

无锡泰连芯科技有限公司

TLX3703 型

热共享和离板分级功能的三通道高边 LED 驱动器

2024 年 06 月

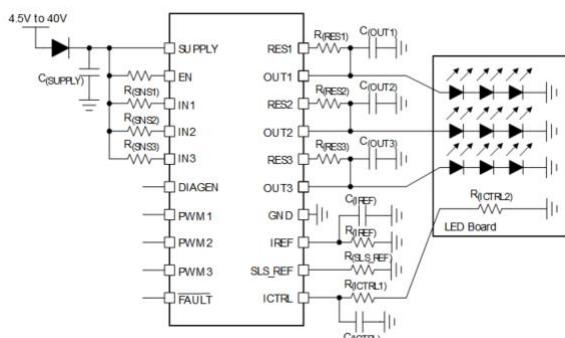
具有热共享和离板分级功能的三通道高边 LED 驱动器

1 特性

- TLX3703 的 AEC-Q100 认证正在进行中
- 宽输入电压范围：4.5V~40V
- 通过外部分流电阻器实现热共享功能
- 故障模式下具有低电源电流
- 三通道高精度电流调节：
 - 每个通道的电流输出高达 150mA
 - 在整个温度范围内精度为 $\pm 5\%$
 - 通过电阻器独立设置电流
 - 用于亮度控制的独立 PWM 引脚
 - 支持离板亮度分级电阻
 - 支持外部 NTC 进行电流降额
- 低压降：
 - 典型压降：150mA 时为 315mV
- 诊断和保护
 - LED 开路，具有自动恢复功能
 - LED 接地短路，具有自动恢复功能
 - 单 LED 短路检测及自动恢复
 - 诊断使能阈值可调节
 - 可配置为连带失效或仅失效通道关闭的故障总线（N-1）
 - 热关断
- 工作结温范围：-55°C~125°C

2 应用

- 通用 LED 驱动器应用



典型应用图

3 概述

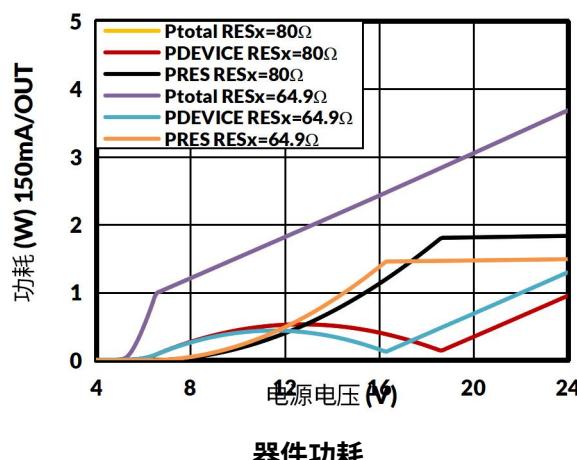
TLX3703 三通道 LED 驱动器采用独特的热管理设计，可减少器件温升。TLX3703 是由汽车电池直接供电的线性驱动器，支持宽输入电压范围供电，每通道支持高达 150mA 负载输出。利用外部分流电阻，分享输出电流，耗散驱动器输出功耗。TLX3703 还驱动 LED 单元和离板亮度分级电阻器，从而简化制造过程并降低整体系统成本。它具有全面的诊断功能，包括 LED 开路、LED 接地短路和单个 LED 短路检测。

质量等级：军温级&N1 级

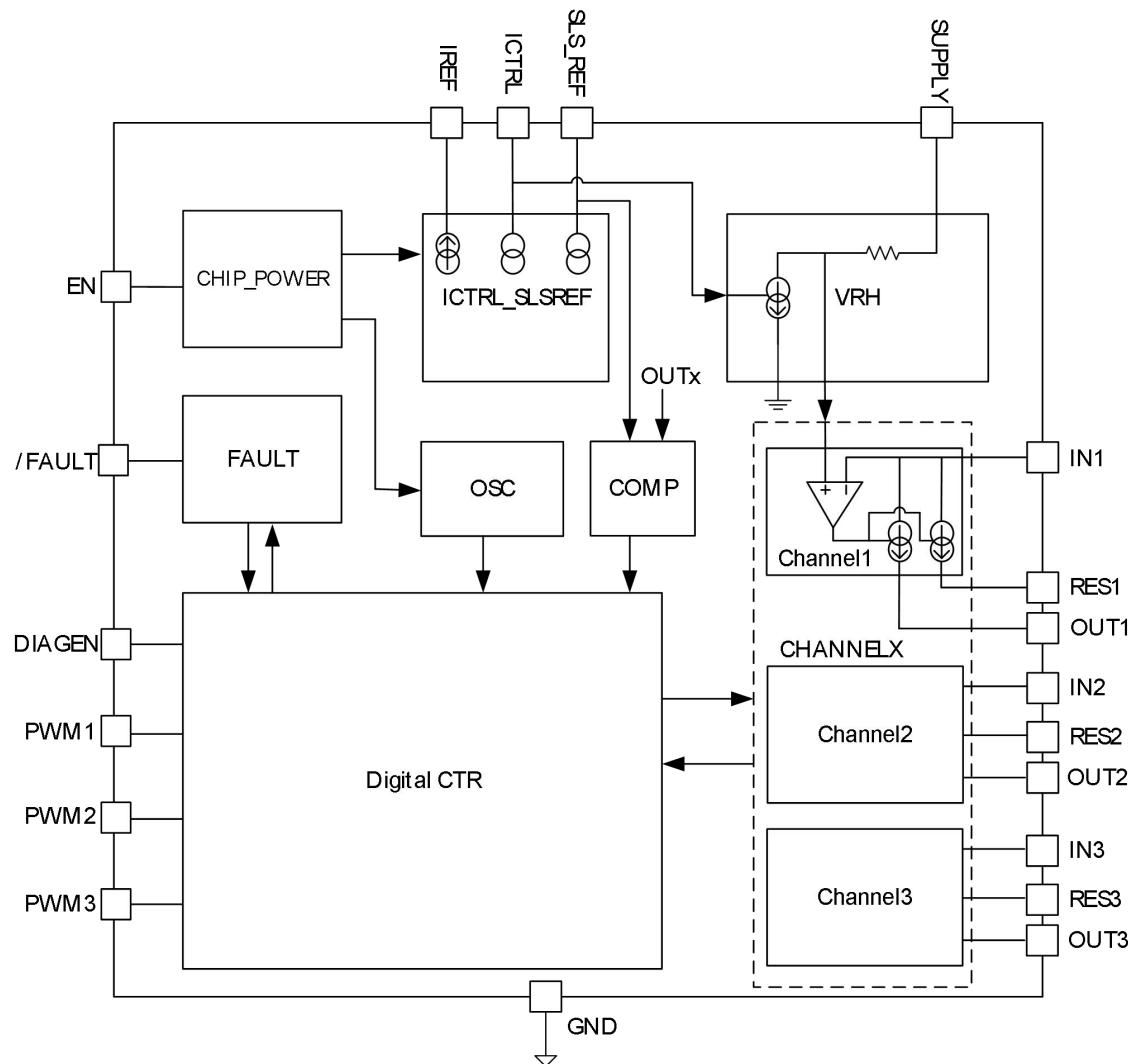
器件信息⁽¹⁾

| 型号 | 封装 | 封装尺寸 (标称值) |
|---------|----------|---------------|
| TLX3703 | ETSSOP20 | 6.50mm×4.40mm |

(1) 详细的订单型号说明，请参考数据表后的封装选项部分。



4 功能框图



目 录

| | |
|--|----|
| 1 特性 | 2 |
| 2 应用 | 2 |
| 3 概述 | 2 |
| 4 功能框图 | 3 |
| 5 修订历史 | 5 |
| 6 封装和订单说明 ⁽¹⁾ | 6 |
| 7 引脚定义和功能 | 7 |
| 8 规格 | 8 |
| 8.1 绝对最大额定参数 | 8 |
| 8.2 ESD 等级 | 8 |
| 8.3 推荐工作条件 | 9 |
| 8.4 典型电气参数 | 10 |
| 8.5 时序要求 | 12 |
| 8.6 典型参数曲线 | 13 |
| 9 详细说明 | 17 |
| 9.1 概览 | 17 |
| 9.2 典型应用电路 | 17 |
| 9.3 特性说明 | 18 |
| 9.3.1 电源 (SUPPLY) | 18 |
| 9.3.2 启动和关断 (EN) | 18 |
| 9.3.3 参考电流 (IREF) | 18 |
| 9.3.4 恒流输出和设置 (INx) | 18 |
| 9.3.5 模拟电流控制 (ICTRL) | 19 |
| 9.3.6 热共享电阻 (OUTx 和 RESx) | 21 |
| 9.3.7 PWM 控制 (PWMx) | 21 |
| 9.3.8 电源控制 | 22 |
| 9.3.9 诊断功能 | 23 |
| 9.3.10 连带失效的故障总线输出 | 28 |
| 9.3.11 故障表 | 29 |
| 9.3.12 LED 故障汇总 | 31 |
| 9.3.13 IO 引脚内部连接 | 32 |
| 9.4 器件功能模式 | 34 |
| 9.4.1 欠压保护, $V_{(SUPPLY)} < V_{(POR_rising)}$ | 34 |
| 9.4.2 正常工作 $V_{(SUPPLY)} \geq 4.5$ V | 34 |
| 9.4.3 低 Dropout 工作 | 34 |
| 9.4.4 故障模式 | 34 |
| 10 应用与设计 | 35 |
| 10.1 应用信息 | 35 |
| 10.2 典型应用 | 35 |
| 10.2.1 采用连带失效架构的 BCM 控制车尾灯系统 | 35 |
| 10.2.2 采用离板 LED 与亮度分级电阻的可独立 PWM 控制车尾灯系统 | 39 |
| 11 电源建议 | 42 |
| 12 PCB 版图设计 | 42 |
| 12.1 PCB 布局设计注意事项 | 42 |
| 13 封装规格尺寸 | 43 |
| 14 包装规格尺寸 | 44 |

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 | 2025/02/19 | 初始版 |
| A.0.1 | 2025/04/03 | <ol style="list-style-type: none">1. 在 A.0 版本第 1 页增加器件功耗2. 更新 A.0 版本第 19 页图 27, 283. 增加 10 应用与设计4. 更新 ESD 等级中 HBM 和 CDM 值 |

6 封装和订单说明⁽¹⁾

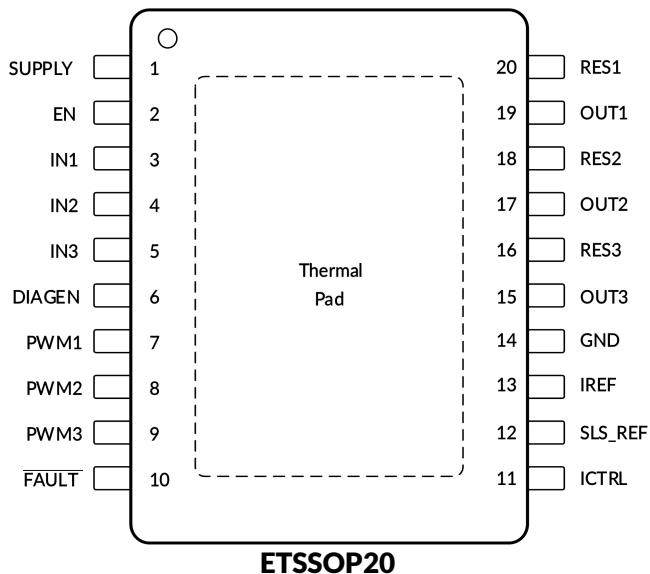
| 订购型号 | 温度等级 | 封装类型 | 丝印标记 ⁽²⁾ | MSL | 质量等级 |
|-----------------|-----------------|----------|---------------------|--------|--------|
| JTLX3703XETSS20 | -55 °C ~+125 °C | ETSSOP20 | TLX3703 | MSL1/3 | N1/军温级 |
| TLX3703XETSS20 | -40 °C ~+125 °C | ETSSOP20 | TLX3703 | MSL1/3 | 工业级 |

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) 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) **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。
- (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。

7 引脚定义和功能

顶视图



引脚功能

| 引脚 | | I/O ⁽¹⁾ | 功能说明 |
|---------|----|--------------------|---|
| 引脚名称 | 编号 | | |
| SUPPLY | 1 | I | 设备电源。 |
| EN | 2 | I | 设备使能脚。 |
| IN1 | 3 | I | 通道 1 电流输入脚。 |
| IN2 | 4 | I | 通道 2 电流输入脚。 |
| IN3 | 5 | I | 通道 3 电流输入脚。 |
| DIAGEN | 6 | I | 用于 LED 开路检测和单个 LED 短路检测的使能引脚，在低压降工作条件下，避免误触发开路检测诊断和单个 LED 短路诊断。 |
| PWM1 | 7 | I | 用于 OUT1 和 RES1 的电流输出开/关控制的 PWM 输入。 |
| PWM2 | 8 | I | 用于 OUT2 和 RES2 的电流输出开/关控制的 PWM 输入。 |
| PWM3 | 9 | I | 用于 OUT3 和 RES3 的电流输出开/关控制的 PWM 输入。 |
| FAULT | 10 | 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。 |
| ICTRL | 11 | O | 电阻器编程参考电压引脚，支持离板电阻器或 NTC 电阻器编程。 |
| SLS_REF | 12 | O | 电阻器编程参考电压引脚，用于设置单个 LED 短路检测判断阈值。 |
| IREF | 13 | O | 电流基准引脚。建议在 IREF 引脚和接地之间连接一个 12.3 kΩ 的电阻器。 |
| GND | 14 | - | 器件 GND 管脚。 |
| OUT3 | 15 | O | 通道 3 电流输出脚。建议在该引脚与 GND 之间使用 10nF 电容器。 |
| RES3 | 16 | O | 通道 3 电流输出脚，外接热共享电阻器。 |
| OUT2 | 17 | O | 通道 2 电流输出脚。建议在该引脚与 GND 之间使用 10nF 电容器。 |
| RES2 | 18 | O | 通道 2 电流输出脚，外接热共享电阻器。 |
| OUT1 | 19 | O | 通道 1 电流输出脚。建议在该引脚与 GND 之间使用 10nF 电容器。 |
| RES1 | 20 | O | 通道 1 电流输出脚，外接热共享电阻器。 |

(1) I=输入管脚, O=输出管脚。

8 规格

8.1 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, IN1, IN2, IN3, EN, PWM1, PWM2, PWM3 | | -0.3 | $V_{SUPPLY}+0.3$ | V |
| 高电压输出引脚 | OUT1, OUT2, OUT3, RES1, RES2, RES3, ICTRL | | -0.3 | $V_{SUPPLY}+0.3$ | V |
| 故障总线引脚 | FAULT | | -0.3 | $V_{SUPPLY}+0.3$ | V |
| 低电压引脚 | SLS_REF, IREF | | -0.3 | 5.5 | V |
| θ_{JA} | 结至环境热阻 ⁽²⁾ | ETSSOP20 | | 45 | °C/W |
| T_J | 工作结温 ⁽³⁾ | | -55 | 125 | °C |
| T_{stg} | 储存温度 | | -55 | 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。

8.2 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⁾ | ± 2000 | V |
| | | 带电器件模型 (CDM)，符合 AEC Q100-011 规范 | ± 1000 | |
| | | 闩锁效应 (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。

8.3 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 |
| IN1, IN2, IN3 | Sense 电压管脚 | $V_{SUPPLY}-V_{CS_REG}$ | V_{SUPPLY} | V |
| EN | 使能管脚 | 0 | V_{SUPPLY} | V |
| PWM1, PWM2, PWM3 | PWM 输入管脚 | 0 | V_{SUPPLY} | V |
| DIAGEN | 故障诊断使能管脚 | 0 | V_{SUPPLY} | V |
| OUT1, OUT2, OUT3, RES1, RES2, RES3 | 输出管脚 | 0 | V_{SUPPLY} | V |
| FAULT | 故障管脚 | 0 | V_{SUPPLY} | V |
| ICTRL | Sense 电压控制管脚 | 0 | 2.75 | V |
| SLS_REF | SLS 故障诊断阈值配置管脚 | 0 | 3.5 | V |
| IREF | 基准电流配置管脚 | 50 | 250 | μA |
| 工作环境温度, T_A | | -55 | 125 | °C |

