

Design Guide: TIDA-010963

基于 MSPM0 的数字可寻址照明接口 103 参考设计



说明

此参考设计使用 MSPM0 MCU 实现数字可寻址照明接口 (DALI) 103, 满足 IEC 62386-103 的合规硬件和软件要求。该设计具有可定制的 DALI 收发器、电源、隔离和固件, 能够实现高级照明控制的无缝通信。

资源

TIDA-010963	设计文件夹
MSPM0L1306	产品文件夹
MSPM0G3507	产品文件夹



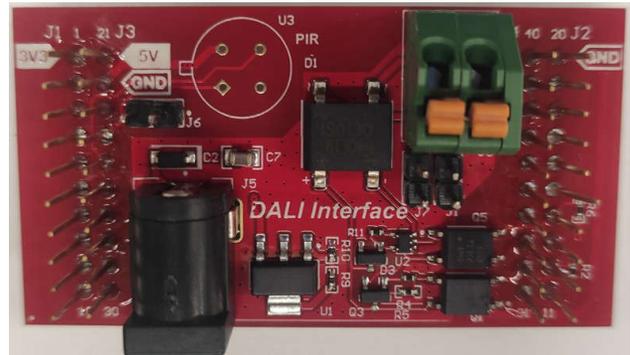
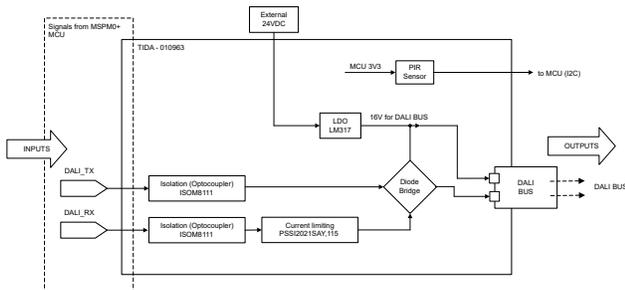
请咨询 TI E2E™ 支持专家

特性

- 全硬件实施接口和板载电源, 支持 DALI 总线上的 16V_{DC}
- 分别接收和发送 DALI 命令和响应的函数:
 - 使用曼彻斯特编码的半双工数字通信
 - 对 DALI 103 命令的支持
- 支持多控制器拓扑 (碰撞检测、防碰撞和碰撞恢复)

应用

- 日光传感器
- 出口和紧急照明
- 照明传感器
- 有线控制



1 系统说明

DALI 总线通过同一对导线来传输 DALI 电力和数据。每个 DALI 子网可以有 64 个控制装置和 64 个控制器件。控制装置为 LED 和其他光源供电。控制器件包括应用控制器 (用于做出决策和发送命令) 和输入器件 (例如传感器、开关和按钮器件)。需要总线电源, 为 DALI 总线提供最高 250mA 的电流, 通常为 16V。通向外部网络的网关通常集成到应用控制器中。

1.1 输入器件 (DALI 103)

输入器件是相对简单的元件, 可向照明控制系统提供由用户衍生的信息和环境信息。输入器件包括为自动控制提供数据的传感器, 以及使用户能够进行调整 (例如调光、调色和场景调用) 的接口。输入器件的示例包括按钮、滑块、占位传感器和光传感器。

输入器件通常在多控制器模式下运行。可以轮询这些器件, 但通常用于事件驱动模式。此系统将无源红外 (PIR) 传感器用作一种输入器件。

1.2 控制齿轮 (DALI 102)

LED 驱动器等控制装置为光源供电, 通常直接连接到灯。

DALI 协议支持各种类型的控制装置, 包括荧光灯镇流器和独立紧急照明控制装置。

在 DALI-2 中, 每个 DALI 子网能够支持多达 64 个控制装置和 64 个控制器件。

1.3 控制器件 (应用控制器)

应用控制器是 DALI-2 系统的中央逻辑单元。控制器利用信息, 做出决策并向控制装置发送命令。

应用控制器可以使用来自任何来源的信息, 包括:

- 控制齿轮
- 输入器件 (例如传感器或按钮)
- 其他应用控制器
- 外部器件、总线和系统

此参考设计使用 MSPM0 微控制器单元 (MCU) 作为系统的应用 MCU。

1.4 简介

DALI 协议是一种由前向帧和后向帧构成的半双工数字通信。前向帧由一个开始位、一个地址字节、一个数据字节和两个停止位组成。后向帧 (前向帧中接收到查询或存储器命令后的响应) 由一个开始位、一个数据字节和两个停止位组成。DALI 使用曼彻斯特编码, 接口电源的电压可以按照标准在 11.5V 到 22.5V 之间变化。

利用 DALI, 将能轻松安装稳健、可扩展且灵活的照明网络。DALI 最初是为了实现对荧光镇流器的数字控制、配置和查询, 取代了简单、单向、类似广播的 0/1 - 10V 模拟控制操作。

利用 DALI, 广播选项也可供使用; 此外, 通过简单的配置, 每个 DALI 器件都可以被分配一个单独的地址, 允许对各个器件进行数字控制。

此外, DALI 器件还可以编程为分组操作。这提供了出色的灵活性, 因为可以通过软件重新编程来重新配置照明系统, 而无需更换接线。不同的照明功能和观感可以在建筑物的不同房间或区域实现, 然后可以轻松调整和优化。

布线相对简单; DALI 电力和数据使用同一对电线传输, 无需单独的总线电缆。与接线错误较常见的 0/1 - 10V 系统相比, 不必观察电线的极性。

系统由控制器件 (应用控制器)、控制装置和输入器件组成:

