

RS3700-Q1 汽车单通道线性 LED 驱动器

1 特性

- **RS3700-Q1 的 AEC-Q100 认证正在进行中**
- 提供功能安全
 - 可帮助创建功能安全系统设计的文档
- 具有 **PWM 调光功能**的单通道恒定电流 **LED 驱动器**
- 宽输入电压范围：**4.5 V-40 V**
- 恒定输出电流，可通过感应电阻器进行调节
- 高精度电流调节，容差 **±4.6%**
- 最大电流：**500 mA**
- 与外部电阻器实现热共享 (仅限 **RS3700B-Q1**)
- 低压降电压
 - 典型压降 ($V_{IN}-V_{OUT}$): **100 mA 时为 180 mV**
 - 典型压降 ($V_{IN}-V_{RES}$): **100 mA 时为 240 mV (仅限 RS3700B-Q1)**
- 诊断和保护
 - **LED 开路与短路检测**，具有自动恢复功能
 - 在低压降运行情况下支持诊断并具有可调阈值
 - 多达 **15 个器件**的故障总线，可配置为“连带失效”或“仅失效的通道关闭”
 - 低静态电流和故障模式电流（每个器件小于 **450μA**）
- 工作结温范围：**-40°C ~ 150°C**

2 应用

- 汽车便利照明：座舱顶灯、车门把手、阅读灯和其他灯具
- 汽车尾灯、中央高位刹车灯、侧面标志灯、盲点监测指示灯、充电口指示灯
- 通用 **LED 驱动器**应用

3 概述

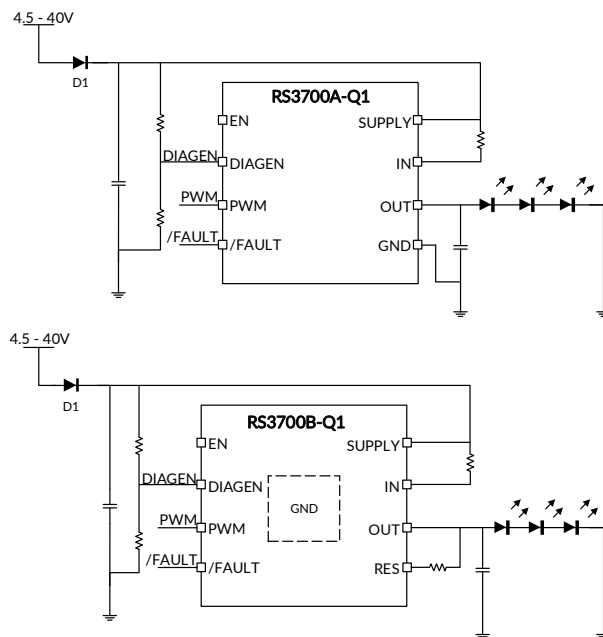
随着 LED 在汽车应用中广泛使用，简单的 LED 驱动器越来越受欢迎。与分立式解决方案相比，低成本单片解决方案可降低系统级组件数量，并显著提高电流精度和可靠性。

RS3700-Q1 器件是一款简单的单通道高边 LED 驱动器，由汽车蓄电池供电。这是一种简单而巧妙的解决方案，能够为单个 LED 灯串提供恒定电流，并具有 LED 诊断功能。此器件的“连带失效”功能可与其他 LED 驱动器一起工作，从而满足不同的要求。

器件信息 (1)

型号	封装	封装尺寸 (标称值)
RS3700-Q1	EMSOP8	3.00mm×3.00mm

(1) 详细的订单型号说明，请参考数据表后的封装选项部分。



典型应用图

目 录

1 特性.....	1
2 应用.....	1
3 概述.....	1
4 修订历史.....	3
5 封装和订单说明 ⁽¹⁾	4
6 引脚定义和功能.....	5
7 规格.....	6
7.1 绝对最大额定参数.....	6
7.2 ESD 等级.....	6
7.3 推荐工作条件.....	7
7.4 典型电气参数.....	8
7.5 时序要求.....	10
7.6 典型参数曲线.....	11
8 详细说明.....	15
8.1 概览.....	15
8.2 功能框图.....	15
8.3 特性说明.....	15
8.3.1 器件偏置.....	15
8.3.2 恒流驱动.....	16
8.3.3. 输出电流热平衡 (仅限 RS3700B-Q1).....	16
8.3.4 器件使能.....	16
8.3.5 PWM 调光.....	16
8.3.6 诊断功能.....	17
8.3.7 连带失效的故障总线输出.....	18
8.4 器件功能模式.....	20
8.4.1 欠压保护, $V_{(SUPPLY)} < V_{(POR_rising)}$	20
8.4.2 正常工作 $V_{(SUPPLY)} \geq 4.5\text{ V}$	20
8.4.3 低 Dropout 电压.....	20
8.4.4 故障模式.....	20
9 应用与设计.....	21
9.1 应用信息.....	21
9.2 典型应用.....	21
9.2.1 无需微控制器 (MCU) 的简单应用.....	21
9.2.2 采用微控制器 (MCU) 的应用.....	22
10 电源建议.....	24
11 PCB 版图设计.....	24
11.1 PCB 布局设计注意事项.....	24
12 封装规格尺寸.....	25
13 包装规格尺寸.....	26

4 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	2025/04/22	初始版
A.0.1	2025/08/19	1. 修改特性中的低压降电压 2. 修改典型电气参数中 I_{RES} 参数的测试条件 3. 修改典型参数曲线图10、11
A.0.2	2025/12/24	1. 增加 9 应用与设计章节 2. 更新 8.3.7 连带失效的故障总线输出
A.0.3	2026/06/08	修改典型电气参数表中 I_{RES} 参数的测试条件

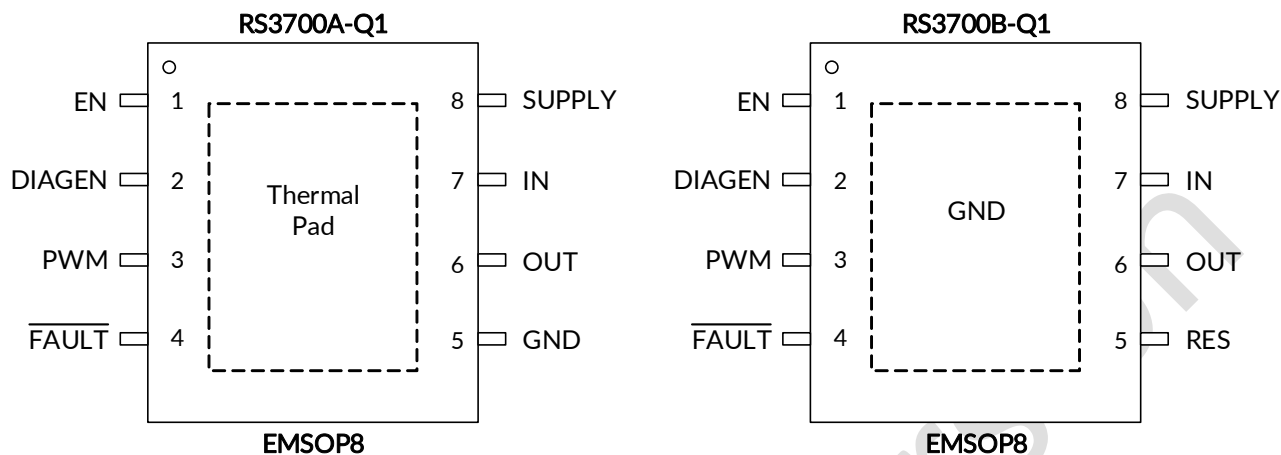
5 封装和订单说明⁽¹⁾

产品名称	订单型号	工作温度(°C)	封装类型	引脚镀层/ 焊球材料 ⁽²⁾	MSL 峰值 温度 ⁽³⁾	丝印 ⁽⁴⁾	包装规格
RS3700-Q1	RS3700AXEM-Q1	-40°C ~+125°C	EMSOP8	SN	TBD	RS3700A	Tape and Reel, 4000
	RS3700BXEM-Q1	-40°C ~+125°C	EMSOP8	SN	TBD	RS3700B	Tape and Reel, 4000

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) 引脚镀层/焊球材料。可订购器件可能存在多种表面处理选项, 各选项间以竖线分隔。若处理工艺名称超出列宽限制, 引脚镀层/焊球材料字段将换行显示。
- (3) Runic 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 Runic 技术支持联系。
- (4) 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。

6 引脚定义和功能



引脚功能

引脚		I/O ⁽¹⁾	功能说明
引脚名称	编号		
EN	1	I	设备使能脚。
DIAGEN	2	I	用于 LED 开路检测的使能引脚，在低压降工作条件下，避免误触发开路检测诊断。
PWM	3	I	用于 OUT 和 RES 的电流输出开/关控制的 PWM 输入。
FAULT	4	I/O	故障输出管脚，可配置为仅失效通道关闭或连带失效的故障总线。
GND	5	-	RS3700A-Q1: 接地。
RES		-	RS3700B-Q1: 电流输出脚，外接热共享电阻器。
OUT	6	O	通道电流输出脚。建议在该引脚与 GND 之间使用 10nF 电容器。
IN	7	I	通道电流输入脚。
SUPPLY	8	I	设备电源。
散热焊盘	散热焊盘	-	RS3700A-Q1: 建议连接至 GND。
GND		-	RS3700B-Q1: 接地。

(1) I=输入管脚, O=输出管脚。

7 规格

7.1 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
电源引脚	SUPPLY	-0.3	45	V
高电压输入引脚	DIAGEN, IN, EN, PWM	-0.3	$V_{SUPPLY}+0.3$	V
高电压输出引脚	OUT, RES	-0.3	$V_{SUPPLY}+0.3$	V
故障总线引脚	FAULT	-0.3	$V_{SUPPLY}+0.3$	V
θ_{JA}	结至环境热阻 ⁽²⁾	EMSOP8	60	°C/W
T_J	工作结温 ⁽³⁾	-40	150	°C
T_{stg}	储存温度	-40	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。

