

无锡泰连芯科技有限公司

TLX6658

具有集成 LDO 的超低静态电流同步升压转换器

2024 年 05 月

具有集成 LDO 的超低静态电流同步升压转换器

1 特性

- 低功耗模式下具有 **5μA** 超低 I_q
- 在 **0.7 V** 输入电压下启动到负载
- 工作输入电压范围为 **0.7V 至 4.5V**
- 可选输出电压高达 **3.3V**
- 最小 **350mA** 开关峰值电流限制
- 集成 **LDO**
- 由 **MODE** 引脚控制的两种模式
 - 工作模式：两路输出均处于设定值
 - 低功耗模式：
TLX6658：LDO 打开，升压转换器运行
- 自动直通
- 在 **5mA 至 100mA** 负载条件下进行 **2V 至 3.3V** 转换时的效率高达 **93%**
- 封装：**DFN1.5X1.5-6**

2 应用

- 智能遥控
- **BLE** 标签
- 可穿戴应用
- 低功耗无线应用
- 便携式消费类或医疗产品
- 单节纽扣电池、单节或双节碱性电池供电应用

3 概述

TLX6658 是一种超低功耗解决方案，适用于由单节或两节碱性电池、镍镉电池或镍氢电池、单节纽扣电池或单节锂离子或锂聚合物电池供电的产品。它集成了低压降线性稳压器（LDO）和升压转换器，并提供两个输出电源轨。升压输出 $V_{(MAIN)}$ 设计为主系统的常开电源，LDO 输出 $V_{(SUB)}$ 为外设供电。

TLX6658 有两种由 MODE 引脚控制的模式：工作模式和低功耗模式。在工作模式下，两个输出都启用了增强的响应性能。TLX6658 仅消耗 5μA 的静态电流。

TLX6658 支持自动直通功能。当输入电压高于直通阈值时，升压转换器停止开关并将输入电压传递到 V_{MAIN} 电源轨；当输入电压低于阈值时，升压转换器在升压模式下工作，并将输出调节为目标值。

TLX6658 可在 0.7 V 输入到 3.3 V 输出转换过程中提供高达 50 mA 的总输出电流。该升压转换器基于滞后控制器拓扑结构，可利用同步整流器以超低的静态电流实现超高效率。

TLX6658 采用 DFN1.5X1.5-6 封装来实现小型电路布局。

质量等级：军温级&企军标

器件信息 (1)

型号	封装	封装尺寸 (标称值)
TLX6658	DFN1.5X1.5-6	1.50mm x 1.50mm

(1) 详细的订单型号说明，请参考数据表后的封装选项部分。

目录

1 特性	2
2 应用	2
3 概述	2
4 简化原理图	3
5 修订历史	5
6 封装和订单说明⁽¹⁾	6
7 器件比较表	7
8 引脚定义和功能	8
9 规格	9
9.1 绝对最大额定参数	9
9.2 ESD 等级	9
9.3 推荐工作条件	9
9.4 典型电气参数	10
9.5 典型参数曲线	12
10 详细说明	16
10.1 概览	16
10.2 功能框图	16
10.3 特性说明	17
10.3.1 升压控制器操作	17
10.3.2 直通操作	17
10.3.3 LDO 操作	18
10.3.4 启动和断电	18
10.3.5 过载保护	18
10.3.6 热关断	19
10.4 器件功能模式	19
10.4.1 MODE 引脚操作模式	19
10.4.2 轻负载条件下的突发模式操作	19
10.4.3 直通模式操作	19
11 PCB 版图设计	19
11.1 PCB 布局设计注意事项	19
12 封装规格尺寸	20
13 包装规格尺寸	21

5 修订历史

注意: 更新前的版本页码可能与当前版本不同。

版本	更新日期	变更项目
A.0	2024/05/22	初始版

6 封装和订单说明⁽¹⁾

订单型号	封装类型	工作温度(°C)	丝印 ⁽²⁾	MSL ⁽³⁾	质量等级
JTLX6658YTDAC6	DFN1.5X1.5-6	-55°C ~125°C	6658	MSL3	企军级
JTLX6658YTDAC6(W)	DFN1.5X1.5-6	-55°C ~125°C	6658	MSL3	军温级
TLX6658YTDAC6	DFN1.5X1.5-6	-40°C ~125°C	6658	MSL3	工业级

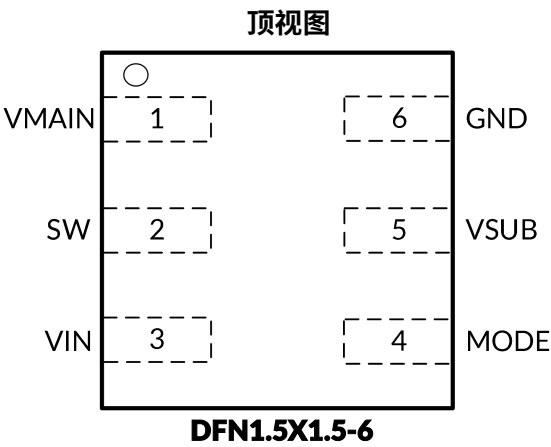
注意:

- (1) 该信息是当前版本的最新数据。这些数据如有更新，将及时更新到我司官网，恕不另行通知。
- (2) 丝印可能会有其他附加的代码，用于产品的内控追溯（包括数据代码和供应商代码）或者标志产地。
- (3) TLXIC装配厂使用符合JEDEC工业标准J-STD-20F的通用预处理设置对MSL级别进行分类。如果您的最终应用对预处理设置非常关键，或者您有特殊要求，请与TLXIC技术支持联系。

7 器件比较表

型号	集成 LDO	VMAIN (工作模式)	VMAIN (低功耗模式)	VSUB (工作模式)	VSUB (低功耗模式)	VSUB 低功耗模式下主 动放电
TLX6658	LDO	3.3V	3.3V	2.8V	2.8V	No

8 引脚定义和功能



引脚功能

引脚名称	引脚	I/O	功能说明
VMAIN	1	PWR	升压转换器输出
SW	2	PWR	电感器连接
VIN	3	I	IC电源输入
MODE	4	I	模式选择引脚。1: 工作模式；0: 低功耗模式。必须主动设置为高电平或低电平。不能悬空。
VSUB	5	PWR	LDO输出端
GND	6	PWR	IC接地