- 器件控制指令
- 器件配置指令
- 器件查询
- 实例控制指令
- 特殊命令

表 1-1 展示了单控制器或多控制器型号的详细信息。

表 1-1. 单控制器和多控制器

单控制器	多控制器
DALI 总线上只允许使用一个	可以在同一总线上使用多个
接收器是可选器件	支持输入器件的事件驱动操作
允许轮询输入器件或检查控制装置的状态	使用短地址

2 系统概述

2.1 方框图

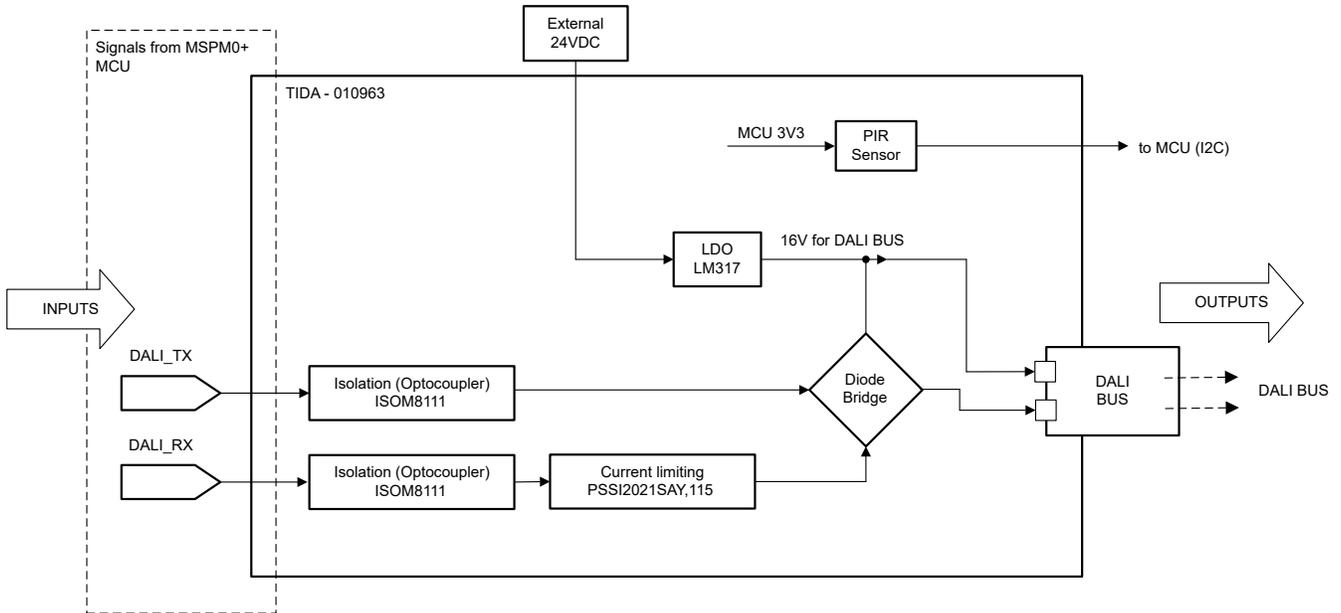


图 2-1. DALI 方框图

2.2 设计注意事项

2.2.1 曼彻斯特编码

曼彻斯特编码是计算机网络和电信中使用的一种数据传输方法。通过将时钟和数据信号组合成一个流来促进数据传输，从而简化数据的同步。

数据的每个位都由一个转换表示，具体来说是从高电平变为低电平或从低电平变为高电平的变化。通过这种精确表示，可实现数据同步。因此，接收器件可以准确地解释发送的数据。

曼彻斯特编码广泛用于以太网技术和其他数字通信系统，可让数据传输更可靠并且更简单。

曼彻斯特编码将每个位的持续时间分为两个不同部分。在前半部分，电压在一个电平保持恒定，而在后半部分，电压将转换到另一个电平。

这种方法支持通过位中间的过渡点来进行同步。差分曼彻斯特是一种改动版本，它结合了归零 (RZ) 和同相归零 (NRZ-I) 编码方案的元素。

曼彻斯特编码的一个定义特性是，由于两个电平上的电压变化，每个位的中间始终有一个转换。每个位的值在开始时确定，转换仅针对值为零的位发生。相反，值为一的位不会转换。

备注

曼彻斯特编码有助于实现稳健的信号同步，使该技术成为数据传输应用有吸引力的选择。

2.2.2 使用光耦仿真器而非光耦合器

使用 TI 基于 SiO² 的隔离技术，光耦仿真器能够突破传统光耦合器的局限性，提供出色的性能和可靠性。

光耦仿真器具有几个关键优势，包括：

1. 更低功耗
2. 高数据速率
3. 更高的共模瞬态抗扰度 (CMTI)
4. 宽温度范围
5. 稳健隔离
6. 稳定且精确的电流传输比 (CTR)
7. 带宽

