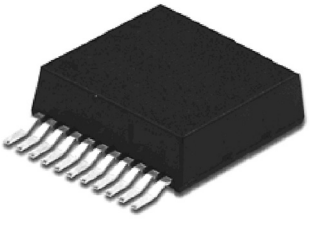
National Semiconductor

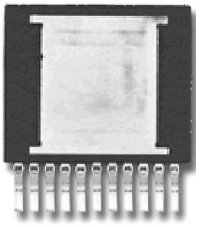
LMZ23610

具有 36V 最大输入电压和均流功能的 10A SIMPLE SWITCHER® 易电源电源模块

易于使用的 11 引脚封装



顶视图



底视图

30151101

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)
θ_{JA} = 9.9℃/W， θ_{JC} = 1.0℃/W (*注释 1*)
符合 RoHS 标准

电气规格

- 50W 最大总输出功率
- 高达 10A 的输出电流
- 输入电压范围 6V 至 36V
- 输出电压范围 0.8V 至 6V
- 转换效率高达 92%

主要特点

- 集成的屏蔽式电感器
- 简单的 PCB 布局
- 频率同步输入 (350 kHz 至 600 kHz)
- 均流功能
- 采用外部软启动、跟踪和精密启用的灵活启动时序
- 防止浪涌电流和故障，如输入欠压锁定和输出短路
- -40℃ 至 125℃ 结点温度范围
- 单裸露焊盘和标准引脚，易于安装和制造
- WEBENCH® 电源设计工具全面支持
- 引脚兼容 LMZ22010/08、LMZ12010/08、LMZ23608/06H 和 LMZ13610/08/06H

应用领域

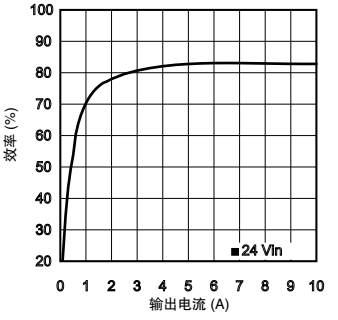
- 12V 和 24V 输入轨的负载点转换
- 时间关键的项目
- 空间受限/高导热要求的应用
- 负输出电压应用 (参见 AN–2027)

性能优势

- 高效率降低了系统产生的热量
- 低电磁辐射 (EMI)，符合 EN55022 class B 标准 (*注释 2*)
- 只有 7 个外部元件
- 低输出电压纹波
- 无需外部散热器
- 用于大电流应用的简单电流共享

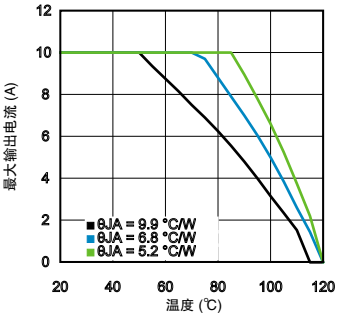
系统性能

效率 V_{IN} = 24V V_{OUT} = 3.3V



30151102

热降额曲线
V_{IN} = 24V，V_{OUT} = 3.3V



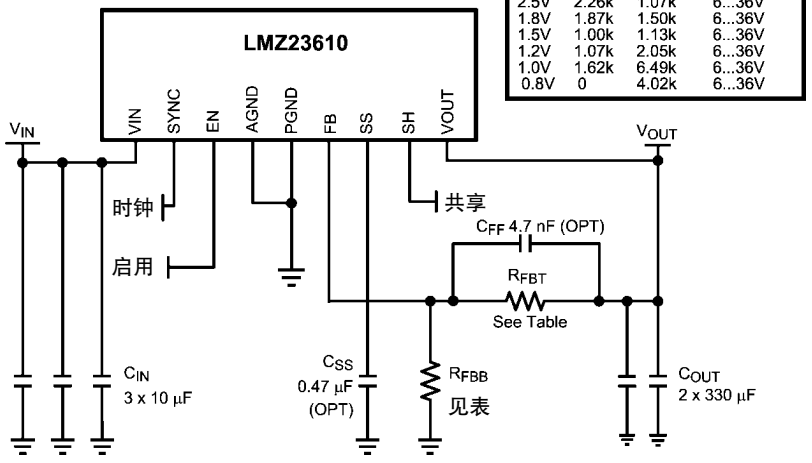
30151103

注释 1：75 mm x 90 mm 4 层 PCB 测得的 θ_{JA}。
注释 2：EN 55022:2006、+A1:2007、FCC Part 15 Subpart B。

本文是 National Semiconductor 英文版的译文，本公司不对翻译中存在的差异或由此产生的错误负责。如需确认任何内容的准确性，请参考本公司提供的英文版。

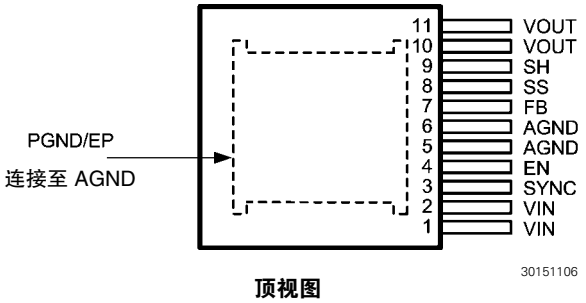
应用原理简图

V_{OUT}	R_{FBT}	R_{FBB}	V_{IN} Range
6V	15.4k	2.37k	8.5...36V
5V	5.62k	1.07k	7...36V
3.3V	3.32k	1.07k	6...36V
2.5V	2.26k	1.07k	6...36V
1.8V	1.87k	1.50k	6...36V
1.5V	1.00k	1.13k	6...36V
1.2V	1.07k	2.05k	6...36V
1.0V	1.62k	6.49k	6...36V
0.8V	0	4.02k	6...36V



30151107

连线图



30151106

顶视图
11 引线 TO-PMOD

订购信息

零件编号	封装类型	NSC 封装图	包装方式
LMZ23610TZ	TO-PMOD-11	TZA11A	32 只卷装
LMZ23610TZE	TO-PMOD-11	TZA11A	250 只带装和卷装

引脚描述

引脚	名称	说明
1, 2	VIN	电源输入 — 额定工作电压范围为 6V 至 36V。封装组件中包含少量内部电容。在这个引脚和 PGND 之间需要额外的外部输入电容。
3	SYNC	同步输入 — 在 350 kHz 和 600 kHz 频率之间施加一个 CMOS 逻辑电平方波，将 PWM 工作频率同步至外部频率源。当不使用同步时，此引脚必须接地。该模块自由运行的 PWM 频率为 350 kHz。
4	EN	启用 — 精度启用比较器输入。上升典型阈值为 1.274V。一旦模块被启用，一个 20 µA 的电流源在内部激活，以适应可编程迟滞。
5, 6	AGND	模拟接地 — 全部规定电压的参考点。必须外接 EP/PGND。
7	FB	反馈 — 内部连接调节、过电压及短路比较器。此输入引脚的调节参考点为 0.8V。在输出和 AGND 之间连接反馈电阻分压器来设置输出电压。
8	SS	软启动/跟踪输入 — 为了延长 1.6 毫秒内部软启动，要连接一个外部软启动电容。为了跟踪需要连接一个外部电阻分压器，该分压器连接到一个较高优先级的电源轨。参见应用部分。
9	SH	共用引脚 — 将此引脚连接到其他 LMZ23610 模块的共用引脚，以共享器件之间的负载。通常通过连接 FB，一个器件可配置为主机模式。所有其他器件可通过让各自的 FB 引脚浮接而配置为从属。如果不使用请将此引脚浮接，不要接地。参见用部分。
10, 11	VOUT	输出电压 — 来自内部电感的输出。在这个引脚和 PGND 之间连接输出电容。
EP	PGND	PGND 裸露焊盘/模块内电源电路的电源接地电气路径 — 内部没有连接 AGND/引脚 5。用于运行过程中的封装散热。必须与封装外部的引脚 5 电气连接。

绝对最大额定值 (*注释 3*)

如果是用于军事航空领域的专用设备，请向美国国家半导体销售办事处/经销商咨询具体可用性和规格。

VIN 至 PGND	−0.3V 至 40V
EN, SYNC 至 AGND	−0.3V 至 5.5V
SS, FB, SH 至 AGND	−0.3V 至 2.5V
AGND 至 PGND	−0.3V 至 0.3V
结点温度	150°C
存储温度范围	−65°C 至 150°C
ESD 敏感度 (*注释 4*)	± 2 kV

焊接规范：
查阅 www.national.com 网站产品文件夹和
www.national.com/ms/MS/MS−SOLDERING.pdf

工作额定值 (*注释 3*)

VIN	6V 至 36V
EN, SYNC	0V 至 5.0V
工作结点温度	−40°C 至 125°C

电气特性

用标准字体表示的数值仅用于在 T_J = 25℃ 时；使用**粗体字体**表示的极限值适用于结点温度 (T_J) 范围在−40℃ 至 +125℃ 之间；最小和最大极限值通过测试、设计或统计数据得以保证。典型值是 T_J = 25℃ 时标准的参数值，这里仅供参考。V_{IN} = 12V，V_{OUT} = 3.3V，除非在工作条件一栏中另有规定。

标识	参数	工作条件	最小值 (*注释 5*)	典型值 (*注释 6*)	最大值 (*注释 5*)	单位
系统参数						
使能控制						
V_{EN}	EN 阈值跳变点	V_{EN} 上升	**1.096**	1.274	**1.452**	V
I_{EN-HYS}	EN 输入迟滞电流	V_{EN} > 1.274V		13		µA
软启动						
I_{SS}	SS 源电流	V_{SS} = 0V	**40**	50	**60**	µA
t_{SS}	内部软启动间隔			1.6		msec
电流限制						
I_{CL}	电流限制阈值	直流平均值	12.5			A
内部开关振荡器						
f_{osc}	不同步振荡器频率	连接到接地线的同步输入	314	359	404	kHz
f_{sync}	同步范围	V_{sync} = 3.3 V_{P-P}	314		600	kHz
$V_{IL-sync}$	同步逻辑零振幅	相对于 AGND			**0.4**	V
$V_{IH-sync}$	同步逻辑一振幅	相对于 AGND	**1.8**			V
Sync $_{d.c.}$	同步占空比范围		15	50	85	%
调节和过电压比较器						
V_{FB}	内部调节反馈电压	V_{SS} > +0.8V I_O = 10A	**0.775**	0.795	**0.815**	V
V_{FB-OV}	反馈过电压保护阈值			0.86		V
I_{FB}	反馈输入偏流			5		nA
I_Q	非开关静态电流	SYNC = 3.0V		3		mA
I_{SD}	关断静态电流	V_{EN} = 0V		32		µA
D_{max}	最大占空比系数			85		%
热特性						
T_{SD}	热关断	上升		165		°C
$T_{SD-HYST}$	热关断迟滞	下降		15		°C
θ_{JA}	结点至环境 (*注释 7*)	自然对流		9.9		°C/W
		225 LFPM		6.8		
		500 LFPM		5.2		
θ_{JC}	结点至外壳			1.0		°C/W

标识	参数	工作条件	最小值 (*注释 5*)	典型值 (*注释 6*)	最大值 (*注释 5*)	单位
性能参数 (*注释 8*)						
ΔV_O	输出电压纹波	BW@ 20 MHz		24		mV_{PP}
$\Delta V_O/\Delta V_{IN}$	线路调节	V_{IN} = 12V 至 20V, I_{OUT} = 10A		± 0.2		%
$\Delta V_O/\Delta I_{OUT}$	负载调节	V_{IN} = 12V, I_{OUT} = 0.001A 至 10A		1		mV/A
η	峰值效率	V_{IN} = 12V V_{OUT} = 3.3V I_{OUT} = 5A		89.5		%
η	满负载效率	V_{IN} = 12V V_{OUT} = 3.3V I_{OUT} = 10A		87.5		%

注释 3：绝对最大额定值为极限值。超过极限值会导致器件损坏。工作额定值是保证器件正常工作的工作条件。关于规范保证和测试环境，请参阅电气特性。

注释 4：人体模型是一个 100 pF 电容器经 1.5 kΩ 电阻放电到每个引脚的过程。测试方法依据 JESD−22−114。

注释 5：在 25℃ 的环境温度下对百分之百的产品进行了最大和最小极限值试验。在工作温度范围内的极限值是通过使用统计质量控制 (SQC)方法得到的关系确定的。这些极限值可用来计算美国国家半导体产品的平均出厂质量水平 (AOQL)。