9 规格

9.1 绝对最大额定参数

在自然通风温度范围内（除非特别注明）⁽¹⁾

		最小值	最大值	单位
输入电压	VIN, SW, VMAIN, VSUB	-0.3	4.7	V
	MODE	-0.3	5.0	V
θ_{JA}	结至环境热阻 ⁽²⁾	DFN1.5X1.5-6	190.5	°C/W
工作结温, T_J ⁽³⁾		-55	150	°C
储存温度范围, T_{stg}		-65	150	°C

(1) 这里只表示产品在测试条件下得到的极限值，并不表示产品在这些条件下或者其他超出规格限定的参数条件下能够正常工作，超过上述绝对最大额定值所规定的范围将对产品造成损害，无法预测产品在上述条件外的工作状态。如果产品长期在上述条件外的条件下工作，可能影响产品性能。

(2) 封装热阻抗根据 JESD-51 标准计算。

(3) 最大功耗是有关 $T_{J(MAX)}$ 、 $R_{\theta JA}$ 和 T_A 的函数。任意环境温度下的最大功耗为 $P_D = (T_{J(MAX)} - T_A) / R_{\theta JA}$ 。适用于直接焊接到 PCB 上的封装。

9.2 ESD 等级

以下 ESD 信息仅针对在防静电保护区内操作的敏感设备。

			标称值	单位
$V_{(ESD)}$	静电放电	人体模型 (HBM)	TBD	V
		带电器件模型 (CDM)	TBD	



ESD 灵敏性警告

ESD 损坏的范围可以从细微的性能下降到完全的设备失效。精密集成电路可能更容易受到损坏，因为非常小的参数变化有可能导致器件不符合其公布的参数规格。

9.3 推荐工作条件

在自然通风温度范围内（除非特别注明）

		最小值	标称值	最大值	单位
V_{IN}	输入电压范围	0.7		4.5	V
$V_{(MAIN)}$	升压转换器输出电压范围		3.3		V
$V_{(SUB)}$	LDO 输出电压范围		2.8		V
L	有效电感范围		4.7		μH
C_{BAT}	输入端有效输入电容范围 ⁽¹⁾		10		μF
C_{O1}	VMAIN 引脚上用于升压转换器输出的有效输出电容范围 ⁽¹⁾		10		μF
C_{O2}	VSUB 引脚上用于 LDO 输出的有效输出电容范围 ⁽¹⁾		10		μF
T_J	工作虚拟结温	-55		125	°C

(1) 有效值。应考虑陶瓷电容器在偏置下的降额效应。通过检查电容器的直流偏置特性来选择合适的标称电容。

9.4 典型电气参数

测试条件为： $T_J = -40^{\circ}\text{C} \sim 85^{\circ}\text{C}$ ， $V_{IN} = 0.7\text{ V} \sim 4.5\text{ V}$ ，典型值在 $V_{IN} = 1.5\text{ V}$ ， $T_J = 25^{\circ}\text{C}$ 测得，除非特别注明。

参数	符号	测试条件	最小值 (1)	典型值 (2)	最大值 (1)	单位
电源参数						
输入电压范围	V _{IN}		0.7		4.5	V
启动时最低输入电压	V _{IN(start)}	R _{Load} ≥ 3 kΩ			0.7	V
流入 VIN 引脚的静态电流	I _{Q(VIN)}	MODE = High, Boost or Pass-through no load, no switching, T _J = -40°C to 85°C		2	8	μA
		MODE = Low, Boost or Pass-through no load, no switching, T _J = -40°C to 85°C		0.2	5	
流入 VMAIN 引脚的静态电流	I _{Q(MAIN)}	MODE = High, Boost or Pass-through no load, no switching, T _J = -40°C to 85°C		20	30	μA
		MODE = Low, Boost or Pass-through no load, no switching, T _J = -40°C to 85°C		5	11	
VMAIN 引脚漏电流 (从 VMAIN 引脚到 SW 引脚)	I _{LKG(MAIN)}	V _(MAIN) = 4.7V, V _(SW) = 0 V, no load T _J = -40°C to 85°C		20	200	nA
流入 MODE 引脚的漏电流	I _{LKG(MODE)}	V _(MODE) = 5 V, T _J = -40°C to 85°C		5	30	
电源开关参数						
低侧开关导通电阻	R _{DS(on)_LS}		320	450	650	mΩ
整流器导通电阻	R _{DS(on)_HS}		450	580	780	
LDO 压降	V _(Dropout)	I _{SUB} = 50 mA	55	80	110	mV
电感电流纹波	I _{LH}			150		mA
升压开关电流限制	I _{LIM(BST)}	0.7 V < V _{IN} < V _(MAIN)	380	450	500	
VSUB 输出电流限制	I _{LIM(SUB)}	T _J = -40°C to 85°C	200			
输出参数						
升压转换器输出电压	V _(MAIN)	MODE = High/Low, V _{IN} < V _(PSTH) , Burst mode, open loop		3.35	3.5	V
		MODE = High/Low, V _{IN} < V _(PSTH) , PWM mode, open loop	3.25	3.3	3.45	
LDO 输出电压	V _(SUB)	MODE = High/Low	2.75	2.8	2.85	
通过模式阈值	V _(PSTH)	MODE = High/Low, V _{IN} rising		3.35		
		MODE = High/Low, Hysteresis		0.1		
从 LDO 输入到输出的电源抑制比	PSRR	f = 1kHz, C _{O2} = 10 μF, I _{SUB} = 10 mA MODE = High		45		dB
		f = 1kHz, C _{O2} = 10 μF, I _{SUB} = 10 mA MODE = Low		30		
控制逻辑参数						
MODE 输入低电压	V _{IL}				0.4	V
MODE 输入高电压	V _{IH}		1.2			
过温保护				145		°C
过温迟滞				30		

注意：

- (1) 极限值是在 25°C 条件下进行的 100% 生产测试。通过使用统计质量控制（SQC）方法的相关性来确保工作温度范围的限制。
- (2) 典型值表示在表征时确定的最可能的参数规范。实际典型值可能随时间变化，也将取决于应用和配置。