7.2 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)，符合 AEC Q100-002 规范 ⁽¹⁾	±4000	V
		带电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 规范	±1000	V
		门锁效应 (LU)，符合 AEC Q100-004 规范	TBD	mA

(1) AEC Q100-002 标准规定，人体模型 (HBM) 静电放电测试须符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 规范要求。



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。

7.3 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	最大值	单位
SUPPLY	电源管脚	4.5	40	V
IN	Sense 电压管脚	$V_{\text{SUPPLY}} - V_{\text{CS_REG}}$	V_{SUPPLY}	V
EN	使能管脚	0	V_{SUPPLY}	V
PWM	PWM 输入管脚	0	V_{SUPPLY}	V
DIAGEN	故障诊断使能管脚	0	V_{SUPPLY}	V
OUT, RES	输出管脚	0	V_{SUPPLY}	V
$\overline{\text{FAULT}}$	故障管脚	0	V_{SUPPLY}	V
工作环境温度, T_A		-40	125	°C

7.4 典型电气参数

测试条件为：V_{SUPPLY}=5V ~ 40V, V_{EN}=5V, T_J=-40°C ~ +150°C，除非特别注明。

参数	测试条件	最小值 (1)	典型值 (2)	最大值 (1)	单位
偏置参数					
V _{POR_rising}	电源电压 POR 上升阈值		3.67		V
V _{POR_falling}	电源电压 POR 下降阈值		3.53		V
I _{SD}	设备关断电流	V _{EN} = 0V, V _S =12V	5		μA
I _{Quiescent}	设备待机接地电流	PWM=HIGH	0.45		mA
I _{Fault}	故障模式下的器件电源电流	PWM=HIGH, FAULT externally pulled LOW	0.2		mA
逻辑输入参数 (EN, DIAGEN, PWM)					
V _{IL_EN}	EN 管脚, 逻辑低阈值			0.7	V
V _{IH_EN}	EN 管脚, 逻辑高阈值	2			V
I _{EN_pulldown}	EN 管脚, 下拉电流	V _{EN} =12V	3.3		μA
V _{IL_DIAGEN}	DIAGEN 管脚, 逻辑低阈值		1.1		V
V _{IH_DIAGEN}	DIAGEN 管脚, 逻辑高阈值		1.2		V
V _{IL_PWM}	PWM 管脚, 逻辑低阈值		1.1		V
V _{IH_PWM}	PWM 管脚, 逻辑高阈值		1.2		V
恒流驱动器参数					
I _{OUT}	通道输出电流能力	Duty of PWM=100%	4	500	mA
V _{C_S_REG}	Sense 电阻调节电压	T _A =25°C, V _{SUPPLY} =4.5V to 18V		98	mV
		T _A =-40°C to +125°C, V _{SUPPLY} =4.5V to 18V		98	mV
R _{C_S_REG}	Sense 电阻配置范围			25	Ω
V _{DROPOUT}	从 IN 到 OUT 的压降, RES 开路	Current setting of 100mA		180	mV
	从 IN 到 RES 的压降, OUT 开路 (仅限 RS3700B-Q1)			240	
I _{RES}	RES 电流与总电流之比	I _{RES} /I _{OUT_Tot} , V _{IN} -V _{RES} >1V, I _{O_total} =100mA	95		%
诊断参数					
V _{OPEN_th_rising}	进入输出开路判断阈值, V _{IN} - V _{OUT}		100		mV
V _{OPEN_th_falling}	退出输出开路判断阈值, V _{IN} - V _{OUT}		300		mV
V _{SG_th_rising}	退出输出短路判断阈值		1.2		V
V _{SG_th_falling}	进入输出短路判断阈值		0.9		V
I _{RETRY}	输出短接到 GND, 故障恢复 RETRY 电流		1		mA

(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。

典型电气参数（续）

测试条件为：V_{SUPPLY}=5V ~ 40V, V_{EN}=5V, T_J=-40°C ~ +150°C，除非特别注明。

参数		测试条件	最小值 (1)	典型值 (2)	最大值 (1)	单位
故障参数						
V _{IL_FAULT}	逻辑输入低电平阈值				0.7	V
V _{IH_FAULT}	逻辑输入高电平阈值		2			V
V _{OL_FAULT}	逻辑输出低电平阈值	With 500μA external pullup			0.4	V
V _{OH_FAULT}	逻辑输出高电平阈值	With 1μA external pulldown, V _{SUPPLY} =12V	4			V
t _{FAULT_rising}	故障检测上升沿抗尖峰脉冲时间			10		μs
t _{FAULT_falling}	故障检测下降沿抗尖峰脉冲时间			20		μs
I _{FAULT_pulldown}	$\overline{\text{FAULT}}$ 内部下拉电流	V _{FAULT} =0.4V		3		mA
I _{FAULT_pullup}	$\overline{\text{FAULT}}$ 内部上拉电流			10		μA
过热保护						
T _{TSD}	过热关断结温阈值			170		°C
T _{TSD_HYS}	过热关断结温迟滞			15		°C

(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。

7.5 时序要求

参数		测试条件	最小值 (1)	典型值 (2)	最大值 (1)	单位
tPWM_delay_rising	PWM 上升沿延迟, V _{IH_PWM} 电压至 10% 输出	V _{SUPPLY} =12V, V _{OUT} =6V, I _{SET} =100mA		5		μs
tCurrent_rising	输出电流从 10% 上升到 90%	V _{SUPPLY} =12V, V _{OUT} =6V, I _{SET} =100mA		3		μs
tPWM_delay_falling	PWM 下降沿延迟, V _{IL_PWM} 电压至 90% 输出	V _{SUPPLY} =12V, V _{OUT} =6V, I _{SET} =100mA		5		μs
tCurrent_falling	输出电流从 90% 下降到 10%	V _{SUPPLY} =12V, V _{OUT} =6V, I _{SET} =100mA		3		μs
tSTARTUP	EN 上升沿至 10% 输出电流	V _{SUPPLY} =12V, V _{OUT} =6V, I _{SET} =100mA		85		μs
tOPEN_deg	LED 开路故障抗尖峰脉冲时间			125		μs
tSG_deg	输出接地短路检测抗尖峰脉冲时间			125		μs
tRecover_deg	开路和短路故障恢复抗尖峰脉冲时间			125		μs
tFAULT_recovery	故障恢复延迟时间			16		μs
tTSD_deg	过温抗尖峰脉冲时间			60		μs

