LMZ23605

具备 36V 最高输入电压的 5A SIMPLE SWITCHER® 易电源电源模块

Literature Number: ZHCS559
March 2011

National Semiconductor

LMZ23605

2011年3月16日

具备36V最高输入电压的5A SIMPLE SWITCHER® 易电源电源模块

易于使用7引脚封装



顶视图



底视图

30116986

TO-PMOD 7引脚封装
10.16X13.77X4.57mm(0.4X0.542X0.18英寸)
θ_{JA} = 12°C/W, θ_{JC} = 1.9°C/W (*注释6*)
符合RoHS(危害物质限用指令)标准

电气性能规格

- 30W最大总输出功率
- 输出电流高达5A
- 输入电压范围为6V至36V
- 输出电压范围为0.8V至6V
- 效率高达92%

主要特征

- 集成屏蔽电感器
- 单PCB(印刷电路板)布线
- 频率同步输入(650 kHz到950 kHz)
- 使用外部的软启动、跟踪和精确使能，可以实现灵活的上电时序控制
- 针对浪涌电流以及输入欠压锁定和输出短路等故障提供保护
- 工作结温范围 -40℃ 至 +125℃
- 采用单裸露焊盘和标准引脚，更易于装配和制造
- 卓越的瞬态响应，可应用于现场可编程门列(FPGA)和专用集成电路(ASIC)的供电电源
- 可得到WEBENCH电源设计软件的全面支持
- 引脚兼容LMZ22005/LMZ23603/LMZ22003

应用领域

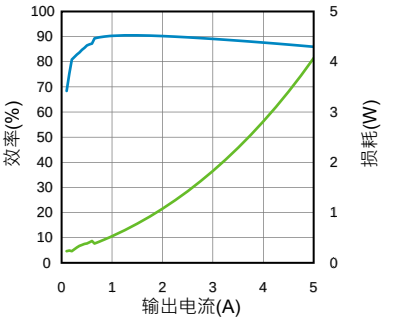
- 从12V和24V输入电压轨负载点转换
- 应用于时间受限的项目
- 应用于空间受限的高温场合
- 应用于负输出电压，请参阅AN-2027

性能优势

- 高效减少系统产生的热量
- 符合EN55022 B级标准(*注释5*)
- 元件数目少，只有5个外部元件
- 低输出电压纹波
- 使用印刷电路板(PCB)来作为散热板，无需空气流动

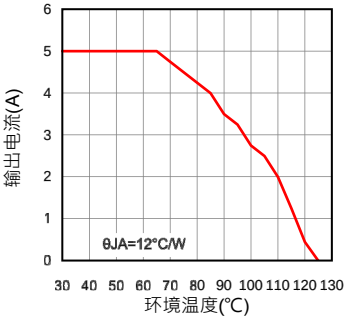
系统性能

V_{IN} = 12V V_{OUT} = 5.0V时效率



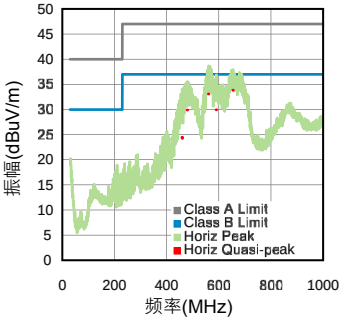
30116903

V_{IN} = 12V V_{OUT} = 5.0V时 热降额曲线



30116989

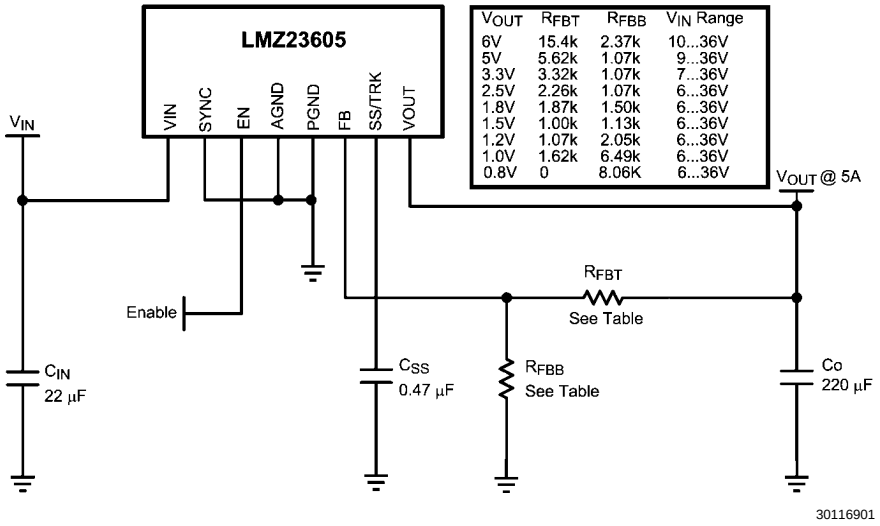
演示板(参阅AN-2125)的 辐射电磁干扰(EN55022)



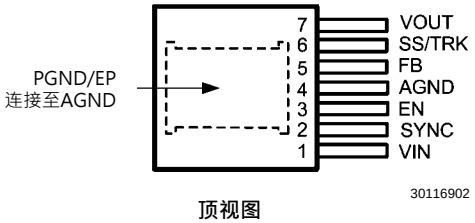
30116995

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



连线图



顶视图
7引脚TO-PMOD封装

订购信息

订购号	封装类型	NSC封装图纸	供货方式
LMZ23605TZ	TO-PMOD-7	TZA07A	每排45件
LMZ23605TZE	TO-PMOD-7	TZA07A	250件，卷带封装
LMZ23605TZX	TO-PMOD-7	TZA07A	250件，卷带封装

引脚描述

引脚号	名称	说明
1	VIN	电源输入—标称工作范围6V到36V。内部集成封装少量电容。必须在该引脚与裸露焊盘之间增加外部输入电容。
2	SYNC	同步输入—不使用同步连接接地的时，用一个频率在650 kHz到950 kHz之间的互补金属氧化物半导体(CMOS)逻辑电平矩形波来使脉宽调制(PWM)工作频率与外部频率源同步。该模块不同步PWM频率是812 kHz(典型值)。
3	EN	使能端—高精度使能比较器的输入端，典型的上升阈值为1.279V。 一旦模块使能，一个21uA的源电流从内部激发有利于可编程迟滞。
4	AGND	模拟接地—所有规定电压的参照点。必须从外部连接到接地线(EP)。
5	FB	反馈—在内部连接至调节放大器和过电压比较器。在这个输入引脚，调节参考点是0.796V。在输出和模拟接地(AGND)之间连接反馈电阻分压器以设定输出电压。
6	SS/TRK	软启动/跟踪—连接一个外部软启动电容，将内部软启动时间延长1.6毫秒。对于跟踪，要连接一个与具有更高优先级电源轨连接的外部电阻分压器，请参阅相关应用章节。

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

引脚号	名称	说明
7	VOUT	输出电压—从内部电感器输出。在该引脚与反裸露焊盘之间连接输出电容。
EP	PGND	裸露焊盘/模块内主电路的电源接地电气通路。在内部不与模拟接地(AGND)/引脚4连接。在运行过程中用于封装体的散热。必须与封装外的引脚4进行电气连接。

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

绝对最大额定值 (注释1)

如果是用于军事航空专用设备，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/TRK, FB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

静电放电(ESD)敏感性(注释2) ±2kV

焊接规格：要了解相关产品资料，请登录www.national.com和www.national.com/ms/MS/MS-SOLDERING.pdf

额定工作定值 (注释1)

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°C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°C至+125°C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°C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3)	典型值 (注释4)	最大值 (注释3)	单位
系统参数						
使能控制						
V_{EN}	EN阈值跳变点	V_{EN} 上升	**1.10**	1.279	**1.458**	V
V_{EN-HYS}	EN输入迟滞电流	V_{EN} > 1.279V		–21		µA
软启动						
I_{SS}	软启动源电流	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	**5.4**			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	711	812	914	kHz
f_{sync}	同步范围		650		950	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.	**1.5**			V
Sync $_{d.c.}$	同步占空比范围		15	50	85	%
D_{max}	最大占空比系数			83		%
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 = 5A	**0.776**	0.796	**0.816**	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	非转换输入电流	V_{FB}= 0.86V		2.6		mA
I_{SD}	非转换输入电流	V_{EN}= 0V		70		µA
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}	至环境结点(注释6)	四层评估印刷电路板，60孔，无空气流动		12.0		°C/W
		2层JEDEC印刷电路板，无空气流动		21.5		°C/W
θ_{JC}	至外壳结点	无空气流动		1.9		°C/W

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

标识	参数	工作条件	最小值 (注释3)	典型值 (注释4)	最大值 (注释3)	单位
性能参数(注释7)						
ΔV_O	输出电压纹波	Cout =220uF w/ 7百万ESR+ 100uFX7R + 2 x 0.047uF BW@ 20 MHz		9		mV PP
$\Delta V_O/\Delta V_{IN}$	线路调节	V_{IN} = 12V至36V, I_O= 0.001A		±0.02		%
$\Delta V_O/\Delta I_{OUT}$	负载调节	V_{IN} = 12V, I_O= 0.001A至5A		1		mV/A
η	峰值效率	V_{IN} = 12V V_O = 3.3V I_O = 1A		86		%
η	满负载效率	V_{IN} = 12V V_O = 3.3V I_O = 5A		81.5		%
η	峰值效率	V_{IN} = 24V V_O = 3.3V I_O = 2A		80		%
η	满负载效率	V_{IN} = 24V V_O = 3.3V I_O = 5A		76		%

注释1：对最大额定值为极限值。超过极限值会导致设备损坏。额定工作值是保证设备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2：人体模型是通过一个1.5 kΩ电阻向每个引脚放电的100pF电容器。测试方法依据JESD22-AI14S。

注释3：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4：典型值是在25℃时测得的，代表最可能的参数指标。

注释5：EN 55022:2006, +A1:2007, FCC第十五部分，B子节:2007版。请参阅AN-2125和所测试设备的布线信息。Vin = 24V, Vo = 3.3V, Io= 5A

注释6：θ_{JA}在一个3.5” x 3.5”四层板上测得，该板的外层含铜三盎司，内层含2盎司铜，六十个10密耳散热孔，无空气流动，功耗为1W。请参考应用说明布局图。