2.3 重点产品

2.3.1 MSPM0G350x

MSPM0G350x 微控制器 (MCU) 属于 MSP 高度集成的超低功耗 32 位 MCU 系列，该 MCU 系列基于增强型 Arm® Cortex®-M0+ 32 位内核平台，工作频率最高可达 80MHz。这些低成本 MCU 提供高性能模拟外设集成，支持 -40°C 至 125°C 的工作温度范围，并在 1.62V 至 3.6V 的电源电压下运行。MSPM0G350x 器件提供具有内置纠错码 (ECC) 且高达 128KB 的嵌入式闪存程序存储器以及具有硬件奇偶校验选项且高达 32KB 的 SRAM。这些 MCU 还包含一个存储器保护单元、7 通道 DMA、数学加速器和各种高性能模拟外设，例如两个 12 位 4Msps ADC、一个可配置内部共享电压基准、一个 12 位 1Msps DAC、三个具有内置基准 DAC 的高速比较器、两个具有可编程增益的零漂移零交叉运算放大器和一个通用放大器。这些器件还提供智能数字外设，例如两个 16 位高级控制计时器、五个通用计时器 (具有一个用于正交编码器接口 (QEI) 的 16 位通用计时器、两个用于 STANDBY 模式的 16 位通用计时器和一个 32 位通用计时器)、两个窗口式看门狗计时器以及一个具有警报和日历模式的 RTC。

这些器件提供数据完整性和加密外设 (AES、CRC、TRNG) 以及增强型通信接口 (四个 UART、两个 I2C、两个 SPI 以及 CAN 2.0/FD)。TI MSPM0 系列低功耗 MCU 包含具有不同模拟和数字集成度的器件，可让客户找到满足工程需求的 MCU。MSPM0 MCU 平台将 Arm Cortex-M0+ 平台与超低功耗整体系统架构相结合，使系统设计人员能够在降低能耗的同时提高性能。MSPM0G350x MCU 由广泛的硬件和软件生态系统提供支持，随附参考设计和代码示例，便于您快速开始设计。

工具包括可供购买的 [LaunchPad™](#) 开发套件。TI 还提供免费的 MSP 软件开发套件 (SDK)，该套件在 [TI Resource Explorer](#) 中作为 [Code Composer Studio™ IDE](#) 桌面版和云版组件提供。MSPM0 MCU 还有各种在线配套资料、[MSP Academy](#) 培训，以及通过 [TI E2E™ 设计支持论坛](#) 提供的在线支持。有关完整的模块说明，请参阅 [MSPM0 G 系列 80MHz 微控制器](#) 技术参考手册。

