

AN13642

i.MX RT工业驱动开发平台硬件概述

第1.2版—2024年3月19日

应用笔记

文档信息

信息	内容
关键词	i.MX、RT1170、多电机控制
摘要	本文介绍了i.MX RT工业驱动开发平台的硬件：这是恩智浦设计的一种解决方案，旨在减少安全多电机应用的开发工作量并加快上市时间。本文描述了i.MX RT工业驱动开发平台的模块化架构，并提供了不同组件及其配置的详细硬件说明。



1 i.MX RT工业驱动开发平台简介

i.MX RT工业驱动开发平台是一个灵活且经济高效的模块板卡开发套件，可加速工业机器人、移动机器人、多轴机械、数字制造以及许多其他工业用例的复杂多电机控制应用的开发、评估和验证。

i.MX RT工业驱动开发平台展示了如何利用**恩智浦i.MX RT1170跨界MCU**同时控制多达四个永磁同步电机（PMSM），且同时处理多种高级功能，如数据记录、故障检测、确定性连接（以太网TSN）和复杂的用户界面等。i.MX RT1170 MCU利用恩智浦EdgeLock SE05x安全芯片来安全地存储密钥和凭证，支持基于最新、最安全的加密算法及协议的强大网络安全性，为达到ISA/IEC 62443-4-2工业标准的最高安全级别铺平了道路。

i.MX RT工业驱动开发平台包含功能全面的硬件和软件包，使用户能够快速开始开发多电机控制和其他工业应用：

- **i.MX RT工业驱动开发平台的硬件包**包括一个集成了i.MX RT1170跨界MCU的子卡，一个用于该子卡的扩展接口数字板，以及一个将控制命令转换为驱动伺服电机的电源信号的功率平台板。所有板卡均可灵活配置和调整，以满足所开发应用的具体要求。本文提供了一个对i.MX RT工业驱动开发平台的硬件包的综述。
- **i.MX RT工业驱动开发平台的软件包**包括一个参考演示应用和API，展示了如何利用i.MX RT工业驱动开发平台的硬件能力，开发符合工业产品所要求、标准及最佳实践的安全、健壮且可靠的多电机控制系统。这样就可以大幅度减轻开发多电机控制应用的工作量，加快产品上市。有关软件包的更多详细信息，请参阅文档《[i.MX RT工业驱动开发平台软件概述](#)》。

1.1 i.MX RT工业驱动开发平台的硬件包介绍

i.MX RT工业驱动开发平台的硬件包采用模块化架构，由1个子卡、1个数字板和多至4个功率平台板组成，如[图1](#)所示：

- **子卡 (ISI-QMC-DGC02)** 是i.MX RT工业驱动开发平台的核心。它搭载了一个i.MX RT1176双核跨界MCU，包括一个1GHz（工业认证版本为800MHz）的Arm Cortex-M7内核和一个400MHz的Arm Cortex-M4内核。i.MX RT1176跨界处理器为工业和多电机应用提供了顶级性能，因为它支持高速通信和外设接口、工业HMI的高级图形、传感器接口以及广泛的安全功能。
- **数字板 (ISI-QMC-DB02)** 用作搭建多电机控制应用原型的外部平台。它包括i.MX RT1170跨界处理器支持的广泛使用的工业通信和外设接口。它还包含为四个电机器件提供控制信号的连接器的。
- **功率平台板 (ISI-QMC-PSB02或SI-QMC-PSB02B)** 支持3相逆变器的控制和连接，并配有内置的电机连接器门极驱动器和辅助器件。最多可以将4个功率平台板连接到数字板，通过i.MX RT1170跨界处理器控制最多4个电机。

注：ISI-QMC-PSB02B版本的板子不包括模拟前端芯片（NAFE11388）。相反，ISI-QMC-PSB02集成了模拟前端芯片，但购买受限。如想购买SI-QMC-PSB02，请与当地的恩智浦代表联系。

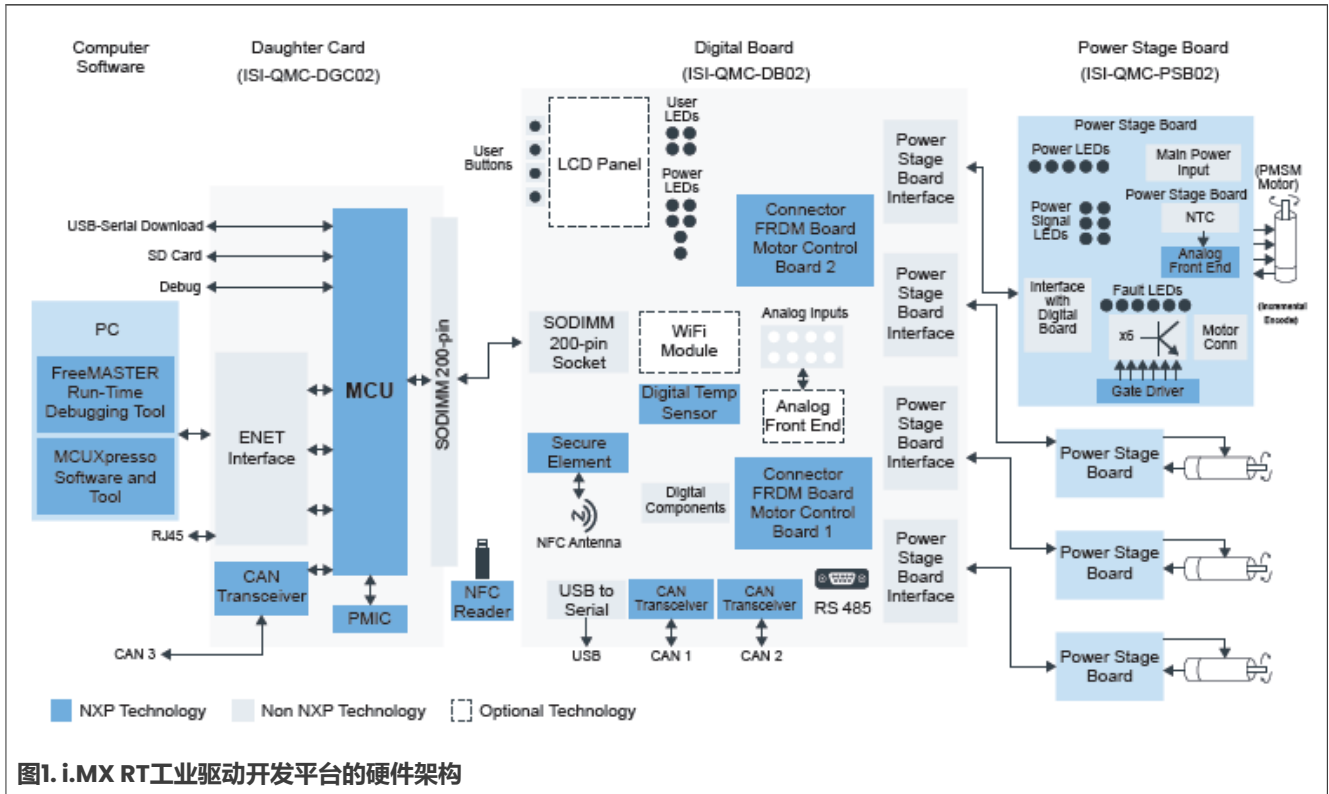


表1. i.MX RT工业驱动开发平台的硬件组件

组件	部件编号
MCU	恩智浦i.MX RT1176
PMIC	恩智浦PF5020
安全芯片 (SE)	恩智浦EdgeLock SE05x
模拟前端	恩智浦NAFE 11388
CAN收发器	NXPTJA115x (子卡) 恩智浦TJA146x (数字板)
温度传感器	恩智浦PCT2075
栅极驱动器	恩智浦GD3000
NFC读卡器	恩智浦PN7462

1.2 如何使用本文档

本文档提供了一个对i.MX RT工业驱动开发平台的硬件的综述，可用作了解其主要组件和功能的入门读物。文档结构如下：

- [第2章](#)描述了子卡及其主要硬件组件和配置。
- [第3章](#)描述了数字板及其主要硬件组件和配置。
- [第4章](#)描述了功率平台板及其主要硬件组件和配置。
- [第5章](#)简要描述了为i.MX RT工业驱动开发平台设计的物理外壳。外壳不能购买，但提供了设计文件。

本文是i.MX RT工业驱动开发平台硬件设计文件的补充，这些文件可以从[i.MX RT工业驱动开发平台网站](#)下载。这些设计文件提供了i.MX RT工业驱动开发平台硬件组件的详细硬件原理图和布局。它们可以用作指南，帮助开发定制化硬件方案，并根据具体使用要求来配置硬件。

注：i.MX RT工业驱动开发平台的硬件可灵活定制。本文档仅简要描述了主要硬件的功能和配置。恩智浦可能提供更高级的配置，但这些配置应在仔细阅读硬件设计文件后使用。另请注意，如果某些配置使用不当，可能会导致硬件故障甚至永久性损坏。

2 子卡硬件描述

子卡是i.MX RT工业驱动开发平台的核心硬件组件，因为它提供了可以控制整个系统的应用处理器。子卡基于单个**i.MX RT1176跨界MCU**，该MCU能够同时控制多达四个电机。i.MX RT1176跨界MCU是i.MX RT117x产品系列的一部分，具有以下特性：

- 工作频率为800MHz（在工业级应用中）的Arm Cortex-M7内核，32kB的L1指令缓存和32kB的L1数据缓存
- 工作频率为400MHz的高能效Arm Cortex-M4内核，16kB的指令缓存、16kB的数据缓存和256kB的TCM
- 4个Flex PWM接口
- 4个四通道（Quad）定时器
- 6个通用可编程定时器模块
- 2个周期性中断定时器模块
- 4个正交解码器
- 4个看门狗模块
- 4个模拟比较器
- 2个12位ADC，支持差分 and 单端输入
- 结温范围为-40°C至105°C

i.MX RT1170跨界MCU还提供多种外部存储器接口，包括SDRAM、SLC NAND FLASH、NOR/NAND FLASH、SD/eMMC和具有XIP功能的QUAD/OCTAL/HYPERBUS SPI。它还包括用于连接外设的多种其他接口，如WLAN、以太网TSN、蓝牙™、GPS、摄像头传感器，以及丰富的多媒体功能，包括MIPI CSI/DSI接口、LCD显示屏、图形加速器、SPDIF和I2S音频接口。请访问[i.MX RT1170产品网站](#)，了解有关i.MX RT1170跨界MCU的更多详细信息。

子卡包括一个**SODIMM 200**连接器（*边缘连接器*），i.MX RT1170跨界MCU的通信和外设接口都连接到该连接器。为了便于开发电机控制应用，该边缘连接器的设计将模拟信号、电机控制信号（PWM、ENC、FAULT）及其他通信信号（以太网、CAN、LCD等）隔离开。此外，它还将高速数字信号（ENET、MIPI、USB）与低速数字信号（电机控制信号线PWM、ENC等）分开。