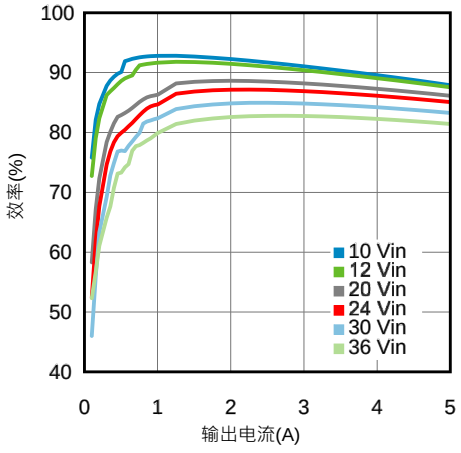
注释7：参阅表1物料清单。

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

典型性能特性

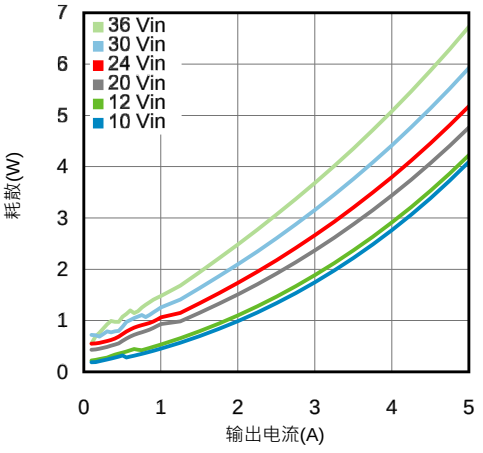
除非另有规定，否则以下条件适用于：V_{IN} = 12V; Cin = 2 x 10µF + 1µF X7R；C_O= 220µF聚合物+10uF陶瓷电容；Tambient = 25℃时的波形。用*标注的效率和耗散曲线在小负载的情况下有一个周期跳步，导致产生稍高的输出电压纹波—请参阅应用章节。

输出6.0V，环境温度为25°C时的效率



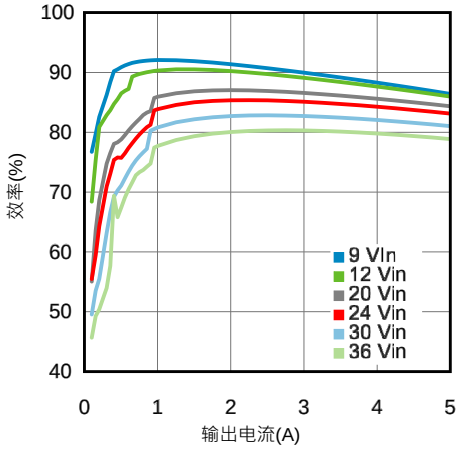
30116987

输出6.0V，环境温度为25°C时的耗散



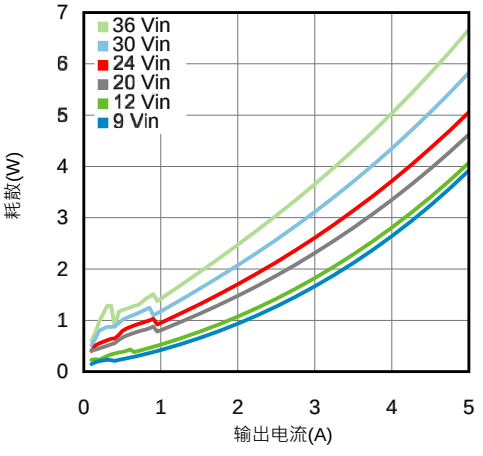
30116988

输出5.0V，环境温度为25°C时的效率



30116952

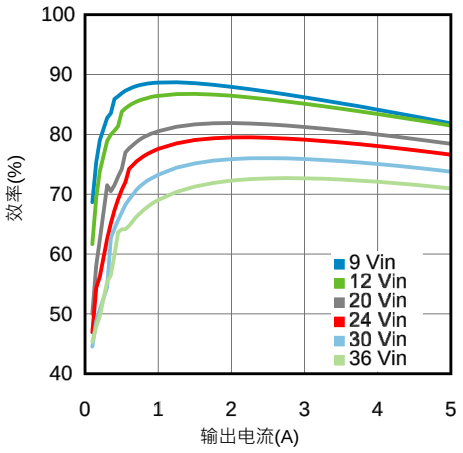
输出5.0V，环境温度为25°C时的耗散



30116953

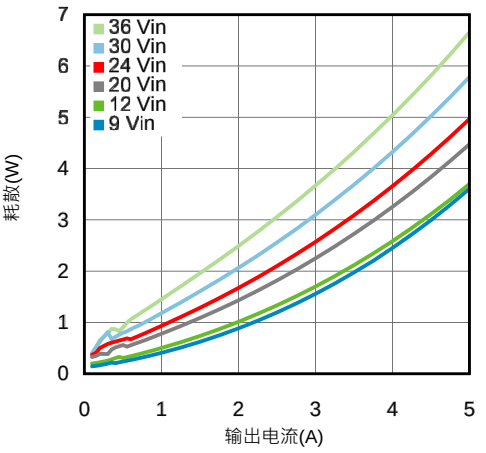
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

输出3.3V，环境温度为25°C时的效率



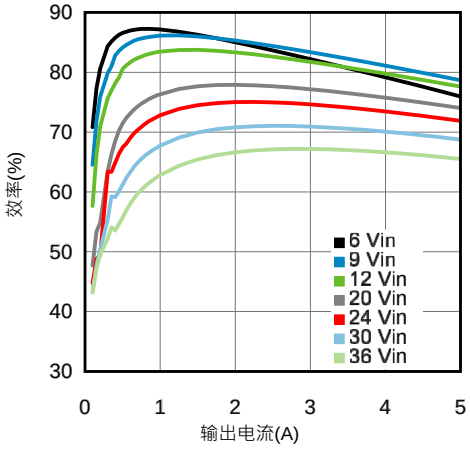
30116954

输出3.3V，环境温度为25°C时的耗散



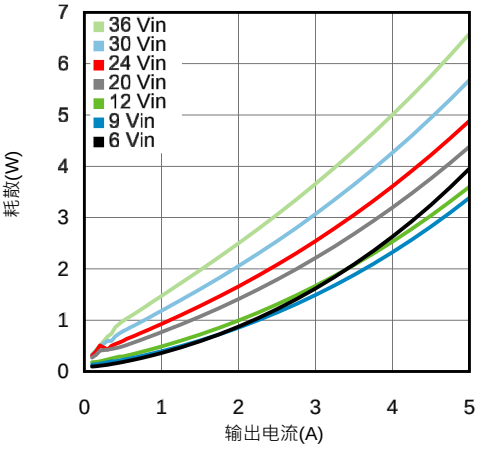
30116955

输出2.5V，环境温度为25°C时的效率



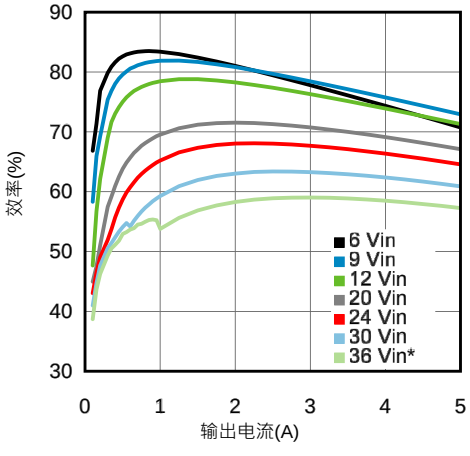
30116956

输出2.5V，环境温度为25°C时的耗散



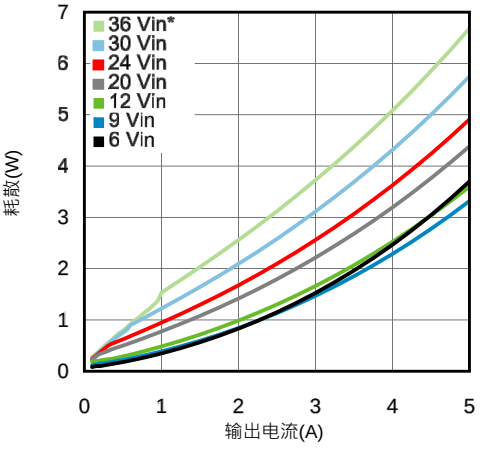
30116957

输出1.8V，环境温度为25°C时的效率



30116958

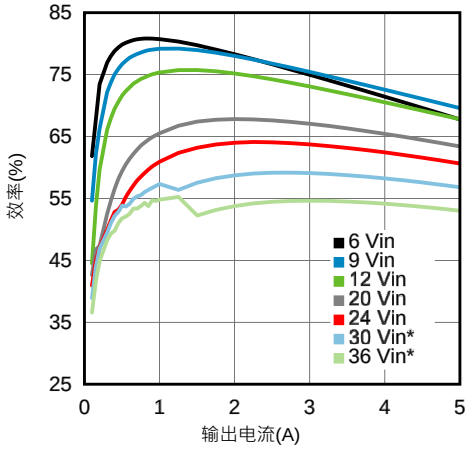
输出1.8V，环境温度为25°C时的耗散



30116959

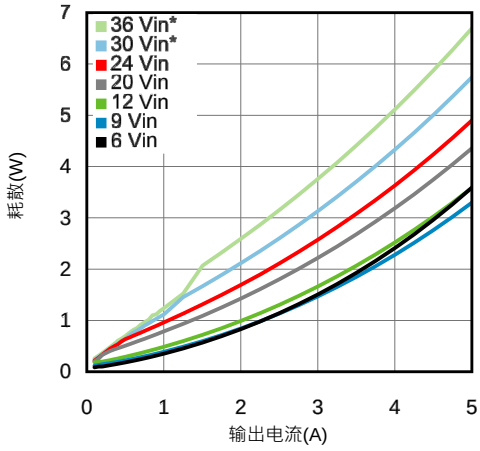
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

