



摘要

德州仪器 (TI) 的 F280039C controlCARD (控制卡) (TMDSCNCD280039C) 提供了一种了解并实验 F28003x 器件的好方法。F28003x 器件是 TI 的 C2000™ 微控制器 (MCU) 产品系列。此 120 引脚 controlCARD (控制卡) 旨在提供滤波良好的稳健设计, 能够在大多数环境中工作。本文档介绍了 F280039C controlCARD (控制卡) 的硬件详细信息, 并说明了电路板上的跳线和连接器的功能与位置。

内容

1 引言.....	2
2 硬件快速设置指南.....	2
3 勘误.....	3
3.1 警告、注释和勘误.....	3
3.2 有关特定 controlCARD (控制卡) 修订版本的警告.....	3
4 熟悉 controlCARD (控制卡)	4
4.1 F280039C controlCARD (控制卡) 特性.....	4
4.2 假定的工作条件.....	4
4.3 使用 controlCARD (控制卡)	4
4.4 实验软件.....	5
5 注意事项.....	5
5.1 XDS110 仿真器和 SCI (UART) 连接.....	5
5.2 计时方法.....	5
5.3 模数转换器 (ADC) 的评估.....	5
6 硬件参考.....	7
7 修订历史记录.....	9

插图清单

图 1-1. F280039C controlCARD (控制卡)	2
图 5-1. SMA 母连接器.....	6
图 6-1. controlCARD (控制卡) 上的主要元件 - 正面.....	7
图 6-2. controlCARD (控制卡) 上的主要元件 - 背面.....	7

表格清单

表 4-1. 仿真器开关选择.....	4
表 6-1. 硬件连接.....	8
表 6-2. S2, 引导模式选择表.....	9

商标

C2000™ and Code Composer Studio (代码编译器)™ are trademarks of Texas Instruments.

所有商标均为其各自所有者的财产。

1 引言

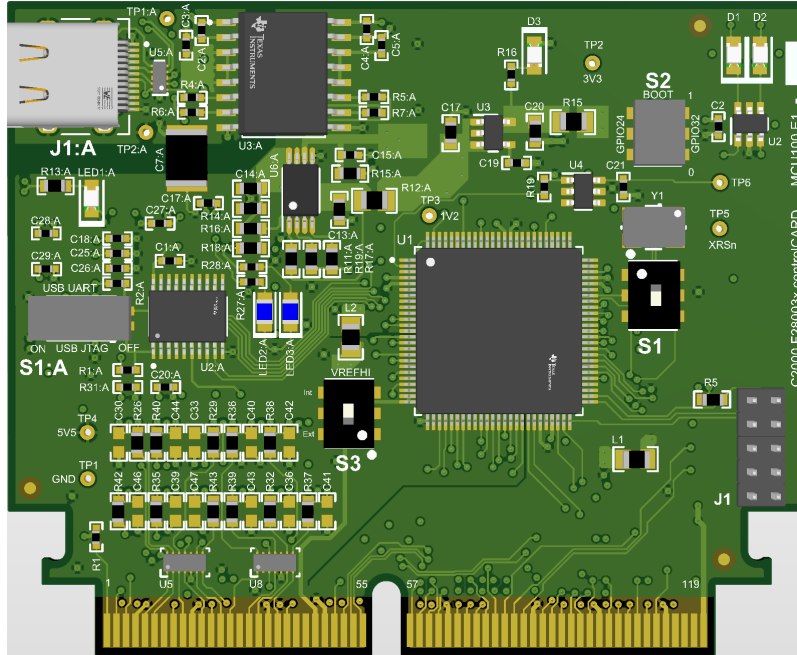


图 1-1. F280039C controlCARD (控制卡)

每个 controlCARD (控制卡) 都附带 Hardware Developer' s Kit (开发者套件), 这是评估和开发 C2000 器件所需的一整套文件。这些文件包括:

- 原理图 - 在 Altium 中设计
- 物料清单 (BOM)
- 布局 PCB 文件 - 在 Altium 中设计
- 光绘文件

可在 C2000Ware 中的以下位置找到 controlCARD (控制卡) 的 Hardware Developer' s Kit (开发者套件):

- <install directory>\c2000\C2000Ware_x_xx_xx_xx\boards\controlCARDs\TMDSCNCD280039C\R_x_x