注释 6：典型值是在 25℃ 时测得的，代表最可能的参数指标。

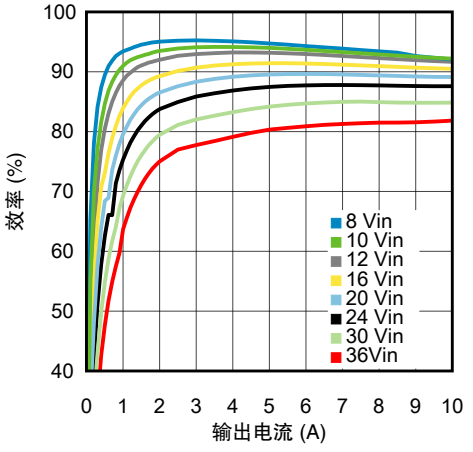
注释 7：θ_{JA} 在一个 3 5" x 3.5" 四层板上测得，该板的外层含铜 2 盎司，内层含 1 盎司铜，210 个 12 密耳散热孔，功耗为 2W。请参考应用说明布局图。

注释 8：参阅*表 1 典型应用物料清单*。

典型性能特性

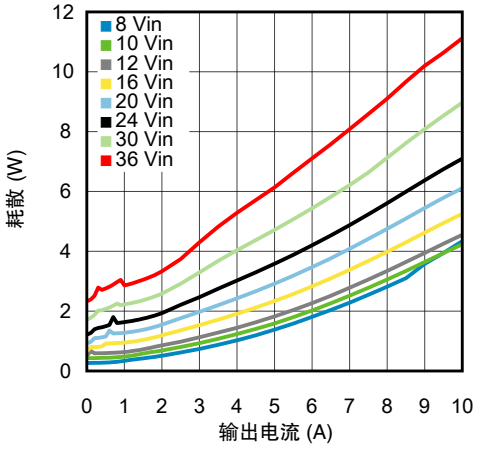
除非另有规定，否则以下条件适用于 V_N = 12V；C_{IN} = 3 x 10 µF + 47 nF X7R 陶瓷电容；C_{OUT} = 2 x 330 µF 特种聚合物电容 + 47 µF 陶瓷电容 + 47 nF 陶瓷电容；C_{FF} = 4.7 nF；Tambient = 25℃ 时的波形。所有显示的均为环境温度。

