



摘要

LAUNCHXL-F28P65X 是一款适用于德州仪器 (TI) C2000™ 实时微控制器系列 F28P65x 器件的低成本开发板。LAUNCHXL-F28P65X 围绕 TMS320F28P650DK9 实时 MCU 而设计，具有控制、模拟和通信外设以及集成式非易失性存储器是其一大特色。该 LaunchPad 还具有两个独立的 BoosterPack XL 扩展连接器 (80 引脚)、专用的 12 位/16 位差分 ADC 接头、支持标准 CAN (DCAN) 和 CAN-FD (MCAN) 的板载控制器局域网 (CAN) 收发器、两个 5V 编码器接口 (eQEP) 连接器、FSI 连接器、EtherCAT 连接器、电源域隔离，以及一个板载 XDS110 调试探针。

图 1-1 重点介绍了 F28P65x LaunchPad 的主要特性。

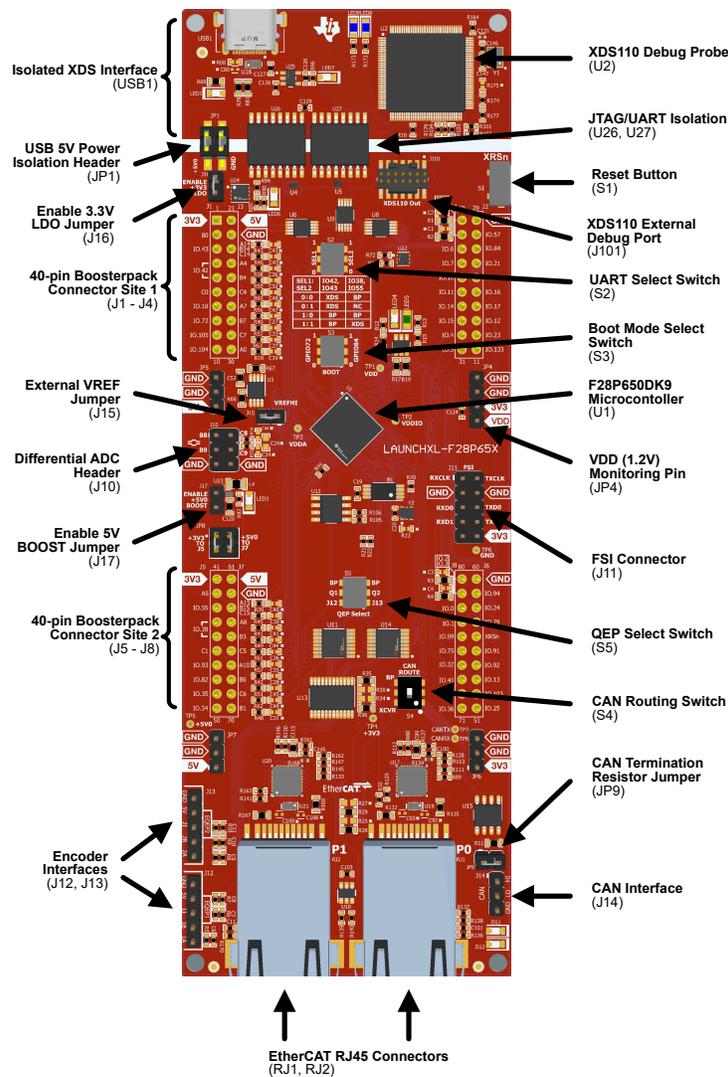


图 1-1. F28P65x LaunchPad 电路板概述

内容

1 电路板概述	4
1.1 套件内容.....	4
1.2 特性.....	4
1.3 规格.....	5
1.4 使用 F28P65x LaunchPad.....	6
1.5 BoosterPack.....	6
1.6 硬件版本.....	7
2 软件开发	7
2.1 软件工具和软件包.....	7
2.2 F28P65x LaunchPad 演示程序.....	7
2.3 在 F28P65x LaunchPad 上编写和运行其他软件.....	10
3 硬件说明	11
3.1 功能描述和连接.....	12
3.2 调试接口.....	17
3.3 备选布线.....	17
4 电路板设计	19
4.1 原理图.....	19
4.2 PCB 布局.....	19
4.3 物料清单.....	19
4.4 LAUNCHXL-F28P65X 电路板尺寸.....	26
5 常见问题解答	27
6 参考文献	28
6.1 参考文档.....	28
6.2 此设计中使用的其他 TI 组件.....	29

插图清单

图 1-1. F28P65x LaunchPad 电路板概述.....	1
图 2-1. LaunchPad XDS110 COM 端口.....	8
图 2-2. LaunchPad 演示串行终端 - TI 标识.....	8
图 2-3. LaunchPad 演示串行终端 - ADC 采样.....	9
图 3-1. F28P65x LaunchPad 开发套件方框图.....	11
图 3-2. LaunchPad 配电图.....	12
图 4-1. 顶部信号 - 第 1 层.....	20
图 4-2. GND - 第 2 层.....	21
图 4-3. 中间信号 - 第 3 层.....	22
图 4-4. PWR - 第 4 层.....	23
图 4-5. GND2 - 第 5 层.....	24
图 4-6. 底部信号 - 第 6 层.....	25
图 4-7. F28P65x LaunchPad 尺寸和元件位置.....	26
图 5-1. 目标配置高级选项.....	27
图 5-2. 演示工程中包含的目标配置.....	28

表格清单

表 1-1. LAUNCHXL-F28P65X 规格.....	5
表 1-2. 针对 F28P65x LaunchPad 的精选 BoosterPack.....	6
表 3-1. 电源域分流器.....	13
表 3-2. 电源配置.....	13
表 3-3. LED 电源指示说明.....	13
表 3-4. 用户可配置 LED 说明.....	13
表 3-5. XDS110 LED 说明.....	14
表 3-6. EtherCAT 通信 LED 说明.....	14
表 3-7. 引导选择开关表 - S3.....	15
表 3-8. SCI UART 选择表 - S2.....	18
表 3-9. QEP 选择表 - S5.....	18

商标

C2000™, and LaunchPad™, and Code Composer Studio™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 电路板概述

1.1 套件内容

F28P65x Series LaunchPad 开发套件包含以下物品：

- C2000 F28P65x 系列 LaunchPad 开发板 (LAUNCHXL-F28P65X)
- USB A 公型转 USB Type-C™ 公型电缆
- 引脚排列图

1.2 特性

F28P65x LaunchPad 具有以下特性：

- C2000 系列 F28P650DK9 (169 引脚) 微控制器
 - 具有可配置逻辑块 (CLB) 功能
- 板载 XDS110 调试探针
- 两个由用户控制的 LED
- 一个微控制器复位开关
- 可选的电源域：
 - USB
 - BoosterPack
 - 外部电源 (5V 或 3.3V)
- 12 位/16 位差分 ADC 接头
 - 板载 REF6230 支持所有 12 位 ADC 模式，在 16 位模式下不提供数据表指定的性能。对于需要 16 位 ADC 运行的设计，不推荐参考该 REF6230。请参阅 [TMDSCNCD28P65X](#) 了解推荐的 ADC 参考电路。
- CAN 连接器和板载 CAN 收发器
 - 支持标准 CAN (DCAN) 和 CAN-FD (MCAN)
- 两个基于增强型正交编码器脉冲 (QEP) 的独立编码器连接器
- FSI 外设连接器
- EtherCAT 连接器
- 两个具有可堆叠接头的独立 BoosterPack XL 标准连接器 (80 引脚) ，用于更大限度地提高通过 BoosterPack 生态系统实现的扩展能力

1.3 规格

表 1-1 总结了 F28P65x LaunchPad 规格。

表 1-1. LAUNCHXL-F28P65X 规格

参数	值
电路板电源电压	<p>以下其中一种来源的 5 V_{DC} :</p> <ul style="list-style-type: none"> • USB 连接器 (USB1) - 连接到 PC 或其他兼容电源的 USB Type-C™ 电缆。 • BoosterPack 1 • BoosterPack 2 • 辅助电源连接器 <p>以下其中一种来源的 3.3 V_{DC} :</p> <ul style="list-style-type: none"> • BoosterPack 1 • BoosterPack 2 • 辅助电源连接器
尺寸	6.75 x 2.3 x 0.925 英寸 (17.14cm x 5.84cm x 2.35cm) (长 x 宽 x 高)
分接功率输出	<ul style="list-style-type: none"> • 连接到 BoosterPack 的 3.3V_{DC} , 受 TPS7A7401 LDO 的输出限制。此 3.3V 层由多个板载组件共享。TPS7A7401 的总输出功率限制为 1.5A。
假定的工作条件	此套件假定在标准室内条件下运行。EVM 可以运行在湿度为适度至低的接近标准环境温度和压力 (SATP) 下。