输出1.5V，环境温度为25°C时的效率



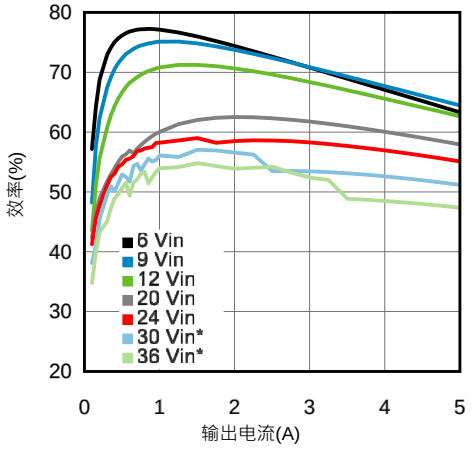
30116960

输出1.5V，环境温度为25°C时的耗散



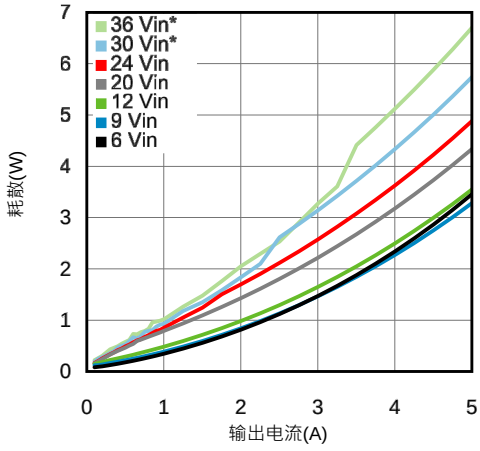
30116961

输出1.2V，环境温度为25°C时的效率



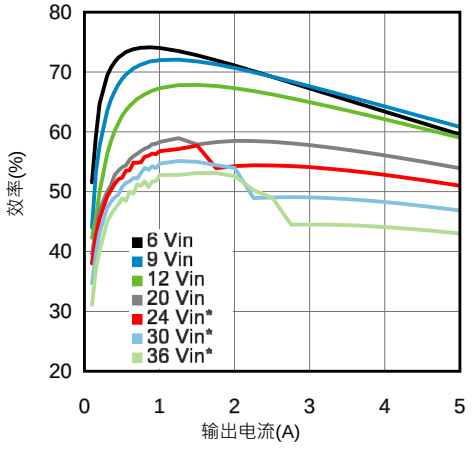
30116962

输出1.2V，环境温度为25°C时的耗散



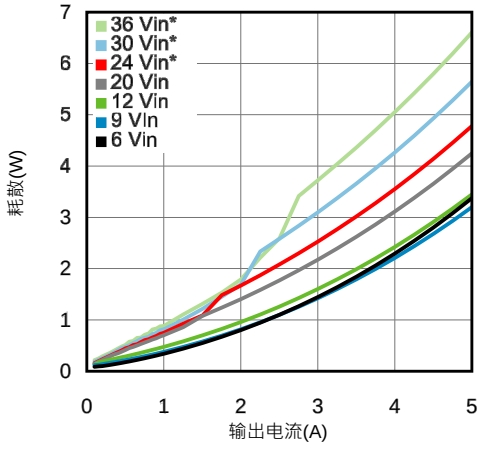
30116963

输出1.0V，环境温度为25°C时的效率



30116964

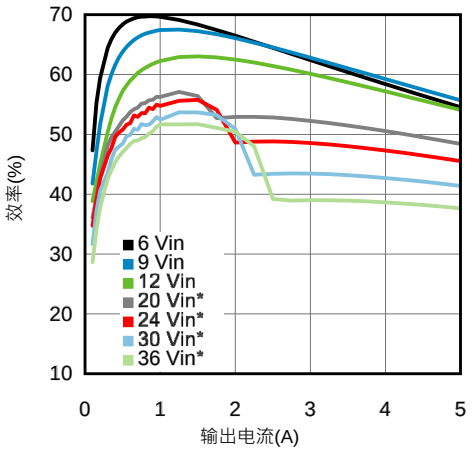
输出1.0V，环境温度为25°C时的耗散



30116965

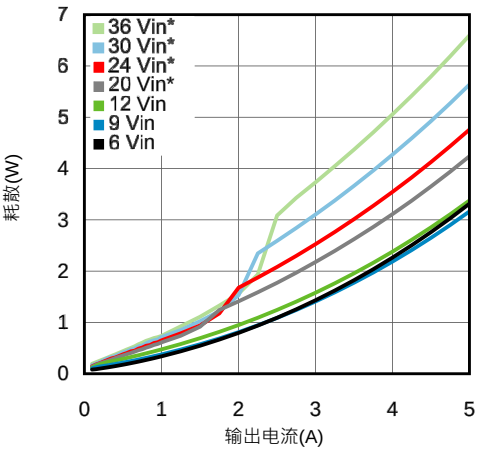
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

输出0.8V，环境温度为25°C时的效率



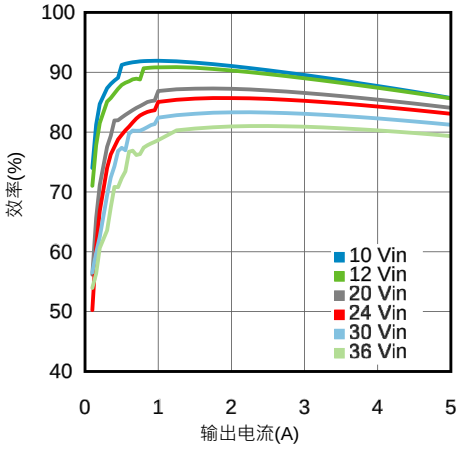
30116990

输出0.8V，环境温度为25°C时的耗散



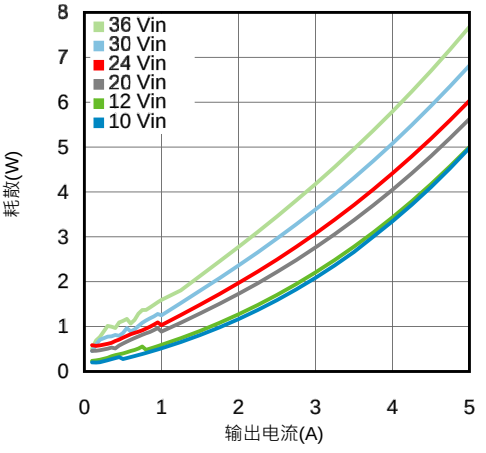
30116991

输出6.0V，环境温度为85°C时的效率



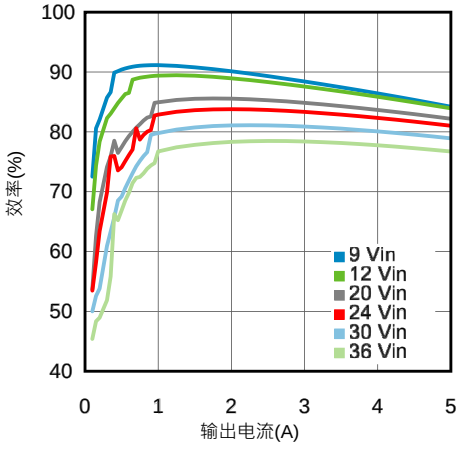
30116926

输出6.0V，环境温度为85°C时的耗散



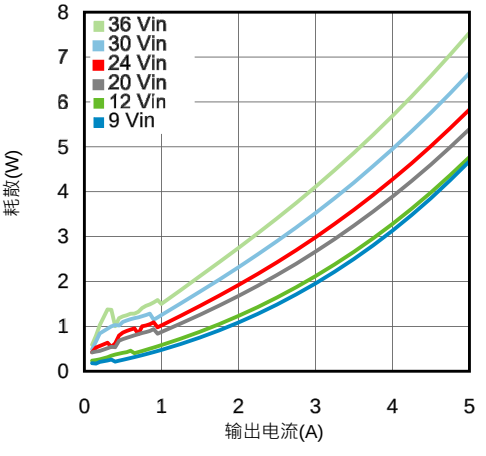
30116927

输出5.0V，环境温度为85°C时的效率



30116928

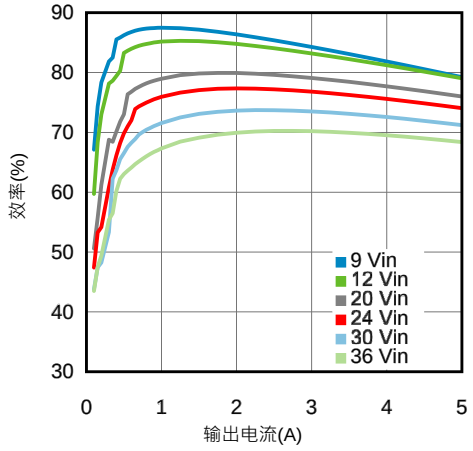
输出5.0V，环境温度为85°C时的耗散



30116929

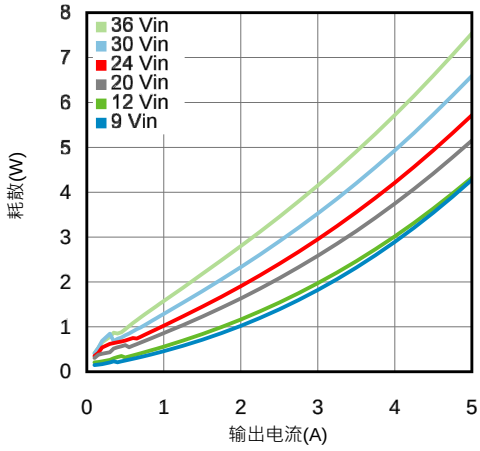
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

