

无锡泰连芯科技有限公司

TLX3011 型

**300 毫安 具有 4mV 跟踪功能的 40V
低压差电压跟踪 LDO 宽容**

2024 年 06 月

300毫安具有4mV跟踪功能的40V低压差电压跟踪LDO 宽容

1 特点

- **TLX3011 AEC-Q100** 认证正在进行中
- 宽输入电压范围: **-40 至 45V** (最大值)
- 输出电压可调至: **1.5 至 40V**
- **300mA** 输出电流能力
- 极低输出跟踪公差: **±4 mV**
- **I_{OUT} = 200mA** 时, 低压差电压为 **280mV**
- 低静态电流 (**I_Q**):
 - **EN** = 低电平时 **<8 μA**
 - 轻负载时为 **80 μA** (典型值)
- 反极性保护
- 限流和热关断保护
- 输出对地和电源短路保护
- **OUT** 引脚电感钳位
- 采用 **ESOP8** 封装

2 应用

- 车外传感器供电
- 高精度电压跟踪
- 场外负载电源开关

3 描述

对于汽车非车载传感器和小电流非车载模块, 电源是通过主板上的长电缆供电的。在这种情况下, 需要在非车载负载的功率器件中设置保护装置, 以防止电缆断裂导致的接地短路或电池短路损坏车载组件。非车载传感器需要与车载组件一样稳定的电源供应, 以确保数据采集的高精度。

TLX3011 器件专为具有**45V**负载突降的汽车应用而设计。该器件既可以用作跟踪低压差(**LDO**)稳压器, 也可以用作电压跟踪器, 为带有板载主电源的车外传感器构建一个闭合电源环路。器件的输出由**ADJ**引脚上的参考电压精确调节。

为了向板外模块提供精确的电源, 该器件在整个温度范围内, **ADJ**和**FB**引脚之间具有**4mV**的超低跟踪容差。背靠背**PMOS**拓扑结构消除了反极性情况下使用外部二极管的需要。**TLX3011** 器件还具有热关断、电感钳位、过载和电池短路保护功能, 可防止极端条件下板载组件损坏。

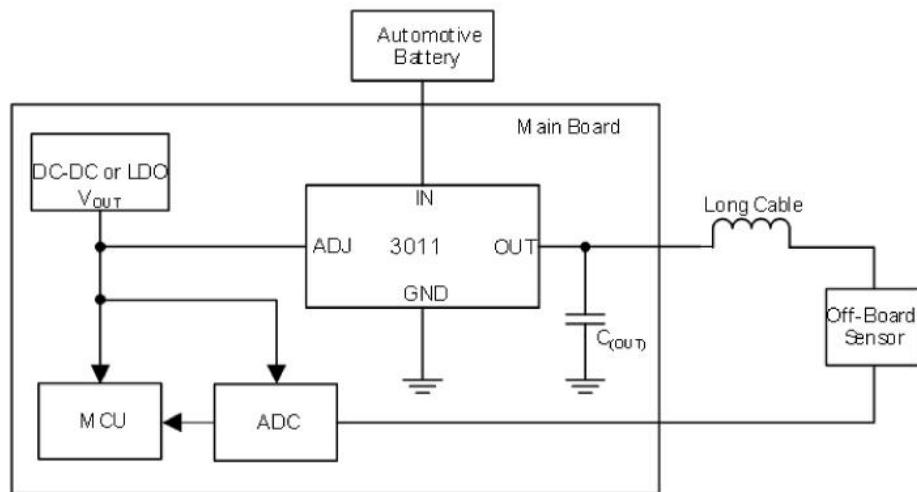
质量等级: 军温级**&N1**级

设备信息⁽¹⁾

产品编号	封装	主体尺寸 (标称)
TLX3011	ESOP8	4.90mm×3.90mm

⁽¹⁾ 对于所有可用的封装, 请参阅数据表下一页的可订购附录。

4 典型应用原理图



目录

1 特点	2
2 应用	2
3 描述	2
4 典型应用原理图	3
5 修订历史	5
6 封装/订购信息 ⁽¹⁾	6
7 引脚配置和功能	7
8 规格	8
8.1 绝对最大额定值	8
8.2 ESD 额定值	8
8.3 建议工作条件	8
8.4 电气特性	9
8.5 典型特性	10
9 详细描述	13
9.1 概述	13
9.2 功能框图	13
9.3 特性描述	13
9.3.1 短路和过流保护	13
9.3.2 集成电感钳位保护	13
9.3.3 OUT 短路至电池和反极性保护	13
9.3.4 欠压关断	15
9.3.5 热保护	15
9.3.6 稳压输出 (OUT)	15
9.3.7 使能 (EN)	15
9.3.8 可调输出电压 (FB 和 ADJ)	15
9.4 设备功能模式	16
10 电源建议	17
11 布局	17
11.1 布局指南	17
12 封装外形尺寸	18
13 卷带信息	19

5 修订历史

注意：以前修订的页码可能与当前版本的页码不同。

版本	变更日期	更改项目
A.0	2025/04/30	初步版本完成

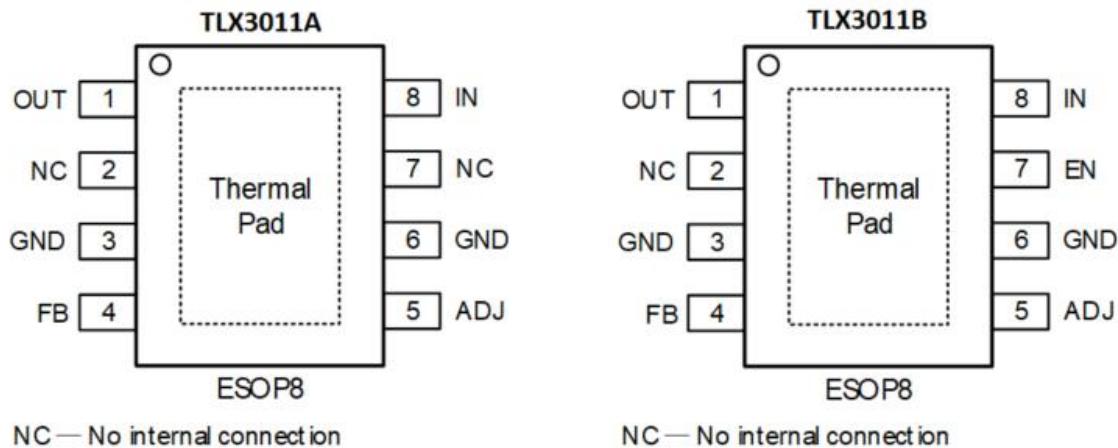
6 封装/订购信息⁽¹⁾

订购型号	温度等级	封装类型	丝印标记 ⁽⁴⁾	MSL	质量等级
JTLX3011AXEK	-55 °C ~+125 °C	ESOP8	TLX3011A	MSL1/3	N1/军温级
JTLX3011BXEK	-55 °C ~+125 °C	ESOP8	TLX3011B	MSL1/3	N1/军温级
TLX3011AXEK	-40 °C ~+125 °C	ESOP8	TLX3011A	MSL1/3	工业级
TLX3011BXEK	-40 °C ~+125 °C	ESOP8	TLX3011B	MSL1/3	工业级

