

Application Note

管理智能 RGB LED 的 TPLD 器件



Gerardo Leyva-Hernandez

摘要

TPLD2001 有助于生成和转换基于时间的逻辑中的标准逻辑值，这些逻辑通常用于汽车、消费电子和个人电子产品中场景照明的智能 24 位 RGB LED。此外，用户可以利用 TPLD 的内部串行通信元件，通过标准 I2C 或 SPI 通信来更新 RGB LED 的颜色。本文展示了一款 1670 万色 RGB LED 无软件应用作为单器件设计。

内容

| | |
|----------------------------|---|
| 1 简介..... | 2 |
| 2 智能 LED 数据和时序理论..... | 2 |
| 3 逻辑符号生成..... | 3 |
| 4 基于 TPLD 的智能 LED 控制器..... | 4 |
| 5 TPLD 串行通信..... | 6 |
| 6 总结..... | 7 |
| 7 参考资料..... | 7 |

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 简介

本应用手册展示了 TPLD2001 如何帮助生成和转换基于时间的逻辑值中的标准逻辑值，以及如何利用 TPLD 的内部元件通过标准 I2C 或 SPI 通信更新智能 RGB LED 的颜色。通过这种方式，TPLD 可以帮助主控制器最大限度地减少在持续更新基于 RGB 的显示、视觉信号或照明时所需的工作量。

本应用手册向用户介绍了如何在单个 TPLD 器件中设计无软件应用以控制智能 24 位 RGB LED。此外，本文还展示了如何使用多个计时器、DFF、FSM 和其他元件进行转换。

最后，本文讨论了如何使用串行通信模块更新 RGB LED 的颜色。

2 智能 LED 数据和时序理论

智能 LED 在一个复位周期后，等待 DIN 引脚中出现的 24 位颜色格式。通信采用串行、单极性和 RZ 通信模式。数据顺序为 GRB，最高有效位优先，如图 2-1 所示

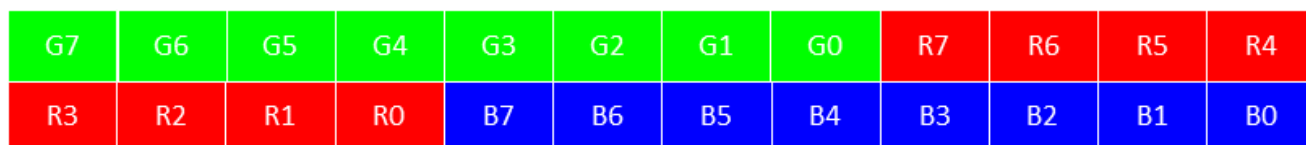


图 2-1. 智能 24 位 GRB LED 中的数据顺序

关于每个颜色位的时序，数据信号应以高电平开始，并在脉冲之间回落至零电平。每个颜色位处于高电平的时长决定了逻辑值是 0 还是 1，一个完整周期的时长通常必须约为 1200nS。表 2-1 和图 2-2 显示了市场上某些智能 LED 型号的数据传输时间。时长超过 200us 的周期代表复位编码。

表 2-1. 数据传输时序

| 名称 | 编码周期 | 最小值 | 容差 |
|------|---------------|-------|----------|
| T0H | 逻辑高电平的 0 编码时间 | 350nS | +/-150nS |
| T0L | 逻辑低电平的 0 编码时间 | 800nS | +/-150nS |
| T1H | 逻辑高电平的 1 编码时间 | 700nS | +/-150nS |
| T1L | 逻辑低电平的 1 编码时间 | 600nS | +/-150nS |
| Trst | 用于复位的逻辑低电平 | 200uS | |