(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。

7.6 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。

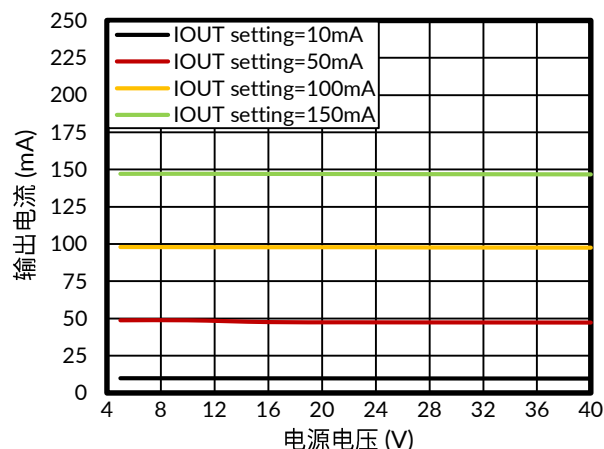


图 1. 输出电流与电源电压的关系

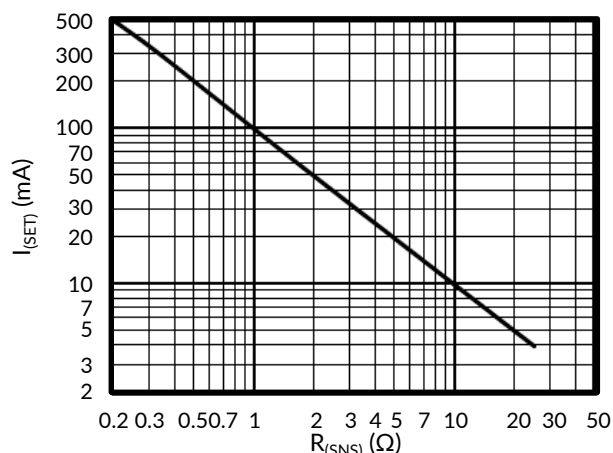


图 2. 输出电流与电流检测电阻的关系

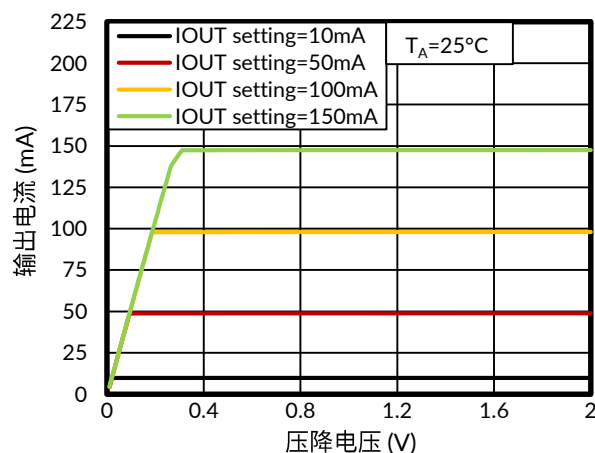


图 3. 输出电流与压降电压的关系

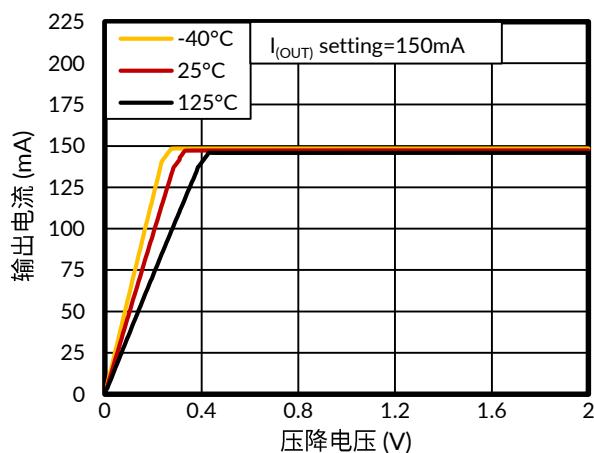


图 4. 输出电流与压降电压的关系

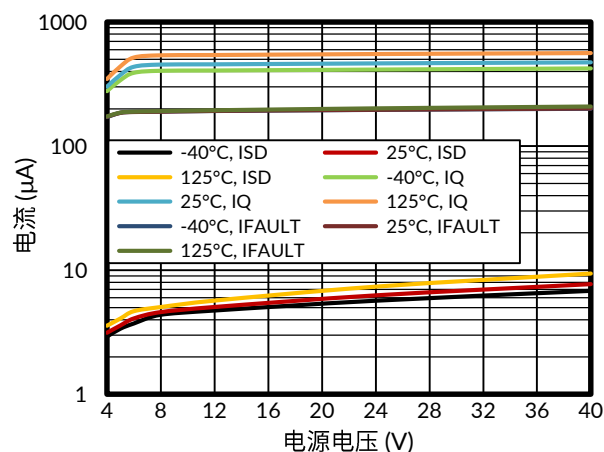


图 5. 关断、静态和故障电流与电源电压的关系

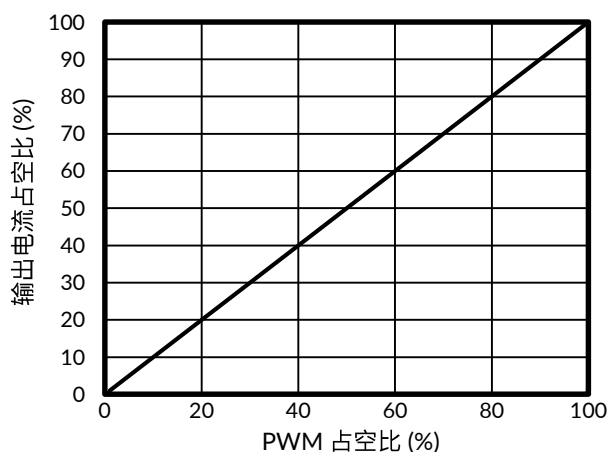


图 6. PWM 输出占空比与输入占空比的关系

典型参数曲线（续）

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。

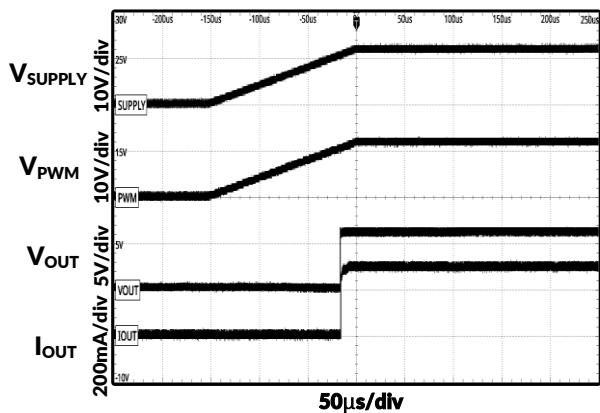


图 7. 上电顺序

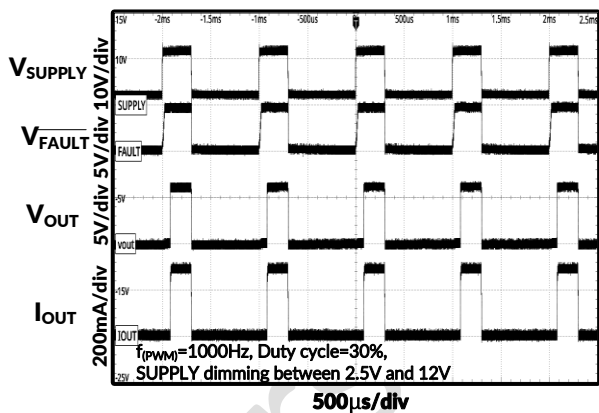


图 8. 通过电源进行 PWM 调光

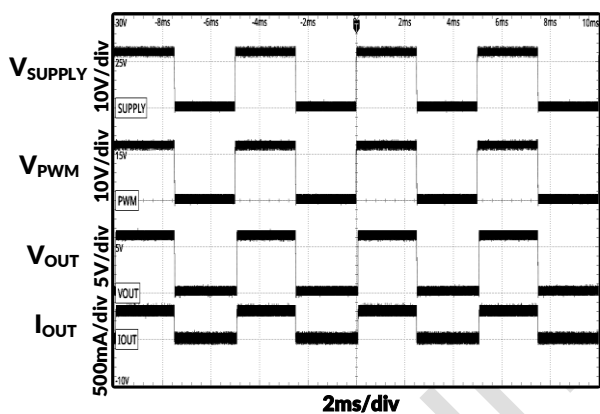


图 9. 200 Hz 时电源调光

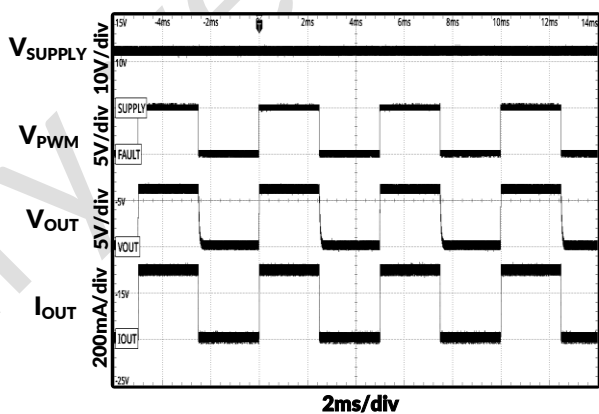


图 10. 200 Hz 时 PWM 调光

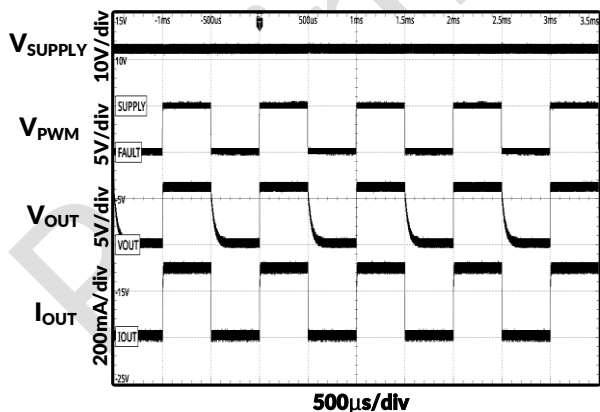


图 11. 1 kHz 时 PWM 调光

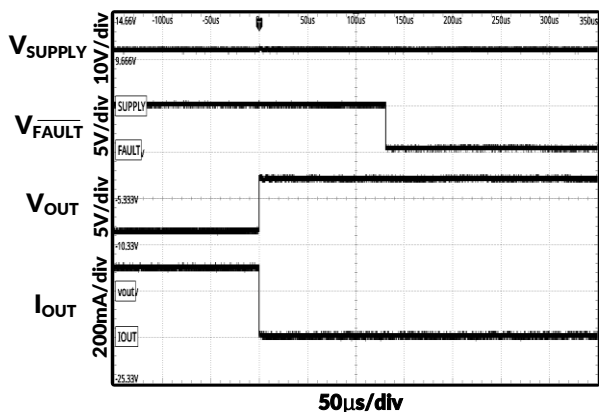


图 12. LED 开路保护

典型参数曲线（续）

