

LP5816 4 通道 I²C 接口 RGBW LED 驱动器

1 特性

- 工作电压范围
 - V_{CC} 范围：2.5V 至 5.5V
 - 逻辑引脚兼容 1.8V、3.3V 和 5V 电压
 - 输出电压高达 5.5V
- 4 个高精度恒定电流阱
 - 每个通道 0.1mA 至 51mA
 - 器件间误差：±8% (最大值)
 - 通道间误差：±3% (最大值)
 - 超低余量电压：25.5mA 时为 135mV (最大值)；51mA 时为 275mV (最大值)
- 超低功耗
 - 关断：I_{SD} = 0.1 μA (典型值)
 - 待机：I_{STB} = 22 μA (典型值)
 - 有效：
 - 当禁用输出通道时，I_{NOR} = 0.15mA (典型值)
 - 当 LED 电流为 25.5mA 时，I_{NOR} 为 0.23mA (典型值)
- 模拟调光 (电流增益控制)
 - 全局 1 位最大电流 (MC)：25.5mA 或 51mA
 - 单独的 8 位点电流 (DC) 设置
- PWM 调光频率高达 23kHz，无可闻噪声
 - 单独的 8 位 PWM 调光分辨率
 - 线性或指数调光曲线
- 400kHz (最大值) I²C 接口
- ESD：4kV HBM，1.5kV CDM
- 封装
 - 1.6mm*2.1mm SOT583-8，间距 0.5mm
 - 1.36mm*0.8mm DSBGA-8，间距 0.35mm
- -40°C 至 125°C 工作温度范围

2 应用

用于以下设备的 LED 动画和指示：

- 个人电子产品
 - 虚拟现实 (VR) 耳麦
 - 游戏控制器和外设
 - 电动玩具和机器人玩具
 - 智能扬声器
 - 无线扬声器
 - 固态硬盘 (SSD)
 - 电子智能锁
 - 耳麦/耳机和耳塞
 - GPS 个人导航设备
- WLAN/Wi-Fi 接入点
- 可视门铃

- 视频会议系统

3 说明

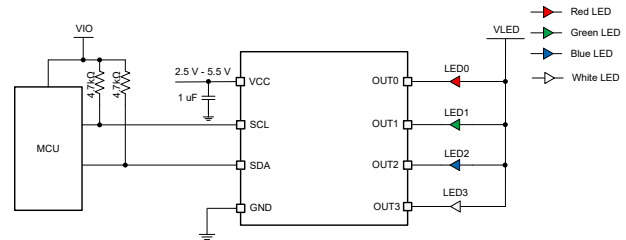
LP5816 是一款 4 通道 RGBW LED 驱动器。该器件具有超低的工作电流，在关断模式下为 0.1 μA (典型值)，启用时为 0.1mA (典型值)，LED 亮起时为 0.2mA (典型值)。

该器件采用模拟调光和 PWM 调光两种方法实现强大的调光性能。每个 LED 的输出电流可在 0.1mA 至 25.5mA 或 0.2mA 至 51mA 之间以 256 个阶跃进行调节。8 位 PWM 发生器可对 LED 亮度进行平滑且无可闻噪声的调光控制。

封装信息

| 器件型号 | 封装 | 封装尺寸 (标称值) |
|-----------|------------------|----------------|
| LP5816DRL | SOT583 (8) | 1.6mm × 2.1mm |
| LP5816YCH | DSBGA (8) (1) | 1.36mm × 0.8mm |

(1) 预览预览。



LP5816 简化原理图



内容

| | | | |
|------------------------|----|-----------------------------|----|
| 1 特性 | 1 | 7.4 器件功能模式..... | 15 |
| 2 应用 | 1 | 7.5 编程..... | 17 |
| 3 说明 | 1 | 7.6 寄存器映射..... | 19 |
| 4 器件比较 | 3 | 8 应用和实施 | 27 |
| 5 引脚配置和功能 | 4 | 8.1 应用信息..... | 27 |
| 6 规格 | 5 | 8.2 典型应用..... | 27 |
| 6.1 绝对最大额定值..... | 5 | 8.3 电源相关建议..... | 32 |
| 6.2 ESD 等级..... | 5 | 8.4 布局..... | 32 |
| 6.3 建议运行条件..... | 5 | 9 器件和文档支持 | 33 |
| 6.4 热性能信息..... | 5 | 9.1 文档支持..... | 33 |
| 6.5 电气特性..... | 6 | 9.2 接收文档更新通知..... | 33 |
| 6.6 时序要求..... | 7 | 9.3 支持资源..... | 33 |
| 6.7 时序图..... | 8 | 9.4 商标..... | 33 |
| 6.8 典型特性..... | 8 | 9.5 静电放电警告..... | 33 |
| 7 详细说明 | 11 | 9.6 术语表..... | 33 |
| 7.1 概述..... | 11 | 10 修订历史记录 | 33 |
| 7.2 功能方框图..... | 11 | 11 机械、封装和可订购信息 | 34 |
| 7.3 特性说明..... | 12 | | |

4 器件比较

| 器件型号 | 封装 ⁽¹⁾ | 材料 | LED 编号 | 自动动画 | 即时闪烁 | I ² C 地址 | 软件兼容 | | |
|--------|-------------------|------------|--------|------|------|---------------------|------|---|------|
| LP5814 | SOT583-8 | LP5814DRLR | 4 | 是 | 否 | 0x2C | 是 | | |
| | DSBGA-8 | LP5814YCHR | | | | | | | |
| LP5815 | SOT583-8 | LP5815DRLR | 3 | | 是 | 0x2D | | | |
| | DSBGA-8 | LP5815YCHR | | | | | | | |
| LP5816 | SOT583-8 | LP5816DRLR | 4 | 否 | 否 | 0x2C | | | |
| | DSBGA-8 | LP5816YCHR | | | | | | | |
| LP5817 | SOT583-8 | LP5817DRLR | 3 | | | 否 | | 否 | 0x2D |
| | DSBGA-8 | LP5817YCHR | | | | | | | |

(1) 有关最新的封装信息，请参见 [机械、封装和可订购信息](#)。

5 引脚配置和功能

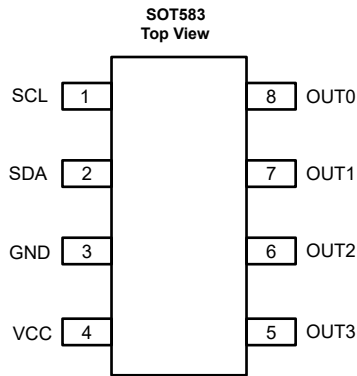


图 5-1. LP5816 DRL 封装 8 引脚 SOT583 顶视图

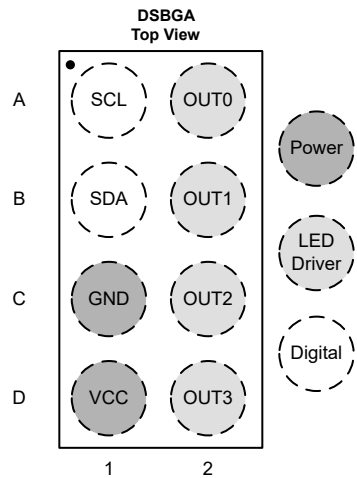


图 5-2. LP5816 YCH 封装 8 引脚 DSBGA 顶视图

表 5-1. 引脚功能

| 名称 | 引脚 | | 类型 ⁽¹⁾ | 说明 |
|------|-----|-----|-------------------|---|
| | DRL | YCH | | |
| SCL | 1 | A1 | I | I ² C 串行接口时钟输入。 |
| SDA | 2 | B1 | I/O | I ² C 串行接口数据输入/输出。 |
| GND | 3 | C1 | P | 地。 |
| VCC | 4 | D1 | P | 器件的电源。建议在该引脚和 GND 之间连接一个 1 μ F 电容器并将其放置在尽可能靠近器件的位置。 |
| OUT3 | 5 | D2 | O | 恒流阱输出 3。 |
| OUT2 | 6 | C2 | O | 恒流阱输出 2。 |
| OUT1 | 7 | B2 | O | 恒流阱输出 1。 |
| OUT0 | 8 | A2 | O | 恒流阱输出 0。 |

6 规格

6.1 绝对最大额定值

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）⁽¹⁾

| | | 最小值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|---------------------------------|------|-----|----|
| 端子上的电压范围 | VCC、SCL、SDA、OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 | -0.3 | 6 | V |
| T _J | 结温 | -40 | 150 | °C |
| T _{stg} | 贮存温度 | -65 | 150 | °C |

(1) 超出“绝对最大额定值”运行可能会对器件造成永久损坏。绝对最大额定值并不表示器件在这些条件下或在建议运行条件以外的任何其他条件下能够正常运行。如果超出“建议运行条件”但在“绝对最大额定值”范围内使用，器件可能不会完全正常运行，这可能影响器件的可靠性、功能和性能并缩短器件寿命。

6.2 ESD 等级

| | | | 值 | 单位 |
|--------------------|------|---|-------|----|
| V _(ESD) | 静电放电 | 人体放电模型 (HBM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-001 标准，所有引脚 ⁽¹⁾ | ±4000 | V |
| | | 充电器件模型 (CDM)，符合 ANSI/ESDA/JEDEC JS-002 标准，所有引脚 ⁽²⁾ | ±1500 | |

(1) JEDEC 文档 JEP155 指出：500V HBM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

(2) JEDEC 文档 JEP157 指出：250V CDM 时能够在标准 ESD 控制流程下安全生产。

6.3 建议运行条件

在自然通风条件下的工作温度范围内测得（除非另有说明）

| | | 最小值 | 标称值 | 最大值 | 单位 |
|---------------------|----------------------------|-----|-----|-----|----|
| V _{CC} | 输入电压范围 | 2.5 | | 5.5 | V |
| C _{IN} | 有效输入电容范围 | 1 | 4.7 | | μF |
| OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 | OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 引脚上的电压 | 0 | | 5.5 | V |
| SCL、SDA | SCL、SDA 引脚上的电压 | 0 | | 5.5 | V |
| T _A | 环境温度 | -40 | | 85 | °C |
| T _J | 工作结温 | -40 | | 125 | °C |

6.4 热性能信息

| 热指标 ⁽¹⁾ | | LP5816 | 单位 |
|-----------------------|------------|--------------|------|
| | | DRL (SOT583) | |
| | | 8 引脚 | |
| R _{θJA} | 结至环境热阻 | 118.9 | °C/W |
| R _{θJC(top)} | 结至外壳（顶部）热阻 | 47.1 | °C/W |
| R _{θJB} | 结至电路板热阻 | 27.5 | °C/W |
| Ψ _{JT} | 结至顶部特征参数 | 1.4 | °C/W |
| Ψ _{JB} | 结至电路板特征参数 | 27.2 | °C/W |
| R _{θJC(bot)} | 结至外壳（底部）热阻 | 不适用 | °C/W |