9.5 典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

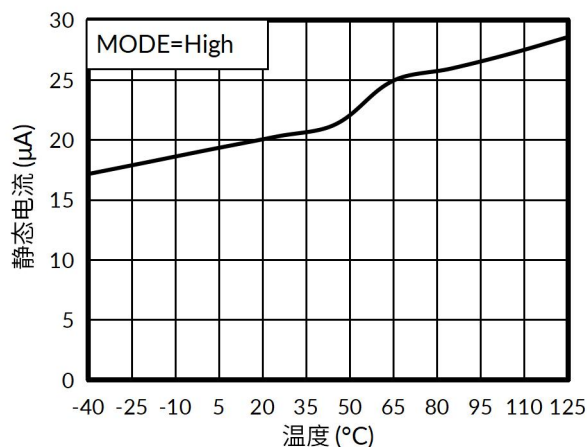


图 1. 工作模式下 VMAIN 引脚的 I_q 与温度的关系

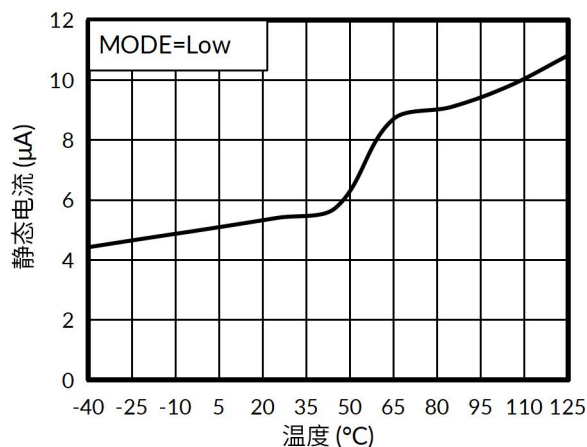


图 2. 低功耗模式下 VMAIN 引脚的 I_q 与温度的关系

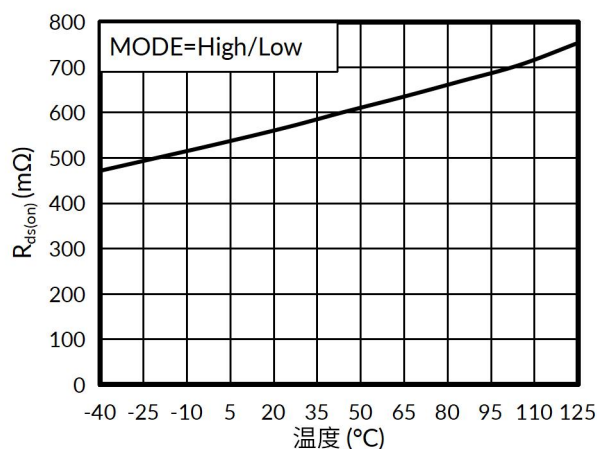


图 3. 整流器导通电阻与温度的关系

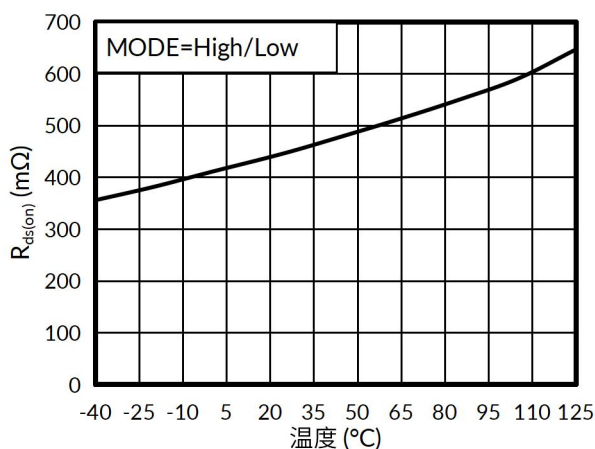


图 4. 低侧导通电阻与温度的关系

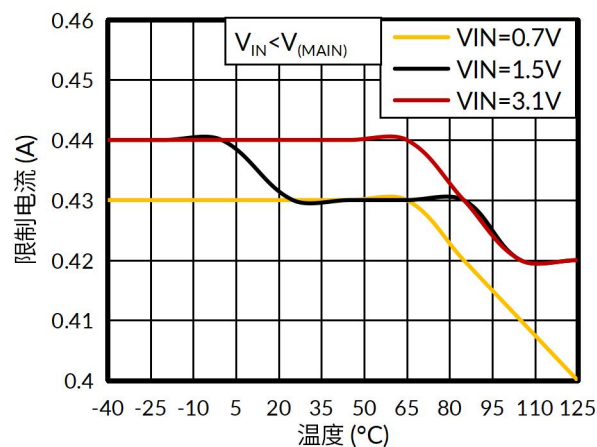


图 5. 限制电流与温度的关系

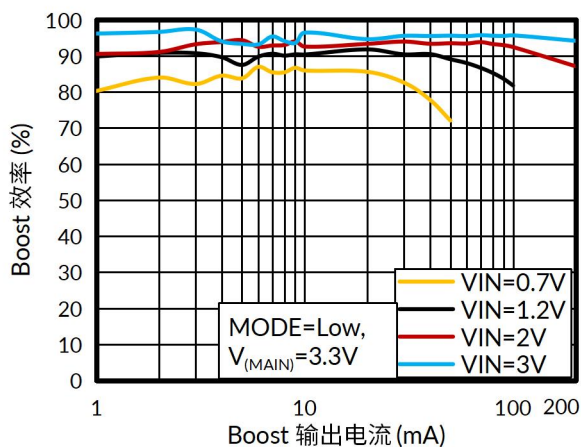


图 6. 升压效率与输出电流的关系 (低功耗模式)