本节描述子卡提供的主要硬件组件和接口。关于板子及其硬件配置的更详细描述请参阅[子卡硬件设计文件](#)。

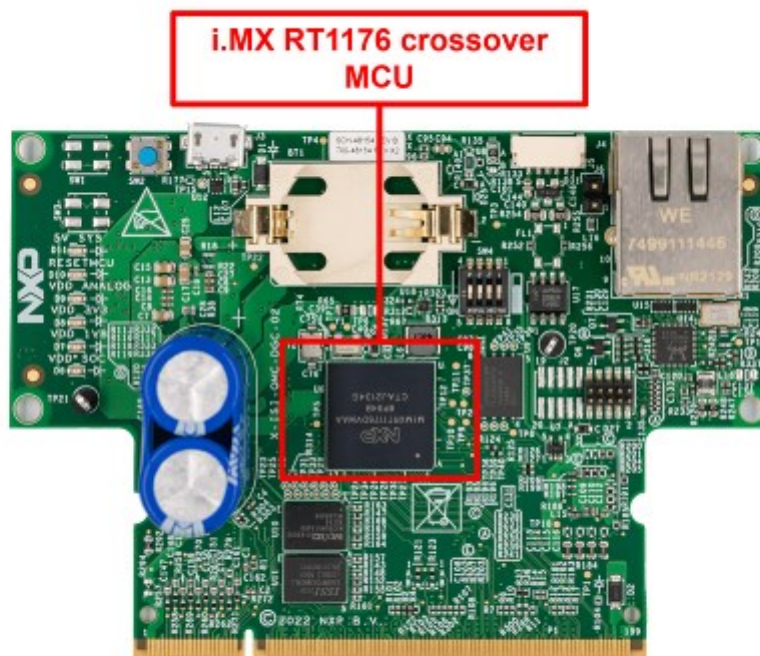


图2. 子卡的i.MX RT1176 MCU

2.1 电源和电源管理单元

独立运行时，子卡的5V电源通过**微型USB连接器**提供，或者更常见的是，当子卡连接到数字板时，通过**边缘连接器**供电（有关如何为数字板供电的更多详细信息，请参阅[第3.1节](#)）。专为高性能工业应用设计的**恩智浦PF5020 PMIC**用于管理和重新分配子卡上的电源。

为了给子卡提供备用电源（大约10秒），板上集成了一个**超级电容 (superCAP)**。例如，当主电源断电时，该超级电容允许MCU将所有必需的关键数据备份到外部闪存中。

最后，使用**纽扣电池 (CR 2032)**为i.MX RT1176 MCU的SNVS_LP（低功耗）供电，用于RTC备份。必须在接通主电源并且超级电容完全放电之前将该电池装入子卡的BT纽扣电池仓中。

[图3](#)展示了微型USB连接器、超级电容、纽扣电池仓和边缘连接器。

注：微型USB连接器还可用于串行下载模式，允许用户无需调试接口即可下载（可启动）应用程序镜像。

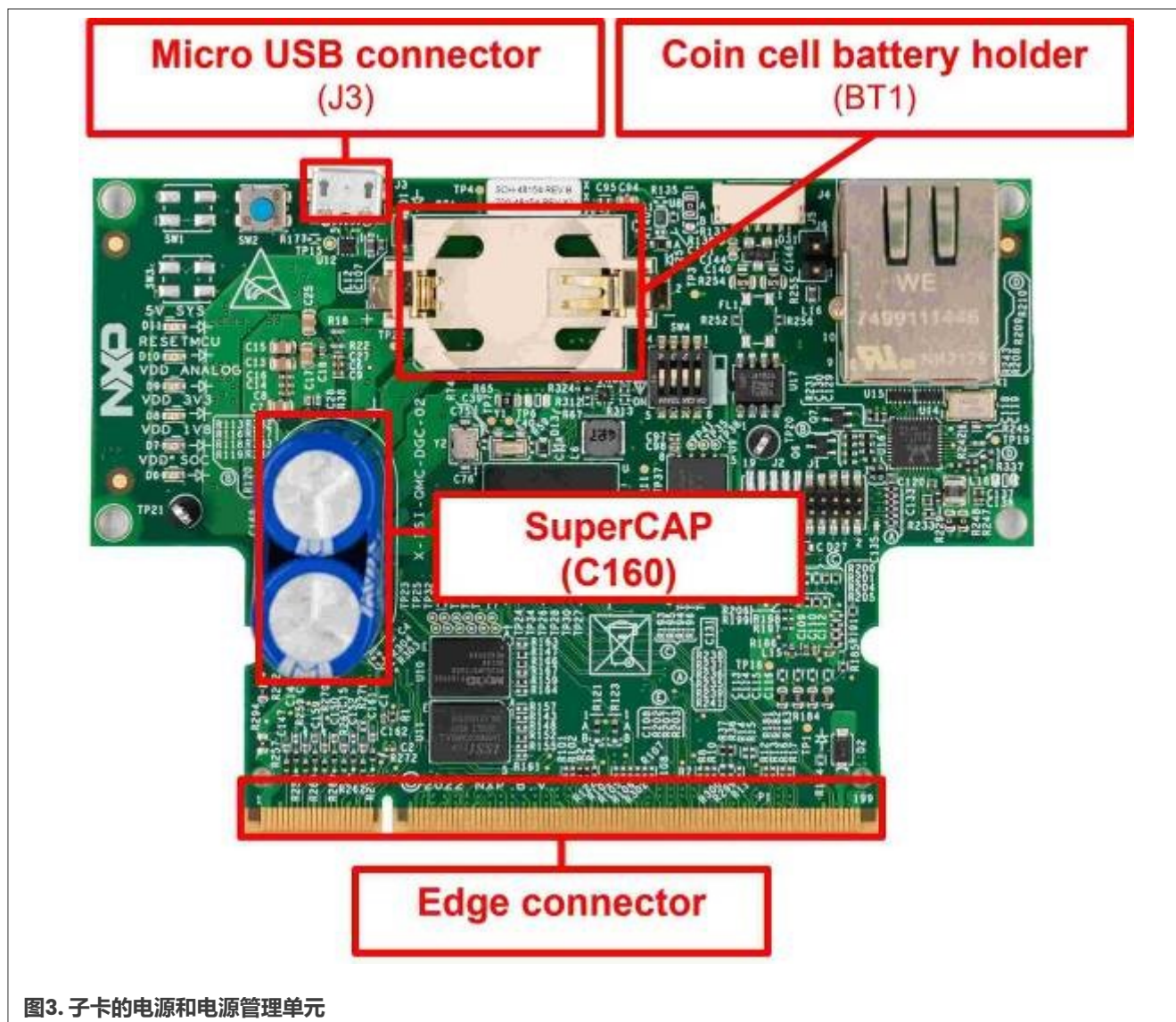


图3. 子卡的电源和电源管理单元

2.2 LED状态指示灯

子卡上有6个LED：5个用于显示恩智浦PF5020 PMIC报告的不同板电源域的状态（D6、D7、D8、D9、D11），1个用于指示上电复位（D10）：

- **LED D6**：当 RT1170 SoC 正确供电（1.1V）时变绿。
- **LED D7**：当板子的通用 1.8V 电源正确识别时变绿。
- **LED D8**：当板子的通用 3.3V 电源正确识别时变绿。
- **LED D9**：当 1.8V 输出 LDO 处于活动状态时变绿。它代表模拟电源。
- **LED D10**：当子卡上电复位时变红。
- **LED D11**：当子卡通过 5V 板载电源正确供电时变绿。

图4展示了LED状态指示灯的位置。



2.3 外部存储器

i.MX RT1176跨界MCU提供多种外部存储器接口，包括SDRAM、SLC NAND FLASH、NOR/NAND FLASH、SD/eMMC、带XIP功能的Quad/Octal SPI以及Hyper RAM/Flash。子卡包括如图5所示的下列外部存储器接口：

- PCB板背面的一个**SD卡插槽**（CON1）。SD卡主要用于存储最新的固件镜像和最近存储的日志数据文件。
- 一个512Mbit的**Octal Flash存储器**（U10）。该存储器默认采用1.8V电源，并使用MCU的FlexSPI1接口，主要用于存储日志数据和配置数据。
- 一个256Mbit的**Octal RAM存储器**（U11）。该存储器默认采用1.8V电源，并使用MCU的FlexSPI1接口，主要用于存储对访问时间不敏感但要求更高的数据（例如：LCD帧缓冲区）。
- 一个256Mbit的**支持XIP的QSPI存储器**（U9）。该存储器默认采用3.3V电源，并使用MCU的FlexSPI2接口。这是主启动设备。

注：Octal Flash和Octal RAM存储器共享同一个FlexSPI接口（FlexSPI1）。器件之间的切换通过片选信号（Octal Flash为SS0，Octal RAM为SS1）来完成。

注：如果默认配置不适合您的使用情况，也可以采用其他引脚兼容的存储器（如HyperRAM/HyperFlash）取代Octal Flash存储器（U10）。更多详细信息请参阅子卡硬件设计文件。

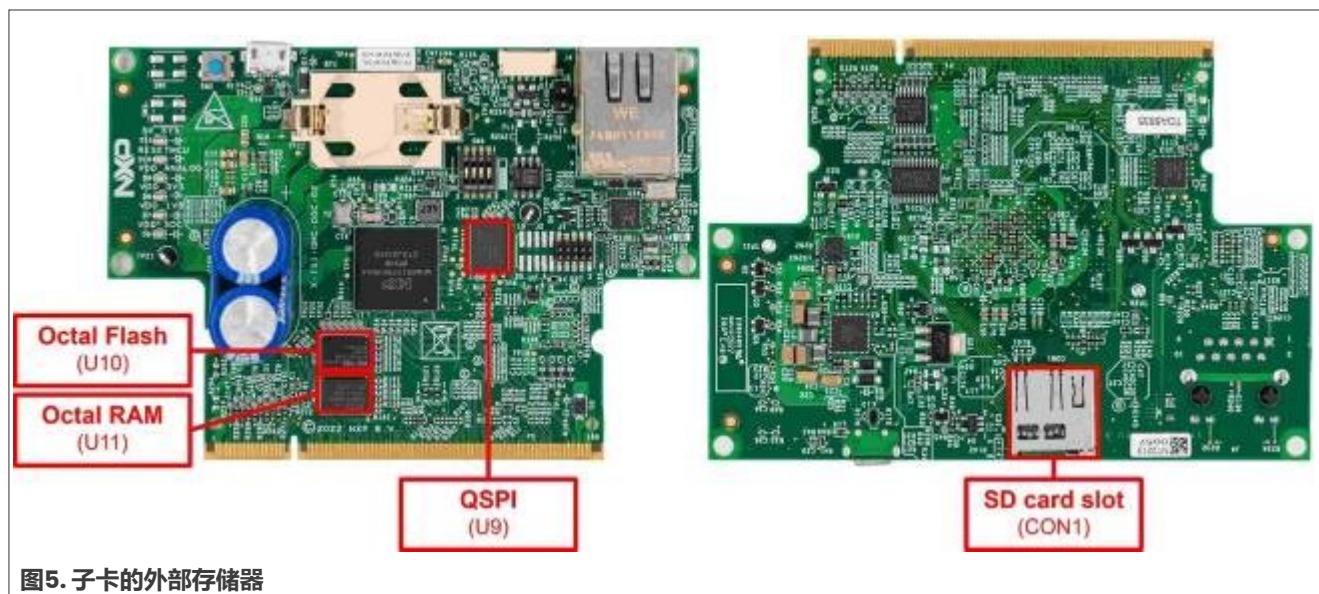


图5. 子卡的外部存储器

2.4 启动模式选择

子卡的启动配置可以通过板上集成的**4位DIP开关** (SW4) 来选择, 如图6所示。

- **启动模式**：有两种启动模式可用：**内部启动模式**和**串行下载模式**。**内部启动模式**让ROM能够直接从启动配置选择的启动设备中执行代码，而**串行下载模式**允许通过串行连接将程序镜像下载到选定的启动设备中。可以通过设置SW4.1和SW4.2开关来选择启动模式，如表2所示。