(1) 有关新旧热指标的更多信息，请参阅[半导体和 IC 封装热指标应用报告](#)。

6.5 电气特性

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $C_{IN} = 1\ \mu\text{F}$ 。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|------------------|---|---|-----|------|-------|---------------|
| 电源 | | | | | | |
| V_{CC} | 输入电压范围 | | 2.5 | | 5.5 | V |
| V_{CC_UVLO} | 欠压锁定阈值 | V_{CC} 上升 | 2.2 | 2.3 | 2.4 | V |
| | | V_{CC} 下降 | 2 | 2.1 | 2.2 | V |
| I_{SD} | 流入 V_{CC} 引脚的关断电流 | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ | | 0.1 | 0.3 | μA |
| I_{STB} | 流入 V_{CC} 引脚的待机电流 | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $\text{CHIP_EN} = 0$ (位) | | 22 | 26 | μA |
| I_{NOR} | 流入 V_{CC} 引脚的正常工作的电流 | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $\text{CHIP_EN} = 1$ (位)， $\text{OUT0_EN} = \text{OUT1_EN} = \text{OUT2_EN} = \text{OUT3_EN} = 0$ (位) | | 0.15 | 0.17 | mA |
| I_{NOR} | 流入 V_{CC} 引脚的正常工作的电流 | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $\text{CHIP_EN} = 1$ (位)， $\text{OUT0_EN} = \text{OUT1_EN} = \text{OUT2_EN} = \text{OUT3_EN} = 1$ (位)， $I_{\text{OUT0}} = I_{\text{OUT1}} = I_{\text{OUT2}} = I_{\text{OUT3}} = 25.5\text{mA}$ (MAX_CURRENT = 0 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$) | | 0.23 | 0.29 | mA |
| LED 驱动器输出 | | | | | | |
| I_{CS} | 恒流阱输出范围 | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $V_{LED} = 5\text{V}$ ，MAX_CURRENT = 0 (位)， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$ (100% 开启) | 0.1 | | 25.5 | mA |
| | | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $V_{LED} = 5\text{V}$ ，MAX_CURRENT = 1 (位)， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$ (100% 开启) | 0.2 | | 51 | mA |
| I_{CS_LKG} | 恒流阱漏电流 | $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $\text{OUTx} = 1\text{V}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = 0$ (0%) | | 0.1 | 1 | μA |
| I_{ERR_D2D} | 器件间的电流误差， $I_{ERR_D2D} = (I_{AVE} - I_{SET}) / I_{SET} \times 100\%$ | 所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (MAX_CURRENT = 0 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$) | -8 | | 8 | % |
| | | 所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (MAX_CURRENT = 1 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$) | -8 | | 8 | % |
| I_{ERR_C2C} | 通道间的电流误差 $I_{ERR_C2C} = (I_{\text{OUTx}} - I_{AVE}) / I_{AVE} \times 100\%$ | 所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (MAX_CURRENT = 0 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$) | -3 | | 3 | % |
| | | 所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (MAX_CURRENT = 1 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$) | -2 | | 2 | % |
| V_{HR} | LED 驱动器输出余量电压 | 所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (MAX_CURRENT = 0 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$)， $V_{CC} = 3.6\text{V}$ | | | 0.135 | V |
| | | 所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (MAX_CURRENT = 1 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$)， $V_{CC} = 3.6\text{V}$ | | | 0.275 | V |
| | | 所有 LED 均亮起。电流设置为 25.5mA (MAX_CURRENT = 0 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$)， $V_{CC} = 2.5\text{V}$ | | | 0.15 | V |
| | | 所有 LED 均亮起。电流设置为 51mA (MAX_CURRENT = 1 (位)， $\text{OUTx_DC} = \text{FFh}$ ， $\text{OUTx_MANUAL_PWM} = \text{FFh}$)， $V_{CC} = 2.5\text{V}$ | | | 0.3 | V |
| f_{LED_PWM} | PWM 调光频率 | | | 23 | | kHz |
| f_{OSC} | 内部振荡器频率 | | | 6 | | MHz |

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $C_{IN} = 1\ \mu\text{F}$ 。

| 参数 | | 测试条件 | 最小值 | 典型值 | 最大值 | 单位 |
|-----------------|-------------------|----------------------|-----|-----|-----|--------------------|
| 逻辑接口 | | | | | | |
| V_{IH_LOGIC} | SDA、SCL 上的高电平输入电压 | | 1.4 | | | V |
| V_{IL_LOGIC} | SDA、SCL 上的低电平输入电压 | | | | 0.4 | V |
| V_{OL_LOGIC} | SDA 上的低电平输出电压 | | | | 0.4 | V |
| 保护 | | | | | | |
| T_{SD} | LED 驱动器器件的热关断阈值 | T_J 上升 | | 150 | | $^{\circ}\text{C}$ |
| T_{SD_HYS} | 热关断迟滞 | T_J 降至 T_{SD} 以下 | | 15 | | $^{\circ}\text{C}$ |

6.6 时序要求

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$)， $V_{CC} = 3.6\text{V}$ ， $C_{IN} = 1\ \mu\text{F}$ 。

| I²C 时序要求 | | 最小值 | 标称值 | 最大值 | 单位 |
|----------------------------|--|-----|-----|------|---------------|
| 标准模式 | | | | | |
| f_{SCL} | SCL 时钟频率 | 0 | | 100 | kHz |
| 1 | (重复) START 条件后的保持时间。在此时间段之后，生成第一个时钟脉冲。 | 4 | | | μs |
| 2 | SCL 时钟的低电平周期 | 4.7 | | | μs |
| 3 | SCL 时钟的高电平周期 | 4 | | | μs |
| 4 | 重复 START 条件的建立时间 | 4.7 | | | μs |
| 5 | 数据保持时间 | 0 | | | μs |
| 6 | 数据建立时间 | 250 | | | ns |
| 7 | SDA 和 SCL 信号的上升时间 | | | 1000 | ns |
| 8 | SDA 和 SCL 信号的下降时间 | | | 300 | ns |
| 9 | STOP 条件的建立时间 | 4 | | | μs |
| 10 | STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间 | 4.7 | | | μs |
| C_b | 每个总线的容性负载 | | | 400 | pF |
| 快速模式 | | | | | |
| f_{SCL} | SCL 时钟频率 | 0 | | 400 | kHz |
| 1 | (重复) START 条件后的保持时间。在此时间段之后，生成第一个时钟脉冲。 | 0.6 | | | μs |
| 2 | SCL 时钟的低电平周期 | 1.3 | | | μs |
| 3 | SCL 时钟的高电平周期 | 0.6 | | | μs |
| 4 | 重复 START 条件的建立时间 | 0.6 | | | μs |
| 5 | 数据保持时间 | 0 | | | μs |
| 6 | 数据建立时间 | 100 | | | ns |
| 7 | SDA 和 SCL 信号的上升时间 | | | 300 | ns |
| 8 | SDA 和 SCL 信号的下降时间 | | | 300 | ns |
| 9 | STOP 条件的建立时间 | 0.6 | | | μs |
| 10 | STOP 与 START 条件之间的总线空闲时间 | 1.3 | | | μs |
| C_b | 每个总线的容性负载 | | | 400 | pF |

6.7 时序图

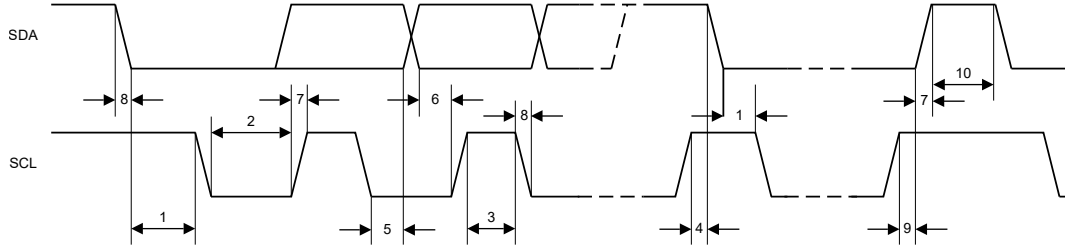


图 6-1. I²C 时序参数

6.8 典型特性

除非另有说明，否则典型特性适用于整个环境温度范围 (-40°C < T_A < +85°C)，V_{CC} = 3.6V，C_{IN} = 1 μF

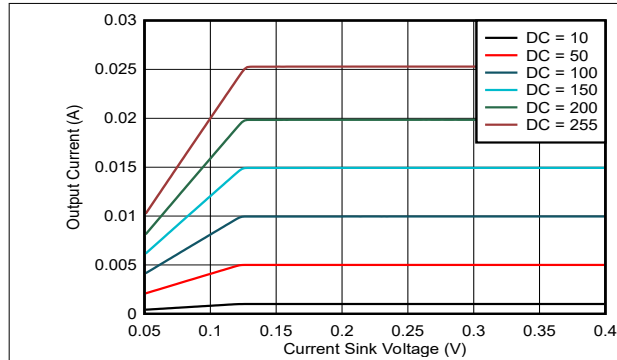


图 6-2. 电流阱电压与电流间的关系 (MC = 0, VCC = 2.5V)

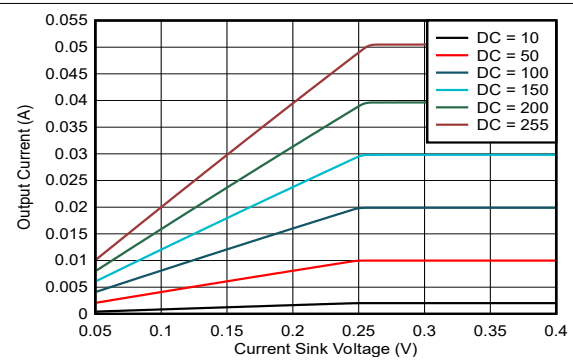


图 6-3. 电流阱电压与电流间的关系 (MC = 1, VCC = 2.5V)

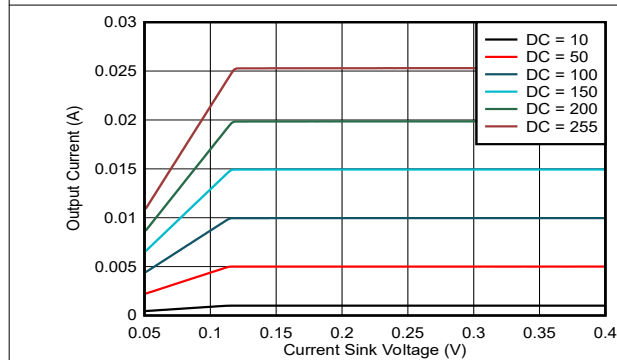


图 6-4. 电流阱电压与电流间的关系 (MC = 0, VCC = 3.6V)

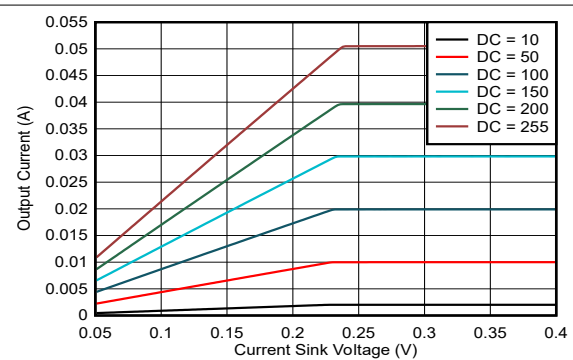


图 6-5. 电流阱电压与电流间的关系 (MC = 1, VCC = 3.6V)

6.8 典型特性 (续)

除非另有说明, 否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$), $V_{CC} = 3.6\text{V}$, $C_{IN} = 1\mu\text{F}$

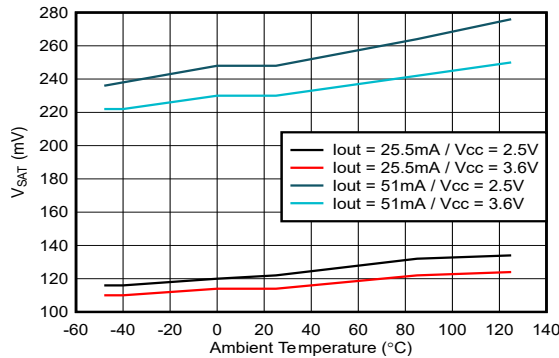


图 6-6. V_{SAT} 与温度间的关系

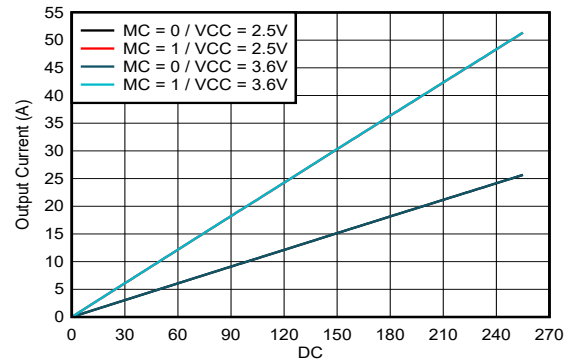


图 6-7. DC 与电流间的关系

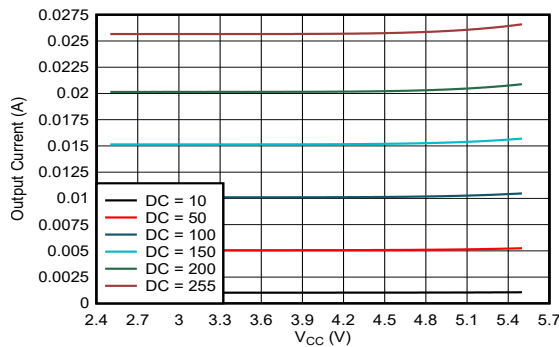


图 6-8. V_{CC} 与电流间的关系 ($MC = 0$)