备注

此套件旨在探索 F28003x 微控制器的功能。controlCARD (控制卡) 被视为很好的参考设计; 但并不旨在作为完整的客户设计。客户系统的设计人员需完全遵守安全性、EMI/EMC 和其他规定。

2 硬件快速设置指南

controlCARD (控制卡) 完全可由 USB-C 连接器供电和运行。在这种独立模式下, 板载隔离式电源将为 F280039C 器件提供功率; 无需其他硬件。可选择提供外部 5V 电源为 F280039C 器件供电。有关硬件配置的详细说明, 请参见节 4.3。

WARNING

在高压环境中使用 controlCARD (控制卡) 时, 用户有责任在对电路板通电或进行模拟之前确认已阅读和理解电压和隔离要求。通电后, 不应触碰 controlCARD (控制卡) 或与 controlCARD (控制卡) 相连的元件。此外, 应去除电容器 C7:A 以尽量减少漏电流穿过 controlCARD (控制卡) 隔离栅的可能性。

配置 1 : 独立

1. 将 USB-C 电缆连接到 J1:A。
2. 将 USB 电缆的另一端连接到 USB2.0/USB3.x 端口。
3. controlCARD (控制卡) 上的 LED1:A 和 D3 将亮起。

配置 2 : 外部 5V 电源

1. 将 TMDSCNCD280039C controlCARD (控制卡) 插入 TMDSHSECDOCK 或其他兼容的集线站。
2. 将 USB-B 迷你连接器连接至 TMDSHSECDOCK 上的 J17。
3. 将 S1 翻转至 “USB-ON” 位置。controlCARD (控制卡) 将自动切换到外部 5V 电源。
4. controlCARD (控制卡) 上的 LED1:A 和 D3 将亮起。

备注

TMDSCNCD280039C controlCARD (控制卡) 存在时自动切换到外部 5V 电源。无需额外配置。

3 勘误

截至 2021 年 5 月 3 日的 controlCARD (控制卡) 的最新版本 : PCB 版本 - E1 , 装配版本 - 无。

3.1 警告、注释和勘误

TMDSCNCD280039C 评估套件配有 USB 电缆, 设计为通过 USB 供电。然而, 在极端情况下, 电路板/controlCARD (控制卡) 可能需要比计算机的 USB 端口提供的 5V @ 500mA (USB 3.0 - 900mA) 更多的电源。当 TMDSHSECDOCK 新增了其他电路, 更是如此。这时, 建议使用 5V 外部电源 (2.5mm 内径 x 5.5mm 外径) 并将其插入 TMDSHSECDOCK 上的 J1。兼容电源为:

- Phihong PSAC05R-050(P)-R-C2 + Phihong RPBAG

5V 电源不稳定可能导致器件复位

TMDSCNCD280039C controlCARD (控制卡) 上的 5V 电源轨可由板载 USB 连接器或 TMDSHSECDOCK 等基板供电。controlCARD (控制卡) 上的开关器件自动为 controlCARD (控制卡) 选择 5V 输入电源, 无需用户配置。

基板 5V 电源断电或故障会导致自动开关从两个电源断开连接几毫秒。这种瞬时的电力损失可能导致 MCU 出现欠压情况, 从而触发器件复位。为了避免这种情况, 请确保在代码执行期间基板电源保持为 0V 或 5V。

3.2 有关特定 controlCARD (控制卡) 修订版本的警告

MCU100E1

- 在 controlCARD (控制卡) 的正面将 TP4 错误标记为 5V5TP4 对应器件接地 (GND)。
- 在 controlCARD (控制卡) 的正面将 TP1 错误标记为器件接地 (GND)TP1 对应 HSEC 5.0V 输入。
- controlCARD (控制卡) 上的 TPD6E05U06RVZR ESD 保护器件 (U5、U6、U7 和 U8) 未组装。请采取必要的预防措施, 保护 controlCARD (控制卡) 上的 ADC 通道免受 ESD 和过压损害。
- 请参阅上文中关于电源稳定性的警告

MCU100A

- 请参阅上文中关于电源稳定性的警告

4 熟悉 controlCARD (控制卡)