8.4 典型电气参数

测试条件为： $V_{SUPPLY}=5V \text{ to } 40V$, $V_{EN}=5V$, $T_J=25^\circ C$ ，除非特别注明。

| 参数 | 测试条件 | 最小值 (1) | 典型值 (2) | 最大值 (3) | 单位 |
|---------------------------------|------------------------------|--|-------------|--------------|----------|
| 偏置参数 | | | | | |
| V_{POR_rising} | 电源电压 POR 上升阈值 | | | 3.65 | V |
| $V_{POR_falling}$ | 电源电压 POR 下降阈值 | | | 3.45 | V |
| I_{SD} | 设备关断电流 | $V_{EN} = 0V$ | | 14 | μA |
| $I_{Quiescent}$ | 设备待机接地电流 | $EN=HIGH$ | | 1.5 | mA |
| I_{Fault} | 故障模式下的器件电源电流 | $PWM=HIGH, FAULT$ externally pulled LOW | | 0.27 | 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 | $V_{EN}=12V$ | | 3.2 | 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_{OUTx_Tot} | 通道输出电流能力 | Duty of PWM=100% | 5 | 150 | mA |
| V_{CS_REG} | Sense 电阻调节电压 | $T_A=-55^\circ C \text{ to } +125^\circ C, ICTRL \text{ to ground}$ | | 50 | mV |
| | | $T_A=-55^\circ C \text{ to } +125^\circ C, V_{CTRL}=0.68V$ | | 100 | |
| | | $T_A=-55^\circ C \text{ to } +125^\circ C, V_{CTRL}=1.36V$ | | 200 | |
| | | $T_A=-55^\circ C \text{ to } +125^\circ C, V_{CTRL}=2.75V$ | | 400 | |
| ΔV_{CS_c2c} | 通道间失配 | $\Delta V_{CS_c2c}=1-V_{CS_REGx}/V_{avg_CS_REG}, V_{CTRL}=0.68V$ | | ±0.25 | $%$ |
| | | $\Delta V_{CS_c2c}=1-V_{CS_REGx}/V_{avg_CS_REG}, V_{CTRL}=1.36V$ | | ±0.25 | |
| ΔV_{CS_d2d} | 器件间失配 | $\Delta V_{CS_d2d}=1-V_{avg_CS_REG}/V_{nom_CS_REG}, V_{CTRL}=0.68V$ | | ±0.5 | $%$ |
| | | $\Delta V_{CS_d2d}=1-V_{avg_CS_REG}/V_{nom_CS_REG}, V_{CTRL}=1.36V$ | | ±0.5 | |
| R_{CS_REG} | Sense 电阻配置范围 | | 0.65 | 20 | Ω |
| $V_{DROPOUT}$ | 从 INx 到 OUTx 的压降, RESx 开路 | Current setting of 100mA | | 210 | mV |
| | | Current setting of 150mA | | 315 | |
| | 从 INx 到 RESx 的压降, OUTx 开路 | Current setting of 100mA | | 285 | |
| | | Current setting of 150mA | | 435 | |
| I_{RESx} | RESx 电流与总电流之比 | $I_{RESx}/I_{OUTx_Tot}, V_{INx}-V_{RESx}>1V$ | 95 | | $%$ |
| V_{IREF} | IREF 电压 | | | 1.235 | V |
| N_{ICTRL} | ICTRL 电流输出比 | I_{CTRL}/I_{REF} | | 10 | |
| V_{CTRL_SAT} | ICTRL 饱和电压 | $V_{CS_REG}=400mV$ | | 2.75 | V |
| V_{CS_SAT} | $V_{SUPPLY}-V_{IN}$ | $V_{CTRL}=3V$ | | 400 | mV |

(1) 极限值是在 $25^\circ C$ 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： $V_{SUPPLY}=5V \text{ to } 40V$, $V_{EN}=5V$, $T_J=25^\circ C$ ，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 |
|-------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------|------------|----|
| 诊断参数 | | | | | |
| $V_{OPEN_th_rising}$ | 进入输出开路判断阈值, $V_{IN} - V_{OUT}$ | | 220 | | mV |
| $V_{OPEN_th_falling}$ | 退出输出开路判断阈值, $V_{IN} - V_{OUT}$ | | 370 | | 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 |
| N_{SLS_REF} | SLS_REF 电流输出比 | I_{SLS_REF}/I_{REF} | 1 | | |
| N_{OUT} | 输出电压采样系数 | $V_{OUT}=3 \text{ to } 14V$ | 4 | | |
| I_{RETRY} | 输出短接到 GND, 故障恢复 RETRY 电流 | | 1 | | mA |
| $I_{REF_OPEN_th}$ | IREF 开路检测阈值 | | 8 | | μA |
| $V_{IREF_SHORT_th}$ | IREF 短路阈值 | | 0.6 | | V |
| $I_{REF_ST_Clamp}$ | IREF 短路到 GND 嵌位电流 | | 460 | | μA |
| 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 |
| 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 | | 10 | | μs |
| $I_{FAULT_pulldown}$ | FAULT 内部下拉电流 | $V_{FAULT}=0.4V$ | 3 | | mA |
| I_{FAULT_pullup} | FAULT 内部上拉电流 | | 10 | | μA |
| $I_{FAULT_leakage}$ | FAULT 漏电流 | $V_{FAULT}=40V$ | 0.4 | | 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 $25^\circ C$ 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。

8.5 时序要求

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 (1) | 典型值 (2) | 最大值 (1) | 单位 |
|----------------------------|-------------------------------------|---|------------|------------|------------|----|
| $t_{PWM_delay_rising}$ | PWM 上升沿延迟, V_{IH_PWM} 电压至 10% 输出 | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=200mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 5 | | μs |
| | | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=100mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 5 | | μs |
| $t_{Current_rising}$ | 输出电流从 10% 上升到 90% | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=200mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 0.5 | | μs |
| | | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=100mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 0.5 | | μs |
| $t_{PWM_delay_falling}$ | PWM 下降沿延迟, V_{IL_PWM} 电压至 90% 输出 | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=200mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 3 | | μs |
| | | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=100mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 3 | | μs |
| $t_{Current_falling}$ | 输出电流从 90% 下降到 10% | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=200mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 1.8 | | μs |
| | | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=100mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 0.5 | | μs |
| $t_{STARTUP}$ | SUPPLY 上升沿至 10% 输出电流 | $V_{SUPPLY}=12V, V_{OUT}=6V, V_{CS_REG}=200mV, R_{SNSx}=1.33\Omega, R_{RESx}=80\Omega$ | | 85 | | μs |
| t_{IREF_deg} | IREF 引脚开路和短路至 GND 检测抗尖峰脉冲时间 | | | 125 | | μs |
| t_{OPEN_deg} | LED 开路故障抗尖峰脉冲时间 | | | 125 | | μs |
| t_{SG_deg} | 输出接地短路检测抗尖峰脉冲时间 | | | 125 | | μs |
| $t_{Recover_deg}$ | 开路和短路故障恢复抗尖峰脉冲时间 | | | 125 | | μs |
| t_{SLS_deg} | 单个 LED 短路检测抗尖峰脉冲时间 | | | 135 | | μs |
| $t_{SLS_retry_interval}$ | 单个 LED 短路故障重试间隔 | | | 10 | | ms |
| $t_{SLS_retry_period}$ | 单个 LED 短路故障重试周期 | | | 300 | | μs |
| $t_{SLS_retry_deg}$ | 单个 LED 短路故障重试抗尖峰脉冲时间 | | | 50 | | μs |
| $t_{FAULT_recovery}$ | 故障恢复延迟时间 | | | 50 | | μs |
| t_{TSD_deg} | 过温抗尖峰脉冲时间 | | | 50 | | 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。