表2. 启动模式选择

模式	SW4.1	SW4.2
串行下载模式	开	关
内部启动模式	关	开

- **FlexSPI实体选择**：如果设置了内部启动模式，则可以使用SW4.3来选择用于启动的FlexSPI接口 (FlexSPI1或FlexSPI2)，如表3所示。在默认的子卡配置中，FlexSPI1接口连接到Octal Flash存储器，而FlexSPI2接口连接到QSPI存储器。

注：通过配置电阻R121和R124 (从SD卡启动)，可以使用其他启动配置。更多详细信息请参阅子卡硬件设计文件。

注：可以用其他引脚兼容的存储器 (例如HyperRAM/HyperFlash) 替换Octal Flash存储器。在这种情况下，也可以配置为从这些存储器启动。更多详细信息请参阅子卡硬件设计文件 (原理图)。

表3. FlexSPI实例启动选择

模式	SW4.3
Octal Flash (FlexSPI1)	关
QSPI (FlexSPI2)	开

- **启用XIP**：SW4.4开关决定为所选启动配置禁用还是启用加密XIP，如表4所示。

表4. 启用XIP

加密XIP	SW4.4
启用	开
禁用	关

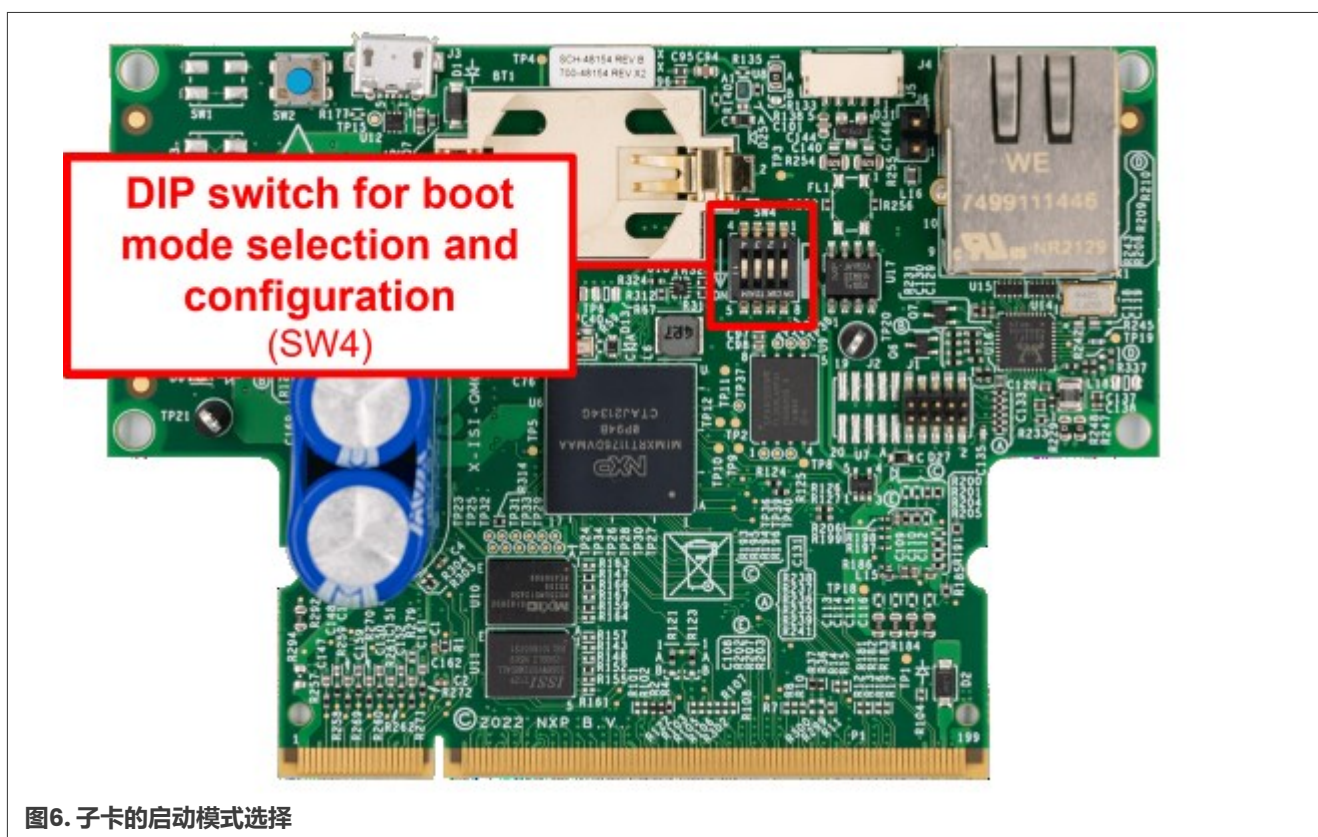


图6. 子卡的启动模式选择

2.5 按钮

子卡默认包含一个板载按钮（SW2），作为**POR（上电复位）**按钮。按下该按钮，就可以通过恩智浦PF5020 PMIC对所有子卡板上的组件进行有控制的复位。

注：POR按钮也可以连接到MCU的POR_B信号，从而仅在MCU侧而不是通过PF5020在整个板上启动上电复位序列。

板上还可以添加另外两个按钮（默认情况下未安装）：

- SW1按钮是**开/关按钮**，用于开启或关闭子卡。
- SW3按钮是**唤醒按钮**。当MCU处于SNVS模式时，按下该按钮将唤醒MCU。这个按钮连接到SNVS GPIO，因此可以在软件中重新配置，在SNVS模式下用作用户按钮。

图7展示了SW2按钮和可选的SW1及SW3按钮的位置。



2.6 TSN以太网和CAN接口

子卡提供一个**支持TSN的千兆以太网接口**，可以通过板载**RJ45以太网连接器 (J4)** 接入。该接口主要用于实现TSN功能。RJ45以太网连接器有两个LED状态指示灯，用于显示以太网链路是否活跃。i.MX RT1170 MCU支持的另一个以太网接口 (100 Mbit以太网接口) 通过子卡的边缘连接器连接到数字板。

子卡还提供一个由恩智浦**TJA1152AT**收发器 (U17) 使能的**安全高速CAN (HS-CAN) 接口**。该接口可以通过集成的**5脚开放式连接器 (J5)** 接入。

图8展示了子卡上的RJ45以太网连接器、HS-CAN收发器和HS-CAN 5脚开放式连接器。

注：最终的应用程序不使用CAN接口，因此也不在FCC/CE认证范围内。

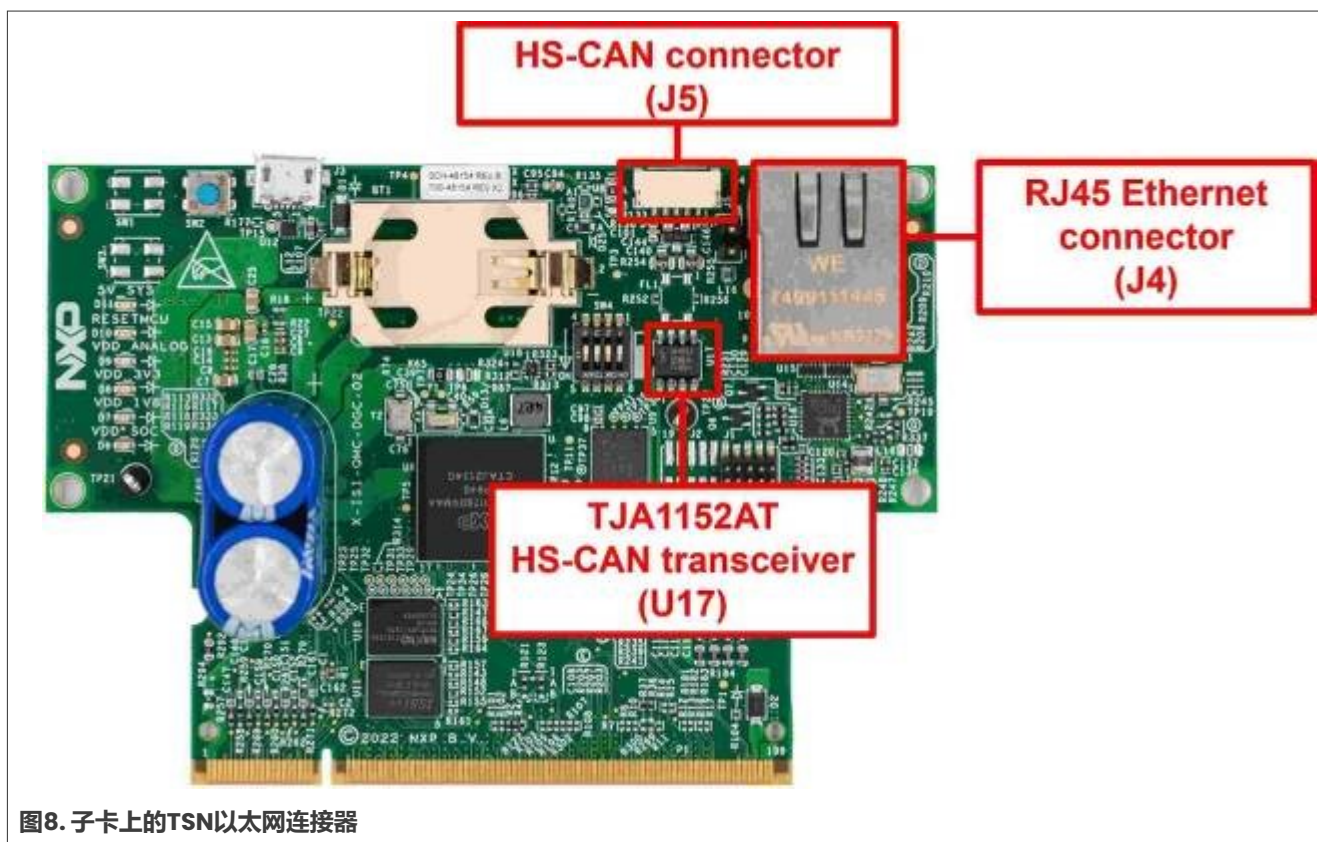


图8. 子卡上的TSN以太网连接器

2.7 调试接口

子卡提供以下软件调试接口：

- **SWD**：该接口通过J1 10脚连接器提供。这是子卡的默认调试接口。
- **JTAG（无跟踪功能）**：该接口默认不可用，因为未连接JTAG_TDI和JTAG_TDO信号。要激活JTAG，请在R89、R91上焊接0欧姆电阻。然后就可以使用J1 10脚连接器访问JTAG功能。
- **JTAG（带跟踪功能）**：该接口默认不可用。JTAG跟踪功能要求用户在SWD连接器（J2）旁边的空间内焊接一个额外的10脚连接器。此外，还需要在R89、R91、R103、R105、R107、R108、R110、R112上焊接0欧姆电阻以连接所需的JTAG信号。