输出 5.0V，环境温度为 25℃ 时的效率



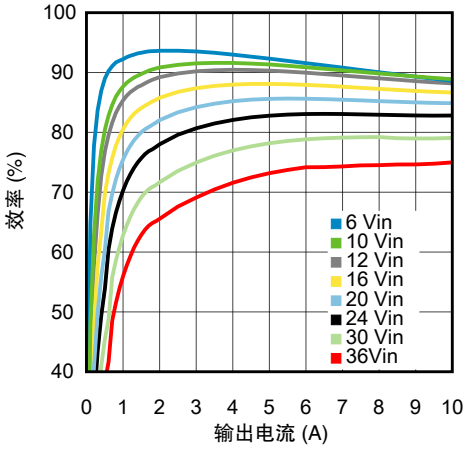
30151134

输出 5.0V，环境温度为 25℃ 时的耗散



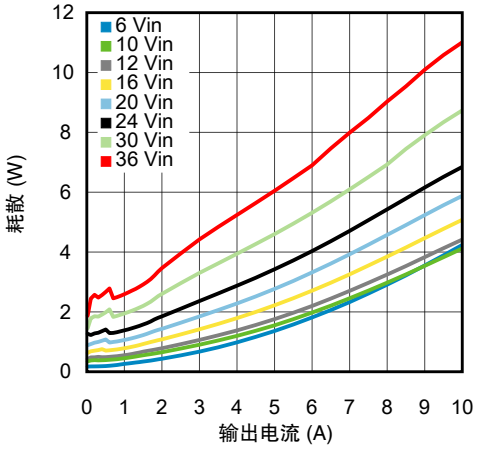
30151135

输出 3.3V，环境温度为 25℃ 时的效率



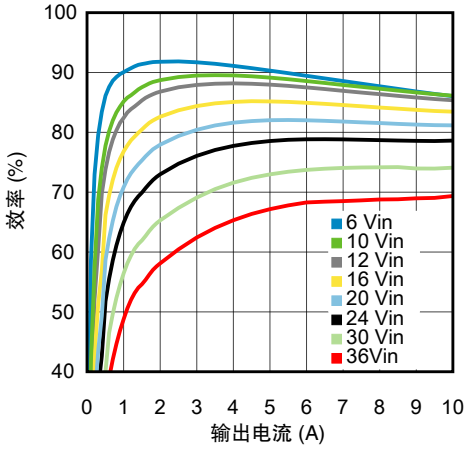
30151136

输出 3.3V，环境温度为 25℃ 时的耗散



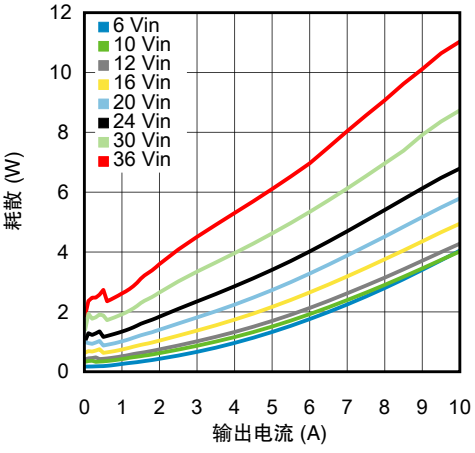
30151137

输出 2.5V，环境温度为 25℃ 时的效率



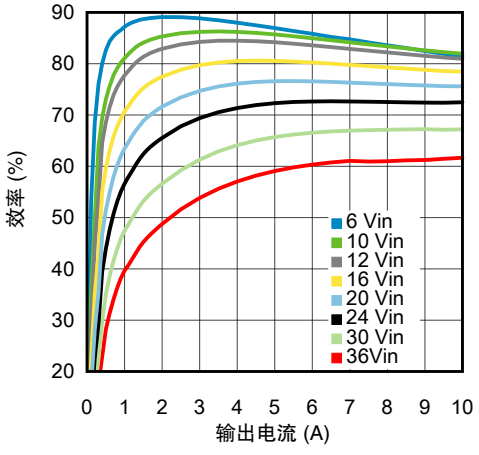
30151138

输出 2.5V，环境温度为 25℃ 时的耗散



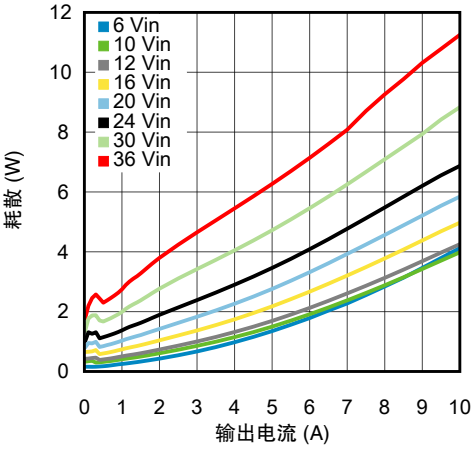
30151139

输出 1.8V，环境温度为 25℃ 时的效率



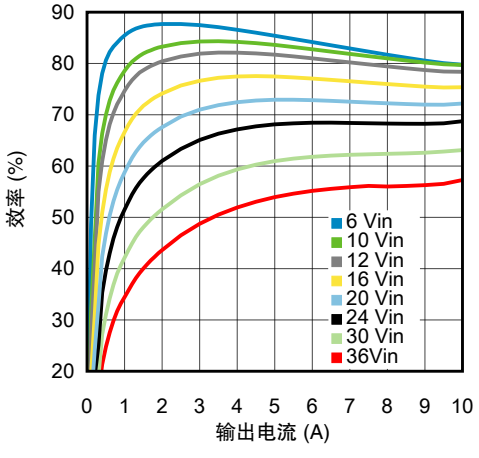
30151140

输出 1.8V，环境温度为 25℃ 时的耗散



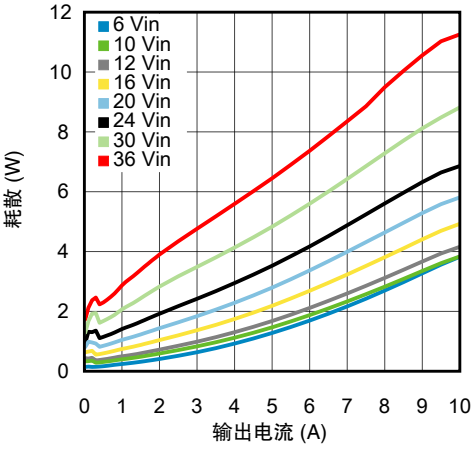
30151141

输出 1.5V，环境温度为 25℃ 时的效率



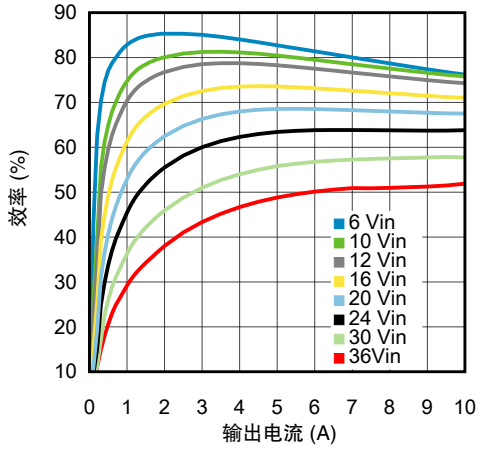
30151142

输出 1.5V，环境温度为 25℃ 时的耗散



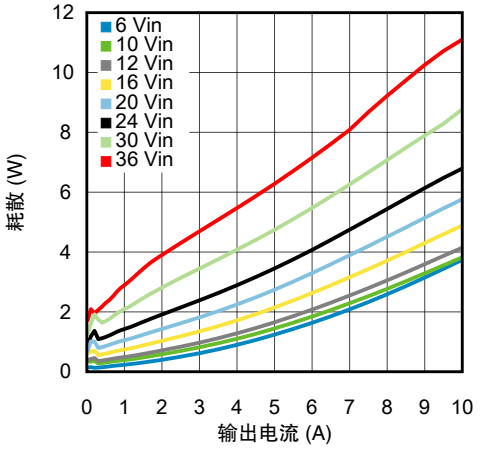
30151143

输出 1.2V，环境温度为 25℃ 时的效率



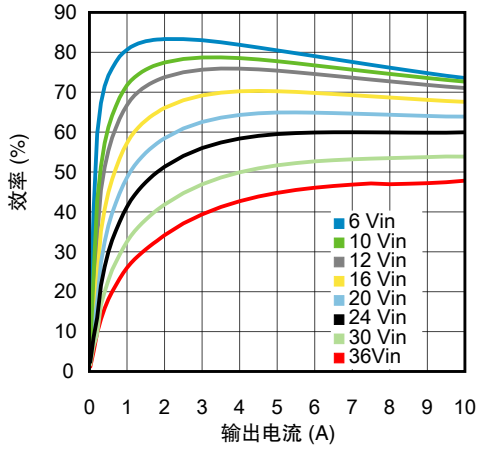
30151144

输出 1.2V，环境温度为 25℃ 时的耗散



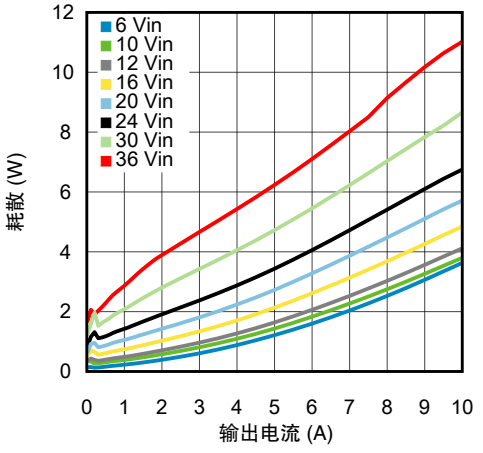
30151145

输出 1.0V，环境温度为 25℃ 时的效率



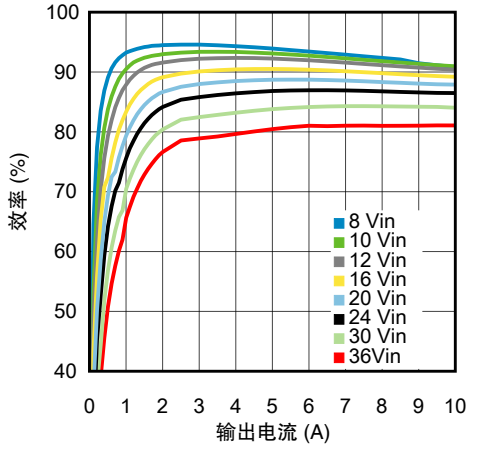
30151146

输出 1.0V，环境温度为 25℃ 时的耗散



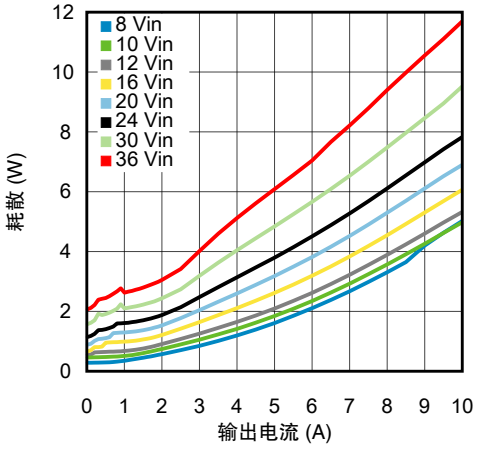
30151147

输出 5.0V，环境温度为 85℃ 时的效率



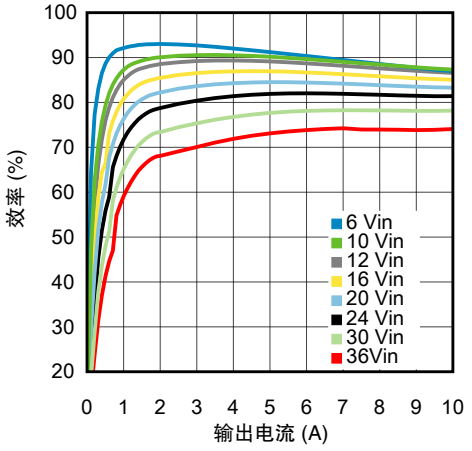
30151148

输出 5.0V，环境温度为 85℃ 时的耗散



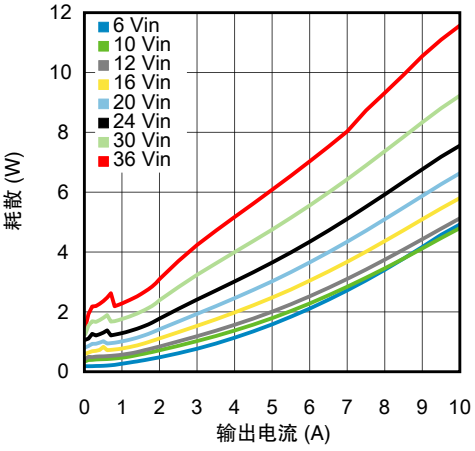
30151149

输出 3.3V，环境温度为 85℃ 时的效率



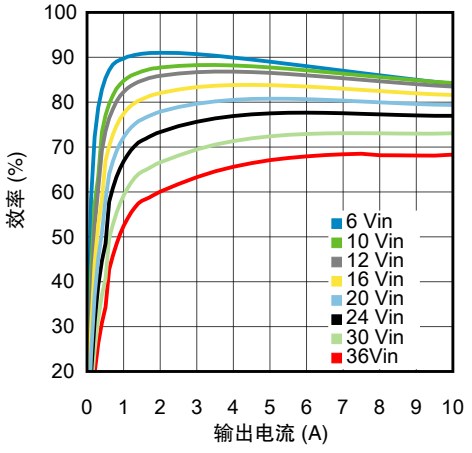
30151150

输出 3.3V，环境温度为 85℃ 时的耗散



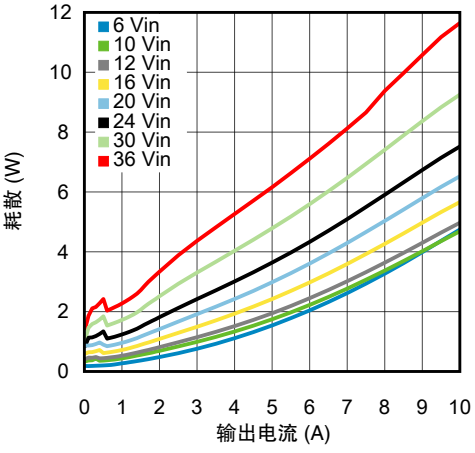
30151151

输出 2.5V，环境温度为 85℃ 时的效率



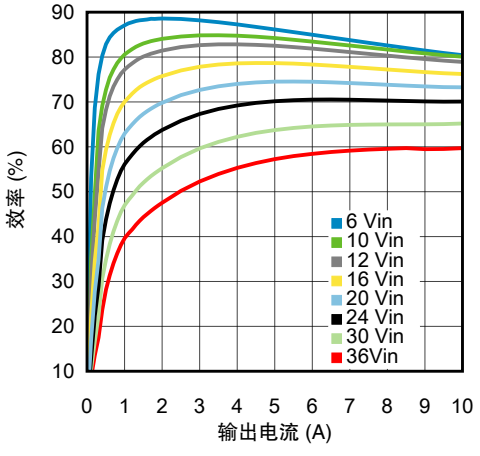
30151152

输出 2.5V，环境温度为 85℃ 时的耗散



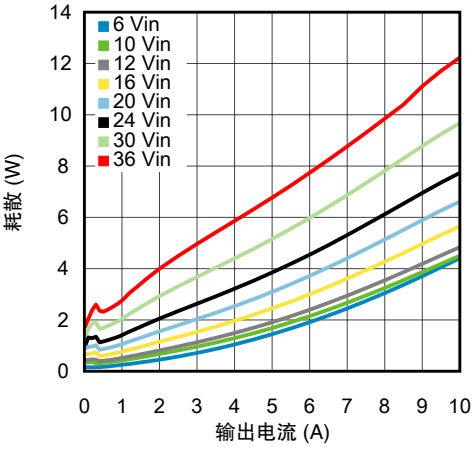
30151153

输出 1.8V，环境温度为 85℃ 时的效率



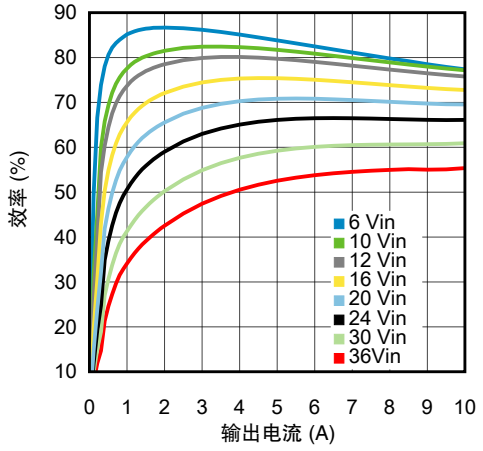
30151154

输出 1.8V，环境温度为 85℃ 时的耗散



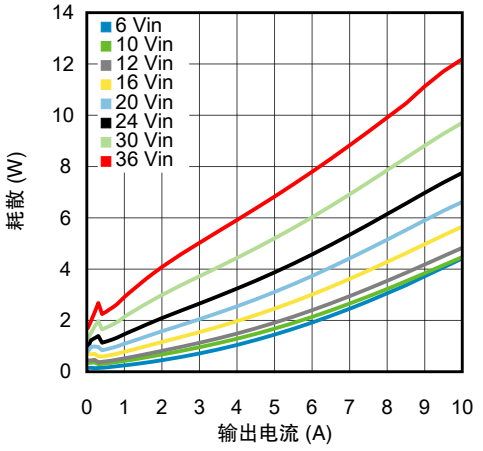
30151155

输出 1.5V，环境温度为 85℃ 时的效率



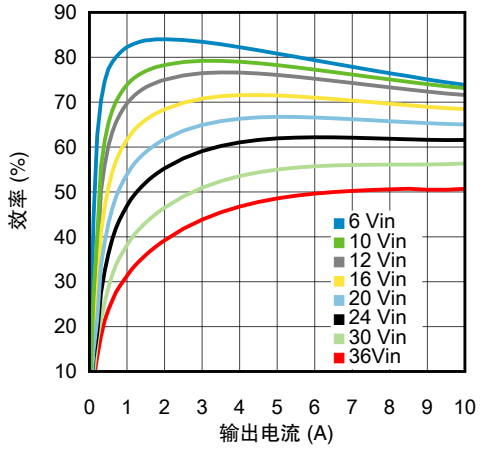
30151156

输出 1.5V，环境温度为 85℃ 时的耗散



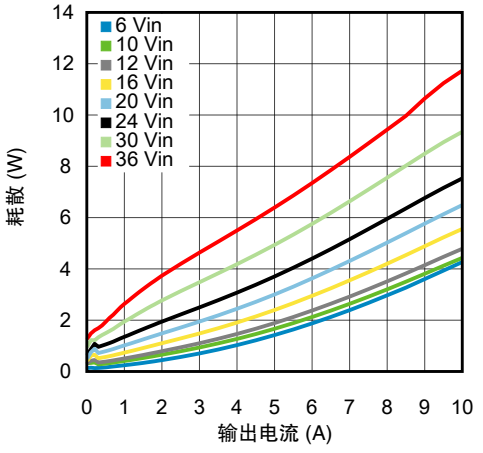