8.6 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。

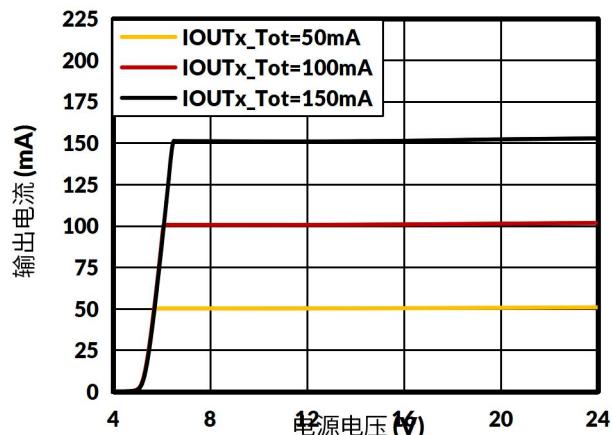


图 1. 输出电流与电源电压的关系

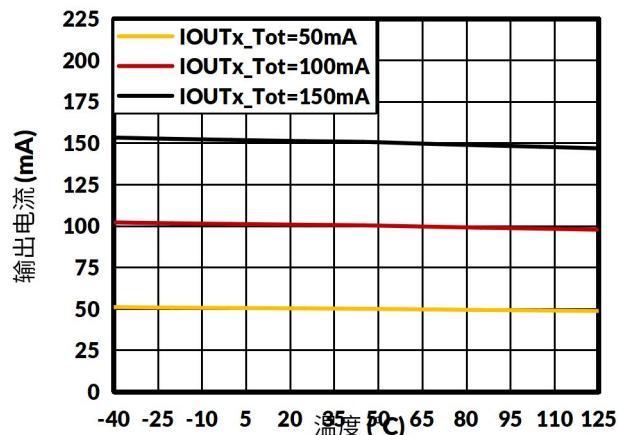


图 2. 输出电流与温度的关系

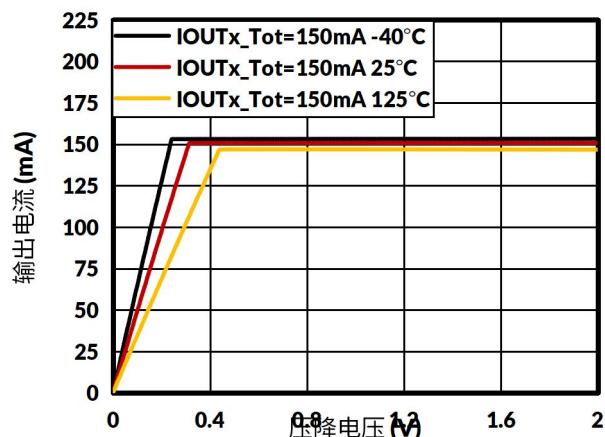


图 3. 输出电流与压降电压的关系

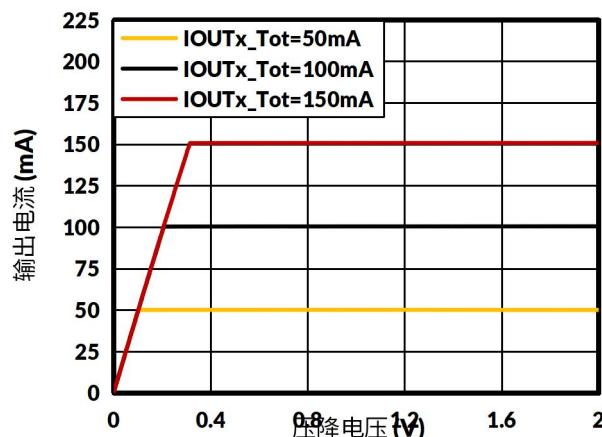


图 4. 输出电流与压降电压的关系

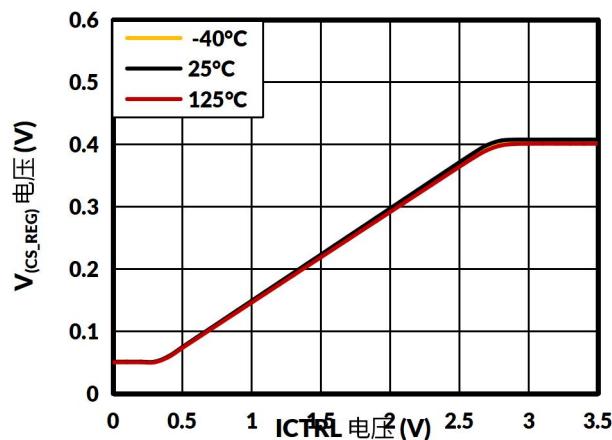


图 5. $V_{(CS_REG)}$ 电压与 ICTRL 电压的关系

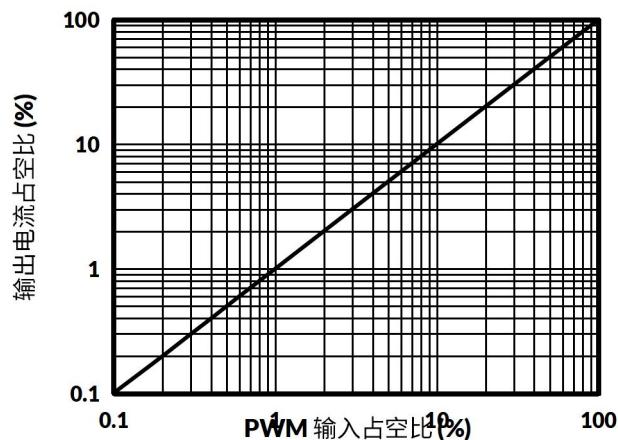


图 6. PWM 输出占空比与 PWM 输入占空比的关系

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。

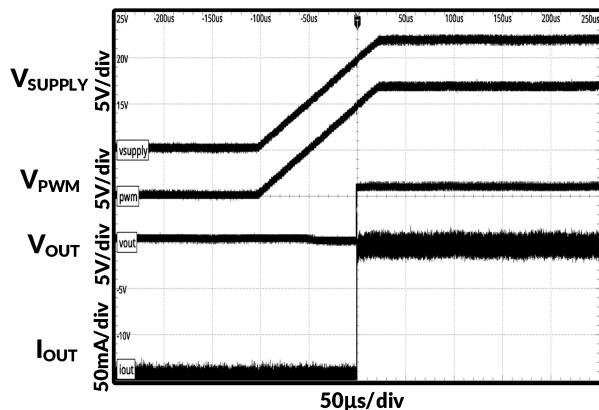


图 7. 上电顺序

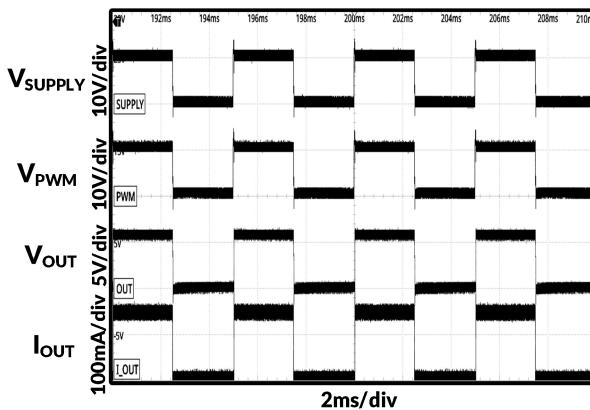


图 8. 200 Hz 时电源调光

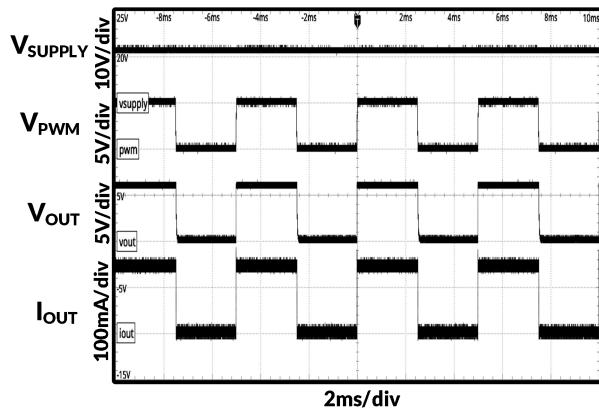


图 9. 200 Hz 时 PWM 调光

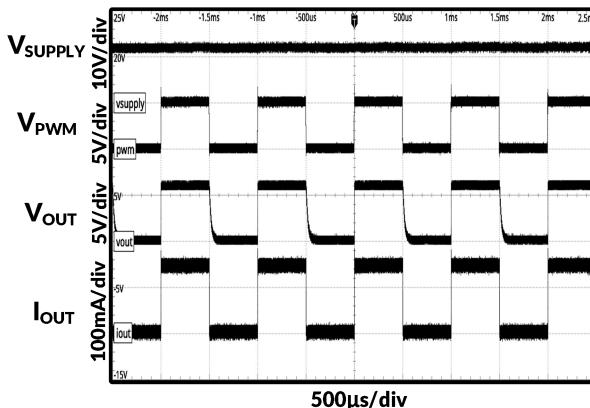


图 10. 1 kHz 时 PWM 调光

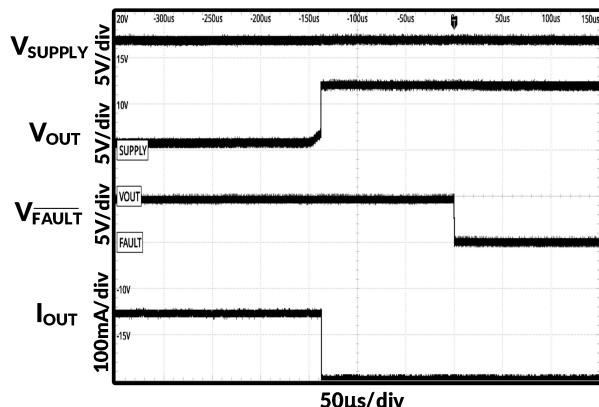


图 11. LED 开路保护

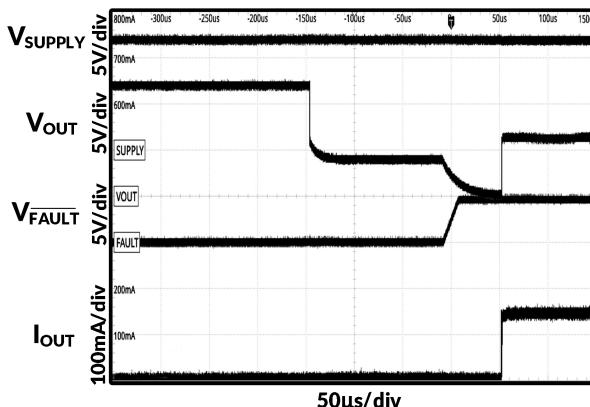


图 12. LED 开路保护恢复

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。

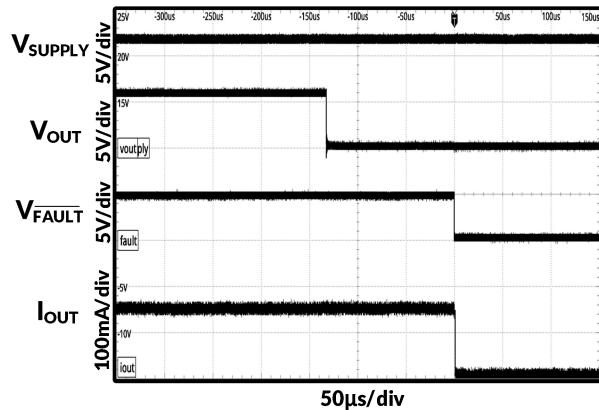


图 13. LED 短路保护

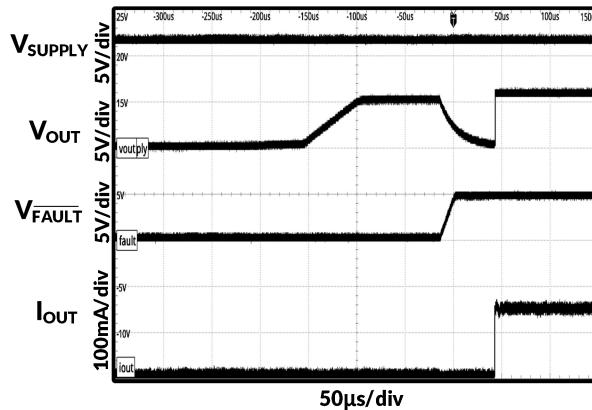


图 14. LED 短路保护恢复

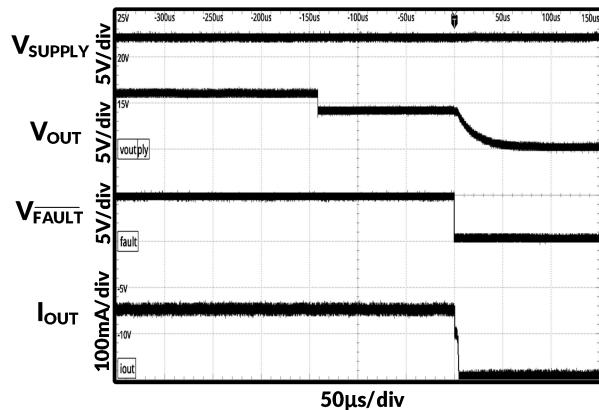


图 15. 单个 LED 短路保护

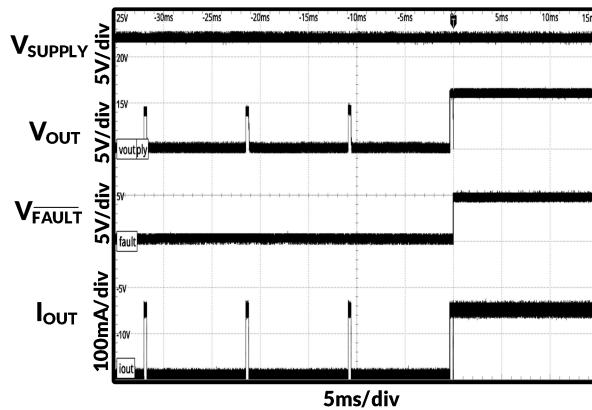


图 16. 单个 LED 短路保护恢复

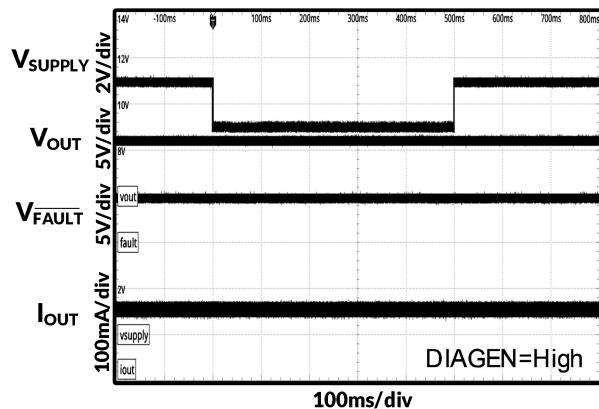


图 17. 瞬态欠电压

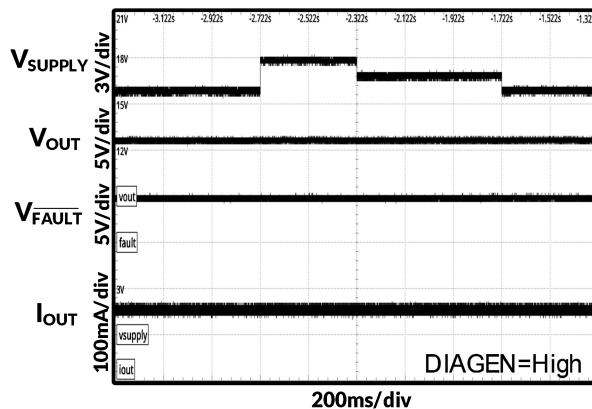


图 18. 瞬态过电压

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。

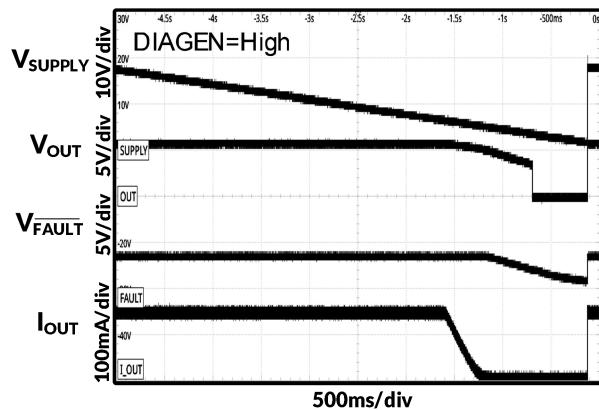


图 19. 电源电压缓慢下降和快速上升

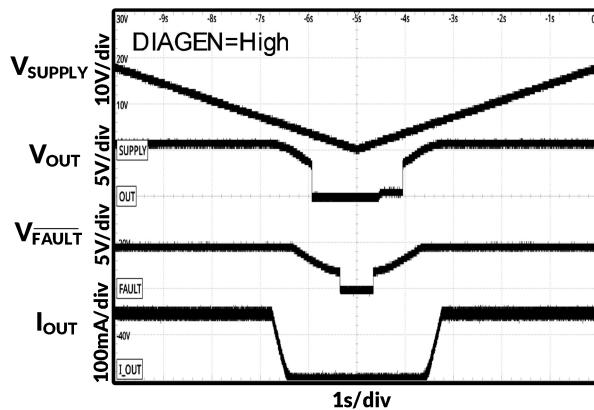


图 20. 电源电压缓慢下降和缓慢上升

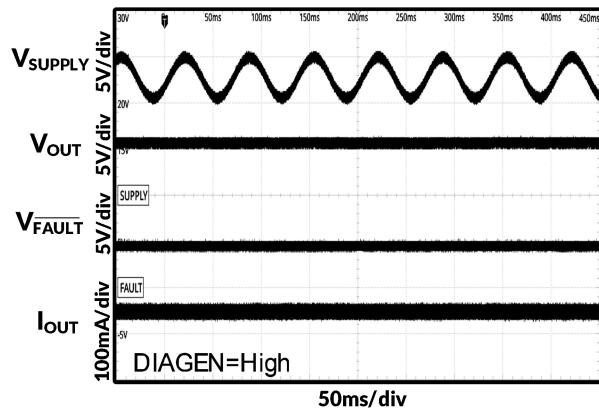


图 21. 15Hz 叠加交流电压

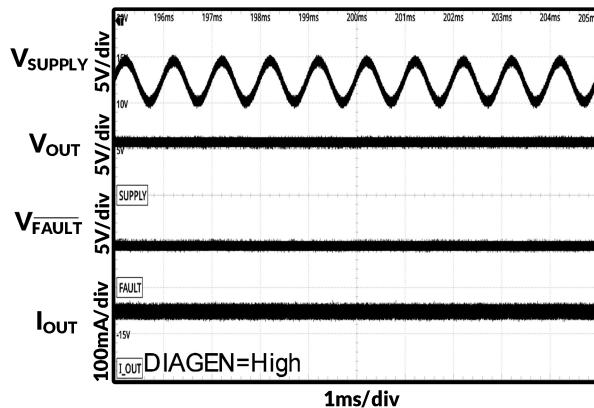


图 22. 1kHz 叠加交流电压

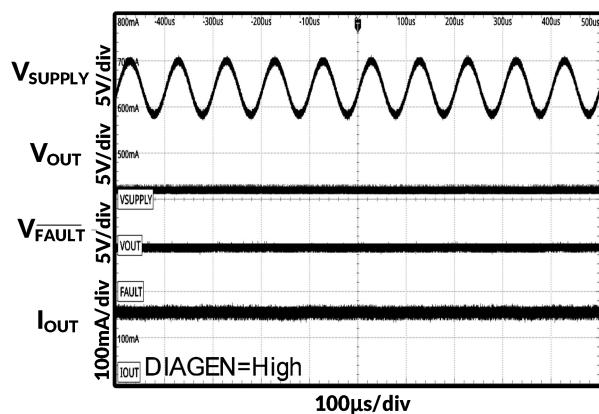


图 23. 10kHz 叠加交流电压

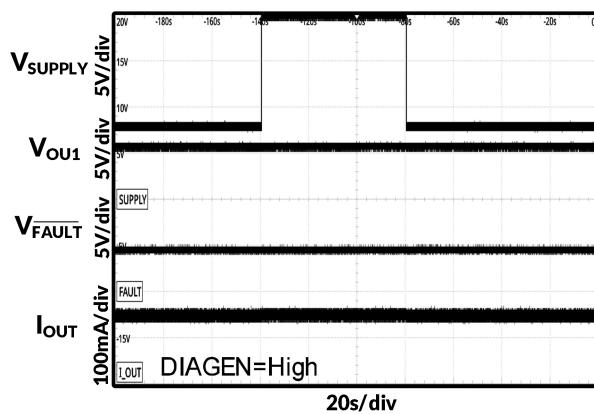


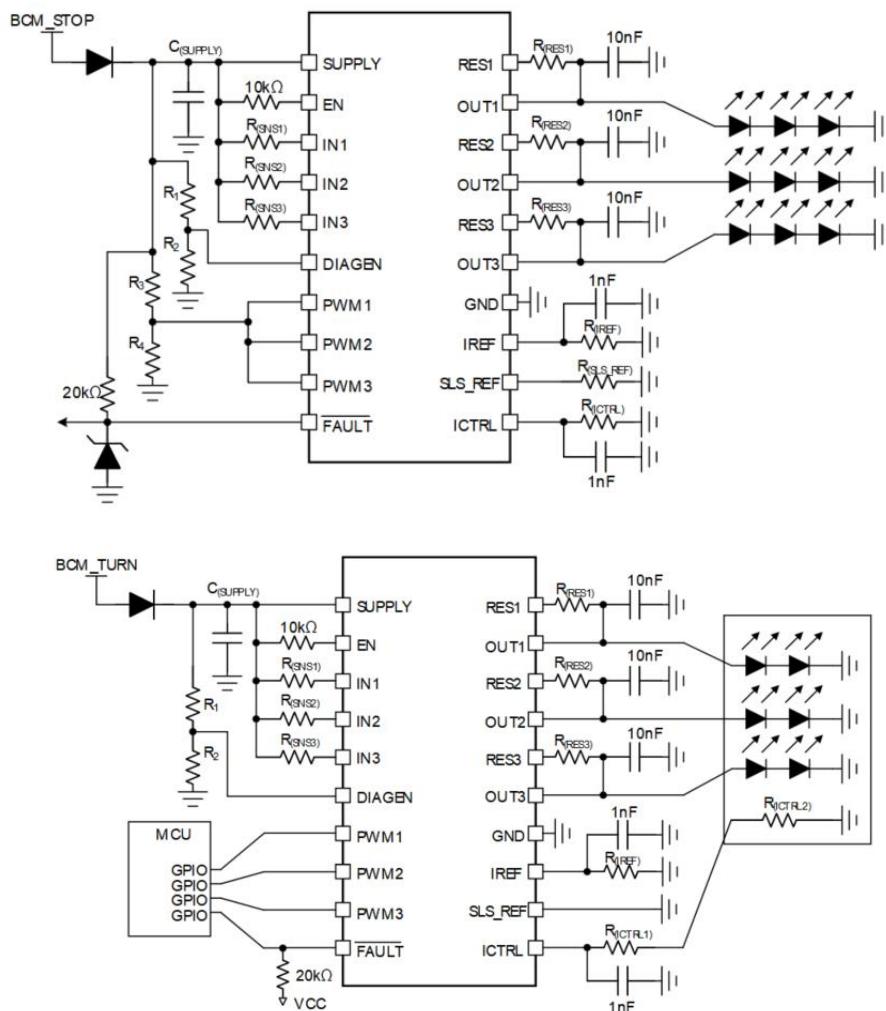
图 24. 跨接启动

9 详细说明

9.1 概览

TLX3703 是一款三通道输出、高边线性 LED 驱动器，支持外部热共享电阻，实现控制驱动器结温升高。**TLX3703** 是由汽车电池直接供电的线性驱动器，具有宽电压范围，每个通道可输出高达 **150mA** 的满载电流。每个通道的电流输出可通过外部 $R_{(SNS)}$ 电阻独立设置。电流从电源流经 $R_{(SNS)}$ 电阻，进入集成的电流调节电路，再通过 **OUTx** 引脚和 **RESx** 引脚流向 LED。所有三通道电流均可通过连接到 **ICTRL** 引脚的外部电阻进行配置，既可使用 NTC 电阻检测 LED 温度，也可在板载或外置电路中连接 LED 亮度分级电阻。**TLX3703** 同时支持电源控制和 EN/PWM 控制两种模式实现 LED 开关功能，LED 亮度还可通过施加在 **SUPPLY** 或 EN/PWM 上的电压占空比调整，频率需高于 **100Hz**。该器件提供全面诊断功能，确保系统稳定运行，包括 LED 开/短路检测、单个 LED 短路检测、电源上电复位和热关断保护。**TLX3703** 采用 **20** 引脚的 **ETSSOP** 封装。通过将所有 **FAULT** 引脚连接为故障总线，可与其他系列器件协同工作，实现单点失效全局失效的保护机制。

9.2 典型应用电路



9.3 特性说明

9.3.1 电源 (SUPPLY)

9.3.1.1 上电复位

TLX3703 器件具有内部上电复位 (**POR**) 功能。当电源引脚接通电源时，内部 **POR** 电路将器件保持在复位状态，直到 $V_{(SUPPLY)}$ 电压超过 $V_{(POR_rising)}$ 阈值。

9.3.1.2 故障模式电源电流

当 **FAULT** 引脚被外部拉低时，**TLX3703** 在 **SUPPLY** 中消耗极小的静态电流 $I_{(Fault)}$ 。同时，该器件关闭所有三个输出驱动器 **IREF** 和 **ICTRL**。