注：焊接R89、R91、R103、R105、R107、R108、R110、R112电阻将替换一些信号，如图10所示。在焊接电阻之前，请确保不需要这些信号。

图9展示了子卡SWD/JTAG连接器的位置以及激活JTAG信号所需的电阻的位置。

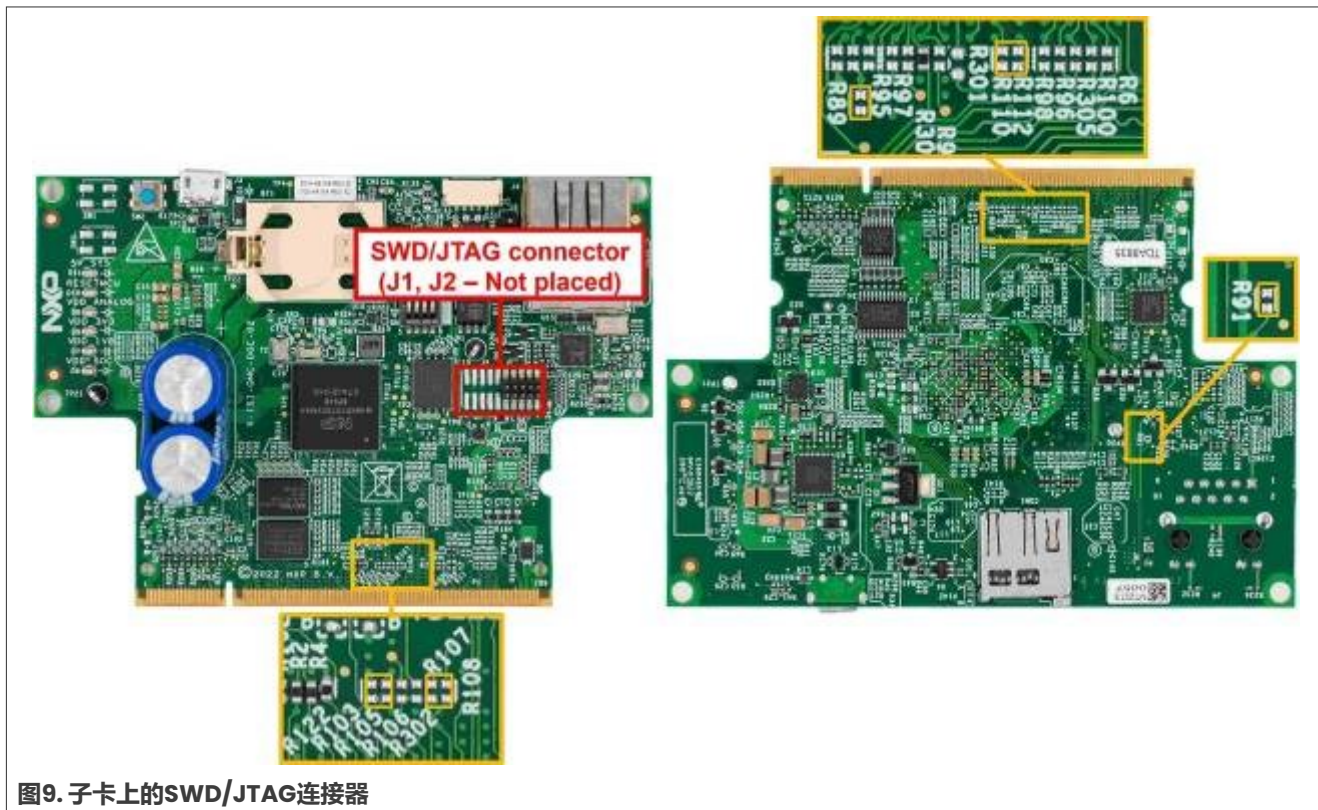


图9. 子卡上的SWD/JTAG连接器

SPI_CS_SEL1_I2C6_SCL_SWO	R89	DNP0	JTAG_TDO	JTAG_TDO
ENET_QOS_PHY_RST_B	R91	DNP0	JTAG_TDI	
DIG_OUT_2_BOOT_CFG8	R103	DNP0	JTAG_TRACE_D0	JTAG_TRACE_D0
DIG_OUT_3_BOOT_CFG9	R105	DNP0	JTAG_TRACE_D1	JTAG_TRACE_D1
USER_LED1_BOOT_CFG10	R107	DNP0	JTAG_TRACE_D2	JTAG_TRACE_D2
USER_LED2_BOOT_CFG11	R108	DNP0	JTAG_TRACE_D3	JTAG_TRACE_D3
USER_LED3	R110	DNP0	JTAG_TRACE_CLK	JTAG_TRACE_CLK
USER_LED4	R112	DNP0	JTAG_TRACE_SWO	JTAG_TRACE_SWO

图10. JTAG共享信号

2.8 边缘连接器

子卡包括一个**边缘连接器**，用于将子卡插入数字板。通过这个边缘连接器，就可以将i.MX RT1176跨界MCU的接口和外设连接到数字板。该连接器的设计将模拟信号、电机控制信号和其他通信信号（以太网、CAN、LCD等）隔离开来。[图11](#)展示了子卡PCB板上边缘连接器的位置和连接到这里的主要信号。

注：请参阅子卡硬件设计文件，了解哪些信号被连接到边缘连接器引脚。

注：在i.MX RT工业驱动开发平台演示应用中，FlexIO模拟的SPI主设备的频率为2MHz。如果为FlexIO模拟的SPI主设备设置更高的频率，建议不要超过2MHz。请记住，如果超过5MHz，将无法与GD3000正常通信。[表5](#)列出了受影响的引脚。

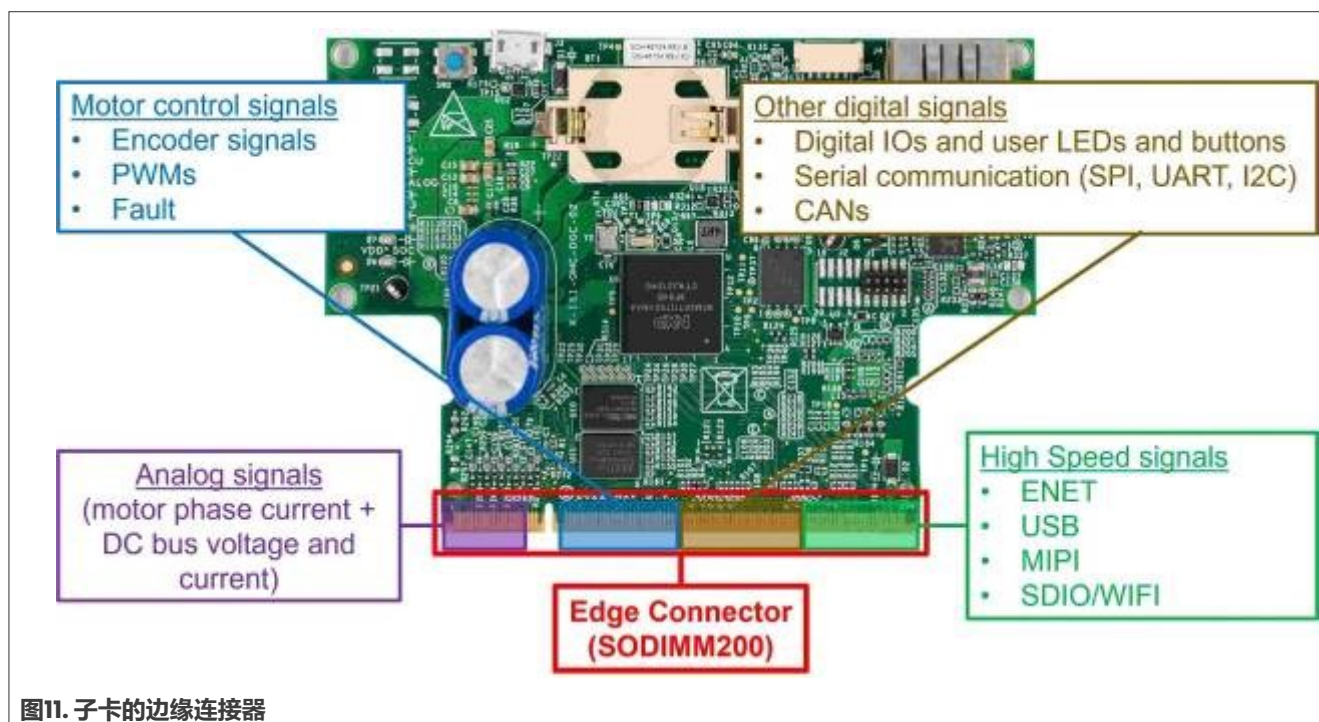


图11. 子卡的边缘连接器

表5. FlexIO模拟的SPI主设备 - 受影响的引脚

SPI接口	引脚
SPI1	SPI1_SCK_FXIO1_D15 SPI1_CS_FXIO1_D16 SPI1_MISO_FXIO1_D17 SPI1_MOSI_FXIO1_D18
SPI2	SPI2_SCK_FXIO1_D19 SPI2_CS_FXIO1_D20 SPI2_MISO_FXIO1_D21 SPI2_MOSI_FXIO1_D22
SPI3	SPI3_SCK_FXIO2_D04 SPI3_CS_FXIO2_D05 SPI3_MISO_FXIO2_D26 SPI3_MOSI_FXIO2_D27
SPI4	SPI4_SCK_FXIO2_D28 SPI4_CS_FXIO2_D29 SPI4_MISO_FXIO2_D30 SPI4_MOSI_FXIO2_D31

3 数字板硬件描述

数字板是一个设计为用于扩展子卡接口的平台，它为灵活性、模块化和易用性进行了优化。数字板提供一个**SODIMM 200插槽**，用于连接子卡，例如本文档中描述的基于i.MX RT1176跨界MCU的子卡。

数字板集成了多个通信接口（例如CAN、以太网、RS-485）、安全硬件（EdgeLock SE05x）、模拟和数字I/O接口以及丰富的用户接口（例如LCD连接器、用户按钮、LED）。数字板还包括通过[功率平台板](#)驱动4个电机或通过[FRDM-MC](#)板驱动2个电机所需的连接器。

