

EVM User's Guide: DS320PR410-RSC-EVM

DS320PR410-RSC-EVM 评估模块



说明

DS320PR410-RSC-EVM 评估模块提供了完整的高带宽平台，可用于评估德州仪器 (TI) DS320PR410 4 通道 PCI-Express 5.0 线性转接驱动器的信号调节特性。该评估板可用于标准合规性测试、性能评估和初始系统原型设计。

开始使用

1. 在 ti.com 上订购 DS320PR410-RSC-EVM
2. 通读本用户指南中提供的说明，了解 DS320PR410-RSC-EVM 上提供的跳线选项以及配置 EVM 的说明。
3. 对于 EEPROM 或 SMBus/I²C 编程，请访问 TI [SigCon Architect](#) 下载页面以安装德州仪器 (TI) SigCon Architect GUI。要下载 DS320PR410 SigCon Architect GUI 配置文件，请联系您的 TI 代表或使用 [TI E2E](#) 创建申请。

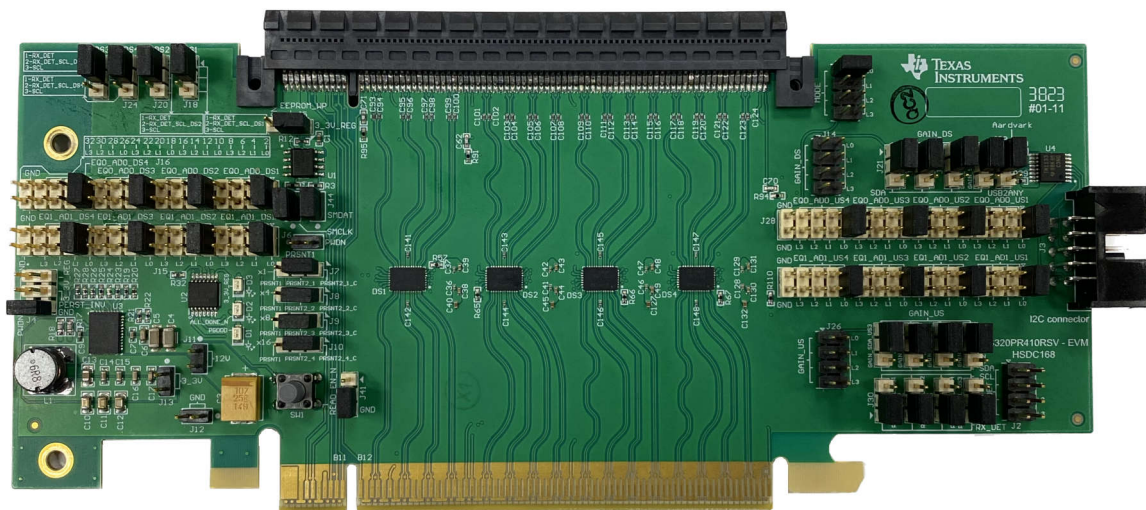
特性

- PCIe x16 转接卡具有八个在高达 32Gbps 速率下运行的 4 通道单向线性转接驱动器

- 无缝支持链路训练和 PCIe 通道扩展的线性均衡
- CTLE 在 16GHz 下可升至 22dB
- 可通过 EEPROM、GPIO、I²C 或 SMBus 对器件配置进行编程
- 板载 12V 至 3.3V、2A 直流/直流降压转换器
- 工业温度范围：-40°C 至 85°C
- 直通式布局，采用 4mm × 6mm、40 引脚、无引线 WQFN 0.4mm 间距封装

应用

- PCI Express 第 1 代、第 2 代、第 3 代、第 4 代和第 5 代
- 速率高达 32Gbps 的高速接口
- 企业服务器主板、工作站
- 企业级存储
- 企业插件卡、端点



DS320PR410-RSC-EVM - 顶视图

内容

说明.....	1
开始使用.....	1
特性.....	1
应用.....	1
1 评估模块概述.....	3
1.1 简介.....	3
1.2 套件内容.....	3
1.3 规格.....	3
1.4 器件信息.....	3
2 硬件.....	4
2.1 DS320PR410 5 电平 I/O 控制输入.....	4
2.2 DS320PR410 工作模式.....	4
2.3 DS320PR410 SMBus 或 I ² C 寄存器控制接口.....	5
2.4 DS320PR410 均衡控制.....	6
2.5 DS320PR410 RX 检测状态机.....	7
2.6 DS320PR410 直流增益控制.....	7
2.7 DS320PR410 EVM 全局控制.....	8
2.8 DS320PR410-RSC-EVM 下游器件控制.....	9
2.9 DS320PR410-RSC-EVM 上游器件控制.....	10
2.10 快速入门指南 (引脚模式)	11
2.11 快速入门指南 (SMBus/I ² C 辅助模式)	12
3 实现结果.....	14
3.1 测试设置和结果.....	14
4 硬件设计文件.....	15
4.1 原理图.....	15
4.2 电路板布局.....	22
4.3 物料清单.....	23
5 其他信息.....	27
6 参考文献.....	28

插图清单

图 1-1. DS320PR410-RSC-EVM 示例应用图.....	3
图 2-1. SigCon Architect DS320PR410 的 “High-Level Page”	13
图 3-1. 测试设置示例.....	14
图 3-2. 示例测试结果.....	14
图 4-1. 控制和状态原理图页.....	15
图 4-2. 稳压器原理图页.....	16
图 4-3. 金手指连接器原理图页.....	17
图 4-4. 下游器件原理图页.....	18
图 4-5. 上游器件原理图页.....	19
图 4-6. 跨接连接器原理图页.....	20
图 4-7. 硬件页.....	21
图 4-8. 顶层.....	22
图 4-9. 底层.....	22

表格清单

表 2-1. 5 电平控制引脚设置.....	4
表 2-2. 运行模式.....	4
表 2-3. DS320PR410 SMBus 地址映射.....	5
表 2-4. 均衡控制设置.....	6
表 2-5. 接收器检测状态机设置.....	7
表 2-6. 增益控制.....	7
表 2-7. EVM 全局控制.....	8
表 2-8. EVM 下游器件控制.....	9
表 2-9. EVM 上游器件控制.....	10

表 4-1. 物料清单.....	23
------------------	----

1 评估模块概述

1.1 简介

DS320PR410-RSC-EVM 评估模块具有八个 DS320PR410 线性转接驱动器，可延长 PCIe Gen-5 x16 总线的传输距离。可以使用该评估模块（板）的一端直接将该板插入服务器或 PC 主板上的 PCIe 插槽，并使用连接到该板另一端的跨装连接器与 PCIe 插入卡进行配对。

本用户指南描述了 DS320PR410-RSC-EVM 评估模块的特性、操作和使用。本用户指南详细介绍了如何设置和配置硬件，并探讨了软件运行的各个方面。本文档中的评估板、评估模块和 EVM 等所有术语均指 DS320PR410-RSC-EVM。本用户指南还提供了有关此 EVM 的操作过程、输入和输出连接、电气原理图、印刷电路板 (PCB) 布局图和物料清单 (BOM) 的信息。

1.2 套件内容

EVM 套件包含一 (1) 个 DS320PR410-RSC-EVM。如果缺少任何元件，请与离您最近的德州仪器 (TI) 产品信息中心联系。TI 强烈建议用户查看 TI 网站 ti.com，以验证是否使用了相关软件的最新版本。

1.3 规格

DS320PR410-RSC-EVM 适用于可使用 PCI-Express 转接卡插槽（最多 x16）进行测试的应用。图 1-1 所示为 DS320PR410-RSC-EVM，与具有支持 PCI-Express Gen5.0 的 CPU 和插件卡端点的系统主板搭配使用。

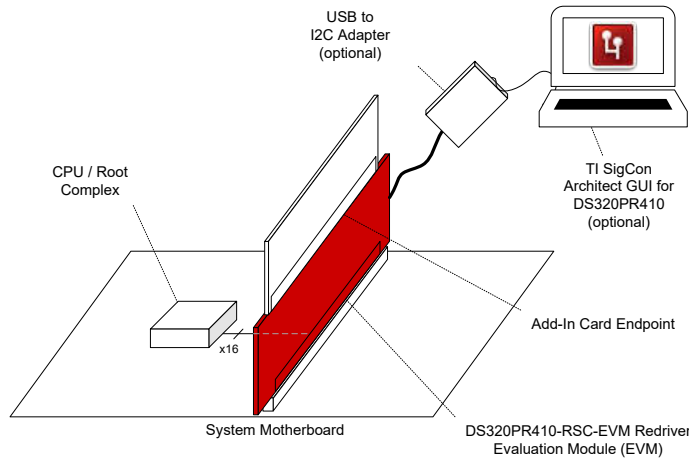


图 1-1. DS320PR410-RSC-EVM 示例应用图

1.4 器件信息

DS320PR410 是一款四通道低功耗高性能线性转接驱动器，支持速率高达 32Gbps 的 PCI-Express Gen5.0、CXL 2.0、UPI 2.0 和其他接口。每个器件均可配置引脚配置 (strap)、EEPROM 或 I²C/SMBus。