笔记:

- (1) 此信息是指定器件的最新可用数据。数据如有变更，恕不另行通知，亦不会修订本文档。如需此数据表的浏览器版本，请参阅右侧导航栏。
- (2) 引线表面处理/球体材料。可订购器件可能有多种材料表面处理选项。表面处理选项以垂直分隔线分隔。如果表面处理值超出最大列宽，则引线表面处理/球体材料值可能会换行显示。
- (3) TLXIC 在其组装工厂中使用符合 JEDEC 工业标准 J-STD- 20F 的通用预处理设置来划分 MSL 等级。如果您的最终应用对预处理设置至关重要，或者您有特殊要求，请与 TLXIC 协调。
- (4) 可能有额外的标记，涉及批次跟踪代码信息（数据代码和供应商代码）、设备上的徽标或环境类别。

7 引脚配置和功能



引脚功能

引脚		代码	I/O ⁽¹⁾	描述
ESOP8				
TLX3011A	TLX3011B			
1	1	OUT	O	LDO输出
2,7	2	NC	-	无内部连接
3,6	3,6	GND	G	接地参考
4	4	FB	I	此引脚为反馈引脚，可连接外部电阻分压器来选择输出电压。
5	5	ADJ	I	将参考电压连接到此引脚。低电平信号禁用器件，高电平信号启用器件。参考电压可以直接连接，也可以通过分压器连接以获得较低的输出电压。为了补偿线路影响，请在靠近器件引脚的地方连接一个电容。
-	7	EN	I	此引脚为使能引脚。当使能引脚引脚低于阈值。
8	8	IN	I	此引脚为器件电源。为了补偿线路影响，请在器件引脚附近连接一个电容。
-	-	导热垫	-	将导热垫连接至GND引脚或使其悬空。

(1) I=输入, O=输出, G=地。

8 规格

8.1 绝对最大额定值

在自然通风工作温度范围内（除非另有说明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
输入电压	IN ⁽²⁾⁽³⁾	-40	45	V
输入电压（EN 引脚）	EN ⁽²⁾⁽³⁾	-40	45	V
输出电压	OUT ⁽²⁾⁽⁴⁾	-1	45	V
输入和输出	IN-OUT	-40	45	V
参考电压	ADJ ⁽²⁾⁽³⁾	-0.3	45	V
跟踪器的反馈输入电压	FB ⁽²⁾⁽³⁾	-1	45	V
参考电压减去输入电压	ADJ - IN ⁽⁵⁾		18	V
封装热阻 ⁽⁶⁾ , θ_{JA}	ESOP8		64	°C/W
工作结温 ⁽⁷⁾		-55	125	°C
储存温度范围		-65	150	°C
引脚温度（焊接, 10 秒）			260	°C

- (1) 应力可能会对器件造成永久性损坏。这些仅为应力额定值，并不保证器件在这些条件下或任何其他超出“建议工作条件”所列的条件下能够正常工作。长时间暴露于绝对最大额定值条件下可能会影响器件的可靠性。
- (2) 所有电压值均相对于 GND 引脚。
- (3) 绝对最大电压。
- (4) OUT 和 GND 引脚之间连接有一个内部二极管，具有 600mA 直流电流能力，可提供电感钳位保护。
- (5) 当 (ADJ-IN) 电压高于 18V 时，(ADJ-OUT) 电压应保持低于 18V，否则设备可能受到损坏。
- (6) JESD-51 计算。
- (7) 最大功耗是 $T_{J(MAX)}$ 、 R_{JA} 和 T_A 的函数。任何环境温度下允许的最大功耗为 $P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / R_{JA}$ 。所有数值均适用于直接焊接在 PCB 上的封装。

8.2 ESD 额定值

以下 ESD 信息仅适用于 ESD 保护区内 ESD 敏感设备的处理。

		数值	单位
V_(ESD) 静电放电	人体模型(HBM)，符合 AEC Q100-002 ⁽¹⁾	±2000	V
	充电设备模型(CDM)，符合 AEC Q100-011	±1000	V
	闩锁效应(LU)，符合 AEC Q100-004 标准	TBD	mA

(1) AEC Q100-002 表示 HBM 应力应符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规格。



ESD 敏感度警告

ESD 损害的范围很广，从轻微的性能下降到器件的彻底失效。精密集成电路更容易受到损坏，因为即使很小的参数变化也可能导致器件不符合其公开的规格。

8.3 建议工作条件

在自然通风工作温度范围内（除非另有说明）

		最小值	最大值	单位
V_{IN}	IN 输入电压范围	4	40	V
V_{EN}	输入电压（EN 引脚）	0	40	V
V_{OUT}	OUT 输出电压范围	1.5	40	V
V_{ADJ}	调整并启用输入电压	1.5	18	V
C_{OUT}	输出电容要求	1	220	μF
T_J	Operating Junction Temperature Range	-55	125	°C

8.4 电气特性

除非另有说明, $V_{IN} = 13.5\text{ V}$ 、 $V_{EN} \geq 2\text{ V}$ 、 $T_J = -55^\circ\text{C}$ 至 125°C 。