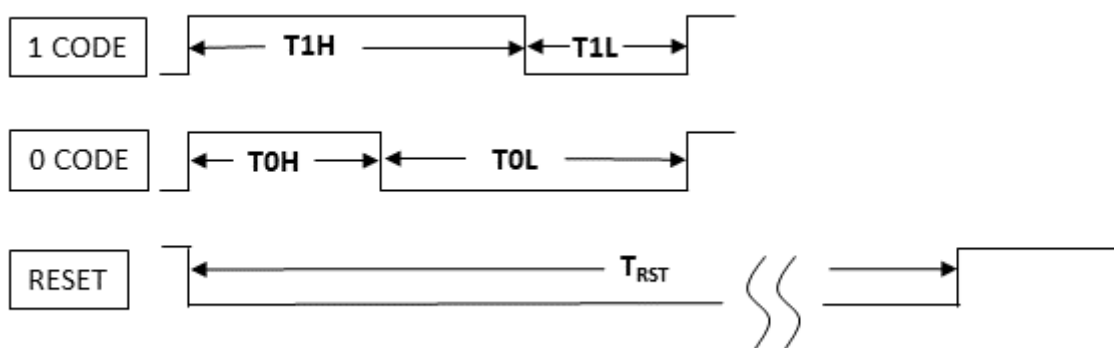


图 2-2. 逻辑符号时序

3 逻辑符号生成

内部 25MHz OSC 生成所有必需的时钟信号，包括通过内部预分频器 OSC/2 生成的 12.5MHz 信号，这些信号与计数器一起可生成 RGB LED 所需的 800kHz 时基。

由于时钟信号在设计上具有不对称性，所以通过合理设置 TPLD 内部延迟，可生成 350ns 的 T0H 和 800ns 的 T1H。因为实际上会生成所需的符号周期，所以无需控制 T0L 和 T1L 时序。图 3-1 展示了时基和符号生成所需的元件。

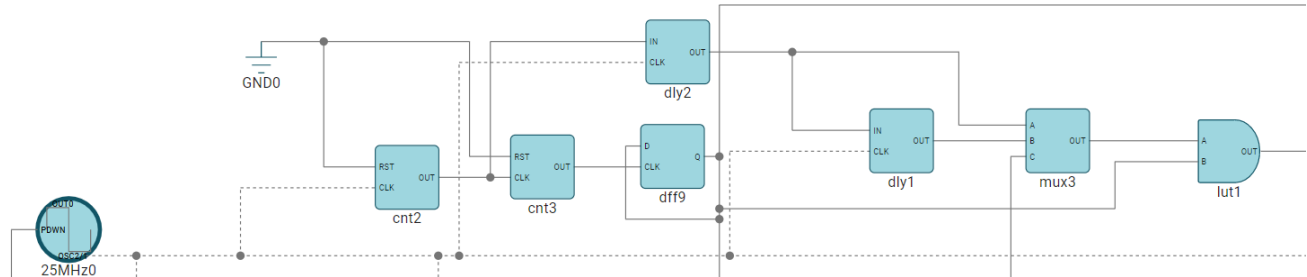


图 3-1. 使用 TPLD 生成逻辑符号

图 3-2 是逻辑分析仪的屏幕截图，展示了 TPLD 器件生成的所有逻辑符号时序。逻辑多路复用器使用两个符号作为输入，并根据需要生成的颜色，由其他电路部分生成选择信号。

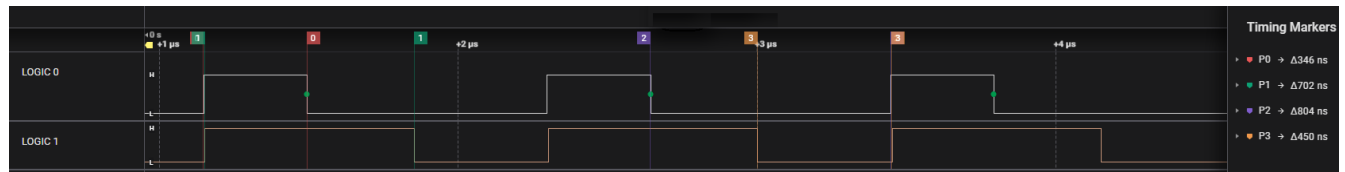


图 3-2. 逻辑高电平和低电平符号的屏幕截图

4 基于 TPLD 的智能 LED 控制器

管理 TPLD 内的 RGB 位

如前文所述，RGB LED 必须连续接收 24 位数据才能生成给定的 RGB 颜色。此外，这 24 位数据必须内部保存在 TPLD 中，也必须能够通过串行通信模块得到更新。之所以选择内置有限状态机 (ASM) 来处理 RGB 信息，是因为该元件能够生成多达八个状态且每个状态都具有 8 位输出（共计 64 位），并且用户可以更改状态的任何值，所有这些功能均高于完成任务所必需的要求。