30151157

输出 1.2V，环境温度为 85℃ 时的效率



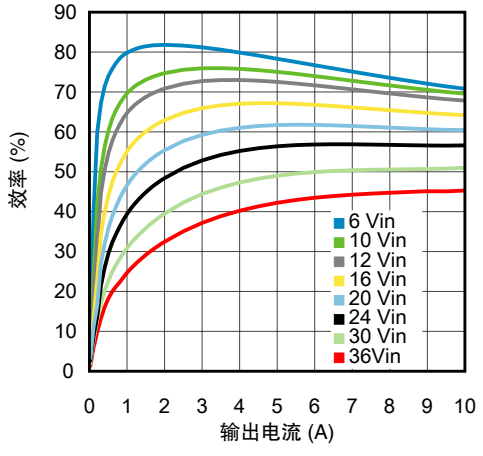
30151158

输出 1.2V，环境温度为 85℃ 时的耗散



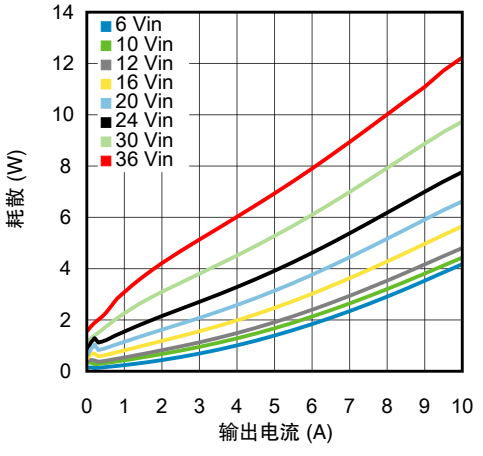
30151159

输出 1.0V，环境温度为 85℃ 时的效率



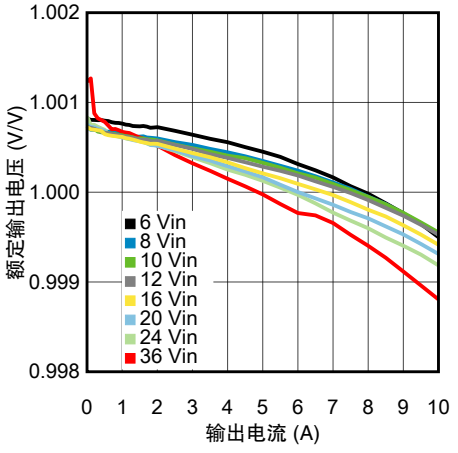
30151160

输出 1.0V，环境温度为 85℃ 时的耗散



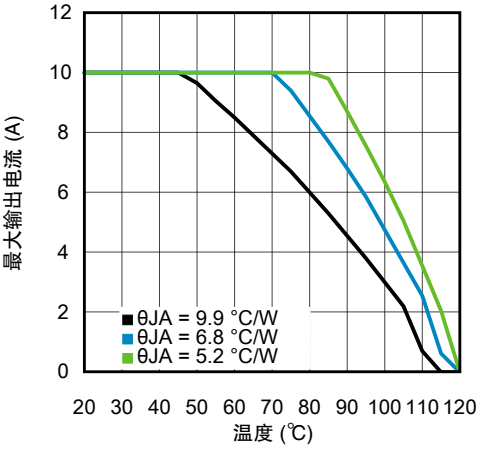
30151161

额定线路及负载调节 V_{OUT} = 3.3V



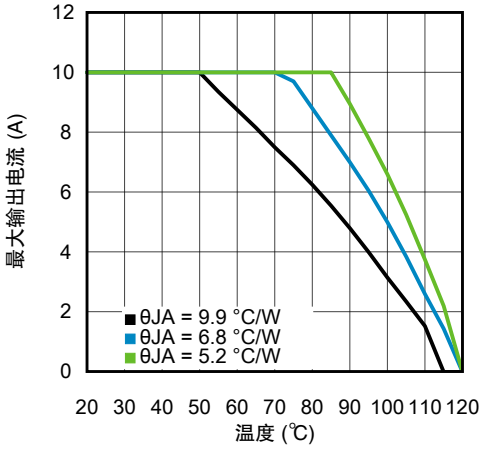
30151162

热降额 V_{IN} = 24V，V_{OUT} = 5.0V



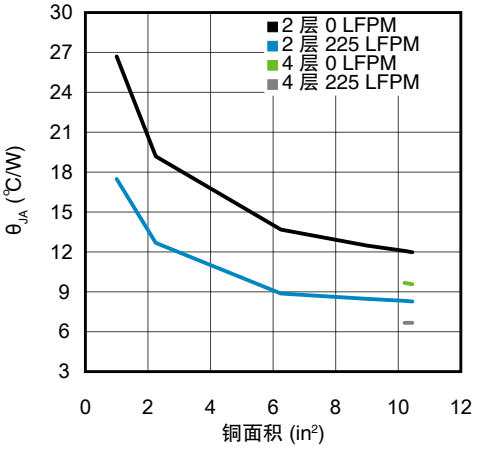
30151163

热降额 V_{IN} = 24V，V_{OUT} = 3.3V



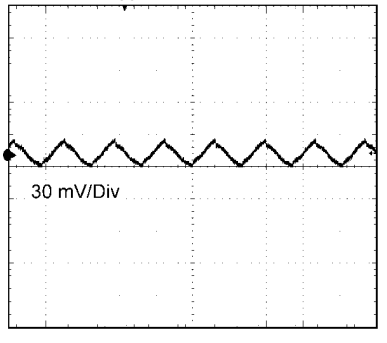
30151164

θ_{JA} 与铜散热面积的关系



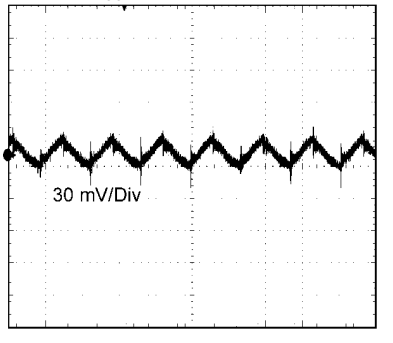
30151165

输出波纹
12 V_{IN}，5.0 V_{OUT} @满负载，BW = 20 MHz



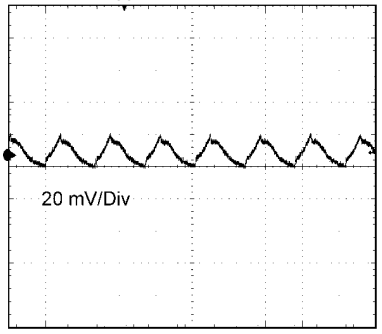
30151166

输出波纹
12 V_{IN}，5.0 V_{OUT} @满负载，BW = 20 MHz



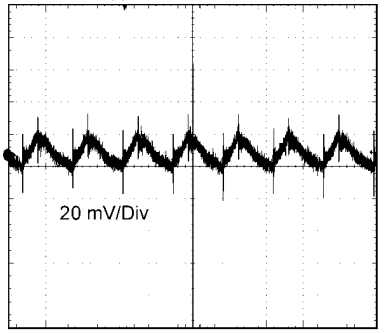
30151169

输出波纹
12 V_{IN}，3.3 V_{OUT} @满负载，BW = 20 MHz



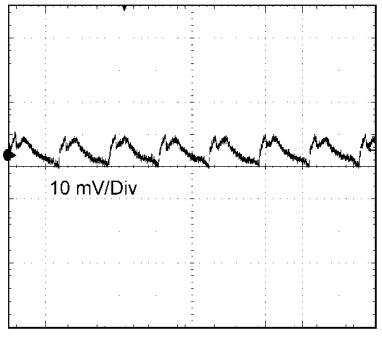
30151167

输出波纹
12 V_{IN}，3.3 V_{OUT} @满负载，BW = 250 MHz



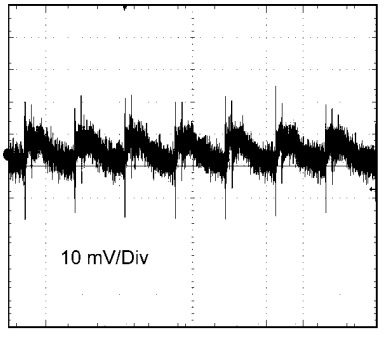
30151170

输出波纹
12 V_{IN}，1.2 V_{OUT} @满负载，BW = 20 MHz



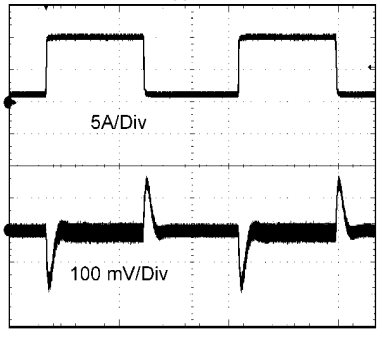
30151168

输出波纹
12 V_{IN}，1.2 V_{OUT} @满负载，BW = 250 MHz



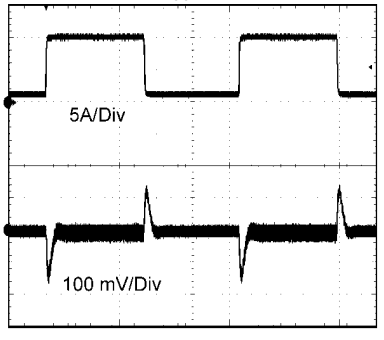
30151171

瞬态响应
12 V_{IN}，5.0 V_{OUT} 1 至 10A 阶跃



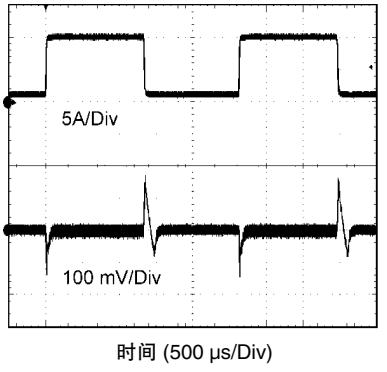
30151172

瞬态响应
12 V_{IN}，3.3 V_{OUT} 1 至 10A 阶跃



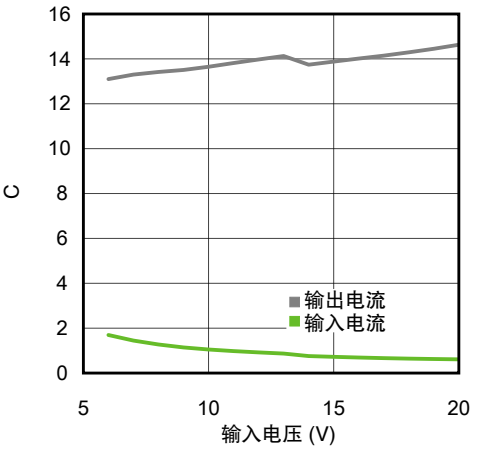
30151173

瞬态响应
12 V_{IN}，1.2 V_{OUT} 1 至 10A 阶跃



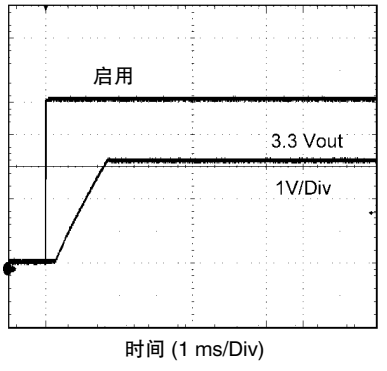
30151174

短路电流与输入电压的关系



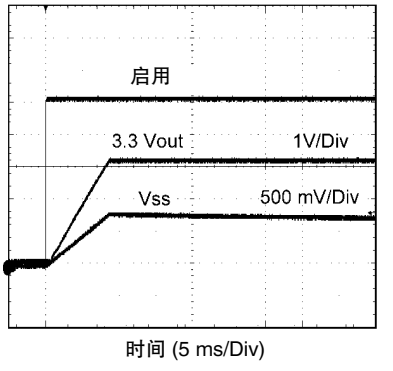
30151175

3.3 V_{OUT} 软启动，无 C_{SS}



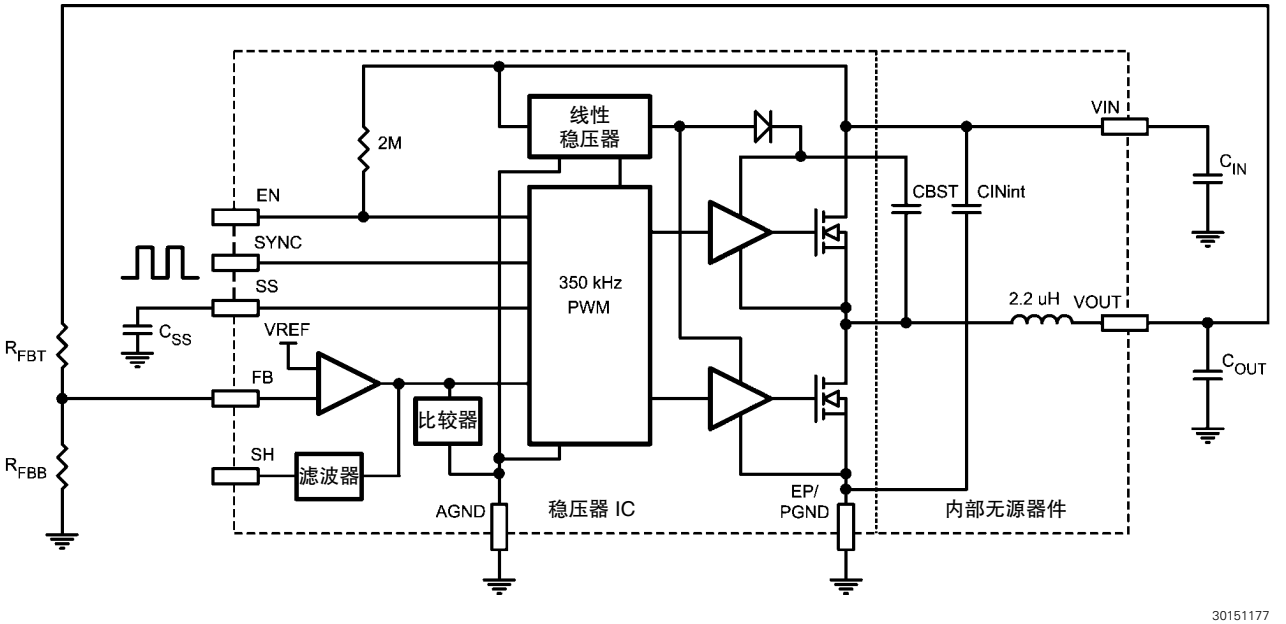
30151176

3.3 V_{OUT} 软启动，C_{SS} = 0.47 µF



301511a4

框图



30151177

一般说明

LMZ23610 SIMPLE SWITCHER® 易电源电源模块是一种易于使用的降压直流/直流解决方案，具有驱动高达 10A 的负载的能力。LMZ223610 采用创新封装模式，提高了散热性能，可以手工或机器焊接。