2 硬件

“硬件”部分详细介绍了 DS320PR410-RSC-EVM 硬件控制功能、SMBus/I²C 控制接口和快速入门指南。

2.1 DS320PR410 5 电平 I/O 控制输入

每个 DS320PR410 都具有 5 电平输入引脚 (MODE、GAIN、RX_DET、EQ0/ADDR0 和 EQ1/ADDR1)，用于控制器件的配置。这些 5 电平输入使用电阻分压器来帮助设置四个有效电平以提供更广泛的控制设置。

表 2-1. 5 电平控制引脚设置

引脚电平	引脚设置
L0	1kΩ 至 GND
L1	8.25kΩ 至 GND
L2	24.9kΩ 至 GND
L3	75kΩ 至 GND
L4	浮点

2.2 DS320PR410 工作模式

每个 DS320PR410 都可配置为在引脚模式、SMBus/I²C 主要模式 (EEPROM 模式) 或 SMBus/I²C 辅助模式下运行。DS320PR410 的运行模式由 MODE 引脚上的引脚配置 (strap) 设置决定，如表 2-2 所示。

表 2-2. 运行模式

MODE 引脚电平	工作模式
L0	引脚模式
L1	SMBus 模式或 I ² C 主要模式 (EEPROM 模式)
L2	SMBus 模式或 I ² C 辅助模式
L3	RESERVED
L4	RESERVED

2.3 DS320PR410 SMBus 或 I²C 寄存器控制接口

可通过标准 SMBus 协议访问每个 DS320PR410 内部寄存器。DS320PR410 具有一组通道，即通道 0 - 3。在上电时会根据 EQ0/ADDR0 和 EQ1/ADDR1 引脚的配置来确定 SMBus 从地址对（每个器件一个）。当内部上电复位信号置为无效后，上电时读取引脚状态。

通过在 EQ0/ADDR0 和 EQ1/ADDR1 引脚上放置外部电阻器搭接，可以为器件分配 16 个唯一的 SMBus 从地址，如表 2-3 所示。当多个 DS320PR410 器件位于同一 SMBus 接口总线上时，每个器件必须配置唯一的 SMBus 从地址。

表 2-3. DS320PR410 SMBus 地址映射

ADDR1 引脚电平	ADDR0 引脚电平	DS320PR410 7 位地址 [HEX]
L0	L0	0x18
L0	L1	0x1A
L0	L2	0x1C
L0	L3	0x1E
L0	L4	保留
L1	L0	0x20
L1	L1	0x22
L1	L2	0x24
L1	L3	0x26
L1	L4	保留
L2	L0	0x28
L2	L1	0x2A
L2	L2	0x2C
L2	L3	0x2E
L2	L4	保留
L3	L0	0x30
L3	L1	0x32
L3	L2	0x34
L3	L3	0x36
L3	L4	保留

2.4 DS320PR410 均衡控制

DS320PR410 的每个通道都有一个连续时间线性均衡器 (CTLE)，它应用高频增强和低频衰减功能来帮助均衡无源通道的频率制约型插入损耗。表 2-4 展示了在引脚控制模式 (MODE = L0) 下通过 EQ 控制引脚 (EQ1 和 EQ0) 提供的均衡增强。

表 2-4. 均衡控制设置

EQ 指数	EQ1 引脚电平	EQ0 引脚电平	频率为 8GHz 时的 CTLE 升压 (dB)	频率为 16 GHz 时的 CTLE 升压 (dB)
0	L0	L0	有关 8GHz 时的 CTLE 升压值，请参阅 DS320PR410 数据表 (SNLS739)。	有关 16GHz 时的 CTLE 升压值，请参阅 DS320PR410 数据表 (SNLS739)。
1	L0	L1		
2	L0	L2		
5	L1	L0		
6	L1	L1		
7	L1	L2		
8	L1	L3		
9	L1	L4		
10	L2	L0		
11	L2	L1		
12	L2	L2		
13	L2	L3		
14	L2	L4		
15	L3	L0		
16	L3	L1		
17	L3	L2		
18	L3	L3		
19	L3	L4		

每个器件中每个通道的均衡增益也可以通过在 I²C 模式下写入 SMBus/I²C 寄存器来设置。有关详细信息，请参阅 [DS320PR410 编程指南](#)。

2.5 DS320PR410 RX 检测状态机

每个 DS320PR410 部署了一个 RX 检测状态机，用于管理 PCI Express 规范中定义的 RX 检测周期。上电时或手动触发事件后，转接驱动器确定链路远端是否存在有效的 PCI Express 终端。根据表 2-5，当 DS320PR410 处于引脚模式 (MODE = L0) 时，DS320PR410 的 RX_DET 引脚为系统设计人员提供了额外的灵活性，可适当地将器件设置为所需的模式。

表 2-5. 接收器检测状态机设置

PD 引脚电平	RX_DET 引脚电平	DS320PR410 通道 RX 共模阻抗	说明
L	L0	始终为 50 Ω	PCI Express RX 检测状态机已禁用。推荐用于非 PCI Express 用例。
L	L1	检测前：高阻态 检测后：50 Ω	输出将轮询，直到连续 3 次有效检测。
L	L2	检测前：高阻态 检测后：50 Ω	输出将轮询，直到连续 2 次有效检测。
L	L3	不适用	保留
L	L4 (悬空)	检测前：高阻态 检测后：50 Ω	TX 会大约每 150 μ s 轮询一次，直到检测到有效端接。Rx CM 阻抗保持为高阻态，直至被检测到。通过将 PD 置为高电平并持续 200 μ s，然后置为低电平来复位。
H	X	高阻态	复位所有 DS320PR410 通道信号路径并将其 Rx 阻抗状态设定为高阻态。

每个器件每个通道的 RX 检测状态也可以通过在辅助模式或主要模式下写入 SMBus/I²C 寄存器来设置。有关详细信息，请参阅 [DS320PR410 编程指南](#)。

2.6 DS320PR410 直流增益控制

在引脚模式 (MODE = L0) 下运行时，GAIN 引脚可用于为通道 0-3 设置 DS320PR410 的整体数据路径平坦增益 (直流和交流)，如表 2-6 所示。

表 2-6. 增益控制

GAIN/SDA 引脚电平	增益设置
L0	-6dB (实际 -5.6dB)
L1	-4dB (实际 -3.8dB)
L2	-2dB (实际 -1.2dB)
L3	+2dB (实际 +2.6dB)
L4 (悬空)	0dB (实际 +0.6dB - 建议用于大多数用例)

每个器件每个通道的直流增益也可以通过在辅助模式或主要模式下写入 SMBus/I²C 寄存器来设置。有关详细信息，请参阅 [DS320PR410 编程指南](#)。

2.7 DS320PR410 EVM 全局控制

表 2-7 显示了对电路板上的所有器件产生影响的 DS320PR410-RSC-EVM 全局控制。

表 2-7. EVM 全局控制

组件	名称	功能/描述
J1	4x2 接头	MODE 控制，连接至 EVM 上所有 8 个 DS320PR410 器件的 MODE 引脚 L0：所有器件都设置为引脚模式（默认） L1：所有器件都设置为 SMBus/I ² C 主要模式（EEPROM 模式） L2：SMBus/IC 辅助模式 L3：保留 L4：保留
J2	4x2 接头	RX_DET 控制，连接至 EVM 上所有 8 个 DS320PR410 器件的 RX_DET 引脚 L0：在所有器件上禁用 RX 检测状态机 L1：在所有器件上启用 RX 检测状态机（需要 3 次有效检测） L2：在所有器件上启用 RX 检测状态机（需要 2 次有效检测） L3：保留 L4：在所有器件上启用 RX 检测状态机（需要 1 次有效检测）- 默认
J3	5x2 接头	SMBus/I ² C 接口。EVM 上的所有 8 个 DS320PR410 器件都位于同一条总线上，可以通过该接口访问它们。
J4	3x2 接头	PWDN 控制，连接至 EVM 上所有 8 个 DS320PR410 器件的 PD 引脚。使用 J4 控制 PWDN 时，请移除 J6 上的分流器。 PWDN 连接至 GND：启用所有器件（默认） PWDN 连接至 PERST_INV：所有器件 PD 引脚由反相 PCIe 复位 (PERST#) 控制 PWDN 连接至 3.3V_REG：禁用所有器件。 PWDN 悬空：使用 J6 将 PCIe 系统 PRSNT 信号连接至 PWDN 以进行 PWDN 控制（对于 PCIe 用例为可选）
J5	3x1 接头	板载 EEPROM 器件的 WP（写保护）引脚的访问点。 WP 连接至 GND：启用对 EEPROM 的 I ² C 访问 WP 悬空：禁用对 EEPROM 的 I ² C 访问（默认）
J6	2x1 接头	备用 PWDN 控制。使用 J6 控制 PWDN 时，请移除 J4 上的分流器。 PWDN 悬空：使用 J4 进行 PWDN 控制（默认） PWDN 连接至 PRSNT：PRSNT 信号对 PWDN 进行控制（对于 PCIe 用例为可选）。
J7、J8、J9、J10	3x1 接头	PCIe PRSNT 信号控制 连接 J7、J8、J9 和 J10 上的引脚 1-2：允许支持任何 PCIe 总线宽度（默认） 连接 J7 的引脚 2-3，使 J8、J9 和 J10 悬空：强制使用 x1 PCIe 总线宽度。 连接 J8 的引脚 2-3，使 J7、J9 和 J10 悬空：强制使用 x4 PCIe 总线宽度。 连接 J9 的引脚 2-3，使 J7、J8 和 J10 悬空：强制使用 x8 PCIe 总线宽度。 连接 J10 的引脚 2-3，使 J7、J8 和 J9 悬空：强制使用 x16 PCIe 总线宽度。
J11	2x1 接头	板载稳压器输入。将 EVM 用作独立系统时，施加 12V 电压。如果将 EVM 插入系统，请勿通电，因为电源是通过金手指连接器 (CONN1) 提供的。
J12	2x1 接头	接地参考的接入点。
J13	2x1 接头	板载 3.3V 输出。
J38	3x1 接头	选择 I ² C 适配器以插入连接器 J3。 连接 TI USB2ANY 适配器的引脚 1-2 连接 Aardvark 适配器的引脚 2-3（默认） 为所选适配器选择适当的跳线位置以避免损坏 EVM。
J41	3x1 接头	READ_EN_N 选择 连接引脚 1-2 以将 READ_EN_N 连接到 GND 并启动 EEPROM 读取（仅限 EEPROM 模式）- 默认 连接引脚 2-3 以连接 READ_EN_N，从而禁用 EEPROM 读取
J44	2x1 接头	SMDAT 接头，用以将全局 SMBus 数据线（引脚 1）连接到本地 SMDAT/SDA（引脚 2）。移除分流器以断开全局 SMDAT 与本地 SMDAT/SDA 的连接。
J45	2x1 接头	SMCLK 接头，用以将全局 SMBus 时钟线（引脚 1）连接到本地 SMCLK/SCL（引脚 2）。移除分流器以断开全局 SMCLK 与本地 SMCLK/SCL 的连接。