本章描述了数字板提供的主要硬件组件和接口。关于板子及其硬件配置的更详细描述请参阅[数字板硬件设计文件](#)。

3.1 电源和电源管理单元

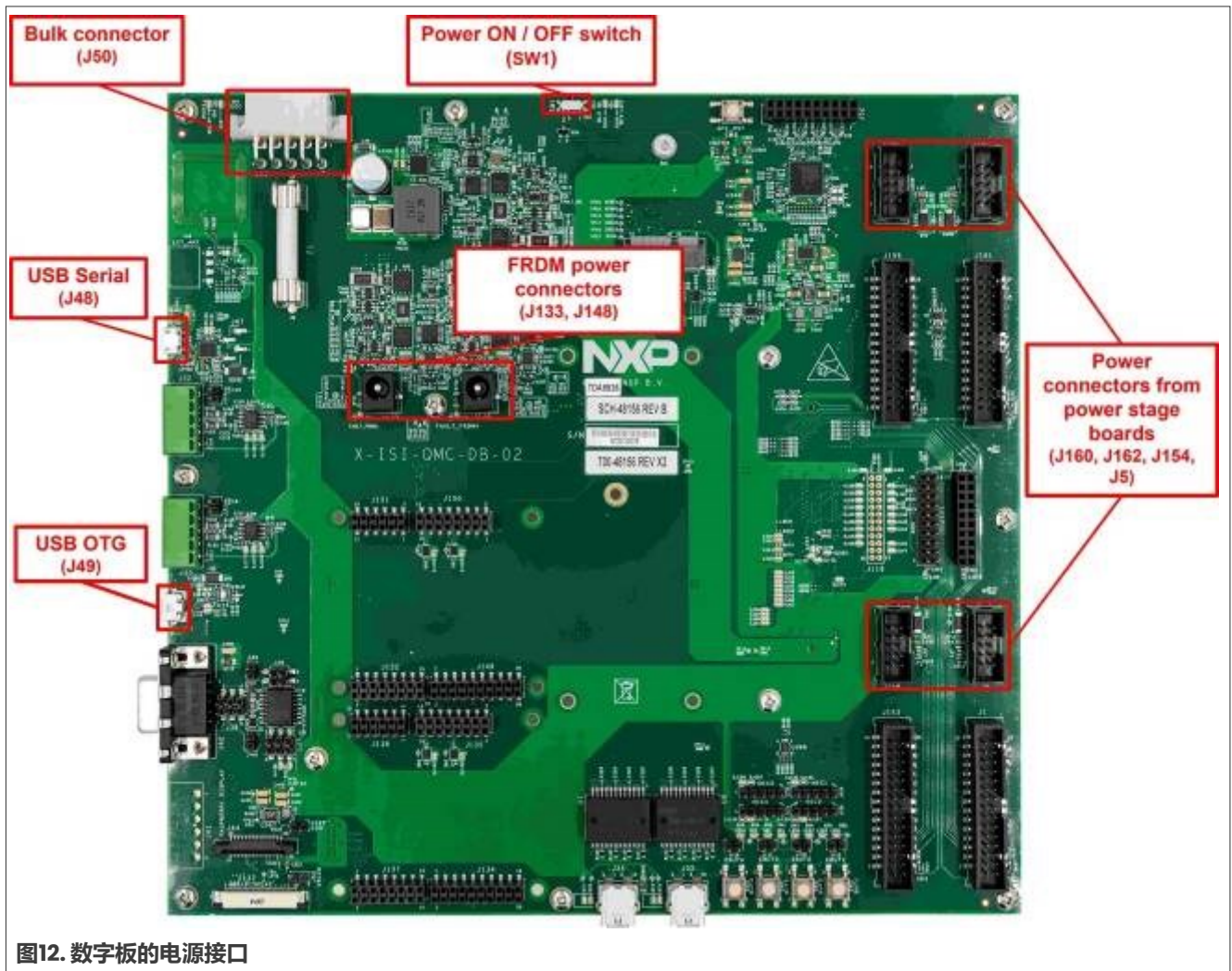
数字板必须通过5V电源供电。电源开关（SW1）用于开关电源。数字板可通过以下方式之一供电：

- 如果使用了一个或多个功率平台板，则主电源应来自功率平台板。为此，可以使用J160、J162、J154、J5中的任一连接器。有关更多详细信息，请参阅[第4.1节](#)。

注：应确保至少有一个电源连接器连接到功率平台板。

- 如果使用FRDM-MC-LVPMSM板而不是功率平台板，则数字板必须通过大容量连接器（J50）供电，而FRDM-MC-LVPMSM板必须通过数字板上的各自的大容量连接器（J133 - FRDM1，J148 - FRDM4）供电。将FRDM-MC-LVPMSM板连接到数字板所需的线缆包含在i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中。
- 如果数字板未连接到功率平台板或FRDM-MC-LVPMSM板，您可以使用大容量连接器（J50）或两个微型USB连接器（J48、J49）中的一个为数字板供电。

所有板载电源（PF5020 PMIC的输出）都基于来自MCU的延迟反转信号PERI_PWR_ENABLE的开启。该信号由子卡生成。



3.2 子卡连接器 (SO-DIMM 200)

数字板带有一个**SO-DIMM 200连接器**，子卡通过该连接器连接到数字板。通过这个SO-DIMM 200连接器，来自子卡的信号被连接到数字板，反之亦然。请参阅**数字板硬件设计文件**，查看通过边缘连接器路由的信号完整列表。

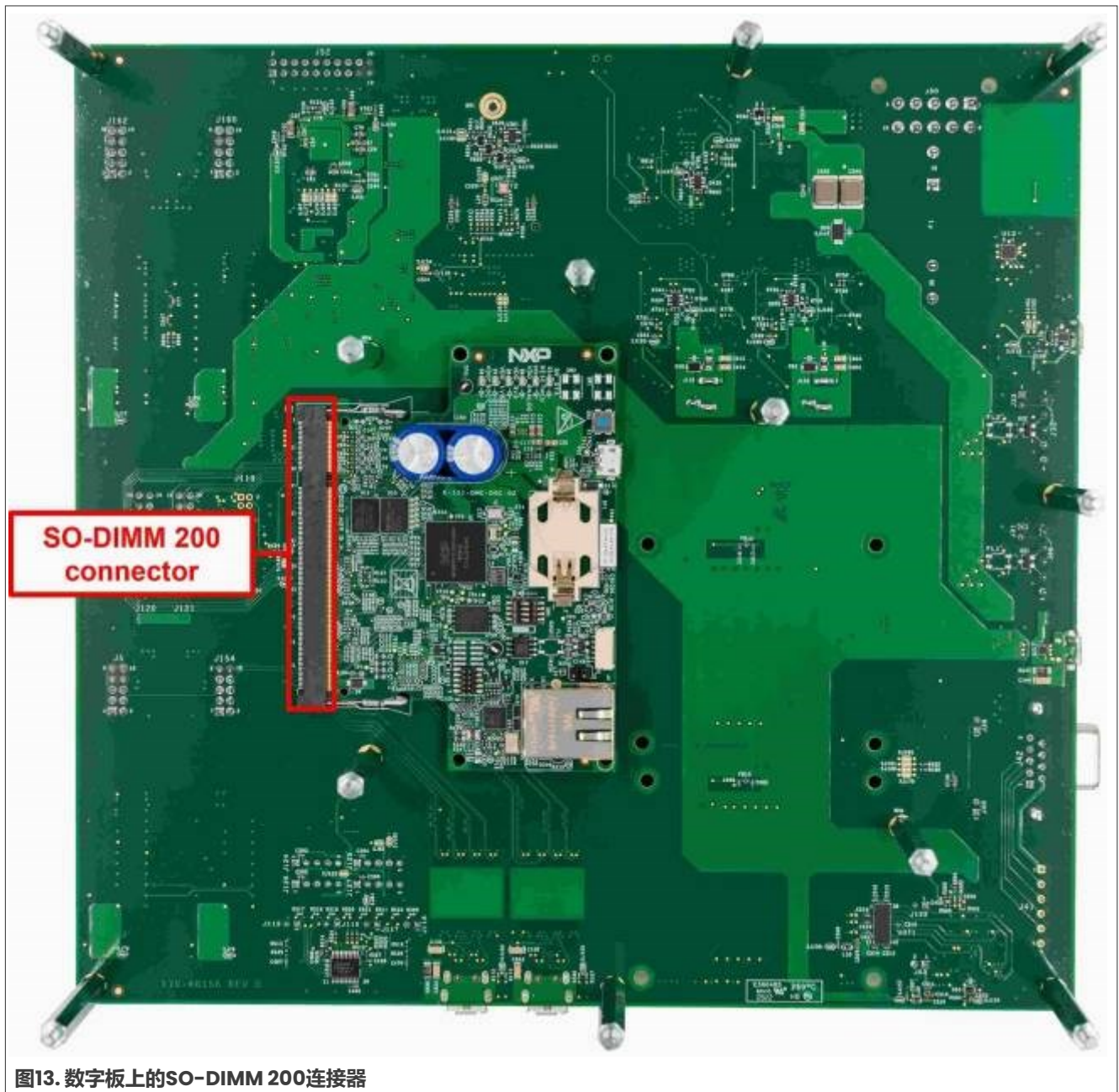


图13. 数字板上的SO-DIMM 200连接器

3.3 数字板与功率平台板之间的互连

数字板上的四个30脚排针连接器（*J159-电机4*、*J153-电机1*、*J161-电机2*、*J1-电机3*）可连接多至四个功率平台板。每个30脚排针连接器提供来自所连接的电机器件的三相电机电流、直流母线电压、直流母线电流和故障信号。该连接器还包括用于电机速度和位置传感器控制（PWM、编码器、故障信号）及SPI信号的接口。