表 4-1 展示了状态机输出部分中的 GRB 编码 0xFF000。使用从 OUT3 到 OUT0 的 4 位数据定义了六种状态。因此，为 RGB 像素生成的真实输出可以参阅图 5，该输出对应绿色。

表 4-1. 用户所定义状态和值的 ASM 报告

| 状态 | OUT7 | OUT6 | OUT5 | OUT4 | OUT3 | OUT2 | OUT1 | OUT0 |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ST0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ST1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| ST2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ST3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ST4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ST5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ST6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ST70 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

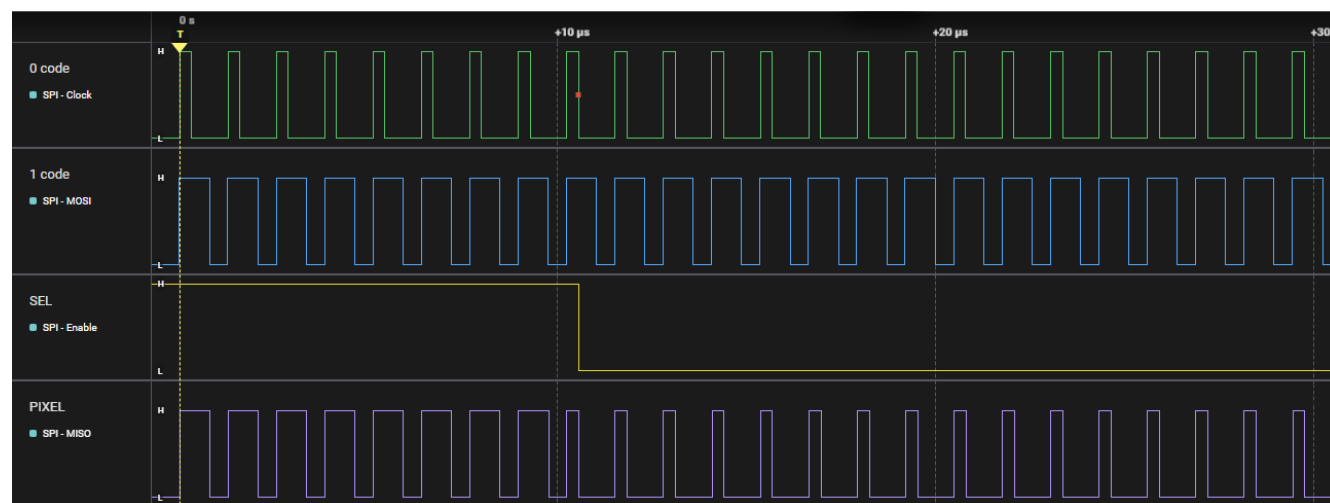


图 4-1. 表示 RGB LED 中绿色的值 0xFF000 的 24 位数据

并行/串行移位寄存器

该器件部分设计为 4 位并行加载移位寄存器，可将数据移至串行输出 (SER3)，其工作方式与大多数传统寄存器相同，具体如图 4-2 所示。数据由 FSM 的输出生成并加载到移位寄存器中。最后，SER3 输出用于通过一个逻辑多路复用器来选择逻辑值，该多路复用器为 RGB LED 提供单比特数据。