输出3.3V，环境温度为85°C时的效率



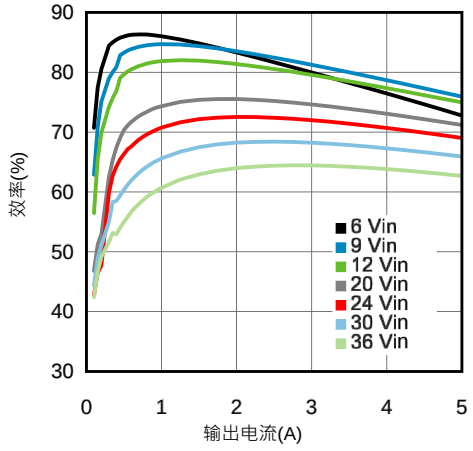
30116930

输出3.3V，环境温度为85°C时的耗散



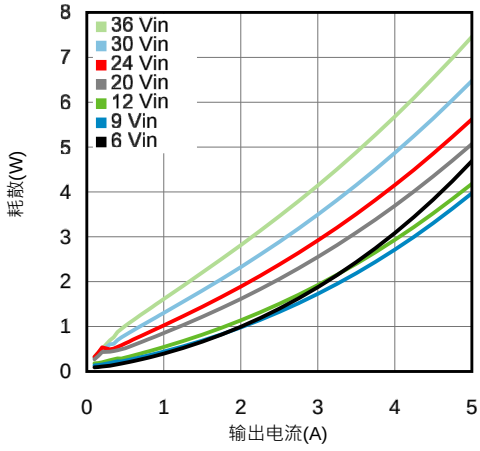
30116931

输出2.5V，环境温度为85°C时的效率



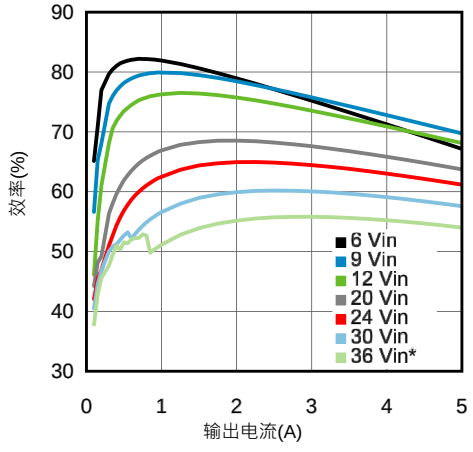
30116932

输出2.5V，环境温度为85°C时的耗散



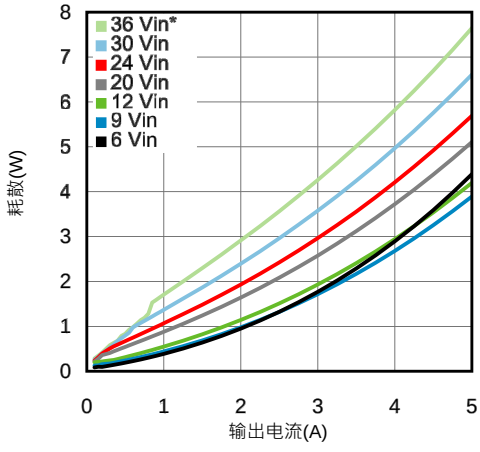
30116933

输出1.8V，环境温度为85°C时的效率



30116934

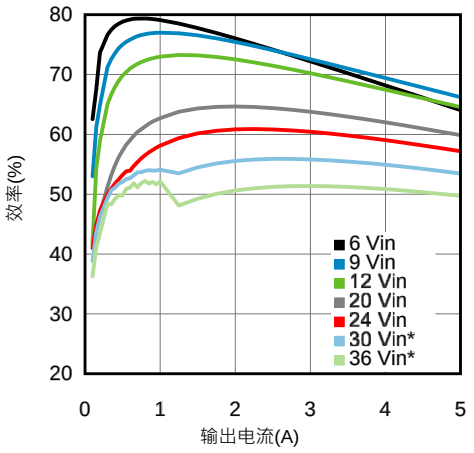
输出1.8V，环境温度为85°C时的耗散



30116935

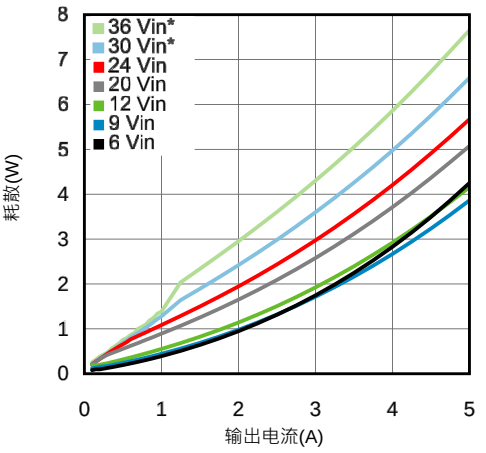
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

输出1.5V，环境温度为85°C时的效率



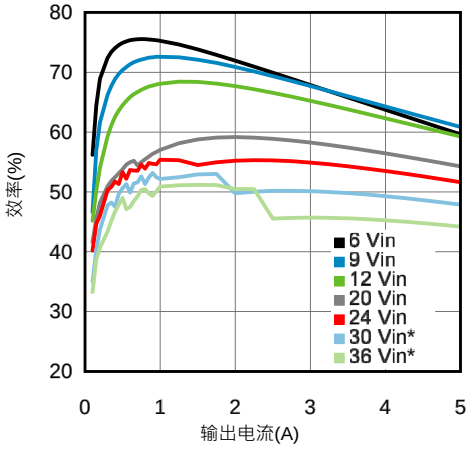
30116936

输出1.5V，环境温度为85°C时的耗散



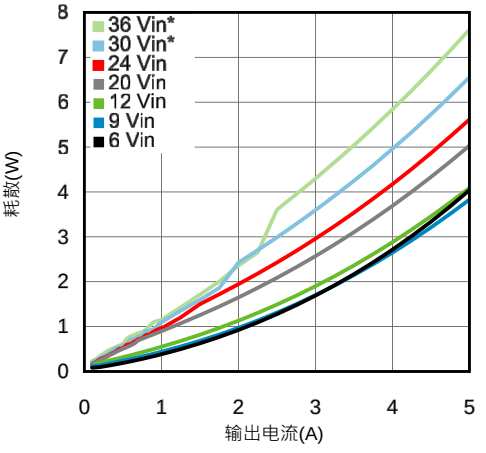
30116937

输出1.2V，环境温度为85°C时的效率



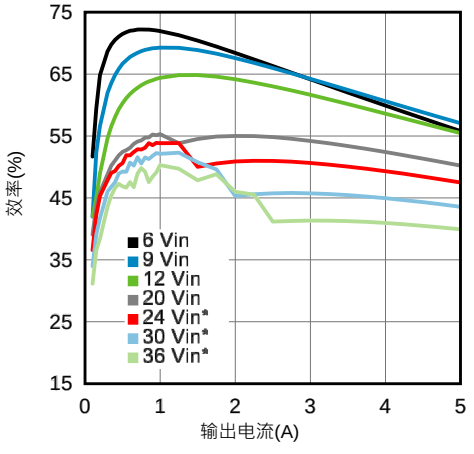
30116938

输出1.2V，环境温度为85°C时的耗散



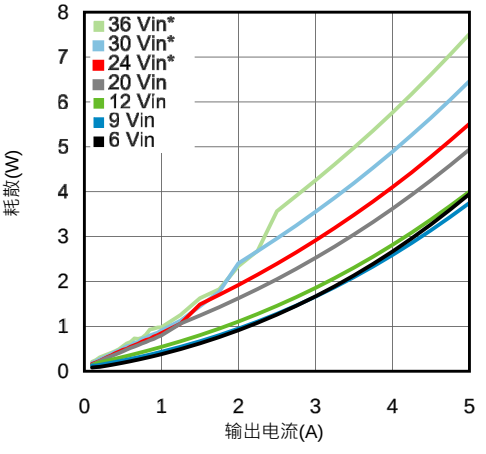
30116939

输出1.0V，环境温度为85°C时的效率



30116940

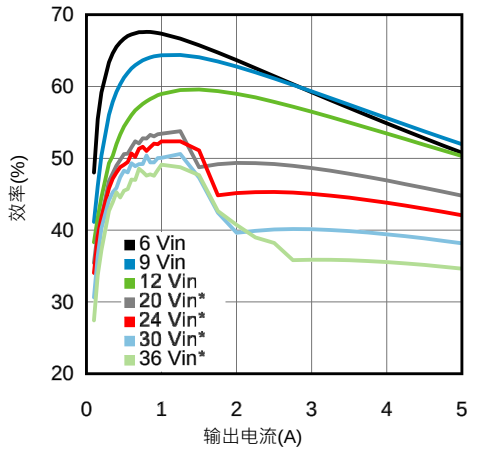
输出1.0V，环境温度为85°C时的耗散



30116941

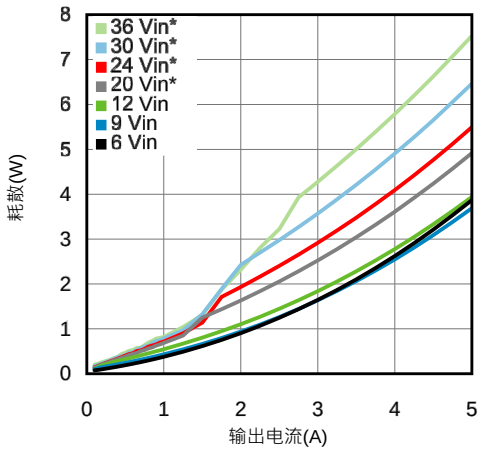
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