2.8 DS320PR410-RSC-EVM 下游器件控制

表 2-8 显示了对电路板上的 DS1、DS2、DS3 和 DS4 器件产生影响的 DS320PR410-RSC-EVM 下游器件控制。

表 2-8. EVM 下游器件控制

元件	名称	功能/描述
J14	4x2 接头	增益控制连接到所有下游器件组的 GAIN 引脚 (GAIN_DS) L0 : -6dB 增益设置 L1 : -4dB 增益设置 L2: -2dB 增益设置 L3 : +2dB 增益设置 L4 : 0dB 增益设置 (默认)
J15	17x2 接头	引脚模式 (默认) : 每个下游器件和器件组的 EQ1 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 DS1 器件的 EQ1 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 DS2 器件的 EQ1 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 DS3 器件的 EQ1 引脚。 使用引脚 25 至 32 配置 DS4 器件的 EQ1 引脚。 SMBus, I ² C 模式 : 每个下游器件的 ADDR1 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 DS1 器件的 ADDR1 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 DS2 器件的 ADDR1 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 DS3 器件的 ADDR1 引脚。 使用引脚 25 至 31 配置 DS4 器件的 ADDR1 引脚。 安装分流器可在引脚上实现 L0、L1、L2 或 L3 电平。保持悬空可在引脚上实现 L4 电平。
J16	17x2 接头	引脚模式 (默认) : 每个下游器件和器件组的 EQ0 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 DS1 器件的 EQ0 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 DS2 器件的 EQ0 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 DS3 器件的 EQ0 引脚。 使用引脚 25 至 32 配置 DS4 器件的 EQ0 引脚。 SMBus, I ² C 模式 : 每个下游器件的 ADDR0 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 DS1 器件的 ADDR0 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 DS2 器件的 ADDR0 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 DS3 器件的 ADDR0 引脚。 使用引脚 25 至 31 配置 DS4 器件的 ADDR0 引脚。 安装分流器可在引脚上实现 L0、L1、L2 或 L3 电平。保持悬空可在引脚上实现 L4 电平。
J17	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 DS1 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J18	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 DS1 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J19	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 DS2 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J20	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 DS2 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J21	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 DS3 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行

表 2-8. EVM 下游器件控制 (续)

元件	名称	功能/描述
J22	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 DS3 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J23	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 DS4 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J24	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 DS4 器件 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行

2.9 DS320PR410-RSC-EVM 上游器件控制

表 2-9 显示了对电路板上的 US1、US2、US3 和 US4 器件产生影响的 DS320PR410-RSC-EVM 上游器件控制。

表 2-9. EVM 上游器件控制

元件	名称	功能/描述
J26	4x2 接头	增益控制连接到所有下游器件组的 GAIN 引脚 (GAIN_US) L0: -6dB 增益设置 L1: -4dB 增益设置 L2: -2dB 增益设置 L3: +2dB 增益设置 L4: 0dB 增益设置 (默认)
J27	17x2	引脚模式 (默认): 每个下游器件和器件组的 EQ1 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 US1 器件的 EQ1 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 US2 器件的 EQ1 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 US3 器件的 EQ1 引脚。 使用引脚 25 至 32 配置 US4 器件的 EQ1 引脚。 SMBus, I ² C 模式: 每个下游器件的 ADDR1 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 US1 器件的 ADDR1 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 US2 器件的 ADDR1 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 US3 器件的 ADDR1 引脚。 使用引脚 25 至 31 配置 US4 器件的 ADDR1 引脚。 安装分流器可在引脚上实现 L0、L1、L2 或 L3 电平。保持悬空可在引脚上实现 L4 电平。
J28	17x2 接头	引脚模式 (默认): 每个下游器件和器件组的 EQ0 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 US1 器件的 EQ0 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 US2 器件的 EQ0 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 US3 器件的 EQ0 引脚。 使用引脚 25 至 32 配置 US4 器件的 EQ0 引脚。 SMBus, I ² C 模式: 每个下游器件的 ADDR0 控制。 使用引脚 1 至 8 配置 US1 器件的 ADDR0 引脚。 使用引脚 9 至 16 配置 US2 器件的 ADDR0 引脚。 使用引脚 17 至 24 配置 US3 器件的 ADDR0 引脚。 使用引脚 25 至 31 配置 US4 器件的 ADDR0 引脚。 安装分流器可在引脚上实现 L0、L1、L2 或 L3 电平。保持悬空可在引脚上实现 L4 电平。
J29	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 US1 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行

表 2-9. EVM 上游器件控制 (续)

元件	名称	功能/描述
J30	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 US1 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J31	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 US2 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J32	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 US2 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J33	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 US3 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J34	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 US3 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J35	3x1 接头	GAIN/SDA 双功能引脚配置, 用于 US4 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行
J36	3x1 接头	RX_DET/SCL 双功能引脚配置, 用于 US4 器件。 在引脚 1-2 之间安装分流器, 以在引脚模式 (默认) 下运行 在引脚 2-3 之间安装分流器, 以便在 SMBus、I ² C 模式下运行

2.10 快速入门指南 (引脚模式)

确定分流器处于以下位置, 如下所示:

1. 将转接驱动器配置为在引脚模式下运行 (MODE 引脚通过 J1 接头连接至 L0)。
2. 通过让 J2 保持开路 (L4 - 悬空), 启用所有转接驱动器的 RX 检测状态机。
3. 启用转接驱动器 (通过在 J4 接头上的引脚 5-6 之间放置分流器, 将 PWDN 引脚连接到 GND)。或者, 对于 PCIe 边带信号控制, PWDN 引脚可由 PCIe Present (PRSENT1#) 信号驱动, 方法是让 J4 开路并在 J6 的引脚 1 和 2 之间放置一个分流器, 或通过 J4 的引脚 3-4 之间放置一个分流器并让 J6 保持开路而由反相 PCIe 复位 (PERST#) 信号驱动。
4. 这些转接驱动器通过表 2-7 中接头 J17-J24 和 J29-J36 上的双功能引脚连接到 RX_DET 和 GAIN。将这些接头的分流器设置为连接引脚 1-2。
5. 该电路板经配置可用于任何 PCIe 总线宽度 (PRSENTx# 信号控制在表 2-7 中设为“默认”, 使用 J7、J8、J9 和 J10 接头)。分流器需要放置在接头 J7、J8、J9 和 J10 上的引脚 1-2 之间。
6. 将所有转接驱动器的直流增益设置为 0dB, 方法是将下游转接驱动器的 J14 保持开路, 并将上游转接驱动器的 J26 保持开路。
7. 将所有转接驱动器 RX CTLE 的 EQ 等级设置为 10dB@16GHz, 对于下游转接驱动器, 使用 J15 和 J16; 对于上游转接驱动器, 使用 J27 和 J28 (EQ1 = L2, EQ0 = L0)。
8. 如有必要, 在下游转接驱动器的 J15 和 J16 和上游转接驱动器的 J27 和 J28 上布置分流器, 从而调整下游和/或上游转接驱动器的 EQ 等级。
9. 将 EVM 插入 PCIe x16 服务器主板插槽。在安装 EVM 或配置为热插拔操作之前, 确保主板已断电。
10. 将兼容的 PCIe 端点卡安装到 EVM 的跨接连接器中。
11. 为主板上电。

2.11 快速入门指南 (SMBus/I²C 辅助模式)