1.3.1 外部电源或配件要求

标称输出电压 : 5VDC

最大输出电流 : 3A

效率等级 V

备注

TI 建议使用符合适用地区安全标准 (如 UL、CSA、VDE、CCC 和 PSE 等) 的外部电源或电源配件。

1.4 使用 F28P65x LaunchPad

使用 F28P65x LaunchPad 的建议步骤如下：

- 按照节 2.2 中的说明开始运行 **LaunchPad 演示程序**。只需几分钟，即可通过预编程的快速入门应用程序来控制 and 监测 F28P65x LaunchPad。此外，如果您有希望快速得到解决的任何问题，本文档中包含的[常见问题解答部分](#)可能会有帮助。
- 尝试使用 **BoosterPack**。此开发套件符合最新版的 **BoosterPack** 引脚排列标准。此开发套件具有两个独立的 **BoosterPack** 站点，可支持多种扩展情况，例如同时使用两个 **BoosterPack**。有关 **TI LaunchPad** 和 **BoosterPack** 标准的更多信息，请参阅 [TI LaunchPad](#)。
- 自行开发控制应用的首要步骤。F28P65x LaunchPad 由 **C2000Ware** 开发包提供支持。安装 **C2000Ware** 后，在安装目录中查找 `\f28p65x\examples\c28x\launch\l_f28p65x`，并找到为此电路板预先配置的示例应用。`\f28p65x\examples` 目录中的任何其他示例只需经过少量修改，即可在 **LaunchPad** 上运行。有关软件开发的更多详细信息，请参阅节 2。
 - 有关应用、特性和优势信息，请参阅 [TMS320F28P65x 实时微控制器](#)。
 - 查看这篇[介绍 C2000 实时微控制器的技术文章](#)，了解开发人员如何充分利用这些器件带来的可扩展性和可持续性优势。
- 定制并集成硬件，以符合终端应用要求。在基于 **C2000 F28P65x** 系列微控制器构建自己的定制电路板和电路时，此开发套件可用作参考。还可基于该 **LaunchPad**，使用定制 **BoosterPack** 和其他电路进行扩展。本文档可用作此类工程的起点。
- 接受培训。查看并下载关于 **C2000 实时微控制器** 及相关 **LaunchPad** 的书面和视频培训资料，这些培训资料需要花费数小时来查看。
 - 请参阅 [C2000™ 实时控制微控制器 \(MCU\) 使用入门](#)
 - 查看 [TI 培训和视频](#) 页面
 - 参阅 [C2000 Academy](#) 页面

1.5 BoosterPack

LAUNCHXL-F28P65X 提供了一种简单而又经济的方法来使用 **F28P65x** 系列微控制器开发各种应用。

BoosterPack 是 **LaunchPad** 生态系统的可插拔附加板，符合德州仪器 (TI) 制定的引脚排列标准。**TI** 和第三方 **BoosterPack** 生态系统极大地扩展了外设和潜在应用，让您可使用 **F28P65x LaunchPad** 进行探索。

表 1-2 中列出了一些与 **F28P65x LaunchPad** 兼容的 **BoosterPack** 示例。请注意，该列表并未详尽列出受硬件支持的 **BoosterPack**。

表 1-2. 针对 F28P65x LaunchPad 的精选 BoosterPack

BoosterPack/电路板	应用和使用
BOOSTXL-3PHGANINV	采用 48V/10A 三相 GaN 逆变器，具备基于分流器的精密直列式相电流检测功能，从而能够对精密驱动器（例如，伺服驱动器）进行精准控制。
BOOSTXL-DRV8323RS BOOSTXL-DRV8323RH	DRV8323RS/H 具有降压、分流放大器的三相 15A 智能栅极驱动器（SPI 或硬件接口）评估模块。
TMDSFSIADAPEVM	FSI 适配器板可帮助用户了解 C2000 FSI 通信外设的功能。可评估分散式和点对点实时控制系统用例中的外设，例如工业驱动器、伺服驱动器、感应网络和太阳能系统以及工业电源中的外设。
DRV8353RS-EVM	基于 DRV8353RS 栅极驱动器和 CSD19532Q5B NexFET™ MOSFET 的 15A 三相无刷直流驱动级。
DRV8316REVM	DRV8316REVM 提供三个半 H 桥集成式 MOSFET 驱动器，用于驱动具有 8A 峰值电流驱动的三相无刷直流 (BLDC) 电机，适用于 12V/24V 直流电源轨或电池供电应用。
BOOSTXL-BUCKCONV	数字电源降压转换器 BoosterPack ，用于学习涉及 C2000 微控制器的数字电源控制基础知识。降压转换器功率级支持动态负载，可以将外部 9V 直流电源转换为可配置的直流输出电压。
BOOSTXL-POSMGR	位置管理器 BoosterPack 是一个用于评估绝对编码器和模拟传感器（如旋转变压器和 SinCos 传感器）接口的灵活低电压平台。

表 1-2. 针对 F28P65x LaunchPad 的精选 BoosterPack (continued)

BoosterPack/电路板	应用和使用
BOOSTXL-SHARP128	Sharp® 128x128 内存 LCD 和 microSD 卡 BoosterPack (使用 SPI 进行控制)。使用 LCD 屏幕来显示传感器读数、时间、图形或其他信息。

备注

所列 BoosterPack 和电路板的软件支持会有所不同。

用户也可以自行设计用于 F28P65x LaunchPad 的 BoosterPack。请参阅 [LAUNCHXL-F28P65X 引脚排列图](#) 或 [LAUNCHXL-F28P65X 原理图](#)，确保满足相关的兼容性要求。

1.6 硬件版本

本节包含 LAUNCHXL-F28P65X 的缩写修订历史记录以及每次修订的已知问题。

1.6.1 修订版 A

LAUNCHXL-F28P65x 的第一个量产版本于 2023 年 7 月发布。此版本可通过 EVM 背面 BoosterPack 连接器位置 1 和电路板顶部之间标为“MCU117A”丝印来识别。

下面列出了 EVM 上已确定的问题：

已知问题：

- 初始发布版本目前未报告任何问题。

要注意的特殊说明和注意事项：

- 初始发布版本目前未报告任何内容。

2 软件开发

本节提供了软件开发的一般信息以及有关编程设置 LaunchPad 的说明。[C2000 评估和开发](#)页面上列出了适用于 F28P65x 等 C2000 实时控制器的软件工具和软件包。

2.1 软件工具和软件包

[Code Composer Studio \(CCS\)](#) 是一种免费的集成开发环境 (IDE)，支持 TI 的微控制器和嵌入式处理器产品系列。Code Composer Studio™ (CCS) IDE 提供了功能丰富的环境，用于在 C2000 系列 MCU 上开发、编写和调试代码。

[C2000WARE](#) 是一个资源库，其中包含适用于 C2000 MCU 的器件特定驱动程序、位字段支持文件、库、外设示例、实用程序、硬件文件和文档。C2000WARE 为在 LAUNCHXL-F28P65X 上开始开发和评估 F28P65x 器件提供了坚实的基础，并能够更大程度地缩短软件开发时间。

借助提供的软件开发套件 (SDK)，可以轻松地在特定系统用例中评估 C2000 MCU，并缩短整体开发时间。[Motor Control SDK \(C2000WARE-MOTORCONTROL-SDK\)](#) 面向各种电机控制应用，例如工业驱动器。[Digital Power SDK \(C2000WARE-DIGITALPOWER-SDK\)](#) 适用于各种交流/直流、直流/直流和直流/交流电源应用的数字电源系统开发。

2.2 F28P65x LaunchPad 演示程序

LAUNCHXL-F28P65X 具有一个已预先编程了演示程序的 TMS320F28P650DK9NMR 器件。当 LaunchPad 上电时，演示程序会先让 LED4 和 LED5 以 LED 闪烁序列进行闪烁。几秒钟后，该器件会切换至 ADC 采样模式。

每隔 1 秒，ADC 会对引脚 ADCINA4 进行一次采样，采样值表示如下：如果样本高于中标度 (2048)，红色 LED4 将亮起。如果样本低于中标度，绿色 LED5 将亮起。

默认情况下，ADC 是在外部电压基准模式下配置。因此，必须连接 J15 上的分流器以使用板载 3.0V 高精度电压基准器件 (REF6230)。中标度点出现在 1.5V 附近。有关模拟电压基准的更多信息，请参阅 [节 3.1.11](#)。

除 LED 指示灯之外，ADC 采样结果还通过 USB/UART 接口显示在 PC 上。要在 PC 上查看 UART 信息，请首先确定与 LaunchPad 关联的 COM 端口 (请参阅 [图 2-1](#))。为此，请在 Windows 中打开 [设备管理器](#)。在“Ports

(COM & LPT)”下查找名为“XDS110 Class Application/User UART (COMX)”的条目，其中 X 为数字。记住该编号，以便打开某个串行终端。

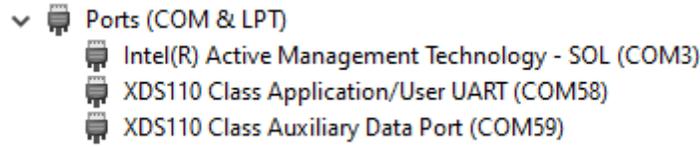


图 2-1. LaunchPad XDS110 COM 端口

PuTTY 是一款免费的开源终端仿真器，演示程序的 UART 数据便是使用 PuTTY 进行测试的。要在串行终端程序中查看 UART 数据，请通过 Windows 设备管理器打开显示的 COM 端口并使用以下设置：

115200 波特、8 个数据位、无奇偶校验、1 个停止位。

在串行终端中正确打开相应的串行端口后，通过按下 S1 复位按钮来复位 LaunchPad，并观察串行终端中是否以 ASCII 字符形式显示了 TI 标识 (请参阅图 2-2) 。