4.1 F280039C controlCARD (控制卡) 特性

- **F280039C 微控制器**：高性能的 C2000 微控制器位于 controlCARD (控制卡) 上。
- **120 引脚 HSEC8 边缘卡接口**：允许与 C2000 的所有 180 引脚且基于 controlCARD (控制卡) 应用套件和 controlCARD (控制卡) 兼容。利用 TMSADAP180TO100 适配器卡 (单独销售) 可以实现与 100 引脚控制卡的兼容。
- **内置隔离式 JTAG 仿真**：XDS110 仿真器为 Code Composer Studio (代码编译器)™ 提供了方便的接口，而不需要使用额外的硬件。切换开关允许使用外部 JTAG 仿真器。
- **内置隔离式电源**：将 USB-C 连接器的 5V 电源通过隔离栅传递。允许 controlCARD (控制卡) 完全由 USB-C 连接器供电和运行。F280039C 与 USB 端口完全隔离。
- **自动电源开关**：controlCARD (控制卡) 存在时自动切换到外部 5V 电源。无需额外配置。
- **连接性**：controlCARD (控制卡) 包含连接器，其允许用户使用 F280039C MCU 对隔离式通用异步接收器/发送器 (UART)/SCI 进行实验。
- **关键信号分接头**：大多数 GPIO、模数转换器 (ADC) 及其他关键信号都连接到硬件连接器金手指。
- **稳健的电源滤波**：单个 5V 输入电源为板载 3.3V LDO 供电。随后通过器件附近的 LC 滤波器对所有 MCU 输入去耦。
- **ADC 钳位**：ADC 输入由保护二极管钳制。
- **抗混叠滤波器**：可以在 ADC 输入引脚上轻松添加噪声滤波器 (小型 RC 滤波器)。

4.2 假定的工作条件

此套件假定在标准室内条件下运行。假定湿度为适度至低度的标准环境温度和压力 (SATP)。

4.3 使用 controlCARD (控制卡)

为了使 controlCARD (控制卡) 运行，必须对控制卡的 MCU 供电。可以通过 controlCARD (控制卡) 上的 USB-C 连接器完成，或通过随附的基板利用 HSEC 连接器输入 5V 功率。例如，如果使用 TMDSHSECDOCK 集线站基板，应将 5V 直流输入到集线站的 J1 或 J17。然后需要将 S1 切换到适当位置。

根据控制卡的使用方式，可能需要进行其他硬件设置 (请参阅表 4-1)。

WARNING

在高压环境中使用控制卡时，用户有责任在对电路板通电或进行模拟之前确认已阅读和理解电压和隔离要求。通电后，不应触碰 controlCARD (控制卡) 或与 controlCARD (控制卡) 相连的元件。此外，应去除电容器 C7:A 以尽量减少漏电流穿过 controlCARD (控制卡) 隔离栅的可能性。

表 4-1. 仿真器开关选择

	使用 CCS 和卡上 XDS110 仿真器进行调试	使用 CCS 和外部仿真器通过基板进行调试	独立 (从闪存或其他引导模式进行引导)
S1:A	位置 1：开 (左侧)	位置 1：关 (右侧)	位置 1：关 (右侧)
J1:A	用 USB-C 电缆连接 J1:A 和您的计算机。 在 CCS 中，使用此目标配置： TMS320F280039C 器件与 XDS110 仿真器。	---	---
S2	位置 1：上 - 逻辑 1 位置 2：下 - 逻辑 0 将 C2000 器件置于等待模式可减少出现连接问题的风险。	位置 1：下 - 逻辑 1 位置 2：上 - 逻辑 0 将 C2000 器件置于等待模式可减少出现连接问题的风险。	根据需要设置 S2
S1	上 - 启用与外部 XTAL (Y1) 的连接。 下 - 禁用与外部 XTAL (Y1) 的连接；必须使用片上 INTOSC 根据需要设置 S1。	上 - 启用与外部 XTAL (Y1) 的连接。 下 - 禁用与外部 XTAL (Y1) 的连接；必须使用片上 INTOSC 根据需要设置 S1。	上 - 启用与外部 XTAL (Y1) 的连接。 下 - 禁用与外部 XTAL (Y1) 的连接；必须使用片上 INTOSC 根据需要设置 S1。

表 4-1. 仿真器开关选择 (continued)

	使用 CCS 和卡上 XDS110 仿真器进行调试	使用 CCS 和外部仿真器通过基板进行调试	独立 (从闪存或其他引导模式进行引导)
基板的 JTAG 连接器 (集线站上的 J2)	---	连接外部仿真器。	---