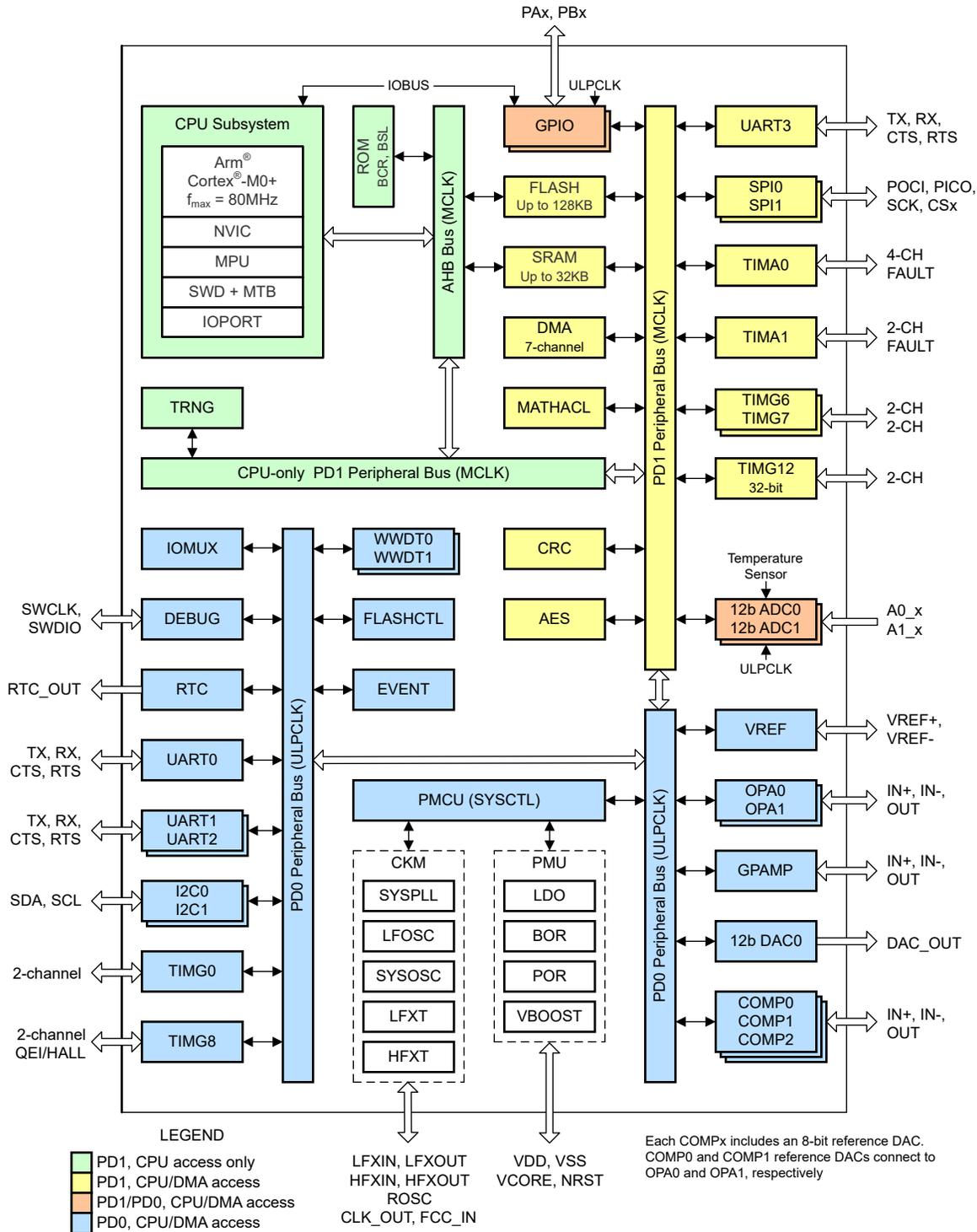


图 2-2. MSPM0G350x 功能方框图

2.3.2 ISOM8111

ISOM811x 器件是具有 LED 仿真器输入和晶体管输出的单通道光耦仿真器。也是许多传统光耦合器的封装兼容、引脚对引脚升级版器件，无需重新设计 PCB 即可增强现有系统。与光耦合器相比，ISOM811x 光耦仿真器具有显著的可靠性和性能优势，包括高带宽、低关断延迟、低功耗、更宽的温度范围、平坦的 CTR 和严格的过程控制，从而实现较小的器件间偏移。由于没有要补偿的老化效应或温度变化，因此仿真 LED 输入级的功耗比光耦合器低。ISOM811x 器件采用引脚间距为 2.54mm 和 1.27mm 的小型 SOIC-4 封装，支持 3750V_{RMS} 和 5000V_{RMS} 隔离额定值以及直流 (ISOM811[0-3]) 和双向直流 (ISOM811[5-8]) 输入选项。ISOM811x 器件具有高性能和高可靠性，因此可用于电源反馈设计、电机驱动、工业控制器中的 I/O 模块、工厂自动化应用等。

2.3.2.1 ISOM8111 特性

- 业界通用光晶体管光耦合器的封装兼容、引脚对引脚升级版
- 单通道 LED 仿真器输入
- IF = 5mA、VCE = 5V 时的电流传输比 (CTR) :
 - ISOM8110、ISOM8115 : 100% 至 155%
 - ISOM8111、ISOM8116 : 150% 至 230%
 - ISOM8112、ISOM8117 : 255% 至 380%
 - ISOM8113、ISOM8118 : 375% 至 560%
- 高集电极-发射极电压：VCE (最大值) = 80V
- 稳健可靠的 SiO₂ 隔离栅 - 隔离等级：最高 5000V_{RMS}
 - 工作电压：高达 750V_{RMS}、1061V_{PK}
 - 浪涌能力：最高 10kV_{PK}
- 温度范围：-55°C 至 125°C
- 响应时间：V_{CE} = 10V、I_C = 2mA、R_L = 100 Ω 时为 3 μs (典型值)

3 硬件、软件、测试要求和测试结果

3.1 硬件要求

要评估 DALI 103 (303) 通信，需要使用以下硬件元件：

1. 2 个 LP-MSPM0G3507 评估板
2. 2 个 DALI 硬件接口 (TIDA-010963)
3. 具有桶形插孔连接器的 24V 直流电源

图 3-1 展示了一个全面的系统图，展示了两个 LaunchPad 之间的连接。左侧的 LaunchPad 用作受测器件 (DUT)，具有一个 PIR 传感器，并使用 J1、J6 和 J7 跳线启用外部 24VDC 电源。右侧采用单独的 LaunchPad 在运行时向 DUT 发送命令，便于制定精确的测试程序。