1. 通过将器件的 MODE 引脚设置为 L2 电平，将所有器件配置为在 SMBus 辅助模式下运行。这可通过在 J1 L2 位置放置一个分流器来实现。
2. 通过按以下布局方式放置分流器，为每个器件设置唯一的 SMBus 从地址：
 - 在 J15 连接器上，针对所有下游器件 (DS1、DS2、DS3 和 DS4) 将分流器放置于 L0 位置，以设置每个下游 DS320PR410 的 ADDR1 电平。
 - 在 J16 连接器上，针对 DS1 将分流器放置在 L0 位置，针对 DS2 将分流器放置在 L1 位置，针对 DS3 将分流器放置在 L2 位置，针对 DS4 将分流器放置在 L3 位置，以设置每个下游 DS320PR410 的 ADDR0 电平。
 - 在 J27 连接器上，针对所有上游器件 (US1、US2、US3 和 US4) 将分流器放置在 L1 位置，以设置每个上游 DS320PR410 器件的 ADDR1 电平。
 - 在 J28 连接器上，针对 US1 将分流器放置在 L0 位置，针对 US2 将分流器放置在 L1 位置，针对 US3 将分流器放置在 L2 位置，针对 US4 将分流器放置在 L3 位置，以设置每个上游 DS320PR410 的 ADDR0 电平。
 - 上述排列将 DS320PR410 器件的 7 位 SMBus 从地址设置为：
 - DS1 : 0x18
 - DS2 : 0x1A
 - DS3 : 0x1C
 - DS4 : 0x1E
 - US1 : 0x20
 - US2 : 0x22
 - US3 : 0x24
 - US4 : 0x26
3. 将分流器从引脚 1-2 移至 J17-J24、J29-J36 上的引脚 2-3，以将双功能转接驱动器引脚连接到 SMBus/I²C 总线。有关双功能引脚的指导，请参阅表 2-7。
4. 通过将器件的 PWDN 引脚拉至 GND，确保启用所有器件。这是通过在引脚 5-6 之间 (PWDN 和 GND) 的 J4 上放置一个分流器来实现的。或者，对于 PCIe 边带信号控制，PWDN 引脚可由 PCIe Present (PRSNT1#) 信号驱动，方法是让 J4 开路并在 J6 的引脚 1 和 2 之间放置一个分流器，或通过 J4 的引脚 3-4 之间放置一个分流器并让 J6 保持开路而由反相 PCIe 复位 (PERST#) 信号驱动。
5. 使用 J38 (USB2ANY 的分流位置 1-2 或 Aardvark 的分流位置 2-3) 选择适当的适配器。请确保为您的适配器选择了正确的分流器设置。否则，存在损坏 EVM 的风险。
6. 将 USB2ANY 适配器或 Aardvark 适配器连接到 J3 (请注意，DS320PR410-RSC-EVM 均未提供这两种适配器)。
7. 安装最新的 SigCon Architect 应用程序和 DS320PR410 配置文件。请联系当地的 FAE 以获取下载说明。
8. 将 EVM 插入 PCIe x16 服务器主板插槽。在安装 EVM 或配置为热插拔操作之前，确保主板已断电。
9. 将兼容的 PCIe 端点卡安装到 EVM 的跨接连接器中。
10. 为主板上电。
11. 启动 SigCon Architect 应用程序。
12. 选择 DS320PR410 配置页面，然后点击 **Apply** 框以启用器件配置文件。如有必要，在 **Edit Device Addresses** 框中编辑器件 SMBus 地址，然后点击 **Apply**。
13. 在 DS320PR410 的“High Level Page”中，选择 **Block Diagram**，如图 2-1 所示。
14. 选择所需的 EQ 设置。
15. 选择要应用所选设置的器件，然后点击 **Apply to All Channels**。

备注

要观察已编程的 DS320PR410 EQ 设置对 PCIe 通道性能 (通道裕度、BER 等) 的影响，必须通过切换 PERST# 或执行热复位 (无需断开 DS320PR410 的电源) 来重新训练 PCIe 链路。

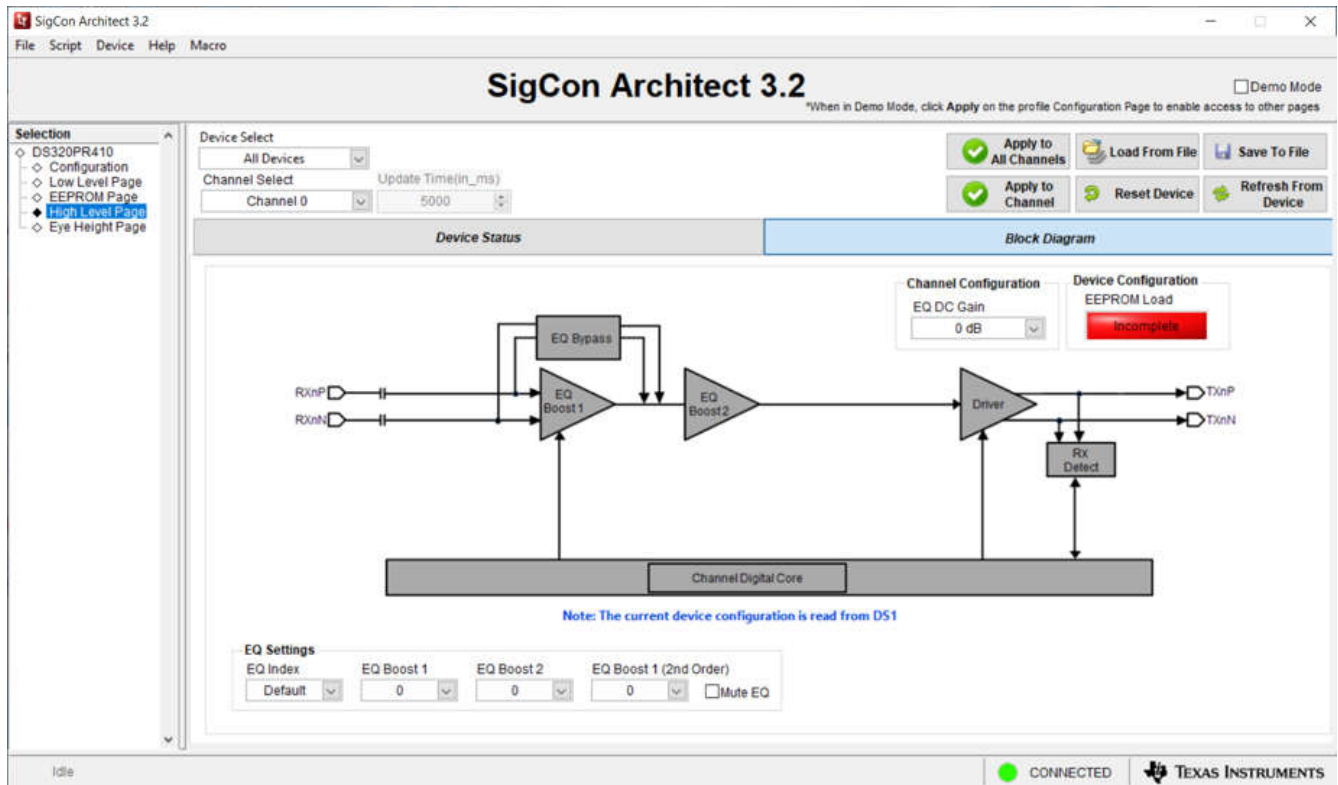


图 2-1. SigCon Architect DS320PR410 的 “High-Level Page”

3 实现结果

3.1 测试设置和结果

图 3-1 显示了典型的系统设置，其中将 DS320PR410-RSC-EVM 放置在服务器主板 CPU 与 PCIe 端点（网络接口卡，即 NIC）之间。此设置中插入了额外的扩展器卡，旨在增加通道损耗并展示转接驱动器扩展覆盖范围的能力。