典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

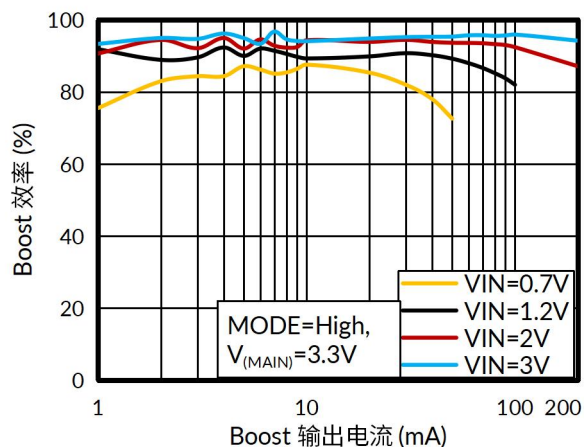


图 7. 升压效率与输出电流的关系（工作模式）

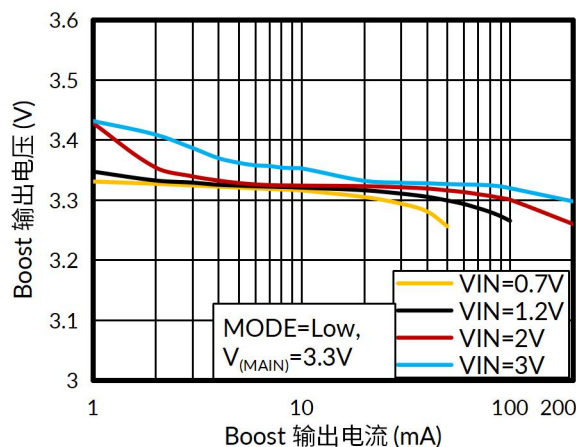


图 8. 升压负载调节（低功耗模式）

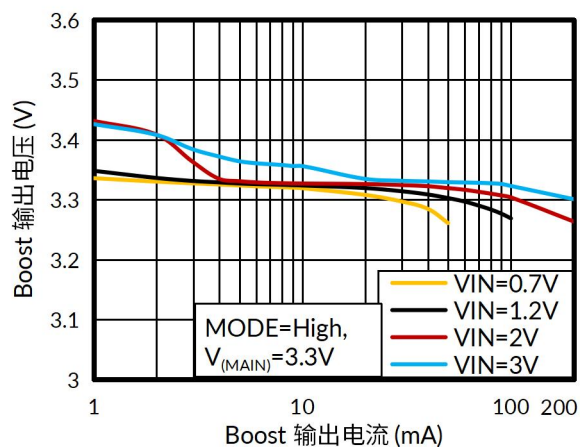


图 9. 升压负载调节（工作模式）

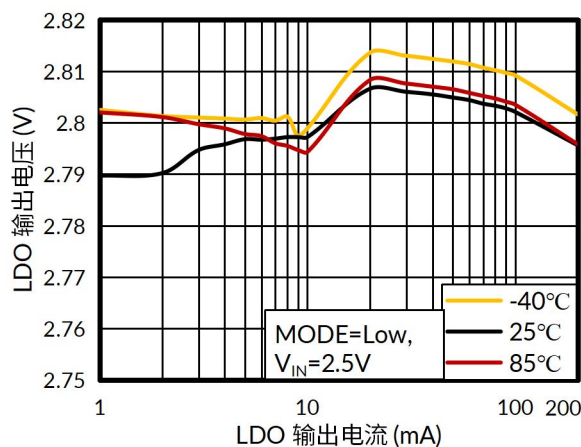


图 10. LDO 负载调节（低功耗模式）

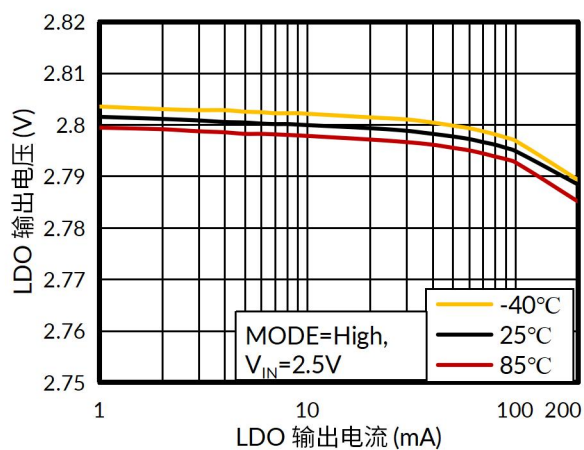


图 11. LDO 负载调节（工作模式）

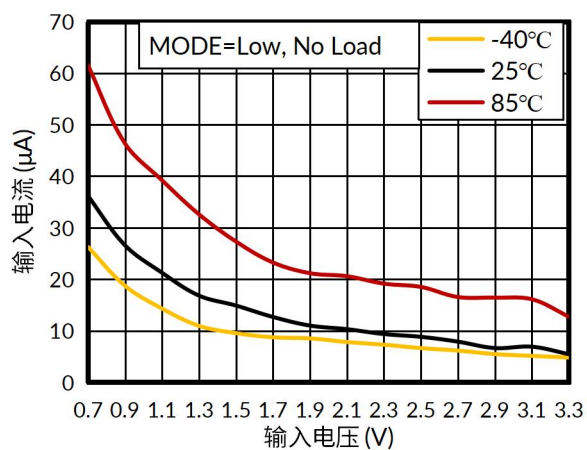


图 12. 空载输入电流与输入电压的关系
（低功耗模式）

典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

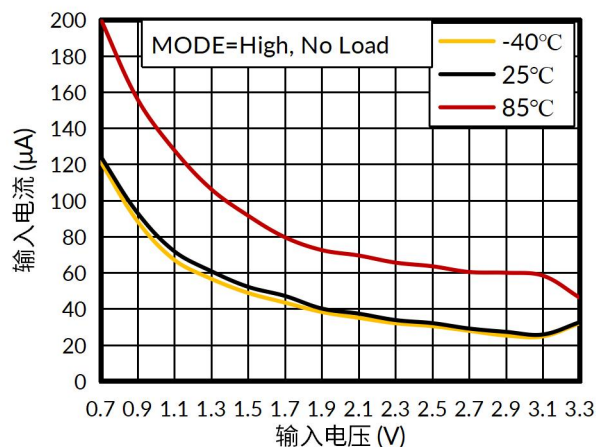


图 13. 空载输入电流与输入电压的关系
(工作模式)