如果器件检测到故障，它将通过内部恒定电流 $I_{(FAULT_pulldown)}$ 下拉 **FAULT** 引脚，作为对故障总线的故障指示信号。

9.3.2 启动和关断 (EN)

TLX3703 器件配备使能输入引脚。当 **EN** 为低电平时，器件进入睡眠模式，静态电流降至超低水平 $I_{(SD)}$ 。此低电流特性可在电池电压直接连接至器件（无需高边开关）的应用中显著降低系统级功耗。

9.3.3 参考电流 (IREF)

TLX3703 器件通过 **IREF** 引脚提供高精度、低温漂的电流基准源。当电阻 $R_{(IREF)}$ 为 **12.3kΩ** 时， $I_{(IREF)}$ 电流计算值为 **100μA**。 $I_{(IREF)}$ 可通过外部电阻 $R_{(IREF)}$ 在 **25 μA** 至 **250 μA** 范围内编程设定。**IREF** 引脚电压通常稳定在 **1.235 V**，其输出电流可通过公式 1 计算得出。

$$I_{(IREF)} = \frac{V_{(IREF)}}{R_{(IREF)}} \quad (1)$$

其中

- $V_{(IREF)} = 1.235 \text{ V}$ (典型值)
- $R_{(IREF)} = 12.3 \text{ k}\Omega$ 推荐值

$R_{(IREF)}$ 电阻需要尽可能靠近 **IREF** 引脚放置，并与一个 **1nF** 陶瓷电容器并联，以实现噪声抑制。禁止采用板外 $R_{(IREF)}$ 配置，以防基准电流失稳。

9.3.4 恒流输出和设置 (INx)

TLX3703 器件是一款用于驱动 **LED** 的高边电流驱动器。该器件通过独立调节各通道在 **SUPPLY** 与 **INx** 引脚间的外部高边电流检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 的压降电压，实现对每个输出通道电流的精准控制。内置误差放大器驱动内部功率晶体管，将电流检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 的压降电压维持在目标电压 $V_{(CS_REG)}$ ，从而将输出电流精确调控至目标值。当电流处于稳态时，各通道的电流值可通过公式 2 进行计算。

$$I_{(OUTx_Tot)} = \frac{V_{(CS_REG)}}{R_{(SNSx)}} \quad (2)$$

其中

- $V_{(CS_REG)}$ 根据公式 3 变化
- $x = 1, 2$ 或 3 对应输出通道 $1, 2$ 或 3

当电源电压低于 LED 灯串总正向压降电压与所需裕量电压（即 $V_{(DROPOUT)}$ 与 $V_{(CS_REG)}$ 之和）时，TLX3703 无法输出 $R_{(SNSx)}$ 设定的足额电流，此时检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 两端电压将低于 $V_{(CS_REG)}$ 。

9.3.5 模拟电流控制 (ICTRL)

TLX3703 通过调节 $V_{(CS_REG)}$ 电压实现三通道同步模拟恒流控制。如“恒流输出和设置 (INx)”章节所述，该器件通过维持各通道 $R_{(SNSx)}$ 电阻压降电压恒等于 $V_{(CS_REG)}$ 来精确调控输出电流。 $V_{(CS_REG)}$ 电压可通过 ICTRL 引脚上的外部电阻进行调节。TLX3703 在 ICTRL 引脚输出恒定电流 $I_{(ICTRL)}$ ，并通过测量该引脚电压 $V_{(ICTRL)}$ 来确定 $V_{(CS_REG)}$ 值。其中 $I_{(ICTRL)}$ 为 $I_{(IREF)}$ 的 **10** 倍， $V_{(ICTRL)}$ 则是 $I_{(ICTRL)}$ 与 $R_{(ICTRL)}$ 的乘积。该器件内部将 $V_{(ICTRL)}$ 箐位在最大 **2.75V**，其具体数值可通过公式 3 计算得出。

$$V_{(CS_REG)} = \frac{I_{(IREF)} \times R_{(ICTRL)} \times 25}{17} \quad (3)$$

其中

- $I_{(IREF)}$ 单位为 **A**
- $R_{(ICTRL)}$ 单位为 Ω
- $V_{(CS_REG)}$ 单位为 **V**

$V_{(CS_REF)}$ 的最小电压典型值为 **50 mV**，以确保输出电流维持高精度特性。

各通道最终总输出电流可通过公式 4 计算得出，该公式由公式 1、公式 2 与公式 3 综合推导形成。

$$I_{(OUTx_Tot)} = \frac{V_{(IREF)} \times R_{(ICTRL)} \times 25}{R_{(IREF)} \times R_{(SNSx)} \times 17} \quad (4)$$

其中

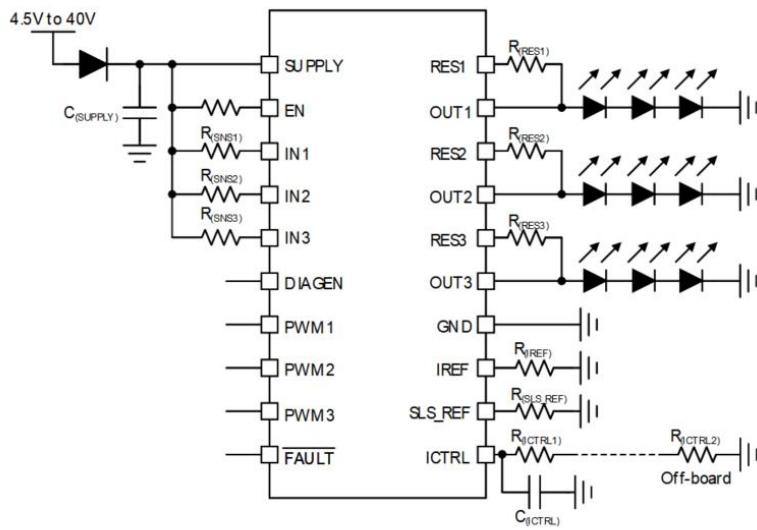
- $V_{(IREF)} = 1.235 V$
- $R_{(IREF)}$ 单位为 $k\Omega$
- $R_{(ICTRL)}$ 单位为 Ω
- $R_{(SNSx)}$ 单位为 Ω
- $I_{(OUTx_Tot)}$ 单位为 mA

当 $R_{(IREF)} = 12.3 k\Omega$ ， $R_{(ICTRL)} = 1000 \Omega$ ， $R_{(SNSx)} = 1 \Omega$ 时， $I_{(OUTx_Tot)}$ 计算结果为 **147.7 mA**。

9.3.5.1 离板亮度分级电阻

通过模拟电流控制功能，可将 LED 亮度分级电阻连接至 ICTRL 引脚，根据 LED 亮度等级调节输出电流。该分级电阻可安装在独立于 LED 模块的外置电路板上。为实现最佳抗噪性能，可采用双电阻串联方案：其中一个电阻尽可能靠近 ICTRL 引脚安装在同一 PCB 板上，另一个分级电阻则安装在另一块集成 LED 模块的 PCB 板上。

如图 25 所示， $R_{(ICTRL1)}$ 电阻和 $C_{(ICTRL)}$ 陶瓷电容需要尽可能靠近 **ICTRL** 引脚放置以实现噪声解耦。板外 $R_{(ICTRL2)}$ 电阻可作为实际分级电阻安装在 LED 板上。TLXIC 建议使用 10nF 陶瓷电容作为 $C_{(ICTRL)}$ 。



*: 10nF ceramic capacitor is recommended for each OUTx to GND

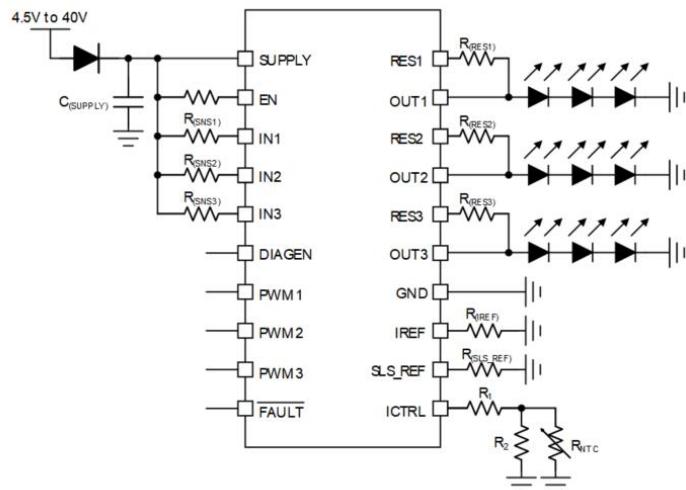
图 25. 板外亮度分级电阻应用示意图

当 **ICTRL** 引脚对地短接时， $V_{(CS_REG)}$ 典型值为 50mV。

9.3.5.2 NTC 电阻

模拟电流控制功能还支持在 **ICTRL** 引脚连接 NTC 热敏电阻，依据测量的 PCB 板温度或 LED 模组温度实现 LED 电流降额。NTC 热敏电阻阻值取决于环境温度，会随温度升高而降低。根据公式 2 和公式 3 的计算结果，这会导致 **ICTRL** 引脚上的 $R_{(CTRL)}$ 等效电阻减小，进而使输出电流相应减少。

如图 26 所示，TLXIC 建议将含 NTC 热敏电阻（例如 NCU18XH103F6SRB）的电阻网络连接到 **ICTRL** 引脚。**R1** 与 **R2** 电阻值协同 NTC 热敏电阻，根据温度调节等效电阻曲线，以实现系统要求的电流降额。



*: 10nF ceramic capacitor is recommended for each OUTx to GND

图 26. 外部 NTC 热敏电阻应用示意图

9.3.6 热共享电阻 (OUTx 和 RESx)

TLX3703 器件为每个通道提供两条独立电流输出路径。电流从电源经 $R_{(SNSx)}$ 电阻流入集成电流调节电路，再通过 OUTx 引脚和 RESx 引脚流向 LED。OUTx 引脚和 RESx 引脚的电流输出均独立调节，共同构成通道总输出电流。OUTx 与 RESx 的总电流等于通道中 $R_{(SNSx)}$ 电阻的电流值。OUTx 引脚直接连接 LED 负载的阳极，而 RESx 引脚则通过外部电阻连接 LED，以此分担部分功率损耗并降低 TLX3703 的热积聚。

TLX3703 内置独立电流调节电路，能够动态调整 OUTx 和 RESx 两个输出端的电流，确保 LED 总电流稳定。TLX3703 总是尽可能多的调节输出电流从 RESx 管脚输出，直到 RESx 路输出电流饱和，设置输出电流剩余部分被调节从 OUTx 管脚输出。当电源与 LED 总正向电压差较大时，大部分电流会通过 RESx 引脚输出至 LED；反之，当电源与 LED 正向电压差较小时，大部分电流则通过 OUTx 引脚输出。图 27 和图 28 展示了当电阻 $R_{(RESx)}$ 为 80Ω 和 64.9Ω 时，电源电压对电流与功耗分配特性曲线的影响。

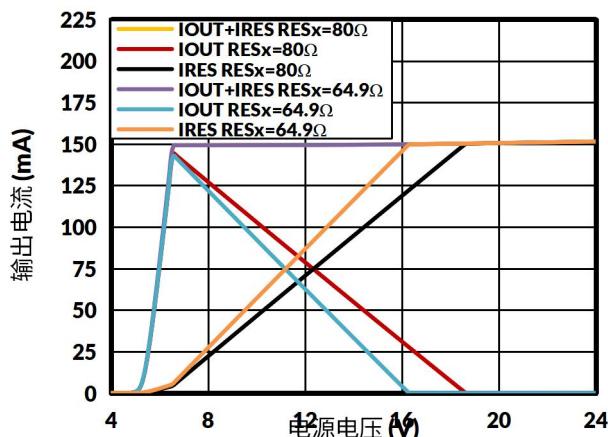


图 27. 输出电流分布与电源电压的关系

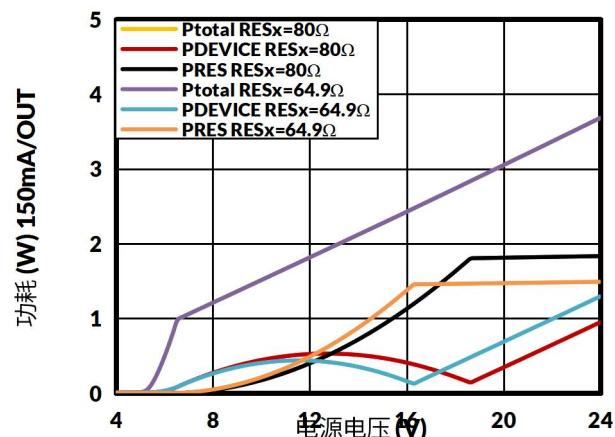


图 28. 功耗与电源电压的关系

9.3.7 PWM 控制 (PWMx)

TLX3703 的脉宽调制 (PWM) 输入端作为输出电流的使能端。当 PWM 引脚电压高于 $V_{IH(PWM)}$ 时，对应输出电流会被激活；若电压低于 $V_{IL(PWM)}$ ，则输出电流及诊断功能均会被禁用。除输出电流使能与禁用功能外，当施加的 PWM 信号频率高于 100Hz（超出人眼可见频闪范围）时，TLX3703 的 PWM 输入还支持调节平均电流输出以实现亮度控制。TLXIC 建议采用占空比 1% 至 100% 的 200Hz PWM 信号进行亮度调节，典型时序信息详见图 29。

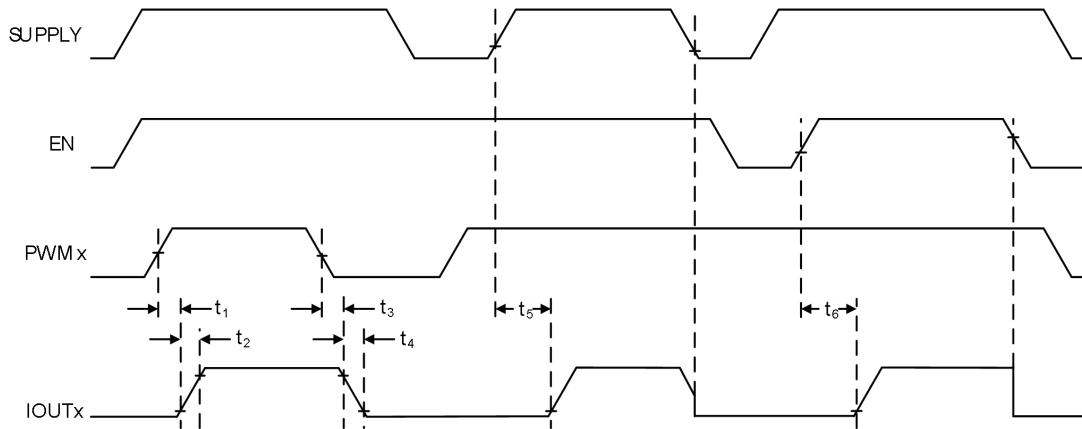


图 29. 上电顺序和 PWM 调光时序

图 29 中每个时间段的详细信息和数值在“时序要求”章节中描述。

TLX3703 器件共有三个 **PWM** 输入引脚, **PWM1**、**PWM2** 和 **PWM3**, 可独立控制各电流输出通道。

PWM1 输入控制 **OUT1** 和 **RES1** 的输出通道 1, **PWM2** 输入控制 **OUT2** 和 **RES2** 的输出通道 2, **PWM3** 输入控制 **OUT3** 和 **RES3** 的输出通道 3。

9.3.8 电源控制

TLX3703 支持通过电源控制功能实现输出电流的开关调节。当 **SUPPLY** 引脚电压高于 LED 灯串正向压降电压与所需电流下的裕量电压之和, 且 **PWM** 引脚为高电平时, 输出电流开启并实现精确调节。反之, 若 **SUPPLY** 引脚电压低于 $V_{(POR_falling)}$ 阈值, 输出电流则被关断。此特性使得预设的电源电压可直接控制输出电流开关。当开关频率足够快时, 可实现亮度调节。基于 **TLX3703** 器件 **PWM** 阈值的高精度设计, 可在 **PWM** 引脚上设置分压电阻, 如图 30 所示, 设定 **SUPPLY** 阈值高于 LED 正向压降电压与所需裕量电压之和。该裕量电压是 $V_{(DROPOUT)}$ 和 $V_{(CS_REG)}$ 的总和。当 **PWM** 引脚电压高于 $V_{IH(PWM)}$ 阈值时, 输出电流启动; 若低于 $V_{IL(PWM)}$ 阈值, 则输出电流关断。**SUPPLY** 阈值电压可通过公式 5 计算得出。