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。

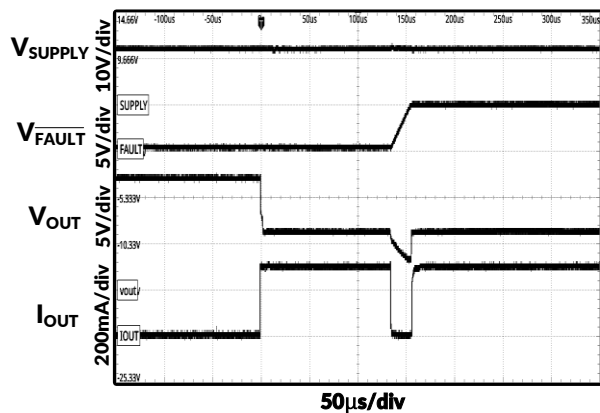


图 13. LED 开路保护恢复

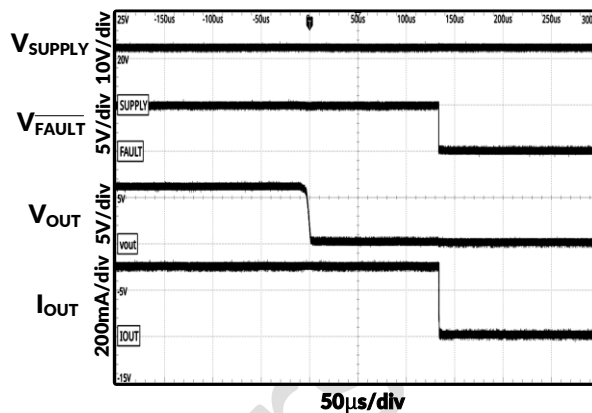


图 14. LED 短路保护

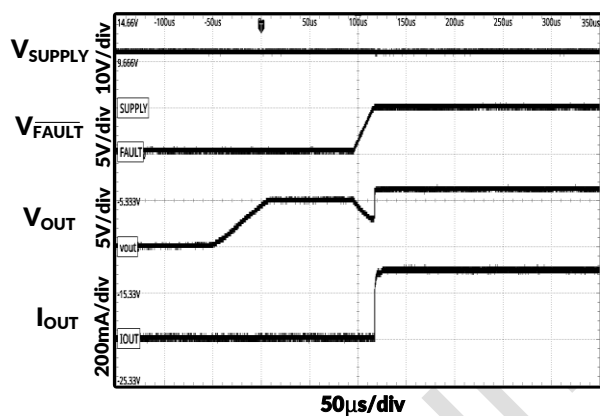


图 15. LED 短路保护恢复

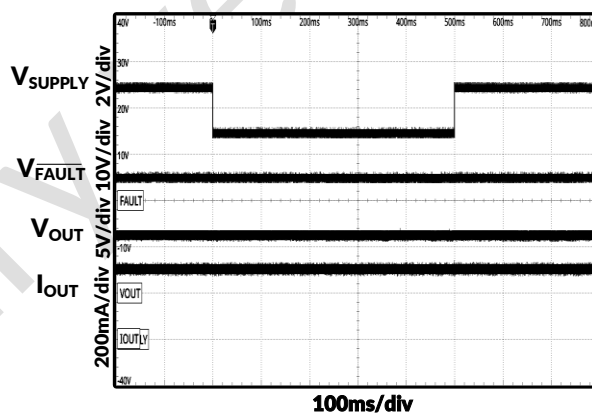


图 16. 瞬态欠电压

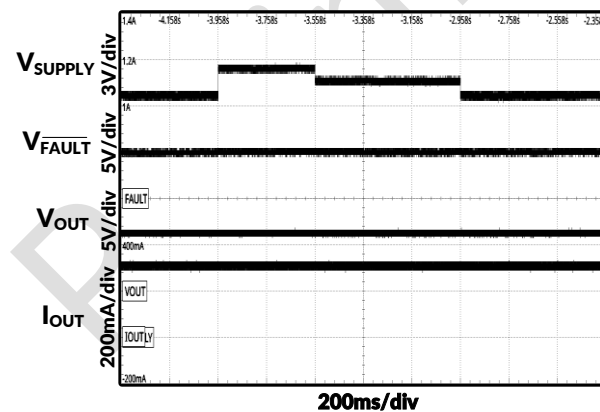


图 17. 瞬态过电压

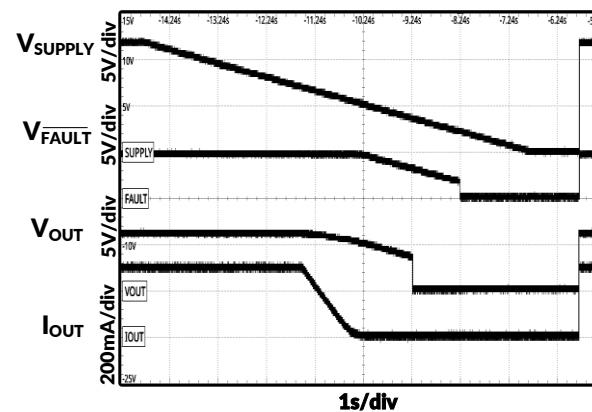


图 18. 电源电压缓慢下降和快速上升

典型参数曲线（续）

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。

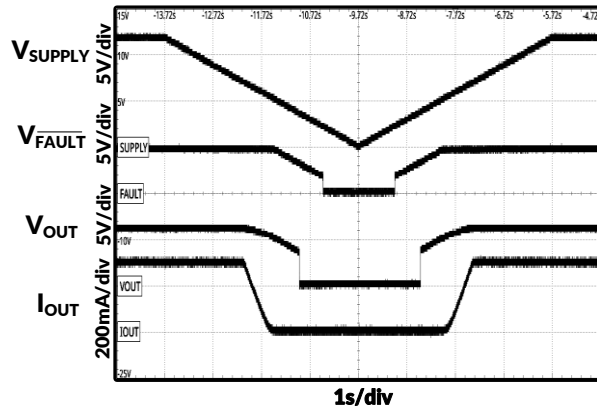


图 19. 电源电压缓慢下降和缓慢上升

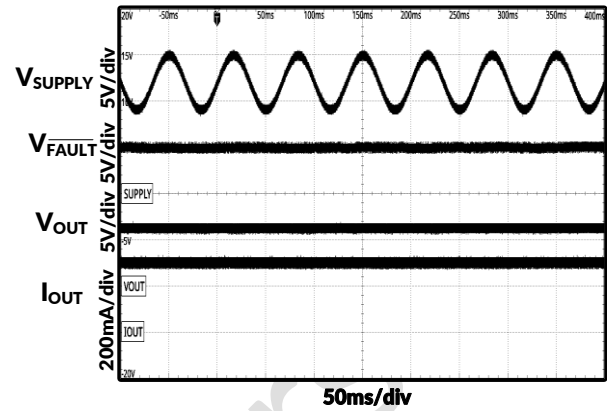


图 20. 15Hz 叠加交流电压

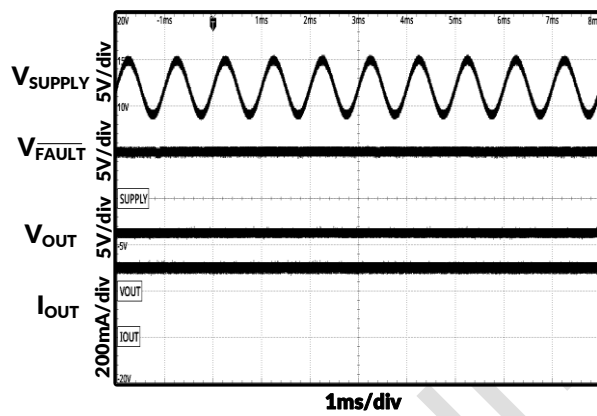


图 21. 1kHz 叠加交流电压

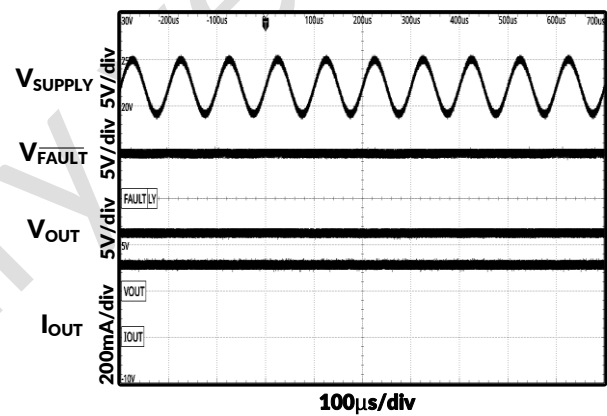


图 22. 10kHz 叠加交流电压

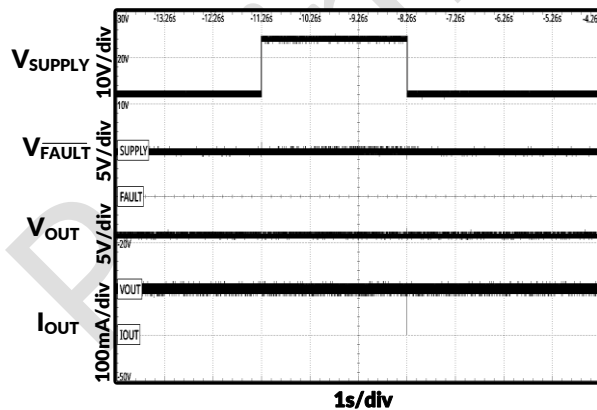


图 23. 跨接启动

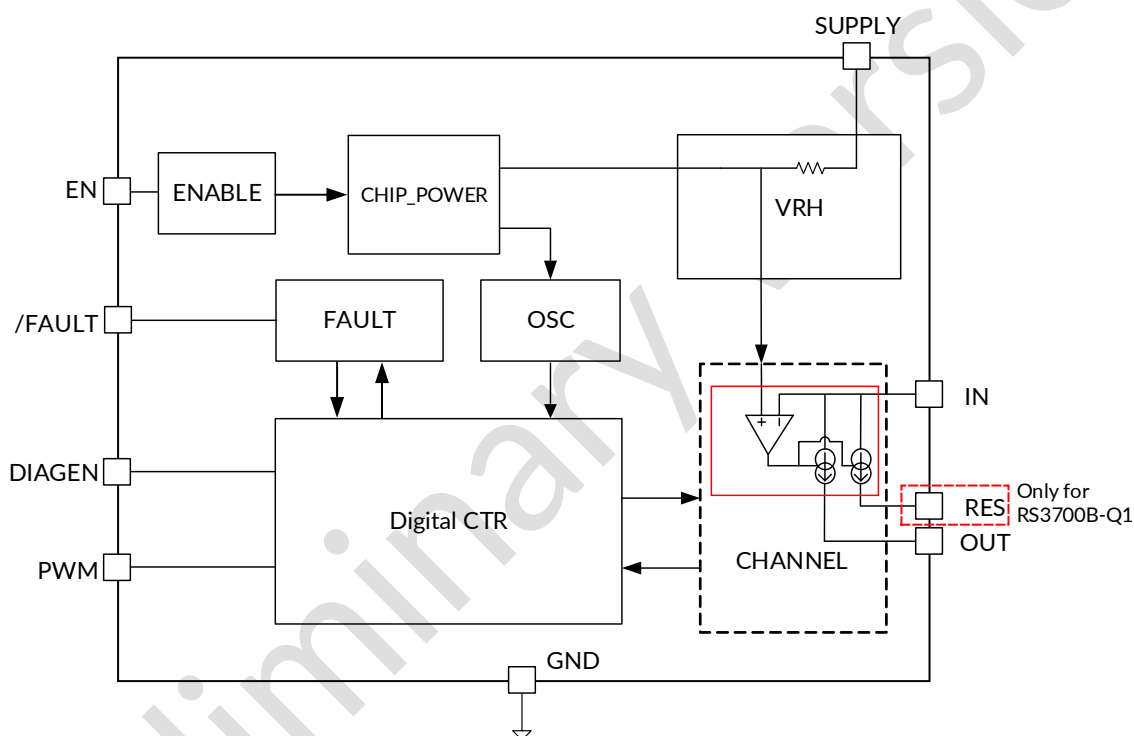
8 详细说明

8.1 概览

RS3700-Q1 器件是单通道线性 LED 驱动器，该产品为汽车 LED 应用提供了简洁的解决方案。通过不同的封装选项可实现多种电流范围和诊断功能。采用 EMSOP8 封装的 RS3700-Q1 支持 LED 开路检测和接地短路检测。其配备的“连带失效”总线设计使其能够与其他 LED 驱动器协同工作。