[图14](#)展示了数字板PCB上四个30脚排针连接器的位置以及每个引脚上提供的信号的概述。

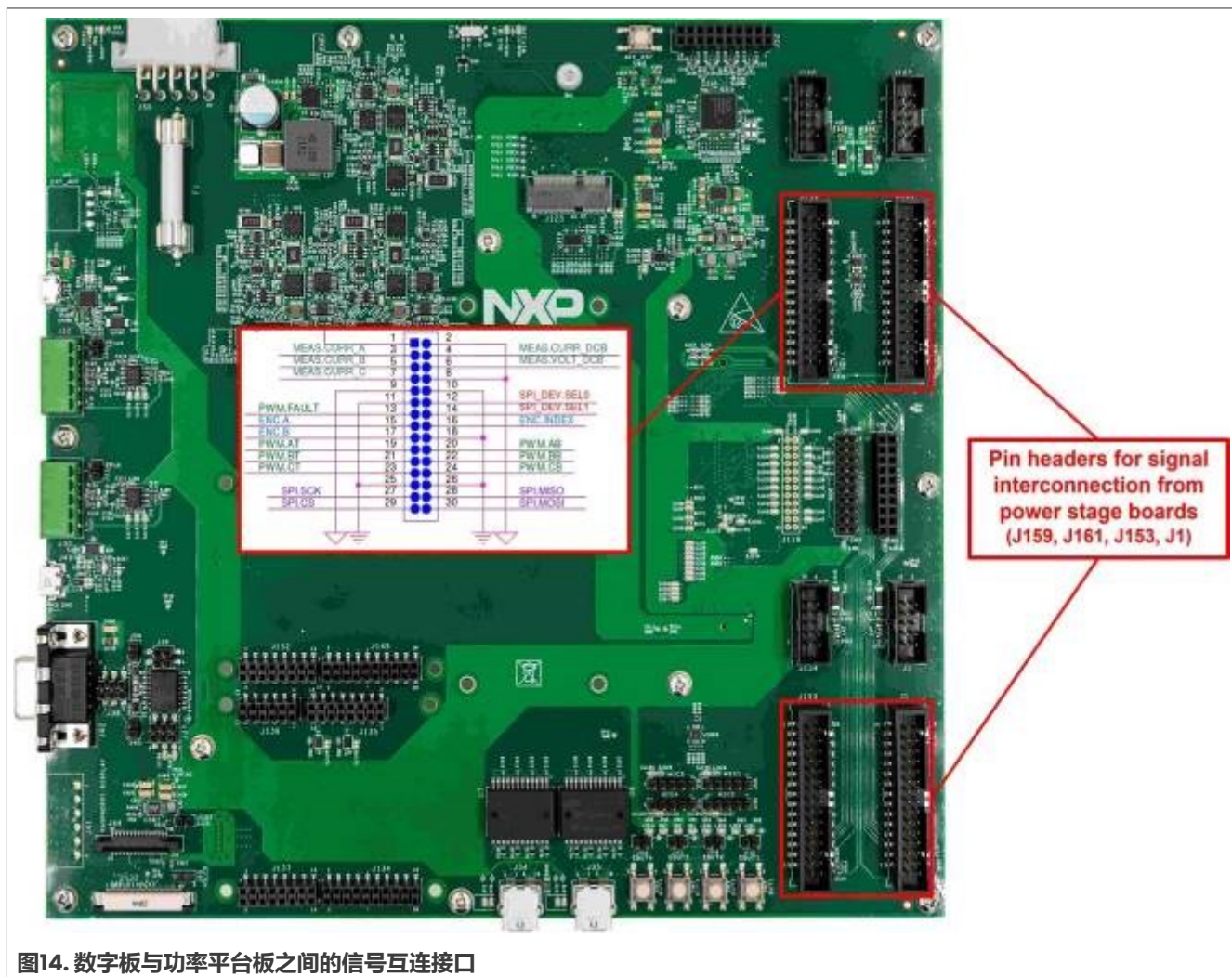


图14. 数字板与功率平台板之间的信号互连接口

3.4 USB OTG和USB串行接口

数字板提供两个USB接口，可以通过一对微型USB连接器接入：

- 一个USB转串行接口（J48）。它提供两个LPUART接口（LPUART6，LPUART8）。LPUART6是用于调试目的的主要串行接口，而LPUART8是备用选项（例如，用于额外的调试）。这个USB接口还提供一个额外的UART，用于串行下载（SER_DOWNLOAD），可以通过短接SJ160和SJ161来启用。可以焊接J47插头以引出LPUART6的RX和TX信号。这个USB连接器是Type B连接器。
- 一个具有OTG功能的USB接口（J49）。默认情况下，OTG功能被禁用，必须按照表7的描述启用。这个USB连接器是Type AB连接器。

这两个USB接口也可以用来为数字板供电（见第3.1节）。图15展示了这两个USB连接器的位置。

表6. 在J48 USB接口上激活串行下载UART

元件	位置	描述
SJ160	短接	启用SER_DOWNLOAD.RXD
SJ161	短接	启用SER_DOWNLOAD.TXD

表7. 在J49 USB接口上激活USB OTG

元件	位置	描述
SJ170	短接	启用OTG_DM
SJ171	短接	启用OTG_DP

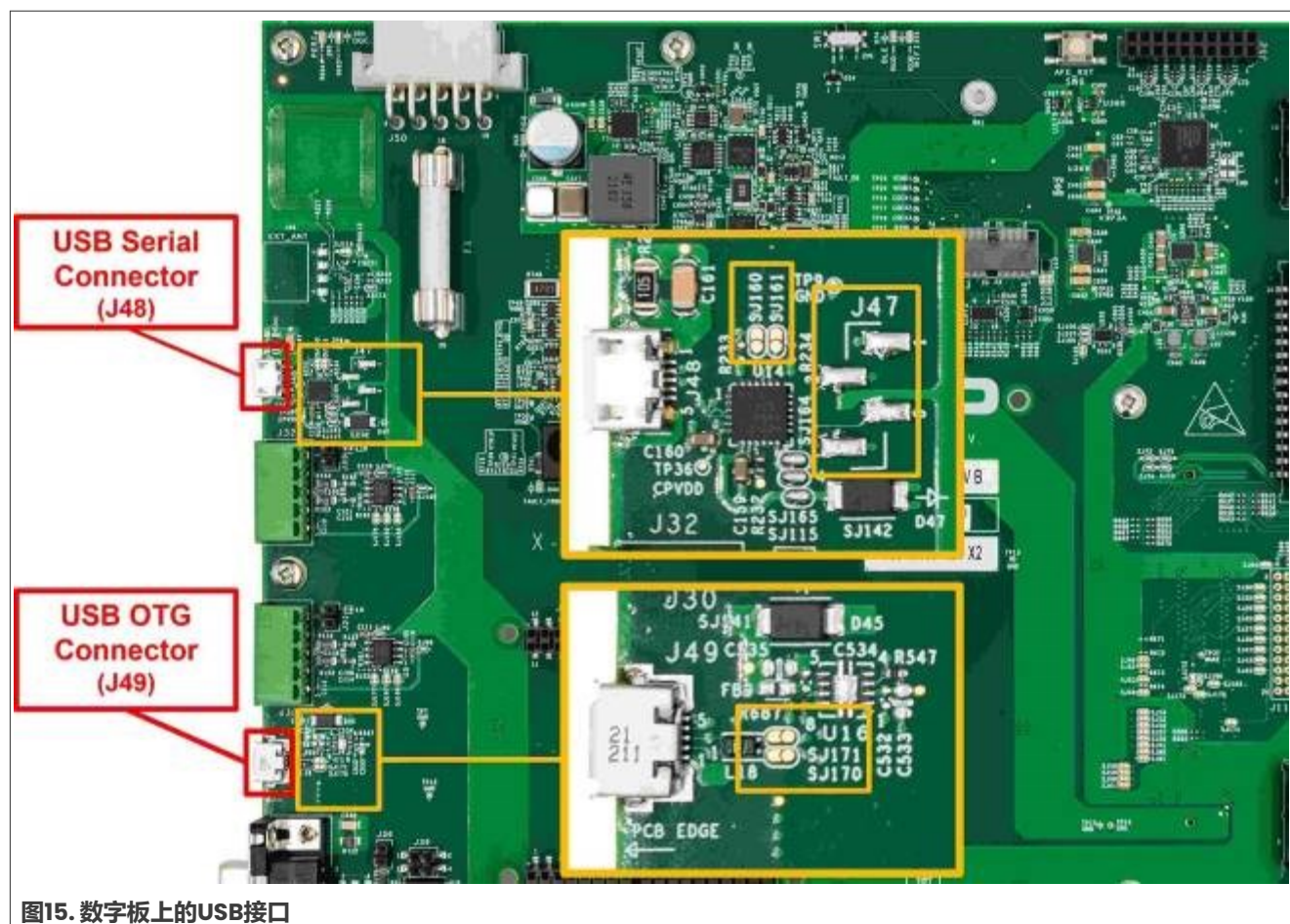


图15. 数字板上的USB接口

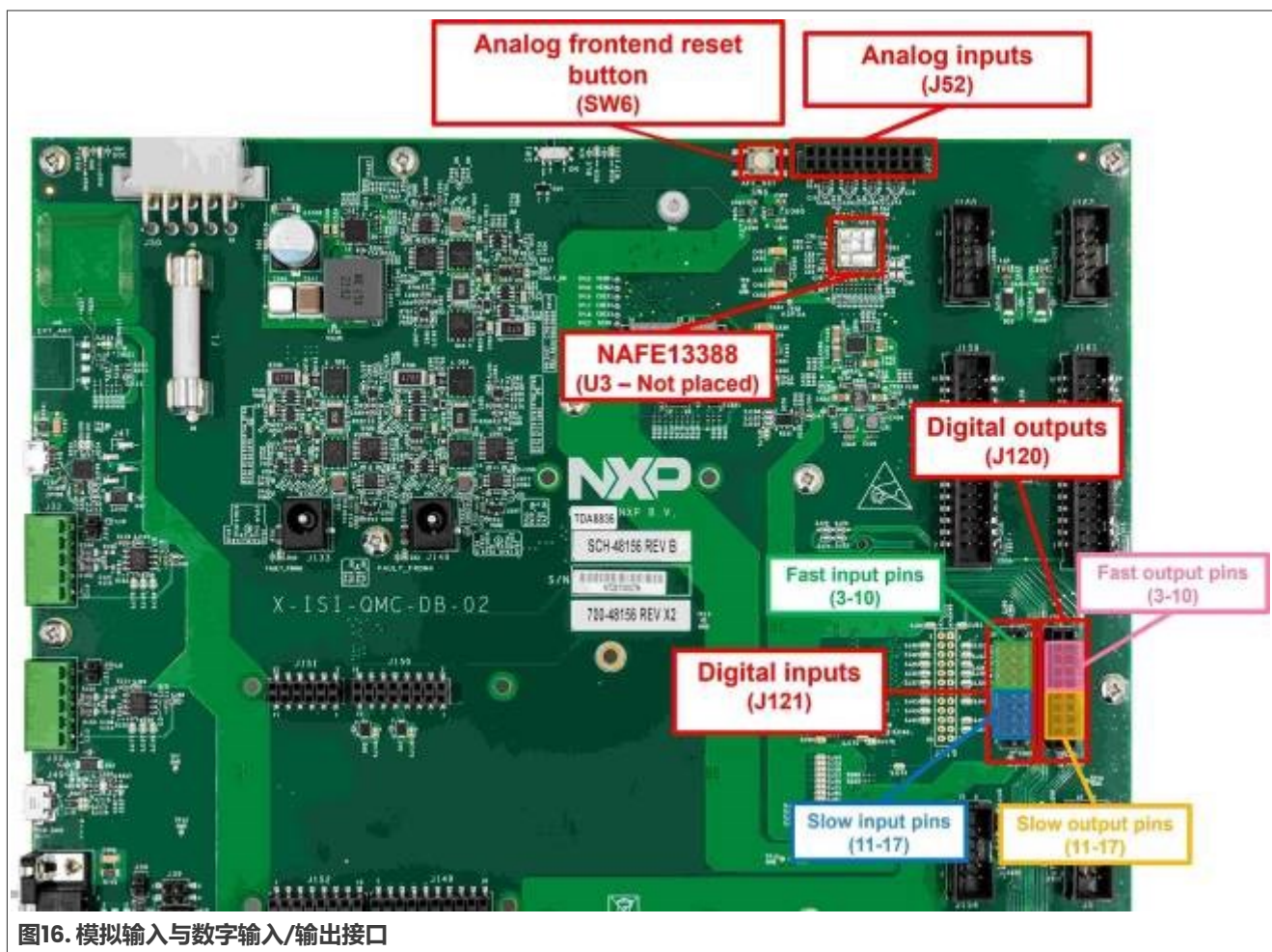
3.5 模拟输入与数字输入/输出

数字板通过J52母头连接器支持**8路模拟单端输入**（或4路差分输入）。模拟信号由板载模拟前端芯片（NAFE13388）处理。SW6按钮可用于复位模拟前端。

注：默认情况下未安装NAFE13388。在使用模拟输入之前，必须将模拟前端芯片焊接到板上。

数字板还分别通过J121母头连接器和J120公头连接器支持**多达8路数字输入**和**多达8路数字输出**。两个连接器都支持多达4路连接到MCU GPIO的快速输入/输出和多达4路连接到MCU SNVS GPIO的慢速输入/输出。