代码	范围	测试条件	最小 ⁽³⁾	典型 ⁽⁴⁾	最大 ⁽³⁾	单位
$V_{I(UVLO)}$	IN 欠压检测	V_{IN} rising			3.65	V
		V_{IN} falling		1.8	2.8	
ΔV_o	输出电压跟踪精度 ⁽¹⁾	$I_{OUT} = 100\text{ }\mu\text{A}$ to 300 mA , $V_{IN} = 4$ to 40 V , $V_{ADJ} < V_{IN} - 1\text{ V}$	-4		4	mV
$\Delta V_{o(\Delta IO)}$	负载调节稳态	$I_{OUT} = 0.1$ to 300 mA , $V_{ADJ} = 5\text{ V}$			4	mV
$\Delta V_{o(\Delta VI)}$	线路调节稳态	$I_{OUT} = 10\text{ mA}$, $V_{IN} = 6$ to 40 V , $V_{ADJ} = 5\text{ V}$			4	mV
PSRR	电源纹波抑制	$f_{rip} = 100\text{ Hz}$, $V_{rip} = 0.5\text{ V}_{PP}$, $C_{(OUT)} = 10\text{ }\mu\text{F}$, $I_{OUT} = 100\text{ mA}$		78		dB
$V_{(DROPOUT)}$	电压差 ($V_{(DROPOUT)} = V_{IN} - V_{OUT}$)	$I_{OUT} = 200\text{ mA}$, $V_{IN} = V_{ADJ} \geq 4\text{ V}$ ⁽²⁾		280	500	mV
$I_{O(lim)}$	输出电流限制	$V_{ADJ} = 5\text{ V}$, OUT short to GND	301	470	500	mA
$I_{R(IN)}$	IN 处的反向电流	$V_{IN} = 0\text{ V}$, $V_{OUT} = 40\text{ V}$, $V_{ADJ} = 5\text{ V}$	-4		0	$\mu\text{ A}$
$I_{R(-IN)}$	负输入时的反向电流	$V_{IN} = -40\text{ V}$, $V_{OUT} = 0\text{ V}$, $V_{ADJ} = 5\text{ V}$	-12		0	$\mu\text{ A}$
T_{SD}	热关断温度	T_J increases because of power dissipation generated by the IC		185		°C
T_{SD_hys}	热关断滞后			15		°C
I_Q	电流消耗	$4\text{ V} \leq V_{IN} \leq 40\text{ V}$, $V_{ADJ} = 0\text{ V}$; $V_{EN} = 0\text{ V}$		1	8	$\mu\text{ A}$
		$4\text{ V} \leq V_{IN} \leq 40\text{ V}$, $V_{EN} \geq 2\text{ V}$, $V_{ADJ} < 0.8\text{ V}$		8.5	20	
		$4\text{ V} \leq V_{IN} \leq 40\text{ V}$, $I_{OUT} < 100\text{ }\mu\text{A}$, $V_{ADJ} = 5\text{ V}$		80	110	
		$4\text{ V} \leq V_{IN} \leq 40\text{ V}$, $I_{OUT} < 300\text{ mA}$, $V_{ADJ} = 5\text{ V}$		800	900	
$I_{Q(DROPOUT)}$	Dropout 区域的电流消耗	$V_{IN} = V_{ADJ} = 5\text{ V}$, $I_{OUT} = 100\text{ }\mu\text{A}$		80	100	$\mu\text{ A}$
$I_{I(ADJ)}$	调节输入电流	$V_{ADJ} = V_{FB} = 5\text{ V}$	TLX3011A		10	$\mu\text{ A}$
					200	nA
$V_{(ADJ_LOW)}$	调整低信号有效	$V_{OUT} = 0\text{ V}$	0		1.1	V
$V_{(ADJ_HIGH)}$	调整高信号有效	$ V_{OUT} - V_{ADJ} < 5\text{ mV}$	1.25		18	V
$V_{(EN_LOW)}$	启用低信号有效	$V_{OUT} = 0\text{ V}$	0		0.7	V
$V_{(EN_HIGH)}$	使能高信号有效	OUT settled	2		40	V
I_{EN}	启用下拉电流	$2\text{ V} < V_{EN} < 40\text{ V}$			10	$\mu\text{ A}$
I_{FB}	FB 偏置电流	$V_{ADJ} = V_{FB} = 5\text{ V}$			0.5	$\mu\text{ A}$

(1) 跟踪精度是在 FB 引脚直接连接到 OUT 引脚时指定的, 这意味着 $V_{ADJ} = V_{OUT}$, 不包括外部电阻分压器的变化。

(2) 测量输出电压时, V_{OUT} 已从标称值下降了 10 mV。

(3) 25°C 下进行 100% 生产测试。工作温度范围内的限值通过统计质量控制 (SQC) 方法的相关性来确保。

(4) 典型值代表特性测定时确定的最可能的参数标准。实际典型值可能随时间变化, 并取决于应用和配置。

8.5 典型特性

注意：本说明后面提供的图表是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$V_{IN} = 14V$ 、 $V_{ADJ} = 5V$ 、 $V_{FB} = V_{OUT}$ 。