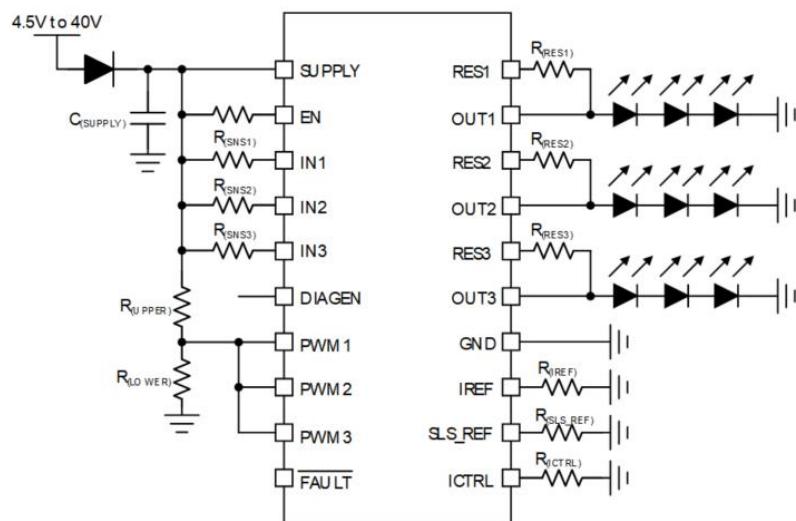


图 30. 电源控制 LED 亮度应用示意图

$$V_{(SUPPLY_PWM_th_rising)} = V_{IH(PWM)} \times \left(1 + \frac{R_{(UPPER)}}{R_{(LOWER)}} \right) \quad (5)$$

其中

- $V_{IH(PWM)} = 1.2\text{ V}$ (典型值)

9.3.9 诊断功能

该器件能够检测并防护 **LED** 灯串接地短路、**LED** 灯串开路、单个 **LED** 短路及结温过高等故障。同时支持仅失效通道关闭或连带失效的总线设计，可灵活适应不同的电源管理要求。

9.3.9.1 IREF 接地短路检测

TLX3703 器件通过检测 **IREF** 引脚电压实现 **IREF** 引脚接地短路检测。当 **IREF** 引脚电压 $V_{(IREF)}$ 低于 $V_{(IREF_SHORT_th)}$ 且持续时间超过抗尖峰脉冲时间 $t_{(IREF_deg)}$ 时，系统会通过持续下拉 **FAULT** 引脚来触发 **IREF** 引脚接地短路告警。此时所有输出通道和 **ICTRL** 引脚的电流将被关断，同时 **IREF** 引脚的电流钳位于 $I_{(IREF_ST_Clamp)}$ ，从而完成对 **IREF** 引脚接地短路的检测。

如果 $V_{(IREF)}$ 电压回升至 $V_{(IREF_SHORT_th)}$ 以上，则 **TLX3703** 恢复正常工作。

9.3.9.2 IREF 开路检测

TLX3703 器件通过检测 **IREF** 引脚电流来实现 **IREF** 开路检测。当 **IREF** 引脚电流 $I_{(IREF)}$ 持续低于 $I_{(IREF_OPEN_th)}$ 的时间超过抗尖峰脉冲时间 $t_{(IREF_deg)}$ 时，系统会通过持续下拉 **FAULT** 引脚来触发 **IREF** 引脚开路告警。检测到 **IREF** 引脚开路故障时，所有输出通道和 **ICTRL** 引脚的电流将被关断。

如果 $I_{(IREF)}$ 电流回升至 $I_{(IREF_OPEN_th)}$ 以上，则 **TLX3703** 恢复正常工作。

9.3.9.3 LED 接地短路检测

TLX3703 器件具备 **LED** 接地短路检测功能。该检测功能在输出电流使能状态下检测输出电压。一旦检测到 **LED** 接地短路故障，无论 **PWM** 输入状态如何，器件将自动关闭故障通道并启动重试。当重试机制检测到 **LED** 接地短路故障解除后，器件将恢复正常工作状态。

TLX3703 器件通过检测各通道的 $V_{(OUTx)}$ 电压和 $V_{(RESx)}$ 电压，并将其与内部参考电压比较来判定接地短路故障。当 $V_{(OUTx)}$ 或 $V_{(RESx)}$ 电压持续低于 $V_{(SG_th_falling)}$ 阈值超过 $t_{(SG_deg)}$ 抗尖峰脉冲时间时，器件会触发接地短路告警并下拉 **FAULT** 引脚。抗尖峰脉冲时间内，若 $V_{(OUTx)}$ 和 $V_{(RESx)}$ 电压回升至 $V_{(SG_th_rising)}$ 阈值以上，计时尖峰脉冲时间计时器复位。

当 **TLX3703** 检测到接地短路故障后，器件关闭故障输出通道，并以小电流自动重试。在重试期间，器件从 **SUPPLY** 向 **OUT** 持续注入小电流 $I_{(Retry)}$ ，持续上拉 **LED** 负载。当输出电压升至 $V_{(SG_th_rising)}$ 阈值以上时，自动清除故障标志并恢复正常工作。图 31 展示了 **LED** 短路检测、保护、重试及恢复的完整时序。

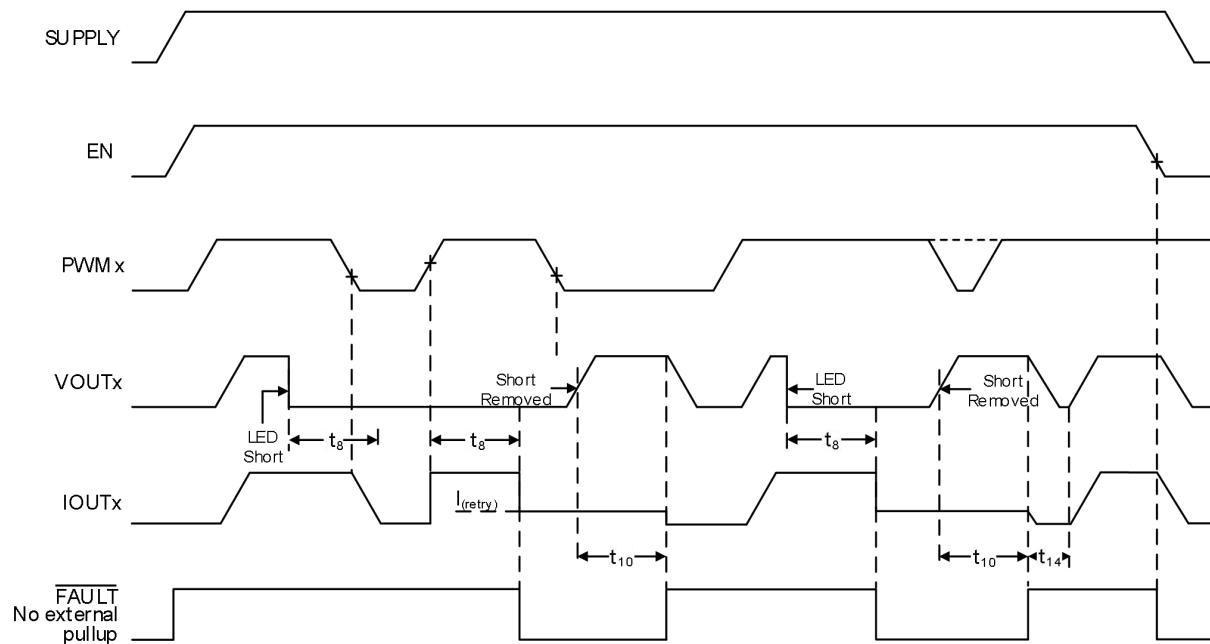


图 31. LED 接地短路检测和恢复时序图

图 31 中每个时间段的详细信息和值在“时序要求”章节中描述。

9.3.9.4 LED 开路检测

TLX3703 器件具备 **LED** 开路检测功能。该功能在输出电流使能状态下检测输出电压。仅当 **DIAGEN** 为高电平时，启用 **LED** 开路检测功能。对电源短路故障同样被识别为 **LED** 开路故障。

TLX3703 器件在 **PWM** 处于高电平时，会实时检测各通道的输入输出引脚间的压降电压。系统通过比较 $V_{(INx)} - V_{(OUTx)}$ 与内部参考电压 $V_{(OPEN_th_rising)}$ 来判定开路事件。当输出电压 $V_{(OUTx)}$ 升高，致使 $V_{(INx)} - V_{(OUTx)}$ 低于 $V_{(OPEN_th_rising)}$ 且持续时间超过抗尖峰脉冲时间 $t_{(OPEN_deg)}$ ，器件判断为开路故障。检测到 **LED** 开路故障后，内部恒定电流源就会下拉 **FAULT** 引脚电压。抗尖峰脉冲时间内，当 $V_{(OUTx)}$ 回落使得 $V_{(INx)} - V_{(OUTx)}$ 超过 $V_{(OPEN_th_falling)}$ 阈值时，计时尖峰脉冲时间计时器复位。

TLX3703 在检测到 **LED** 开路故障后，故障通道输出电流调节功能关闭。当 **DIAGEN** 输入为逻辑高电平时，器件从 **SUPPLY** 向 **OUT** 注入小电流 $I_{(Retry)}$ 。故障消除后，器件恢复正常工作并释放 **FAULT** 引脚。图 32 展示了 **LED** 开路检测、保护、重试及恢复的完整时序。

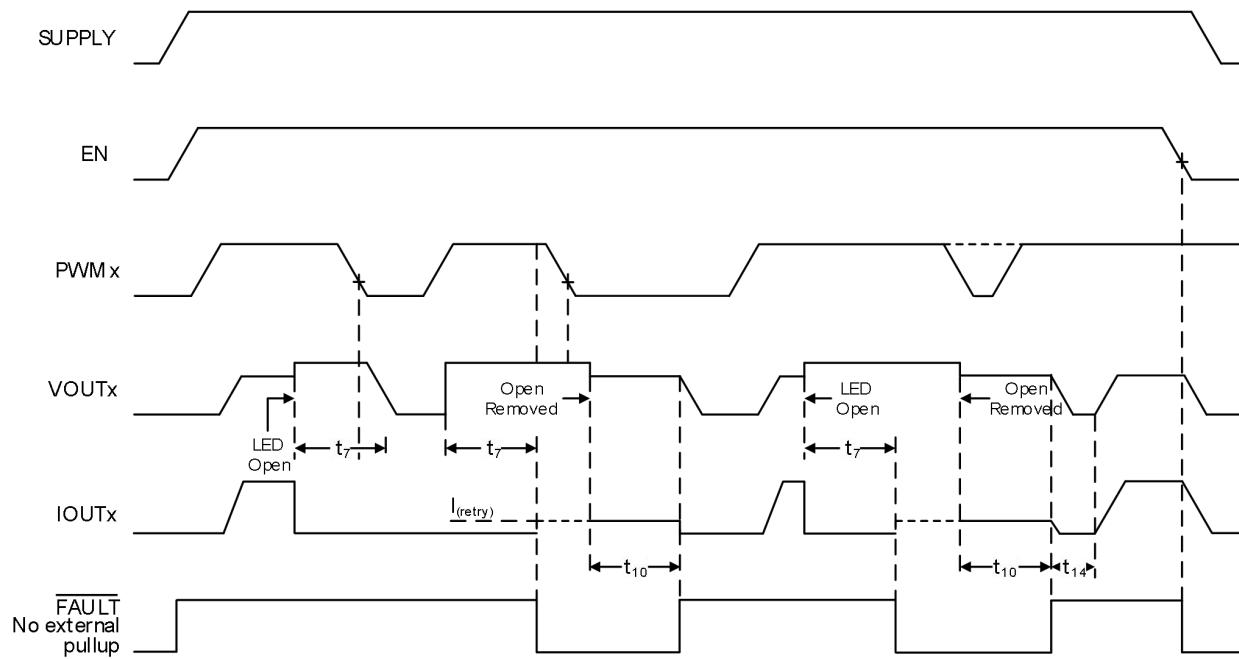


图 32. LED 开路检测和恢复时序图

图 32 中每个时间段的详细信息和值在“时序要求”章节中描述。

9.3.9.5 单个 LED 短路检测 (SLS_REF)

TLX3703 器件具备单个 LED 短路检测功能。该检测功能在输出电流使能状态下检测输出电压，一旦检测到单个 LED 短路故障，无论 PWM 输入状态如何，器件将自动关闭故障通道并启动重试。当重试机制检测到该故障解除后，器件将恢复正常工作状态。

TLX3703 器件通过检测各通道的 $V_{(OUTx)}$ 电压，内部将其分压值与 SLS_REF 引脚外部电阻可编程的参考电压比较，以判定单个 LED 短路故障。当 $V_{(OUTx)}$ 电压持续低于 $V_{(SLS_th_falling)}$ 阈值超过 $t_{(SLS_deg)}$ 抗尖峰脉冲时间时，器件判定短路故障并下拉 FAULT 引脚。抗尖峰脉冲时间内，若 $V_{(OUTx)}$ 的压降电压回升至 $V_{(SLS_th_rising)}$ 以上，计时尖峰脉冲时间计时器复位。

故障确认后，器件关闭故障通道并自动重试。重试期间，故障通道 PWM 为高电平时，器件会每隔 10ms 从 IN 到 OUT 端口提供全电流，全电流上拉 LED 负载，持续时间 300μs。当 $V_{(OUTx)}$ 电压升至 $V_{(SLS_th_rising)}$ 以上时，清除故障标志并恢复正常工作。 $V_{(SLS_th_rising)}$ 比 $V_{(SLS_th_falling)}$ 高出 2.5%， $V_{(OUTx)}$ 衰减比为 $N_{(OUT)}$ 。图 33 展示了单个 LED 短路检测电路的内部结构示意图，而 $V_{(SLS_th_falling)}$ 阈值电压可通过公式 6 计算得出。

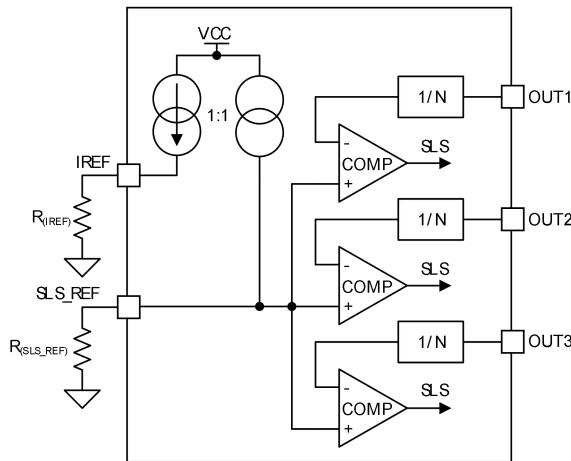


图 33. 单个 LED 短路检测框图

$$V_{(SLS_th_falling)} = \frac{N_{(OUT)} \times R_{(SLS_REF)} \times V_{(IREF)} \times N_{(SLS_REF)}}{R_{(IREF)}} \quad (6)$$

其中

- $V_{(IREF)} = 1.235 \text{ V}$ (典型值)
- $R_{(IREF)} = 12.3 \text{ k}\Omega$ 推荐值
- $R_{(SLS_REF)}$ 单位为 $\text{k}\Omega$
- $N_{(OUT)} = 4$ (典型值)
- $N_{(SLS_REF)} = 1$ (典型值)

当 $R_{(IREF)} = 12.3 \text{ k}\Omega$ 且 $R_{(SLS_REF)} = 13.3 \text{ k}\Omega$ 时, $V_{(SLS_th_falling)}$ 的计算结果为 5.34 V 。