Code Composer Studio (代码编译器) 是一款集成开发环境 (IDE), 用于为 C2000 系列 MCU 调试和开发软件。可通过以下链接下载: <https://www.ti.com.cn/tool/cn/ccstudio>。

作为 C2000Ware 的一部分, 提供了下述 PDF 文档, 其中介绍了每个 F280039C MCU 的引脚将出现在 controlCARD (控制卡) 连接器/集线站的位置:

- **TMDSCNCD280039C_120cCARD_map** - 介绍每个 MCU 引脚将在 HSEC controlCARD (控制卡) 连接器或 120/180 引脚 controlCARD (控制卡) 集线站的位置。
- **TMDSCNCD280039C_100DIM_map** - 介绍每个 MCU 引脚将在 DIM100 controlCARD (控制卡) 连接器或 DIM100 集线站的位置。假定使用 TMDADAP180TO100 适配器卡。

这些 PDF 文档可在 C2000Ware 中的以下位置找到:

- <install directory>\c2000\C2000Ware_x_xx_xx_xx\boards\controlCARDs\TMDSCNCD280039C\R_x_x

4.4 实验软件

建议使用 Code Composer Studio (代码编译器) (CCS) 集成开发环境 (IDE) 为 C2000 系列 MCU 开发和调试软件。CCS 可免费下载, 与 controlCARD (控制卡) 配合使用。

C2000Ware 包含一套完整的示例软件, 设计用于与 F280039C controlCARD (控制卡) 配合使用。

此软件包包含许多示例项目, 允许用户使用 ADC、PWM 和其他 C2000 外设进行实验。

C2000Ware 附带的寄存器级和驱动器级编程的支持文件包含:

- 寄存器头文件位于: \ti\c2000\C2000Ware_XXXX\device_support\F28003x\examples
- Driverlib 编程示例位于: \ti\c2000\C2000Ware_XXXX\driverlib\F28003x\examples

对于刚接触 C2000 的 F28003x 系列器件和 CCS 的用户, TI 的 C2000 Academy 提供了一些简单易行的培训模块和动手实验室练习, 来帮助用户快速入门。

5 注意事项

5.1 XDS110 仿真器和 SCI (UART) 连接

F280039C controlCARD (控制卡) 提供仿真和 controlCARD (控制卡) 上的 USB 转 UART 适配器功能。这样为调试和演示 F280039C MCU 提供了一种方便的方法。

请注意, MSP432 芯片、其支持电路和相关元件均置于宏 A (控制卡的左侧部分) 中。这些元件中的每一个都在其参考指示符中包含附加的 “:A” (即 R2:A 为宏 A 中的电阻器 2) (请参阅图 6-1 和图 6-2)。

S1:A 上开关的配置决定了板载仿真器或外部仿真器是否连接到 MCU, 以及 MCU 上的 SCI (UART) 引脚是否连接到 USB-C 连接器的 COM 端口 (请参阅表 4-1)。

5.2 计时方法

需使用此 controlCARD (控制卡) 来支持 TI 的各种基板。一些设计将 GPIO18 和 GPIO19 用于 SPIA, 而其他设计需要这些 GPIO 用作精密时钟输入源。为了适应这两类系统, 在设计中添加了一个开关 (S1)。此方法不应在最终系统中使用, 因为它会增加 EMI 辐射并降低稳健性。这取决于系统设计人员选择最佳方式来实现给定系统的计时电路。

5.3 模数转换器 (ADC) 的评估

使用 F280039C 片上 ADC 时, 应遵循一些有用的指导原则, 以实现器件专用数据表中列出的性能指标。对于交流参数尤其如此, 例如: SNR、THD 和 SINAD。此外, 还可以看出, ADC 结果的 SNR 与直流输入下的 ADC 代

码范围之间存在直接关联；因此，这些技巧也将改进直流输入的范围和标准偏差。最后，虽然所讨论的主题与 controlCARD（控制卡）相关，但也适用于其他使用 F28003x MCU 的方案。