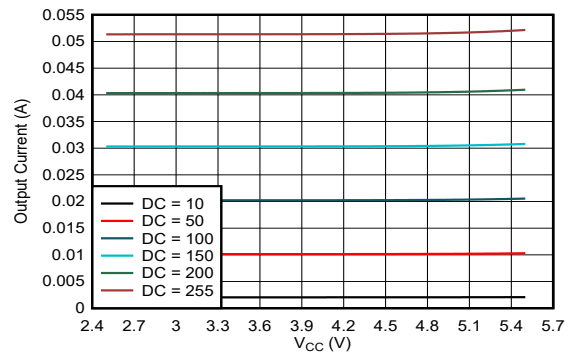


图 6-9. V_{CC} 与电流间的关系 ($MC = 1$)

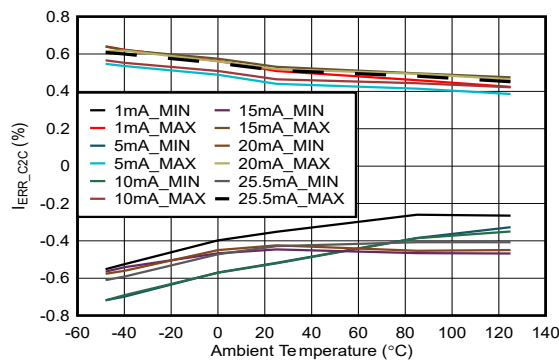


图 6-10. 通道间电流精度与温度间的关系 ($MC = 0$, $V_{CC} = 2.5\text{V}$)

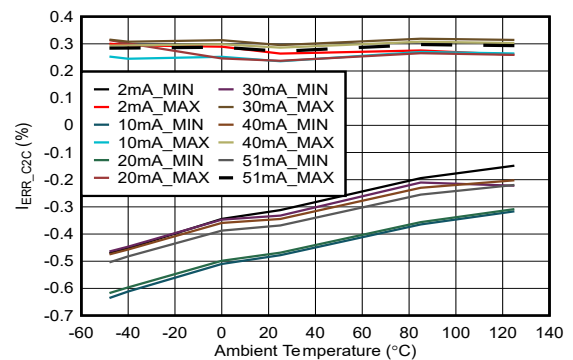


图 6-11. 通道间电流精度与温度间的关系 ($MC = 1$, $V_{CC} = 2.5\text{V}$)

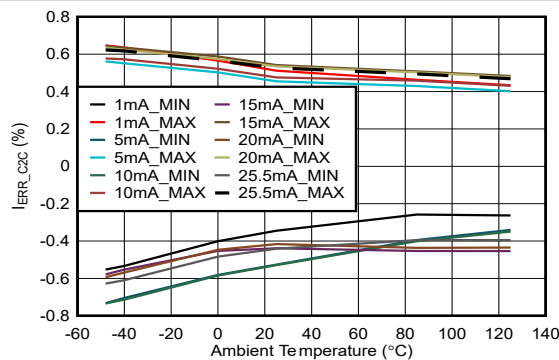


图 6-12. 通道间电流精度与温度间的关系 ($MC = 0$, $V_{CC} = 3.6\text{V}$)

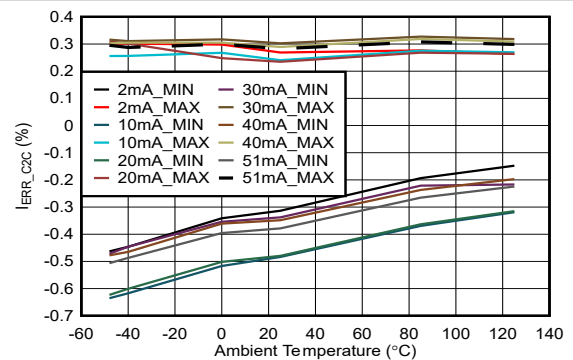


图 6-13. 通道间电流精度与温度间的关系 ($MC = 1$, $V_{CC} = 3.6\text{V}$)

6.8 典型特性 (续)

除非另有说明, 否则典型特性适用于整个环境温度范围 ($-40^{\circ}\text{C} < T_A < +85^{\circ}\text{C}$), $V_{CC} = 3.6\text{V}$, $C_{IN} = 1\ \mu\text{F}$

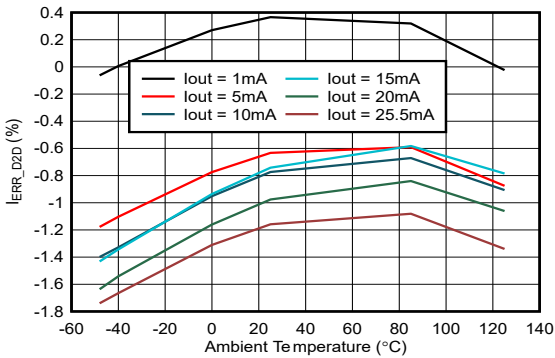


图 6-14. 器件间电流精度与温度间的关系 (MC = 0, VCC = 2.5V)

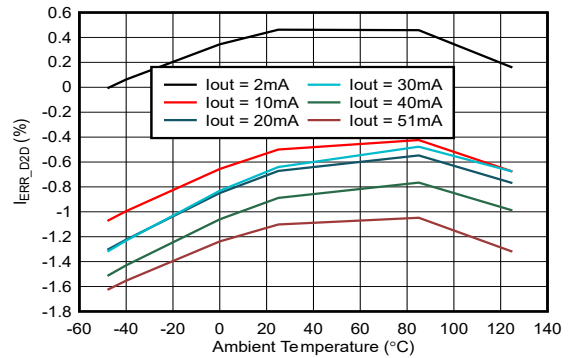


图 6-15. 器件间电流精度与温度间的关系 (MC = 1, VCC = 2.5V)

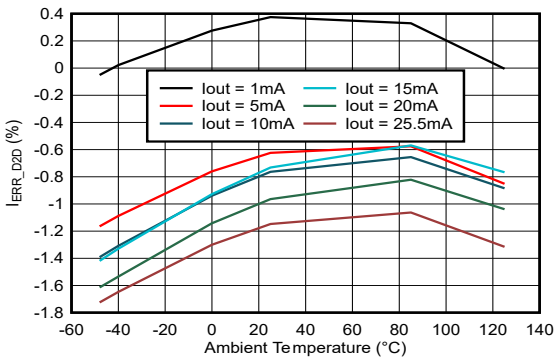


图 6-16. 器件间电流精度与温度间的关系 (MC = 0, VCC = 3.6V)

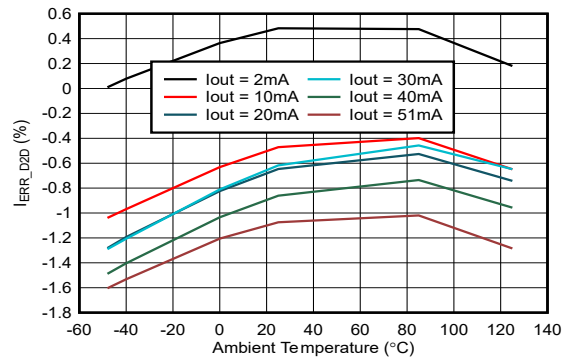


图 6-17. 器件间电流精度与温度间的关系 (MC = 1, VCC = 3.6V)

7 详细说明

7.1 概述

LP5816 是一款功能的 4 通道 RGBW LED 驱动器。每个通道的最大输出电流高达 51mA，且可在 0 至全电流范围内以 256 个阶跃进行调节。除了模拟调光之外，每个通道都支持 8 位 PWM 调光。

LP5816 具有超低关断电流，约为 0.1uA。控制 LP5816 进入关断模式的方法有两种，发送 SHUTDOWN 命令或不断下拉 SCL，这可以提高系统设计的灵活性，满足不同的应用要求。

7.2 功能方框图

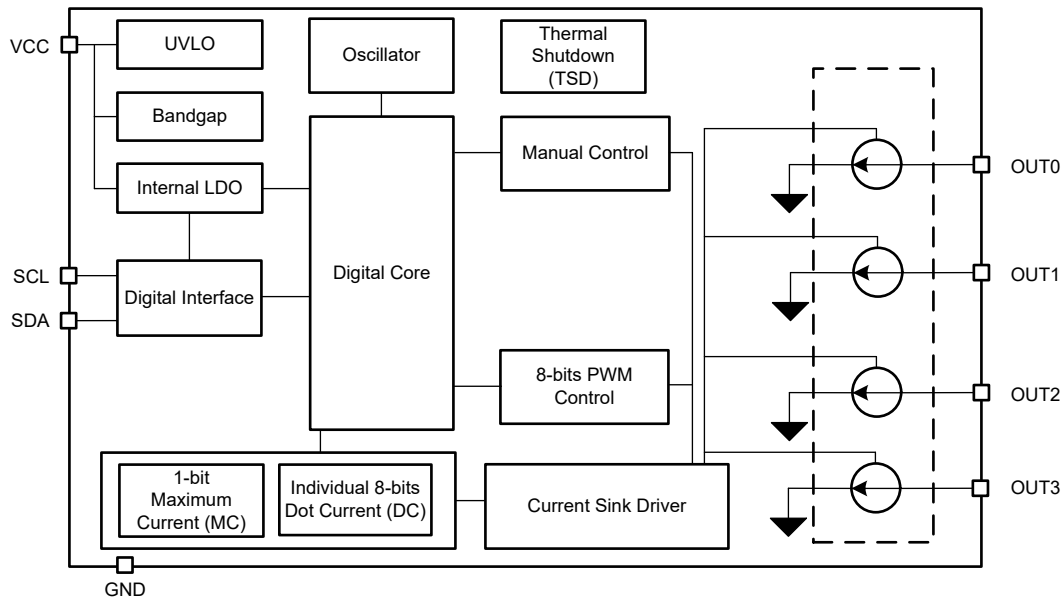


图 7-1. LP5816 功能模块

7.3 特性说明

7.3.1 模拟调光

有两种方法可以控制每个输出通道的电流增益。

- 对所有通道进行全局 1 位最大电流 (MC) 控制，无需外部电阻
- 对每个通道进行单独的 8 位点电流 (DC) 控制

每个通道的最大输出电流 I_{OUT_max} 可通过 1 位 MAX_CURRENT 进行编程。当器件通电时，MC 的默认值为 0h，即 25.5mA。

表 7-1. 最大电流 (MC) 位设置

| 1 位最大电流 (MC) | | I_{OUT_MAX} (mA) |
|--------------|---------|---------------------|
| 二进制 | 十进制 | |
| 0 (默认值) | 0 (默认值) | 25.5 (默认值) |
| 1 | 1 | 51 |

LP5816 可以使用点电流 (DC) 功能单独调节每个通道的模拟输出电流。通过 DC 设置最大限度地减少 LED Bin 之间的亮度偏差，从而实现一致的显示性能。DC 编程为 8 位深度，因此可以在 I_{OUT_MAX} 的 0 至 100% 范围内以 256 个阶跃调节模拟电流。所有 DC 的默认值为 0h，这不是电流输出。