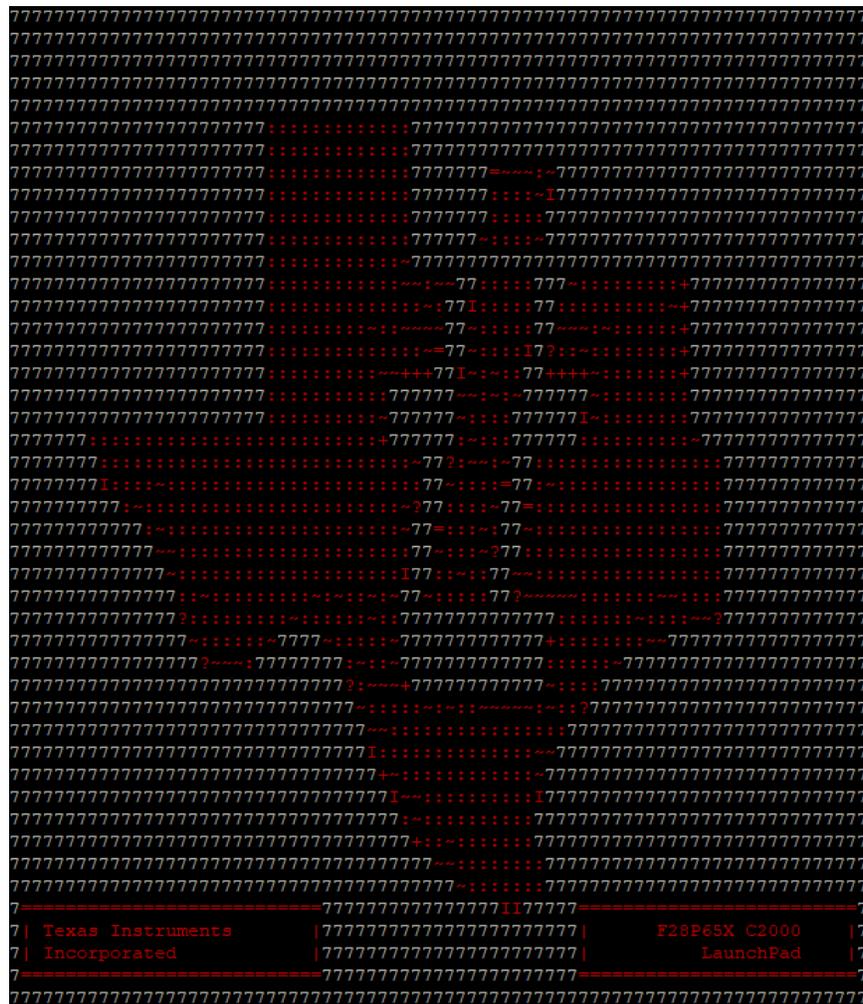


图 2-2. LaunchPad 演示串行终端 - TI 标识

片刻之后，在 ADCINA4 引脚上通过采样得到的 ADC 值便会显示在终端的右下角，并且每秒会更新一次 (请参阅图 2-3) 。通过跳线将 ADCINA4 接头连接到 3.0V、GND 或其他 0V-3.0V 信号接头，观察出现在屏幕上的值的变化。

2.3 在 F28P65x LaunchPad 上编写和运行其他软件

节 2.1 中所示的软件包内含有可在 F28P65x LaunchPad 上加载并运行的示例工程。如果在 `C:\ti\c2000\C2000Ware_<version>` 的默认安装路径中安装了 **C2000WARE** 软件，则可以在 `C:\ti\c2000\C2000Ware_<version>\examples\lf28p65x` 中找到基于 DriverLib 的示例应用。板载 XDS110 与片上闪存编辑器工具一同使用，以将应用编入 F28P65x LaunchPad。

请遵循如下步骤，使用板载 XDS110 调试探针将示例应用编入 F28P65x LaunchPad 开发套件：

1. 在运行 Microsoft Windows 的 PC 上安装 **Code Composer Studio (CCS) IDE**。
2. 将 USB-A 电缆插头连接至 PC 上的空闲 USB 端口并将 USB Type-C™ 插头连接至 F28P65x LaunchPad 上的端口 (USB1)。
3. 验证以下 LED 是否亮起：
 - a. 电路板左上方的 LED1，指示 5V USB 电源。
 - b. LED7 指示 XDS110 调试探头的 3.3V 电源。
 - c. LED3 指示 F28P650DK9 MCU 的 5.0V 电源。
 - d. LED6 指示 F28P650DK9 MCU 的 3.3V 电源。
4. 出现提示时，安装 Windows XDS110 和 Virtual COM Port 驱动程序。安装说明可以在 [XDS110 产品页面](#) 上找到。
5. 在 PC 上运行 CCS IDE。
6. 将 C2000WARE 中的 F28P65x 工程或其他已安装的软件包导入 CCS IDE 工作区。
7. 将 `_LAUNCHXL_F28P65X` 预定义的符号添加到导入的 DriverLib 示例工程，以便软件可以使用相关的 F28P65x LaunchPad 信号。
 - a. 打开工程的“Properties” → 展开 *Build* 选项卡 → 展开 *C2000 Compiler* 选项卡 → 选择 *Predefined Symbol* → 添加 `_LAUNCHXL_F28P65X` 预定义 NAME。
8. 在 CCS IDE 中，右键单击工程名称，然后选择 *Rebuild Project*。
9. 启动 LAUNCHXL-F28P65X 目标配置文件并连接至 F28P65x 器件。确保目标配置文件设置为使用 4 引脚 JTAG 高级配置。有关更多详细信息，请参阅[常见问题解答部分](#)。
10. 点击“Load Program”并选择要加载的程序二进制文件。对应的二进制文件便会加载到器件上，现在即可进行运行和调试。

3 硬件说明

F28P65x LaunchPad 包括一个 F28P650DK9NMR MCU，专为高级实时控制应用而设计。通过板载配件和 BoosterPack 连接器，用户可使用大量此类外设。本节介绍这些外设的工作方式及其与 MCU 的连接。

图 3-1 显示了 F28P65x LaunchPad 的简要方框图：

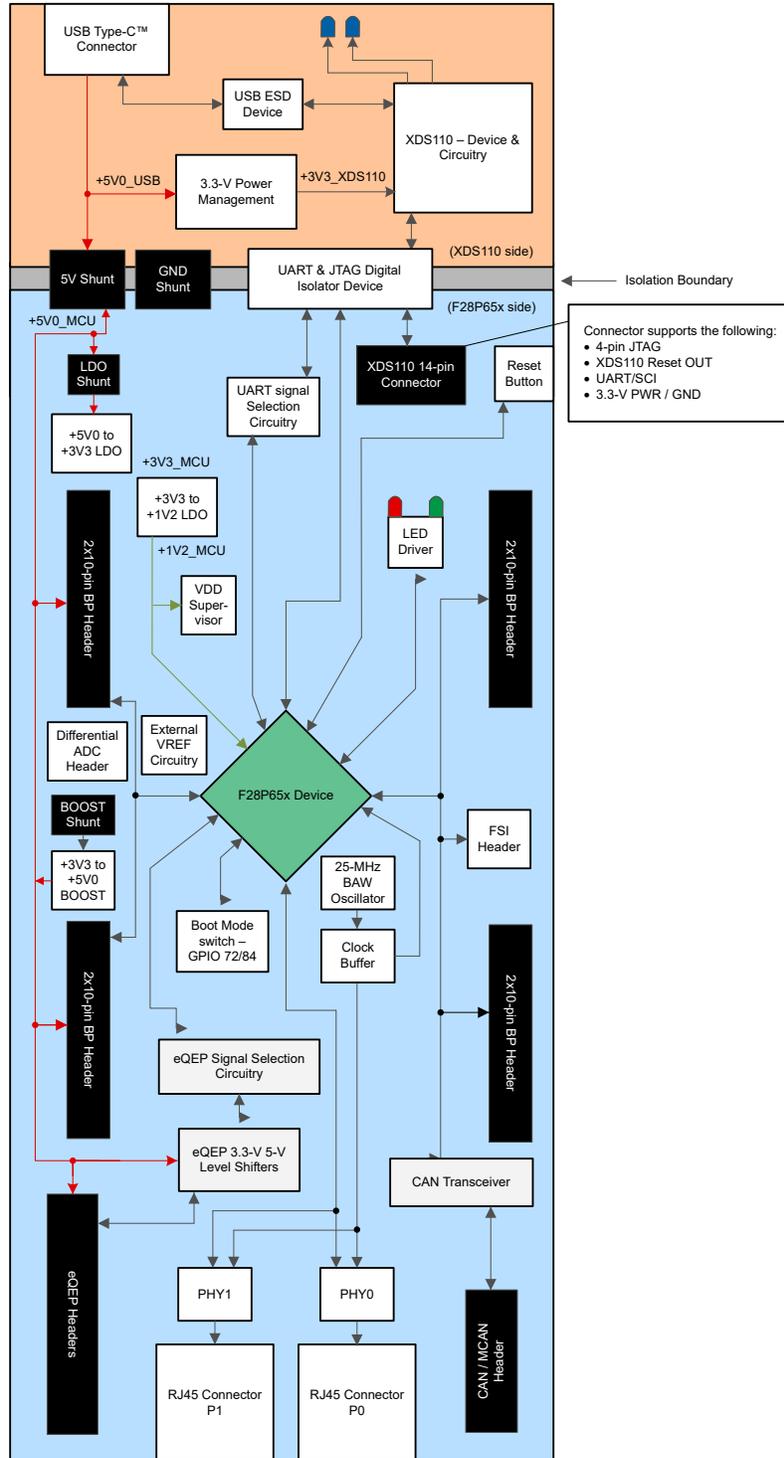


图 3-1. F28P65x LaunchPad 开发套件方框图

3.1 功能描述和连接

3.1.1 微控制器

TMS320F28P650DK9NMR 是一款双核 32 位浮点微控制器，具有 1.28MB 闪存、248KB RAM、用于卸载任务的可编程控制律加速器 (CLA)，并在 200MHz 频率下工作。该微控制器包含先进的控制外设、差分模拟和各种通信外设。该器件已针对高性能实时控制应用进行了优化。有关更多详细信息，请参阅 [TMS320F28P65x 实时微控制器](#)。

该微控制器的大多数信号都路由到布局符合 TI BoosterPack 标准的 2.54mm (0.1 英寸) 间距接头，但有一些例外。借助 F28P65x MCU 的内部多路复用器，可以为每个通用输入/输出 (GPIO) 引脚分配多种不同的外设功能。有关多路复用选项的信息，请参阅具体器件的数据表。添加外部电路时，应考虑开发板电源轨上的额外负载。

F28P65x LaunchPad 带有经出厂编程的快速入门演示程序。该快速入门程序位于片上闪存中，并且每次上电时都会运行，除非此应用程序已经被一个用户程序取代。有关 LaunchPad 演示程序的详细信息，请参阅 [节 2.2](#)。

3.1.2 电源域

F28P65x LaunchPad 具有多个电源域，可以通过可拆卸分流器相互连接或隔离。不同的 3.3V 和 5V 电源域在 [图 3-2](#) 中有进一步说明。