LMZ23610 可以工作于 6V 和 36V 之间的输入电压轨，并提供低至 0.8V 的可调高精度输出电压。LMZ23610 只需要两个外接电阻和三个外接电容就可以形成一个电源解决方案。LMZ23610 是一种可靠、稳健的设计，具有以下保护特性热关断、输入欠压锁定、输出过电压保护、短路保护、输出电流限制和允许预偏置输出启动。同步输入允许在 650 至 950 kHz 的开关频率范围内的同步。

LMZ23610 应用的设计步骤

LMZ23610 得到了 WEBENCH® 的全面支持并提供　元器件选择、电气仿真和热仿真。另外，还有在设计初始时候可能要用到的评估板和演示版。手工设计 LMZ23610 应用时的步骤如下。

所有参考数值请参见*图 5* 的典型应用原理图。

- 选择具有启用分压电阻的最小工作输入电压 V_{IN}
- 选择带FB电阻分压器的编程 V_{OUT}
- 选择 C_{OUT}
- 选择 C_{IN}
- 确定模块功耗
- 根据所需热特性布局印刷电路板 (PCB)

启用分压器、R_{ENT}、R_{ENB} 和 R_{ENH} 的选择

在模块内部，有一个 2 MΩ 的上拉电阻器从 V_{IN} 连接到启用端。因为该应用不需要精确的欠压锁定 (UVLO)，启用输入可能处于开路状态，内部电阻将一直对模块启用。在这种情况下，通常在电压为 4.3V (V_{IN} 上升) 时发生内部欠压锁定。

在单独监控电路应用中，启用可以与一个逻辑源直接连接。在电源定序的情况下，分压器与一个在上电周期中比 LMZ23610 输出电压轨更早激活的电压轨连接。

启用提供了一个精确的 1.279V 阈值，这使得可以直接逻辑驱动或者从一个更高的启用电压如 V_{IN} 连接到一个电压分压器。此外还有一个允许可编程迟滞的 21 µA (典型值) 的开关偏置电流。请参见*图 1*。

启用分压器的作用是帮助设计师选择一个输入电压，低于这个输入电压电路就会停止运行。这体现了可编程欠压锁定的特性。这两个电阻器的选择应该符合如下比率：

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

LMZ23610 典型应用显示，R_{ENB} 是 12.7 kΩ，R_{ENT} 是 42.2 kΩ 时候会产生一个 5.51V 的上升欠压锁定。请注意，当分压器 V_{IN} 电压提高到 20V 时，这个分压器会向输入端提供一个 4.62V 的电压。应始终检查这个高电压，确保它永远不会超过 5.5V 的绝对最大启用电压限制值。在高电压会超过 EN 输入工作范围的情况下，可以采用一个 5.1V 齐纳钳位电路。如果目标应用禁止超过最大启用输入电压，就不需要齐纳钳位电路。

额外的启用电压迟滞也可以通过 R_{ENH} 来增加。可以对 R_{ENT} 和 R_{ENB} 的值进行选择，以使 R_{ENH} 的值为 0，允许在设计时忽略不计。

上升阈值可按如下方程计算：

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

下降阈值等级可按照如下方程计算：

$$V_{EN}(\text{下降}) = V_{EN}(\text{上升}) - 13\ \mu A\ (R_{ENT} \| \ 2\ \text{meg} \| \ R_{ENTB} + R_{ENH}) \quad (3)$$

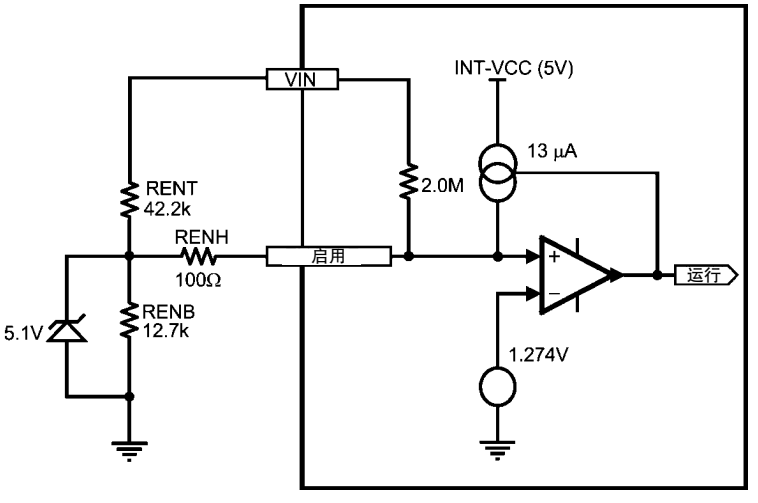


图 1：启用输入细节

输出电压选择

输出电压可以用连接在 V_{OUT} 和 AGND 之间的两个电阻分压器来确定。分压器的中点连接到 FB 输入。

调节输入电压由外部分压电阻 R_{FBT} 和 R_{FBB} 来确定：

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

变换上式，为了获得期望的输出电压，反馈电阻的比率是

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

一般地，这些电阻的阻值的选择应在 1.0 kΩ 到 10.0 kΩ 范围内。

因为 V_{OUT} = 0.8V，FB 引脚可以直接连接到输出，R_{FBB} 可以设定为 8.06 kΩ，以提供最小输出负载。

R_{FBT} 和 R_{FBB} 的数值表见第二页的应用原理简图。

软启动电容选择

可编程软启动允许稳压器在上电后缓慢斜升至稳定工作状态点，从而降低输入电源电流浪涌和减慢输出电压的上升时间。

接通后，在通过了所有的欠压锁定条件后，一个 1.6 毫秒电路使 SS 输入缓慢斜升，实现内部软启动。如果 1.6 毫秒是一个足够的接通时间，那么 C_{SS} 电容就可以不用。通过在该输入端增加一个外部电容就可以获得更长的软启动时间。

软启动持续时间按照如下方程计算：

$$t_{SS} = V_{REF} * C_{SS} / Iss = 0.795V * C_{SS} / 50uA \quad (6)$$

该方程可变换为：

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

用一个 0.22 µF 的电容就可以获得一个 3.5 毫秒的典型软启动持续时间；0.47 µF 可获得的典型软启动持续时间是 7.5 毫秒。0.47 µF 是推荐初始值。

当软启动输入电压超过 0.795V 时，功率级输出将进行调节，并使 50 µA 的电流失活。请注意下列条件下使用内部电流吸收器通过 SS 输入对地放电将使软启动电容器复位：

- 使能输入下拉
- 热关断条件
- 下降到低于 4.3V (典型值)，并触发 V_{CC} 欠压锁定

跟踪电源分压器的选择

跟踪功能允许模块作为从属电源连接到一次电压轨 (通常是 3.3V 系统电压轨)，其中从属模块输出电压比主模块电压更小。正确的配置允许从属电压轨与主电压轨同时上电，从而减小电压斜升期间两个电压轨之间的电压差 (即 < 0.15V 典型值)。跟踪电阻分压器值的选择要能使内部 50 µA 电流源的影响最小化。在大多数情况下，跟踪分压电阻器的比率与输出电压设定分压器的比值是一样的。跟踪模块的正常工作要求从属电压轨的软启动时间要比主电压轨的更短；由于用 R_{TKB} 取代了聚合物电容 C_{SS}，这是一个容易满足的条件。跟踪功能只在主电源的上电间隔有效；一旦 SS/TRK 上升超过 0.795V，该输入就不再被使能，50 µA 内部电流源也会被关断。

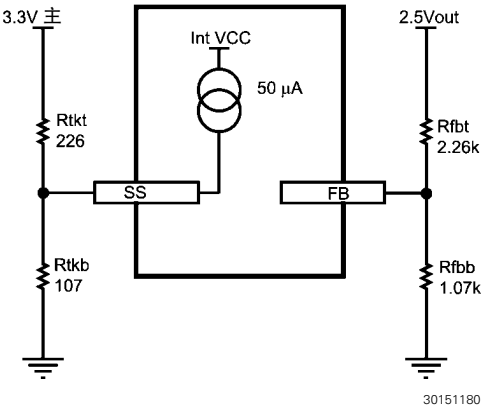


图 2：跟踪选择输入详图

C_{OUT} (输出电容) 的选择

在模块内没有要求的 C_{OUT} 输出电容值。按照误差信号放大器的内部补偿值，6 V_{OUT} 需要 330 µF 的最小电容值，1.2 V_{OUT} 需要 660 µF。如果有效电容 ESR 高于 15 mΩ，就可以减小这些最小电容值。为了获得最低波纹，推荐使用低 ESR (15 mΩ) 钽、有机半导体或聚合物电容器，与一个 47 nF X7R 陶瓷电容并联。

输出电容 (C_{OUT}) 可以包含几个紧靠模块平行布置的电容器。

输出电容的组装也必须满足按照下面方程 (18) 计算的最差情况下的波纹电流额定值为 Δi_L 的要求。此外，只要 ESR 低到允许值，附加电容就会降低输出波纹。对于闭合环路的运转状态的确认，环路响应验证也是非常有价值的。

对于有动态负载阶跃的应用，下面的方程为负载瞬态要求提供了一个很好的首选 C_{OUT} 近似值。

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

对于 12 V_{IN}，3.3 V_{OUT}，5% 的瞬态电压为 V_{OUT} = 0.165V (ΔV_{OUT})，负载阶跃为 9A (I_{STEP})，输出电容器的有效 ESR 为 3 mΩ，开关频率 (f_{SW}) 为 350 kHz：

$$C_{OUT} \geq \frac{9A}{(0.165V - 9A \times 0.003) \times (\frac{350e3}{3.3V})}$$

$$\geq 615\ \mu F \quad (9)$$

请注意最小输出电容的稳定要求必须始终得到满足。一个推荐的输出电容组合是 330 µF，15 mΩ ESR 钽、聚合物电容与一个 47 µF 6.3V X5R 陶瓷电容并联。这个组合的性能极佳，可能会超过某些应用的要求。此外一些小的 47 nF 陶瓷电容器可以用于高频电磁波干扰抑制。

C_{IN} 的选择

LMZ23610 模块包含有少量的内部陶瓷输入电容器。在模块的外部需要一个输入电容来处理应用中的输入波纹电流问题。输入电容器可以是几个并联的电容器。这个输入电容应该装在非常接近模块的位置。输入电容的选择一般以满足输入波纹电流要求为条件，而非电容值。输入波纹电流额定值用如下方程来计算：

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

式中 $D \cong V_{OUT} / V_{IN}$

(作为一个参考点，当模块处于满负载电流情况下且 $V_{IN} = 2 * V_{OUT}$ 时，将会产生最糟的外壳波纹电流)。

推荐的最小输入电容是 30 µF X7R (或者 X5R) 陶瓷电容，其电压额定值至少要高于该应用中最大输入电压的 25%。另外需要注意的是所选电容的电压和温度的降额。还应该注意到陶瓷电容器的波纹电流额定值在电容数据表中可能没有列出，你需要直接与电容生产商联系了解这个参数。

如果系统设计要求保持某个小的峰–峰输入纹波电压值 (ΔV_{IN})，可用下列方程计算：

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

在 12V 输入，3.3V 输出这个应用中，如果 ΔV_{IN} 等于 200 mV，或是 V_{IN} 的 1.66%，而 f_{SW} = 350 kHz，那么：

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

为抑制输入电源线的寄生电感和输入电容的共振效应，需要增加 ESR 值较高的大容量电容。为实现这个功能，LMZ23610 典型应用原理图和评估板包含一个 150 µF 50V 的铝电容。在很多情况下这个电容并不是必需的。

功率耗散和电路板散热要求

在特性曲线中提供了很多一般工作条件，这样通过插值就可以推导出不常见的应用。在所有的设计中，结点温度必须保持低于 125℃ 的最大额定值。

对于 V_{IN} = 12V，V_{OUT} = 3.3V，I_{OUT} = 10A，和 T_{A-MAX} = 50℃ 的设计实例，模块从外壳到环境 (θ_{CA})的热阻必须小于：

$$\theta_{CA} < \frac{T_{J\text{-}MAX} - T_{A\text{-}MAX}}{P_{IC_LOSS}} - \theta_{JC} \tag{13}$$