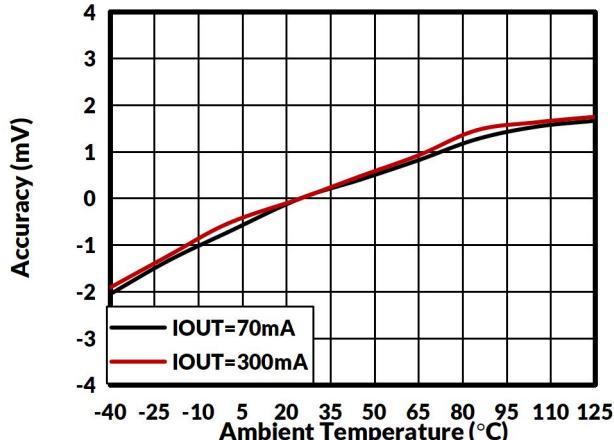


图 1. 跟踪精度与环境温度的关系

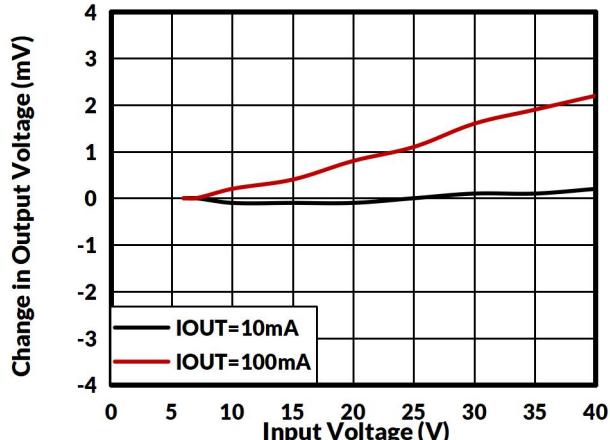


图 2. 线路调节

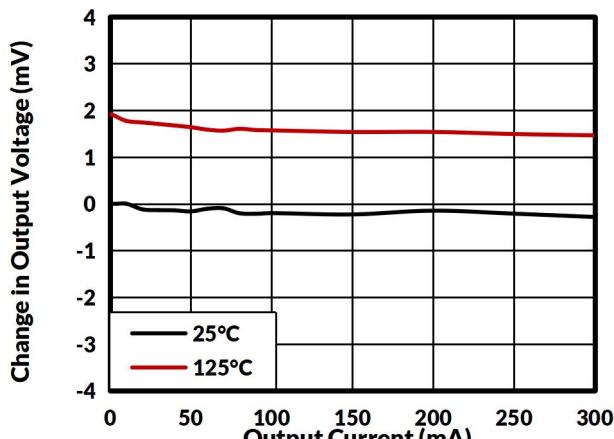


图 3. 负载调节

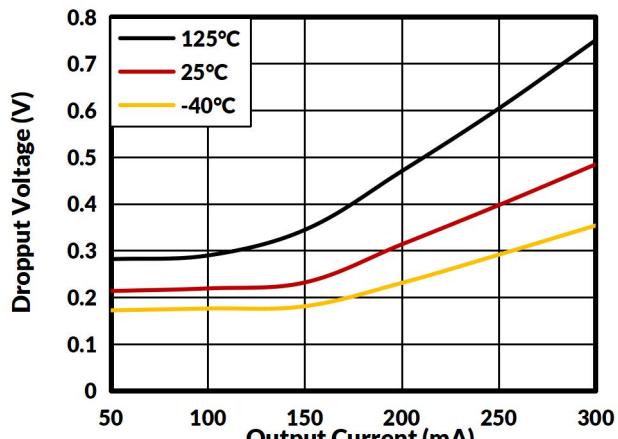


图 4. 压差与输出电流的关系

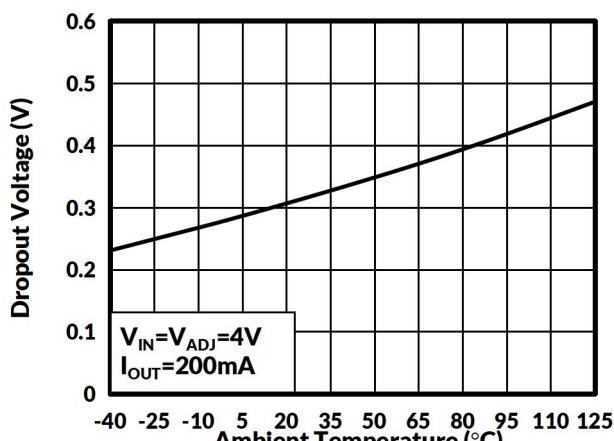


图 5. 压差与环境温度的关系

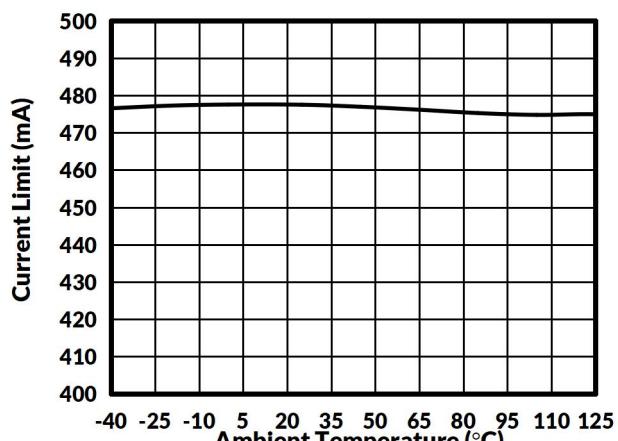


图 6. 电流限值(I_{OLIM})与环境温度的关系

典型特征

注意：本说明后面提供的图表是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$V_{IN} = 14V$ 、 $V_{ADJ} = 5V$ 、 $V_{FB} = V_{OUT}$ 。