此设置旨在验证 DUT 是否准确地接收来自 DALI 总线的命令并对其做出响应。

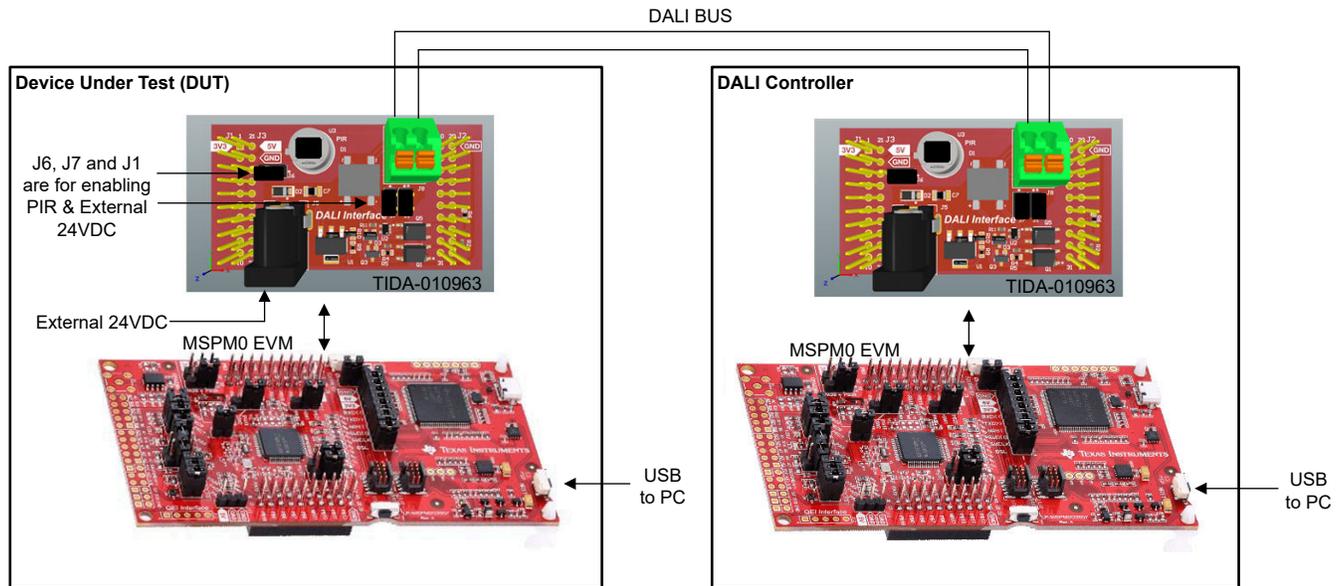


图 3-1. 两个 LaunchPad™ 开发套件之间的连接

3.2 软件要求

3.2.1 DALI 堆栈层

本部分包括 DALI 堆栈软件，图 3-2 展示了 DALI 堆栈层。

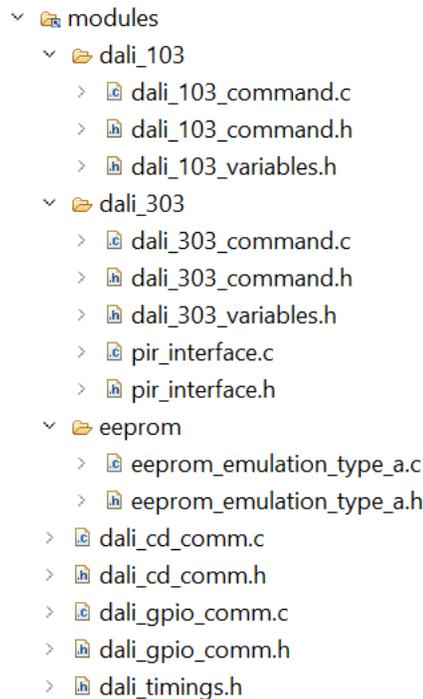


图 3-2. DALI 堆栈层

以下列表详细说明了该结构以及实现的功能。

1. dali_103

- dali_103_command (.h 和 .c 文件)
 - 包含标准 IEC 62386-103 中指定的 DALI 命令的声明和定义：控制器件的一般要求。
- dali_103_variables.h
 - 定义了 DALI 103 规范中给出的控制器件变量的结构、枚举和宏。

2. dali_303

- dali_303_command (.h 和 .c 文件)
 - 包含标准 IEC 62386-303 中指定的 DALI 303 命令的声明和定义：特殊要求 - 输入器件 - 占位传感器
- dali_303_variables.h
 - 定义了 DALI 303 规范中给出的 303 部分输入器件变量的结构、枚举和宏。
- pir_interface (.h 和 .c 文件)
 - 包含用来配置 PIR 传感器和解释数字输出的声明和定义。

3. dali_cd_comm (.h 和 .c 文件)

- 包含用于 DALI 软件模块初始化和命令处理的声明和定义。

4. dali_gpio_comm (.h 和 .c 文件)

- 包含用于配置计时器以分别通过 DALI RX 和 TX 接收和发送曼彻斯特编码帧的声明和定义。

5. **dali_main.c**
 - 包含 DALI 软件栈主函数循环。
6. **dali_timings.h**
 - 定义了规范中给出的时序相关参数的宏。
7. **eprom_emulation_type_a (.h 和 .c 文件)**
 - 集成了 MSPM0 SDK 中的现有设计，用于将某些 DALI 变量存储在闪存中。
 - 如果用户需要存储小变量数据，也可以使用 B 型设计。
 - 有关更多信息，另请参阅 [EEPROM 仿真 A 型设计](#) 应用手册。

3.3 测试设置

通过使用 DALI 总线连接两个 MSPM03507 LaunchPad 开发套件（每个套件带有 DALI BoosterPack）来测试 DALI BoosterPack™ 插件模块。

一个 MSPM0G3507 使用 DALI 103 代码进行编程，并用作控制器。MSPM0G3507 在运行期间手动发送 24 位 DALI 命令帧以模拟控制操作。另一个 MSPM0G307 用作 DUT，使用 DALI 103 进行编程，支持 DALI 303 功能。MSPM0G3507 接收和处理 DALI 命令，根据 DALI 103 协议进行响应，并使用 BoosterPack 上的 PIR 传感器检测运动并发送 DALI 303 中规定的事件消息。