表 7-2. 点电流 (DC) 位设置

| 8 位点电流 (DC) 寄存器 | | I_{OUT_MAX} 的比率 |
|-----------------|---------|--------------------|
| 二进制 | 十进制 | |
| 0000 0000 (默认值) | 0 (默认值) | 0% (默认值) |
| 0000 0001 | 1 | 0.39% |
| 0000 0010 | 2 | 0.78% |
| --- | --- | --- |
| 1000 0000 | 128 | 50.2% |
| --- | --- | --- |
| 1111 1101 | 253 | 99.2% |
| 1111 1110 | 254 | 99.6% |
| 1111 1111 | 255 | 100% |

通过配置 MC 和 DC，可以使用 [方程式 1](#) 计算每个通道的模拟输出电流：

$$I_{OUT} (mA) = I_{OUT_MAX} \times \frac{DC}{255} \quad (1)$$

可使用 [方程式 2](#) 计算每个通道的平均输出电流：

$$I_{AVE} (mA) = I_{OUT_MAX} \times \frac{DC}{255} \times D_{PWM} \quad (2)$$

- D_{PWM} 是 PWM 占空比。

7.3.2 PWM 调光

LP5816 支持频率为 23kHz 的 8 位 PWM 调光。本器件集成了一个内部 6MHz 振荡器，用于来生成 PWM 时钟。

每个通道的 PWM 输出值由 OUT0_MANUAL_PWM、OUT1_MANUAL_PWM、OUT2_MANUAL_PWM 和 OUT3_MANUAL_PWM 单独控制。

如果 DEV_CONFIG2 寄存器中的 OUT0_FADE_EN、OUT1_FADE_EN、OUT2_FADE_EN 和 OUT3_FADE_EN 位置为 0，则输出 PWM 值会立即更新至接收到的最新 PWM 设定值。

如果 DEV_CONFIG2 寄存器中的 OUT0_FADE_EN、OUT1_FADE_EN、OUT2_FADE_EN 和 OUT3_FADE_EN 位置为 1，则会启用淡入或淡出功能，输出 PWM 会在 OUT_FADE_TIME 定义的时间周期内平缓增加或减小至接收到的最新 PWM 值。

LP5816 允许用户通过 DEV_CONFIG3 寄存器中的 OUT0_EXP_EN、OUT1_EXP_EN、OUT2_EXP_EN 和 OUT3_EXP_EN 将每个通道的调光标度单独配置为指数曲线或线性曲线。通过使用内部指数标度，实现对人眼友好的视觉效果。线性标度在 PWM 占空比和 PWM 设定值之间具有出色的线性度，可为外部控制伽马校正算法提供灵活的方法。8 位线性曲线和指数曲线如 图 7-2 所示。

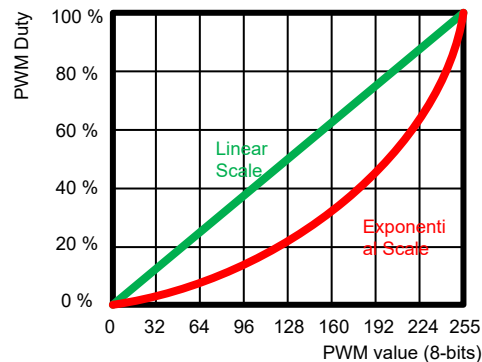


图 7-2. 线性 and 指数 PWM 调光曲线

7.3.3 Sloper

在手动控制模式下，当 DEV_CONFIG2 寄存器中的 LED0_FADE_EN、LED1_FADE_EN、LED2_FADE_EN 和 LED3_FADE_EN 位置 1 时，支持输出淡入或淡出。Sloper 是实现自主淡入和淡出动画的基本元素。输出可以在规定时间周期 T 内实现从“PWM_Start”到“PWM_End”的 256 个阶跃淡入或淡出效果，如 图 7-3 所示。Sloper 中也可以支持指数调光曲线。

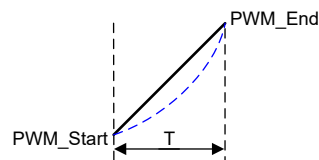


图 7-3. Sloper 曲线演示

可编程时间 T 可在 0s 到大约 8s 之间选择，有 16 级，如 表 7-3 所示。

表 7-3. 可编程时间选项

| 寄存器值 | 0h | 1h | 2h | 3h | 4h | 5h | 6h | 7h | 8h | 9h | Ah | Bh | Ch | Dh | Eh | Fh |
|----------|----|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|-------|------|----|----|----|----|----|
| 时间 (典型值) | 0s | 0.05s | 0.1s | 0.15s | 0.2s | 0.25s | 0.3s | 0.35s | 0.4s | 0.45s | 0.5s | 1s | 2s | 4s | 6s | 8s |

7.3.4 保护功能

7.3.4.1 UVLO

LP5816 具有一个用于监测 VCC 电压的内部比较器。当 VCC 低于 VCC_UVLO 时，器件复位并保持上电复位 (POR) 状态。当 VCC 升至高于 VCC_UVLO 时，器件进入初始化模式，且 POR 标志置 1。当 CHIP_EN = 1 时，需通过将 POR_CLR 位置 1 来手动将 POR 标志清零。

7.3.4.2 热关断

LP5816 实现了热关断机制，以防止器件因过热而损坏。当器件的结温升至 155°C (典型值) 时，器件会关闭所有输出通道。将 TSD 标志置 1，以指示触发了热关断。当结温降至 140°C (典型值) 时，LP5816 退出热关断模式。当 CHIP_EN = 1 时，需通过将 TSD_CLR 位置 1 来手动将 TSD 标志清零。

7.4 器件功能模式

图 7-4 展示了 LED 驱动器的功能模式。

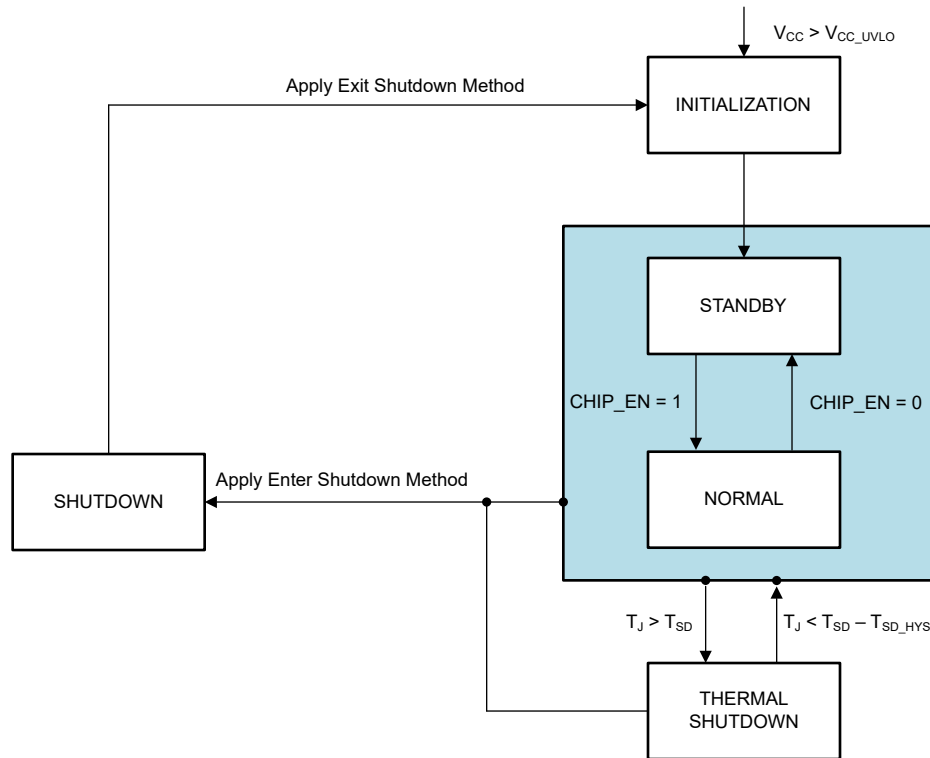


图 7-4. 功能模式

7.4.1 初始化模式

当 VCC 电压升至高于 V_{CC_UVLO} 或退出关断模式时，LP5816 进入初始化模式。在初始化模式下，LP5816 会将所有寄存器复位至默认值。退出初始化模式后，POR 标志置 1，用于指示复位历史记录。

7.4.2 待机和正常模式

退出初始化模式或热关断模式后，LP5816 会在 $CHIP_EN = 0$ 时进入待机模式或在 $CHIP_EN = 1$ 时进入正常模式。

当保持在待机或正常模式时，

- 当应用进入关断模式方法时，LP5816 进入关断模式。关断模式中介绍了进入关断模式方法。
- 当 LP5816 的结温升至热关断阈值 T_{SD} 以上时，LP5816 就会关闭所有输出通道并进入热关断模式。

7.4.3 关断模式

LP5816 支持关断模式，以最大限度地降低 VCC 的功耗。在关断模式下，来自 VCC 的静态电流降至 0.1 uA (典型值)。LP5816 有两对方法可以控制器件进入和退出关断模式。

- 图 7-5 显示了方法 1
 - 进入关断模式，通过 I²C 通信将 0x33 写入寄存器 0xD 来发送 Shutdown_command。
 - 退出关断模式，切换 SDA 8 次以生成 8 个下降沿，同时将 SCL 保持为高电平。SDA 支持的最大切换频率为 100kHz。
- 图 7-6 显示了方法 2
 - 进入关断模式，持续下拉 SCL 100ms，同时将 SDA 保持为高电平。