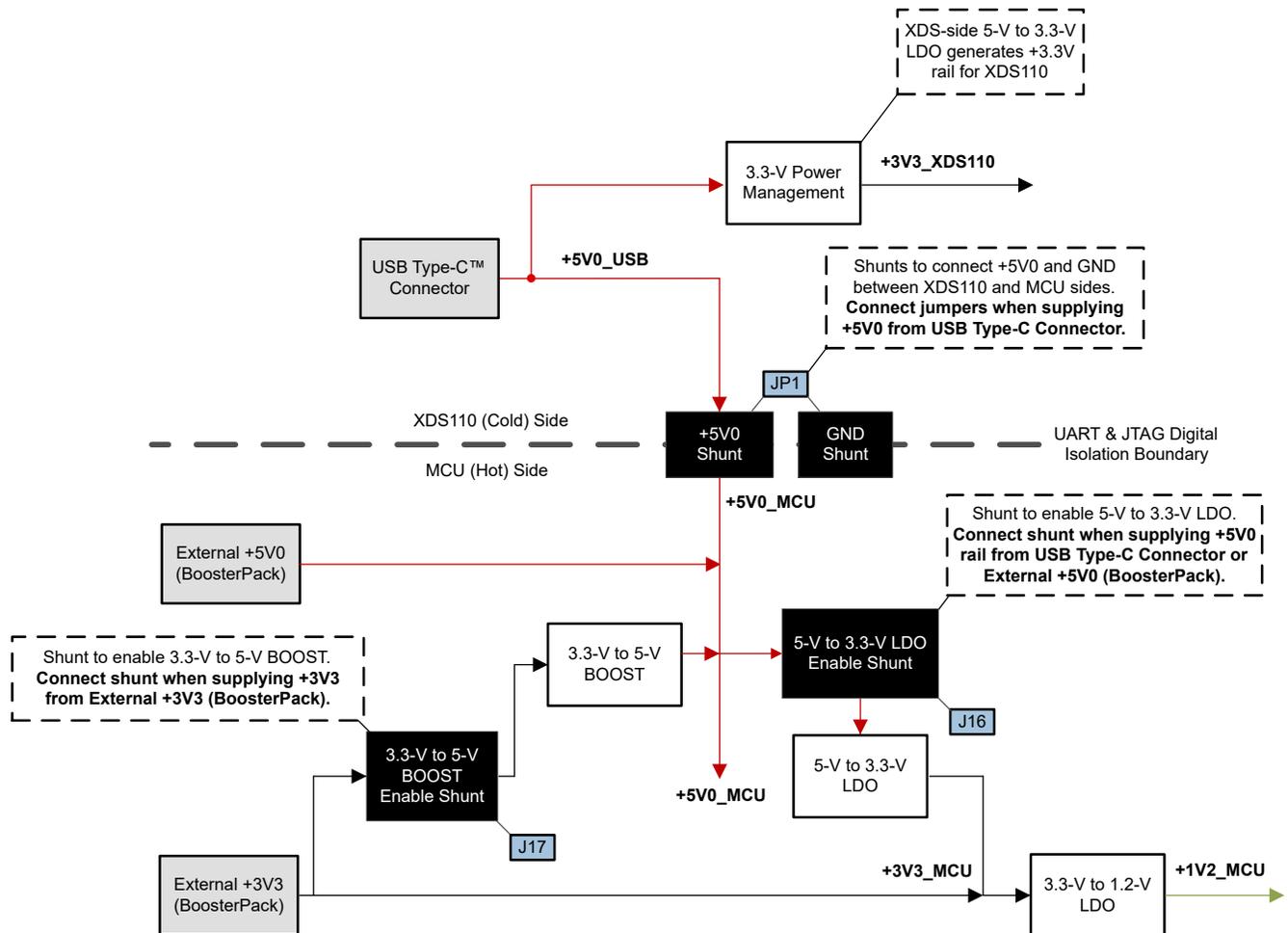


图 3-2. LaunchPad 配电图

表 3-1 描述了 LaunchPad 电路板上不同可拆卸分流器的用法。

表 3-1. 电源域分流器

分流器标识符	用法描述
JP1, +5V0	将来自 USB-C 连接器 (+5V0_USB) 的 +5V 电源连接到电路板 MCU 侧的 +5V 电源 (+5V0_MCU)。桥接两个电路板侧之间的电源和接地隔离。
JP1, GND	将电路板隔离 USB-C 连接器侧的电路板接地 (USB_GND) 连接到电路板接地的其余部分 (GND)。桥接两个电路板侧之间的电源和接地隔离。
J16	启用板载 MCU 侧 5V 至 3.3V LDO 稳压器, 将 +5V 电源轨转换为 +3.3V 电源轨。
J17	启用板载 3.3V 至 5V 升压稳压器, 将 +3.3V 电源轨转换为 +5V 电源轨。

F28P65x LaunchPad 可提供灵活的电源域方案, 允许用户以各种不同的配置为电路板供电。表 3-2 显示了不同的电源配置以及为整个电路板供电而需要安装的所需分流器。

表 3-2. 电源配置

电源	连接的分流器	电源说明
USB-C 连接器	JP1、J16	+5V0_USB : 由 USB-C 连接器供电 +5V0_MCU : +5V0_USB 会传递给 JP1, 并且与 +5V0_MCU 是同一个电源 +3V3_MCU : 由 MCU 侧 5V 至 3.3V LDO 稳压器生成
外部 +3.3V (连接到 BoosterPack 接头)	J17	+5V0_USB : 如果正在调试器件, +5V0_USB 通过 USB-C 连接器供电, 并且与 MCU 侧 +5V0 电源轨隔离。否则, 如果不进行调试, 则不需要 +5V0_USB。 +5V0_MCU : 由 3.3V 至 5V 升压稳压器生成 +3V3_MCU : 由外部 +3.3V 电源供电
外部 +5.0V (连接到 BoosterPack 接头)	J16	+5V0_USB : 如果正在调试器件, +5V0_USB 通过 USB-C 连接器供电, 并且与 MCU 侧 +5V0 电源轨隔离。否则, 如果不进行调试, 则不需要 +5V0_USB。 +5V0_MCU : 由外部 +5.0V 电源供电 +3V3_MCU : 由 MCU 侧 5V 至 3.3V LDO 稳压器生成

3.1.3 LED

F28P65x LaunchPad 电路板上具有 LED 电源指示灯 (红色)。表 3-3 显示了每个 LED 的说明。

表 3-3. LED 电源指示说明

LED 编号	指示说明
LED1	从 USB Type-C™ 连接器获得 +5V 电源
LED7	PCB XDS110 侧的 +3.3V 电源
LED3	PCB F28P65x 侧的 +5V 电源
LED6	PCB F28P65x 侧的 +3.3V 电源

该电路板上提供了两个用户 LED : LED4 (红色) 和 LED5 (绿色) , 请参阅表 3-4。这两个用户 LED 分别连接至 F28P650DK9 的 GPIO12 和 GPIO13。这些信号连接到 SN74LVC2G07DBVR LED 驱动器 IC, 并采用低电平有效配置; 也就是说, 将 GPIO 驱动至低电平时, LED 会亮起; 驱动至高电平时, LED 会熄灭。这些 LED 专供软件程序使用。

表 3-4. 用户可配置 LED 说明

LED 编号	说明
LED4	由 GPIO12 控制的低电平有效用户可配置 LED
LED5	由 GPIO13 控制的低电平有效用户可配置 LED

XDS110 调试探针上连接了两个蓝色 LED : LED8 和 LED9, 请参阅表 3-5。这些 LED 指示调试器活动, 并且无法通过任何应用程序进行控制。

表 3-5. XDS110 LED 说明

LED 编号	指示说明
LED8	指示 XDS110 器件主动连接到调试器目标会话 (例如, CCS IDE 调试会话)
LED9	表示 XDS110 器件已通电并正常工作

为了正确遵循 EtherCAT 协议, F28P65x LaunchPad 配备了多个 LED, 用于指示 EtherCAT 通信的活动。除了 PHY 链路状态和链路活动 LED 外, 表 3-6 还列出了电路板上包含的 LED。

表 3-6. EtherCAT 通信 LED 说明

LED 编号	指示说明
D11	由 GPIO33 控制, EtherCAT 运行 LED (绿色)
D12	由 GPIO61 控制, EtherCAT 错误 LED (红色)

3.1.4 编码器连接器

F28P65x LaunchPad 包含 J12 和 J13 两个接头, 这两个接头可用于连接线性或旋转增量编码器。这两个接头采用 5V 输入信号, 信号会降压至 3.3V 并连接至 F28P650DK9 MCU。恰当地设置开关 S5 后, 这些信号会路由至器件上的 eQEP 模块, 具体请参阅表 3-9。每个接头都具有用于每个 eQEP 模块 (1 和 2) 的 EQEPA、EQEPB 和 EQEPI 信号, 以及用于 GND 和 5V 的引脚。

3.1.5 FSI

F28P65x MCU 具有快速串行接口 (FSI) 通信外设。FSI 支持稳健的高速通信, 旨在增加传输的信息量, 并降低通过隔离栅进行通信的成本。J11 上提供了 FSI 信号 TXCLK、TXD0、TXD1、RXCLK、RXD0 和 RXD1。此接头设置为在引脚上添加跳线时会将 TX 连接到 RX 通道, 从而进行外部环回和评估。此外, 该连接器上存在两个 GND 信号, 用于以缠绕对形式, 通过 FSI 连接到外部电路板。连接到此接头的 GPIO 仅路由到此电路板上的 J11 FSI 连接器, 而不路由到 BoosterPack 接头。

LAUNCHXL-F28P65X 不包含任何用于 FSI 信号的板载隔离器件。如果有意在具有隔离器件或不同驱动器/接收器的情况下评估 FSI 外设, 请参阅 [TMDSFSIADAPEVM](#) 插接电路板。