假设从结点到外壳 (θ_{JC}) 的典型热阻为 1.0℃/W，可使用在典型性能特性部分所述的 85℃ 时的功率耗散来估算该应用设计的 $P_{IC-LOSS}$。在该应用中它是5.3W。

$$\theta_{CA} < \frac{125°C - 50°C}{5.3\ W} - 1.0\ \frac{°C}{W} < 13.15\ \frac{°C}{W} \tag{14}$$

为使 θ_{CA} = 13.15，要求印刷电路板 (PCB) 能有效散热。在没有空气流动，无外部散热器的情况下，按照以下方程近似估算用 2 盎司铜箔在顶层和底层覆盖的所需印刷电路板面积为：

$$\text{Board Area_cm}^2 \geq \frac{500}{\theta_{CA}} \cdot \frac{°C \times cm^2}{W} \tag{15}$$

所得结果是，印刷电路板设计需要大概 38.02 平方厘米的 2 盎司铜箔覆盖在顶层和底层板上。印刷电路板铜散热器必须连接到裸露焊盘 (EP) 上。为了获得最佳性能，大约需要 100 个 12 密耳 (305 µm)、间隔为 59 密耳 (1.5 mm) 的散热通孔来连接顶层和底层的铜箔区域。

另一种估计设计温升的方法是使用 θ_{JA}。不同的铜散热面积 θ_{JA} 和气流的估计可以在典型应用曲线中找到。如果我们的设计需要与以前相同的工作条件，而气流为 225 LFPM。我们就要找到所需的 θ_{JA}：

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

$$\theta_{JA} < \frac{(125 - 50)\ °C}{5.3\ W} < 14.15\ \frac{°C}{W} \tag{16}$$

在 θ_{JA} 与铜的散热曲线中，此应用所需的铜面积现在只有 2 平方英寸。气流可以减少三倍的所需散热面积。

为了进一步减少铜散热面积，采用了兼容 D3–PAK 表面贴装散热器的封装。

欲了解 SIMPLE SWITCHER® 易电源电源模块的高散热性能电路板布线示例，请参见AN–2093、AN–2084、AN–2125、AN–2020 和 AN–2026。

印刷电路板布局指南

印刷电路板布局是直流–直流转换器设计的一个重要部分。不理想的布局方案会增加电磁干扰、接地反弹和走线上的电阻压降，这些都将影响直流–直流转换器和周围电路的性能。这些都会向直流–直流转换器发送错误的信号，导致调节不利或不稳定。好的布线方案需要遵循以下几点简单的设计规则。*图 6* 所示就是一个很好的布局实例。

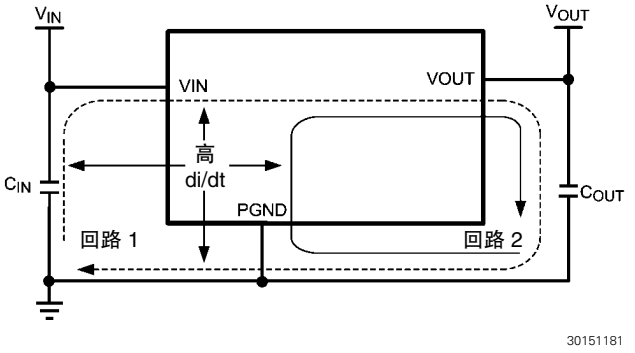


图 3：高电流回路

1. 使开关电流回路尽可能小。

从抑制电磁干扰的角度来看，如上图所示，PC 板布局过程中必须尽量降低高 di/dt 电流通路。不重叠的大电流回路有高 di/dt 区域，如果输入电容 (C_N) 安装位置远离 LMZ23610，在输出引脚上就会引起显著的高频噪声。因此要尽可能使输入电容 (C_{IN}) 接近 LMZ23610 的 V_N 引脚和 PGND 裸露焊盘，以避免输出引脚上产生的明显的高频噪声。这将使高 di/dt 区面积最小化，从而降低辐射的电磁干扰。另外，输入和输出电容接地都需要包括一个局部的顶部平面，用来连接 PGND 裸露焊盘 (EP)。

2. 采用单点接地。

反馈电路、软启动和使能端元件的接地线只能连接到器件的 AGND 引脚。这样可以避免开关电流或负载电流流入模拟地线中。如果布置不当，接地不良可能导致负载调节性能降低或出现输出电压纹波漂移现象。连接引脚 4 (AGND) 到 EP/PGND，形成单点接地连接。

3. 使FB引脚的走线长度尽可能短。

反馈电阻 R_{FBT} 和 R_{FBB} 应尽可能靠近 FB 引脚。由于 FB 引脚具有高阻抗，因此应使覆铜面积尽可能小。从 R_{FBT}、R_{FBB} 的走线应该与 LMZ23610 模块保持一定的距离，将可能的噪声拾取最小化。

4. 输入输出总线连线尽可能宽。

这样可以减少转换器输入或输出上的压降，从而使效率最大化。为了优化负载上的电压精度，要确保负载上有单独的反馈电压检测走线。这样将纠正压降，提供最优输出精度。

5. 确保器件散热充分。

使用一组散热孔将裸露焊盘和印刷电路板底层的接地平面连接起来。如果印刷电路板有多个覆铜层，散热通孔同样可以用来连接内层散热接地平面。为了达到最佳效果，可使用一个最小半径为 12 密耳 (305 µm)、间隔为 46.8 密耳 (1.5 mm) 的 10 x 10 散热通孔组。确保有足够大的覆铜面积用来散热，保持结点温度低于 125℃。

附加特性

同步输入

PWM 开关频率可以与一个外部频率源同步。PWM 开关将与外部频率源同相。如果不使用该特性，将该输入直接接地，或者通过一个 1.5 kΩ 或者更小的电阻接地即可。允许的同步频率范围为 314 kHz 至 600 kHz。典型输入阈值为 1.4V。理想的输入时钟应使该阈值增加 2 倍，因此，推荐通过一个 1.5 kΩ 或更小的等效源电阻来直接驱动 3.3V 逻辑。请注意使用相当于 0 Hz PWM 频率的持续“逻辑 1”将导致模块停止转换。

均流

当应用需要一个大于 10A 的负载电流时，LMZ23610 可以配置为共享多个器件之间的负载。要共享器件之间的负载电流，可连接所有均流 LMZ23610 模块的 SH 引脚。通常可通过连接 FB 将一个器件配置为主。所有其他器件可通过使各自的 FB 引脚浮置配置为从属。模块应该通过一个时钟信号进行同步，以避免在内部 359 kHz 时钟条件下由小的差异造成的输出电压拍差频率 (beat frequencies)。如果模块不同步，纹波电压的幅度将取决于内部时钟的相位关系。外部同步时钟可以与所有模块同相，或者异相来减少输入和输出电容器的电流应力。作为一个例子，两个模块可以 180 度异相运行，而三个模块可以 120 度异相运行。V_N、V_{OUT}、PGND 和 AGND 引脚也应与低阻抗路径连接。尤其重要的是密切关注 AGND 和 SH 的布局，因为接地偏移或拾取自其他器件的噪声将被视为均流不匹配，并可能导致噪声问题。

均流模块可配置为共享同一组大容量输入和输出电容器，而每一个模块都有自己的本地输入和输出旁路电容器。仍建议每个连接在均流配置上的模块的 C_{N_BYP} >= 30 µF。建议 C_{OUT_BYP} 由 47 nF X7R 陶瓷电容与一个 22 µF 陶瓷电容并联组成，以本地旁路每个模块的输出电压。这些电容将提供本地高频旁路开关电流。

当共享引脚与第二个模块连接时，主模块的环路增益增加了两倍。这就要增加稳定所需的大容量输出电容。例如，两个提供 1.2 V_{OUT} 和 20A 的模块配置需要 C_{OUT_BULK} = 2 x 450 µF (ESR 25 mΩ) 的输出电容总容量。这相对于一个独立模块增加了 36% 所需的输出电容。多达 6 个模块可并联起来实现高达 60A 的负载。欲了解更多关于均流的信息，请参阅 AN–2093 (均流评估板)。

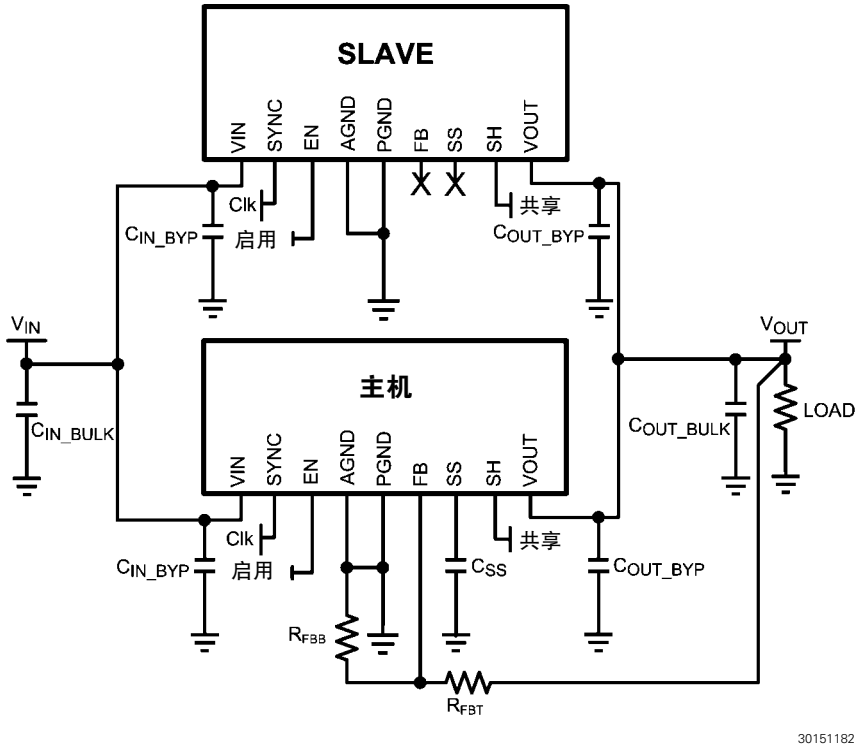
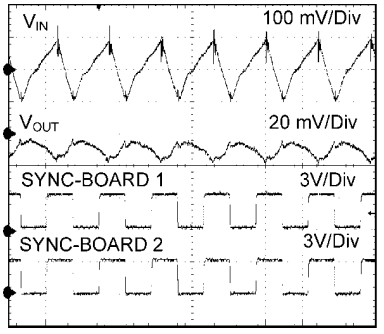
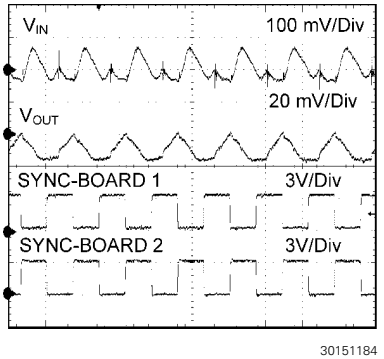


图 4：均流范例原理图

两个同相同步时钟模块的输出电压纹波



两个 180 度异相同步时钟模块的输出电压纹波



输出过电压保护

如果 FB 的电压大于 0.86V 的内部基准电压，误差信号放大器输出会下拉至接地，导致 V_{OUT} 下降。

电流限制

通过低边 (LS) 和高边 (HS) 两边的电流限制电路来保护 LMZ23610 模块。在关断时间，通过监控低边同步金属氧化物半导体场效应晶体管 (MOSFET) 的电流，就可以对低边电流限制值进行检测。请参阅功能框图，当顶部 MOSFET 断开时，电感电流流过负载、PGND 引脚和内部同步 MOSFET。如果该电流超过 13A (典型值)，电流限制比较器就会终止下一个开关周期的开始。这个过程会一直持续到电流低于限制值为止。还应该注意的是，直流电流限制取决于在典型性能部分的图中所示的占空比。高边电流限制监控顶部 MOSFET 的电流。一旦检测出高边电流限制值 (典型值为 16A)，高边 MOSFET 立即会被关断，直到下一个周期。超过高边电流限制值会导致 V_{OUT} 下降。超过低边电流限制值的典型运行状态是 f_{SW} 降低到运行频率的 1/2。