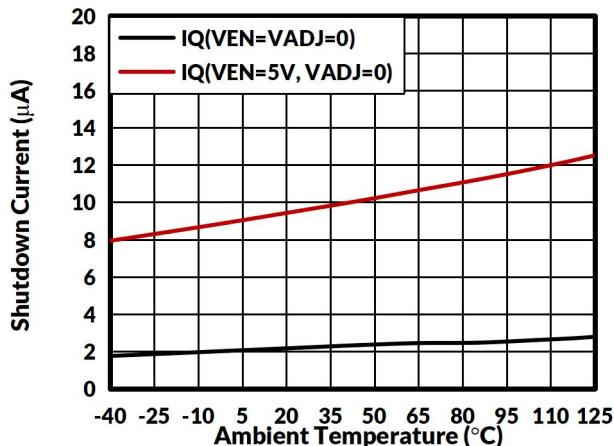


图 7. 关断电流与环境温度的关系

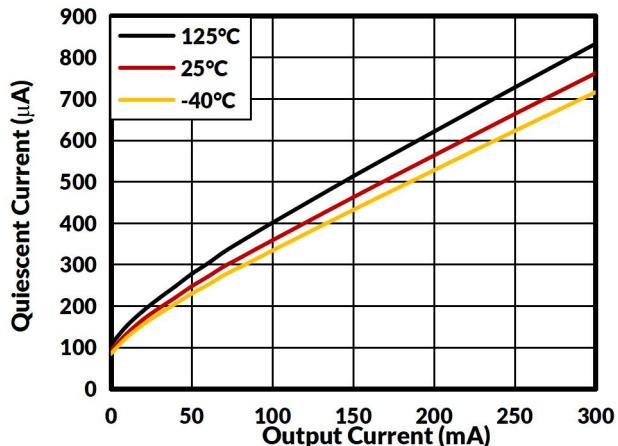


图 8. 静态电流与输出电流

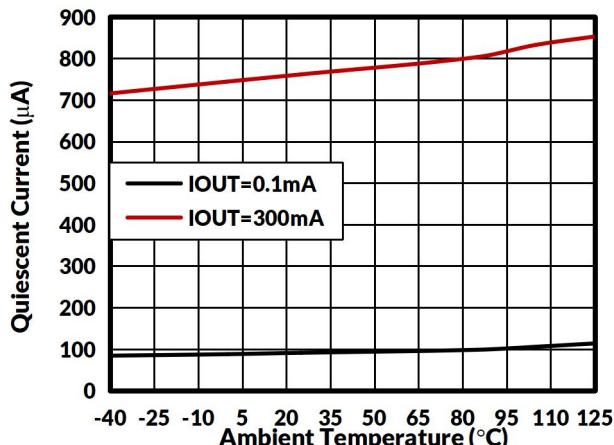


图 9. 静态电流与环境温度

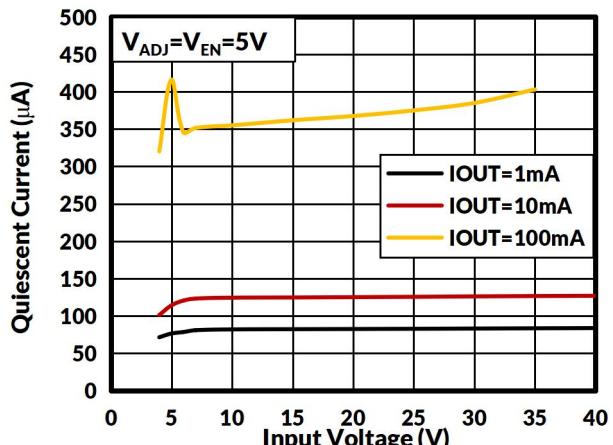


图 10. 静态电流与输入电压

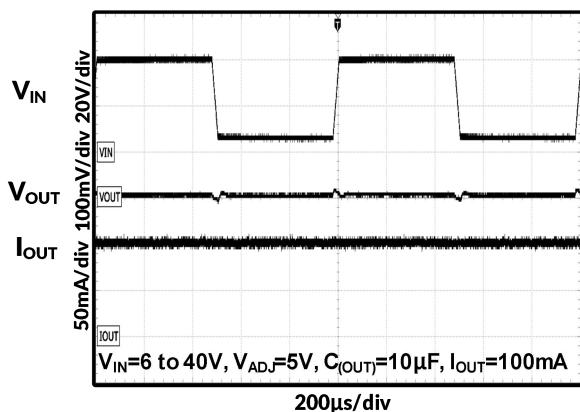


图 11. 线路瞬态

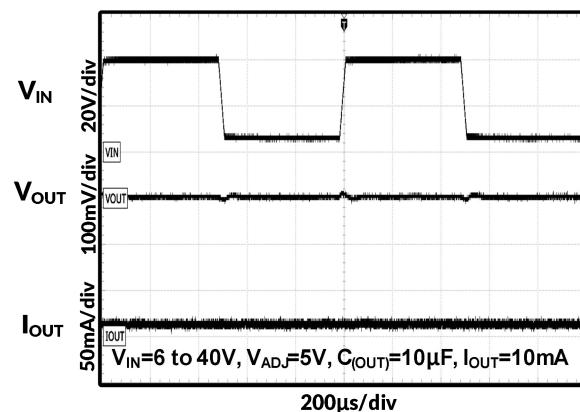


图 12. 线路瞬态

典型特征

注意：本说明后面提供的图表是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

$V_{IN} = 14V$ 、 $V_{ADJ} = 5V$ 、 $V_{FB} = V_{OUT}$ 。

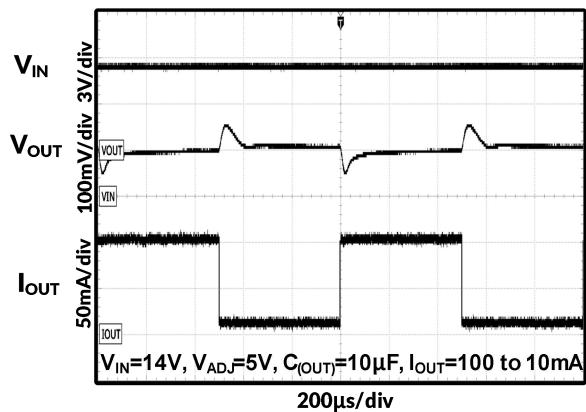


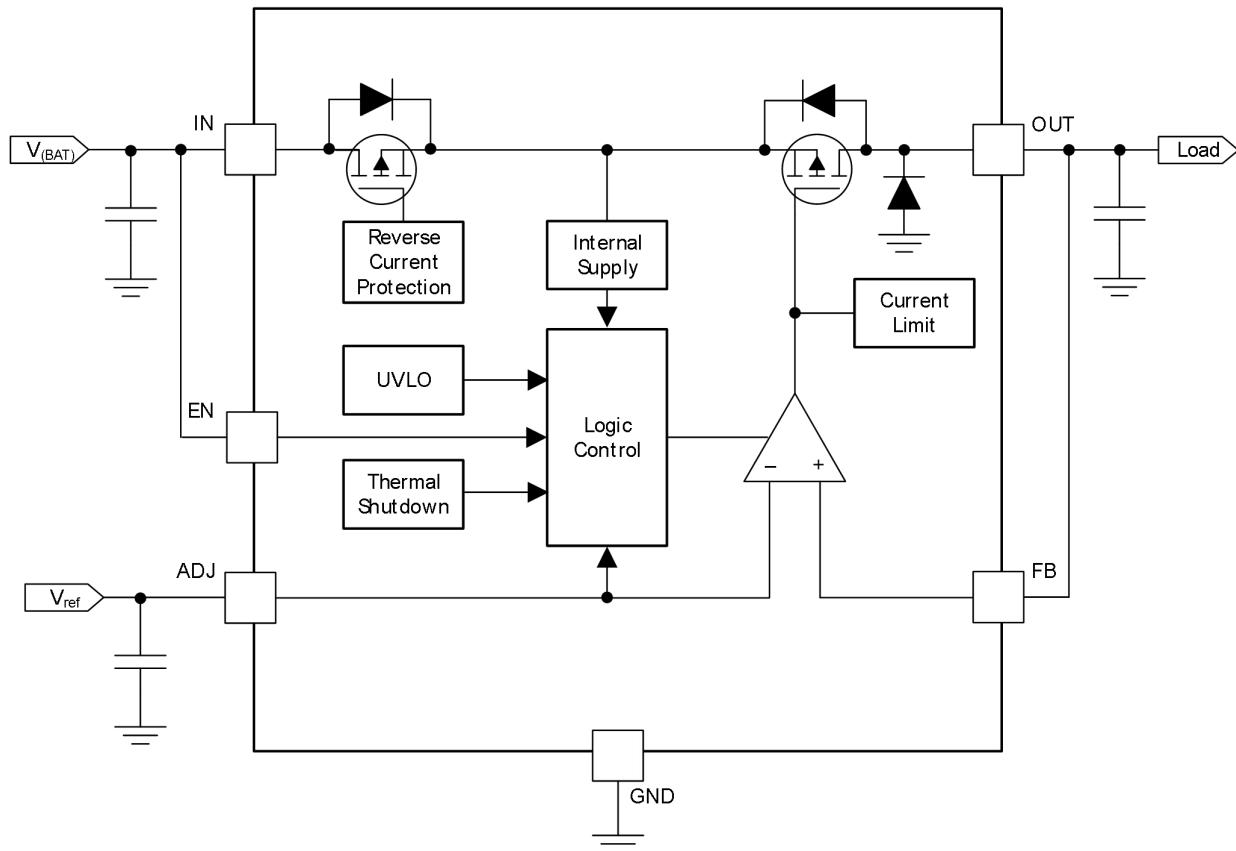
图 13. 负载瞬态

9 详细描述

9.1 概述

TLX3011 器件是一款单片集成低压差电压跟踪器，具有超低跟踪容差。该器件集成了关键保护电路，包括输出电流限制、反极性保护、电感负载钳位、输出短路保护以及过热关断保护。过热事件。