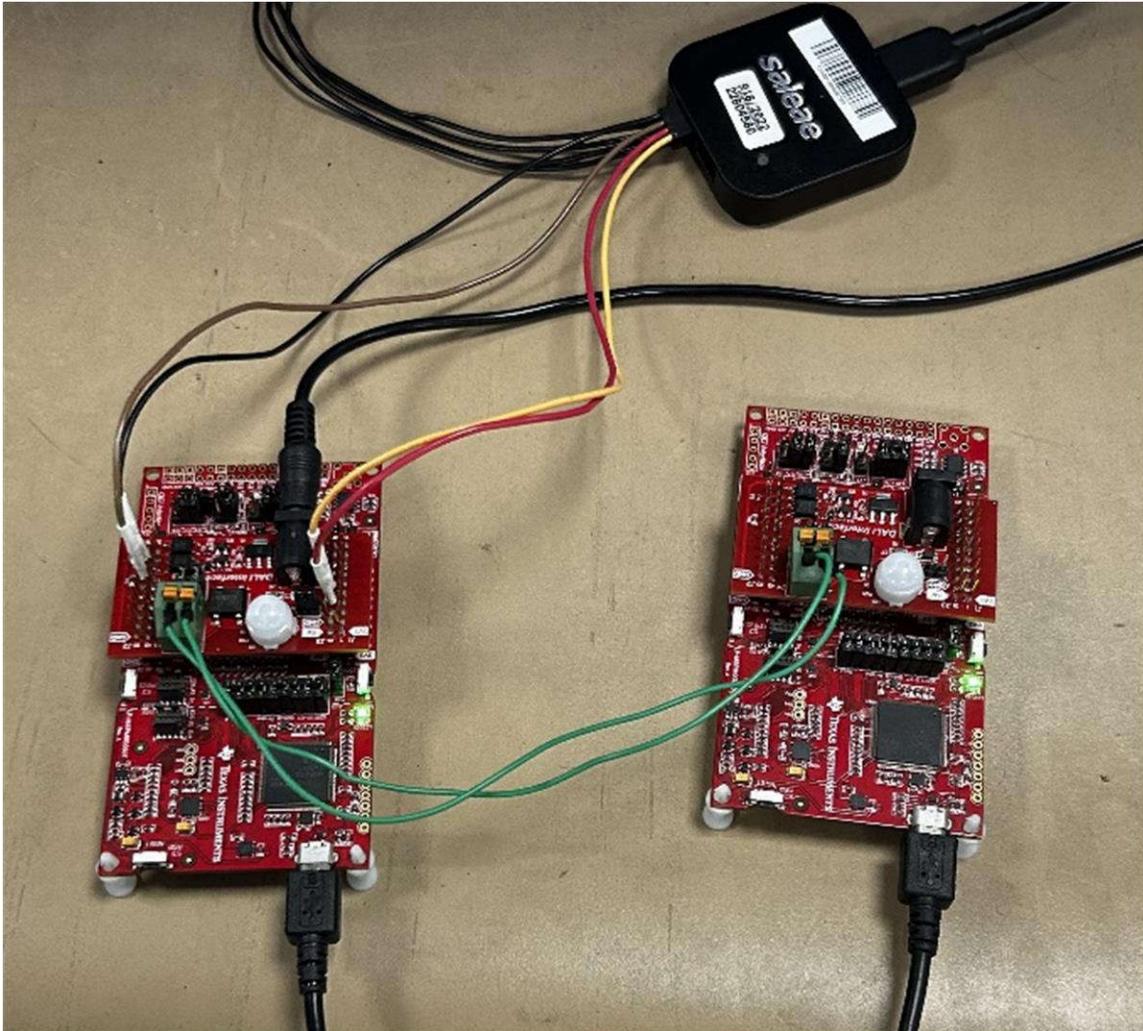


图 3-3. 硬件设置

3.3.1 配置 PIR

可以通过固件设置配置寄存器来配置 PIR 传感器。

表 3-1. 配置寄存器设置

位编号	说明	大小 [位]	注释
[24:17]	阈值	8	BPF 值上的检测阈值
[16:13]	调暗时间	4	$= 0.5s + [\text{寄存器值}] \times 0.5s$
[12:11]	脉冲计数器	2	$= 1 + [\text{寄存器值}]$
[10:9]	窗口时间	2	$= 2s + [\text{寄存器值}] \times 2s$
[8:7]	运行模式	2	0 : 强制读数 1 : 中断读数 2 : 唤醒 3 : 保留
[6:5]	信号源	2	0 : PIR (BPF) 1 : PIR (LPF) 2 : 保留 3 : 温度传感器
[4:3]	保留	2	保留 : 必须设为 dec 2
[2]	HPF 截止频率	1	0 : 0.4Hz 1 : 0.2Hz
[1]	保留	1	保留 : 必须设为 dec 0
[0]	计数模式	1	带 (0) 或不带 (1) BPF 符号变化的计数

图 3-4 中的波形显示了配置阶段从 MSPM0G3507 发送到 PIR 传感器的信号。

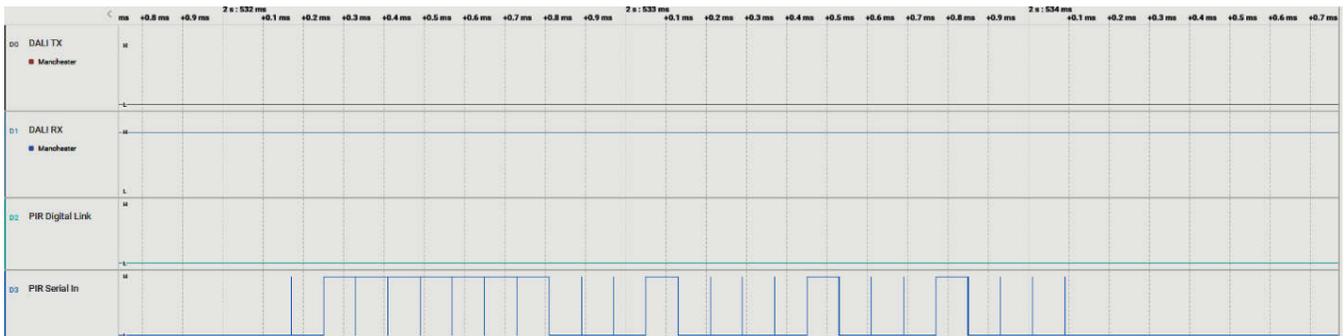


图 3-4. PIR 配置信号

3.4 测试结果

3.4.1 PIR 检测到运动时的事件消息

图 3-5 显示了 DUT 如何启动事件消息，以响应 PIR 传感器检测到的运动。检测到运动时，PIR 数字链路立即发送信号，随后 DUT 在 DALI TX 线路上发送一条 DALI 事件消息。