输出电流可通过外部电阻 $R_{(SNS)}$ 进行设置。电流从电源流经电阻 $R_{(SNS)}$ 进入内部电流源并到达 LED。

8.2 功能框图



8.3 特性说明

8.3.1 器件偏置

8.3.1.1 上电复位 (POR)

RS3700-Q1 器件具有内部上电复位 (POR) 功能。当电源施加至 SUPPLY 引脚时，内部 POR 会保持器件处于复位状态，直到 $V_{(SUPPLY)}$ 达到 $V_{(POR_rising)}$ 阈值。

8.3.1.2 低静态电流故障模式

RS3700-Q1 器件在故障模式下仅消耗极低的静态电流。如果外部将 FAULT 电压拉低，器件将关闭输出驱动器。

如果器件检测到内部故障，它将 FAULT 输出拉低，以在连带失效故障总线上发出故障警报。

8.3.2 恒流驱动

RS3700-Q1 器件集成高边恒流驱动器。该器件通过外部高边电流检测电阻 $R_{(SNS)}$ 来检测通道电流。电流调节回路驱动内部晶体管，将电流检测电阻上的电压稳定在 $V_{(CS_REG)}$ 。当输出驱动器处于稳压状态时，可通过以下公式设定输出电流。

$$I_{(OUT)} = \frac{V_{(CS_REG)}}{R_{(SNS)}} \quad (1)$$

8.3.3. 输出电流热平衡 (仅限 RS3700B-Q1)

RS3700B-Q1 器件提供两个电流输出通道。电流流经 R_{SNS} 进入集成电流调节电路，并通过 OUT 引脚和 RES 引脚流向 LED。OUT 引脚和 RES 引脚的电流输出均独立调节，共同实现所需的总电流输出。OUT 引脚与 RES 引脚的总电流等于流经 R_{SNS} 的电流。

$$I_{Total} = \frac{V_{(CS_REG)}}{R_{(SNS)}} = I_{OUT} + I_{RES} \quad (2)$$

RS3700B-Q1 内置独立双路电流调节机制，通过动态调整 OUT 和 RES 输出端电流，确保 LED 总电流稳定。该器件会持续调节 RES 引脚的电流输出，直至其电流通道达到饱和状态，剩余电流则由 OUT 引脚提供。当 SUPPLY 电压与 LED 总正向压差较大时，大部分电流会通过 RES 引脚流向 LED；反之，若 SUPPLY 电压与 LED 正向压差较小，则主要电流会从 OUT 引脚输出。

8.3.4 器件使能

RS3700-Q1 器件具有一个使能输入引脚 EN。当 EN 为低电平时，器件进入睡眠模式，此时静态电流 $I_{(Shutdown)}$ 降至极低水平。此特性可显著降低系统级功耗，尤其适用于电池电压直连驱动器的无高边开关应用场景。

8.3.5 PWM 调光

RS3700-Q1 器件支持两种 PWM 调光模式：PWM 输入调光与电源调光。

PWM 输入引脚兼具输出电流使能功能。当 PWM 输入为低电平时，该器件同步禁用诊断功能。

电源调光模式对电源输入施加 PWM 调制。由于 PWM 判断阈值精确设计，Runic 建议在 PWM 输入级上使用电阻分压器，使 PWM 逻辑低阈值对应电源电压高于 $V_{(POR_rising)}$ 。

8.3.5.1 电源控制

RS3700-Q1 支持通过电源控制实现输出电流的开/关操作。当 SUPPLY 引脚电压高于 LED 灯串正向电压与所需裕度电压之和 ($V_{DROPOUT} + V_{CS_REG}$)，且 PWM 引脚电压为高电平时，输出电流被开启并精准调节。当 SUPPLY 引脚电压降至欠压保护阈值 ($UVLO$) 以下时，输出电流被关闭。利用此特性，设计模式下的电源电压可直接控制输出电流的开/关状态。当开关频率足够快时，亮度即可调节。

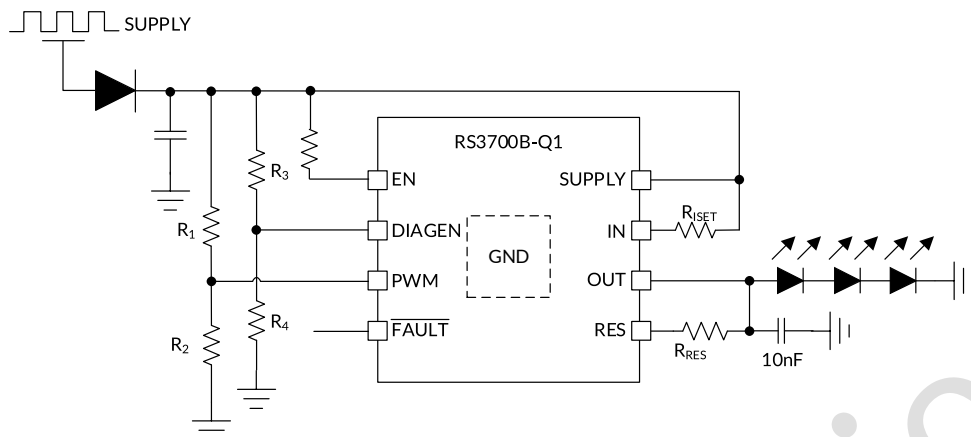


图 24. RS3700B-Q1 电源控制 LED 亮度调节

- 为避免在启动阶段出现输出电流过冲，建议采用下图电阻配置使能 PWM：

$$V_{\text{SUPPLY_PWM_rising}} = V_{\text{IH_PWM}} \times \left(1 + \frac{R_1}{R_2}\right) \quad (3)$$

$$V_{\text{SUPPLY_PWM_rising}} \geq V_{\text{LED_FWD_TOT}} + V_{\text{DROPOUT}} + V_{\text{CS_REG}} \quad (4)$$

- 为避免关断阶段低压降区域工作导致开路误报，建议采用下图电阻配置使能 DIAGEN 诊断功能：

$$V_{\text{SUPPLY_DIAGEN_falling}} = V_{\text{IL_DIAGEN}} \times \left(1 + \frac{R_3}{R_4}\right) \quad (5)$$

$$V_{\text{SUPPLY_DIAGEN_falling}} \geq V_{\text{LED_FWD_TOT}} + V_{\text{OPEN_th_falling}} + V_{\text{CS_REG}} \quad (6)$$

8.3.6 诊断功能

RS3700-Q1 为汽车外部照明系统提供增强型诊断与故障保护功能。该器件能够检测并保护 LED 灯串接地短路和开路故障。它还支持“连带失效”故障总线，可灵活适配不同的法规要求。

8.3.6.1 DIAGEN 引脚

RS3700-Q1 器件提供具有精准阈值的 DIAGEN 引脚，用于禁用开路负载诊断功能。通过配置电阻分压网络，该引脚还能通过电阻值编程设定阈值来检测 SUPPLY 电压。DIAGEN 特性使器件能有效避免因低压差导致的误报，并在输入电压不足以维持电流调节时，于低压差模式下驱动最大电流。

当 $V_{(\text{DIAGEN})}$ 高于 $V_{\text{IH}(\text{DIAGEN})}$ 阈值时，器械启用 LED 开路诊断。当 $V_{(\text{DIAGEN})}$ 低于 $V_{\text{IL}(\text{DIAGEN})}$ 阈值时，器械禁用 LED 开路诊断。

8.3.6.2 低压降模式

当电源电压下降时，由于电流检测电阻两端的电压无法达到调节目标值，RS3700-Q1 器件通过驱动内部晶体管进入线性工作区（即低压降模式）来尝试调节电流。

在低压降模式下，必须禁用开路诊断功能。否则器件会将低压降工作状态误判为开路故障。使用 DIAGEN 引脚可避免因电源电压低而导致输出通道的诊断误报。

当 $V_{(\text{DIAGEN})}$ 大于 $V_{\text{IH}(\text{DIAGEN})}$ ，器件使能 LED 开路诊断功能。当 $V_{(\text{DIAGEN})}$ 小于 $V_{\text{IL}(\text{DIAGEN})}$ ，器件关闭 LED 开路诊断功能。