9.2 功能框图



9.3 特性描述

9.3.1 短路和过流保护

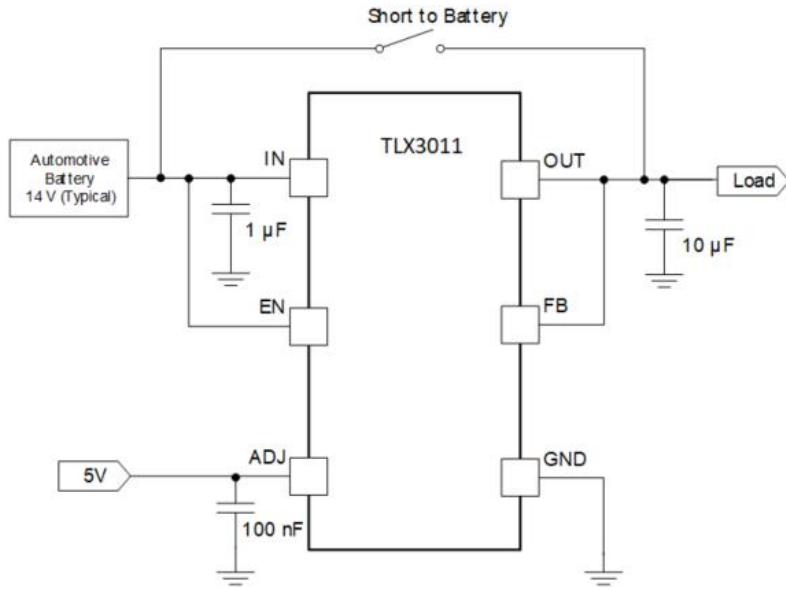
TLX3011 器件集成故障保护功能，是汽车应用的理想之选。为了在某些故障条件下将器件保持在安全工作区域，内部限流保护功能用于限制最大输出电流。该保护功能可防止设备因过载而耗散。例如，在输出短路情况下，通过调整元件的电流为限制为 $I_{O(lim)}$ ，以保护设备免受过多的功率耗散。

9.3.2 集成电感钳位保护

在输出关断期间，电缆电感继续从器件的输出端获取电流。该设备在 **OUT** 引脚处集成了一个电感钳位，有助于耗散电缆中存储的电感能量。**OUT** 和 **GND** 引脚之间连接有一个内部二极管，其直流电流能力为 **600 mA**，电感钳位保护。

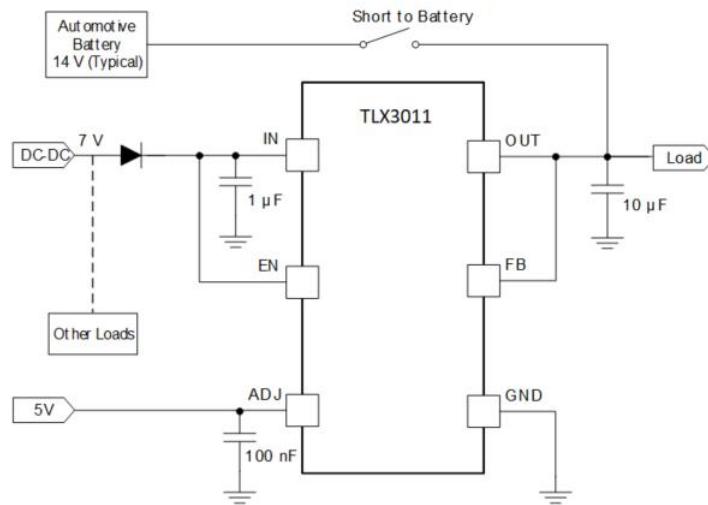
9.3.3 OUT 短路至电池和反极性保护

TLX3011 器件可以承受电池短路，如图所示如图 14 所示。因此，不会对设备造成损坏。

图 14. OUT 短路至电池, $V_{IN} = V_{(BAT)}$

当设备由较低电压的隔离电源供电时，也可能发生电池短路，因为如图 15 所示。在这种情况下，当电池短路时，**TLX3011** 电源输入电压设置为 **7 V**（典型值为 **14 V**）发生在 **OUT** 引脚上，该引脚工作在 **5 V** 电压下。内部背对背**PMOS**保持导通 **1 毫秒**内，**TLX3011** 器件的输入电压充电至电池电压。二极管连接在**DC-DC**转换器的输出和**TLX3011** 器件的输入之间，需要如果连接在**DC-DC**转换器后面的其他负载不能承受汽车电池。为了实现更低的压差，**TLXIC** 建议使用肖特基二极管。该二极管可以如果 **DC-DC** 转换器的输出和其后面连接的负载承受汽车电池电压。

当发生反极性或电池短路 **1毫秒**时，内部背靠背**PMOS**将切换至关闭状态。此后，反向电流通过**IN**引脚流出，电流小于 **10 μA**。同时，特殊的**ESD** 输入端实施的结构确保器件能够承受 **-40V**。

图 15. OUT 短路至电池, $V_{IN} < V_{(BAT)}$

TLX3011 设备的输出通过汽车电缆短路至电池。电缆上的寄生电感会导致**TLX3011** 器件输出端出现 **LC** 振荡，发生电池短路。理想情况下，**TLX3011** 器件输出端的峰值电压应低于高于 **LC** 振荡期间的绝对最大额定电压 (**45 V**)。

9.3.4 欠压关断

该器件具有内部固定的欠压关断阈值。当 **IN** 上的输入电压降至 **UVLO** 以下。此激活确保稳压器不会锁定到未知状态在低输入电源电压期间。如果输入电压发生负瞬变，降至 **UVLO** 以下阈值，然后恢复，调节器关闭，然后按照标准上电顺序上电 当输入电压高于所需水平时。

9.3.5 热保护

该器件采用热关断 (**TSD**) 电路来防止过热。在连续正常工作时，结温不应超过 **TSD** 跳变点。如果结温超过 **TSD** 跳变点时，输出关闭。当结温降至 **15°C** (典型值) 以下时 高于 **TSD** 跳变点时，输出开启。

TLX3011 器件内部保护电路的设计目的是为了防止过载情况，并不是为了替代适当的散热。持续运行设备进入热关断状态会降低设备性能可靠性。

9.3.6 稳压输出 (**OUT**)