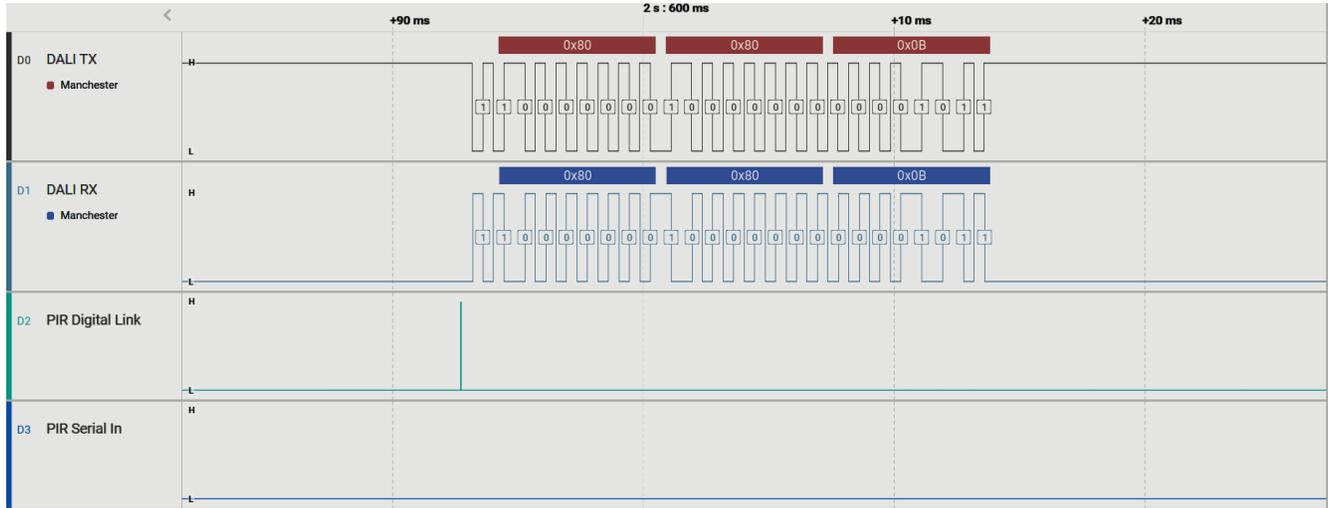


图 3-5. 事件消息

3.4.2 通过报告计时器生成事件消息

控制器通过发送 DALI 303 命令，启动在 DUT 上设置报告计时器的过程。首先，控制器将 DTR0 寄存器配置为报告计时器所需的周期。接下来，控制器向 DUT 发送启用报告计时器命令，使用 DTR0 中的值作为周期。因此，DUT 会定期发送事件消息，而与 PIR 传感器检测到的任何运动无关。