图 34 展示了单个 LED 短路检测、保护、重试及恢复的完整时序。

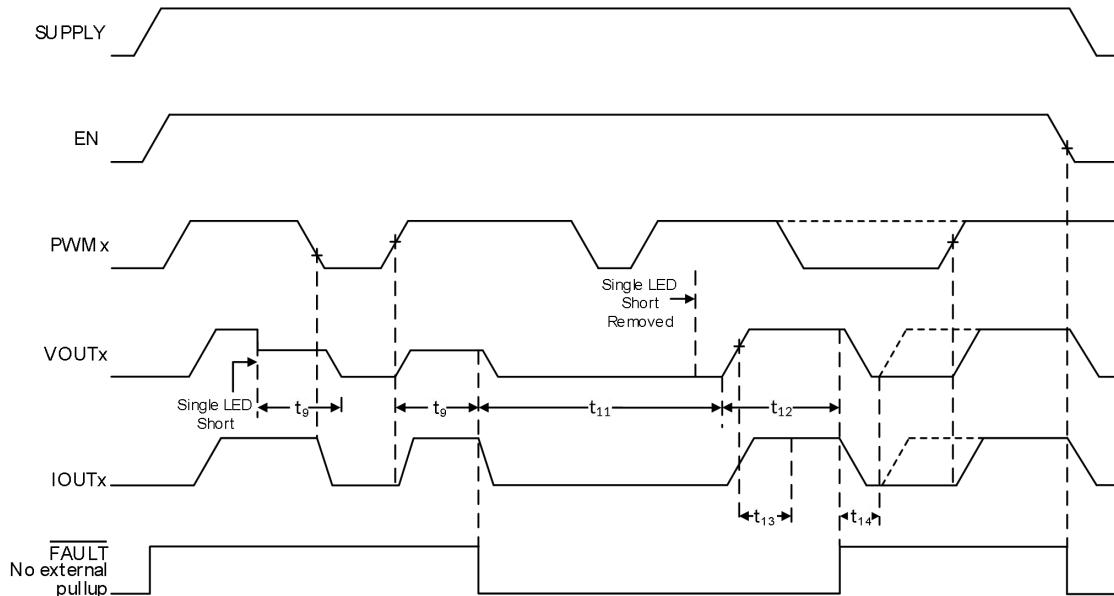


图 34. 单个 LED 短路检测和恢复时序图

图 34 中每个时间段的详细信息和值在“时序要求”章节中描述。

9.3.9.6 LED 开路和单个 LED 短路检测使能 (DIAGEN)

TLX3703 器件通过 **DIAGEN** 引脚提供精确阈值，用于禁用 **LED** 开路和单个 **LED** 短路诊断功能。如图 35 所示，该引脚可根据外部电阻分压器检测的 **SUPPLY** 引脚电压，使能或禁用 **LED** 开路检测及单个 **LED** 短路检测。当 **DIAGEN** 引脚电压高于阈值 $V_{IH(DIAGEN)}$ 时，器件将启用 **LED** 开路与单个 **LED** 短路诊断；若 **DIAGEN** 电压低于阈值 $V_{IL(DIAGEN)}$ ，则会关闭相关检测功能。

仅可通过下拉 **DIAGEN** 引脚禁用 **LED** 开路检测和单个 **LED** 短路检测功能。**LED** 接地短路检测和过温保护功能无法通过下拉 **DIAGEN** 引脚关闭。可使用公式 7 计算 **SUPPLY** 阈值电压。

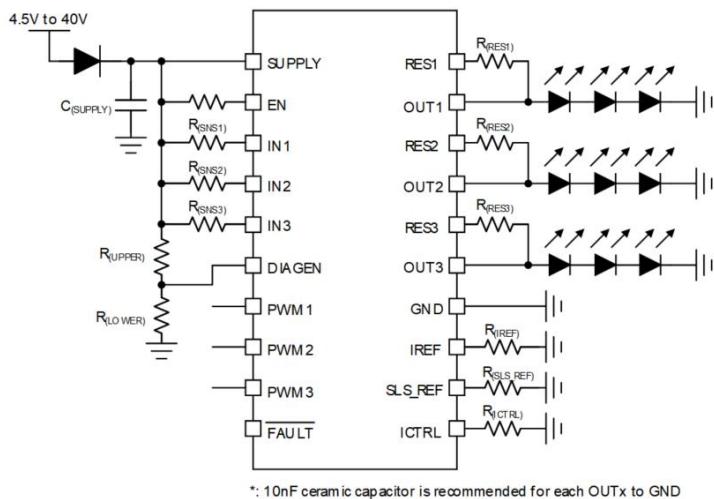


图 35. DIAGEN 应用示意图

$$V_{(SUPPLY_DIAGEN_th_falling)} = V_{IL(DIAGEN)} \times \left(1 + \frac{R_{(UPPER)}}{R_{(LOWER)}} \right) \quad (7)$$

其中

- $V_{IL(DIAGEN)} = 1.1\text{ V}$ (典型值)

9.3.9.7 低 Dropout 工作

当电源电压降至 **LED** 灯串总正向电压与所需电流的裕量电压之和以下时，TLX3703 器件将在低压降条件下运行，使输出电流尽可能接近目标值。由于功率管裕量电压不足，实际输出电流会低于预设值。导致检测电阻两端的电压无法达到稳压目标值。这里所说的裕量电压，是 $V_{(DROPOUT)}$ 和 $V_{(CS_REG)}$ 两者之和。

若设计 TLX3703 在低压降条件下运行，则必须通过将 **DIAGEN** 引脚电压拉低至低于 $V_{IL(DIAGEN)}$ 来禁用开路诊断和单个 **LED** 短路检测功能。否则，器件将误判开路故障或单个 **LED** 短路故障，并通过 **FAULT** 引脚上报故障信号。**DIAGEN** 引脚的作用正是避免因电源电压过低引发的错误诊断。

9.3.9.8 过温保护

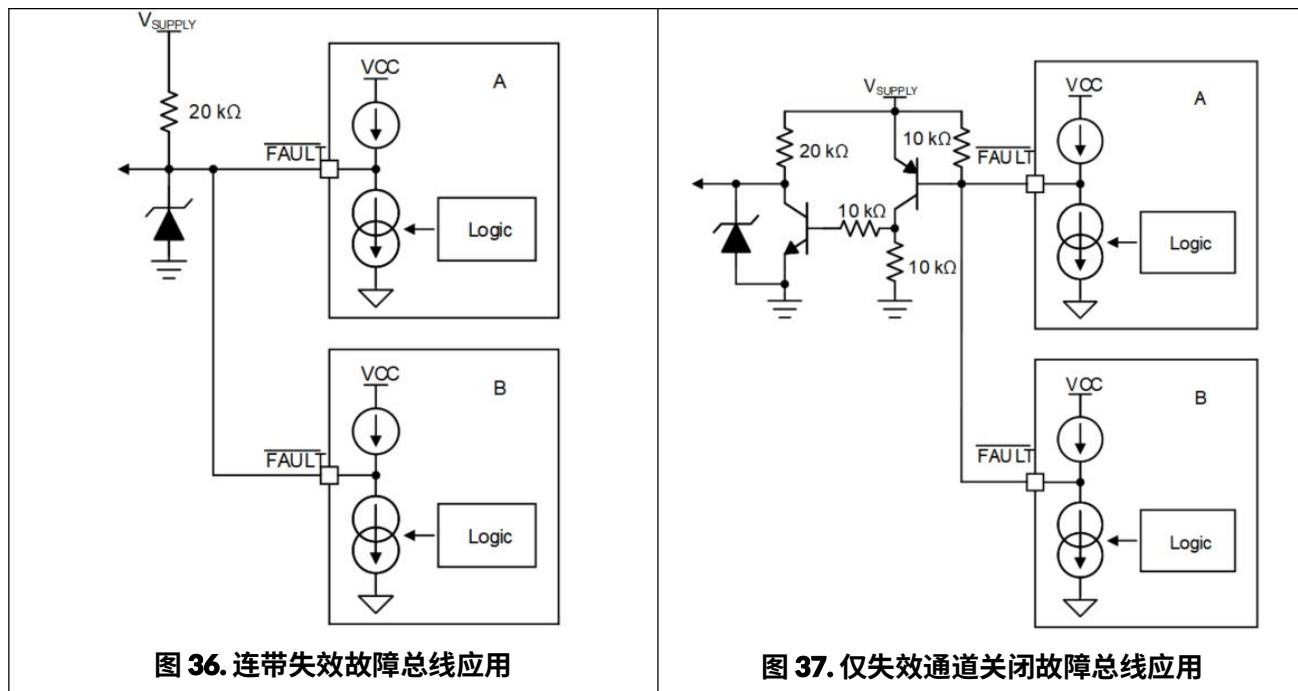
TLX3703 器件持续检测器件结温。当结温达到过热关断阈值 $T_{(TSD)}$ 时，输出关闭。待结温回落至 $T_{(TSD)} - T_{(TSD_HYS)}$ 以下后，器件恢复正常工作。在过热保护期间，FAULT 引脚被拉低。

9.3.10 连带失效的故障总线输出

正常工作时，**TLX3703** 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，**TLX3703** 持续监测 FAULT 引脚的内部电压。如果 **TLX3703** 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，也会立即关闭所有输出电流。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 **TLX3703** 器件的 FAULT 引脚，可构建如图 36 所示的故障总线机制，实现连带失效功能。当下级器件 (B) 检测到 LED 故障并下拉 FAULT 引脚时，因引脚互连，上级器件 (A) 将同步检测到低电平信号，随即关闭其所有通道的输出电流。若如图 37 所示，将各器件的 FAULT 引脚均连接至外部 PNP 晶体管基极，则禁用连带失效功能，仅故障通道被关闭。



9.3.11 故障表

表 1. 故障表, DIAGEN = 高电平(全功能)

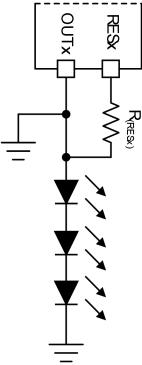
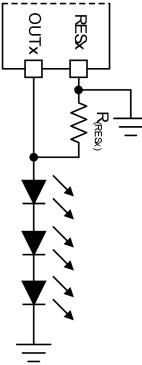
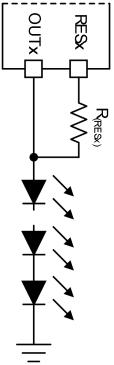
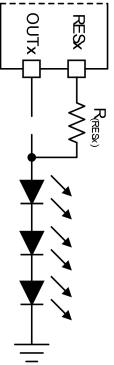
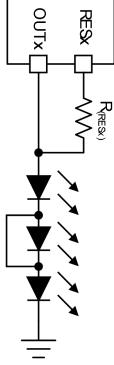
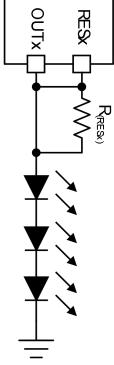
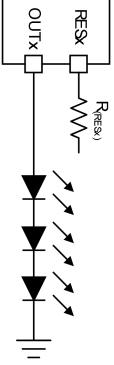
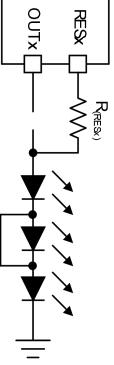
| 故障总线状态 | 故障类型 | 检测机制 | 控制输入 | 抗尖峰脉冲时间 | FAULT 操作 | 故障处理流程 | 故障恢复 |
|---------|--------------|---|----------------------------|-------------------|----------|---|------|
| FAULT=H | IREF 接地短路 | $V_{(IREF)} < V_{(IREF_SHORT_th)}$ | EN=H | $t_{(IREF_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭所有输出。 IREF 电流钳位于 $I_{(IREF_ST_Clamp)}$, ICTRL 电流输出禁用。 | 自动恢复 |
| | IREF 开路 | $I_{(IREF)} < I_{(IREF_OEPN_th)}$ | EN=H | $t_{(IREF_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭所有输出， ICTRL 电流同步禁用。 | 自动恢复 |
| | SLS_REF 接地短路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | $V_{(SLS_th_falling)}=0V.$ | 自动恢复 |
| | SLS_REF 开路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | 禁用单个 LED 短路检测功能。 | 自动恢复 |
| | ICTRL 接地短路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | $V_{(CS_REG)}=50mV.$ | 自动恢复 |
| | ICTRL 开路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | $V_{(CS_REG)}=400mV.$ | 自动恢复 |
| | 开路或对电源短接 | $V_{(IN)} - V_{(OUT)} < V_{(OPEN_th_rising)}$ | EN = H and PWMx = H | $t_{(OPEN_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭故障输出，不受 PWM 控制，输出恒定电流 $I_{(retry)}$ 。 | 自动恢复 |
| | 接地短路 | $V_{(OUT)} < V_{(SG_th_falling)}$ OR $V_{(RES)} < V_{(SG_th_falling)}$ | EN = H and PWMx = H | $t_{(SG_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭故障输出，不受 PWM 控制，输出恒定电流 $I_{(retry)}$ 。 | 自动恢复 |
| | 单个 LED 短路 | $V_{(IN)} - V_{(OUT)} > V_{(OPEN_th_falling)}$ & $V_{(SG_th_falling)} < V_{(OUT)} < V_{(SLS_th_falling)}$ | EN = H and PWMx = H | $t_{(SLS_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭故障输出，当 PWM 输入为高电平时，每 10ms 重试一次（输出开启 300μs ）。 | 自动恢复 |
| FAULT=L | 过温 | $T_J > T_{(TSD)}$ | EN=H | $t_{(TSD_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭所有输出通道， SLS_REF 与 ICTRL 禁用。 | 自动恢复 |
| | 检测到故障 | 器件关闭仍在运行的剩余通道。 | | | | | |
| FAULT=L | 未检测到故障 | 器件关闭所有输出通道， IREF 、 SLS_REF 及 ICTRL 禁用。 | | | | | |

表 2. 故障表, DIAGEN = 低电平(全功能)

| 故障总线状态 | 故障类型 | 检测机制 | 控制输出 | 抗尖峰脉冲时间 | 故障总线 | 故障处理流程 | 故障恢复 |
|----------------|---------------------|---|----------------------------|-------------------|------|---|------|
| FAULT=H | IREF 接地短路 | $V_{(IREF)} < V_{(IREF_SHORT_th)}$ | EN=H | $t_{(IREF_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭所有输出。 IREF 电流钳位于 $I_{(IREF_ST_Clamp)}$, ICTRL 电流输出禁用。 | 自动恢复 |
| | IREF 开路 | $I_{(IREF)} < I_{(IREF_OEPN_th)}$ | EN=H | $t_{(IREF_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭所有输出, ICTRL 电流同步禁用。 | 自动恢复 |
| | SLS_REF 接地短路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | $V_{(SLS_th_falling)}=0V.$ | 自动恢复 |
| | SLS_REF 开路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | 禁用单个 LED 短路检测功能。 | 自动恢复 |
| | ICTRL 接地短路 | 未检测到 | EN=H | N/A | 无需操作 | $V_{(CS_REG)}=50mV.$ | 自动恢复 |
| | 开路或对电源短接 | | | | 忽略 | | |
| | 单个 LED 短路 | | | | | | |
| | 接地短路 | $V_{(OUT)} < V_{(SG_th_falling)}$ OR $V_{(RES)} < V_{(SG_th_falling)}$ | EN = H and PWMx = H | $t_{(SG_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭输出, 不受 PWM 控制, 输出恒定电流 $I_{(retry)}$ 。 | 自动恢复 |
| | 过温 | $T_J > T_{(TSD)}$ | EN=H | $t_{(TSD_deg)}$ | 恒流下拉 | 器件关闭所有输出通道, SLS_REF 与 ICTRL 禁用。 | 自动恢复 |
| FAULT=L | 检测到故障 | 器件关闭所有输出通道, 并对故障通道持续重试。 | | | | | |
| | 未检测到故障 | 器件关闭所有输出通道, IREF 、 SLS_REF 及 ICTRL 禁用。 | | | | | |

9.3.12 LED 故障汇总

表 3. LED 连接故障汇总

| 案例 1 | 案例 2 | 案例 3 | 案例 4 |
|--|--|---|--|
|  |  |  |  |
| LED 接地短路故障 | LED 接地短路故障 | LED 开路故障 | LED 开路故障 |
| 案例 5 | 案例 6 | 案例 7 | 案例 8 |
|  |  |  |  |
| 单个 LED 短路故障 | 无故障 | 无故障 | LED 开路故障 |