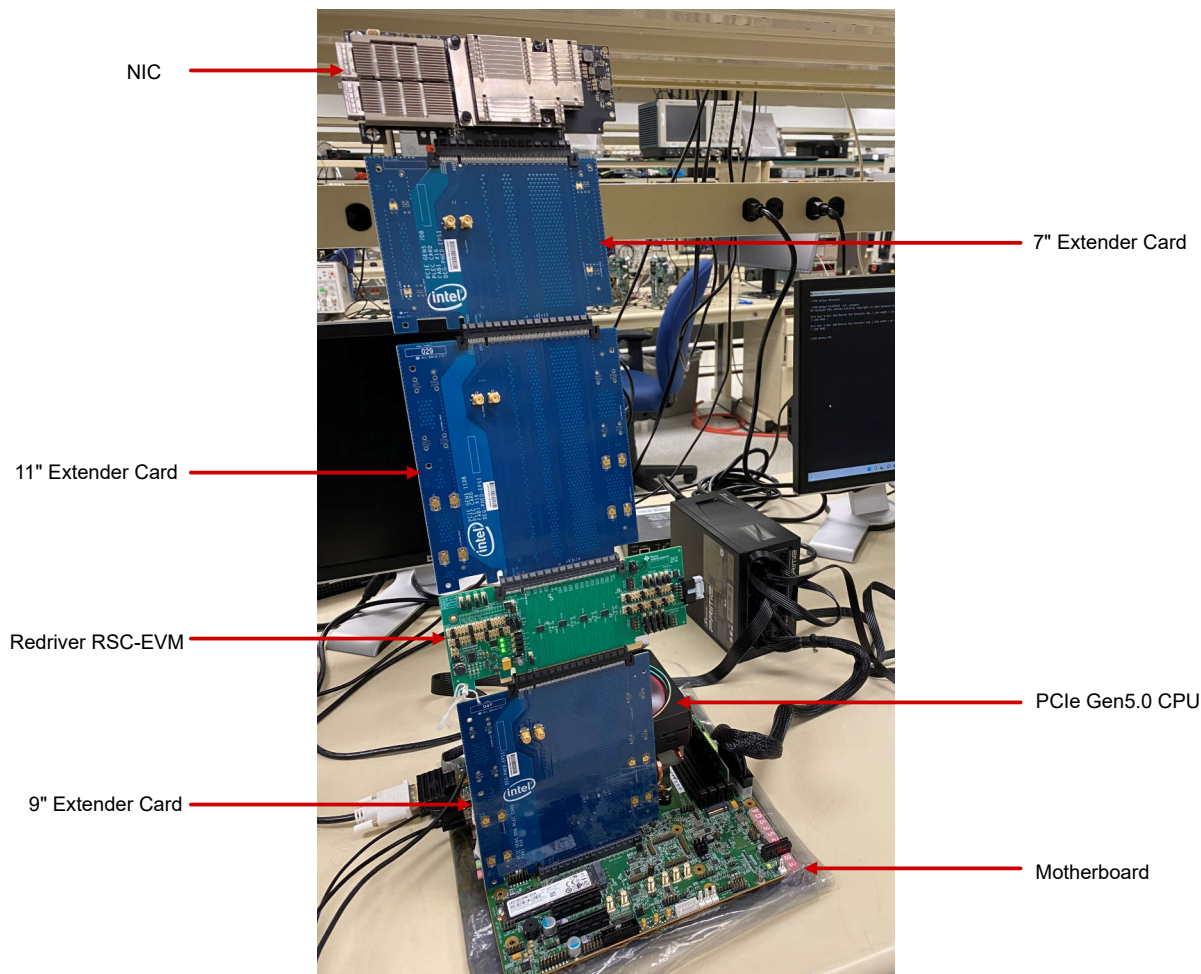


图 3-1. 测试设置示例

图 3-2 是图 3-1 所示系统获得的典型测试结果。结果表明，在数据路径中放置了 DS320PR410-RSC-EVM 的端点 (Nvidia/Mellanox NIC) 可实现稳定的 Gen5 x16 PCIe 链路。

```
C:\AMD Xpress IO>AMDIO -i=2 -listport
AMD XpressIO TOOL version 4.0.45.0, Copyright (c) 2023 Advanced Micro Devices, Inc.
Port Num: 0 Bus: 0x0 Device: 0x1 Function: 0x1 | Link Width = x16 | Link Speed = 5
| LINK NAME :
Port Num: 1 Bus: 0x0 Device: 0x1 Function: 0x2 | Link Width = x4 | Link Speed = 4
| LINK NAME :
C:\AMD Xpress IO>
```