图16展示了模拟和数字接口及连接器。



3.6 以太网接口

数字板提供两个以太网接口，可以通过工业IX Type-B以太网连接器（J34，J35）接入。此外还为每个接口提供两个LED状态指示灯（J34连接器为D70和D71，J35连接器为D72和D73）。i.MX RT工业驱动开发平台的硬件包括两根连到RJ45的IX型以太网线。

注：尽管以太网信号被连接到SODIMM连接器；但在当前阶段，它们并未连接到i.MX RT1176 MCU。然而，通过在子卡中正确地配置0欧电阻，可以使用J34连接器来接入10/100Mbit以太网接口。更多详细信息请参阅子卡硬件设计文件。另外请记住，这将影响平台的其他功能。

图17展示了数字板上以太网连接器的位置。

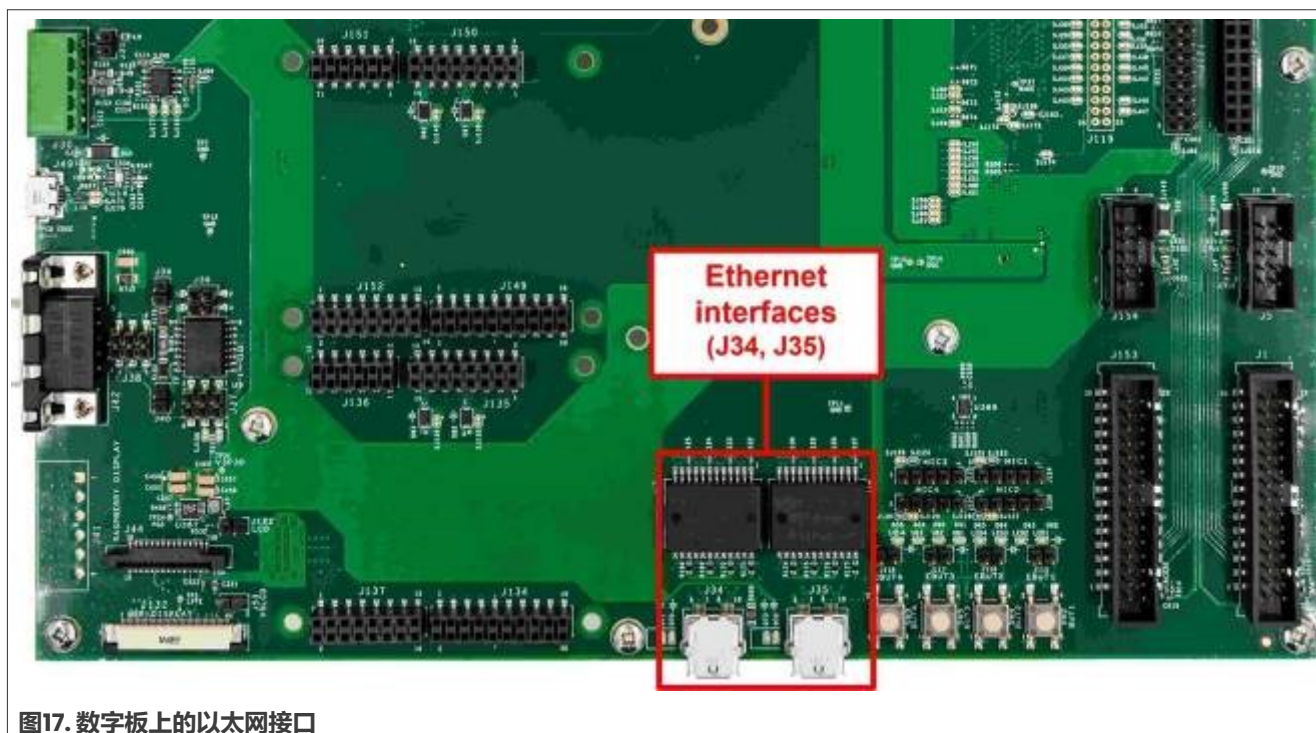


图17. 数字板上的以太网接口

3.7 RS-485接口

数字板采用DB9连接器 (J42) 集成了一个**RS-485工业接口**，用于需要RS-485接口的协议，如MODBUS或PROFIBUS。RS-485接口依赖于数字板上集成的ADM2484 RS-485收发器。

数字板还提供跳线来配置接口的电源和通信模式（半双工或全双工）：

- J37和J39跳线用于定义ADM2484 RS-485收发器的电源设置。
- J38跳线用于将RS-485接口设置为半双工或全双工通信模式。

[表8](#)列出了为ADM2484设置不同电源选项的J37和J39跳线配置。同样，[表9](#)列出了将RS-485接口设置为半双工或全双工通信模式的J38跳线配置。

RS-485接口默认是禁用的。要激活该接口，请按照[表10](#)中的描述配置数字板。

[图18](#)展示了RS-485接口及所有相关跳线和连接器的位置。

注：最终应用程序不使用RS-485接口，因此也不在FCC/CE认证范围内。

表8. ADM2484电源设置

电源选项	J37	J39
板载3.3V，非隔离	跳线1：1-2	跳线1：1-2 跳线2：3-4
板载3.3V，非隔离 向连接器提供3.3V电源	跳线1：1-2 跳线2：5-6	跳线1：1-2 跳线2：3-4
板载5V，非隔离	跳线1：3-4	跳线1：1-2

表8. ADM2484电源设置 (续)

电源选项	J37	J39
		跳线2 : 3-4
板载5V, 非隔离 向连接器提供5V电源	跳线1 : 3-4 跳线2 : 5-6	跳线1 : 1-2 跳线2 : 3-4
外部, 隔离	跳线1 : 5-6	跳线1 : 3-4
外部, 非隔离	跳线1 : 5-6	跳线1 : 1-2 跳线2 : 3-4

表9. RS-485半双工/全双工模式配置

模式	J38
半双工	跳线1 : 3-5 跳线2 : 4-6
全双工	跳线1 : 1-3 跳线2 : 2-4

表10. 激活RS-485接口

元件	位置	描述
SJ108	短接	启用至RS-485接口的5V电源
SJ109	短接	启用至RS-485接口的3.3V电源
SJ179	短接	启用RS485.RXD信号
SJ180	短接	启用RS485.RE信号
SJ181	短接	启用RS485.DE信号
SJ182	短接	启用RS485.TXD信号

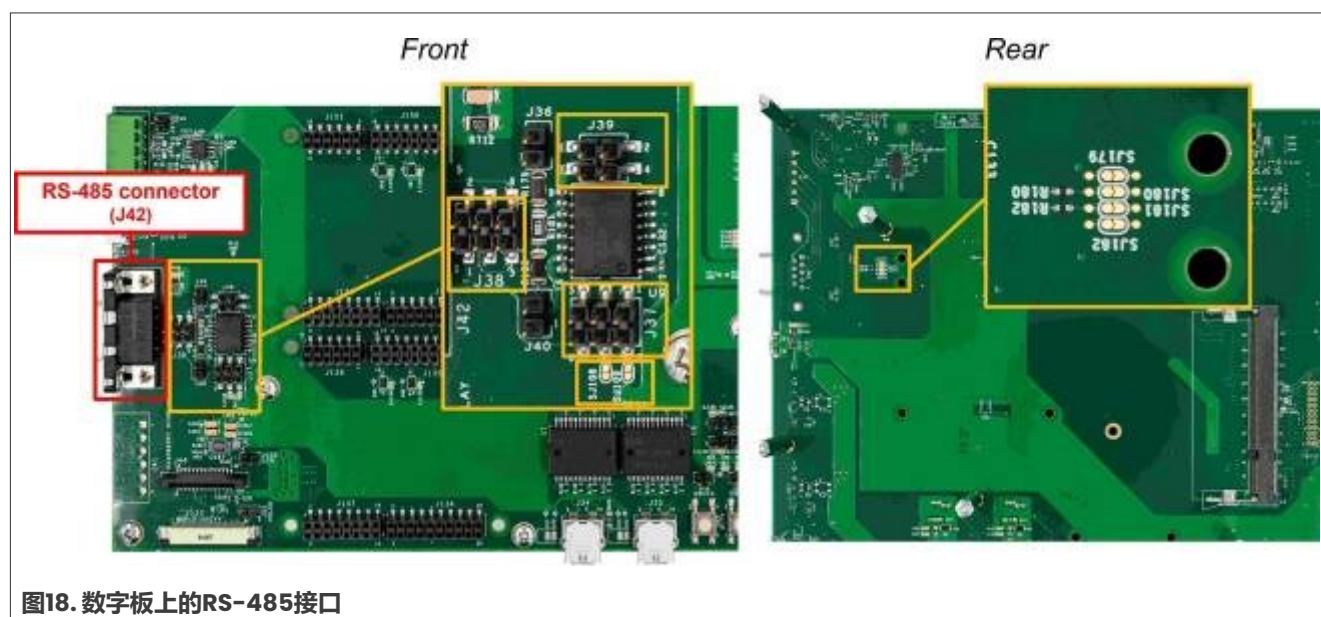


图18. 数字板上的RS-485接口

3.8 CAN接口

CAN是一种旨在允许微控制器和器件在没有主机计算机的情况下其应用相互通信的健壮型车辆总线标准。数字板集成了两个带5脚开放式连接器 (J30 , J32) 的工业CAN接口，如第3.8节所述。CAN收发器是支持高速CAN和CAN FD的TJA1462AT。

默认情况下，两个CAN接口都是禁用的。要启用CAN接口，请按照表11中的描述配置数字板。

注：最终应用程序不使用CAN接口，因此也不在FCC/CE认证范围内。

表11. 激活数字板的CAN接口

元件	位置	说明
SJ166	短接	启用CAN 2的CAN.TX (J30)
SJ167	短接	启用CAN 2的CAN.RX (J30)
SJ177	短接	启用CAN 2的CAN.STBY (J30)
SJ168	短接	启用CAN 3的CAN.TX (J32)
SJ169	短接	启用CAN 3的CAN.RX (J32)
SJ178	短接	启用CAN 3的CAN.STBY (J32)