3.1.6 CAN

F28P65x LaunchPad 包含一个连接 CAN 网络的连接器 (J14)。GPIO4 和 GPIO5 通过板载 CAN 收发器从 F28P650DK9 连接到 J14。这些 F28P65x 器件引脚上同时存在标准 CAN 和 CAN-FD 多路复用器选项。开关 S4 用于将 GPIO4 和 GPIO5 连接到 CAN 收发器和连接器或 Boosterpack 接头。如需了解更多详细信息, 请参阅节 3.3.4。

3.1.7 EtherCAT

F28P65x LaunchPad 具有两个以太网 PHY 和两个 RJ45 连接器来支持 EtherCAT 通信功能。LaunchPad 上使用的 DP83826 10/100Mbps 单端口物理层收发器提供低确定性延迟。此外, PHY 还在 XI 与 TX_CLK 之间提供固定相位, 且功耗很低。这些特性以及强大的 EMI/EMC 性能使 DP83826E/I 成为实时应用的理想选择。有关更多详细信息, 请参阅 [DP83826 确定性、低延迟、低功耗、10/100Mbps 工业以太网 PHY](#)。

3.1.8 CLB

可配置逻辑块 (CLB) 是一组可通过软件互连，以实施定制数字逻辑功能或增强现有片上外设的块。CLB 能够通过一组互连来增强现有外设，这些互连可提供与现有控制外设（例如增强型脉宽调制器 (ePWM)、增强型捕捉模块 (eCAP) 和增强型正交编码器脉冲模块 (eQEP)）的高度连接性。纵横制使 CLB 能够连接到该器件的其他内部外设信号或外部 GPIO 引脚。这样一来，CLB 便可配置为执行小型逻辑功能，来扩充器件外设输入和输出。原本要使用 FPGA 或 CPLD 等外部逻辑器件实现的功能，现在可借助 CLB 在 C2000 MCU 内部实现。

有关 CLB 的更多信息，请参阅 [C2000™ 可配置逻辑块 \(CLB\) 培训系列](#) 视频。

3.1.9 引导模式

F28P650DK9 引导 ROM 包含该器件每次上电或复位时执行的引导加载软件。GPIO72 和 GPIO84 两个引脚连接到引导选择开关 (S3)。默认情况下，这两个引脚都设为高电平 (1)，因此该器件会从闪存引导。有关 F28P65x 引导模式的更多信息，请参阅 [TMS320F28P65x 实时微控制器](#)。

表 3-7. 引导选择开关表 - S3

启动模式	GPIO72 (左侧)	GPIO84 (右侧)
从并行 GPIO 引导	0	0
从 SCI 引导/等待引导	0	1
从 CAN 引导	1	0
从闪存引导 (默认)	1	1

3.1.10 BoosterPack 站点

F28P65x LaunchPad 具有两个完全独立的 BoosterPack XL 连接器。BoosterPack 站点 1 和 2 都符合 BoosterPack 标准。为了扩展此 LaunchPad 可供用户使用的功能，某些信号也会路由至电路板上的替代位置。可以通过操作板载开关或通过增加/去掉 0Ω 电阻器来选择这些备用路线。节 3.3 进行了相关介绍。

可以在 [LAUNCHXL-F28P65X 引脚排列图](#) 中查看 GPIO 引脚编号以及有关 BoosterPack 的特性。每个 GPIO 都通过 F28P65x 器件的 GPIO 多路复用器提供多项功能。引脚排列图中列出了其中一些具体的功能；如需查看完整的 GPIO 多路复用器表格，请参阅 [TMS320F28P65x 实时微控制器](#)。

F28P65x MCU 的所有模拟信号（以 ADCIN 表示）都会路由到电路板左侧的 J1/J3 和 J5/J7 BoosterPack 接头。在靠近相应 BoosterPack 接头的地方，每个 ADC 输入信号都有元件焊盘，用于焊接串联电阻器和并联电容器，以构成 RC 滤波器。默认情况下，会组装 0Ω 电阻器，而电容器不予组装。用户可以组装上述具有特定数值的元件，以滤除到达器件 ADC 输入端的噪声。

3.1.11 模拟电压基准

F28P65x 的模拟子系统支持灵活的电压基准源。ADC 模块以 VREFHix 和 VREFLOx 引脚电压为基准。VREFHix 可由外部驱动或由内部带隙电压基准生成。板载 REF6230 器件提供具有集成缓冲器的高精度 3.0V 基准，并在 J15 组装分流器时主动连接到 C2000 器件。否则，可以向接头 J15 的右侧引脚提供外部电压，作为 VREFHix 的外部电压源。请注意，没有针对外部电压基准的信号调节电路。为了获得良好性能，可能需要一些额外的电路。

备注

板载 REF6230 支持所有 12 位 ADC 模式，在 16 位模式下不提供数据表指定的性能。对于需要 16 位 ADC 运行的设计，不推荐参考该 REF6230。请参阅 [TMDSCNCD28P65X](#) 了解推荐的 ADC 参考电路。

3.1.12 差分 ADC 接头

LaunchPad 上的 J10 具有两对差分路由的 ADC 信号，可评估 F28P65x 的 12 位差分 and 16 位差分 ADC 采样模式。ADCIN8 和 ADCIN9 形成一对差分 ADC 信号，ADCINC8 和 ADCINC9 形成另一对。与板上的单端 ADC 输入信号一样，差分 ADC 信号具有元件焊盘，允许添加串联电阻器和并联电容器来构成 RC 滤波器。此外，这些 ADC 信号还带有一个焊盘，用于在差分信号之间连接一个电容器。注意：F28P65x LaunchPad 上差分路由的 ADC 信号不会被缓冲。

3.1.13 其他接头和跳线

LaunchPad 具有多个跳线，用于为电路板选择不同的电源。此 LaunchPad 还提供了一种将连接的 USB 与器件相隔离的方法，从而能够在更高电压的应用中安全工作并进行调试。

3.1.13.1 XDS 隔离模块

JP1 用于在高压应用中实现该器件和所连 XDS 之间的隔离。隔离区域由 LaunchPad 左上角的白色轮廓处定义。JP1 有两个可拆卸分流器，用于将 USB/XDS 区域的 GND 和 5V 电源以及 LaunchPad 的 F28P65x MCU 区域分开。默认情况下，组装两个分流器，并且由连接的 USB 供电，这意味着 USB 和 XDS110 未与 F28P65x MCU 区域隔离。如果需要电源隔离，请将 JP1 上的分流器拆下。在此配置中，需要以下两个外部电源选项之一：

- 一个外部 5V 电源为 3.3V LDO (TPS7A7401) 供电，该电源为电路板的 F28P65x MCU 区域提供 3.3V。
- 为电路板的 F28P65x MCU 区域供电的外部 3.3V 电源。

使用板载 5V 升压 (TPS61241) 生成 5V。

在拆下 JP1 分流器的隔离式电源应用中，确保在板的 F28P65x MCU 区域组装了正确的分流器。有关更多详细信息，请参阅节 3.1.2。

3.1.13.2 BoosterPack 站点 2 电源隔离

此开发板上包含 JP8，用来隔离施加于 BoosterPack 站点 2 接头上的 3.3V 和 5V 电压。如果两个 BoosterPack 同时连接到 LaunchPad 并且都为 LaunchPad 供电，则可能需要使用此功能。在这种情况下，可以拆下 JP8 上的分流器以隔离电源，这时两个 BoosterPack 之间无连接。

3.1.13.3 备用电源

在 BoosterPack 连接器之外还提供了其他跳线，用于提供额外的 3.3V 或 5V 外部电源连接。这些跳线可为外部电路板供电，或通过外部电源来为该 LaunchPad 供电。使用这些连接点时，请确保未连接其他电源。

- 提供的 JP4 和 JP6 用作将 3.3V 电源连接至该 LaunchPad 的额外连接点。
- 提供的 JP5 和 JP7 用作将 5V 电源连接至该 LaunchPad 的额外连接点。

CAUTION

F28P65x LaunchPad 在接头 JP4 上具有一个 VDD 引脚，该引脚仅可用于监测 TMS320F28P650DK9NMR 器件的 1.2V VDD 电源轨的电压。该引脚不能用于为外部器件供电，也不能连接到外部电源。

3.2 调试接口

3.2.1 XDS110 调试探针

F28P65x LaunchPad 具有一个板载 XDS110 调试探针。借助 XDS110，可以使用 [Code Composer Studio \(CCS\)](#) IDE 或任何其他受支持的工具链来对 F28P650DK9 器件进行编程和调试。在默认配置中，会连接 XDS110 来支持 4 引脚 JTAG 模式。由于 F28P65x LaunchPad 上使用了隔离方案，因此不支持 2 引脚 cJTAG 模式。

3.2.2 XDS110 输出

连接器 J101 用于通过板载 XDS110 调试探针对外部目标进行调试。此连接器允许将 LaunchPad 用作独立的 XDS110 调试探针。有关对接连接器和电缆，请参阅 [Samtec FFSD](#) 或等效器件。该连接器还包含来自 XDS110 器件的 UART TX 和 RX 信号。

如果以这种方式使用 LaunchPad，则必须拆焊位于电路板底部的以下 0Ω 电阻器。这会防止 JTAG 信号进入 F28P650DK9 MCU。

组件	对应信号
R74	3V3
R76	3V3
R97	TMS
R98	TCK
R99	TDI
R100	TDO
R165	RXD
R171	TXD

3.2.3 虚拟 COM 端口

插接至 USB 主机时，XDS110 会作为调试器和虚拟 COM 端口进行枚举。U26 和 U27 是增强型数字隔离器，用于隔离 F28P650DK9 和调试探针之间的 SCI 信号。然后，SCI UART 信号从调试探针传递到 USB 主机。默认情况下，F28P65x SCIA 通过 GPIO42 和 GPIO43 映射至 XDS110 的虚拟 COM 端口。此外，GPIO38 和 GPIO55 可用于 SCIB。这通过操作板载开关 S2 来实现。如需了解适用的开发设置，请参阅 [节 3.3.2](#)。