板载电阻器和电容器：默认情况下，连接到 ADC 引脚的所有直列式电阻器都是简单的 $0\ \Omega$ 分流电阻器，所有连接至接地平面的电容器均未组装。虽然此电路可用以为 ADC 输入提供电压，但可能需要根据电压源的特性组装电阻器 (R) 和电容器 (C)。请参考 ADC 输入模型，ADC 输入有自己的 RC 网络，由内部采样保持电容器、开关电阻和寄生电容组成。通过改变直列式电阻和并联电容，可以优化输入电路，以协助稳定时间和/或对输入信号进行滤波。最后，一般建议是使用 $\pm 0\text{PPM}/^\circ\text{C}$ (NP0/C0G) 电容器，因为这些电容器在整个温度和输入频率方面的稳定性比其他类型的电容器更好。

电压源和驱动电路：虽然片上 ADC 为 12 位架构（将模拟信号转换为数字域有 4096 种不同的输出代码），但转换仅与提供给 ADC 的输入一样准确。在定义源分辨率以实现 ADC 的全部规格时，典型的经验法则是拥有一个比转换器的高 1 位的源。在这种情况下，这意味着理想情况下的模拟输入应精确到 13 位。

通常，电压源或稳压器的设计并不精确，而是在一定容差内适应大范围电流负载，因此展示较高位 ADC（例如 F280039C 上的 ADC）的性能并不理想。还忽略了使用有问题的电源提供的主电压为 MCU 本身供电的情况，这也会在信号中引入噪声和其他干扰。

除了输入信号的质量，还有 ADC 对输入采样时呈现的负载方面的问题。理想情况下 ADC 的输入阻抗为零，这样在采样事件发生时并不影响内部 R/C 网络。然而，在许多应用中，ADC 采样的电压是从一系列电阻器网络中得出的，通常阻值很大，以减少系统的有源电流消耗。将 ADC 采样网络与源阻抗隔离的解决方案是在信号路径中放置运算放大器。这样不仅可以将信号的阻抗与 ADC 隔离，还可屏蔽源本身，使其免受采样网络可能对系统造成的任何影响。

用于评估的推荐源：TI 的精密信号注入器 (PSI) EVM 可用于验证 F280039C controlCARD（控制卡）上的 ADC 性能。此 EVM 使用 16 位 DAC 作为信号源，支持单端和差分端输出，然后利用后置放大器滤波通过高精度运算放大器传递。此 EVM 通过主机 PC 的标准 USB 连接进行供电和控制，并包括用于控制其输出的 GUI。输出通过单或双 SMA 型连接器路由；强烈建议在 controlCARD（控制卡）集线站上放置另一 SMA 母连接器（图 5-1），这样在通过 SMA 接收信号时可实现最佳的抗噪性能。本地 RC 网络使用 $30\ \Omega$ 电阻器和 300pF 电容器。使用此设置所观察到的 ADC 参数与器件专用数据表中的数字一致。



