和法规要求。

TI 特别标示了符合 ISO/TS16949 要求的特定组件，此类组件主要针对汽车用途。凡未做如此标示的组件则并非设计或专门用于汽车用途；如果客户在汽车应用中使用任何未被指定的产品，则 TI 对未能满足应用要求不承担任何责任。

产品

数字音频
放大器和线性器件
数据转换器
DLP® 产品
DSP - 数字信号处理器
时钟和计时器
接口
逻辑
电源管理
微控制器(MCU)
RFID 系统
OMAP 机动性处理器
无线连通性

www.ti.com.cn/audio
www.ti.com.cn/amplifiers
www.ti.com.cn/dataconverters
www.dlp.com
www.ti.com.cn/dsp
www.ti.com.cn/clockandtimers
www.ti.com.cn/interface
www.ti.com.cn/logic
www.ti.com.cn/power
www.ti.com.cn/microcontrollers
www.ti.com.cn/rfidsys
www.ti.com/omap
www.ti.com.cn/wirelessconnectivity

应用

通信与电信
计算机及周边
消费电子
能源
工业应用
医疗电子
安防应用
汽车电子
视频和影像

www.ti.com.cn/telecom
www.ti.com.cn/computer
www.ti.com/consumer-apps
www.ti.com/energy
www.ti.com.cn/industrial
www.ti.com.cn/medical
www.ti.com.cn/security
www.ti.com.cn/automotive
www.ti.com.cn/video

德州仪器在线技术支持社区 www.deyisupport.com

邮寄地址：上海市浦东新区世纪大道1568号，中建大厦32楼 邮政编码：200122
Copyright © 2012 德州仪器半导体技术（上海）有限公司



PACKAGING INFORMATION

Orderable part number	Status (1)	Material type (2)	Package Pins	Package qty Carrier	RoHS (3)	Lead finish/ Ball material (4)	MSL rating/ Peak reflow (5)	Op temp (°C)	Part marking (6)
LMZ13610TZ/NOPB	Active	Production	PFM (NDY) 11	32 TUBE	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ13610
LMZ13610TZ/NOPB.A	Active	Production	PFM (NDY) 11	32 TUBE	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ13610
LMZ13610TZE/NOPB	Active	Production	PFM (NDY) 11	250 SMALL T&R	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ13610
LMZ13610TZE/NOPB.A	Active	Production	PFM (NDY) 11	250 SMALL T&R	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ13610

⁽¹⁾ **Status:** For more details on status, see our [product life cycle](#).

⁽²⁾ **Material type:** When designated, preproduction parts are prototypes/experimental devices, and are not yet approved or released for full production. Testing and final process, including without limitation quality assurance, reliability performance testing, and/or process qualification, may not yet be complete, and this item is subject to further changes or possible discontinuation. If available for ordering, purchases will be subject to an additional waiver at checkout, and are intended for early internal evaluation purposes only. These items are sold without warranties of any kind.

⁽³⁾ **RoHS values:** Yes, No, RoHS Exempt. See the [TI RoHS Statement](#) for additional information and value definition.

⁽⁴⁾ **Lead finish/Ball material:** Parts may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

⁽⁵⁾ **MSL rating/Peak reflow:** The moisture sensitivity level ratings and peak solder (reflow) temperatures. In the event that a part has multiple moisture sensitivity ratings, only the lowest level per JEDEC standards is shown. Refer to the shipping label for the actual reflow temperature that will be used to mount the part to the printed circuit board.