在低压降模式下，建议在 SUPPLY 和 IN 引脚之间（跨接电流检测电阻）配置并联二极管和限流电阻，以钳制恢复阶段可能出现的大电流脉冲。

8.3.6.3 开路检测

RS3700-Q1 器件具有 LED 开路检测功能。当通道处于导通状态时，开路检测会持续监测输出电压。仅当 DIAGEN 为高电平时，才启用开路检测功能。对电源短路故障也会被检测为 LED 开路故障。

当 PWM 为高电平时，器件实时监测 IN 与 OUT 引脚间压差。通过将压差 $V_{(IN)} - V_{(OUT)}$ 与内部参考电压 $V_{(OPEN_th_rising)}$ 进行比较，实现 LED 开路故障判定。若 $V_{(IN)} - V_{(OUT)}$ 持续低于 $V_{(OPEN_th_rising)}$ 电压超过预设的抗尖峰脉冲时间 $t_{(OPEN_deg)}$ ，则判定为开路故障。检测到开路故障后，恒定电流源会对故障总线下拉。抗尖峰脉冲时间内，若 $V_{(IN)} - V_{(OUT)}$ 回升至 $V_{(OPEN_th_falling)}$ 以上，计时尖峰脉冲时间计时器复位。

处于故障自恢复检测状态的 PWM，如果 PWM 输入为高电平，器件保持输出导通模式实现故障自恢复检测；如果 PWM 输入为低电平，器件将从 IN 端向 OUT 端输出一路小电流 $I_{(retry)}$ 实现故障自恢复检测。任一模式下，故障通道恢复后，器件回归正常运行并释放 FAULT 的下拉状态。

8.3.6.4 接地短路检测

RS3700-Q1 器件具有 LED 接地短路检测功能。接地短路检测功能在通道处于导通状态时持续监测输出电压。检测到 LED 接地短路故障后，不受 PWM 信号控制，器件关闭输出执行故障自恢复检测机制。故障自恢复检测期间，检测到输出短路故障消除，器件退出故障模式进入正常工作模式。

器件通过实时监测 $V_{(OUT)}$ 电压并与内部参考电压进行比较，实现接地短路故障判定。当 $V_{(OUT)}$ 持续低于 $V_{(SG_th_rising)}$ 的时间超过预设的抗尖峰脉冲时间 $t_{(SG_deg)}$ ，即判定为对地短路故障，同时将故障总线 FAULT 下拉至低电平。抗尖峰脉冲时间内，若 $V_{(OUT)}$ 回升至 $V_{(SG_th_falling)}$ 以上，计时尖峰脉冲时间计时器复位。

检测到接地短路故障后，器件会立即关闭输出通道，并以微小电流自动重试。重试期间，器件从 IN 向 OUT 注入微小电流 $I_{(retry)}$ ，持续上拉 LED 负载。自动重试中若检测到输出电压回升至 $V_{(SG_th_falling)}$ 以上时，系统立即清除短路故障标识，并恢复正常工作状态。

8.3.6.5 过温保护

RS3700-Q1 器件持续检测器件结温。当结温达到过热关断阈值 $T_{(TSD)}$ 时，输出关闭。待结温回落至 $T_{(TSD)} - T_{(TSD_HYS)}$ 以下后，器件恢复正常工作。在过热保护期间，FAULT 引脚被拉低。

8.3.7 连带失效的故障总线输出

正常工作时，RS3700-Q1 的 FAULT 引脚由内部上拉源电流 $I_{(FAULT_pullup)}$ 实现弱上拉。若发生任何故障，FAULT 引脚将被内部下拉灌电流 $I_{(FAULT_pulldown)}$ 强制下拉，以触发故障报警。

同时，RS3700-Q1 持续监测 FAULT 引脚的内部电压。如果 RS3700-Q1 的 FAULT 引脚被外部灌电流拉低至 $V_{IL(FAULT)}$ 以下，即使器件自身未检测到故障，也会立即关闭输出电流。只有当 FAULT 引脚电压回升至 $V_{IH(FAULT)}$ 以上时器件才会恢复正常工作。

基于此特性，通过并联多个 RS3700-Q1 器件的 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚，可构建如图 25 所示的故障总线机制，实现连带失效功能。当下级 RS3700-Q1 (B) 检测到 LED 故障并拉低 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚时，因引脚互连，上级 RS3700-Q1(A) 将同步检测到低电平信号，随即关闭其输出电流。若如图 36 所示，将各器件的 $\overline{\text{FAULT}}$ 引脚均连接至外部 PNP 晶体管基极，则禁用连带失效功能，仅故障通道器件被关闭。

该故障总线最多可驱动 15 个 LED 器件。

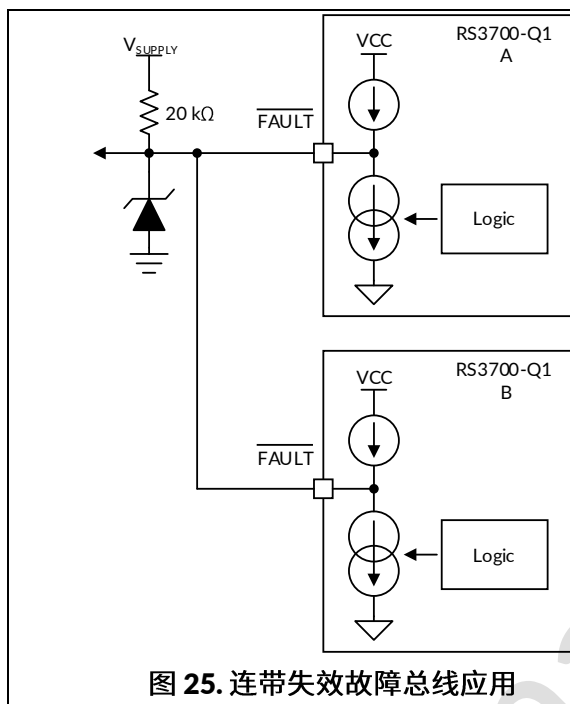


图 25. 连带失效故障总线应用

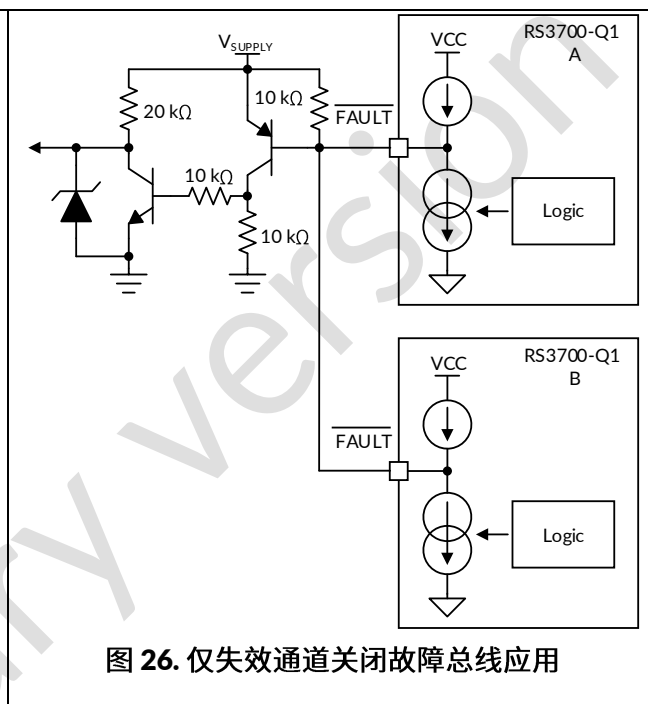


图 26. 仅失效通道关闭故障总线应用

表 1. 故障表，DIAGEN = 高电平

故障总线状态	故障类型	检测机制	通道状态	抗尖峰脉冲时间	故障总线	故障处理流程	故障恢复
FAULT 悬空或被外部上拉	开路或对电源短接	$V_{(IN)} - V_{(OUT)} < V_{(OPEN_th_rising)}$	导通	$t_{(OPEN_deg)}$	恒流下拉	器件处于 $\overline{\text{FAULT}}$ 管脚被下拉的工作状态。PWM 为逻辑低，器件输出 $I_{(retry)}$ ，PWM 为逻辑高，器件正常输出。	自动恢复
	接地短路	$V_{(OUT)} < V_{(SG_th_rising)}$	导通	$t_{(SG_deg)}$	恒流下拉	器件关闭输出，不受 PWM 控制，输出恒定电流 $I_{(retry)o}$ 。	自动恢复
	过温	$T_J > T_{(TSD)}$	导通或关断	$t_{(TSD_deg)}$	恒流下拉	器件关断输出通道。	自动恢复
外部下拉	器件关断输出通道。						

表 2. 故障表，DIAGEN = 低电平

故障总线状态	故障类型	检测机制	通道状态	抗尖峰脉冲时间	故障总线	故障处理流程	故障恢复
	开路或对电源短接	忽略					
FAULT悬空或被外部上拉	接地短路	$V_{(OUT)} < V_{(SG_th_rising)}$	导通	$t_{(SG_deg)}$	恒流下拉	器件关闭输出，不受 PWM 控制，输出恒定电流 $I_{(retry)o}$	自动恢复
	过温	$T_J > T_{(TSD)}$	导通或关断	$t_{(TSD_deg)}$	恒流下拉	器件关断输出通道。	自动恢复
外部下拉	器件关断输出通道。						