- 退出关断模式，上拉 SCL 以生成一个上升沿，无论 SDA 状态如何。

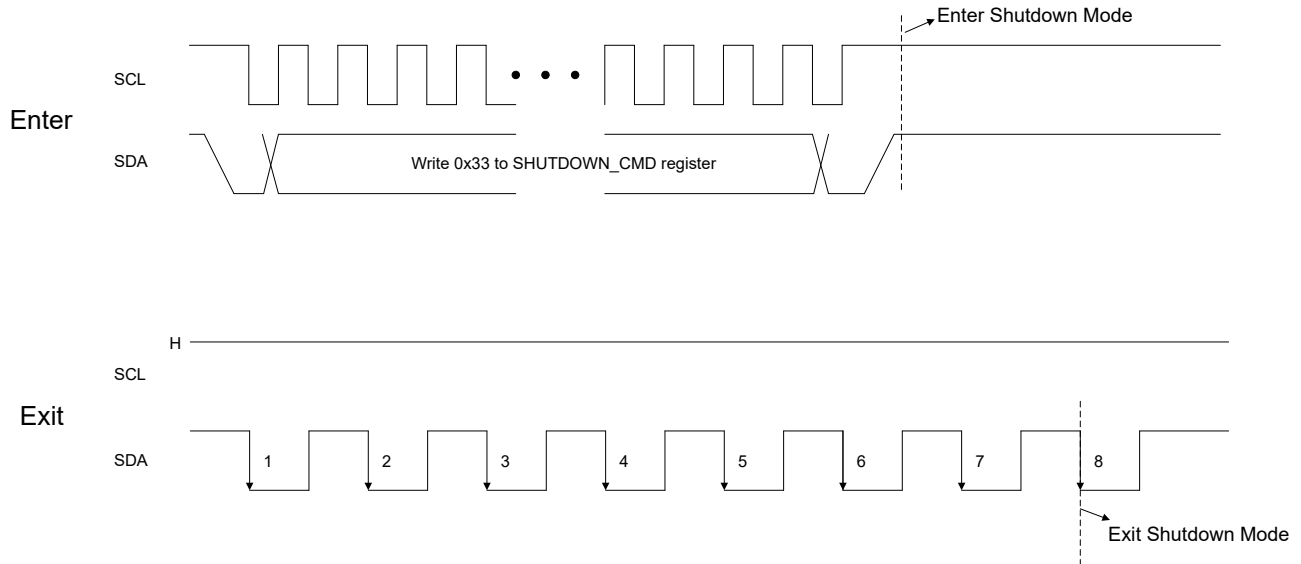


图 7-5. 进入和退出关断模式方法对 1

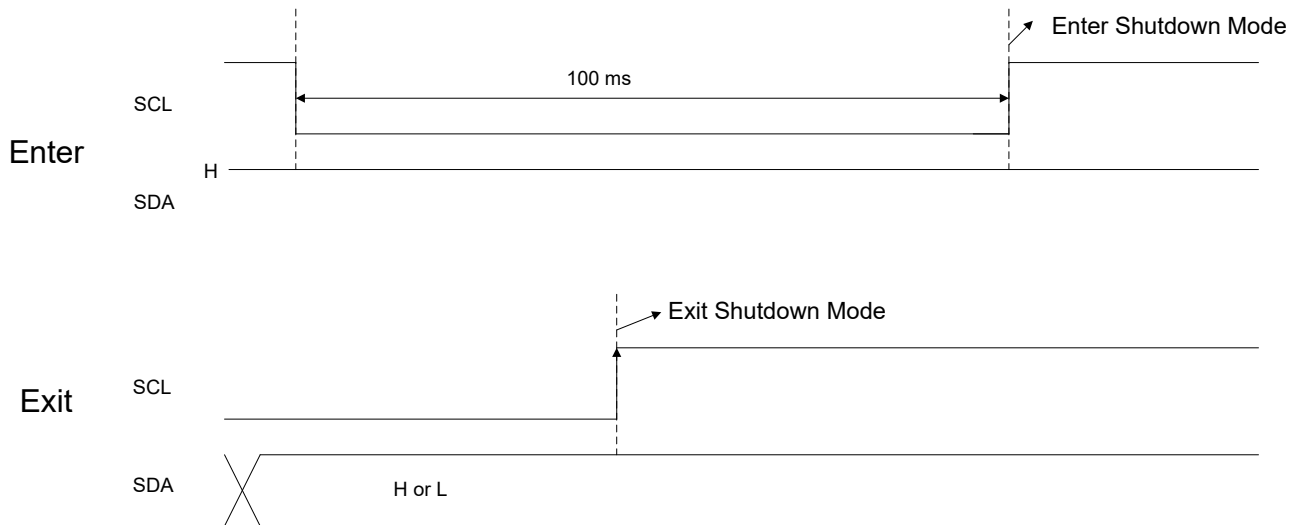


图 7-6. 进入和退出关断模式方法对 2

7.4.4 热关断模式

当 LP5816 在热关断模式下时，所有输出通道均关闭。当使用进入关断方法时，I2C 接口仍处于工作状态，且 LP5816 进入关断模式。

当 LP5816 的结温降至热关断阈值以下时，在退出热关断模式后，LP5816 会在 CHIP_EN = 0 时进入待机模式，或在 CHIP_EN = 1 时进入正常模式。当 CHIP_EN = 1 时，需通过将 TSD_CLR 位置 1 来手动清除 TSD 标志。

7.5 编程

LP5816 与 I²C 标准规范兼容。本器件支持标准模式 (最大频率为 100kHz) 快速模式 (最大频率为 400kHz)。本器件的芯片地址为 0x2C。

7.5.1 I²C 数据事务

在时钟信号 (SCL) 的高电平期间, SDA 线上的数据必须保持稳定。换句话说,只有在时钟信号为低电平时才能改变数据线的状态。启动和停止条件对数据传输会话的开始和结束进行分类。启动条件定义为 SDA 信号在数据传输会话开始和结束时转换。启动条件定义为当 SCL 线为高电平时 SDA 信号从高电平到低电平的转换。停止条件定义为当 SCL 为高电平时 SDA 从低电平到高电平的转换。总线领导者始终生成启动和停止条件。总线在启动条件之后被视为忙状态,在停止条件之后被视为空闲状态。在数据发送期间,总线领导者可以生成重复的启动条件。首次启动和重复启动条件在功能上是等效的。

每个数据字节必须后跟一个确认位。领导者生成与确认相关的时钟脉冲。领导者会在确认时钟脉冲期间释放 SDA 线 (高电平)。该器件在第 9 个时钟脉冲期间将 SDA 线拉低,表示确认。该器件在收到每个字节后生成确认。

在每个字节后确认的规则有一个例外。当主设备是接收器时,接收器必须通过不确认 (否定确认) 从设备随时钟输出的最后一个字节来向发送器指示数据结束。该否定确认仍包含确认时钟脉冲 (由领导者生成),但未将 SDA 线拉至低电平。

7.5.2 I²C 数据格式

地址和数据位在每个周期中以 8 位长度格式发送,首先发送 MSB。每次发送都从地址字节 1 开始,该字节分为 7 位的芯片地址以及 1 个读取/写入位。寄存器地址的 8 位被放置在地址字节 2 中。该器件支持独立模式和广播模式。利用自动递增功能,可以在一次发送中对多个连续的寄存器进行写入/读取。如果不连续,则必须开始新的发送。

表 7-4. I²C 数据格式

| 地址字节 1 | 芯片地址 | | | | | | | | R/W |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--------------|-----|
| | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 | |
| 独立式 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | R : 1, W : 0 | |
| 广播 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | | |
| 地址字节 2 | 寄存器地址 | | | | | | | | |
| | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 | |
| | 第 7 位 | 第 6 位 | 第 5 位 | 第 4 位 | 第 3 位 | 第 2 位 | 第 1 位 | 0 位 | |

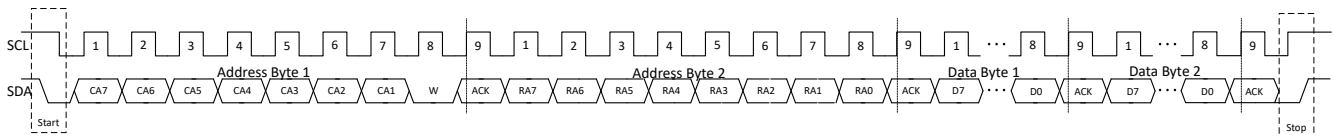


图 7-7. I²C 写入时序

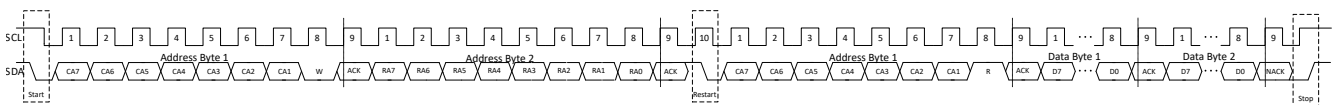


图 7-8. I²C 读取时序

7.5.3 命令描述

LP5816 具有 3 条专用软件命令,即 Shutdown_command、Reset_command 和 Update_command。

- 器件进入关断模式有 2 种方法,而发送 **Shutdown_command** 则是其中一种,如 [关断模式](#) 中所述。

- 发送 **Reset_command**，将所有寄存器复位为默认值。
- 发送 **Update_command**，使 [表 7-5](#) 中所示器件配置寄存器中修改的值生效。仅当 `CHIP_EN = 1` 时，LP5816 才会对 **Update_command** 做出响应。

表 7-5. Update_command 控制寄存器

| 寄存器地址 | 寄存器缩写 |
|-------------|-----------------------------|
| 0x01 至 0x04 | DEV_CONGIFx, x = 0, 1, 2, 3 |

7.6 寄存器映射

表 7-6. 寄存器映射

| 地址 | 首字母缩写词 | 位 7 | 位 6 | 位 5 | 位 4 | 位 3 | 位 2 | 位 1 | 位 0 |
|-----|-----------------|-----------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 0h | CHIP_EN | RESERVED | | | | | | | CHIP_EN |
| 1h | DEV_CONFIG0 | RESERVED | | | | | | | MAX_CURREN |
| 2h | DEV_CONFIG1 | RESERVED | | | | OUT3_EN | OUT2_EN | OUT1_EN | OUT0_EN |
| 3h | DEV_CONFIG2 | LED_FADE_TIME | | | | OUT3_FADE_EN | OUT2_FADE_EN | OUT1_FADE_EN | OUT0_FADE_EN |
| 4h | DEV_CONFIG3 | OUT3_EXP_EN | OUT2_EXP_EN | OUT1_EXP_EN | OUT0_EXP_EN | RESERVED | | | |
| Dh | SHUTDOWN_CMD | 关断 | | | | | | | |
| Eh | RESET_CMD | 复位 | | | | | | | |
| Fh | UPDATE_CMD | UPDATE | | | | | | | |
| 13h | FLAG_CLR | RESERVED | | | | | | TSD_CLR | POR_CLR |
| 14h | OUT0_DC | OUT0_DC | | | | | | | |
| 15h | OUT1_DC | OUT1_DC | | | | | | | |
| 16h | OUT2_DC | OUT2_DC | | | | | | | |
| 17h | OUT3_DC | OUT3_DC | | | | | | | |
| 18h | OUT0_MANUAL_PWM | OUT0_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| 19h | OUT1_MANUAL_PWM | OUT1_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| 1Ah | OUT2_MANUAL_PWM | OUT2_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| 1Bh | OUT3_MANUAL_PWM | OUT3_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| 40h | FLAG | RESERVED | | | | | | TSD | POR |

复杂的位访问类型经过编码可适应小型表单元。表 7-7 展示了适用于此部分中访问类型的代码。

表 7-7. 寄存器映射访问类型代码

| 访问类型 | 代码 | 说明 |
|--------|-----|-----------|
| 读取类型 | | |
| R | R | 读取 |
| 写入类型 | | |
| W | W | 写入 |
| W1C | W1C | 写入 1 以清零 |
| 复位或默认值 | | |
| -n | | 复位后的值或默认值 |

7.6.1 CHIP_EN (地址 = 0h) [复位 = 00h]

图 7-9 展示了 CHIP_EN，表 7-8 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-9. CHIP_EN

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----------|---|---|---|---|---|---|---------|
| RESERVED | | | | | | | CHIP_EN |
| R-0h | | | | | | | R/W-0h |

图 7-9. CHIP_EN (续)

表 7-8. CHIP_EN 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|----------|-----|----|-------------------------------|
| 7-1 | RESERVED | R | 0h | 保留 |
| 0 | CHIP_EN | R/W | 0h | 器件使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |

7.6.2 DEV_CONFIG0 (地址 = 1h) [复位 = 00h]

图 7-10 展示了 DEV_CONFIG0，表 7-9 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-10. DEV_CONFIG0

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----------|---|---|---|---|---|---|-------------|
| RESERVED | | | | | | | MAX_CURRENT |
| R-0h | | | | | | | R/W-0h |

表 7-9. DEV_CONFIG0 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|-------------|-----|----|---------------------------------------|
| 7-1 | RESERVED | R | 0h | 保留 |
| 0 | MAX_CURRENT | R/W | 0h | 最大输出电流。 0x0 = 25.5mA 0x1 = 51mA |

7.6.3 DEV_CONFIG1 (地址 = 2h) [复位 = 00h]

图 7-11 展示了 DEV_CONFIG1，表 7-10 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-11. DEV_CONFIG1

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|----------|---|---|---|---------|---------|---------|---------|
| RESERVED | | | | OUT3_EN | OUT2_EN | OUT1_EN | OUT0_EN |
| R-0h | | | | R/W-0h | R/W-0h | R/W-0h | R/W-0h |

表 7-10. DEV_CONFIG1 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|----------|-----|----|----------------------------------|
| 7-4 | RESERVED | R | 0h | 保留 |
| 3 | OUT3_EN | R/W | 0h | OUT3 使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 2 | OUT2_EN | R/W | 0h | OUT2 使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 1 | OUT1_EN | R/W | 0h | OUT1 使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |

表 7-10. DEV_CONFIG1 字段说明 (续)

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|---|---------|-----|----|----------------------------------|
| 0 | OUT0_EN | R/W | 0h | OUT0 使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |