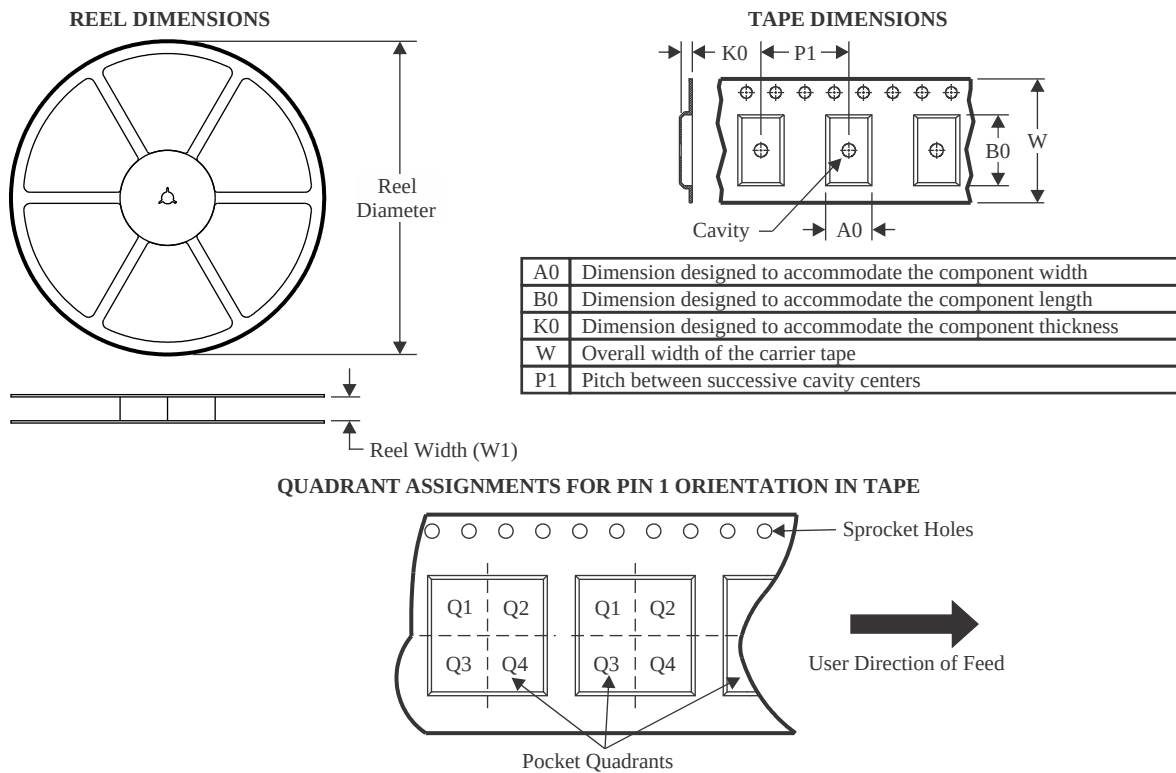
⁽⁶⁾ **Part marking:** There may be an additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category of the part.

Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

Important Information and Disclaimer: The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

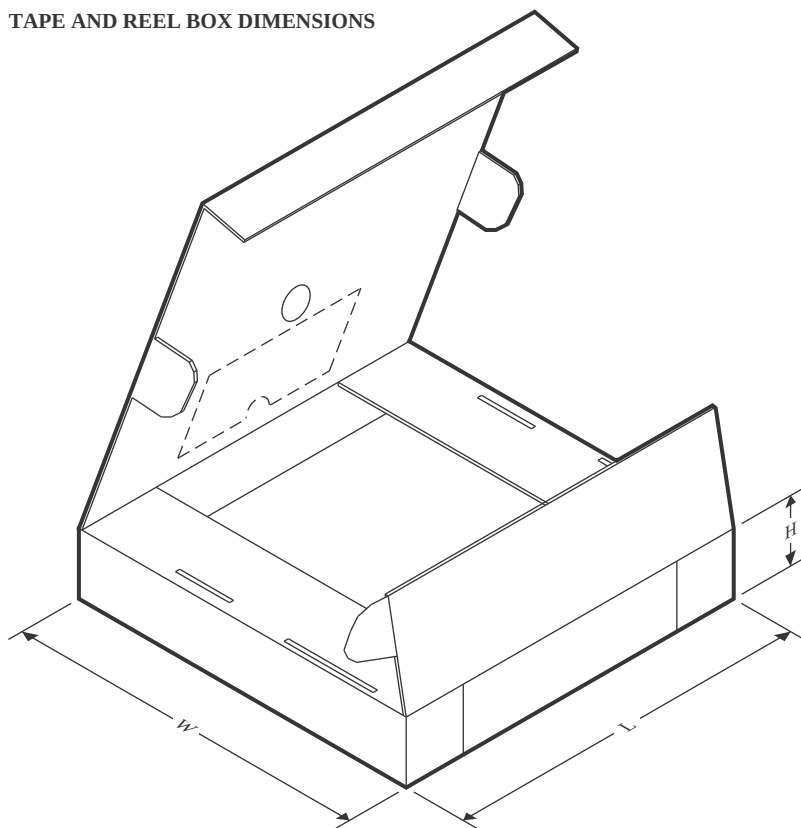
TAPE AND REEL INFORMATION



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Reel Diameter (mm)	Reel Width W1 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P1 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
LMZ13610TZE/NOPB	PFM	NDY	11	250	330.0	32.4	15.45	18.34	6.2	20.0	32.0	Q2