OUT 引脚为根据所需电压调节的输出。输出具有电流限制。在初始上电时，调节器具有内置软启动功能，可以控制通过通道的初始电流元素。

9.3.7 使能 (**EN**)

EN 引脚为耐高压引脚。**EN** 引脚上的高输入可激活器件并开启 稳压器。当**EN**引脚处于低电平时，该器件的最大关断电流为 **8 μA**。**EN** 引脚具有最大内部下拉电流为 **10 μA**。

9.3.8 可调输出电压 (**FB** 和 **ADJ**)

9.3.8.1 OUT 电压等于参考电压

将参考电压直接施加在 **ADJ** 引脚上，并将 **FB** 引脚连接到 **OUT** 引脚，电压 **OUT** 引脚处的电压等于 **ADJ** 引脚处的参考电压，如图 16 所示。
(1)

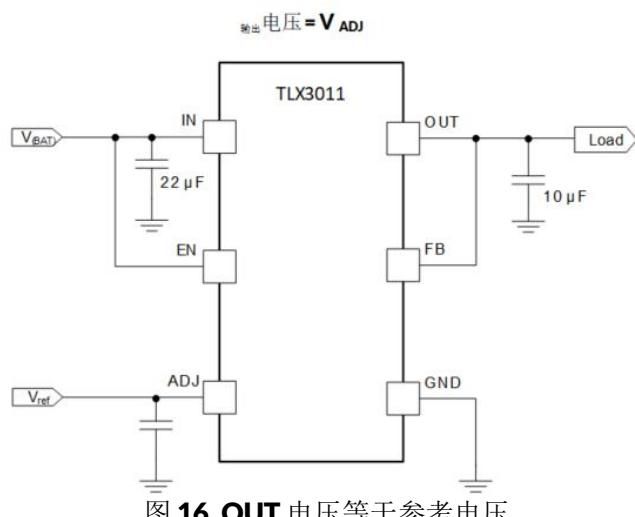


图 16. OUT 电压等于参考电压

9.3.8.2 OUT 电压高于参考电压

通过在 **OUT** 和 **FB** 引脚之间连接外部电阻分压器，可以产生高于参考电压的输出电压，如图 17 所示。使用公式 2 计算输出值 电压。**R1**和**R2**的推荐范围为 **10 kΩ** 至 **100 kΩ** 。

$$V_{OUT} = \frac{V_{ADJ} \times (R1 + R2)}{R2} \quad (2)$$

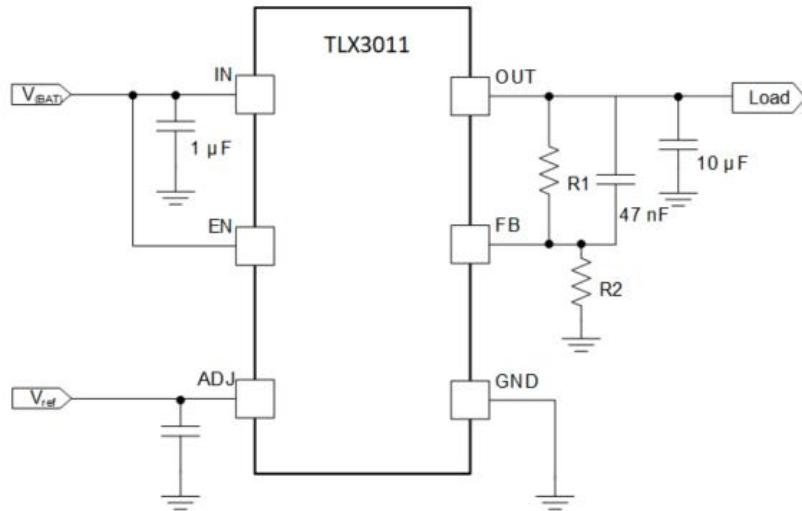


图 17. OUT 电压高于参考电压

9.3.8.3 输出电压低于参考电压

ADJ引脚的外部电阻分压器，输出电压低于参考电压可以如图18所示生成。使用公式3计算输出电压。推荐**R1**和**R2**的值均小于**100 kΩ**。

$$V_{OUT} = \frac{V_{ref} \times R2}{R1 + R2} \quad (3)$$

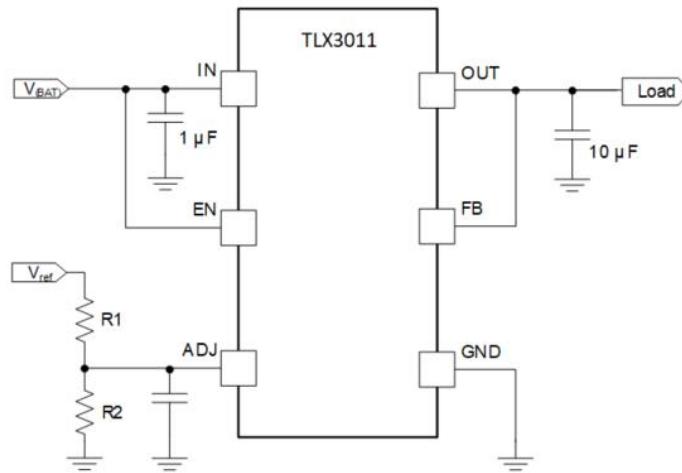


图 18. OUT 电压低于参考电压

9.4 设备功能模式

9.4.1 $V_{IN} < 4\text{V}$ 时的操作

最大**UVLO**电压为**3.65 V**，该器件通常在输入电压高于**4 V**时工作。该器件也可在较低输入电压下工作；未指定最小**UVLO**电压。输入电压低于实际**UVLO**电压时，器件无法工作。

9.4.2 操作 **EN** 控制

使能上升沿阈值为**2 V**（最大值）。当**EN**引脚保持在该电压以上且输入电压高于**4 V**时，器件进入工作状态。**EN**引脚的下降沿为**0.7 V**（最小值）。保持**EN**引脚低于该电压会禁用该器件，从而降低器件的静态电流。

10 电源建议

该器件设计为采用 **4V** 至 **40V** 的输入电压供电。该输入电源必须良好 稳压。如果输入电源距离**TLX3011** 器件超过几英寸, **TLXIC** 建议 在输入端添加一个值为 **2.2 μF** 的电解电容器和一个陶瓷旁路电容器。