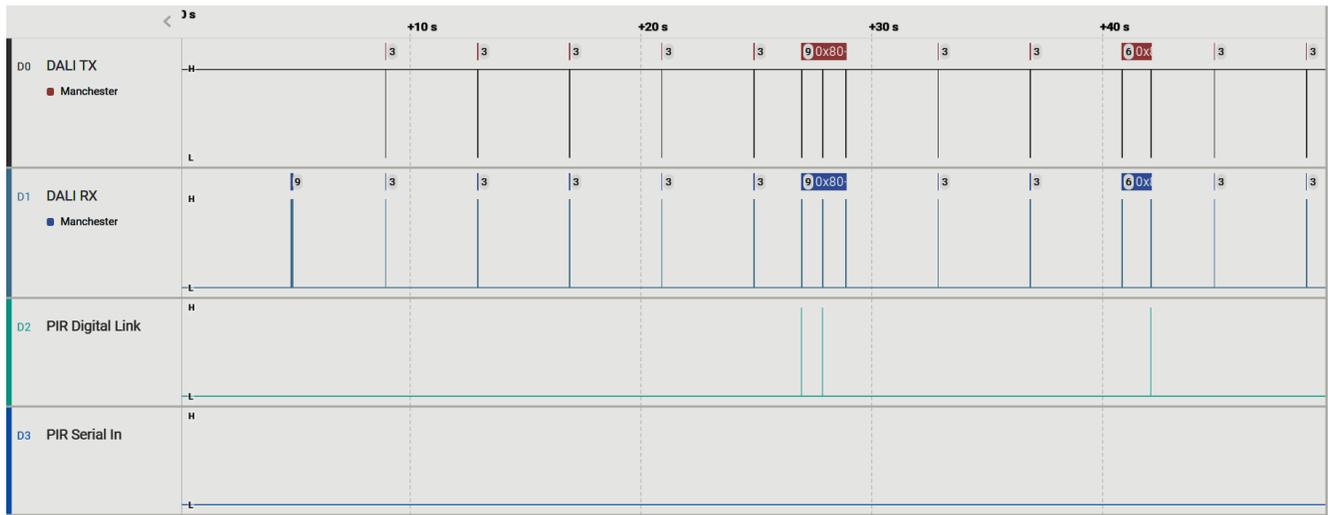


图 3-6. DALI 303 命令

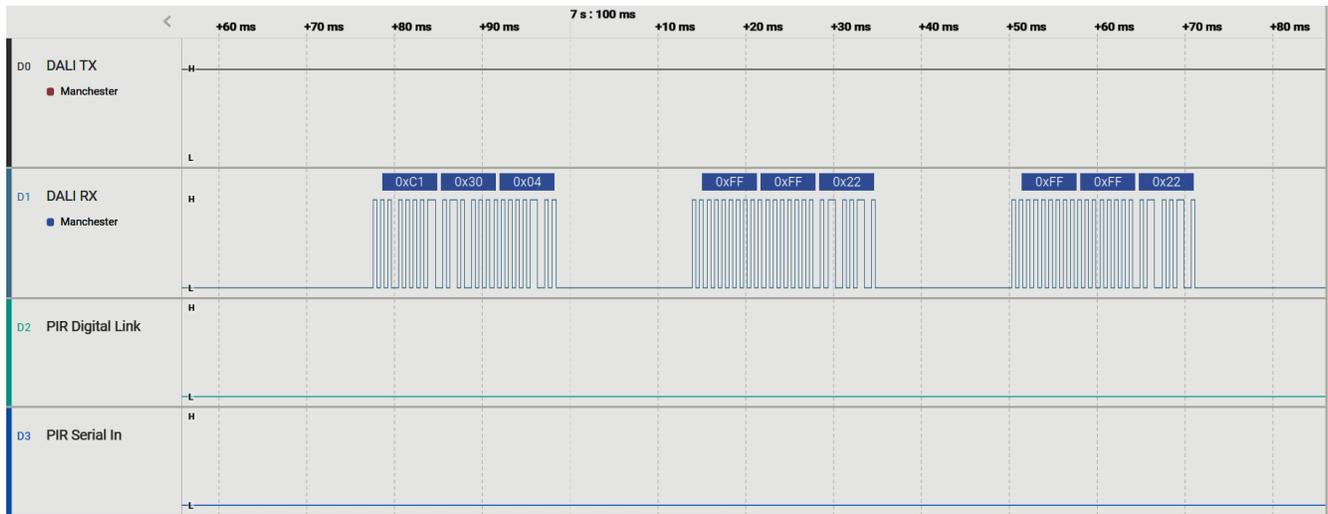


图 3-7. 来自控制器的命令

控制器通过发送特定命令将 DTR0 寄存器值设置为 4。接下来，控制器发送设置报告计时器命令（“发送两次”命令），该命令使用 DTR0 值配置报告计时器周期并激活报告计时器。

4 设计和文档支持

4.1 设计文件

4.1.1 原理图

要下载原理图，请参阅 [TIDA-010963](#) 中的设计文件。

4.1.2 BOM

要下载物料清单 (BOM)，请参阅 [TIDA-010963](#) 中的设计文件。

4.1.3 PCB 布局建议

4.1.3.1 布局图

要下载板层图，请参阅 [TIDA-010963](#) 中的设计文件。

4.2 工具与软件

工具

MSPM0-SDK MSPM0 SDK 通过单个软件包提供软件、工具和文档的精选集合，可以加快 MSPM0 MCU 平台应用程序的开发。

SYSCONFIG SysConfig 是一款配置工具，旨在简化硬件和软件配置挑战，从而加速软件开发。

CCS-STUDIO Code Composer Studio 是适用于 TI 微控制器和处理器的集成开发环境 (IDE)。Code Composer Studio 包含一整套用于开发和调试嵌入式应用的工具。Code Composer Studio 可在 Windows®、Linux® 和 macOS® 桌面上下载。此外，可以通过访问 [TI 开发人员专区](#) 在云中使 Code Composer Studio。

4.3 文档支持

- 德州仪器 (TI)，[LMR436x0-Q1 在 150°C T_{JMAX} 下 I_Q < 2.5 μA 且采用 4mm² HotRod™ QFN 封装的 36V、1A/2A 汽车级降压转换器数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[TPS62850x-Q1 采用 SOT583 封装的 2.7V 至 6V、1A/2A/3A 汽车级降压转换器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[TLIN1021A-Q1 具有抑制和唤醒功能的故障保护 LIN 收发器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[AWRL1432 单芯片 76GHz 至 81GHz 汽车雷达传感器 数据表](#)
- 德州仪器 (TI)，[有关光耦仿真器的 E2E](#)
- GeeksforGeeks，[曼彻斯特编码](#)

4.4 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](#)。

4.5 商标

TI E2E™, LaunchPad™, Code Composer Studio™, and BoosterPack™ are trademarks of Texas Instruments.

Arm® and Cortex® are registered trademarks of Arm Limited.

Windows® is a registered trademark of Microsoft Corporation.

Linux® is a registered trademark of Linus Torvalds.

macOS® is a registered trademark of Apple Inc.

所有商标均为其各自所有者的财产。

5 关于作者

MAITRIYA DAMANI Maitriya 是德州仪器 (TI) 的现场应用工程师，负责与楼宇自动化领域的客户交流。他负责的工作包括根据高级系统知识、文档、应用手册和参考设计推荐器件，以支持客户的发展。Maitriya 于 2023 年获得了慕尼黑工业大学 (TUM) 电气工程和计算机科学硕士学位。

EYAL COHEN Eyal 是德州仪器 (TI) 的一名系统工程师，负责设计及开发工业领域中的参考设计。Eyal 在面向工业半导体市场的实时嵌入式系统、低功耗射频连接和楼宇安全产品的软件开发方面拥有丰富经验。Eyal 在特拉维夫大学获得了电气和计算机工程理学学士学位 (BSEE)。

JUSTIN YIN Justin 是德州仪器 (TI) 楼宇自动化系统工程与营销 (SEM) 团队的系统工程师，负责开发适用于楼宇安全系统和防火安全系统的传感参考设计。他在上海交通大学获得了控制工程硕士学位，并在上海工程技术大学获得了自动化理学学士学位。

NIKKIL V Nikkil 是德州仪器 (TI) 的软件工程师，专注于开发微控制器的底层驱动程序和应用代码，主要关注串行通信协议。Nikkil 于 2023 年在印度特里西国立理工学院获得了电气和电子工程工艺学士学位。

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