图 5-1. SMA 母连接器

6 硬件参考

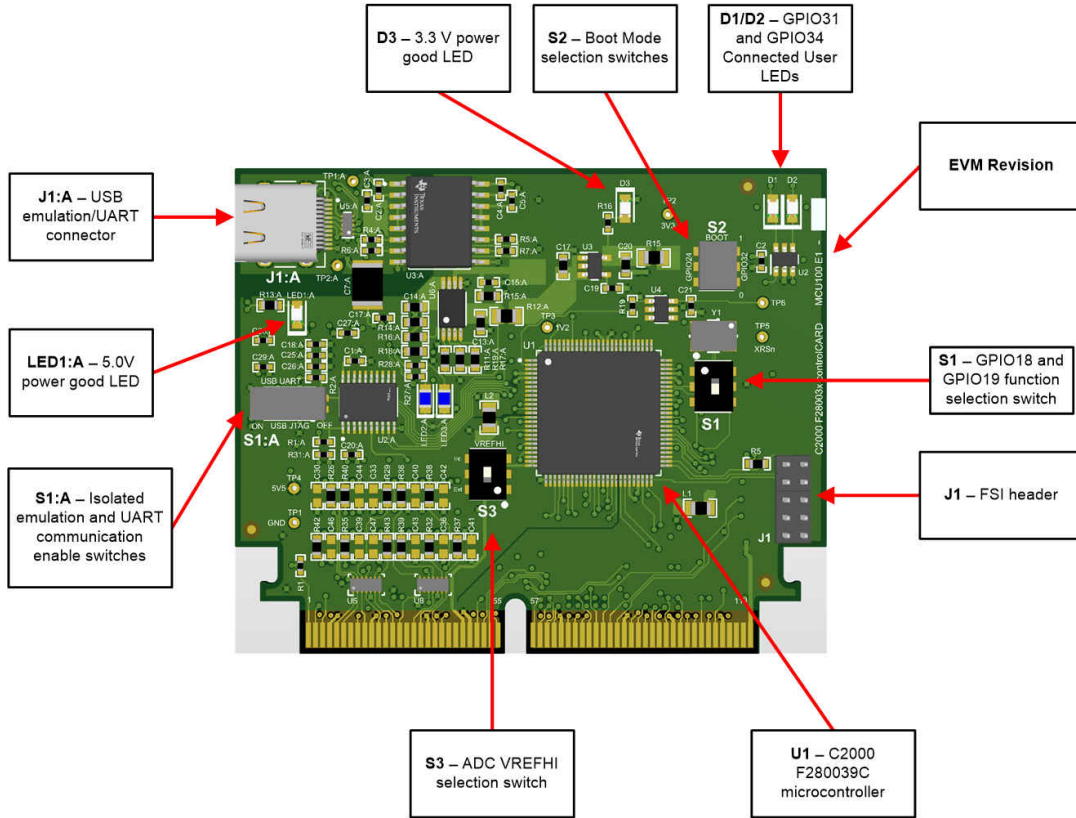


图 6-1. controlCARD (控制卡) 上的主要元件 - 正面

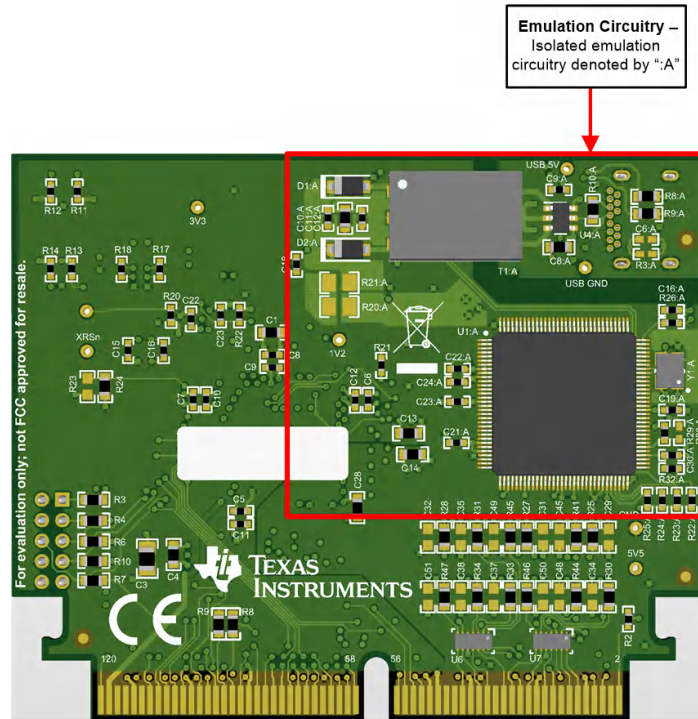


图 6-2. controlCARD (控制卡) 上的主要元件 - 背面

WARNING

在高压环境中使用 controlCARD (控制卡) 时, 用户有责任在对电路板通电或进行模拟之前确认已阅读和理解电压和隔离要求。通电后, 不应触碰 controlCARD (控制卡) 或与 controlCARD (控制卡) 相连的元件。此外, 应去除电容器 C7:A 以尽量减少泄漏电流穿过 controlCARD (控制卡) 隔离栅的可能性。