输出0.8V，环境温度为85°C时的效率



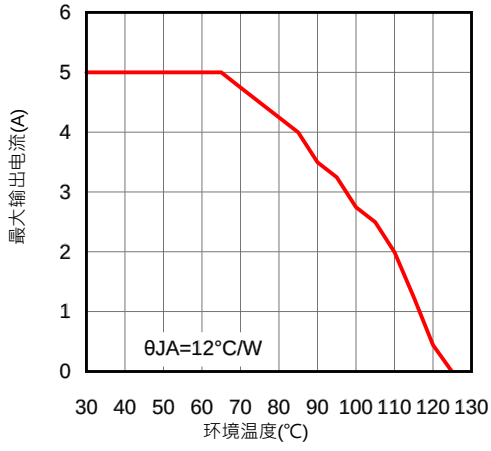
30116992

输出0.8V，环境温度为85°C时的耗散



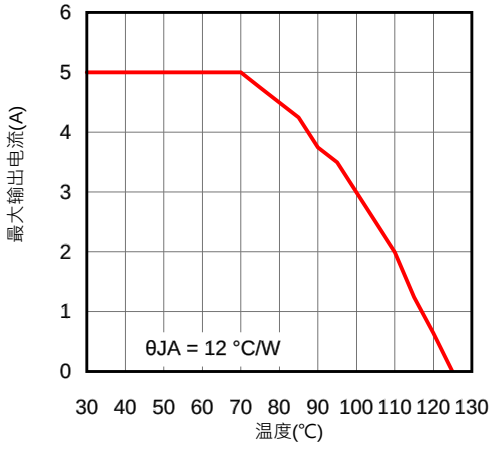
30116993

热降额V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 5.0V



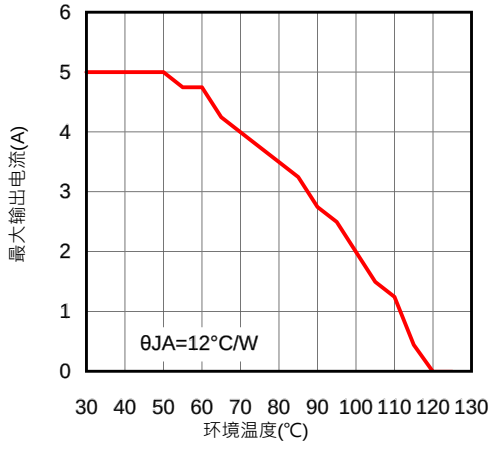
30116989

热降额V_{IN} = 12V, V_{OUT} = 3.3V



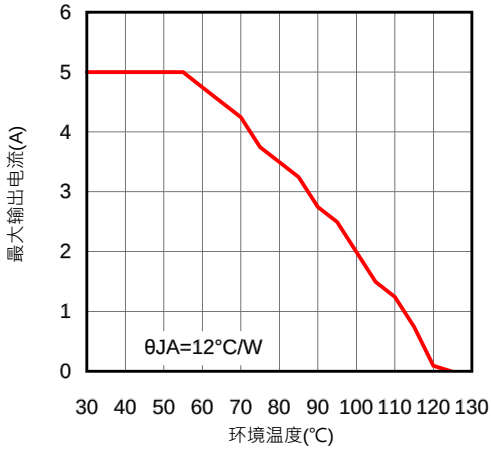
30116994

热降额V_{IN} = 24V, V_{OUT} = 5.0V



30116996

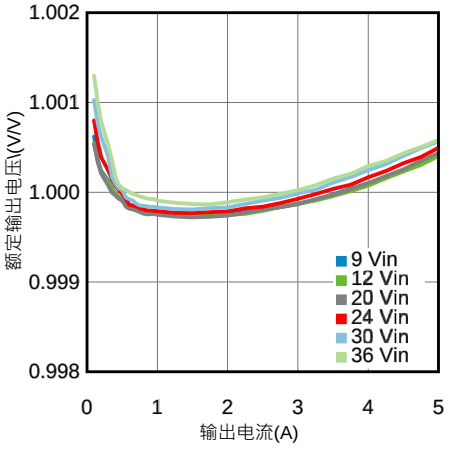
热降额V_{IN} = 24V, V_{OUT} = 3.3V



30116997

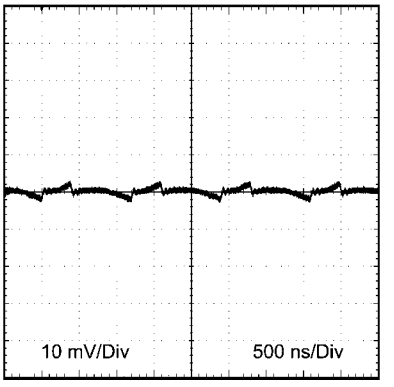
未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

额定线路及负载调节V_{OUT} = 3.3V



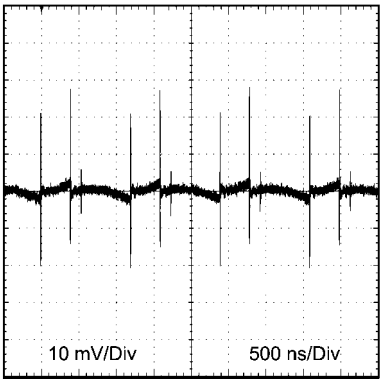
30116942

输出波纹
$12V_{IN}$ $3.3V_O$ @ 5A, BW = 20 MHz



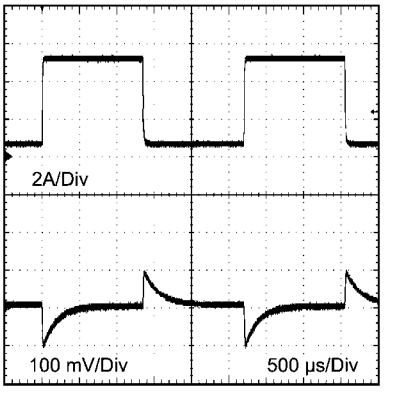
30116905

输出波纹
$12V_{IN}$ $3.3V_O$@ 5A BW = 250 MHz



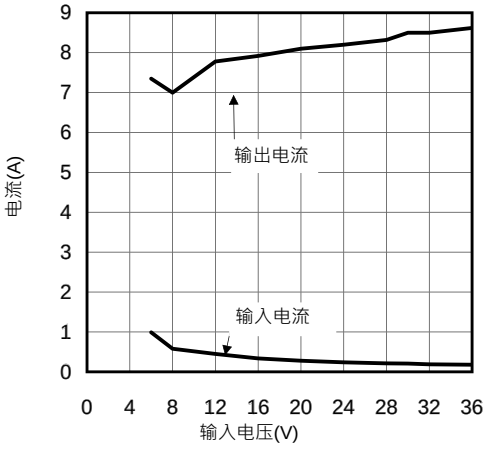
30116906

瞬态响应
$12V_{IN}$ $3.3V_O$0.5至5A阶跃



30116908

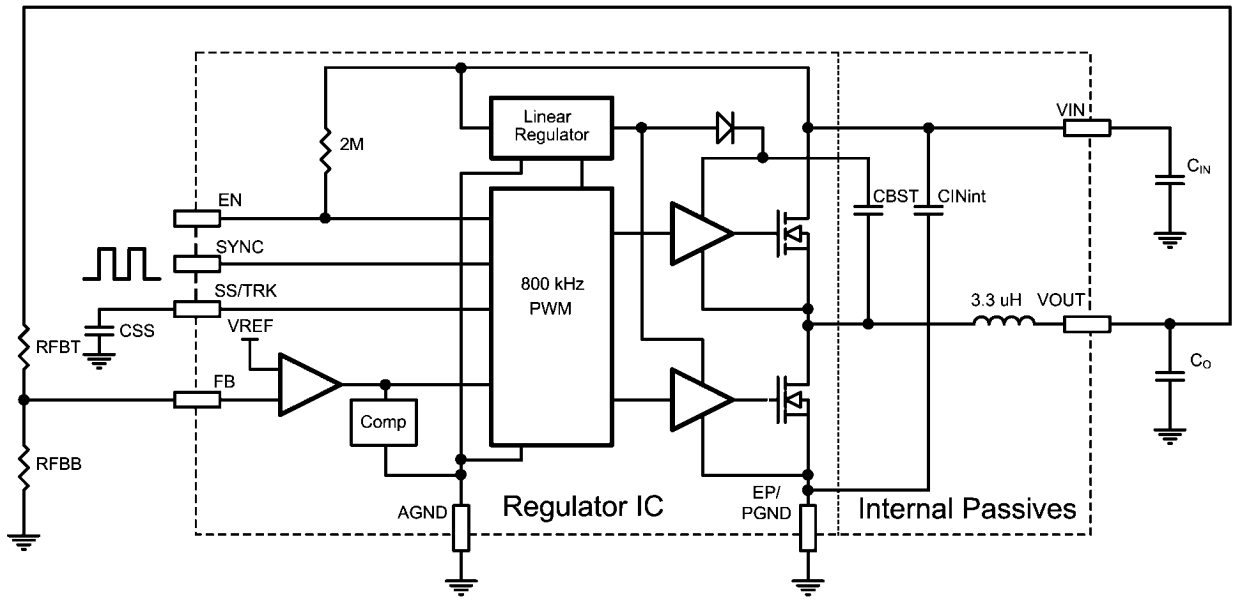
短路电流和输入电压



30116918

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

框图



30116910

一般说明

LMZ23605 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5A的负载的能力。

LMZ223605采用创新封装模式，提高了散热性能，可以手工或机器焊接。

LMZ23605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。LMZ23605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。LMZ23605是一种可靠、稳健的方案，具有以下保护特性：热关断，可编程输入欠压锁定、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到950 kHz的开关频率范围内的同步。

LMZ23605应用的设计步骤

LMZ23605可得到WEBENCH®的全面支持并提供：元器件选择、电气模拟和热模拟。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LMZ23605应用时的步骤如下。

所有参考的数值请见典型应用原理图4。

- 选择具有使能分压电阻的最小工作输入电压V_{IN}
- 选择带电阻分压器的编程V_O
- 选择C_{IN}
- 确定模块功耗
- 根据所需热特性布置印刷电路板(PCB)

使能分压器，R_{ENT}，R_{ENB}和R_{ENH}选择

在模块内部，一个2 mega ohm的上拉电阻器从V_{IN}连接到使能端。因为该应用不需要要精确的欠压锁定，使能输入可能处于开路状态，内部电阻将一直对模块使能。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，使能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LMZ23605输出电压轨更早激活的电压轨连接。

使能提供了一个精确的1.279V阈值，这使得可以直接逻辑驱动或者从一个更高的使能电压比如Vin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)的开关偏置电流。请参阅图1。

使能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要符合如下比率：

$$R_{ENT} / R_{ENB} = (V_{IN\ UVLO} / 1.279V) – 1 \quad \textbf{(1)}$$

LMZ23605典型应用展示了R_{ENB}是12.7kΩ，R_{ENT}是42.2kΩ时候会产生一个5.46V的上升欠压锁定。请注意，当分压器电压提高到36V时，这个分压器会向输入端提供一个8.33V的电压，超过了推荐的5.5V使能电压限制值。要采用一个中点为5.1V齐纳钳位电路来使这个应用适应于整个从6V到36V的工作范围。如果目标应用禁止超过最大使能。

额外的使能电压迟滞也可以通过R_{ENH}增加。可以对R_{ENT}和R_{ENB}的值进行选择，以使R_{ENH}的值为0，在设计时可忽略不计。

上升阈值可按如下方程计算：

$$V_{EN}(\text{上升}) = 1.279\ (\ 1 + (R_{ENT} || \ 2\ \text{meg})/\ R_{ENB})$$

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

下降阈值等级可按照如下方程计算：

V_{EN}(下降) = V_{EN}(上升) – 21 µA (R_{ENT}|| 2 meg || R_{ENTB} +R_{ENH})