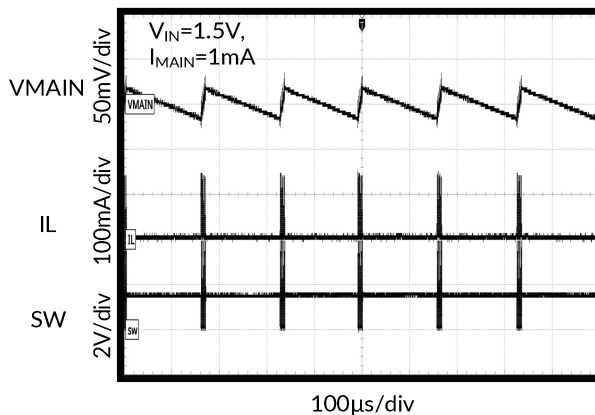


图 14. 开关波形

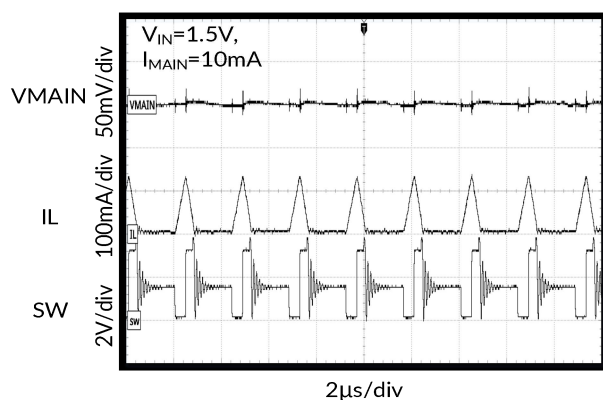


图 15. 开关波形

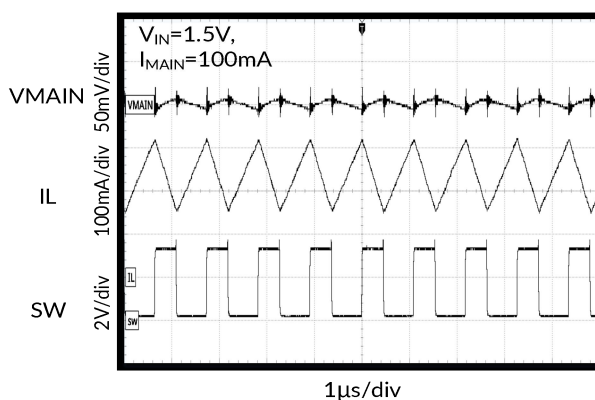


图 16. 开关波形

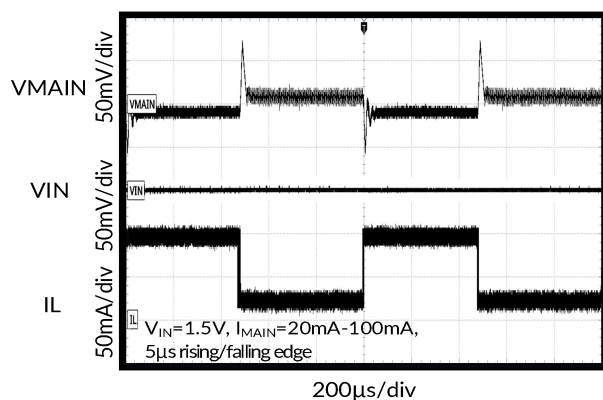


图 17. 负载瞬态响应

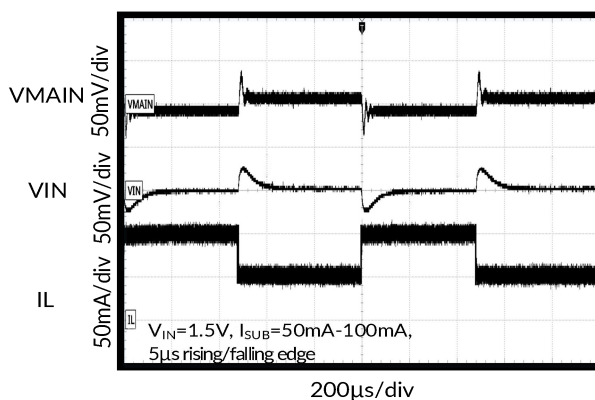


图 18. 负载瞬态响应

典型参数曲线

注意：本说明后面提供的图表和表格是基于有限数量样本的统计摘要，仅供参考。

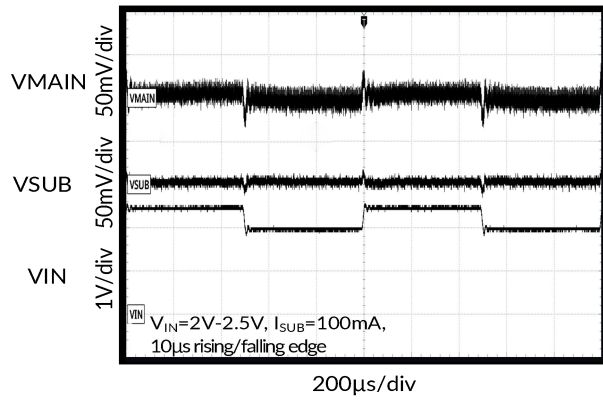


图 19. 负载瞬态响应

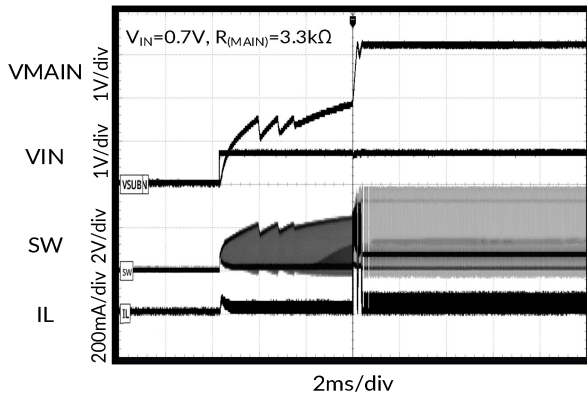


图 20. 启动

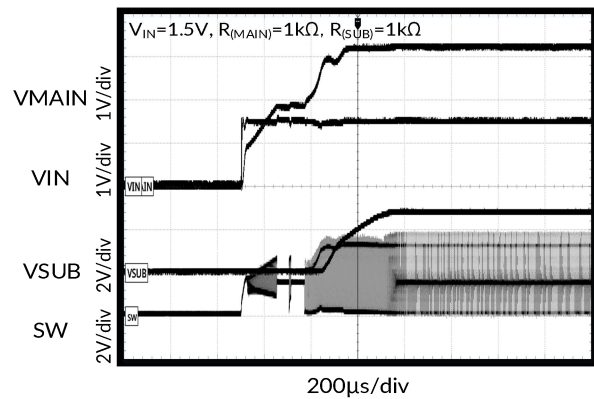


图 21. 启动

10 详细说明

10.1 概览

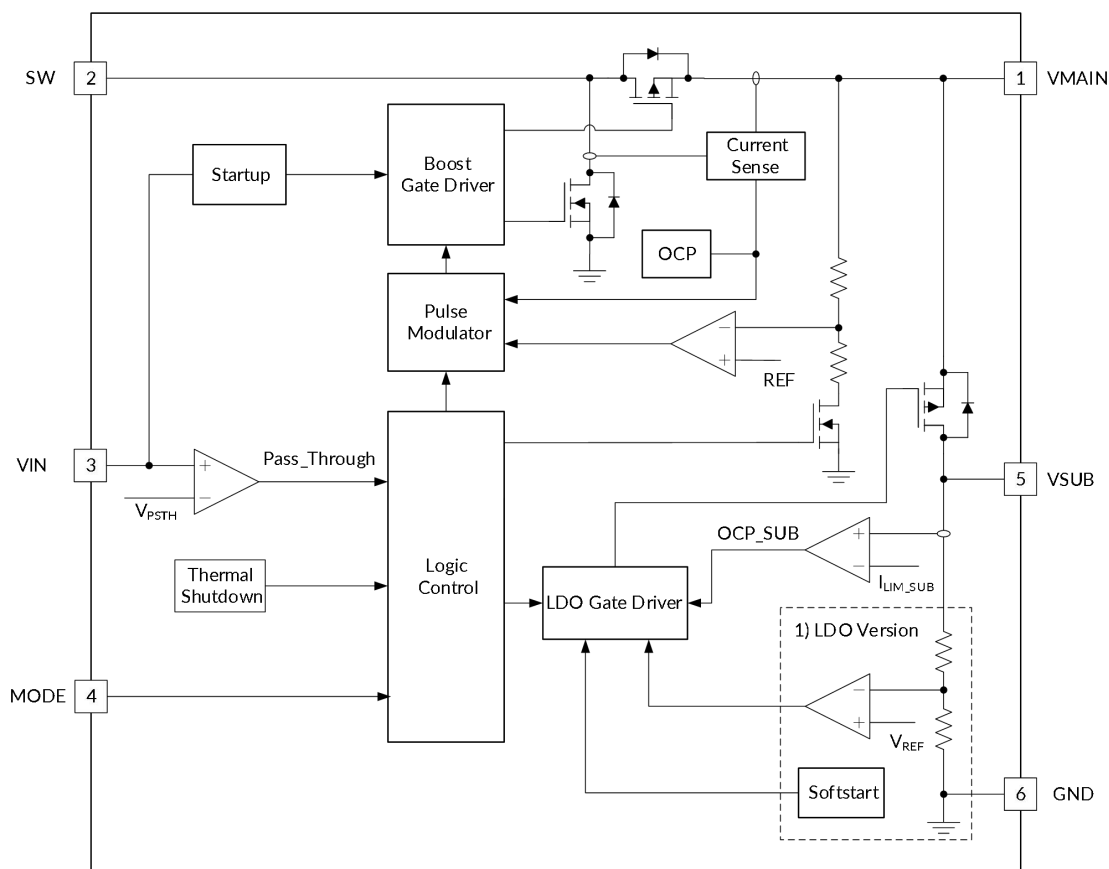
TLX6658 是一种超低功耗解决方案，适用于由单节或双节碱性电池、镍镉电池或镍氢电池、单节纽扣电池、单节锂离子电池或锂聚合物电池供电的产品。它集成了低压降线性稳压器（LDO）和升压转换器，并提供两个输出电源轨。升压转换器输出 $V_{(MAIN)}$ 用作主系统的常开电源，LDO 输出 $V_{(SUB)}$ 为外设供电。