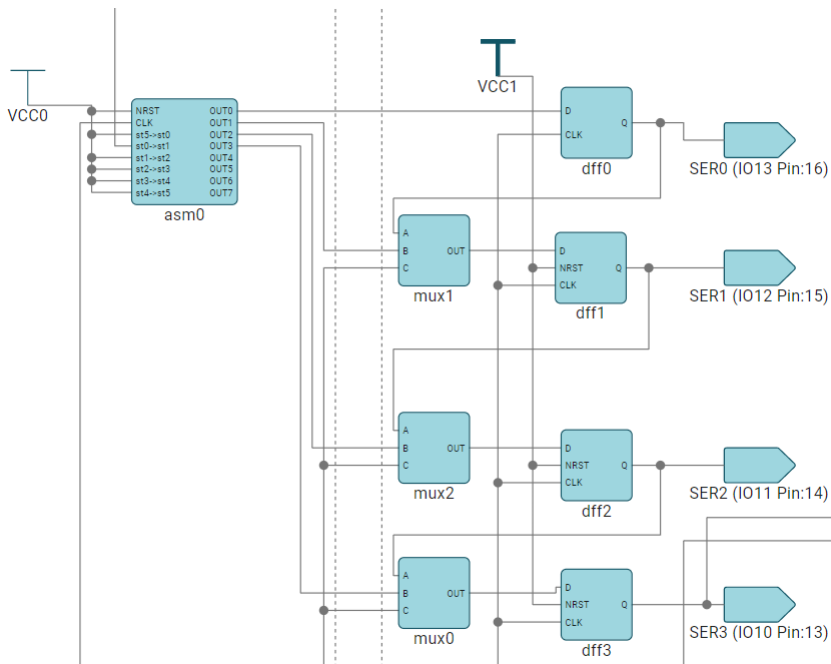


图 4-2. FSM 和 4 位移位寄存器

状态机和 4 位移位寄存器的操作如图 4-3 所示。对于由十六进制数 0xC30000 表示的给定颜色，FSM 会在机器的每个时钟事件中生成一个 4 位数字。同时，移位寄存器会在内部加载 FSM 生成的每个新数据，并生成一个表示给定颜色的 24 位串行码。移位寄存器的速度是 FSM 速度的四倍。

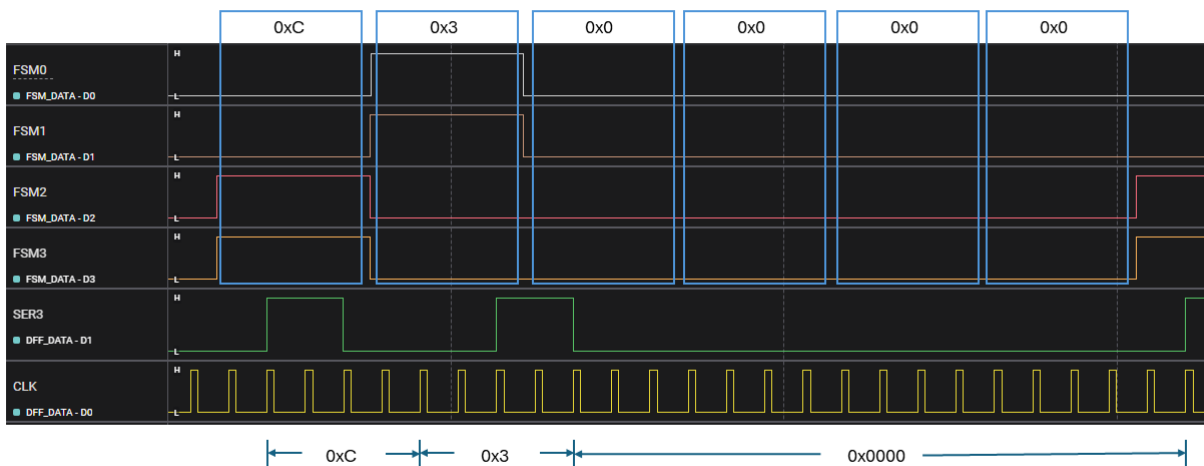


图 4-3. FSM 和 4 位移位寄存器的操作

5 TPLD 串行通信

TPLD2001 包含一个能够读取和写入用户寄存器空间（包括 ASM）的 I2C 串行通信模块。访问 ASM 是一个简单的过程，包括将串行通信元件放入设计中以及配置用于与 TPLD 通信的 I2C 外设地址。对于内部电气连接或其他配置，也无需执行任何其他操作。ASM 内部地址为 0x50 至 0x58，FSM 的所有其他详细信息可参阅 TPLD2001 数据表。通过修改 FSM 寄存器的值，可以实现 RGB LED 的颜色变化，从而生成 1670 万种颜色中的任意一种。