使能输入详图

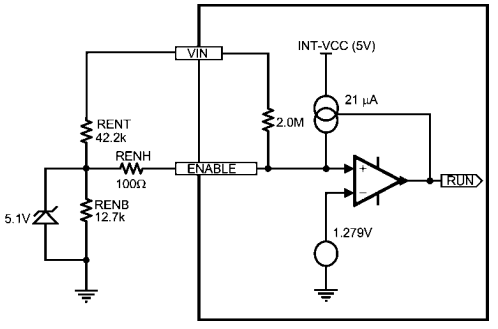


图1

输出电压选择

输出电压可以用连接在V_O和接地之间的两个电阻的分压器来确定。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}确定：

$V_O = 0.796V * (1 + R_{FBT} / R_{FBB})$ ***(2)***

变换上式,为了获得期望输出电压，反馈电阻的比率是：

$R_{FBT} / R_{FBB} = (V_O / 0.796V) - 1$ ***(3)***

一般地，这些电阻的阻值的选择应在1.0kΩ到10.0kΩ范围内。

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

R_{FBT},和R_{FBB}的数值表见第二页应用原理简图。

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/TRK输入缓慢斜升，实现内部软启动。如果2毫秒是一个足够的接通时间，那么Css电容就可不用。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

$t_{SS} = V_{REF} * C_{SS} / Iss = 0.796V * C_{SS} / 50uA$ ***(4)***

该该方程可变换为：

$C_{SS} = t_{SS} * 50µA / 0.796V$ ***(5)***

用一个0.22µF的电容就可以获得一个3.5毫秒的典型软启动持续时间；0.47µF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0.796V，功率级输出将进行调节，并使50 µA的电流失活。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
- 内部Vcc欠压锁定(至V_{IN}的输入大约4.3V)

跟踪电源分压器选择

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)，在其中从属模块输出电压比主电压更小。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)。跟踪电阻分压器的值的选择要能使内部50uA电流源的影响最小化。在大多数情况下，电阻分压电阻器的比率是跟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0.8V，该输入就不再被使能，50uA内部电流源也会被关断。

跟踪选择输入详图

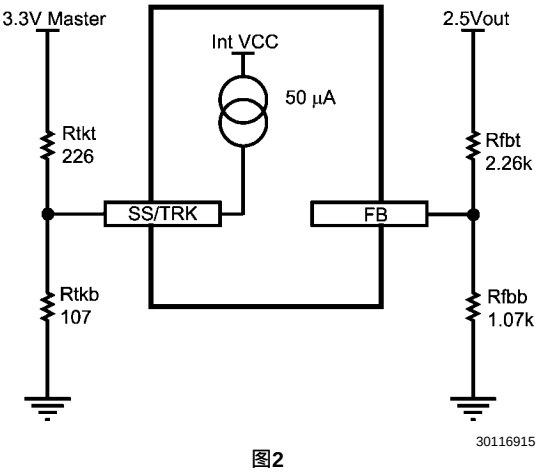


图2

C_O(输出电容)的选择

在模块内没有要求的C_O输出电容值。按照误差信号放大器内内部补偿值，要求一个200 µF的最小电容值。为了获得最低波纹，推荐使用低ESR钽，有机半导体或者聚合物电容器。输出电容(C_O)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***(14)***计算的0.5*$I_{LR\ P-P}$的最差情况下最小波纹电流额定值的要求。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。

对于具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_O近似值。在一个3.3V的输出设计中，式中的V_{O-Tran}为100mV。

$C_O \geq I_{O-Tran} * / ((V_{O-Tran} – ESR * I_{O-Tran}) * (Fsw / V_O)$ ***(6)***

解此方程：

$C_O \geq 4.5A / ((0.1V – .007*4.5) * (800000 / 3.3) \geq 271µF$ ***(7)***

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

请注意对200 µF最小输出电容的稳定要求将优先考虑。
一个推荐的输出电容组合是220uF，7milliohmESR，聚合物电容与一个100 uF 6.3V X5R陶瓷电容平行布置。这个组合的性能极佳，可能会超过某些应用的要求。此外一些小的陶瓷电容器可以用于高频电磁波干扰抑制。

C_{IN}选择

LMZ23605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以处理应用中的输入波纹电流问题。输入电容器可以是几个平行布置的电容器。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：

$I(C_{IN(RMS)}) \cong 1/2 * I_O * SQRT(D / 1-D)$ ***(8)***

式中$D \cong V_O/V_{IN}$

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

推荐的最小输入电容是22uF 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。

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：

$C_{IN} \geq I_O * D * (1–D) / f_{SW-CCM} * \Delta V_{IN}$ ***(9)***

在12V输入，3.3V输出这个应用中，ΔV_{IN}是V_{IN} 的1%；这就等于120 mV和f_{SW} = 812 kHz.

$C_{IN} \geq 5A * 3.3V/12V * (1– 3.3V/12V) / (812000 * 0.12 V) \geq 10.2µF$

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，LMZ23605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非是必需的。

功率耗散和电路板散热要求

计算模块耗散时，要使用该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°C的额定最大值。

对于V_{IN} = 24V, V_O = 3.3V, I_O = 5A, 和$T_{AMB(最大值)}$ = 85°C的设计实列，模块从外壳到环境中的热阻必须小于：

$\theta_{CA} < (T_{J-最大值} – T_{A-最大值}) / P_{IC-LOSS} - \theta_{JC}$ ***(10)***

假设从结点到外壳的典型热阻为1.9°C/W。使用在典型性能特性章节所述的85°C时功率耗散来估算该应用设计的$P_{IC-LOSS}$,在该应用中它是5.5W。(请注意，如果封装耗散超过5W，可能会要求有空气流通进行散热或者加装外部散热器进行散热。)

$\theta_{CA} = (125 – 85) / 5.5W – 1.9 = 5.37$ ***(11)***

为使θ_{CA}=5.37，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盎司铜皮在顶层和底层覆盖的所需印刷电路板面积：

面积_cm^2 = 500°C x cm^2/W / θ_{CA} ***(12)***

所得结果是，印刷电路板设计需要大概93平方厘米的2盎司铜皮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。大约需要60个10密耳(254 µm)、间隔为39密耳(1.0 mm)的散热通孔来连接顶层和底层的铜箔区域。欲了解SIMPLE SWITCHER®易电源电源模块的高散热性能电路板布线的示例，请参阅AN-2085, AN-2125, AN-2020 和AN-2026。

印刷电路板布局指南

印刷电路板布线是直流-直流转换器设计的一个重要部分。不理想的布线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。这些将向直流-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5所示就是一个很好的布线实例。

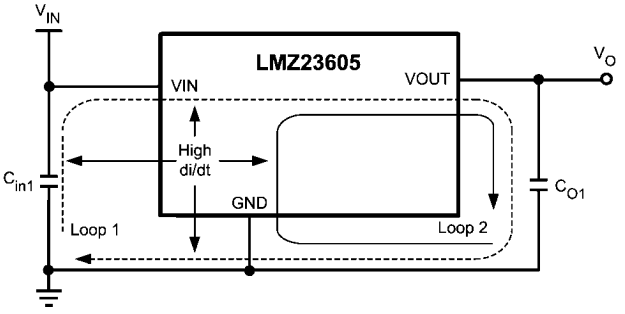


图3

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的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(Cin1)安装位置远离LMZ23605，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_{IN1})接近LMZ23605的VIN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。

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

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}走线应该与LMZ23605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电压反馈走线。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10密耳(254 µm)、间隔为39密耳(1.0 mm)的6 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开关频率可以跟一个外部频率源同步。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650 kHz至950 kHz。典型输入阈值是1.4V的转换等级。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等效源电阻来得出3.3V逻辑值直接驱动。请注意使用相当于0Hz PWM频率的持续“逻辑1”将导致模块停止转换。

输出过电压保护

如果在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_O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LMZ23605模块。在关断时间，通过监控通过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，电感电流流过负载，PGND引脚和内部同步MOSFET。如果该电流超过5.4A(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章节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7A)，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_O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

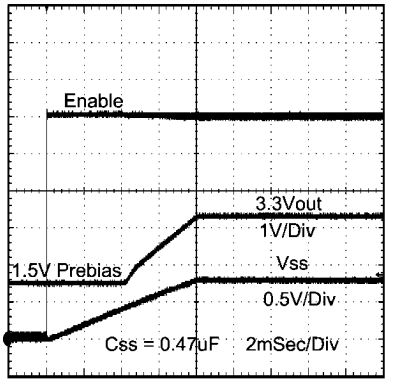
LMZ23605模块的结点温度不得超过其最大额定值。热保护通过一个内部热关断电路实现。在165°C(典型)的情况下该电路就会启动，进入一个低功率备用状态。在这种状态下，主要MOSFET保持关断而使V_O下降，同时CSS电容器对地放电。热保护功能有助于防止器件意外过热造成严重事故。。当结点温度降低到150°C(典型迟滞=15°C)以下时，SS引脚释放，V_O平稳上升，恢复正常运行。

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

LMZ23605将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。在启动程序执行期间，在不同的电源轨之间会存在有多个电源通道。下面捕获到的波形图展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1.5V预偏置上升到3.3V。波形轨迹3所示为由C_{SS}确定的上升时间。

预偏置启动



30116925

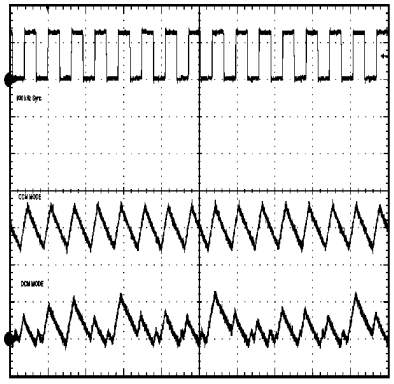
非连续传导和连续传导模式

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。。在连续模式下，电流通过电感器，以及整个开关周期，并且在断开期间电流永远不会降低到0。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，电感器电流显示出所用模拟电流模式控制方法的正常运行状态。在这个运行模式下，通常会有输出电压波纹增加。