TLX6658 有两种由 MODE 引脚控制的模式：工作模式和低功耗模式。在工作模式下，两个输出都启用了增强的响应性能。在低功耗模式下，TLX6658 仅消耗 5 μ A 的静态电流。其 LDO 在工作模式和低功耗模式下始终导通。

TLX6658 支持自动直通功能。当输入电压高于直通阈值时，升压转换器停止开关并将输入电压传递到 VMAIN 电源轨；当输入电压低于阈值时，升压转换器在升压模式下工作，并将输出调节至目标值。

TLX6658 可在 0.7 V 输入到 3.3 V 输出转换过程中提供高达 50 mA 的总输出电流。该升压转换器基于滞后控制器拓扑结构，可利用同步整流器以超低的静态电流实现超高效率。

10.2 功能框图



10.3 特性说明

10.3.1 升压控制器操作

TLX6658 升压转换器由滞后电流模式控制器控制。该控制器通过将电感纹波电流保持在 150mA 范围内，并根据输出负载调整该电感电流的偏移来调节输出电压。由于输入电压、输出电压和电感值都会影响电感纹波电流的上升和下降斜率，因此开关频率不是固定的，而是由工作条件决定。如果所需的平均输入电流低于由该恒定纹波定义的平均电感电流，则电感电流将不连续，以便在轻负载条件下保持高效率。图 22 说明了滞后电流操作。如果负载进一步降低，升压转换器将进入突发模式。在突发模式下，升压转换器通过多个脉冲提高输出电压，一旦输出电压超过设定阈值，它就会停止工作，然后进入睡眠状态并消耗更少的静态电流。当输出电压低于设定阈值时，它会恢复开关。当该模式无法再支持输出电流时，它将退出突发模式。突发模式操作的详细信息见图 23。

为了实现高效率，功率级采用同步升压拓扑实现。输出电压 $V_{(MAIN)}$ 通过连接到电压误差放大器的内部反馈网络进行监控。为了调节输出电压，电压误差放大器将此反馈电压与内部电压基准进行比较，并相应地调整电感电流所需的偏移量。