7.6.4 DEV_CONFIG2 (地址 = 3h) [复位 = 00h]

图 7-12 展示了 DEV_CONFIG2，表 7-11 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-12. DEV_CONFIG2

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|---------------|---|---|---|--------------|--------------|--------------|--------------|
| LED_FADE_TIME | | | | OUT3_FADE_EN | OUT2_FADE_EN | OUT1_FADE_EN | OUT0_FADE_EN |
| R/W-0h | | | | R/W-0h | R/W-0h | R/W-0h | R/W-0h |

表 7-11. DEV_CONFIG2 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|---------------|-----|----|--|
| 7-4 | LED_FADE_TIME | R/W | 0h | OUT 淡入淡出 Sloper 时间。 0x0 = 0s 0x1 = 0.05s 0x2 = 0.10s 0x3 = 0.15s 0x4 = 0.20s 0x5 = 0.25s 0x6 = 0.30s 0x7 = 0.35s 0x8 = 0.40s 0x9 = 0.45s 0xA = 0.50s 0xB = 1.00s 0xC = 2.00s 0xD = 4.00s 0xE = 6.00s 0xF = 8.00s |
| 3 | OUT3_FADE_EN | R/W | 0h | OUT3 淡入和淡出使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 2 | OUT2_FADE_EN | R/W | 0h | OUT2 淡入和淡出使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 1 | OUT1_FADE_EN | R/W | 0h | OUT1 淡入和淡出使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 0 | OUT0_FADE_EN | R/W | 0h | OUT0 淡入和淡出使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |

7.6.5 DEV_CONFIG3 (地址 = 4h) [复位 = 00h]

图 7-13 展示了 DEV_CONFIG3，表 7-12 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-13. DEV_CONFIG3

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------------|-------------|-------------|-------------|----------|---|---|---|
| OUT3_EXP_EN | OUT2_EXP_EN | OUT1_EXP_EN | OUT0_EXP_EN | RESERVED | | | |
| R/W-0h | R/W-0h | R/W-0h | R/W-0h | R-0h | | | |

表 7-12. DEV_CONFIG3 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|-------------|-----|----|---|
| 7 | OUT3_EXP_EN | R/W | 0h | OUT3 指数 PWM 调光使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 6 | OUT2_EXP_EN | R/W | 0h | OUT2 指数 PWM 调光使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 5 | OUT1_EXP_EN | R/W | 0h | OUT1 指数 PWM 调光使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 4 | OUT0_EXP_EN | R/W | 0h | OUT0 指数 PWM 调光使能。 0x0 = 禁用 0x1 = 启用 |
| 3-0 | RESERVED | R | 0h | 保留 |

7.6.6 SHUTDOWN_CMD (地址 = Dh) [复位 = 00h]

图 7-14 展示了 SHUTDOWN_CMD，表 7-13 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-14. SHUTDOWN_CMD

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|
| 关断 | | | | | | | |
| W-0h | | | | | | | |

表 7-13. SHUTDOWN_CMD 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|----|----|----|---------------|
| 7-0 | 关断 | W | 0h | 0x33 = 进入关断模式 |

7.6.7 RESET_CMD (地址 = Eh) [复位 = 00h]

图 7-15 展示了 RESET_CMD，表 7-14 中对此进行了介绍。

返回到汇总表。

图 7-15. RESET_CMD

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|------|---|---|---|---|---|---|---|
| 复位 | | | | | | | |
| W-0h | | | | | | | |

表 7-14. RESET_CMD 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|----|----|----|---------------------|
| 7-0 | 复位 | W | 0h | 0xCC = 将所有寄存器复位为默认值 |

7.6.8 UPDATE_CMD (地址 = Fh) [复位 = 00h]

图 7-16 展示了 UPDATE_CMD，表 7-15 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-16. UPDATE_CMD

| | | | | | | | |
|--------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| UPDATE | | | | | | | |
| W-0h | | | | | | | |

表 7-15. UPDATE_CMD 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|--------|----|----|---------------------|
| 7-0 | UPDATE | W | 0h | 0x55 = 更新所有器件配置寄存器值 |

7.6.9 FLAG_CLR (地址 = 13h) [复位 = 00h]

图 7-17 展示了 FLAG_CLR，表 7-16 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-17. FLAG_CLR

| | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|---------|---------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RESERVED | | | | | | TSD_CLR | POR_CLR |
| R-0h | | | | | | W1C-0h | W1C-0h |

表 7-16. FLAG_CLR 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|----------|-----|----|-------------------|
| 7-2 | RESERVED | R | 0h | 保留 |
| 1 | TSD_CLR | W1C | 0h | 写入 1 以将 TSD 标志清零。 |
| 0 | POR_CLR | W1C | 0h | 写入 1 以将 POR 标志清零。 |

7.6.10 OUT0_DC (地址 = 14h) [复位 = 00h]

图 7-18 展示了 OUT0_DC，表 7-17 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-18. OUT0_DC

| | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OUT0_DC | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-17. OUT0_DC 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|---------|-----|----|-------------|
| 7-0 | OUT0_DC | R/W | 0h | OUT0 DC 设置。 |

7.6.11 OUT1_DC (地址 = 15h) [复位 = 00h]

图 7-19 展示了 OUT1_DC，表 7-18 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-19. OUT1_DC

| | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OUT1_DC | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-18. OUT1_DC 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|---------|-----|----|-------------|
| 7-0 | OUT1_DC | R/W | 0h | OUT1 DC 设置。 |

7.6.12 OUT2_DC (地址 = 16h) [复位 = 00h]

图 7-20 展示了 OUT2_DC，表 7-19 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-20. OUT2_DC

| | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OUT2_DC | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-19. OUT2_DC 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|---------|-----|----|-------------|
| 7-0 | OUT2_DC | R/W | 0h | OUT2 DC 设置。 |

7.6.13 OUT3_DC (地址 = 17h) [复位 = 00h]

图 7-21 展示了 OUT3_DC，表 7-20 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-21. OUT3_DC

| | | | | | | | |
|---------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OUT3_DC | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-20. OUT3_DC 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|---------|-----|----|-------------|
| 7-0 | OUT3_DC | R/W | 0h | OUT3 DC 设置。 |

7.6.14 OUT0_MANUAL_PWM (地址 = 18h) [复位 = 00h]

图 7-22 展示了 OUT0_MANUAL_PWM，表 7-21 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-22. OUT0_MANUAL_PWM

| | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OUT0_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-21. OUT0_MANUAL_PWM 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|-----------------|-----|----|---|
| 7-0 | OUT0_MANUAL_PWM | R/W | 0h | OUT0 手动 PWM 设置。 0x00 = 0% 0x80 = 50% 0xFF = 100% |

7.6.15 OUT1_MANUAL_PWM (地址 = 19h) [复位 = 00h]

图 7-23 展示了 OUT1_MANUAL_PWM，表 7-22 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-23. OUT1_MANUAL_PWM

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| OUT1_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-22. OUT1_MANUAL_PWM 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|-----------------|-----|----|---|
| 7-0 | OUT1_MANUAL_PWM | R/W | 0h | OUT1 手动 PWM 设置。 0x00 = 0% 0x80 = 50% 0xFF = 100% |

7.6.16 OUT2_MANUAL_PWM (地址 = 1Ah) [复位 = 00h]

图 7-24 展示了 OUT2_MANUAL_PWM，表 7-23 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-24. OUT2_MANUAL_PWM

| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| OUT2_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-23. OUT2_MANUAL_PWM 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|-----------------|-----|----|---|
| 7-0 | OUT2_MANUAL_PWM | R/W | 0h | OUT2 手动 PWM 设置。 0x00 = 0% 0x80 = 50% 0xFF = 100% |

7.6.17 OUT3_MANUAL_PWM (地址 = 1Bh) [复位 = 00h]

图 7-25 展示了 OUT3_MANUAL_PWM，表 7-24 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-25. OUT3_MANUAL_PWM

| | | | | | | | |
|-----------------|---|---|---|---|---|---|---|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| OUT3_MANUAL_PWM | | | | | | | |
| R/W-0h | | | | | | | |

表 7-24. OUT3_MANUAL_PWM 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|-----------------|-----|----|---|
| 7-0 | OUT3_MANUAL_PWM | R/W | 0h | OUT3 手动 PWM 设置。 0x00 = 0% 0x80 = 50% 0xFF = 100% |

7.6.18 FLAG (地址 = 40h) [复位 = 00h]

图 7-26 展示了 FLAG，表 7-25 中对此进行了介绍。

返回到[汇总表](#)。

图 7-26. 标志

| | | | | | | | |
|----------|---|---|---|---|---|------|------|
| 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
| RESERVED | | | | | | TSD | POR |
| R-0h | | | | | | R-0h | R-0h |

表 7-25. FLAG 字段说明

| 位 | 字段 | 类型 | 复位 | 说明 |
|-----|----------|----|----|---|
| 7-2 | RESERVED | R | 0h | 保留 |
| 1 | TSD | R | 0h | TSD 标志。 0x0 = 未触发 TSD 0x1 = 已触发 TSD |
| 0 | POR | R | 0h | POR 标志。 0x0 = 未触发 POR 0x1 = 已触发 POR |

8 应用和实施

备注

以下应用部分中的信息不属于 TI 元件规格，TI 不担保其准确性和完整性。TI 的客户负责确定元件是否适合其用途，以及验证和测试其设计实现以确认系统功能。

8.1 应用信息

LP5816 是一款 4 通道 RGBW LED 驱动器。该器件在有源模式下的工作电流超低，LED 电流设置为 25mA 时仅消耗 0.25mA。在电池供电型应用（例如：电子标签、耳塞、电子烟、VR 耳机、RGB 鼠标、智能扬声器和其他手持设备）中，LP5816 能够以低功耗和小型封装提供优质 LED 照明效果。

8.2 典型应用

8.2.1 应用

图 8-1 显示了一个典型应用示例，该示例使用一个 LP5816 通过 I²C 通信驱动 RGBW LED。

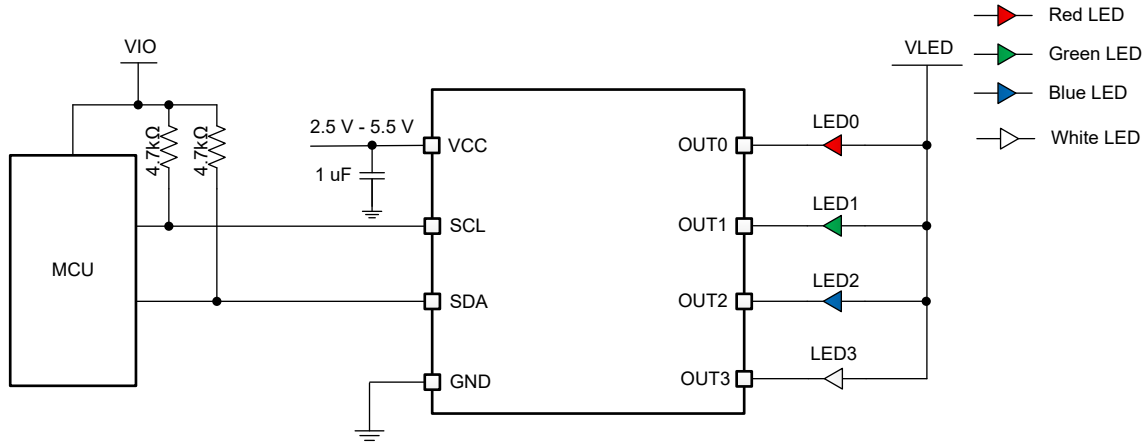


图 8-1. 典型应用 - LP5816 驱动 RGBW LED

8.2.2 设计参数

设计参数表列出了 [应用](#) 的典型设计参数。

表 8-1. 设计参数

| 参数 | 值 |
|-----------------------------|---------------------------|
| 输入电压 | 3.6V 至 4.2V (由一节锂电池供电) |
| RGBW LED 计数 | 1 |
| LED 最大平均电流 (红、绿、蓝、白) | 51mA、40.8mA、40.8mA、40.8mA |
| LED PWM 频率 | 23kHz |
| LED PWM 占空比 (红色、绿色、蓝色、白色) | 100%、80%、40%、20% |