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。

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

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 2 µsec/div



30116912

确定DCM/CCM界限的近似方程如下：

$I_{DCB} \cong V_O*(V_{IN}–V_O)/(2*3.3\ \mu H*f_{SW(CCM)}*V_{IN})$ ***(13)***

模块内部的电感器是3.3µH。这个值的选择是在低输入电压和高输入电压应用间是一个很好的平衡值。被电感器影响的主要参数是电感波纹电流的幅值ILR，它可以用下面的方程计算：

$I_{LR\ P-P}=V_O*(V_{IN}- V_O)/(3.3\mu H*f_{SW}*V_{IN})$ ***(14)***

式中，V_{IN}是最大输入电压，f_{SW}是812 kHz(典型值)。

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

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

典型应用原理图

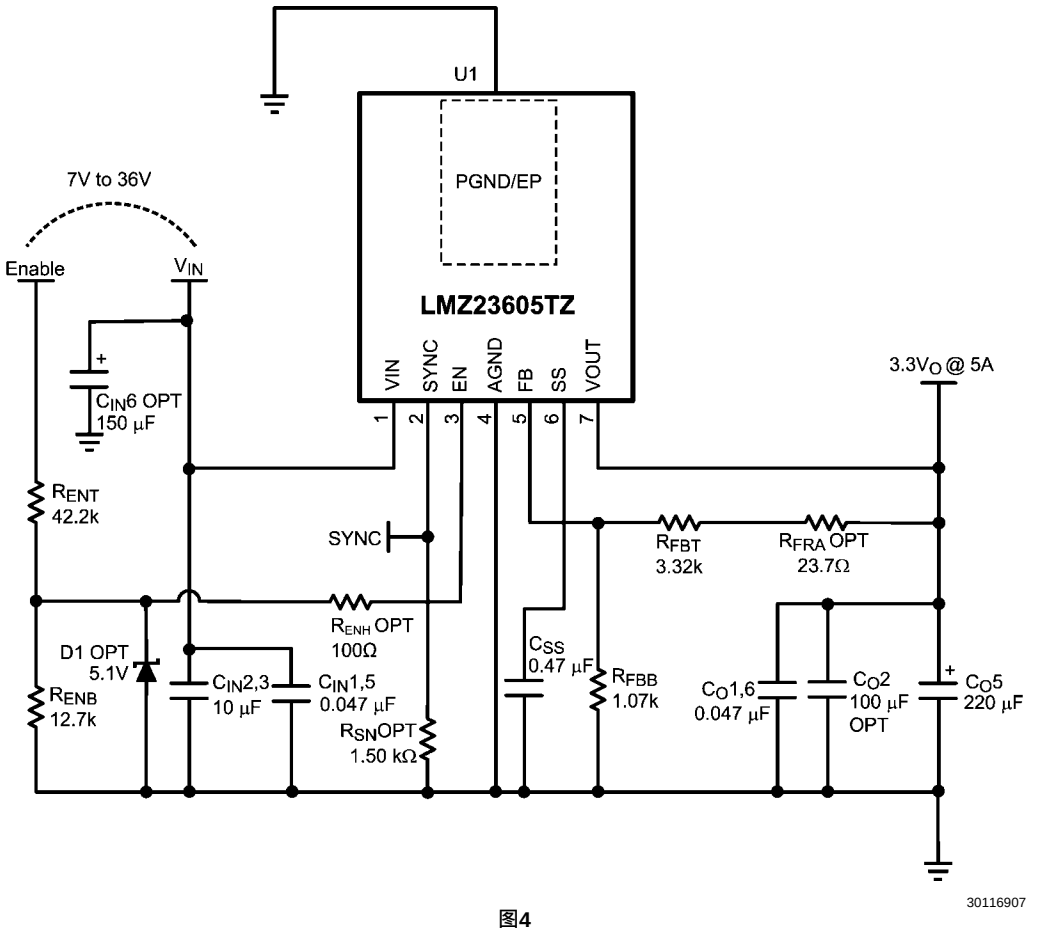


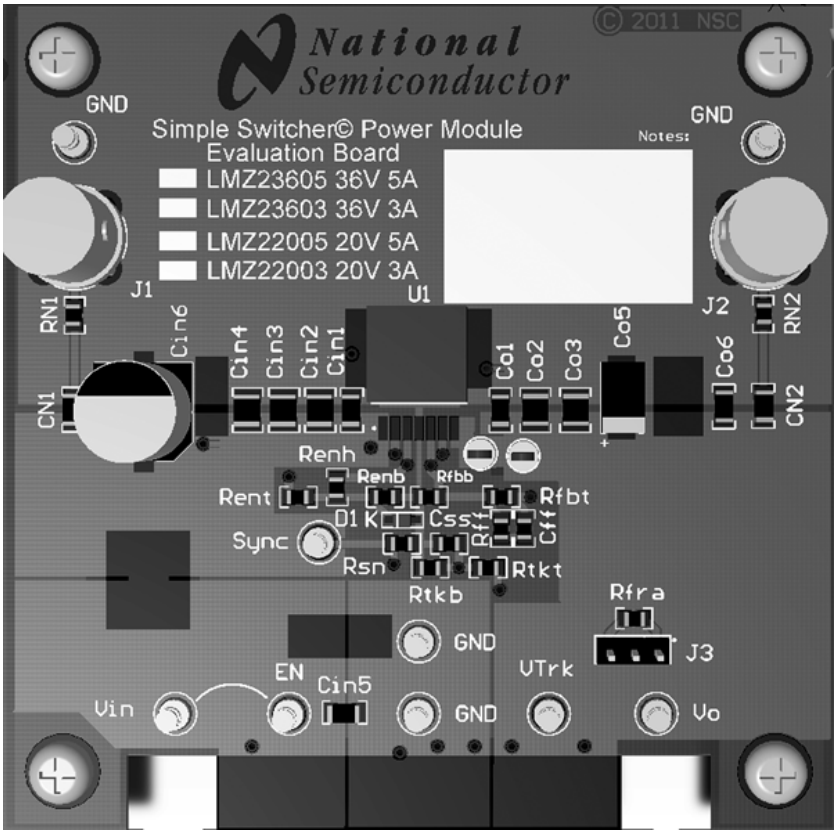
图4

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 ®易电源	TO-PMOD-7	美国国家半导体公司	LMZ23605TZ
C_{in}1,5	0.047 µF, 50V, X7R	1206	国巨美国公司	CC1206KRX7R9BB473
C_{in}2,3	10 µF, 50V, X7R	1210	日本太阳诱电	UMK325BJ106MM-T
C_{in}6 (OPT)	CAP, AL, 150µF, 50V	Radial G	松下电器	EEE-FK1H151P
C_O1,6	0.047 µF, 50V, X7R	1206	国巨美国公司	CC1206KRX7R9BB473
C_O2 (OPT)	100 µF, 6.3V, X7R	1210	TDK	C3225X5R0J107M
C_O5	220 µF, 6.3V, SP-Cap	(7343)	松下电器	EEF-UE0J221LR
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_{SN} (OPT)	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
R_{FRA}(OPT)	23.7Ω	0805	威世达勒	CRCW080523R7FKEA
R_{ENH} (OPT)	100 Ω	0805	威世达勒	CRCW0805100RFKEA
C_{SS}	0.47 µF, ±10%, X7R, 16V	0805	AVX	0805YC474KAT2A
D1(OPT)	5.1V, 0.5W	SOD-123	Diodes Inc.	MMSZ5231BS-7-F