3.3 备选布线

3.3.1 概述

F28P650DK9 MCU 是一款采用中型封装的多用途器件。为了平衡与 BoosterPack 标准的兼容性并展示 F28P650DK9 的多功能性，该设计增加了一些复杂性。默认提供的大多数功能均符合 BoosterPack 标准。其他功能通过可添加或删除的开关或静态电阻器来配置。本节介绍了各种备选功能以及如何启用这些功能。请注意，启用某些备选功能时，标准 BoosterPack 功能可能会丢失。开关和电阻器无法将多项功能连接到同一接头进行配置。

3.3.2 UART 布线

此 LaunchPad 允许将要用于 SCI UART 的两组引脚之一路由到 XDS110 的虚拟 COM 端口。默认情况下，GPIO43 (SCIA_RX) 和 GPIO42 (SCIA_TX) 路由到虚拟 COM 端口，而在 BoosterPack 连接器中不可用。此外，GPIO55 (SCIB_RX) 和 GPIO38 (SCIB_TX) 可以路由至虚拟 COM 端口。当虚拟 COM 端口不需要 UART 功能时，这些 GPIO 可以路由至 BoosterPack 连接器，以提供 BoosterPack 标准功能。

这些信号对的路由目的地使用板载开关 S2 来选择，如表 3-8 所述。

表 3-8. SCI UART 选择表 - S2

SEL1 (左侧)	SEL2 (右侧)	GPIO42/43	GPIO38/55
0	0	XDS110 COM 端口	BP 接头
0	1	XDS110 COM 端口	无连接
1	0	BP 接头	BP 接头
1	1	BP 接头	XDS110 COM 端口

请注意，信号 GPIO42/43 与 SCIA 和 UARTA 外设都兼容，从而具有更高的灵活性。信号 GPIO38/55 仅与 SCIB 外设兼容。

3.3.3 EQEP 布线

LaunchPad 能够通过 F28P65x 片上 eQEP 接口连接两个独立的线性或旋转编码器：接头 J12 连接至 eQEP1，而接头 J13 连接至 eQEP2。默认情况下，此连接未处于活动状态，这两个 GPIO 路由至 BoosterPack 连接器。来自 J12 和 J13 连接器的 5V eQEP 输入信号通过 TI SN74LVC8T245 电平转换器 (U13) 降压至 3.3V。然后信号通过 TI SN74LV4053A 三路 2 通道模拟多路复用器/解复用器 IC (U11/U14) 路由。开关 S5 通过控制 IC 的选择输入来将 eQEP 信号目的地配置为 J12/J13 连接器或 BoosterPack 接头，具体如表 3-9 所示。

表 3-9. QEP 选择表 - S5

QEP1 SEL (左侧)	QEP2 SEL (右侧)	QEP1 信号 (GPIO20/21/23)	QEP2 信号 (GPIO24/79/103)
0 (关)	0 (关)	J12	J13
0 (关)	1 (开)	J12	BP 接头
1 (开)	0 (关)	BP 接头	J13
1 (开)	1 (开)	BP 接头	BP 接头

3.3.4 CAN 布线

LaunchPad 可以通过 J14 连接至 CAN 总线。GPIO4 和 GPIO5 连接到板载 TI TCAN332DR 3.3V CAN 收发器 U15。通过将 S4 设置为关 (XCVR)，GPIO4 和 GPIO5 会连接到收发器。如果将 S4 设为开 (BP)，这两个 GPIO 会路由至 BoosterPack 连接器 (默认情形)。

3.3.5 FSI 布线

一组具有可用 FSI 功能的 GPIO 直接与 FSI 接头 J11 相连。从器件到 FSI 接头的走线较短，以确保信号的完整性更高，因为 FSI 信号可以在 F28P65x 器件上以高达 200MHz 的频率切换。

3.3.6 PWM DAC

除了 BP 引脚 30 和 BP 引脚 70 上提供的缓冲 DAC 输出外，F28P65x LaunchPad 还使用站点 1 上的 GPIO8 (BP 引脚 40) 和 GPIO9 (BP 引脚 39) 以及站点 2 上的 GPIO2 (BP 引脚 80) 和 GPIO3 (BP 引脚 79) 在 BoosterPack 接头上提供多达四个 PWM DAC 信号。PWM DAC 信号的预期用途是将 F28P65x 器件的 PWM 用作数模转换器 (DAC)。此方法涉及对 PWM 信号进行低通滤波来去除其高频分量，理想情况下仅保留直流分量。更多细节，请参阅在 [TMS320F280x 数字信号控制器上将 PWM 输出用作一个数模转换器](#)。