8.2.3 详细设计过程

本节将展示 LP5816 的详细设计过程，包括元件选择以及如何点亮 LED。

8.2.3.1 编程过程

VCC 上电后，通过设置 `CHIP_EN = 1` 使能器件。设置每个输出的最大电流。然后，将器件配置寄存器置位，以使能输出，并选择每个输出的调光模式。最后，发送 `UPDATE_CMD` 使之前的配置设置生效。然后，设置 PWM 值以调节输出亮度。

详细的编程过程如 [图 8-2](#) 所示。

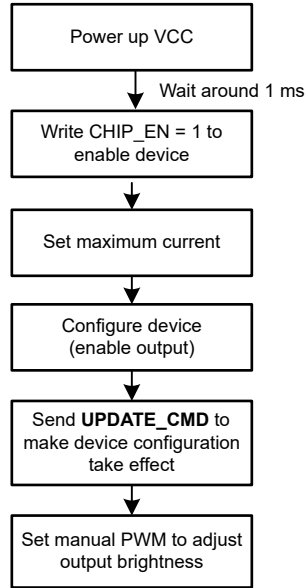


图 8-2. 编程过程

8.2.3.2 编程示例

要获取节 8.2.2 中的设计参数，可参考以下编程步骤。

VCC 上电后，等待大约 1ms，

1. 设置 `CHIP_EN = 1`，使能器件 (将 `01h` 写入寄存器 `00h`)
2. 设置 `MAX_CURRENT = 1h` 以将 LED 最大输出电流设为 51mA (将 `01h` 写入寄存器 `01h`)
3. 将红色 LED 的最大电流设置为 51mA，绿色、蓝色和白色 LED 的最大电流设置为 40.8mA (将 `FFh` 写入寄存器 `14h`，将 `CCh` 写入寄存器 `15h`、`16h` 和 `17h`)
4. 使能所有 4 个 LED (将 `0Fh` 写入寄存器 `02h`)
5. 发送 `UPDATE_CMD`，使上述步骤 2 和步骤 4 配置生效 (将 `55h` 写入寄存器 `0Fh`)
6. 将红色、绿色、蓝色和白色 LED PWM 占空比设置为 100%、80%、40% 和 20% (将 `FFh` 写入寄存器 `18h`，将 `CCh` 写入寄存器 `19h`，将 `66h` 写入寄存器 `1Ah`，将 `33h` 写入寄存器 `1Bh`)

完成此步骤后，红色、绿色、蓝色和白色 LED 亮起，PWM 占空比分别为 100%、80%、40% 和 20%。

8.2.4 应用性能曲线图

下图显示了应用性能图。

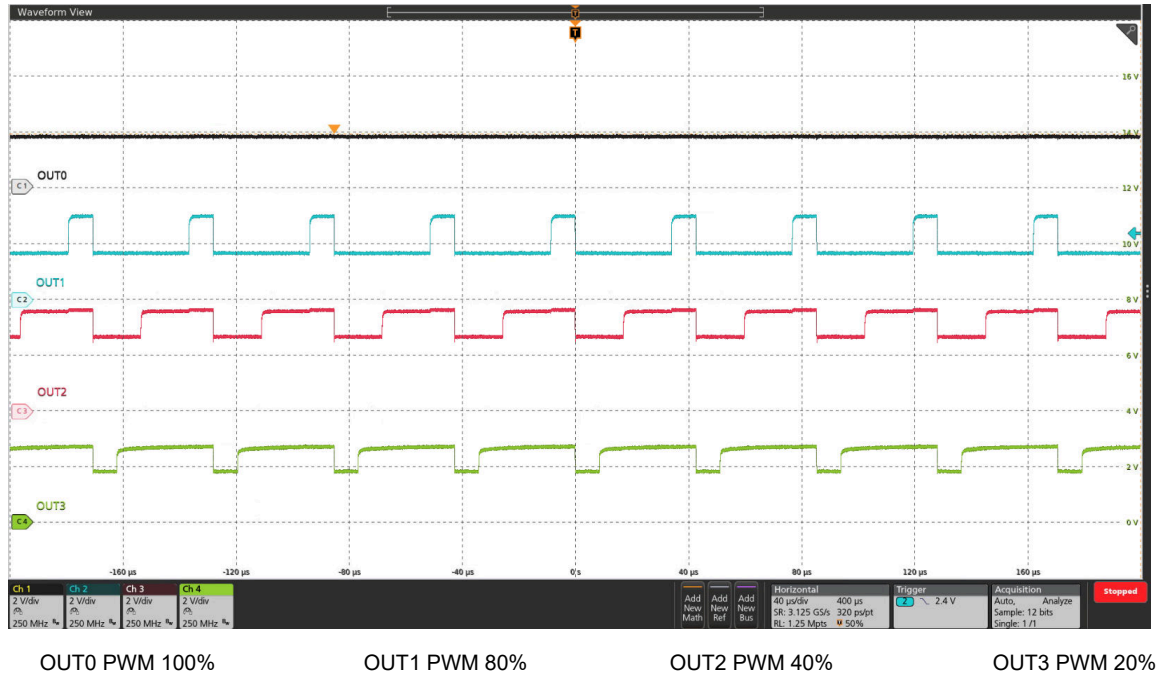


图 8-3. OUT0、OUT1、OUT2、OUT3 的电流瞬态波形

8.3 电源相关建议

LP5816 设计为由电压范围为 2.5V 至 5.5V 的输入电源供电。该输入电源必须经过良好调节。如果输入电源距离转换器超过几英寸，那么需要在陶瓷旁路电容器附近使用额外的大容量电容。通常，选择容值为 100 μ F 的钽或铝电解电容器。

8.4 布局

8.4.1 布局指南

输入电容器需要靠近 VCC 引脚和 GND 引脚，以降低输入电源纹波。对于 OUT_x (x = 0、1、2、3)，开关负载环路的低电感和电阻路径有助于提供高压摆率。因此，相邻输出的路径一定要短而宽，避免并联接线和窄布线。为了获得更好的热性能，TI 建议将与每个引脚连接的铜多边形做得更大。

8.4.2 布局示例

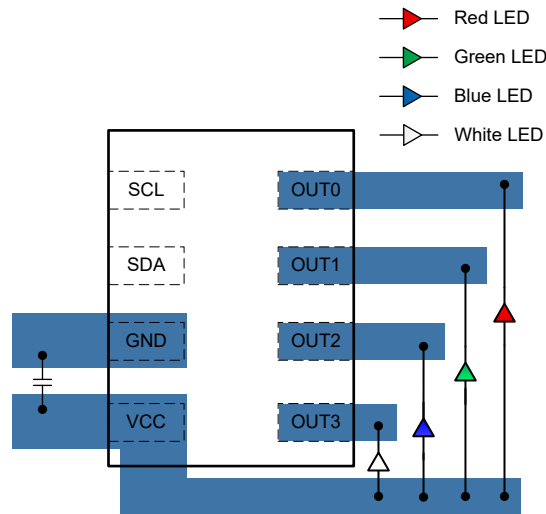


图 8-4. LP5816 DRL 封装布局示例

9 器件和文档支持

TI 提供广泛的开发工具。下面列出了用于评估器件性能、生成代码和开发解决方案的工具和软件。

9.1 文档支持

9.2 接收文档更新通知

要接收文档更新通知，请导航至 [ti.com](https://www.ti.com) 上的器件产品文件夹。点击 [通知](#) 进行注册，即可每周接收产品信息更改摘要。有关更改的详细信息，请查看任何已修订文档中包含的修订历史记录。

9.3 支持资源

[TI E2E™ 中文支持论坛](#) 是工程师的重要参考资料，可直接从专家处获得快速、经过验证的解答和设计帮助。搜索现有解答或提出自己的问题，获得所需的快速设计帮助。

链接的内容由各个贡献者“按原样”提供。这些内容并不构成 TI 技术规范，并且不一定反映 TI 的观点；请参阅 TI 的 [使用条款](#)。

9.4 商标

TI E2E™ is a trademark of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

9.5 静电放电警告



静电放电 (ESD) 会损坏这个集成电路。德州仪器 (TI) 建议通过适当的预防措施处理所有集成电路。如果不遵守正确的处理和安装程序，可能会损坏集成电路。

ESD 的损坏小至导致微小的性能降级，大至整个器件故障。精密的集成电路可能更容易受到损坏，这是因为非常细微的参数更改都可能会导致器件与其发布的规格不相符。

9.6 术语表

[TI 术语表](#) 本术语表列出并解释了术语、首字母缩略词和定义。

10 修订历史记录

注：以前版本的页码可能与当前版本的页码不同

| 日期 | 修订版本 | 注释 |
|------------|------|-------|
| March 2025 | * | 初始发行版 |

11 机械、封装和可订购信息

以下页面包含机械、封装和可订购信息。这些信息是指定器件可用的最新数据。数据如有变更，恕不另行通知，且不会对此文档进行修订。有关此数据表的浏览器版本，请查阅左侧的导航栏。

PACKAGING INFORMATION

| Orderable Device | Status (1) | Package Type | Package Drawing | Pins | Package Qty | Eco Plan (2) | Lead finish/ Ball material (6) | MSL Peak Temp (3) | Op Temp (°C) | Device Marking (4/5) | Samples |
|------------------|---------------|--------------|-----------------|------|-------------|-----------------|--------------------------------------|----------------------|--------------|-------------------------|---------|
| LP5816DRLR | ACTIVE | SOT-5X3 | DRL | 8 | 4000 | RoHS & Green | SN | Level-1-260C-UNLIM | -40 to 125 | 5816 | Samples |

(1) The marketing status values are defined as follows:

ACTIVE: Product device recommended for new designs.

LIFEBUY: TI has announced that the device will be discontinued, and a lifetime-buy period is in effect.

NRND: Not recommended for new designs. Device is in production to support existing customers, but TI does not recommend using this part in a new design.

PREVIEW: Device has been announced but is not in production. Samples may or may not be available.

OBSELETE: TI has discontinued the production of the device.

(2) **RoHS:** TI defines "RoHS" to mean semiconductor products that are compliant with the current EU RoHS requirements for all 10 RoHS substances, including the requirement that RoHS substance do not exceed 0.1% by weight in homogeneous materials. Where designed to be soldered at high temperatures, "RoHS" products are suitable for use in specified lead-free processes. TI may reference these types of products as "Pb-Free".

RoHS Exempt: TI defines "RoHS Exempt" to mean products that contain lead but are compliant with EU RoHS pursuant to a specific EU RoHS exemption.

Green: TI defines "Green" to mean the content of Chlorine (Cl) and Bromine (Br) based flame retardants meet JS709B low halogen requirements of <=1000ppm threshold. Antimony trioxide based flame retardants must also meet the <=1000ppm threshold requirement.

(3) MSL, Peak Temp. - The Moisture Sensitivity Level rating according to the JEDEC industry standard classifications, and peak solder temperature.

(4) There may be additional marking, which relates to the logo, the lot trace code information, or the environmental category on the device.

(5) Multiple Device Markings will be inside parentheses. Only one Device Marking contained in parentheses and separated by a "-" will appear on a device. If a line is indented then it is a continuation of the previous line and the two combined represent the entire Device Marking for that device.

(6) Lead finish/Ball material - Orderable Devices may have multiple material finish options. Finish options are separated by a vertical ruled line. Lead finish/Ball material values may wrap to two lines if the finish value exceeds the maximum column width.