图 3-2. 示例测试结果

4 硬件设计文件

4.1 原理图

图 4-1 至图 4-7 展示了 EVM 原理图。

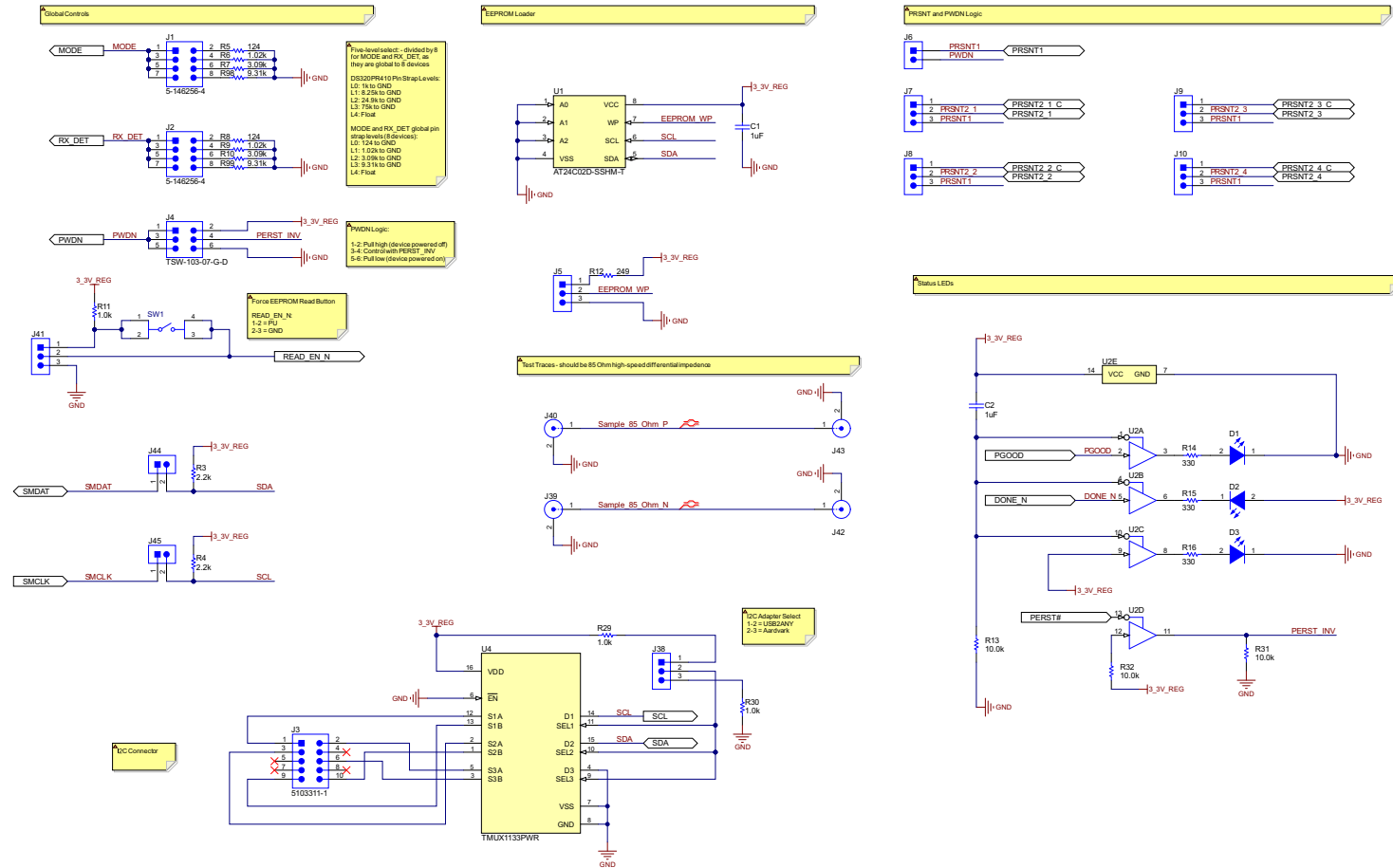


图 4-1. 控制和状态原理图页

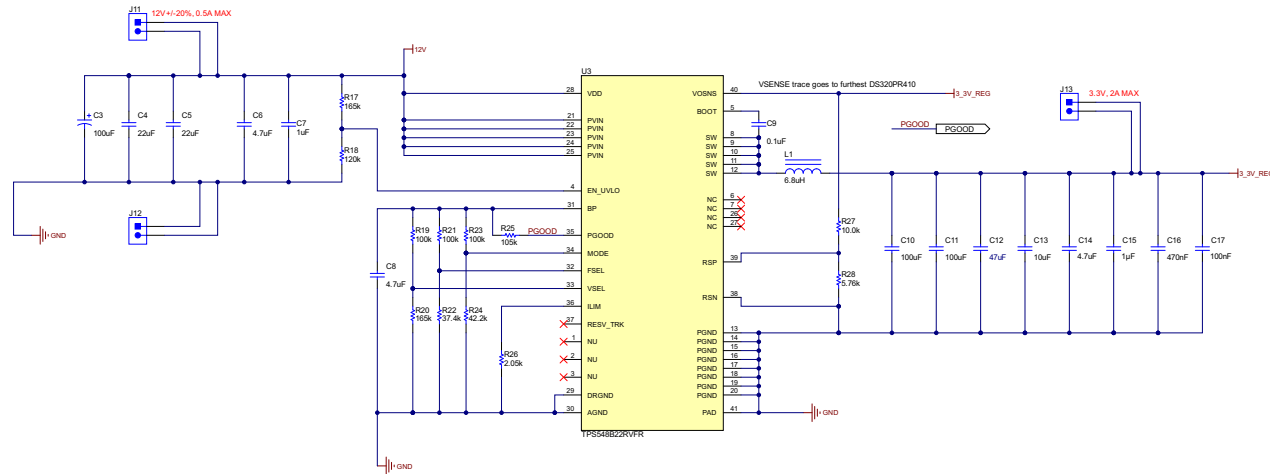


图 4-2. 稳压器原理图页

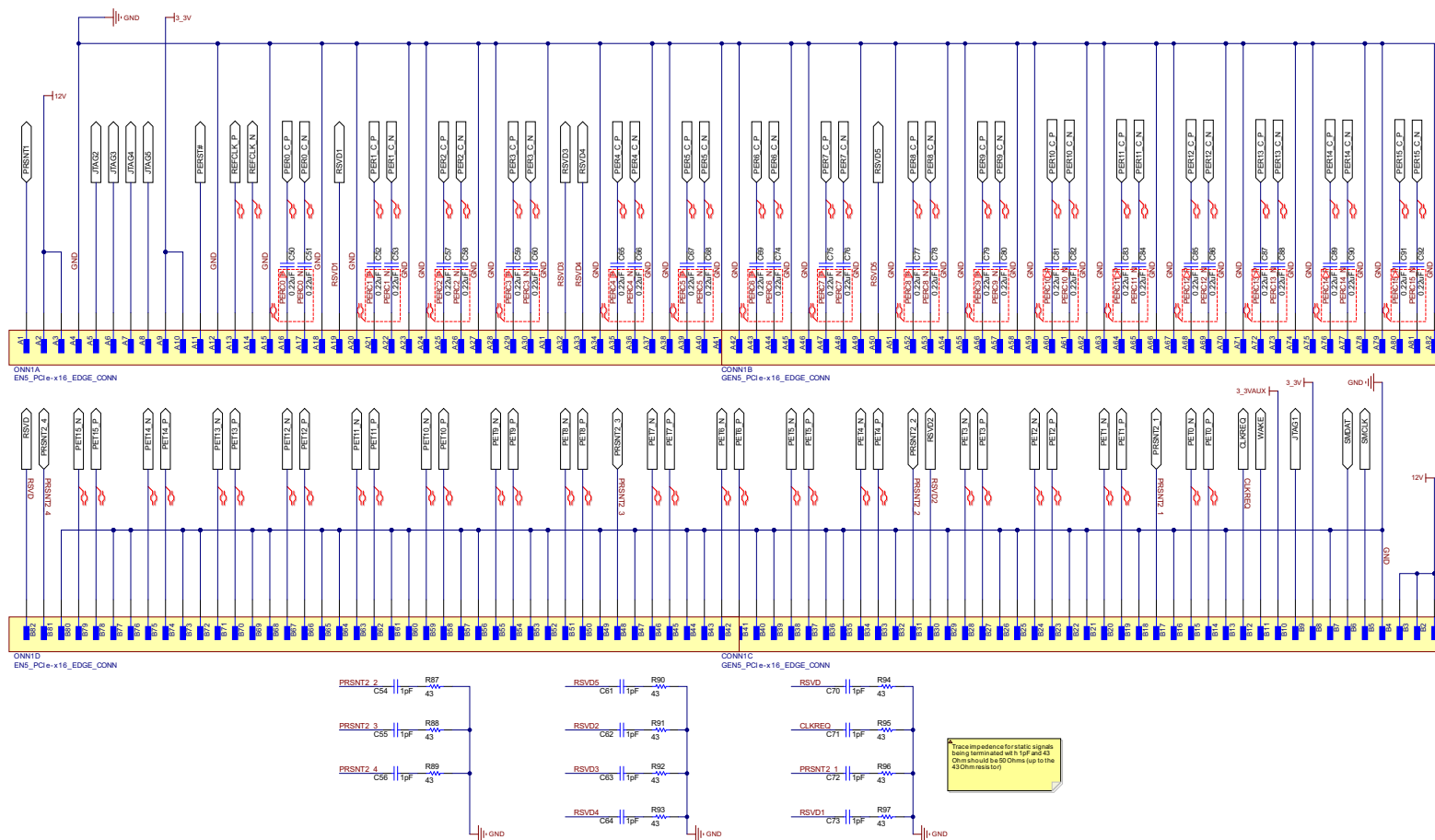
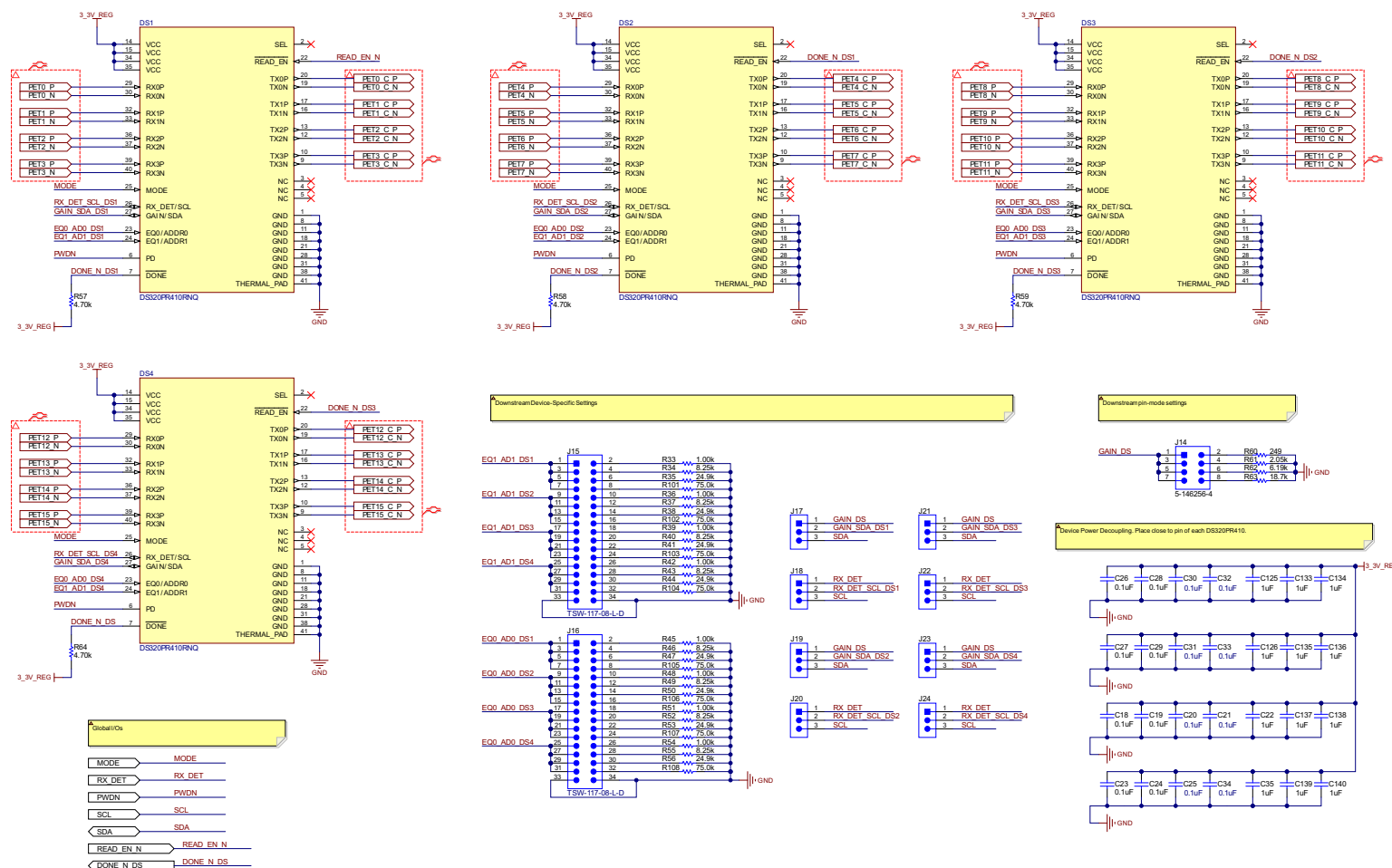