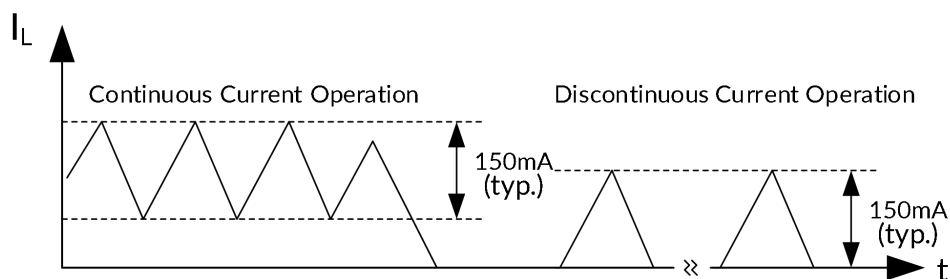


图 22. 滞后电流操作

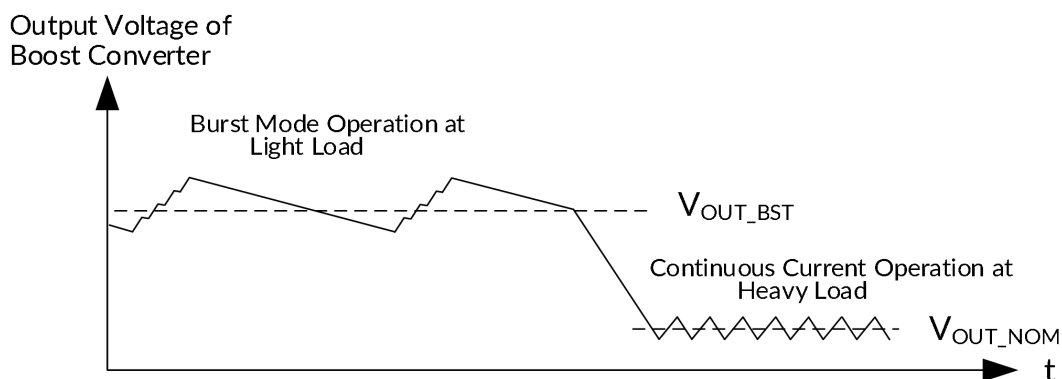


图 23. 突发模式操作

10.3.2 直通操作

TLX6658 支持升压转换器的自动直通功能。当检测到输入电压高于直通阈值 $V_{(PSTH)}$ ，即 $V_{(MAIN)}$ 设定值附近时，升压转换器进入直通工作模式。在此模式下，升压转换器停止开关，整流器持续导通，低侧开关关闭。输

入电压通过外部电感器和内部整流器到达输出。此模式下的输出电压取决于输入和输出之间的电阻，计算公式 1 如下：

$$V_{\text{MAIN}} = V_{\text{IN}} - (I_{\text{MAIN}} + I_{\text{SUB}}) \times (R_L + R_{\text{DS(on)_HS}}) \quad (1)$$

其中

- R_L 是外部电感器的直流电阻
- $R_{\text{DS(on)_HS}}$ 是内部整流器的电阻

当输入电压低于 $V_{\text{(PSTH)}}$ 时，为了将输出调节到目标值，升压转换器恢复开关。

TLX6658 在工作和低功耗模式下支持自动直通功能。

10.3.3 LDO 操作

TLX6658 使用 PMOS 作为其集成 LDO 的传输元件。PMOS 的输入端连接到升压转换器的输出端。

对于 LDO 版本，当其输入和输出之间的电压差高于压降电压 $V_{\text{(Dropout)}}$ 时，无论升压转换器在升压模式还是直通模式工作，输出电压 $V_{\text{(SUB)}}$ 都会调节为设定值。 $V_{\text{(SUB)}}$ 通过连接到电压误差放大器的内部反馈网络进行监控。为了调节 $V_{\text{(SUB)}}$ ，电压误差放大器将反馈电压与内部电压基准进行比较，并相应地调整 PMOS 的栅极电压。当 PMOS 两端的压降低于压降电压时，PMOS 将完全导通， $V_{\text{(SUB)}}$ 处的输出电压由公式 2 决定。

$$V_{\text{SUB}} = V_{\text{MAIN}} - I_{\text{SUB}} \times R_{\text{LS}} \quad (2)$$

其中

- $I_{\text{(SUB)}}$ 是 V_{SUB} 轨的负载电流
- R_{LS} 是 PMOS 完全导通时的电阻

10.3.4 启动和断电

TLX6658 的升压转换器设计为常开，因此没有启用或禁用控制。一旦施加输入电压，升压转换器就会开始工作。如果输入电压不够高，则低电压启动振荡器首先操作开关。在此阶段，开关频率由振荡器控制，最大开关电流受到限制。一旦转换器将输出电压 $V_{\text{(MAIN)}}$ 建立到大约 1.8V，器件切换到正常的滞后电流模式操作， V_{MAIN} 电源轨开始为内部控制电路供电。如果输入电压过低或启动时负载过重，导致转换器无法在 $V_{\text{(MAIN)}}$ 电源轨上建立 1.8V 电压，则升压转换器无法成功启动。它将保持此状态直到输入电压增加或负载移除。

TLX6658 能够在具有 $\geq 3\text{k}\Omega$ 负载下以 0.7V 输入电压启动。启动时间取决于输入电压和负载条件。当 $V_{\text{(MAIN)}}$ 达到 1.8 V 以启动正常的滞后电流模式操作后，内部斜坡上升参考控制升压转换器的软启动时间，直到 $V_{\text{(MAIN)}}$ 达到其设定值。TLX6658 不支持欠压闭锁功能。当输入电压下降到低电压并且无法向升压转换器提供所需的能量时， $V_{\text{(MAIN)}}$ 会下降。 $V_{\text{(MAIN)}}$ 下降的时间和程度取决于输入和负载条件。当升压转换器无法在 V_{MAIN} 轨上保持 1.8V 电压来为内部电路供电时，TLX6658 将断电并再次进入启动过程。

10.3.5 过载保护

TLX6658 的升压转换器在升压模式下支持逐周期限流功能。如果峰值电感电流达到内部开关电流限制阈值，则主开关关闭以阻止输入电流进一步增加。在这种情况下，由于设备无法提供足够的功率来维持设定的输出电

压，因此输出电压会降低。如果输出电压降至输入电压以下，则整流开关的背栅二极管会正向偏置，电流开始流过它。由于该二极管无法关闭，因此负载电流仅受剩余直流电阻的限制。过载情况消除后，转换器自动恢复正常工作。

过载保护在直通模式操作中不工作，其中负载电流仅受直流电阻限制。

10.3.6 热关断

TLX6658 具有内置温度传感器，可在升压模式下监控内部结温。如果结温超过阈值（典型值为 145°C），器件将停止运行。一旦结温降低到具有磁滞的程序阈值以下，它就会再次开始工作。内置磁滞（典型值为 30°C），以避免在过热阈值下不稳定运行。过温保护在直通模式操作中不工作。

10.4 器件功能模式

10.4.1 MODE 引脚操作模式

TLX6658 具有两种由 MODE 引脚控制的操作模式：工作模式和低功耗模式。它可以在有源模式下提供快速瞬态响应，在低功耗模式下提供超低静态电流。因此，低功耗系统可以轻松地使用 TLX6658 在其工作模式下获得高性能，同时最大限度地降低其功耗以延长电池在睡眠模式下的运行时间。