11 布局

11.1 布局指南

TLX3011 器件的布局, 请将输入和输出电容放置在靠近器件的位置, 如功能框图所示。为了提高热性能, **TLXIC** 建议将器件周围带有一些通孔。

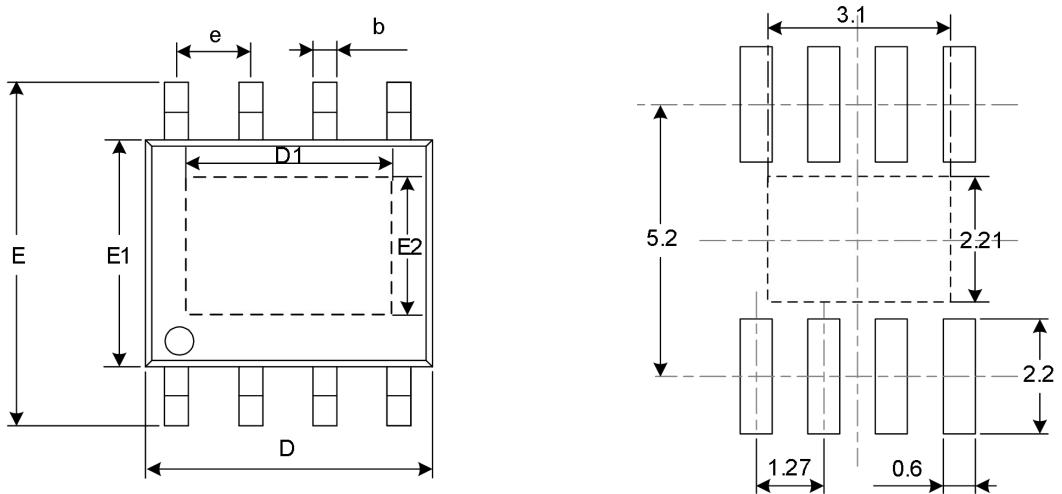
最小化等效串联电感 (**ESL**) 和 **ESR**, 以最大化性能并确保稳定性。放置 每个电容器尽可能靠近设备并与调节器位于 **PCB** 的同一侧。

请勿将任何电容器放置在 **PCB** 上与安装调节器的一侧相反的一侧。**TLXIC** 强烈反对在输出电容和 **OUT** 引脚之间使用过孔和长走线因为过孔会对系统性能产生负面影响, 甚至导致不稳定。

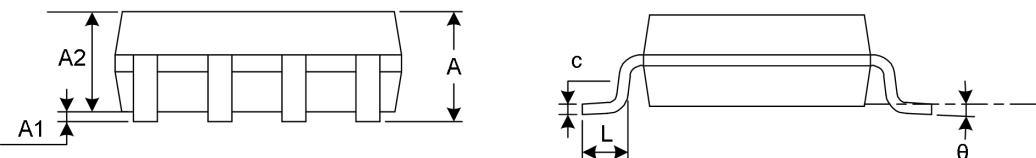
如果可能, 为了确保本数据表中指定的最大性能, 请使用与**TLX3011** 评估板相同的布局模式。

12 封装外形尺寸

ESOP8⁽⁴⁾



RECOMMENDED LAND PATTERN (Unit: mm)



代码	尺寸(毫米)		尺寸(英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A ⁽¹⁾		1.650		0.065
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	1.300	1.500	0.051	0.059
b	0.390	0.470	0.015	0.019
c	0.200	0.240	0.007	0.010
D ⁽¹⁾	4.800	5.000	0.189	0.197
e	1.270(BSC) ⁽²⁾		0.050(BSC) ⁽²⁾	
D1	3.100(REF) ⁽³⁾		0.122(REF) ⁽³⁾	
E2	2.210(REF) ⁽³⁾		0.087(REF) ⁽³⁾	
E	5.800	6.200	0.228	0.244
E1 ⁽¹⁾	3.800	4.000	0.150	0.157
L	0.500	0.800	0.019	0.032
θ	0°	8°	0°	8°

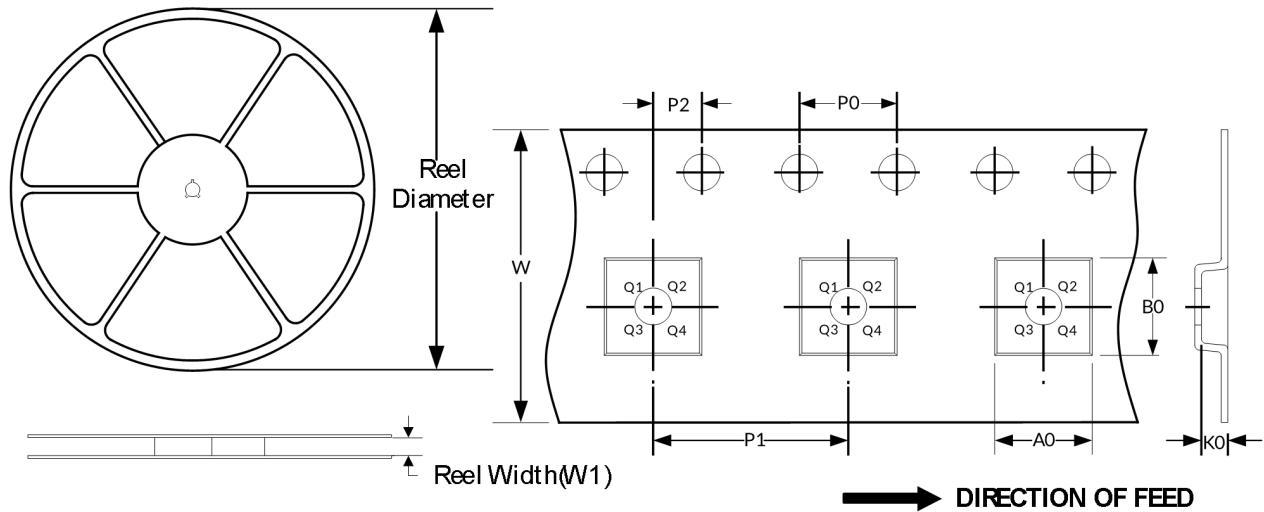
笔记:

1. 不包括每侧最大 0.15 毫米的塑料或金属突出物。
2. BSC (中心距基本间距)，“基本”间距是标称的。
3. REF 是 Reference 的缩写。
4. 本图纸如有更改，恕不另行通知。

1.3 卷带信息

卷轴尺寸

胶带尺寸



注：图片仅供参考，请以实物为准。

卷带封装关键参数表

封装类型	卷轴 直径	卷轴宽度 (mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P0 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
ESOP8	13"	12.4	6.40	5.40	2.10	4.0	8.0	2.0	12.0	Q1

笔记：

1. 所有尺寸均为标称尺寸。
2. 不包括每侧最大 **0.15** 毫米的塑料或金属突出物。