图 4-3. 金手指连接器原理图页





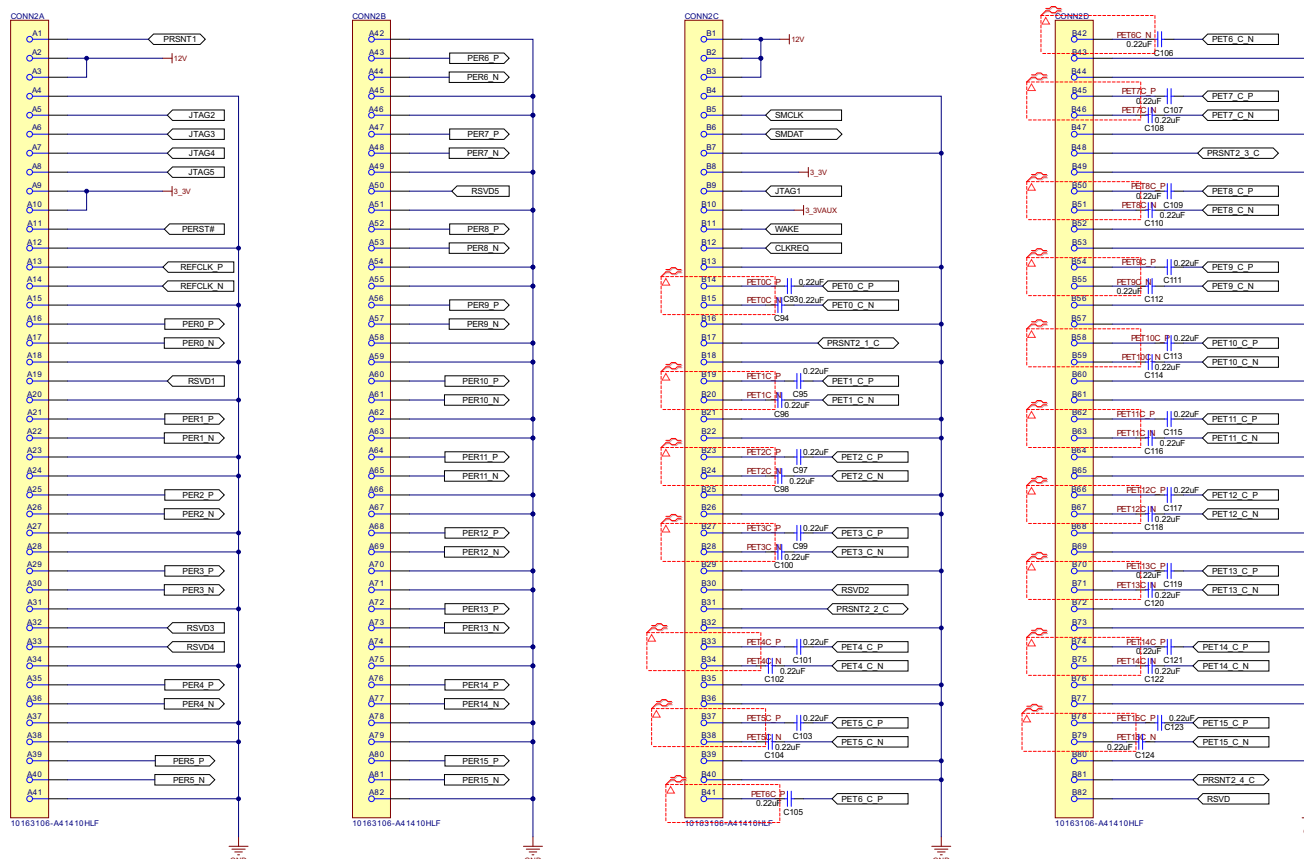
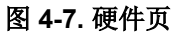


图 4-6. 跨接连接器原理图页



4.2 电路板布局

图 4-8 至图 4-9 展示了 EVM 电路板布局布线。

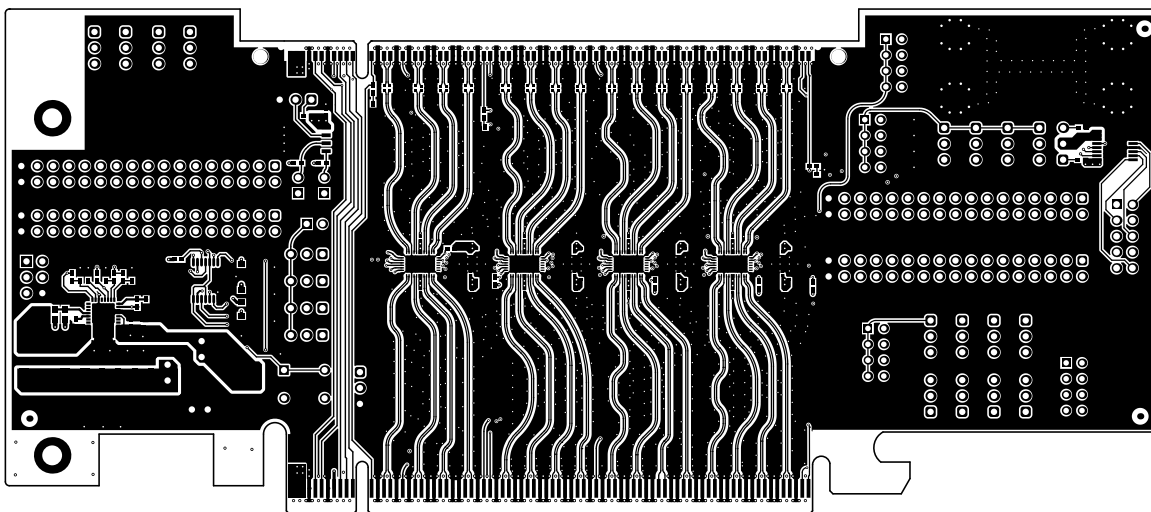


图 4-8. 顶层

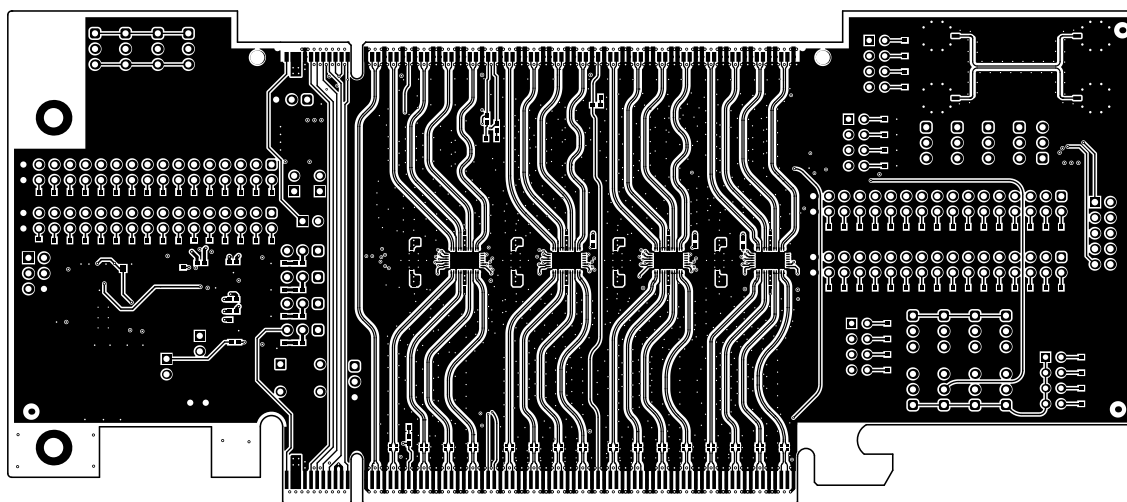


图 4-9. 底层

4.3 物料清单

表 4-1 列出了 EVM 物料清单。

表 4-1. 物料清单

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
!PCB1	1		印刷电路板		HSDC168	不限
C1、C2、C7	3	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 25V, +/-10%, X5R, 0402	0402	C1005X5R1E105K050BC	TDK
C3	1	100 μ F	电容, 钽, 100 μ F, 25V, +/-10%, 0.1 Ω , SMD	7360-38	T495E107K025ATE100	Kemet
C4、C5	2	22 μ F	电容, 陶瓷, 22 μ F, 25V, +/-20%, X5R, 1206_190	1206_190	TMK316BBJ226ML-T	Taiyo Yuden
C6、C8	2	4.7 μ F	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 25V, +/-10%, X6S, 0603	0603	GRM188C81E475KE11D	MuRata
C9	1	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 35V, +/-10%, X5R, 0402	0402	GMK105BJ104KV-F	Taiyo Yuden
C10、C11	2	100 μ F	电容, 陶瓷, 100 μ F, 6.3V, +/-20%, X5R, 0805	0805_HV	GRM21BR60J107M	MuRata
C12	1	47 μ F	电容, 陶瓷, 47 μ F, 6.3V, +/-20%, X5R, 0805	0805_HV	GRM219R60J476ME44D	MuRata
C13	1	10 μ F	电容, 陶瓷, 10 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0805	0805_HV	C0805C106K9PAC	Kemet
C14	1	4.7 μ F	电容, 陶瓷, 4.7 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0603	0603	C0603C475K9PACTU	Kemet
C15	1	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 25V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C105K3RACTU	Kemet
C16	1	0.47 μ F	电容, 陶瓷, 0.47 μ F, 6.3V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C474K9RACTU	Kemet
C17	1	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 10V, +/-10%, X7R, 0603	0603	C0603C104K8RACTU	Kemet
C18、C19、C23、C24、C26、C27、C28、C29、C36、C37、C41、C42、C46、C47、C128、C129	16	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0201	0201_033	GRM033R60J104KE84D	MuRata
C20、C21、C25、C30、C31、C32、C33、C34	8	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0402	0402	C1005X5R0J104K050BA	TDK
C22、C35、C40、C45、C125、C126、C127、C132	8	1 μ F	电容, 陶瓷, 1 μ F, 25V, +/-10%, X5R, 0402	0402S	C1005X5R1E105K050BC	TDK
C38、C39、C43、C44、C48、C49、C130、C131	8	0.1 μ F	电容, 陶瓷, 0.1 μ F, 6.3V, +/-10%, X5R, 0402	0402S	C1005X5R0J104K050BA	TDK

表 4-1. 物料清单 (续)