默认情况下不组装 RC 滤波器，而是组装 0Ω 电阻器，电容器也不予组装。

4 电路板设计

点击以下链接即可下载整个 LAUNCHXL-F28P65X 设计文件：[LAUNCHXL-F28P65X 设计文件](#)。

4.1 原理图

可通过以下链接找到该 LaunchPad 的原理图：[LAUNCHXL-F28P65X 原理图](#)。

4.2 PCB 布局

[LAUNCHXL-F28P65X 设计文件](#) 下载中包含 LAUNCHXL-F28P65X 的布局源文件。

4.3 物料清单

下载的 [LAUNCHXL-F28P65X 设计文件](#) 中包含 LAUNCHXL-F28P65X 的 BOM。

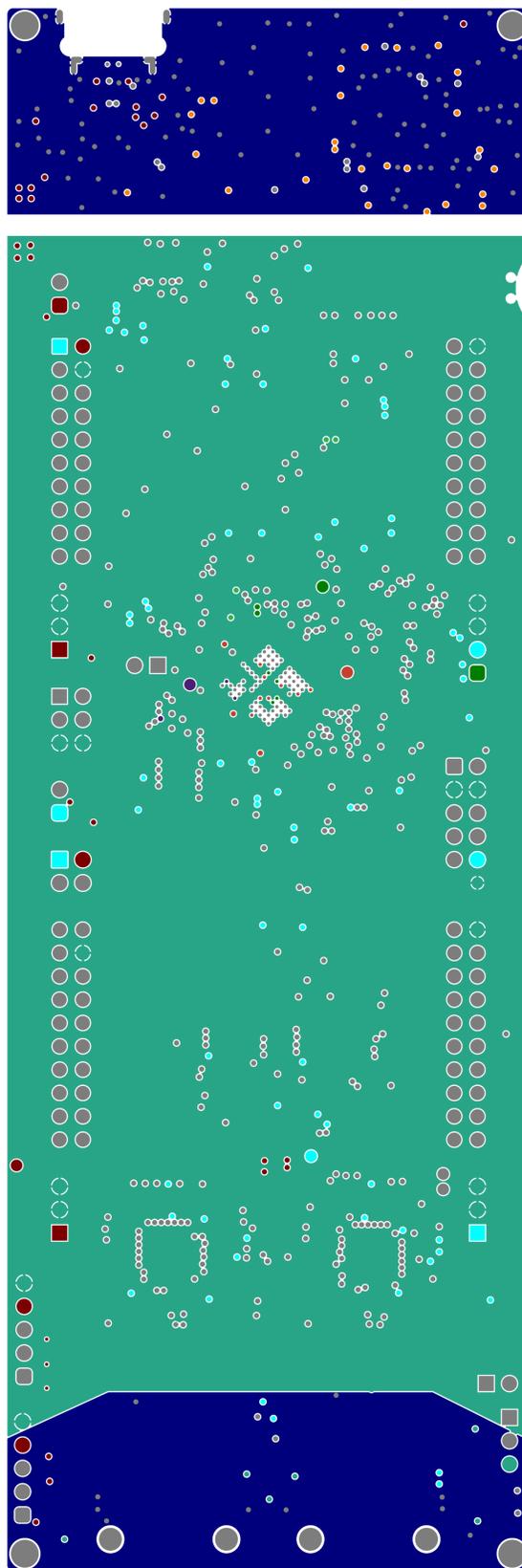


图 4-2. GND - 第 2 层

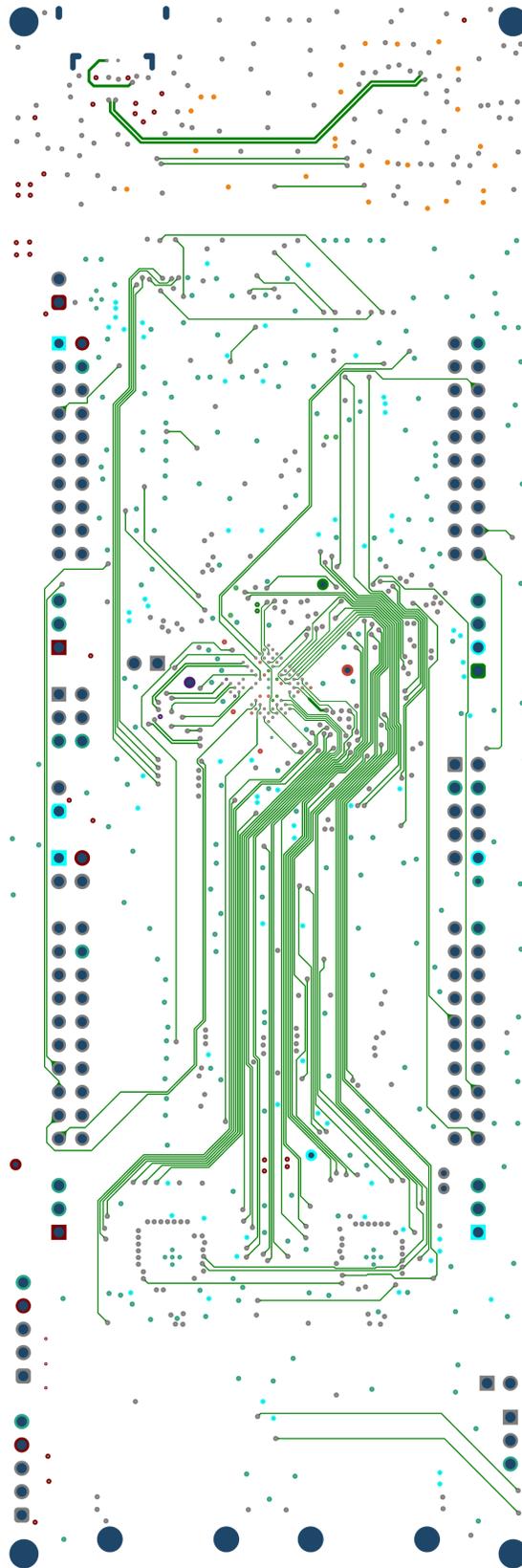


图 4-3. 中间信号 - 第 3 层

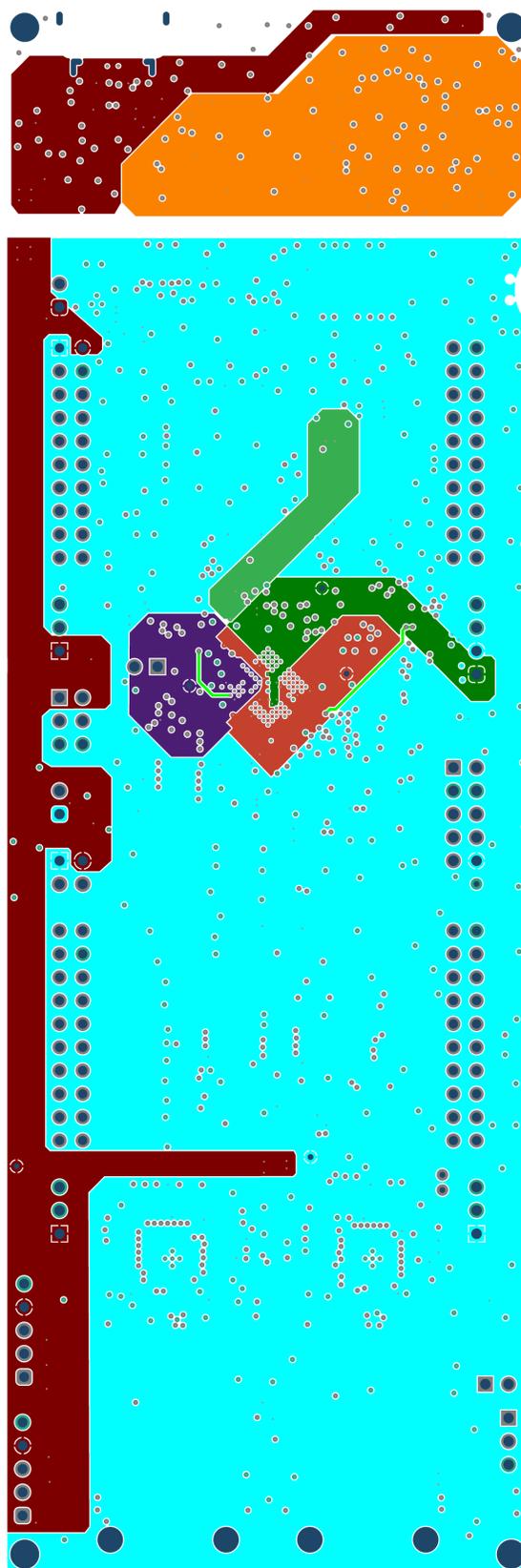


图 4-4. PWR - 第 4 层

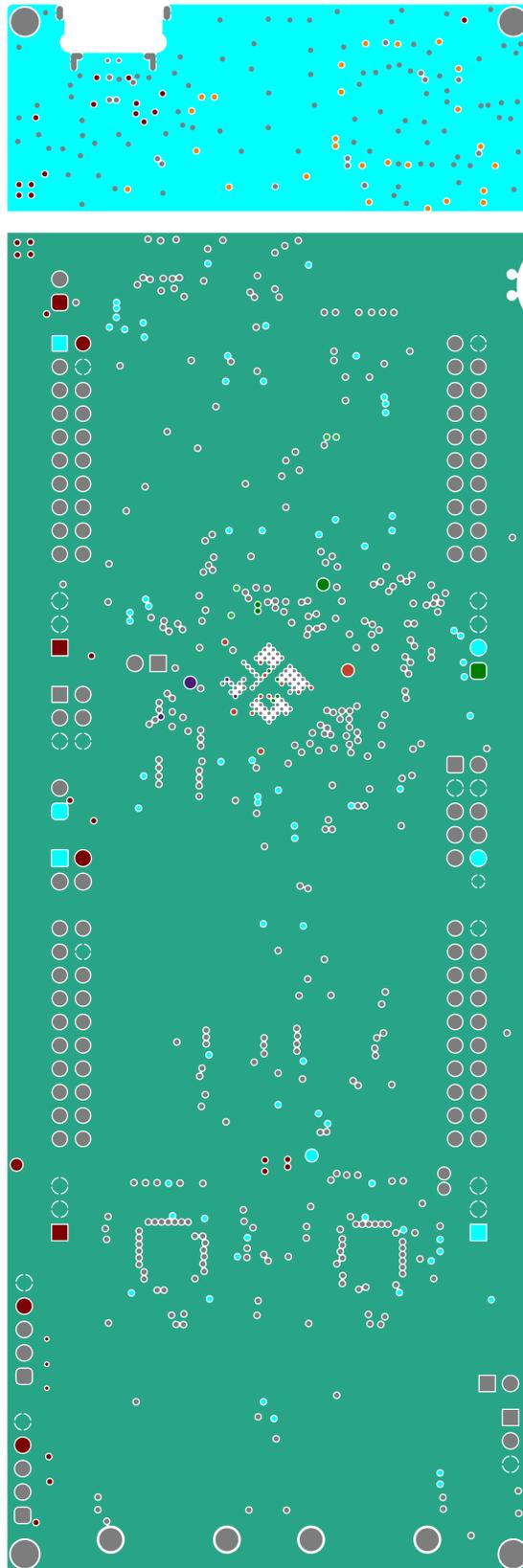


图 4-5. GND2 - 第 5 层

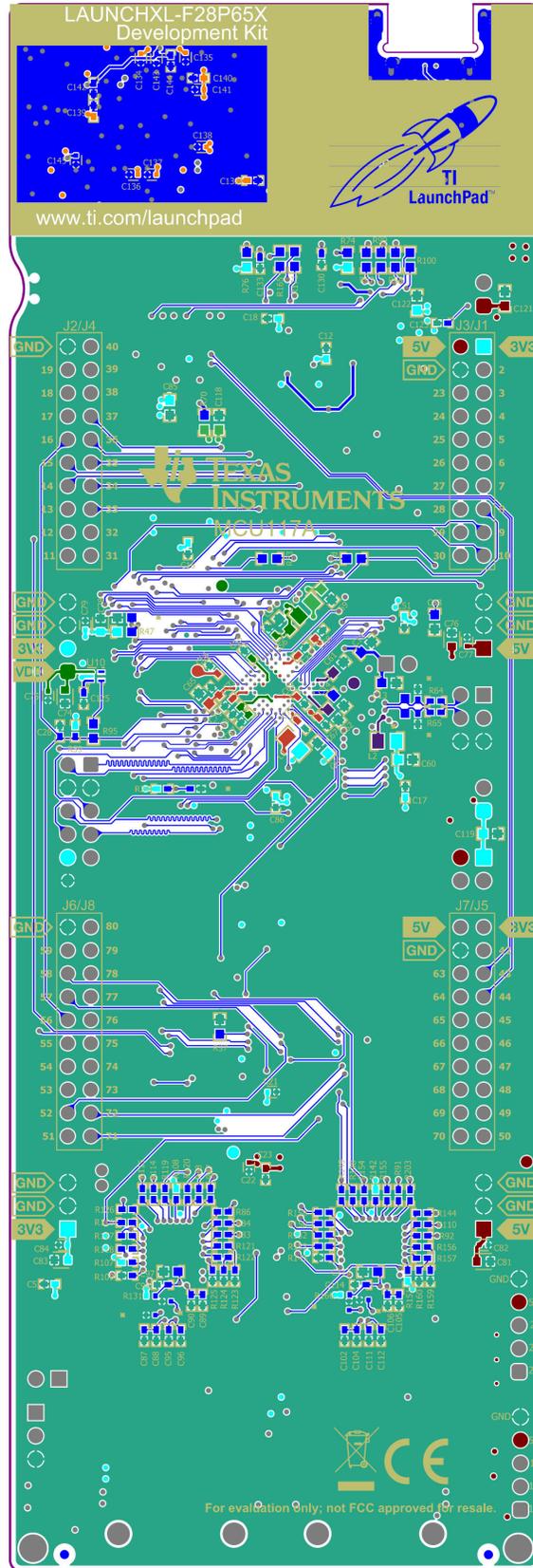


图 4-6. 底部信号 - 第 6 层

5 常见问题解答

1. 为什么即使将 USB-C 电缆连接到 USB1，我的 C2000 器件也无法获得任何电力？
 - a. 确保 USB 5V 电源和 GND 跳线已连接 (JP1)。
 - b. 确保“ENABLE +3V3 LDO”跳线接头 (J16) 已组装有跳线。这会通过 5V USB 电源为电路板生成 3.3V 电压轨。
 - i. 为了避免 5V 电源轨上发生争用，请确保在通过 USB 提供 5V 电压时断开“ENABLE +5V0 BOOST”跳线 (J17)。
2. 其他编程和调试工具（例如 XDS200 调试探针）是否可与 F28P65x LaunchPad 搭配使用？
 - a. F28P65x LaunchPad 在 4 引脚 JTAG 配置中使用板载 XDS110 调试探针。
3. 哪些版本的 Code Composer Studio IDE 可用于开发 F28P65x LaunchPad 相关软件？
 - a. 板载 XDS110 调试探针与 Code Composer Studio 6.1.0 及更高版本的开发环境兼容。
4. 为什么我无法在 Code Composer Studio IDE 中连接至 LaunchPad？
 - a. J101 上是否存在用于 TCK 和 TMS 的分流器？
 - b. XDS110 和 F28P650DK9 MCU 是否已通电？LED1、LED7、LED3 和 LED6 是否亮起？有关为 LaunchPad 供电的详细信息，请参阅节 3.1.2。
 - i. 如果 JP1 分流器断开连接，通过 USB 提供的电源会与电路板的其余部分隔离开来。确保向目标隔离侧上的任意可用连接器施加 3.3V 或 5V 电压。
 - c. USB-C 电缆是否已连接至 PCB，以及 USB 区域是否已上电？LED1 是否亮起？
 - i. XDS 区域必须通过 USB 电缆由 5V 电源供电。连接 5V USB 电源后，LED1 会亮起。XDS 侧 5V 至 3.3V LDO 稳压器需要 USB 侧的 5V 电压来为 XDS110 器件生成 +3V3 电源轨。
 - d. 确保将目标配置设置为在 4 引脚高级模式中使用 JTAG。在 Code Composer Studio IDE 中打开目标配置文件 (.ccxml)。点击“Advanced”选项卡并选择 JTAG (1149.1) SWD 和 cJTAG 均禁用。此外，launchxl_ex1_f28p65x_demo 工程“TMS320F28P650DK9.ccxml”中添加了一个可正常运行的目标配置文件。您可以在不做修改的情况下使用此配置文件。

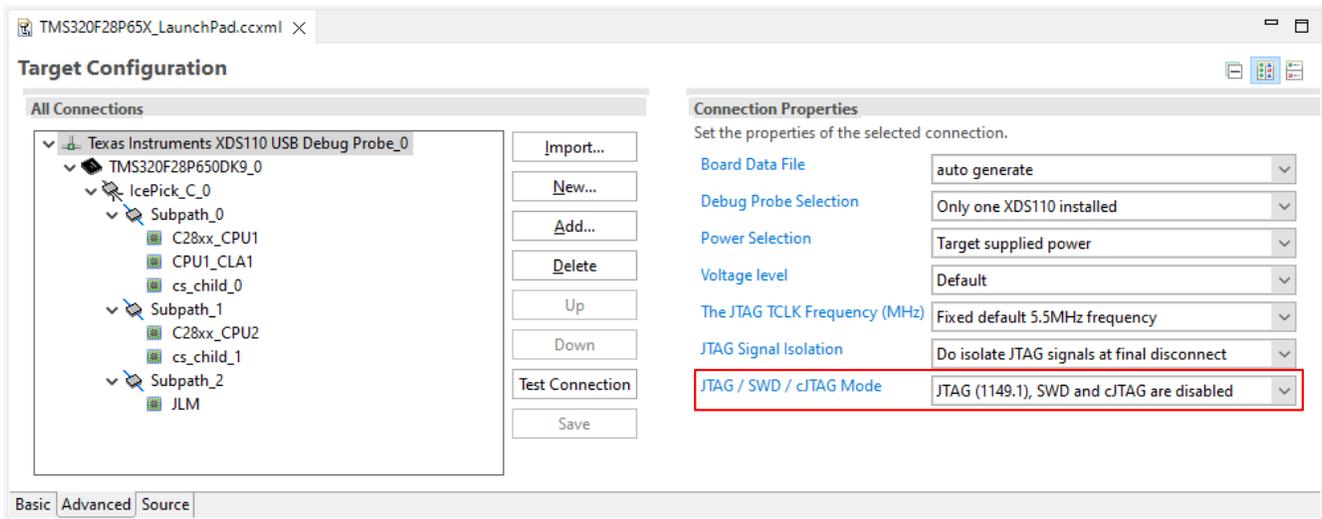


图 5-1. 目标配置高级选项

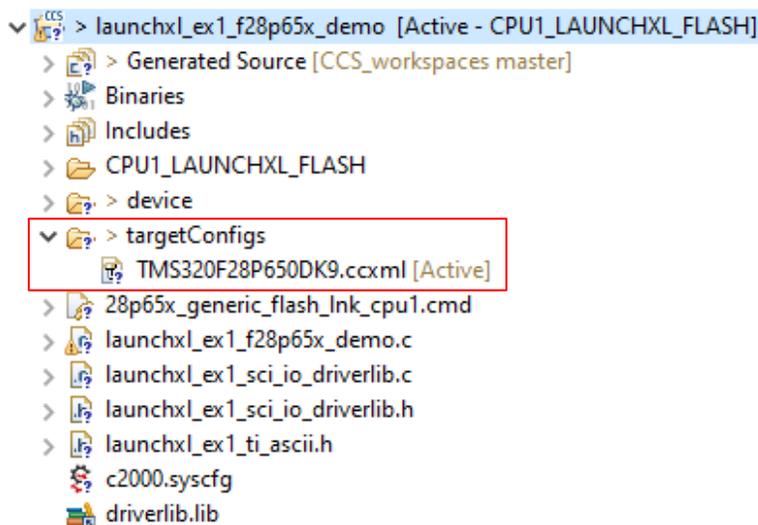


图 5-2. 演示工程中包含的目标配置

5. 为什么串行连接无法正常工作？
 - a. 您使用的是正确的 COM 端口吗？
 - i. 右键点击“**My Computer**”，并选择“**Properties**”。在对话框中导航至“**Hardware**”选项卡，并打开设备管理器。滚动到“**Ports (COM & LPT)**”，并展开此条目。是否列出了“**XDS110 Class Application/User UART**”？如果是，请查看该条目右侧的 COM 编号；这就是要使用的 COM 编号。