Important Information and Disclaimer:The information provided on this page represents TI's knowledge and belief as of the date that it is provided. TI bases its knowledge and belief on information provided by third parties, and makes no representation or warranty as to the accuracy of such information. Efforts are underway to better integrate information from third parties. TI has taken and continues to take reasonable steps to provide representative and accurate information but may not have conducted destructive testing or chemical analysis on incoming materials and chemicals. TI and TI suppliers consider certain information to be proprietary, and thus CAS numbers and other limited information may not be available for release.

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

TAPE AND REEL INFORMATION

QUADRANT ASSIGNMENTS FOR PIN 1 ORIENTATION IN TAPE

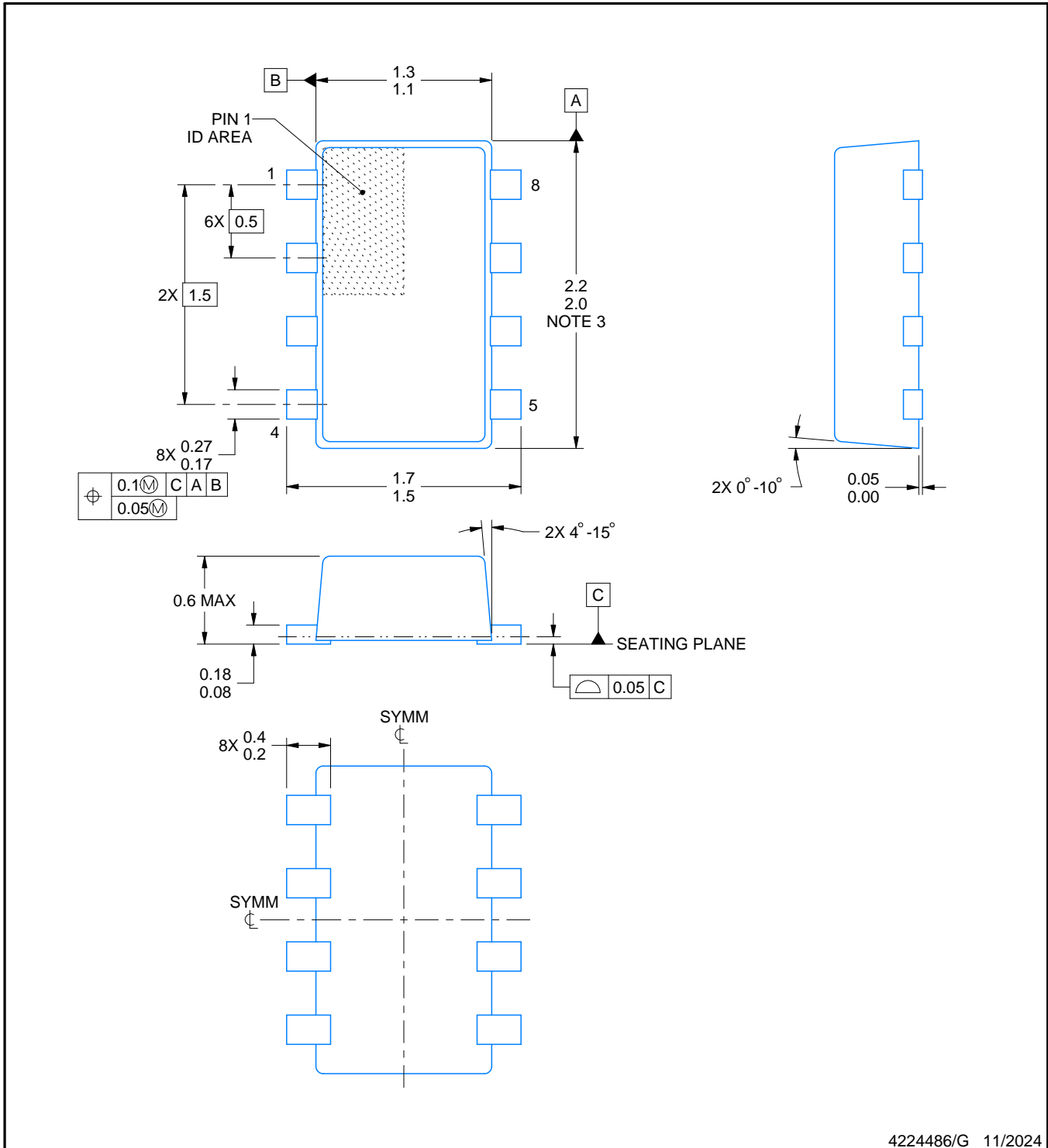

*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Reel Diameter (mm) | Reel Width W1 (mm) | A0 (mm) | B0 (mm) | K0 (mm) | P1 (mm) | W (mm) | Pin1 Quadrant |
|------------|--------------|-----------------|------|------|--------------------|--------------------|---------|---------|---------|---------|--------|---------------|
| LP5816DRLR | SOT-5X3 | DRL | 8 | 4000 | 180.0 | 8.4 | 2.75 | 1.9 | 0.8 | 4.0 | 8.0 | Q3 |

TAPE AND REEL BOX DIMENSIONS


*All dimensions are nominal

| Device | Package Type | Package Drawing | Pins | SPQ | Length (mm) | Width (mm) | Height (mm) |
|------------|--------------|-----------------|------|------|-------------|------------|-------------|
| LP5816DRLR | SOT-5X3 | DRL | 8 | 4000 | 210.0 | 185.0 | 35.0 |



4224486/G 11/2024

NOTES:

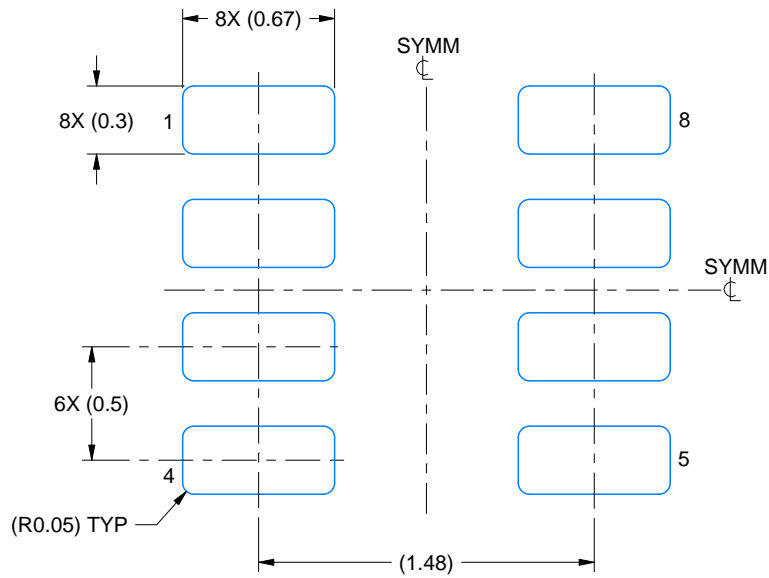
1. All linear dimensions are in millimeters. Any dimensions in parenthesis are for reference only. Dimensioning and tolerancing per ASME Y14.5M.
2. This drawing is subject to change without notice.
3. This dimension does not include mold flash, protrusions, or gate burrs. Mold flash, interlead flash, protrusions, or gate burrs shall not exceed 0.15 mm per side.
4. Reference JEDEC Registration MO-293, Variation UDAD

EXAMPLE BOARD LAYOUT

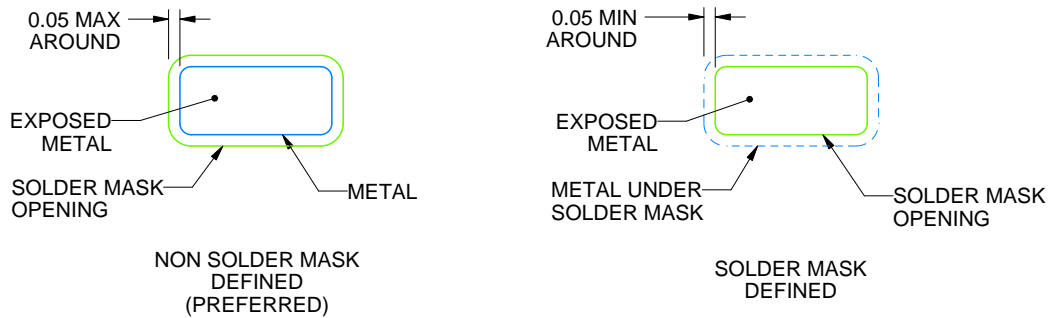
DRL0008A

SOT-5X3 - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



LAND PATTERN EXAMPLE
EXPOSED METAL SHOWN
SCALE:30X



SOLDERMASK DETAILS

4224486/G 11/2024

NOTES: (continued)

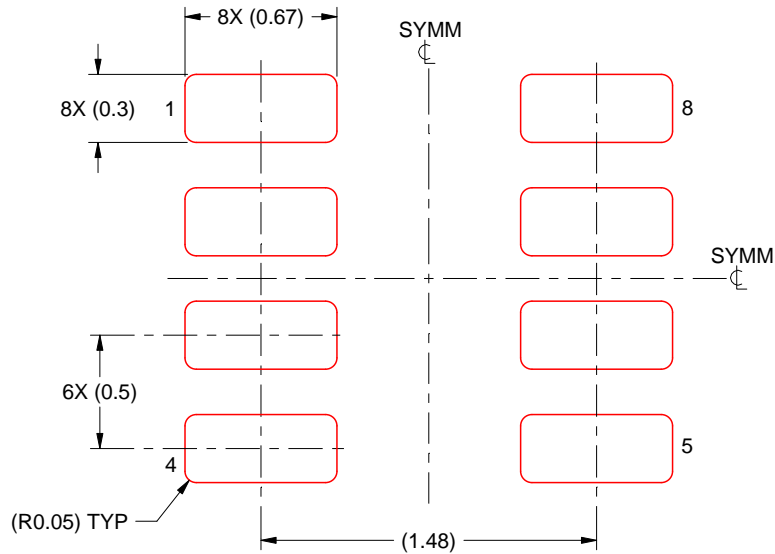
5. Publication IPC-7351 may have alternate designs.
6. Solder mask tolerances between and around signal pads can vary based on board fabrication site.
7. Land pattern design aligns to IPC-610, Bottom Termination Component (BTC) solder joint inspection criteria.

EXAMPLE STENCIL DESIGN

DRL0008A

SOT-5X3 - 0.6 mm max height

PLASTIC SMALL OUTLINE



SOLDER PASTE EXAMPLE
BASED ON 0.1 mm THICK STENCIL
SCALE:30X

4224486/G 11/2024

NOTES: (continued)

8. Laser cutting apertures with trapezoidal walls and rounded corners may offer better paste release. IPC-7525 may have alternate design recommendations.
9. Board assembly site may have different recommendations for stencil design.

重要通知和免责声明

TI“按原样”提供技术和可靠性数据（包括数据表）、设计资源（包括参考设计）、应用或其他设计建议、网络工具、安全信息和其他资源，不保证没有瑕疵且不做任何明示或暗示的担保，包括但不限于对适销性、某特定用途方面的适用性或不侵犯任何第三方知识产权的暗示担保。

这些资源可供使用 TI 产品进行设计的熟练开发人员使用。您将自行承担以下全部责任：(1) 针对您的应用选择合适的 TI 产品，(2) 设计、验证并测试您的应用，(3) 确保您的应用满足相应标准以及任何其他功能安全、信息安全、监管或其他要求。

这些资源如有变更，恕不另行通知。TI 授权您仅可将这些资源用于研发本资源所述的 TI 产品的相关应用。严禁以其他方式对这些资源进行复制或展示。您无权使用任何其他 TI 知识产权或任何第三方知识产权。您应全额赔偿因在这些资源的使用中对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 的销售条款](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款/TI 产品随附的其他适用条款的约束。TI 提供这些资源并不会扩展或以其他方式更改 TI 针对 TI 产品发布的适用的担保或担保免责声明。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

邮寄地址：Texas Instruments, Post Office Box 655303, Dallas, Texas 75265
版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司