MODE 引脚通常由控制器的 I/O 引脚控制，不应悬空。

10.4.2 轻负载条件下的突发模式操作

TLX6658 的升压转换器在轻负载条件下进入突发模式操作。

10.4.3 直通模式操作

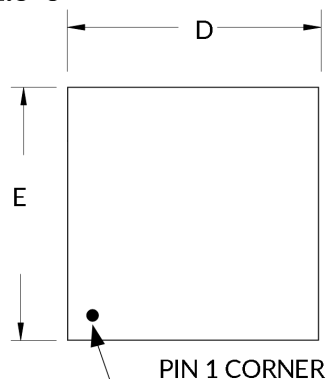
当输入电压高于目标输出电压时，TLX6658 的升压转换器会自动进入直通模式操作。

11 PCB 版图设计

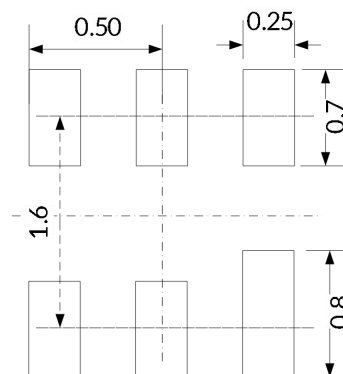
11.1 PCB 布局设计注意事项

与所有开关电源一样，PCB 布局是设计中的一个重要步骤，尤其是在高峰值电流和高开关频率下。如果布局不仔细，稳压器可能会出现稳定性问题以及电磁干扰问题。因此，对主电流路径和电源接地路径使用宽、短的走线。输入和输出电容器以及电感器应尽可能靠近 IC 放置。

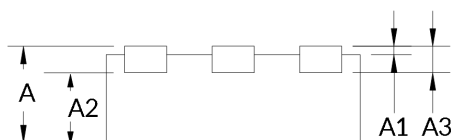
12 封装规格尺寸

DFN1.5X1.5-6⁽⁴⁾

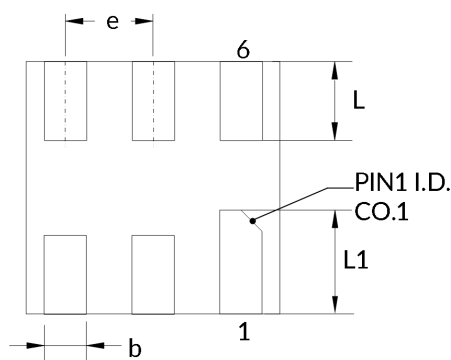
TOP VIEW



推荐焊盘尺寸 (单位: 毫米)



SIDE VIEW



BOTTOM VIEW

符号	尺寸 (单位: 毫米)		尺寸 (单位: 英寸)	
	最小值	最大值	最小值	最大值
A ⁽¹⁾	0.700	0.800	0.028	0.032
A1	0.000	0.050	0.000	0.002
A2	0.500	0.600	0.020	0.024
A3	0.203 REF ⁽²⁾		0.008 REF ⁽²⁾	
D ⁽¹⁾	1.450	1.550	0.057	0.061
E ⁽¹⁾	1.450	1.550	0.057	0.061
e	0.500 BSC ⁽³⁾		0.020 BSC ⁽³⁾	
b	0.200	0.300	0.008	0.012
L	0.450	0.550	0.018	0.022
L1	0.550	0.650	0.022	0.026

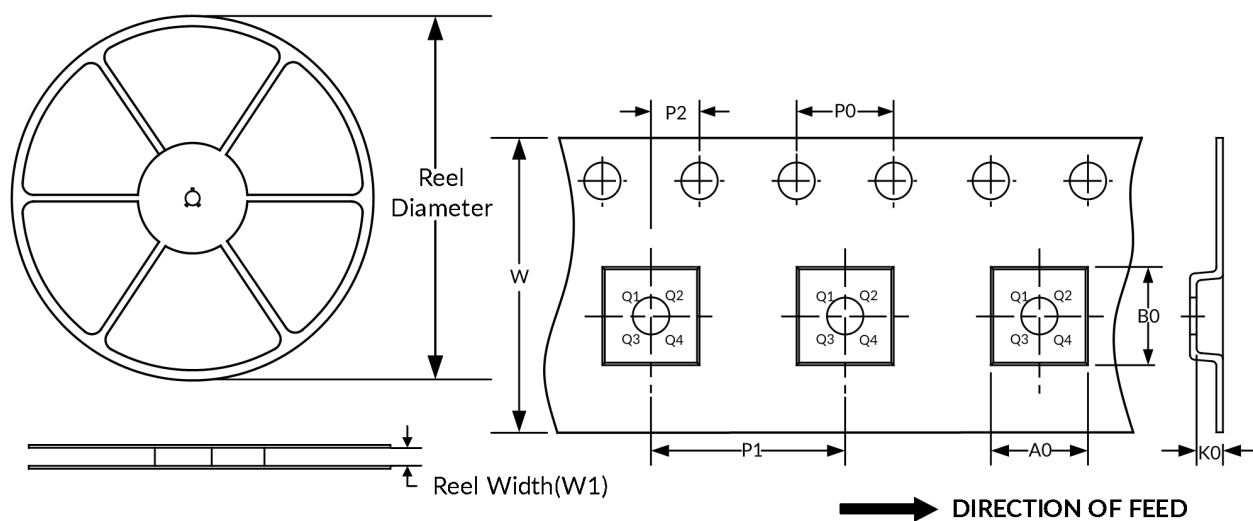
注意:

1. 不包括每边最大 0.075 毫米的塑封料或金属突起。
2. REF 是 Reference 的缩写。
3. BSC (中心之间的基本间距), “基本” 间距是标称的。
4. 此图纸如有更改, 恕不另行通知。

13 包装规格尺寸

卷盘尺寸

编带尺寸



注意：图片仅供参考。请以实物为标准。

关键参数表

Package Type	Reel Diameter	Reel Width(mm)	A0 (mm)	B0 (mm)	K0 (mm)	P0 (mm)	P1 (mm)	P2 (mm)	W (mm)	Pin1 Quadrant
DFN1.5X1.5-6	7"	8.3	1.70	1.70	0.90	4.0	4.0	2.0	8.0	Q1

注意：

1. 所有尺寸均为标称尺寸。
2. 不包括每边最大 0.15 毫米的塑封料或金属突起。