表 6-1. 硬件连接

连接器	
J1:A	仿真/UART 连接器/电源 - USB-C 连接器用于通过 MSP432 逻辑提供 XDS110 仿真和 USB 转 UART (SCI) 通信。S1:A 确定 MCU 启用哪些连接。 USB-C 连接器还为 controlCARD (控制卡) 供电。
J1	FSI 接头 - 此接头是键控的, 包含 2 条数据线, 功率为 3.3V。
LED	
LED1:A	为 controlCARD (控制卡) 提供 5V 功率时亮起 (红色) (可通过 USB-C 连接器或通过外部 HSEC 连接器提供 5V)
LED2:A/LED3:A	JTAG/UART RX/TX 切换指示器 (蓝色)
D1	由 GPIO-31 的负逻辑控制 (红色)
D2	由 GPIO-34 的负逻辑控制 (红色)
D3	为 controlCARD (控制卡) 供电 3.3V 时亮起 (绿色)
电阻器和电容器	
R25-R47	ADC RC 输入滤波电阻器: 可用于在 ADC 输入上创建 RC 滤波器的串联电阻器。
C29-C51	ADC RC 输入滤波电容器: 可选电容器, 默认情况下未组装, 用于 ADC 输入的 RC 滤波器。
开关	
S1:A	隔离式仿真和 UART 通信使能开关: S1:A 位置 1 - USB JTAG 启用: <ul style="list-style-type: none"> 开 - XDS110 仿真逻辑和 MCU 之间的全部 4 个 JTAG 信号均被连接。通过卡上 XDS110 仿真器对 MCU 进行调试或编程时此设置有效。 关 - XDS110 仿真逻辑不会连接到 MCU JTAG 引脚。如果此器件将从闪存引导、直接从外设引导, 或使用外部 JTAG 仿真器时, 此设置有效。 S1:A 位置 2 - USB UART 通信启用: <ul style="list-style-type: none"> 开 - C2000 MCU 的 GPIO-28 和 GPIO-29 将连接至 XDS110 上的 MSP432。允许对计算机 COM 端口进行 UART 通信。但在这个位置, GPIO-28 和 GPIO-29 将被保留, 供 COM 端口使用。180 引脚 controlCARD (控制卡) 连接器上的相应引脚无法用于其他功能。 关 - C2000 MCU 的 GPIO-28 和 GPIO-29 不会连接至 XDS110 上的 MSP432。 180 引脚 controlCARD (控制卡) 连接器上的相应引脚可用于其他功能。
S1	SPIA 或外部晶体选择开关: 此开关支持使用 SPIA 或外部晶体。需要此方法支持全系列 T1 基板, 不建议在生产系统中使用。有关全部详情, 请参阅节 5.2。
S2	引导模式开关: 控制 F280039C 器件的引导选项, 请参阅表 6-2。有关完整的说明, 请参阅器件专用数据表。
S3	VREFHI 源配置开关: 此开关选择 VREFHI 的源 (内部或外部, 通过 180 引脚控制卡连接器) <ul style="list-style-type: none"> 向上位置 - 内部电压基准 向下位置 - 外部电压基准 请注意, 需要进行其他软件配置, 以启用 ADC 的内部或外部电压基准。
测试点	
TP1:A	USB 5.0V 输入: 这是来自 USB-C 连接器的 5V 电源。
TP2:A	USB GND 输入: 从 USB-C 连接器接地。

测试点	
TP1	HSEC 5.0V 输入 ：向 controlCARD (控制卡) 提供 5.0V 的输入。
TP2	未滤波 3.3V ：向 F280039C 器件供电。
TP3	MCU 1.2V ：F280039C 器件的 VDD “内核电源”。请注意，此 controlCARD (控制卡) 设计为使用内部稳压器。
TP4	器件接地
TP5	F280039C 器件的 XRSn ：从 3.3V 电压监控器连接到欠压输出。
TP6	过压输出 ：从 3.3V 电压监控器连接到过压输出。

备注

在 controlCARD (控制卡) 的正面，测试点由其 TPx 编号指示。
在 controlCARD (控制卡) 的背面，测试点由其信号指示。

表 6-2. S2，引导模式选择表

模式	开关位置 1 (左侧开关, GPIO-24)	开关位置 2 (右侧开关, GPIO-32)	从……引导
00	0 (下)	0 (下)	并行 I/O
01	1 (上)	0 (下)	SCI/等待引导
02	0 (下)	1 (上)	CAN
03	1 (上)	1 (上)	闪存/USB

7 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

Changes from Revision A (October 2021) to Revision B (June 2022)	Page
• 节 2 (硬件快速设置指南)：新增了关于在高压环境中使用 controlCARD (控制卡) 的警告.....	2
• 节 4.3 (使用控制卡)：新增了有关在高压环境中使用 controlCARD (控制卡) 的警告更新了小节.....	4
• 节 4.4 (实验软件)：更新了小节.....	5
• 节 5.3 (模数转换器(ADC)的评估)：更新了“板载电阻器和电容器”段落.....	5
• 节 6 (硬件参考)：新增了有关在高压环境中使用 controlCARD (控制卡) 的警告.....	7

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 © 2022，德州仪器 (TI) 公司