9.3.13 IO 引脚内部连接

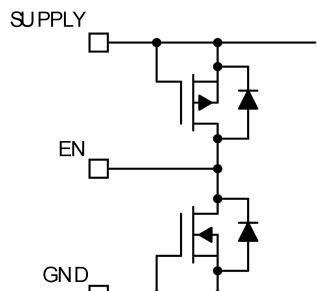


图 38. EN 引脚

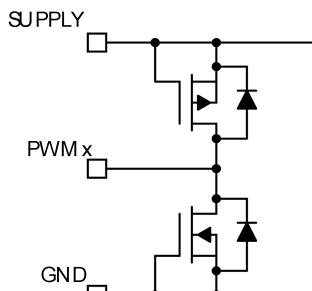


图 39. PWM1, PWM2 和 PWM3 引脚

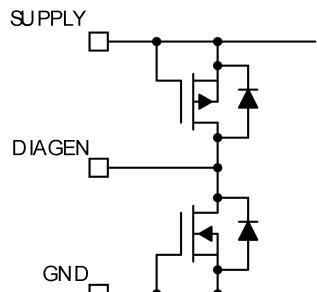


图 40. DIAGEN 引脚

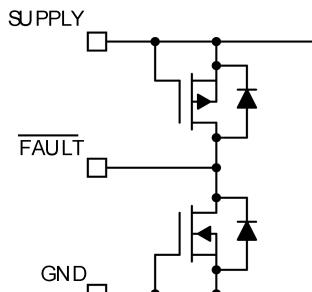


图 41. FAULT 引脚

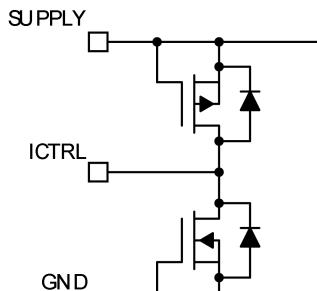


图 42. ICTRL 引脚

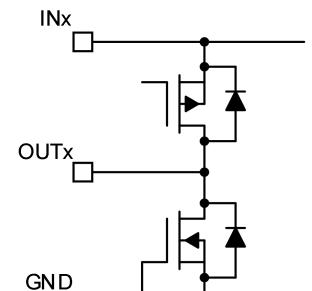


图 43. OUT1, OUT2 和 OUT3 引脚

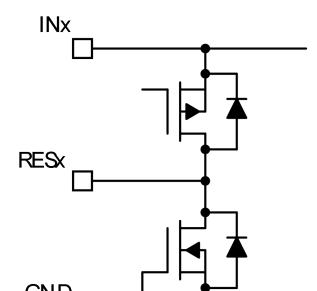


图 44. RES1, RES2 和 RES3 引脚

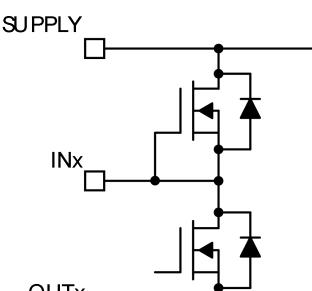


图 45. IN1, IN2 和 IN3 引脚

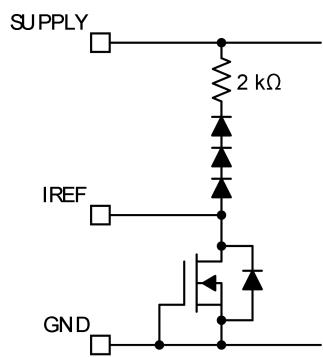


图 46. IREF 引脚

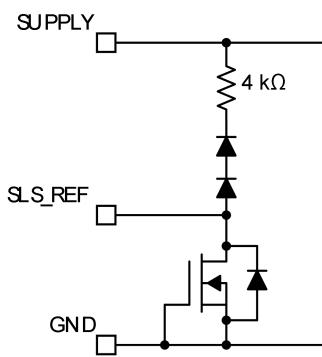


图 47. SLS_REF 引脚

9.4 器件功能模式

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

当器件处于欠压锁定状态时, TLX3703 器件禁用所有功能, 直至电源电压上升超过 $V_{(POR_rising)}$ 阈值。

9.4.2 正常工作 $V_{(SUPPLY)} \geq 4.5\text{V}$

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差时, 器件能够以恒流模式驱动输出。

9.4.3 低 Dropout 工作

当器件以低压降模式驱动 LED 灯串时, 若 $V_{(DROPOUT)}$ 低于开路检测阈值, 可能会误报开路故障或单个 LED 短路故障。TLXIC 建议仅在 **SUPPLY** 电压显著高于 LED 灯串电压时, 再使能开路检测和单个 LED 短路检测功能, 以避免误判开路故障。

9.4.4 故障模式

当器件检测到任何故障, 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 $I_{(FAULT)}$ 。

10 应用与设计

以下应用设计部分中的信息不属于 **TLXIC** 器件规格的范围, **TLXIC** 不保证其准确性和完整性。**TLXIC** 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。

10.1 应用信息

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

TLX3703 器件可检测 **LED** 开路故障、**LED** 短路故障及单个 **LED** 短路故障。为提升驱动电流能力, 该器件支持采用外部并联电阻辅助散热, 具体方法详见后续章节“热共享电阻”。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。

10.2 典型应用

10.2.1 采用连带失效架构的 **BCM** 控制车尾灯系统

多路 **TLX3703** 器件可驱动汽车尾灯的不同功能模块, 包括刹车灯、转向指示灯、尾灯、雾灯、倒车灯及高位制动灯。通过短接 FAULT 引脚, 即可实现单灯故障触发全系统保护的连带失效模式。

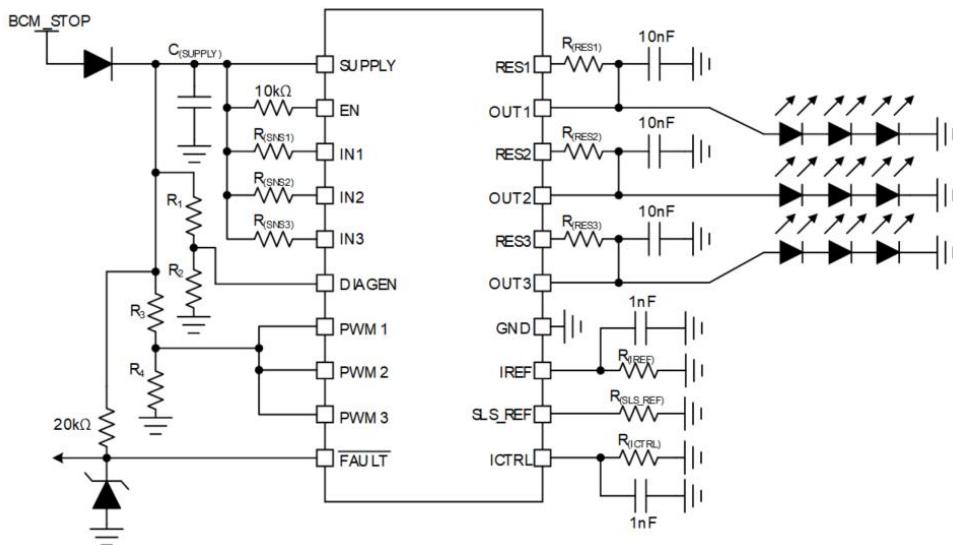


图 48. 典型应用示意图

10.2.1.1 设计要求

输入电压范围为 **9V** 至 **16V**, 系统共需 **9** 个 **LED** 实现刹车功能, 每串包含 **3** 个 **LED**。各个 **LED** 的正向导通电压最大值 V_{F_MAX} 为 **2.5V**, 最小值 V_{F_MIN} 为 **1.9V**。每个 **LED** 的设定电流 $I_{(LED)}$ 为 **140mA**。**LED** 亮度调节及开关控制由车身控制模块 (**BCM**) 直接执行, 通过接通/切断 **LED** 负载供电实现。此外系统还需具备单个 **LED** 短路检测功能。

10.2.1.2 详细设计流程

步骤 1: 通过公式 8 确定参考电流设置电阻 $R_{(IREF)}$ 。

$$R_{(IREF)} = \frac{V_{(IREF)}}{I_{(IREF)}} \quad (8)$$

其中

- $V_{(IREF)} = 1.235 \text{ V}$ (典型值)
- $I_{(IREF)} = 100 \mu\text{A}$ (推荐值)

若 **ICTRL** 电阻与 **TLX3703** 置于同块电路板, **TLXIC** 建议将参考电流 $I_{(IREF)}$ 设为 $100\mu\text{A}$ 。当 $I_{(IREF)} = 100\mu\text{A}$ 时, $R_{(IREF)}$ 的计算结果为 $12.3\text{k}\Omega$ 。

步骤 2: 通过公式 9 设计 **ICTRL** 电阻 $R_{(ICTRL)}$, 用于设置调节电压 $V_{(CS_REG)}$ 。

$$R_{(ICTRL)} = \frac{V_{(CS_REG)} \times 17}{I_{(IREF)} \times 25} \quad (9)$$

其中

- $V_{(CS_REG)} = 100 \text{ mV}$ (推荐值)
- $I_{(IREF)} = 100 \mu\text{A}$ (推荐值)

若 **ICTRL** 引脚未用于驱动离板分级电阻或 **NTC** 电阻, **TLXIC** 建议电流检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 两端参考电压设定为 100mV 。当 $V_{(CS_REG)}=100\text{mV}$ 时, 计算得出控制电阻 $R_{(ICTRL)}=680\Omega$ 。

步骤 3: 通过公式 10 确定电流检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 。

$$R_{(SNSx)} = \frac{V_{(IREF)} \times R_{(ICTRL)} \times 25}{R_{(IREF)} \times I_{(OUTx_Tot)} \times 17} \quad (10)$$

其中

- $V_{(IREF)} = 1.235 \text{ V}$ (典型值)
- $R_{(ICTRL)} = 680 \Omega$
- $R_{(IREF)} = 12.3 \text{ k}\Omega$
- $I_{(OUTx_Tot)} = 140 \text{ mA}$

根据设计要求, 各通道输出电流需保持一致, 故设定检测电阻 $R_{(SNS1)} = R_{(SNS2)} = R_{(SNS3)} = 0.717\Omega$ 。因 0.717Ω 非标准十进阻值, 需采用双电阻并联实现等效阻值。

步骤 4: 设计 $I_{(OUTx)}$ 与 $I_{(RESx)}$ 间电流分配, 依据公式 11 计算均流电阻 $R_{(RESx)}$ 。 $R_{(RESx)}$ 阻值决定 $I_{(OUTx)}$ 与 $I_{(RESx)}$ 间的电流分配, 设计基本原则为: 在典型电源工作电压下, 使该电阻合理承担总功耗的 50% 。

$$R_{(RESx)} = \frac{V_{(SUPPLY)} - V_{(OUTx)}}{I_{(OUTx_Tot)} \times 0.5} \quad (11)$$

其中

- $V_{(SUPPLY)} = 12 \text{ V}$ (典型值)
- $I_{(OUTx_Tot)} = 140 \text{ mA}$

当 $V_{(OUTx)}$ 为典型值 $3 \times 2.2 \text{ V} = 6.6 \text{ V}$ 时, 计算得出 $R_{(RESx)}$ (包括 $R_{(RES1)}$ 、 $R_{(RES2)}$ 及 $R_{(RES3)}$) 的阻值为 75Ω 。

步骤 5：设计单个 LED 短路检测电压阈值，并通过公式 12 计算阈值设置电阻 $R_{(SLS_REF)}$ 。

三个串联的 LED 总正向电压最大值为 $3 \times 2.5V = 7.5V$ ，最小值为 $3 \times 1.9V = 5.7V$ 。若任意一个 LED 发生短路故障，剩余两个 LED 的总正向电压最大值为 $2 \times 2.5V = 5V$ ，最小值为 $2 \times 1.9V = 3.8V$ 。因此，系统将 $5.3V$ 设定为单个 LED 短路检测阈值电压 $V_{(SLS_th_falling)}$ 。

$$R_{(SLS_REF)} = \frac{V_{(SLS_th_falling)} \times R_{(IREF)}}{N_{(OUT)} \times V_{(IREF)} \times N_{(SLS_REF)}} \quad (12)$$

其中

- $V_{(IREF)} = 1.235V$ (典型值)
- $R_{(IREF)} = 12.3k\Omega$
- $N_{(OUT)} = 4$
- $N_{(SLS_REF)} = 1$

当 $V_{(SLS_th_falling)}$ 为 $5.34V$ 时，计算得出 $R_{(SLS_REF)}$ 阻值为 $13.3k\Omega$ 。

步骤 6：设计 SUPPLY 电压阈值以启用 LED 开路及单个 LED 短路诊断功能，并计算 DIAGEN 引脚分压电阻 $R1$ 与 $R2$ 阻值。

LED 灯串正向电压最大值为 $3 \times 2.5V = 7.5V$ 。为避免在低压降工作条件下误报开路故障或单个 LED 短路故障，需确保 SUPPLY 与 OUTx 间留有额外压差裕度。当电源电压低于 LED 灯串最大正向电压与 $V_{(OPEN_th_rising)}$ 、 $V_{(CS_REG)}$ 之和时，TLX3703 必须禁用开路及单个 LED 短路检测功能。分压电阻 $R1$ 与 $R2$ 阻值可通过公式 13 计算得出。

$$R_1 = \left(\frac{V_{(OPEN_th_rising)} + V_{(CS_REG)} + V_{(OUTx)}}{V_{IL(DIAGEN)}} - 1 \right) \times R_2 \quad (13)$$

其中

- $V_{(OPEN_th_rising)} = 210mV$ (最大值)
- $V_{(CS_REG)} = 100mV$
- $V_{IL(DIAGEN)} = 1.045V$ (最小值)
- $R_2 = 10k\Omega$ (推荐值)

当 $V_{(OUTx)}$ 电压最大值为 $7.5V$ 且 $V_{(CS_REG)}$ 为 $100mV$ 时，计算得出 $R1$ 为 $64.9k\Omega$ 。

步骤 7：设计 SUPPLY 电压阈值，以打开和关闭 LED 的每个通道，并计算 PWM 输入引脚分压电阻 $R3$ 与 $R4$ 阻值。

LED 灯串正向电压最小值为 $3 \times 1.9V = 5.7V$ 。为确保各 LED 灯串电流输出正常，当 SUPPLY 电压低于 LED 最小需求正向电压、INx 至 OUTx 间压降电压及 $V_{(CS_REG)}$ 之和时，必须关断各灯串。分压电阻 $R3$ 与 $R4$ 阻值可通过公式 14 计算得出。

$$R_3 = \left(\frac{V_{(DROPOUT)} + V_{(CS_REG)} + V_{(OUTx)}}{V_{IH(PWM)}} - 1 \right) \times R_4 \quad (14)$$

其中

- $V_{(DROPOUT)} = 300mV$ (典型值)

- $V_{(CS_REG)} = 100 \text{ mV}$
- $V_{IH(PWM)} = 1.26 \text{ V}$ (最大值)
- $R_4 = 10 \text{ k}\Omega$ (推荐值)

当 $V_{(OUT_X)}$ 电压最小值为 5.7 V 且 $V_{(CS_REG)}$ 为 100 mV 时, 计算得出 R_3 为 38.3 k Ω 。

10.2.1.3 应用曲线

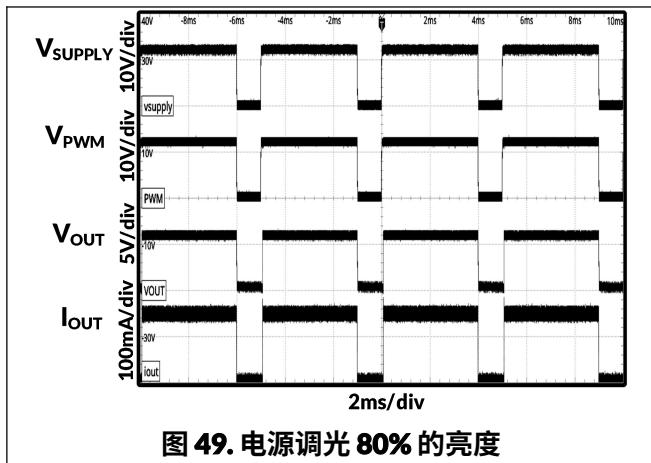


图 49. 电源调光 80% 的亮度

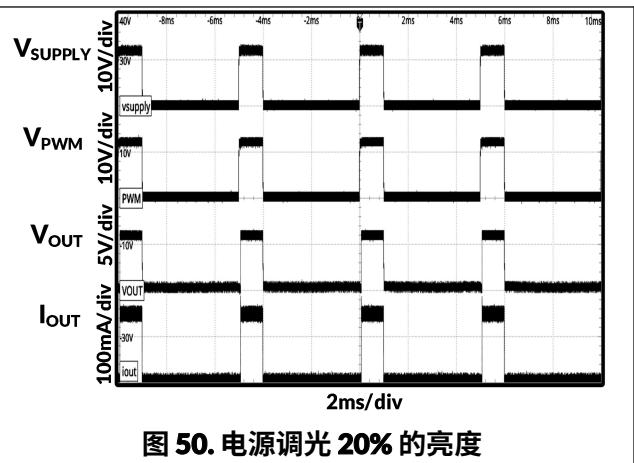


图 50. 电源调光 20% 的亮度

10.2.2 采用离板 LED 与亮度分级电阻的可独立 PWM 控制车尾灯系统

TLX3703 器件可通过 **PWM1**、**PWM2** 及 **PWM3** 引脚的输入信号，独立驱动各电流输出通道。LED 器件及其亮度分级电阻可布局在独立于 TLX3703 的 PCB 板上。LED 亮度分级电阻连接至 **ICTRL** 引脚，据此设定 LED 电流值。