 - b. 您使用的波特率正确吗？当 CPU 以 200MHz 运行时，大多数（即使不是全部）示例的波特率都被配置为 115200。如果您更改了 PLL 设置或开发了自己的代码，可以重新计算具体应用的波特率。有关如何执行此操作的信息，请参阅 [TMS320F28P65x C2000 实时微控制器技术参考手册](#)。
 - c. 连接到调试探针的 UART 通道是否与软件中配置的 UART 通道一致？
 - i. F28P65x LaunchPad 提供了一个选项，让用户可以将两个可能的 UART 通道之一路由到调试探针。确保已在应用软件中将 S2 配置为适当的 UART 通道。相关详细信息，请参阅 [节 3.3.2](#)。

6 参考文献

6.1 参考文档

除了本文档外，还可以从 www.ti.com.cn 下载以下参考资料。

- [TMS320F28P650DK9 C2000 实时微控制器](#)
- 德州仪器 (TI) : [TMS320F28P65x C2000 实时微控制器数据表](#)
- 德州仪器 (TI) : [TMS320F28P65x C2000 实时微控制器技术参考手册](#)
- 德州仪器 (TI) : [C2000™ 实时控制微控制器 \(MCU\) 使用入门](#)
- 德州仪器 (TI) : [使用 C2000™ 实时微控制器的基本开发指南](#)
- 德州仪器 (TI) : [TMS320F28P65x C2000 实时微控制器器件勘误表](#)
- 德州仪器 (TI) : [LAUNCHXL-F28P65X LaunchPad 引脚排列图](#)
- [适用于 C2000 MCU 的 C2000Ware](#)
- [使用 C2000 实时微控制器的应用特定设计和评估](#)
- [C2000WARE 快速入门指南](#)
- [德州仪器 \(TI\) Code Composer Studio](#)
- [德州仪器 \(TI\) LaunchPad 开发环境](#)

6.2 此设计中使用的其他 TI 组件

此 LaunchPad 使用各种其他 TI 组件来实现各种功能。下面显示了这些组件的汇总清单及其 TI 产品页面链接。

- [DP83826E](#) 具有 MII 接口和 ENHANCED 模式的低延迟 10/100Mbps PHY
- [ISO7731 EMC](#) 性能优异的三通道、2/1、增强型数字隔离器
- [ISO7741 EMC](#) 性能优异的四通道、3/1、增强型数字隔离器
- [LMK1C1104](#) 4 通道输出 LVCMOS 1.8V 缓冲器
- [LMK6C](#) 低抖动、高性能、体声波 (BAW) 固定频率 LVCMOS 振荡器
- [MSP432E401Y SimpleLink™](#) 32 位 Arm Cortex-M4F MCU
- [REF6230](#) 具有集成缓冲器和使能引脚的 3V、3ppm/°C 高精度电压基准
- [SN74LV4053A](#) 三路 2 通道模拟多路复用器/多路解复用器 IC
- [SN74LVC2G06DBVR](#) 具有漏极开路输出的 2 通道、1.65V 至 5.5V 逆变器
- [SN74LVC2G07](#) 具有漏极开路输出的双路缓冲器/驱动器
- [SN74LVC8T245](#) 具有可配置电压电平转换和三态输出的 8 位双电源总线收发器
- [TCAN332](#) 3.3V CAN 收发器
- [TLV703](#) 300mA、高 PSRR、低 IQ、低压降稳压器
- [TLV759P](#) 具有使能功能的 1A、低 IQ、高精度、可调节超低压降稳压器
- [TPD4E004](#) 用于高速数据接口的 4 通道 ESD 保护阵列
- [TPD4E05U06](#) 用于 USB、HDMI 高速接口的 4 通道 ESD 保护阵列
- [TPS3703](#) 具有复位延时时间的高精度窗口监控器
- [TPS61241](#) 5V、500mA、4MHz 升压直流/直流转换器
- [TPS7A74](#) 具有可编程软启动功能的 1.5A 低压降 (LDO) 线性稳压器
- [TS5A23157](#) 5V、2:1 (SPDT)、2 通道模拟开关

重要声明和免责声明

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 产品的应用。严禁对这些资源进行其他复制或展示。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

Copyright © 2023，德州仪器 (TI) 公司