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
C50、C51、C52、C53、C57、C58、C59、C60、C65、C66、C67、C68、C69、C74、C75、C76、C77、C78、C79、C80、C81、C82、C83、C84、C85、C86、C87、C88、C89、C90、C91、C92、C93、C94、C95、C96、C97、C98、C99、C100、C101、C102、C103、C104、C105、C106、C107、C108、C109、C110、C111、C112、C113、C114、C115、C116、C117、C118、C119、C120、C121、C122、C123、C124	64	0.22μF	电容, 陶瓷, 0.22 μF, 10V, +/-20%, X5R, 0201	0201_033	LMK063BJ224MP-F	Taiyo Yuden
C54、C55、C56、C61、C62、C63、C64、C70、C71、C72、C73	11	1pF	电容, 陶瓷, 1pF, 50V, +/-10%, C0G/NPO, 0402	0402	GJM1555C1H1R0BB01D	MuRata
C133、C134、C135、C136、C137、C138、C139、C140、C141、C142、C143、C144、C145、C146、C147、C148	16	1uF	电容, 陶瓷, 1UF, 10V, X5R, 0201	0201	CL03A105KP3NSNC	Samsung Electro-Mechanics
CONN1	1		PCIE GEN5 跨装	FP-GEN5_PCl-e-x16_EDGE_CONN_CONN_PClE_EDGE-MFG	GEN5_PCl-e-x16_EDGE_CONN	Amphenol
CONN2	1		PCI Express/PCI 连接器 GEN 5 跨装	FP-10163106A41410HLF_CONN_PCl-164-MFG	10163106-A41410HLF	Amphenol-FCI
D1、D2、D3	3	绿色	LED, 绿色, SMD	LG_M67K_Green	LG M67K-G1J2-24-Z	OSRAM
DS1、DS2、DS3、DS4、US1、US2、US3、US4	8		支持 PCIe 5.0、CXL 2.0 的四通道线性转接驱动器	RNQ0040A-MFG	DS320PR410RNQ	德州仪器 (TI)
FID4、FID5、FID6	3		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	Fiducial10-20	不适用	不适用
J1、J2、J14、J26	4		接头, 100mil, 4x2, 金, TH	TE_5-146256-4	5-146256-4	TE Connectivity
J3	1		连接器, 接头, Lo-Pro R/A 10 引脚 (5x2), 100mil 间距, 镀金, TH	TE_5103311-1	5103311-1	TE Connectivity
J4	1		接头, 100mil, 3x2, 金, TH	TSW-103-07-G-D	TSW-103-07-G-D	Samtec
J5、J7、J8、J9、J10、J17、J18、J19、J20、J21、J22、J23、J24、J29、J30、J31、J32、J33、J34、J35、J36、J38、J41	23		接头, 100mil, 3x1, 金, TH	TSW-103-07-G-S	TSW-103-07-G-S	Samtec
J6、J11、J12、J13、J44、J45	6		接头, 100mil, 2x1, 镀金, TH	CONN_5-146261-1	5-146261-1	TE Connectivity
J15、J16、J27、J28	4		接头, 2.54mm, 17x2, 金, TH	Samtec_TSW-117-08-x-D	TSW-117-08-L-D	Samtec
J39、J40、J42、J43	4		插头, 50 Ω, 直式, SMT	Molex_0853050232	0853050232	Molex
L1	1	6.8μH	电感, 组合式磁芯, 铁氧体, 6.8μH, 3.2A, 0.04 Ω, SMD	SDR0805	SDR0805-6R8ML	Bourns

表 4-1. 物料清单 (续)

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
LBL1	1		热转印打印标签, 0.650" (宽) x 0.200" (高) - 10,000/卷	Label_650x200	THT-14-423-10	Brady
R3, R4	2	2.2k	电阻, 2.2k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04022K20JNED	Vishay-Dale
R5, R8	2	124	电阻, 124, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402124RFKED	Vishay-Dale
R6, R9	2	1.02k	电阻, 1.02k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04021K02FKED	Vishay-Dale
R7, R10	2	3.09k	电阻, 3.09k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04023K09FKED	Vishay-Dale
R11, R29, R30	3	1.0k	电阻, 1.0k, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04021K00JNED	Vishay-Dale
R12, R60, R68	3	249	电阻, 249, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2RKF2490X	Panasonic
R13, R31, R32	3	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	AC0402FR-0710KL	Yageo America
R14, R15, R16	3	330	电阻, 330, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402330RJNED	Vishay-Dale
R17	1	165k	电阻, 165k Ω , 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07165KL	Yageo
R18	1	120k	电阻, 120k Ω , 1%, 0.1W, 0603	0603	RC0603FR-07120KL	Yageo
R19, R21, R23	3	100k	电阻, 100k, 1%, 0.0625W, 0402	0402	RC0402FR-07100KL	Yageo America
R20	1	165k	电阻, 165k, 1%, 0.1W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	ERJ-2RKF1653X	Panasonic
R22	1	37.4k	电阻, 37.4k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040237K4FKED	Vishay-Dale
R24	1	42.2k	电阻, 42.2k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040242K2FKED	Vishay-Dale
R25	1	105k	电阻, 105k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW0402105KFKED	Vishay-Dale
R26, R61, R69	3	2.05k	电阻, 2.05k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04022K05FKED	Vishay-Dale
R27	1	10.0k	电阻, 10.0k, 1%, 0.063W, 0402	0402	RC0402FR-0710KL	Yageo America
R28	1	5.76k	电阻, 5.76k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04025K76FKED	Vishay-Dale
R33, R36, R39, R42, R45, R48, R51, R54, R72, R76, R80, R84, R109, R114, R119, R123	16	1.00k	电阻, 1.00k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04021K00FKED	Vishay-Dale
R34, R37, R40, R43, R46, R49, R52, R55, R73, R77, R81, R85, R111, R115, R120, R124	16	8.25k	电阻, 8.25k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04028K25FKED	Vishay-Dale

表 4-1. 物料清单 (续)

名称	数量	值	说明	封装参考	器件型号	制造商
R35、R38、R41、R44、R47、R50、R53、R56、R74、R78、R82、R86、R112、R116、R121、R125	16	24.9k	电阻, 24.9k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040224K9FKED	Vishay-Dale
R57、R58、R59、R64、R65、R66、R67、R110	8	4.70k	电阻, 4.70k Ω , 1%, 0.063W, 0402	0402	CRG0402F4K7	TE Connectivity
R62、R70	2	6.19k	电阻, 6.19k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04026K19FKED	Vishay-Dale
R63、R71	2	18.7k	电阻, 18.7k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040218K7FKED	Vishay-Dale
R75、R79、R83、R100、R101、R102、R103、R104、R105、R106、R107、R108、R113、R117、R122、R126	16	75.0k	电阻, 75.0k Ω , 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040275K0FKED	Vishay-Dale
R87、R88、R89、R90、R91、R92、R93、R94、R95、R96、R97	11	43	电阻, 43, 5%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW040243R0JNED	Vishay-Dale
R98、R99	2	9.31k	电阻, 9.31k, 1%, 0.063W, AEC-Q200 0 级, 0402	0402	CRCW04029K31FKED	Vishay-Dale
SH-J1、SH-J2、SH-J3、SH-J4、SH-J5、SH-J6、SH-J7、SH-J8、SH-J9、SH-J10、SH-J11、SH-J12、SH-J13、SH-J14、SH-J15、SH-J16、SH-J17、SH-J18、SH-J19、SH-J20、SH-J21、SH-J22、SH-J23、SH-J24、SH-J25、SH-J26、SH-J27、SH-J28、SH-J29、SH-J30、SH-J31、SH-J32、SH-J33、SH-J34、SH-J35、SH-J36、SH-J37、SH-J38、SH-J39、SH-J40、SH-J41、SH-J42、SH-J43	43	1x2	分流器, 100mil, 镀金, 黑色	SPC02SYAN	SPC02SYAN	Sullins Connector Solutions
SW1	1		触控开关 SPST-NO 顶部驱动穿孔	FP-PTS645SH95-2LFS_PTH4_6MM0_6MM0-MFG	PTS645SH95-2LFS	C&K Components
U1	1		I2C 兼容 (2 线) 串行 EEPROM 2kbit (256 x 8), SOIC-8	SOIC-8	AT24C02D-SSHM-T	Atmel
U2	1		具有三态输出的四路总线缓冲门, PW0014A, LARGE T&R	PW0014A_N	SN74LVC125APWRG3	德州仪器 (TI)
U3	1		1.5V 至 16V VIN, 4.5V 至 22V VDD, 具有全差分感应功能的 25A SWIFT 同步降压转换器, RVF0040A (LQFN-CLIP-40)	RVF0040A_SMD_NV	TPS548B22RVFR	德州仪器 (TI)
U4	1		3 电路 IC 开关 2:1 4 Ω 16-TSSOP	PW0016A-MFG	TMUX1133PWR	德州仪器 (TI)
FID1、FID2、FID3	0		基准标记。没有需要购买或安装的元件。	Fiducial10-20	不适用	不适用

5 其他信息

商标

所有商标均为其各自所有者的财产。

6 参考文献

更多参考文献，请参阅以下内容：

1. 德州仪器 (TI)，[DS320PR410 支持 PCI-Express 5.0、CXL 2.0 的四通道线性转接驱动器](#) 数据表。
2. 德州仪器 (TI)，[DS320PR410 编程指南](#)

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 © 2024，德州仪器 (TI) 公司