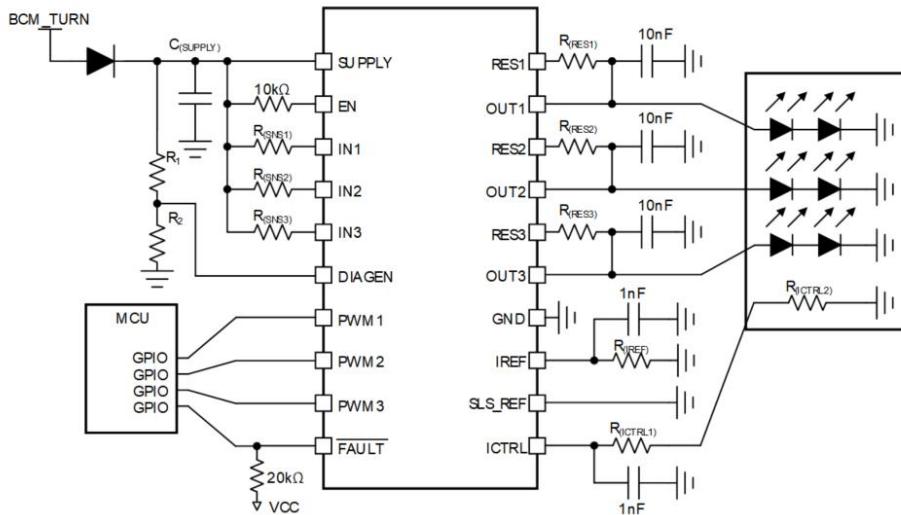


图 51. 典型应用示意图

10.2.2.1 设计要求

输入电压范围为 **9V** 至 **16V**，系统共需 **6** 个 LED 实现转向指示功能，每串包含 **2** 个 LED。各个 LED 的正向导通电压最大值 **V_{F_MAX}** 为 **2.5V**，最小值 **V_{F_MIN}** 为 **1.9V**。LED 分级电阻与 LED 单元共同布置在驱动板外的另一块 PCB 上。根据亮度档位，LED 工作电流分为 **50mA**、**75mA** 和 **100mA** 三档。各电流输出通道由 MCU 通过独立 **GPIO** 进行独立控制。系统无需具备单个 LED 短路检测功能。

10.2.2.2 详细设计流程

当不需要检测单个 LED 短路时，TLXIC 建议将 **SLS_REF** 引脚短接到 **GND**。

步骤 1：通过公式 15 确定参考电流设置电阻 **R_(IREF)**。

$$R_{(IREF)} = \frac{V_{(IREF)}}{I_{(IREF)}} \quad (15)$$

其中

- **V_(IREF) = 1.235 V (典型值)**
- **I_(IREF) = 200 μA (推荐用于离板分级电阻)**

若 **ICTRL** 电阻与 TLX3703 布置在不同电路板上，TLXIC 建议将参考电流 **I_(IREF)** 设为 **200μA**。当 **I_(IREF) = 200μA** 时，**R_(IREF)** 的计算结果为 **6.19kΩ**。

步骤 2：通过公式 16 设计 **ICTRL** 电阻 **R_(ICTRL1)** 和 **R_(ICTRL2)**，用于设置调节电压 **V_(CS_REG)**。

$$R_{(ICTRL1)} + R_{(ICTRL2)} = \frac{V_{(CS_REG)} \times 17}{I_{(REF)} \times 25} \quad (16)$$

其中

- $I_{(REF)} = 200 \mu\text{A}$ (推荐用于离板分级电阻)

TLXIC 针对三种不同亮度档位的 LED，推荐在电流检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 两端设置 **80mV**、**120mV** 和 **160mV** 的参考电压。表 4 列出了不同亮度档位 LED 对应的 $R_{(ICTRL1)}$ 和 $R_{(ICTRL2)}$ 电阻计算值。建议尽可能选取较大阻值的 $R_{(ICTRL1)}$ ，以实现最佳抗噪能力。

步骤 3：通过公式 17 确定电流检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 。

$$R_{(SNSx)} = \frac{V_{(REF)} \times R_{(ICTRL)} \times 25}{R_{(REF)} \times I_{(OUTx_Tot)} \times 17} \quad (17)$$

其中

- $V_{(REF)} = 1.235 \text{ V}$ (典型值)
- $R_{(REF)} = 6.19 \text{ k}\Omega$

根据设计要求，各通道输出电流严格相同，因此需满足 $R_{(SNS1)} = R_{(SNS2)} = R_{(SNS3)}$ 。检测电阻 $R_{(SNSx)}$ 的计算值列于表 4。

表 4. 电阻计算值表

| | LED 亮度 A 组 | LED 亮度 B 组 | LED 亮度 C 组 |
|-------------------------------|------------|------------|------------|
| $I_{(OUTx_Tot)}$ | 50 mA | 75 mA | 100 mA |
| $V_{(CS_REG)}$ | 80 mV | 120 mV | 160 mV |
| $R_{(ICTRL1)} + R_{(ICTRL2)}$ | 272 Ω | 408 Ω | 544 Ω |
| $R_{(ICTRL1)}$ | | 270 Ω | |
| $R_{(ICTRL2)}$ | 2 Ω | 140 Ω | 274 Ω |
| $R_{(SNSx)}$ | | 1.6 Ω | |

步骤 4：设计 $I_{(OUTx)}$ 与 $I_{(RESx)}$ 间电流分配，依据公式 18 计算均流电阻 $R_{(RESx)}$ 。 $R_{(RESx)}$ 阻值决定 $I_{(OUTx)}$ 与 $I_{(RESx)}$ 间的电流分配，设计基本原则为：在典型电源工作电压下，使该电阻合理承担总功耗的 **50%**。

$$R_{(RESx)} = \frac{V_{(SUPPLY)} - V_{(OUTx)}}{I_{(OUTx_Tot)} \times 0.5} \quad (18)$$

其中

- $V_{(SUPPLY)} = 12 \text{ V}$ (典型值)
- $I_{(OUTx_Tot)} = 100 \text{ mA}$ (最大值)

当 $V_{(OUTx)}$ 为典型值 $2 \times 2.2 \text{ V} = 4.4 \text{ V}$ 时，计算得出 $R_{(RESx)}$ (包括 $R_{(RES1)}$ 、 $R_{(RES2)}$ 及 $R_{(RES3)}$) 的阻值为 **152 Ω**。

步骤 5：设计 **SUPPLY** 电压阈值以启用 LED 开路及个单 LED 短路诊断功能，并计算 **DIAGEN** 引脚分压电阻 **R1** 与 **R2** 阻值。

LED 串的最大正向电压为 $2 \times 2.5 \text{ V} = 5 \text{ V}$ 。为避免在低压降工作条件下出现开路故障，确保 **SUPPLY** 与 **OUTx** 间留有额外压差裕度。当电源电压低于 **LED** 灯串最大正向电压与 $V_{(\text{OPEN_th_rising})}$ 、 $V_{(\text{CS_REG})}$ 之和时，**TLX3703** 必须禁用开路检测功能。分压电阻 **R1** 和 **R2** 的阻值可通过公式 19 计算得出。

$$R_1 = \left(\frac{V_{(\text{OPEN_th_rising})} + V_{(\text{CS_REG})} + V_{(\text{OUT}_x)}}{V_{IL(\text{DIAGEN})}} - 1 \right) \times R_2 \quad (19)$$

其中

- $V_{(\text{OPEN_th_rising})} = 210 \text{ mV}$ (最大值)
- $V_{(\text{CS_REG})} = 160 \text{ mV}$ (最大值)
- $V_{IL(\text{DIAGEN})} = 1.045 \text{ V}$ (最小值)
- $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ (推荐值)

当 $V_{(\text{OUT}_x)}$ 电压最大值为 **5 V** 且 $V_{(\text{CS_REG})}$ 最大值为 **160 mV** 时，计算得出 R_1 为 **41.2 kΩ**。

10.2.2.3 应用曲线

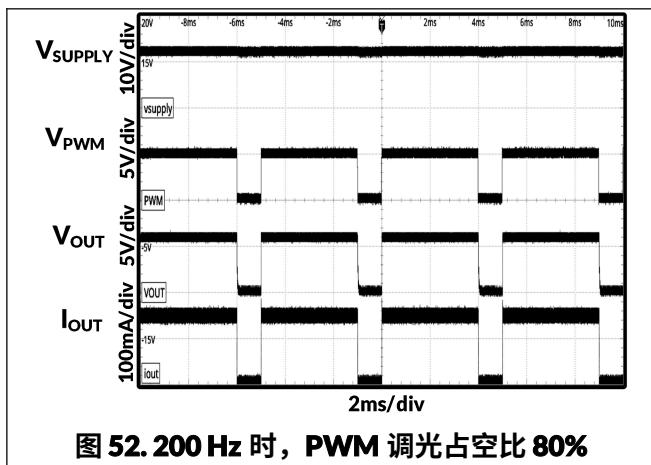


图 52. 200 Hz 时，PWM 调光占空比 80%

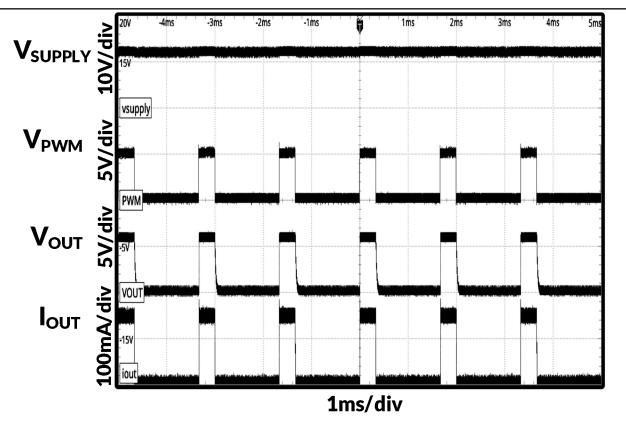


图 53. 600 Hz 时，PWM 调光占空比 20%

11 电源建议

TLX3703 设计用于汽车电源系统，其工作范围需满足电源规格要求。**V_{SUPPLY}** 输入引脚必须配置防反压及 40V 以上抛负载保护。输入电源轨的阻抗必须足够低，确保输入电流瞬变不会导致电压跌落至 **LED** 灯串所需正向电压以下。若采用长导线连接电源，除常规输入电容外，还需额外配置大容量电容。

12 PCB 版图设计

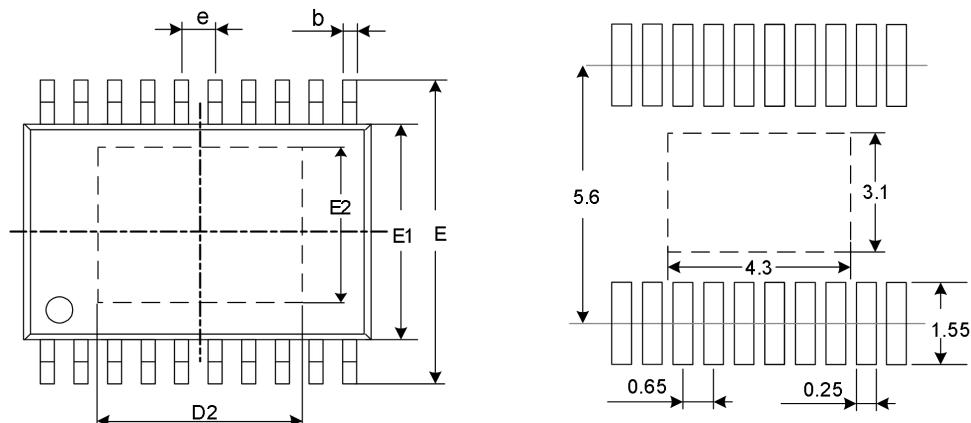
12.1 PCB 布局设计注意事项

散热性能是 **TLX3703** 布局设计的首要考虑因素。

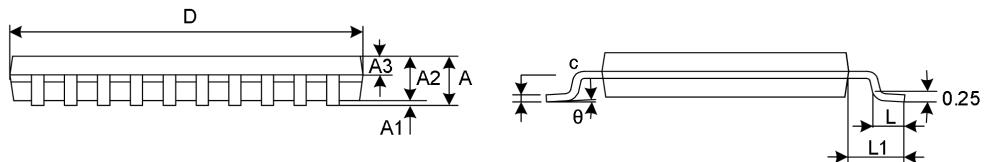
- **TLXIC** 建议在 **PCB** 顶层和底层均预留充足的散热区域。与 **TLX3703** 器件同层的铺铜区域需最大限度宽连接覆盖其散热焊盘。相对层及内层铺铜应通过多个散热过孔直连散热焊盘。
 - **TLXIC** 建议 **R_(RESx)** 电阻器需与 **TLX3703** 器件保持超过 20mm 间距布置，因二者均为发热源需避免热累积。分离布局发热元件可降低局部区域热密度。同时，**R_(RESx)** 电阻周围需配置大面积铺铜以辅助散热。
- 噪声抗扰度是 **TLX3703** 布局设计的次要考虑因素。
- **TLXIC** 建议将 **SUPPLY**、**ICTRL** 和 **IREF** 引脚的去耦电容尽可能靠近引脚放置。
 - **TLXIC** 建议将 **R_(SNSx)** 电阻尽可能靠近 **INx** 引脚布局，并确保其到 **SUPPLY** 引脚的 **PCB** 走线最短。。

13封装规格尺寸

ETSSOP20⁽⁴⁾



推荐焊盘尺寸 (单位: 毫米)



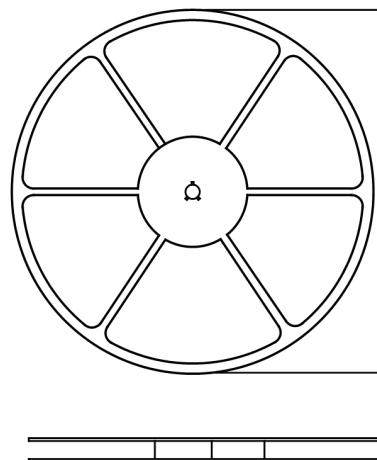
| 符号 | 尺寸 (单位: 毫米) | | 尺寸 (单位: 英寸) | |
|-------------------|----------------------------|-------|----------------------------|-------|
| | 最小值 | 最大值 | 最小值 | 最大值 |
| A ⁽¹⁾ | | 1.200 | | 0.047 |
| A1 | 0.050 | 0.150 | 0.002 | 0.006 |
| A2 | 0.800 | 1.050 | 0.031 | 0.041 |
| A3 | 0.390 | 0.490 | 0.015 | 0.020 |
| b | 0.200 | 0.290 | 0.008 | 0.011 |
| c | 0.130 | 0.180 | 0.005 | 0.007 |
| D ⁽¹⁾ | 6.400 | 6.600 | 0.252 | 0.260 |
| D2 | 4.100 | 4.300 | 0.161 | 0.169 |
| E2 | 2.900 | 3.100 | 0.114 | 0.122 |
| E1 ⁽¹⁾ | 4.300 | 4.500 | 0.169 | 0.177 |
| E | 6.200 | 6.600 | 0.244 | 0.260 |
| e | 0.650 (BSC) ⁽²⁾ | | 0.026 (BSC) ⁽²⁾ | |
| L | 0.450 | 0.750 | 0.018 | 0.030 |
| L1 | 1.000 (REF) ⁽³⁾ | | 0.039 (REF) ⁽³⁾ | |
| θ | 0° | 8° | 0° | 8° |

注意:

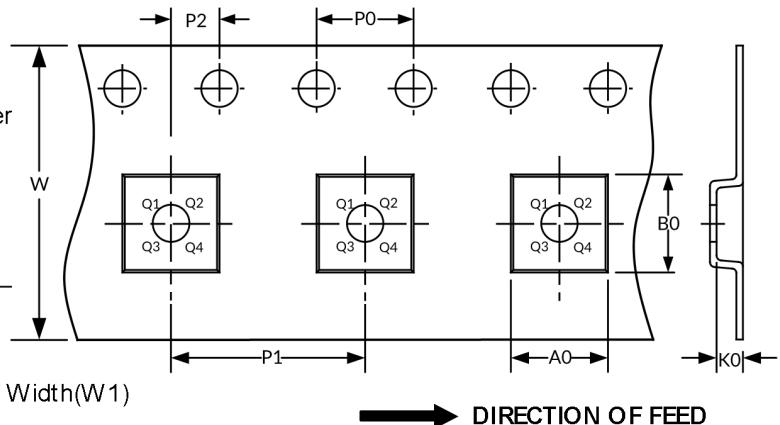
1. 不包括每侧最大 0.15mm 的塑料或金属突起。
2. BSC (基本中心间距) , “基本” 间距为标称间距。
3. REF 是 Reference 的缩写。
4. 本图如有更改, 恕不另行通知。

14 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 |
|--------------|---------------|----------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| ETSSOP20 | 13" | 12.4 | 6.75 | 6.95 | 1.20 | 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。