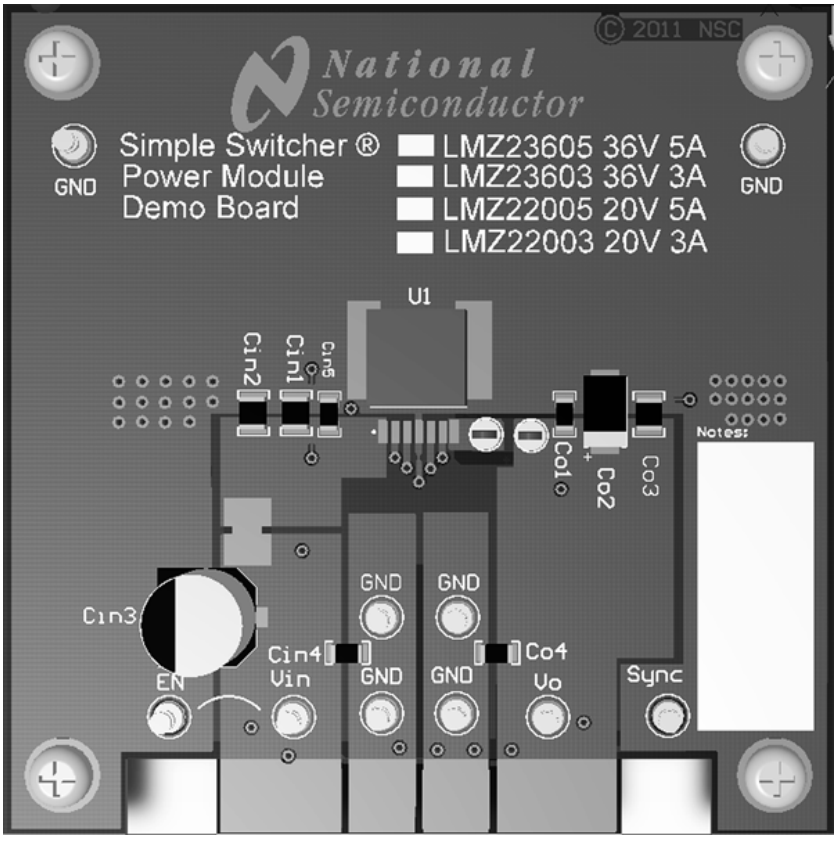
表1

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59



30116916

图5—评估板顶视图-请参阅AN–2085



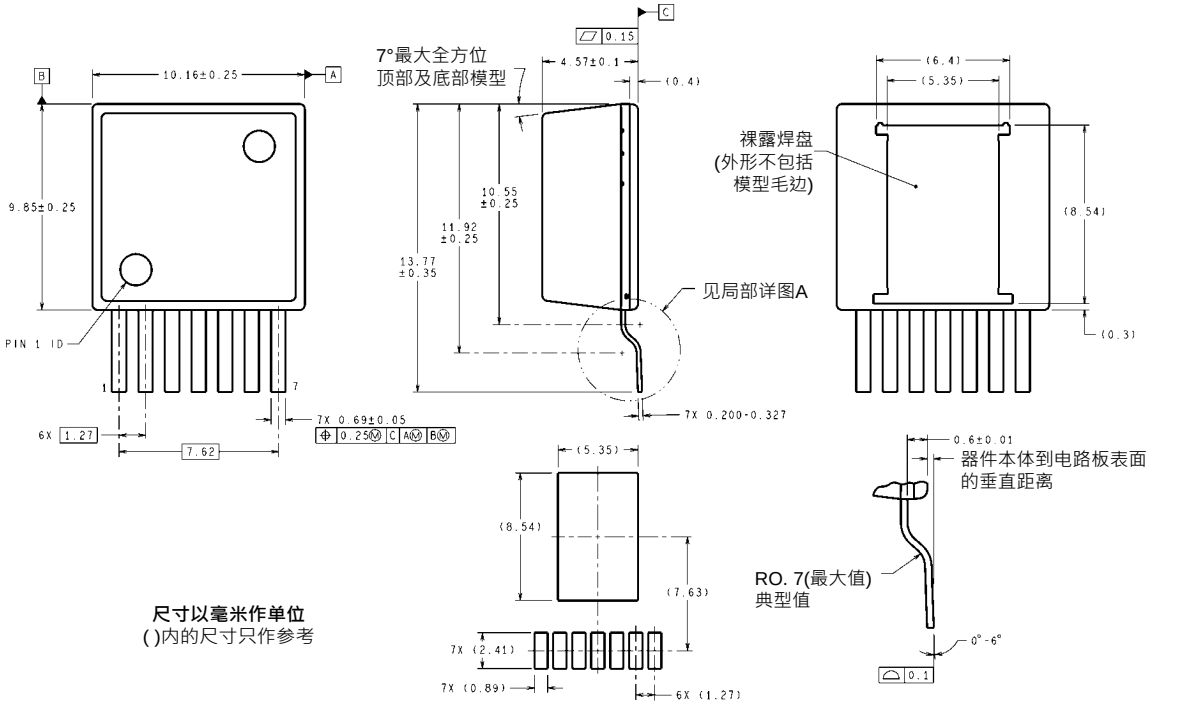
30116917

图6—演示板顶视图-请参阅AN–2125

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

物理尺寸

英寸(毫米)(除非另作说明)



7引脚TZA封装
NS封装号 TZA07A

TZA07A (Rev C)

未发行副本 301169更正501 印刷日期/时间：2011/03/16 14:58:59

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
电压参考	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，恕不另行公司通知。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。关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

美国国家半导体日本技术支持中心
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)
LMZ23605TZ/NOPB	Active	Production	TO-PMOD (NDW) | 7	45 | TUBE	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23605
LMZ23605TZ/NOPB.A	Active	Production	TO-PMOD (NDW) | 7	45 | TUBE	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23605
LMZ23605TZE/NOPB	Active	Production	TO-PMOD (NDW) | 7	250 | SMALL T&R	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23605
LMZ23605TZE/NOPB.A	Active	Production	TO-PMOD (NDW) | 7	250 | SMALL T&R	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23605
LMZ23605TZX/NOPB	Active	Production	TO-PMOD (NDW) | 7	500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23605
LMZ23605TZX/NOPB.A	Active	Production	TO-PMOD (NDW) | 7	500 | LARGE T&R	Yes	SN	Level-3-245C-168 HR	-40 to 85	LMZ23605

(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.

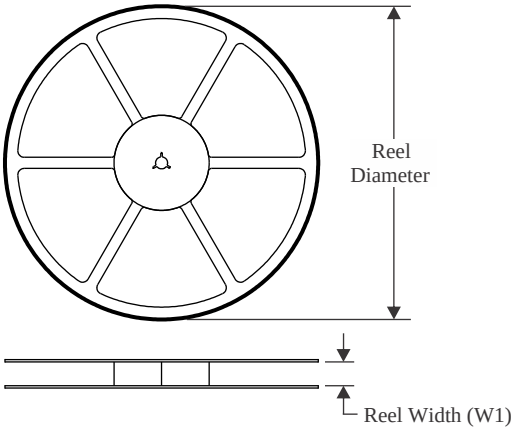
Multiple part markings will be inside parentheses. Only one part marking contained in parentheses and separated by a "~" will appear on a part. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire part marking for that device.

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.

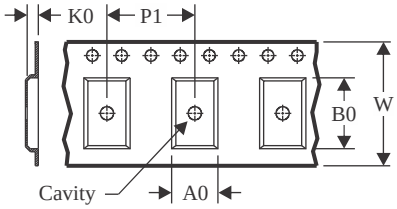
In no event shall TI's liability arising out of such information exceed the total purchase price of the TI part(s) at issue in this document sold by TI to Customer on an annual basis.

TAPE AND REEL INFORMATION

REEL DIMENSIONS

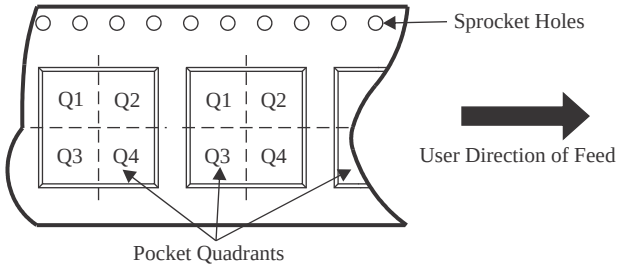


TAPE DIMENSIONS



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

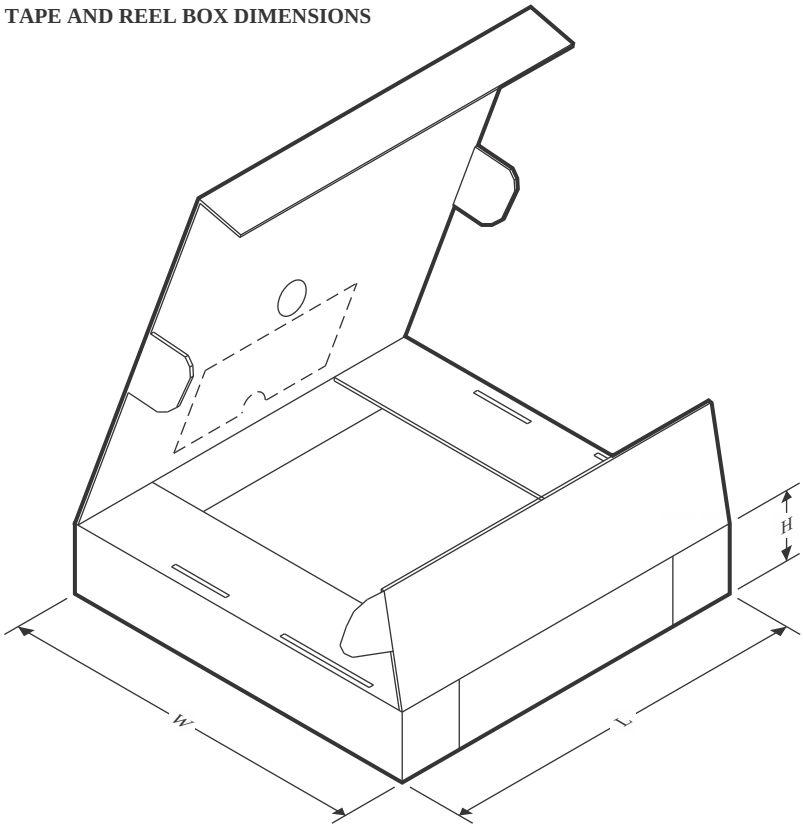
QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE



*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
LMZ23605TZE/NOPB	TO-PMOD	NDW	7	250	330.0	24.4	10.6	14.22	5.0	16.0	24.0	Q2
LMZ23605TZX/NOPB	TO-PMOD	NDW	7	500	330.0	24.4	10.6	14.22	5.0	16.0	24.0	Q2

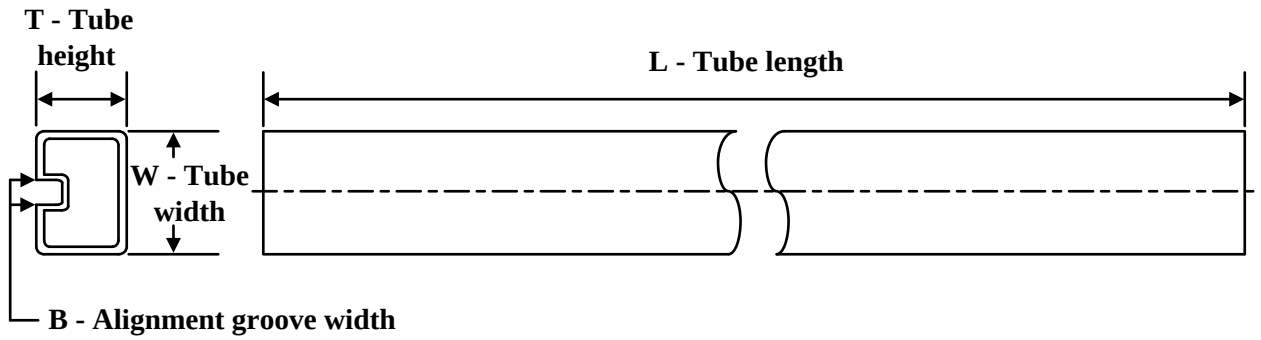
TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS



*All dimensions are nominal

Device	Package Type	Package Drawing	Pins	SPQ	Length (mm)	Width (mm)	Height (mm)
LMZ23605TZE/NOPB	TO-PMOD	NDW	7	250	356.0	356.0	45.0
LMZ23605TZX/NOPB	TO-PMOD	NDW	7	500	356.0	356.0	45.0

TUBE



*All dimensions are nominal

Device	Package Name	Package Type	Pins	SPQ	L (mm)	W (mm)	T (µm)	B (mm)
LMZ23605TZ/NOPB	NDW	TO-PMOD	7	45	502	17	6700	8.4
LMZ23605TZ/NOPB.A	NDW	TO-PMOD	7	45	502	17	6700	8.4

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