热保护

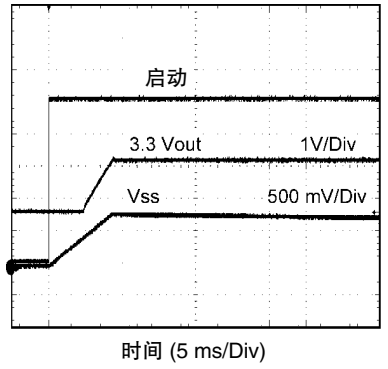
LMZ23610 模块的结点温度不得超过其最大额定值。热保护通过一个内部热关断电路实现。在 165℃ (典型值) 的情况下该电路就会启动，进入一个低功耗待机状态。在这种状态下，主要 MOSFET 保持关断而使 V_{OUT} 下降，同时 C_{SS} 电容器对地放电。热保护功能有助于防止器件意外过热造成严重事故。当结点温度降低到 150℃ (典型迟滞 = 15℃) 以下时，SS 引脚释放，V_{OUT} 平稳上升，恢复正常运行。

在要求有最大输出电流的应用中，尤其是在高输入电压应用中，可能会要求有额外的高温降额。

预偏置启动

LMZ23610 可正常启动进入预偏置输出。在多轨逻辑应用中，这种启动情况是很普通的。在启动顺序执行期间，在不同的电源轨之间会存在多个电源通道。下面捕获到的波形图显示了在这种模式下正确的运行状态。波形轨迹 1 为使能走高。波形轨迹 2 为 1.8V 预偏置上升到 3.3V。波形轨迹 3 是 C_{SS} = 0.47 µF 的 SS 电压。上升时间由 C_{SS} 确定。

预偏置启动



30151185

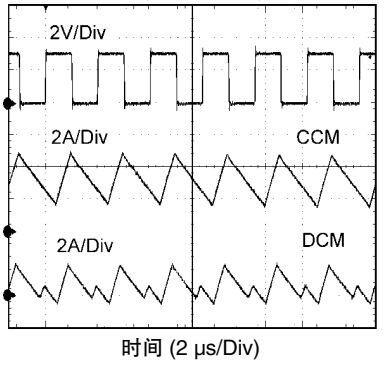
非连续传导和连续传导模式

在小负载情况下，稳压器将以非连续传导模式 (DCM) 运行。当负载电流大于临界传导点，稳压器将以连续传导模式 (CCM) 运行。当在非连续模式下运行时，电感电流维持在一个跟 Iout 一样大小的平均值。在连续传导模式下，在电流降低到 0 时，低边开关将关闭，这会导致电感电流共振。虽然是在非连续传导模式下，还是允许电流略有下降，为自举电容充电。

在连续传导模式下，电流在整个开关周期流过电感器，并且在断开期间电流永远不会降低到 0。

下面所示为连续模式 (上部) 和非连续模式的一组波形比较图。

连续运行模式和非连续运行模式
V_{IN} = 12V，V_O = 3.3V，I_O = 3A/0.3A



30151186

确定 DCM/CCM 界限的近似方程如下：

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

模块内部的电感器是 202 µH。这个值的选择在低输入电压和高输入电压应用间是一个很好的平衡值。受电感器影响的主要参数是电感波纹电流的幅值 Δi_L，它可以用下面的方程计算：

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

式中，V_{IN} 是最大输入电压，f_{SW} 是 359 kHz (典型值)。

通过假设 $I_{OUT} = I_L$，如果确定了输出电流 I_{OUT}，那么即可确定更高和更低的 Δi_L 峰值。

典型应用原理图

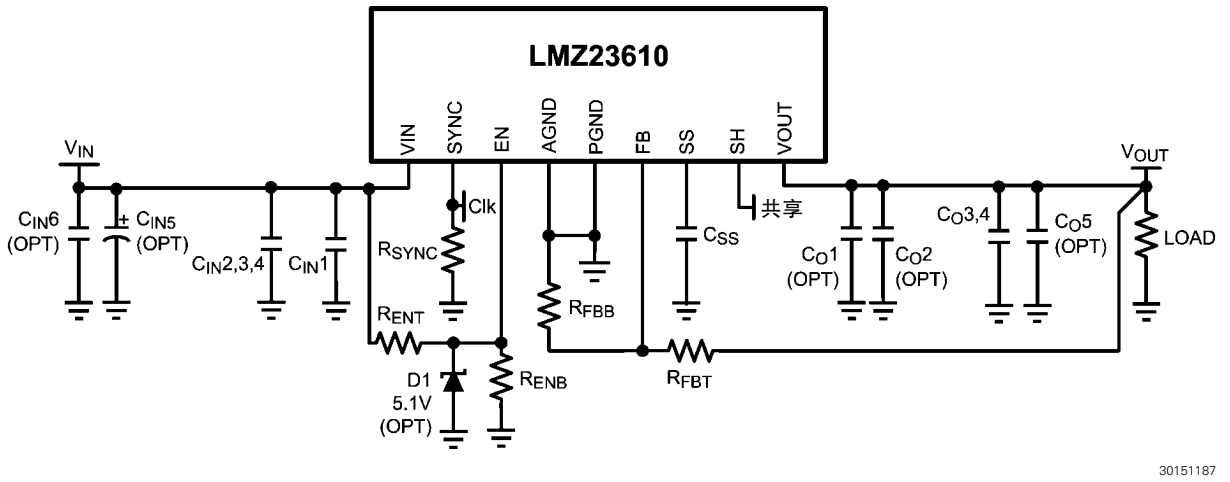
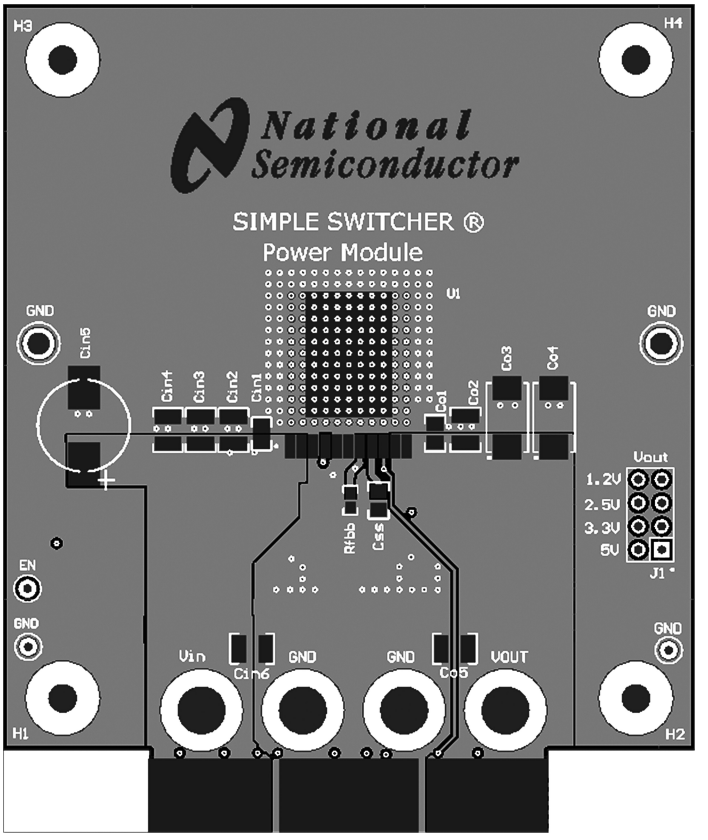


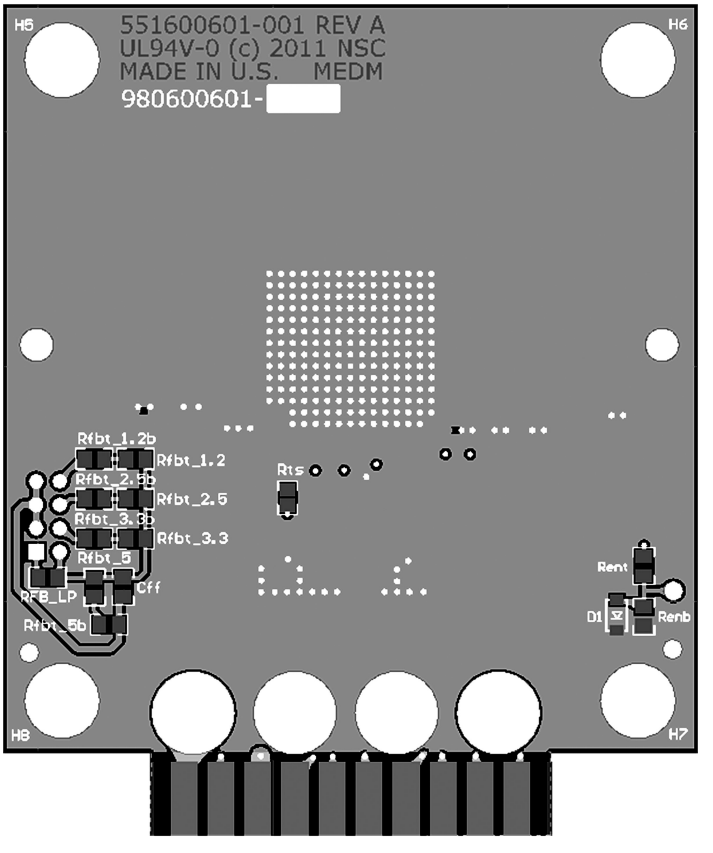
图 5

典型应用物料清单 — 表 1

参考编号	说明	外壳尺寸	制造商	P/N 制造商
U1	SIMPLE SWITCHER ®	TO–PMOD–11	美国国家半导体公司	LMZ23610TZ
C_{IN}1,6 (OPT)	0.047 µF, 50V, X7R	1206	国巨美国公司	CC1206KRX7R9BB473
C_{IN}2,3,4	10 µF, 50V, X7R	1210	日本太阳诱电	UMK325BJ106MM–T
C_{IN}5 (OPT)	CAP, AL, 150 µF, 50V	Radial G	松下电器	EEE–FK1H151P
C_O1,5 (OPT)	0.047 µF, 50V, X7R	1206	国巨美国公司	CC1206KRX7R9BB473
C_O2 (OPT)	47 µF, 10V, X7R	1210	村田制作所	GRM32ER61A476KE20L
C_O3,4	330 µF, 6.3V, 0.015Ω	CAPSMT_6_UE	Kemet	T520D337M006ATE015
R_{FBT}	3.32 kΩ	0805	松下电器	ERJ–6ENF3321V
R_{FBB}	1.07 kΩ	0805	松下电器	ERJ–6ENF1071V
R_{SYNC}	1.50 kΩ	0805	威世达勒	CRCW08051K50FKEA
R_{ENT}	42.2 kΩ	0805	松下电器	ERJ–6ENF4222V
R_{ENB}	12.7 kΩ	0805	松下电器	ERJ–6ENF1272V
C_{SS}	0.47 µF, ±10%, X7R, 16V	0805	AVX	0805YC474KAT2A
D1 (OPT)	5.1V, 0.5W	SOD–123	Diodes Inc.	MMSZ5231BS–7–F