8.4 器件功能模式

8.4.1 欠压保护, $V_{(SUPPLY)} < V_{(POR_rising)}$

当器件处于欠压锁定状态时，RS3700-Q1 器件禁用所有功能，直至电源电压上升超过 $V_{(POR_rising)}$ 阈值。

8.4.2 正常工作 $V_{(SUPPLY)} \geq 4.5 V$

正常工作时，该器件驱动 LED 灯串；当 SUPPLY 和 OUT 引脚之间有足够的电压降时，器件能够以恒流模式驱动输出。

8.4.3 低 Dropout 电压

当器件在低 Dropout 条件下驱动 LED，如果低 Dropout 电压小于开路检测阈值，器件可能会误报开路故障。

8.4.4 故障模式

当器件检测到 LED 开路或短路故障，通过恒定电流下拉 FAULT 管脚。如果故障总线被拉低，器件将进入故障模式，工作电流为 $I_{(FAULT)o}$ 。

9 应用与设计

以下应用设计部分中的信息不属于 Runic 器件规格的范围，Runic 不保证其准确性和完整性。Runic 的客户应负责确定器件是否适用于其应用。客户应验证并测试其设计，以确保系统功能。

9.1 应用信息

在汽车照明应用中，热性能管理与 LED 故障诊断功能始终是线性 LED 驱动器面临的设计挑战。

RS3700-Q1 器件可有效检测 LED 开路故障和 LED 短路故障。为提升驱动电流能力，RS3700B-Q1 器件支持采用外部并联电阻辅助散热。该方案通过外置电阻的低成本设计，在输入电压与 LED 灯串正向导通电压存在较大压差时，显著降低器件自身的热能积聚，同时仍能维持总输出电流的高精度控制。

9.2 典型应用

9.2.1 无需微控制器 (MCU) 的简单应用

RS3700-Q1 器件可直接用于汽车单 LED 灯串的控制，无需微控制器 (MCU)。其故障指示引脚既可处于悬空状态单独使用，也可连接外部指示电路以显示故障状态。

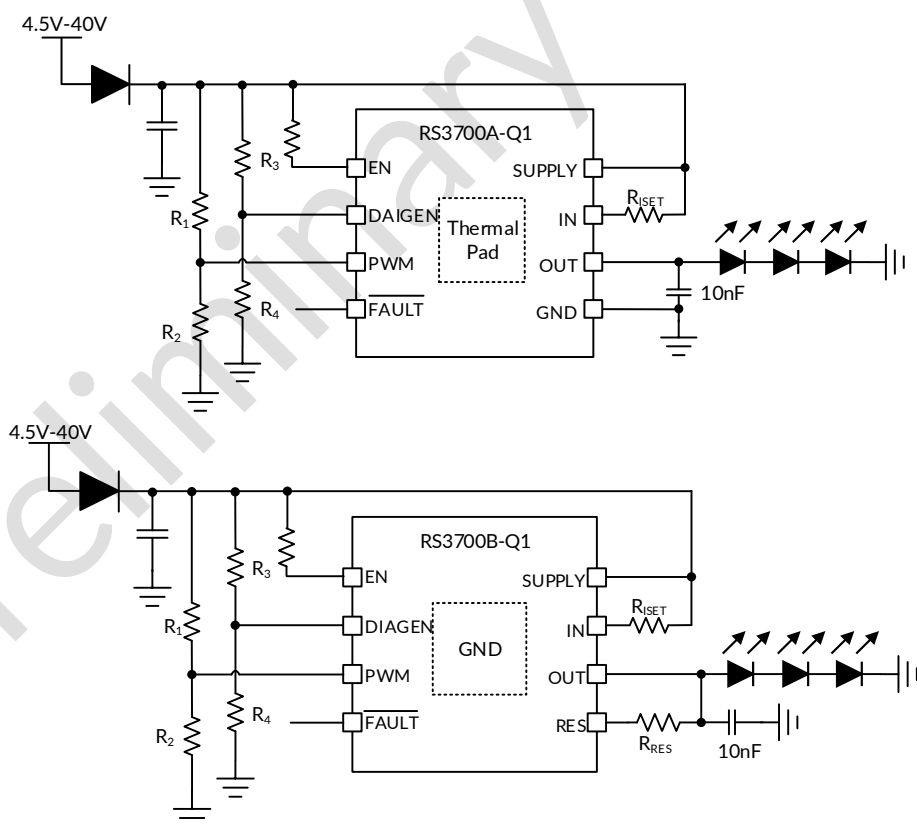


图 27. 无需 MCU 的简单应用

9.2.1.1. 设计信息

输入电压范围为 9V 至 16V，LED 最大正向电压 $V_{fmax}=2.5V$ ，最小正向电压 $V_{fmin}=1.9V$ ，电流 $I_{LED}=50mA$ 。

9.2.1.2. 设计流程

通过检测电阻进行的电流设置如下公式所述：

$$R_{(SNS)} = \frac{V_{(CS_REG)}}{I_{(LED)}} = 1.96\Omega \quad (7)$$

其中 $V_{CS_REG} = 98mV$, $I_{LED}=50mA$ 。根据 LED 所需的输出电流, $R_{SNS} = 1.96\Omega$ 。

计算 I_{OUT} 和 I_{RES} 的电流, 通过使用公式 8 可获得 RES 电阻 R_{RES} 。RES 电阻直接决定 I_{OUT} 路径和 I_{RES} 路径间的电流分配比例。在典型电源电压应用中, 建议 RES 电阻的电流占总输出电流的 50%。

$$R_{RES} = \frac{V_{SUPPLY} - V_{OUT}}{I_{OUT} \times 0.5} \quad (8)$$

其中 $V_{SUPPLY}=12V$ (典型值), $I_{LED}=50mA$ 。当输出电压设定为 $2.15 \times 3 = 6.45V$ 时, RES 电阻的阻值计算为 222Ω 。

在确定电源阈值电压后, 设计 DIAGEN 引脚上的分压电阻值 R_3 和 R_4 , 以实现开路负载诊断功能。

需注意, 在低压差工作状态下无法检测开路故障, 为避免意外关断, 必须考虑电源电压与输出端之间的压差裕量。这意味着当电源电压低于 LED 串最大正向电压加上开路负载阈值 $V_{OPEN_th_rising}$ 和 V_{CS_REG} 时, 器件必须禁用开路故障检测功能。分压电阻 R_3 和 R_4 可通过公式 9 计算得出。

$$R_3 = \left(\frac{V_{OPEN_th_rising} + V_{CS_REG} + V_{OUT}}{V_{IL_DIAGEN}} - 1 \right) \times R_4 \quad (9)$$

其中 $V_{OPEN_th_rising} = 135mV$ (最大值), $V_{CS_REG} = 102mV$ (最大值), $V_{IL_DIAGEN} = 1.045V$ (最小值), $R_4=10k\Omega$ (推荐值)。

当 LED 串最大正向电压为 $2.5V \times 3 = 7.5V$ 时, 可计算出 $R_3=64.04 k\Omega$ 。

确定电源阈值电压后, 设计 PWM 引脚的分压电阻 R_1 和 R_2 以控制 LED 的开关。为确保所有 LED 正常工作, 当电压低于 LED 最小正向电压加上 OUT 与电源电压之间的压降时, 应关闭该 LED。LED 串的最小正向电压计算为 $1.9V \times 3 = 5.7V$ 。因此, 分压电阻 R_1 和 R_2 可通过公式 10 计算得出。

$$R_1 = \left(\frac{V_{Dropout} + V_{CS_REG} + V_{OUT}}{V_{IH_PWM}} - 1 \right) \times R_2 \quad (10)$$

其中 $V_{DROPOUT} = 180mV$ (典型值), $V_{CS_REG} = 98mV$, $V_{IH_PWM} = 1.26V$ (最大值), $R_2=10k\Omega$ (推荐值)。根据公式 10, 当 OUT 最小电压为 $5.7V$ 时, 计算出 R_1 为 $37.44k\Omega$ 。

9.2.2 采用微控制器 (MCU) 的应用

RS3700-Q1 器件支持通过外部微控制器 (MCU) 提供的 PWM 信号实现精确调光控制。为实现更复杂的应用, PWM 输入引脚需与 MCU 输出引脚相连。

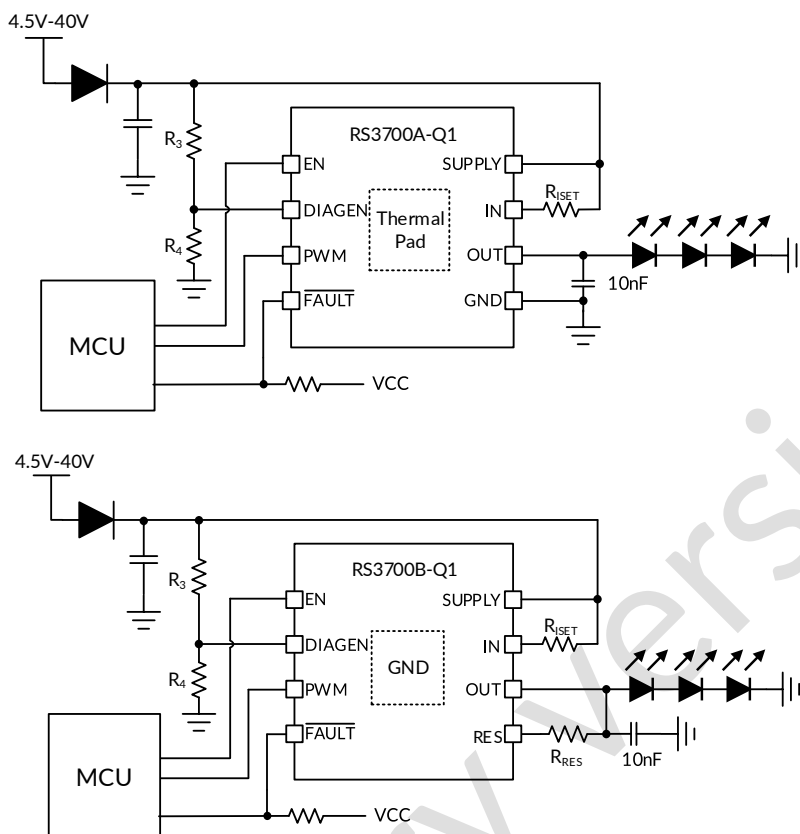


图 28. 采用 MCU 的应用

9.2.2.1. 设计信息

输入电压范围为 9V 至 16V，LED 最大正向电压 $V_{fmax}=2.5V$ ，最小正向电压 $V_{fmin}=1.9V$ ，电流 $I_{LED}=50mA$ 。采用外部微控制器（MCU）为 PWM 调光控制提供 PWM 控制信号，如图 28 所示。