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LMZ13610TZE/NOPB	PFM	NDY	11	250	367.0	367.0	55.0

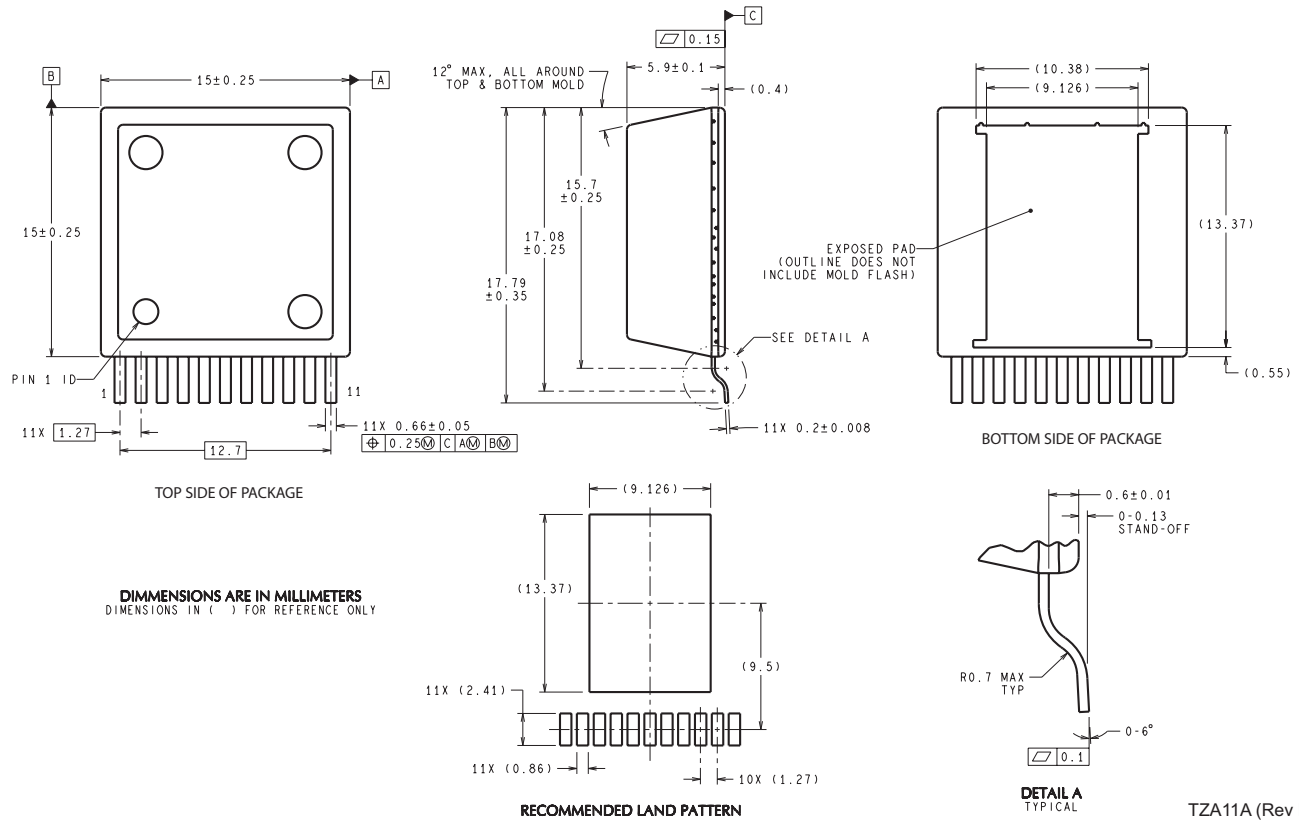
TUBE



*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (μm)	B (mm)
LMZ13610TZ/NOPB	NDY	TO-PMOD	11	32	502	22	7500	13.1
LMZ13610TZ/NOPB.A	NDY	TO-PMOD	11	32	502	22	7500	13.1

NDY0011A



TZA11A (Rev F)

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、与某特定用途的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他安全、安保法规或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2026，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月