图 5-1 显示了 I2C 模块和可用的参数。在本例中，I2C 地址设为 0x7。

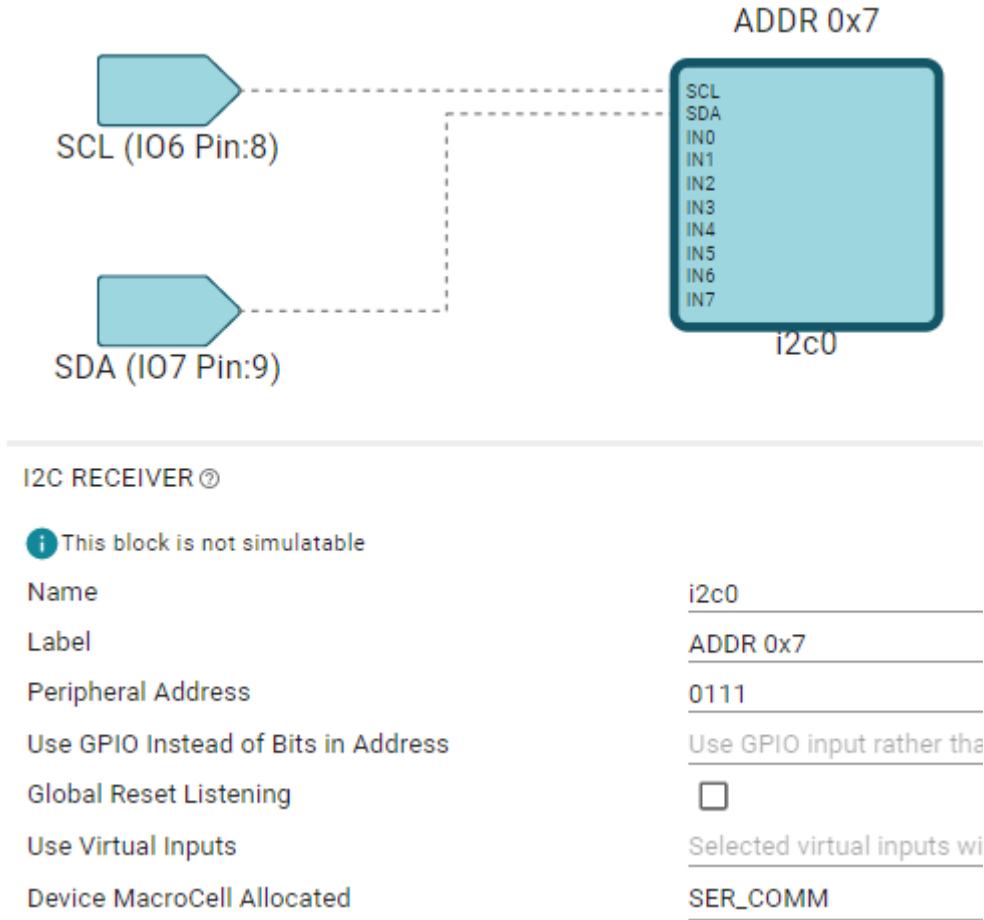


图 5-1. I2C 模块和参数

6 总结

TPLD2001 有助于生成和转换智能 RGB LED 中常用的基于时间的逻辑中的标准逻辑值。通过使用集成振荡器、D 型触发器、计数器、延迟模块、通用 I/O 和同步有限状态机等多个元件，TPLD 有助于将复杂设计集成到单芯片设计中，且无需任何非重复性工程。此外，可以使用标准 I2C 或 SPI 通信来更新内部 TPLD 元件的值。最后，作为设计示例，本文展示了一款单器件设计中的无软件应用。

7 参考资料

- 德州仪器 (TI)，[TPLD](#)，产品页面。
- 德州仪器 (TI)，[TPLD2001 具有 18 个 GPIO 和可选 I2C/SPI 的可编程逻辑器件](#)，数据表。
- 德州仪器 (TI)，[使用 TPLD 内的串行通信](#)，应用简报。

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、与某特定用途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安全、安保法规或其他要求。

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。对于因您对这些资源的使用而对 TI 及其代表造成的任何索赔、损害、成本、损失和债务，您将全额赔偿，TI 对此概不负责。

TI 提供的产品受 [TI 销售条款](#)、[TI 通用质量指南](#) 或 [ti.com](#) 上其他适用条款或 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。除非德州仪器 (TI) 明确将某产品指定为定制产品或客户特定产品，否则其产品均为按确定价格收入目录的标准通用器件。

TI 反对并拒绝您可能提出的任何其他或不同的条款。

版权所有 © 2025，德州仪器 (TI) 公司

最后更新日期：2025 年 10 月