9.2.2.2. 设计流程

通过检测电阻进行的电流设置如下公式所述：

$$R_{(SNS)} = \frac{V_{(CS_REG)}}{I_{(LED)}} = 1.96\Omega \quad (11)$$

其中 $V_{CS_REG} = 98mV$ ， $I_{LED}=50mA$ 。根据 LED 所需的输出电流， $R_{SNS}=1.96\Omega$ 。

计算 I_{OUT} 和 I_{RES} 的电流，通过使用公式 12 可获得 RES 电阻 R_{RES} 。RES 电阻直接决定 I_{OUT} 路径和 I_{RES} 路径间的电流分配比例。在典型电源电压应用中，建议 RES 电阻的电流占总输出电流的 50%。

$$R_{RES} = \frac{V_{SUPPLY} - V_{OUT}}{I_{OUT} \times 0.5} \quad (12)$$

其中 $V_{SUPPLY}=12V$ (典型值)， $I_{LED}=50mA$ 。当输出电压设定为 $2.15 \times 3=6.45V$ 时，RES 电阻的阻值计算为 222Ω 。

在确定电源阈值电压后，设计 DIAGEN 引脚上的分压电阻值 R_3 和 R_4 ，以实现开路负载诊断功能。

需注意，在低压差工作状态下无法检测开路故障，为避免意外关断，必须考虑电源电压与输出端之间的压差裕量。这意味着当电源电压低于 LED 串最大正向电压加上开路负载阈值 $V_{OPEN_th_rising}$ 和 V_{CS_REG} 时，器件必须禁用开路故障检测功能。分压电阻 R_3 和 R_4 可通过公式 13 计算得出。

$$R_3 = \left(\frac{V_{OPEN_th_rising} + V_{CS_REG} + V_{OUT}}{V_{IL_DIAGEN}} - 1 \right) \times R_4 \quad (13)$$

其中 $V_{OPEN_th_rising} = 135\text{mV}$ (最大值), $V_{CS_REG} = 102\text{mV}$ (最大值), $V_{IL_DIAGEN} = 1.045\text{V}$ (最小值), $R_4 = 10\text{k}\Omega$ (推荐值)。
当 LED 串最大正向电压为 $2.5\text{V} \times 3 = 7.5\text{V}$ 时，可计算出 $R_3 = 64.04\text{ k}\Omega$ 。

10 电源建议

RS3700-Q1 器件适用于汽车应用。供电端需连接汽车电气系统，其输出电压必须在“推荐工作条件”规定的范围内。

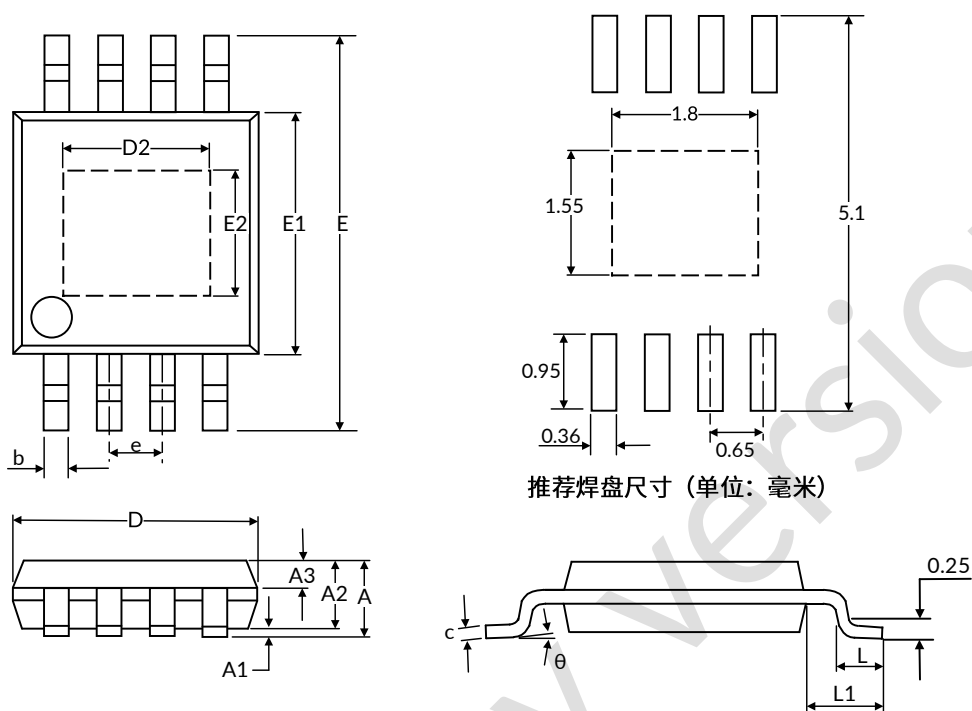
11 PCB 版图设计

11.1 PCB 布局设计注意事项

建议将器件散热盘，通过散热孔，链接到良好热散热区域。

12 封装规格尺寸

EMSOP8⁽⁴⁾



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⁾	-	1.100	-	0.043
A1	0.050	0.150	0.002	0.006
A2	0.750	0.950	0.030	0.037
A3	0.300	0.400	0.012	0.016
b	0.280	0.360	0.011	0.014
c	0.150	0.190	0.006	0.007
D ⁽¹⁾	2.900	3.100	0.114	0.122
D2	1.800 REF ⁽²⁾		0.071 REF ⁽²⁾	
E	4.700	5.100	0.185	0.201
E1 ⁽¹⁾	2.900	3.100	0.114	0.122
E2	1.550 REF ⁽²⁾		0.061 REF ⁽²⁾	
e	0.650 BSC ⁽³⁾		0.026 BSC ⁽³⁾	
L	0.400	0.700	0.016	0.028
L1	0.950 REF ⁽²⁾		0.037 REF ⁽²⁾	
θ	0°	8°	0°	8°

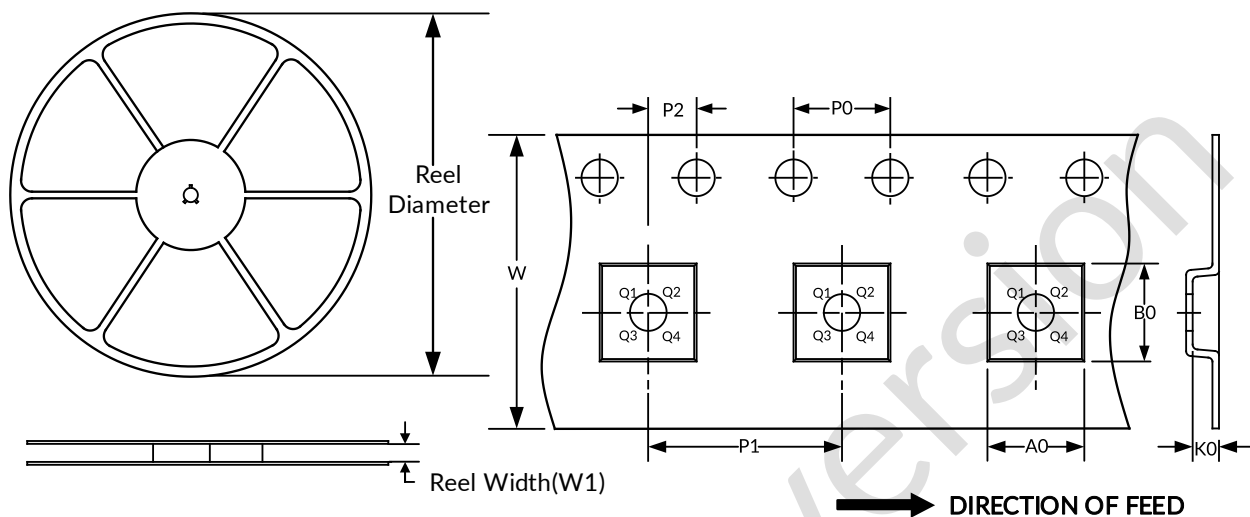
注意:

1. 不包括每侧最大 0.15mm 的塑料或金属突起。
2. REF 是 Reference 的缩写。
3. BSC (基本中心间距), “基本” 间距为标称间距。
4. 本图如有更改, 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
EMSOP8	13"	12.4	5.20	3.30	1.50	4.0	8.0	2.0	12.0	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。

重要通知及免责声明

江苏 Runic 科技有限公司将准确可靠地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、WEB 工具、安全信息等资源, 不保证无任何缺陷, 也不作任何明示或暗示的保证, 包括但不限于适用性保证, 暗示其适用于特定目的的应用。且没有侵犯任何第三方的知识产权。

这些资源适用于使用 Runic 产品设计的熟练开发人员, 您将全权负责: (1)为您的应用程序选择合适的产品; (2) 设计、验证和测试您的应用程序; (3) 确保您的应用程序符合适用标准、安全标准或其他要求; (4) Runic 及 Runic 标识为 Runic Incorporated 的注册商标。所有商标均为其各自所有者的财产; (5) 对于发生改变的细节, 应查看修订文件中包含的修订历史。资源如有更改, 恕不另行通知。本公司对使用本芯片设计的终端产品的侵犯专利的行为或侵犯第三方知识产权的行为不承担任何连带责任。