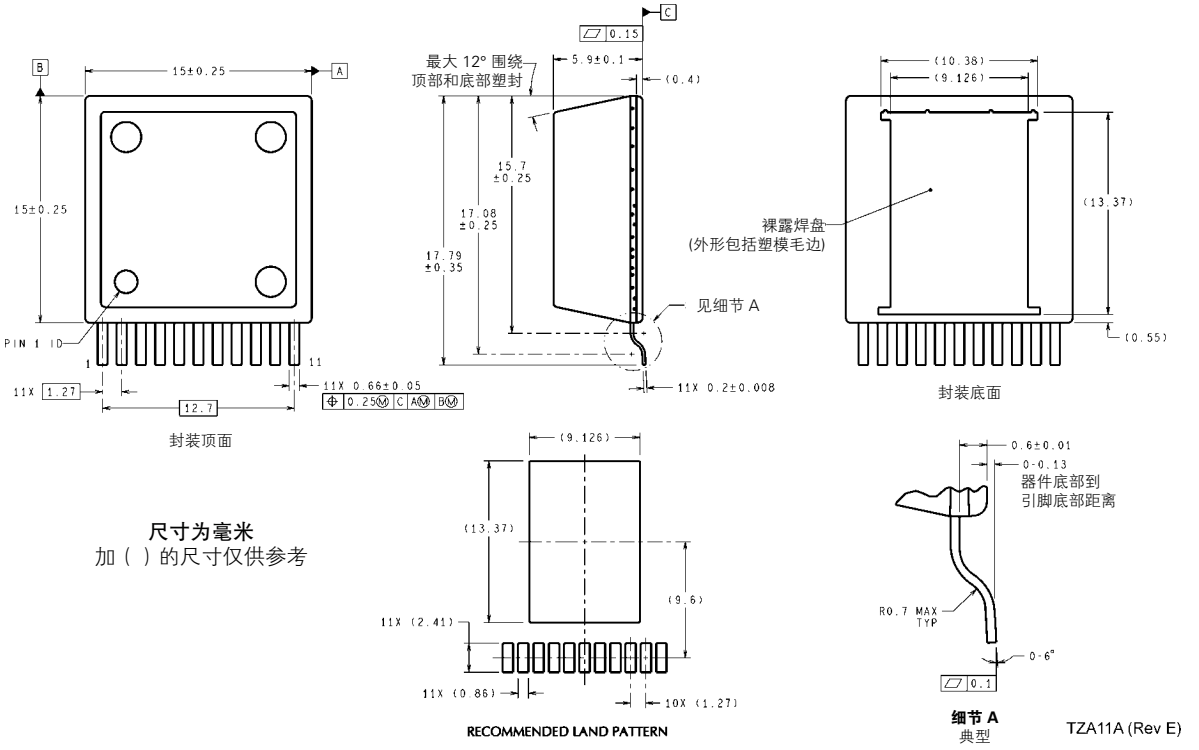
30151188



30151189

图 6：布局示例

物理尺寸 除非另有说明，否则均以英寸 (毫米) 为单位



尺寸为毫米
加（ ）的尺寸仅供参考

11 引脚 TZA 封装
NS 封装号 TZA11A

TZA11A (Rev E)

注释

欲了解有关美国国家半导体的产品和验证设计工具的更多信息，请访问以下站点：www.national.com

产品		设计支持工具	
放大器	www.national.com/amplifiers	WEBENCH® 设计工具	www.national.com/webench
音频	www.national.com/audio	应用注解	www.national.com/appnotes
时钟及定时	www.national.com/timing	参考设计	www.national.com/refdesigns
数据转换器	www.national.com/adc	索取样片	www.national.com/samples
接口	www.national.com/interface	评估板	www.national.com/evalboards
LVDS	www.national.com/lvds	封装	www.national.com/packaging
电源管理	www.national.com/power	绿色公约	www.national.com/quality/green
开关稳压器	www.national.com/switchers	分销商	www.national.com/contacts
LDOs	www.national.com/ldo	质量和可靠性	www.national.com/quality
LED 照明	www.national.com/led	反馈及支持	www.national.com/feedback
电压基准	www.national.com/vref	简易设计步骤	www.national.com/easy
PowerWise® 解决方案	www.national.com/powerwise	解决方案	www.national.com/solutions
串行数字接口 (SDI)	www.national.com/sdi	军事/宇航	www.national.com/milaero
温度传感器	www.national.com/tempsensors	SolarMagic™	www.national.com/solarmagic
无线通信解决方案 (PLL/VCO)	www.national.com/wireless	PowerWise® 设计大学	www.national.com/training

本文内容涉及美国国家半导体公司（NATIONAL）产品。美国国家半导体公司对本文内容的准确性与完整性不作任何表示且不承担任何法律责任。美国国家半导体公司保留随时更改上述电路和规格的权利，恕不另行通知。本文没有明示或暗示地以禁止反言或其他任何方式，授予过任何知识产权许可。

美国国家半导体公司按照其认为必要的程度执行产品测试及其它质量控制以支持产品质量保证。没有必要对每个产品执行政府规定范围外的所有参数测试。美国国家半导体公司没有责任提供应用帮助或者购买者产品设计。购买者对其使用美国国家半导体公司的部件的产品和应用承担责任。在使用和分销包含美国国家半导体公司的部件的任何产品之前，购买者应提供充分的设计、测试及操作安全保障。

除非有有关该产品的销售条款规定，否则美国国家半导体公司不承担任何由此引出的任何责任，也不承认任何有关该产品销售权与/或者产品使用权的明示或暗示的授权，其中包括以特殊目的、以营利为目的的授权，或者对专利权、版权、或其他知识产权的侵害。

生命支持策略

未经美国国家半导体公司的总裁和首席律师的明确书面审批，不得将美国国家半导体公司的产品作为生命支持设备或系统中的关键部件使用。特此说明：

生命支持设备或系统指：(a)打算通过外科手术移植到体内的生命支持设备或系统；(b)支持或维持生命的设备或系统，其在依照使用说明书正确使用时，有理由认为其失效会造成用户严重伤害。键部件是在生命支持设备或系统中，有理由认为其失效会造成生命支持设备或系统失效，或影响生命支持设备或系统的安全性或效力的任何部件。

National Semiconductor 和 National Semiconductor 标志均为美国国家半导体公司的注册商标。其他品牌或产品名称均为有关公司所拥有的商标或注册商标。

© 美国国家半导体公司 2011 版权所有。

欲了解最新产品信息，请访问公司网站　www.national.com

美国国家半导体美洲区
技术支持中心
电子邮件：support@nsc.com
电话：1–800–272–9959

美国国家半导体欧洲
技术支持中心
电子邮件：europe support@nsc com

美国国家半导体亚太区
技术支持中心
电子邮件：ap.support@nsc com

美国国家半导体亚太区
技术支持中心
电子邮件：jpn.feedback@nsc.com

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)
LMZ23610TZ/NOPB	Active	Production	PFM (NDY) | 11	32 | TUBE	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23610
LMZ23610TZ/NOPB.A	Active	Production	PFM (NDY) | 11	32 | TUBE	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23610
LMZ23610TZE/NOPB	Active	Production	PFM (NDY) | 11	250 | SMALL T&R	In-Work	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23610
LMZ23610TZE/NOPB.A	Active	Production	PFM (NDY) | 11	250 | SMALL T&R	In-Work	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23610

(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.

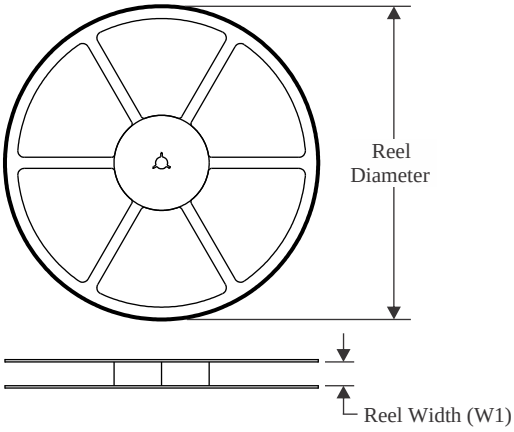
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

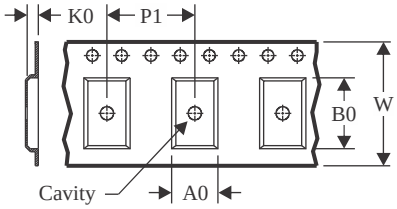
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

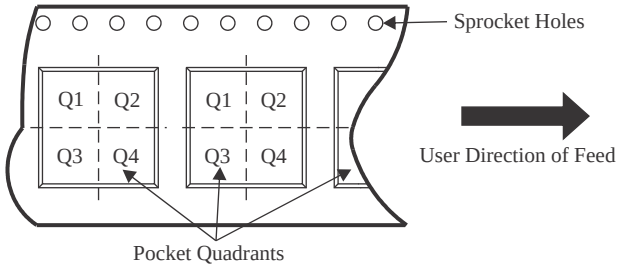


TAPE DIMENSIONS



A0	Dimension designed to accommodate the component width
B0	Dimension designed to accommodate the component length
K0	Dimension designed to accommodate the component thickness
W	Overall width of the carrier tape
P1	Pitch between successive cavity centers

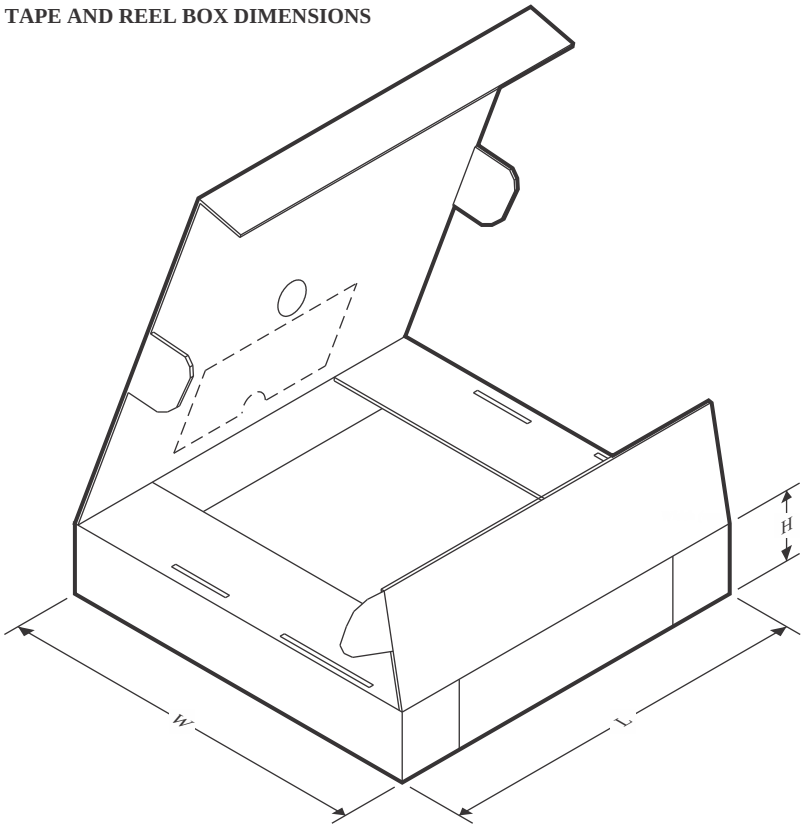
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*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
LMZ23610TZE/NOPB	PFM	NDY	11	250	330.0	32.4	15.45	18.34	6.2	20.0	32.0	Q2

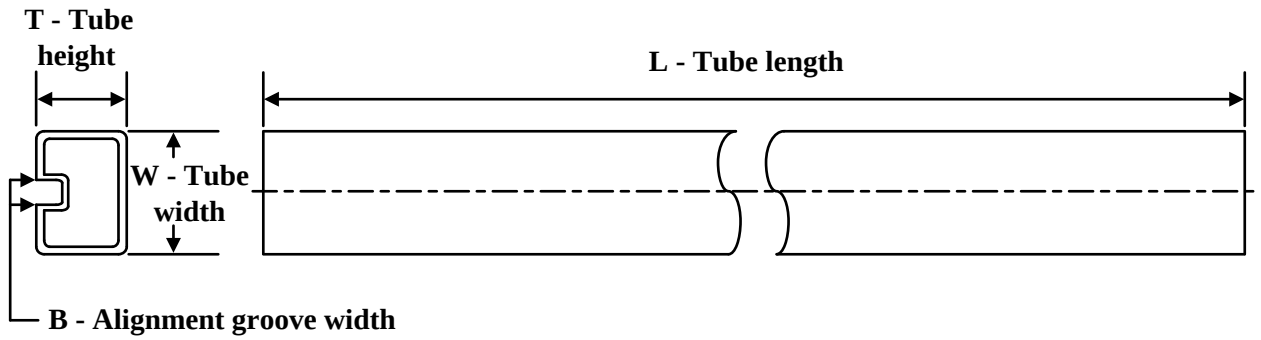
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LMZ23610TZE/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)
LMZ23610TZ/NOPB	NDY	TO-PMOD	11	32	502	22	7500	13.1
LMZ23610TZ/NOPB.A	NDY	TO-PMOD	11	32	502	22	7500	13.1

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出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