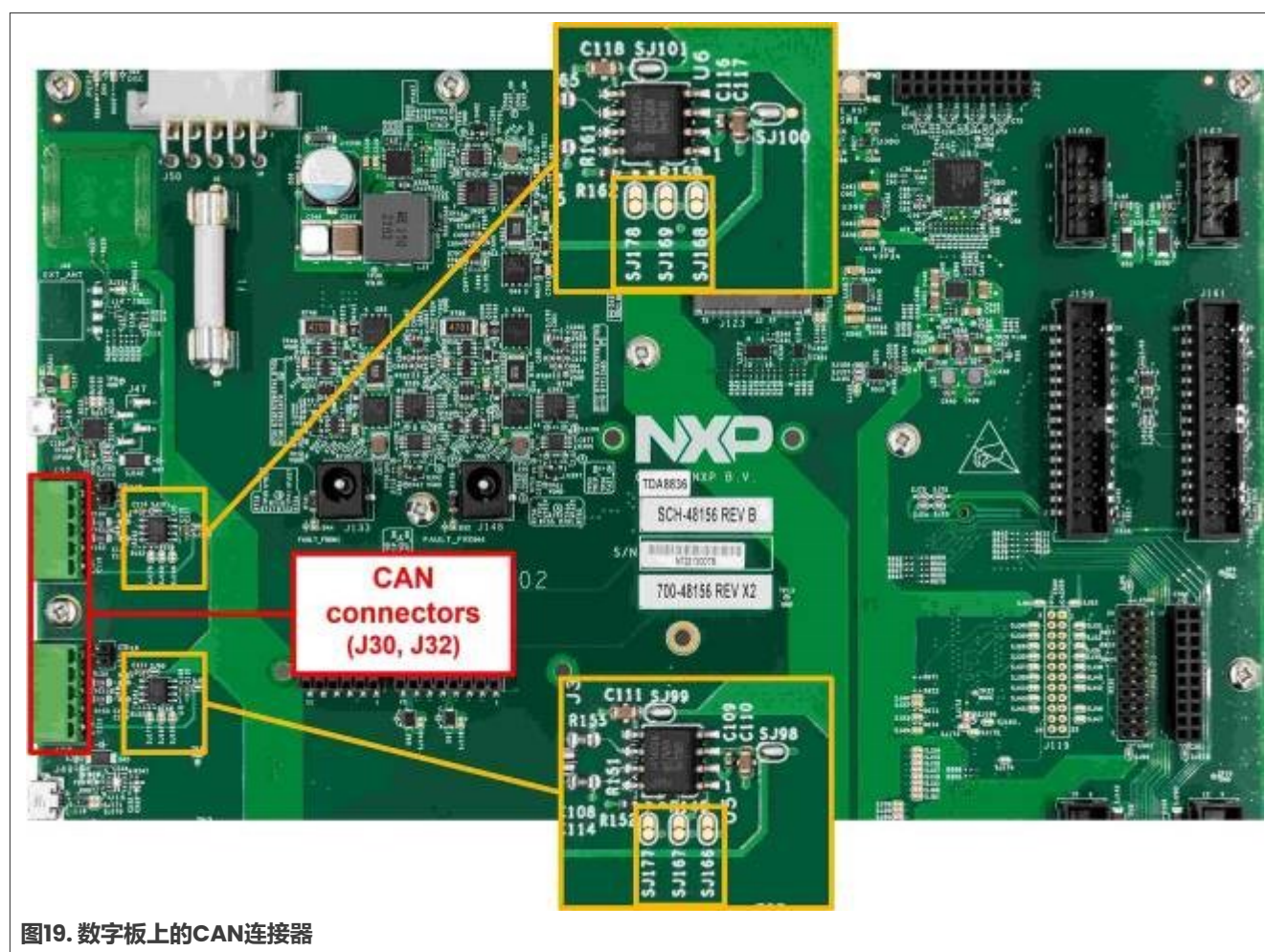


图19. 数字板上的CAN连接器

3.9 无线模块接口

数字板提供一个**M.2连接器 (J123)**，用于插入兼容的蓝牙模块或WiFi模块，如**图20**所示。该接口主要设计用于**Embedded Artists IDX M.2模块**（不包含在i.MX RT工业驱动开发平台硬件包中）。

默认情况下，该无线模块接口是禁用的。要启用它，请按照**表12**所示配置数字板。

注：有两个LED状态指示灯（D74和D75）。D74用于显示低功耗蓝牙连接的状态，而D75用于显示WiFi连接的状态。Embedded Artists IDX模块不支持LED状态显示。

注：默认情况下，某些Wi-Fi/低功耗蓝牙信号不会连接到M.2连接器。要激活这些信号，请确保短接**图21**中显示的组件。请注意，激活这些信号将替换其他信号。在进行任何更改之前，务必查阅数字板硬件设计文件。

表12. 激活无线模块接口

元件	位置	说明
SJ153	短接	启用M.2连接器的3.3V电源
SJ154	短接	启用M.2连接器的1.8V电源

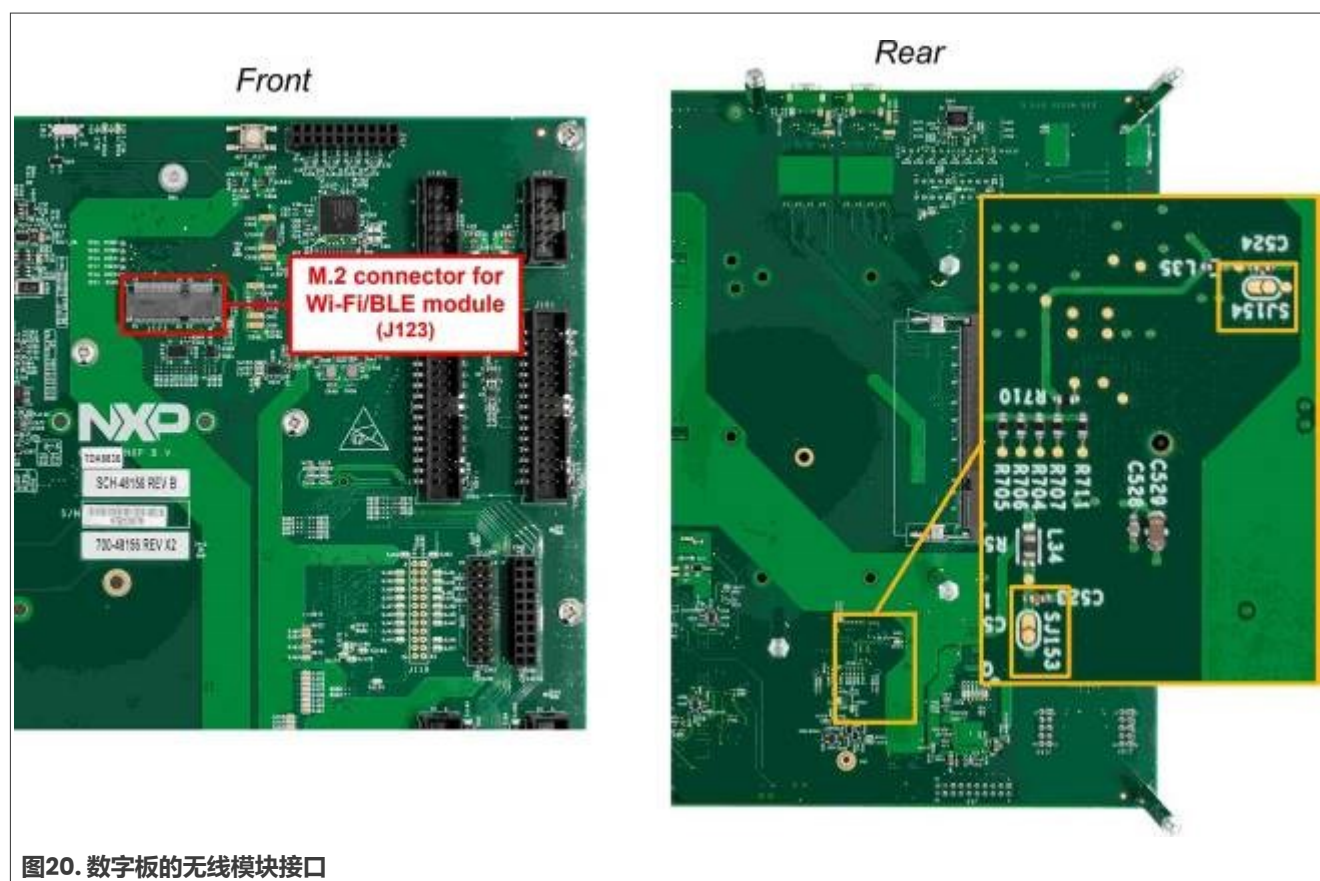


图20. 数字板的无线模块接口

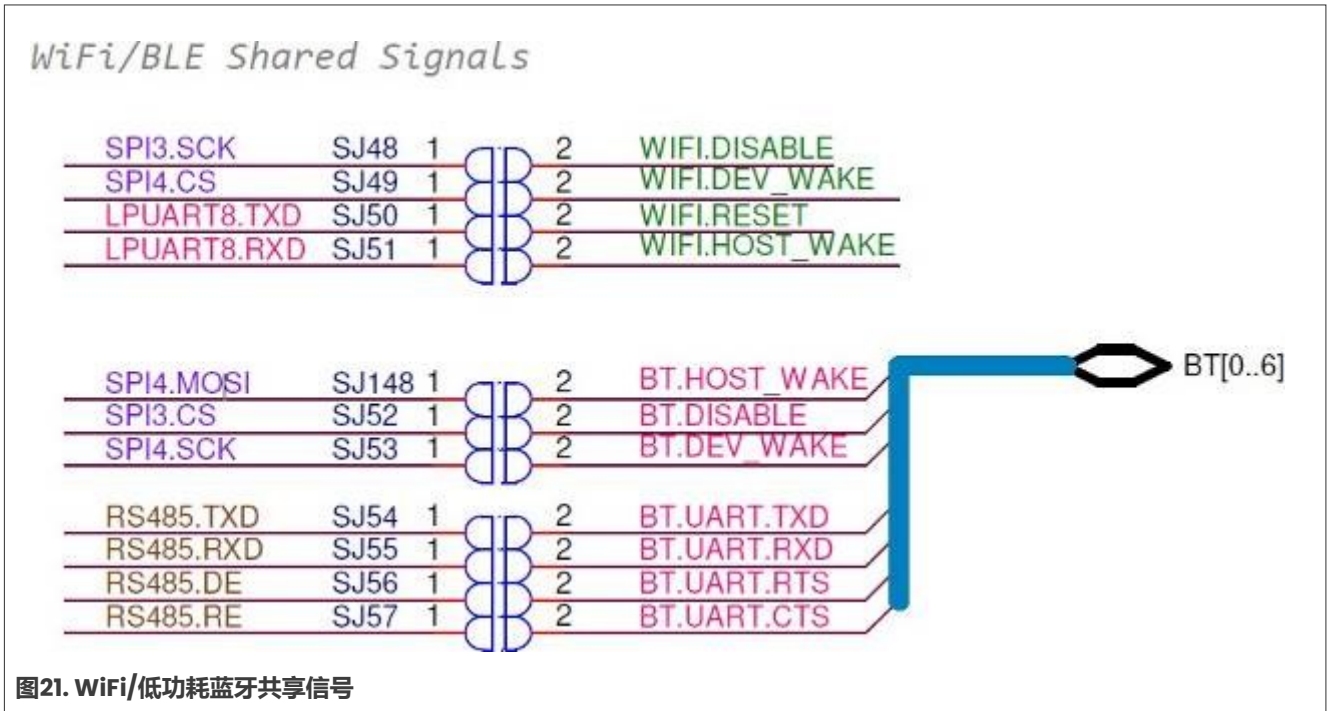


图21. WiFi/低功耗蓝牙共享信号

3.10 FlexIO接口

数字板带有一个**可兼容FlexIO插头**（24引脚，2.54毫米的间距，母头）的**FlexIO接口**。这个FlexIO接口能够支持多种协议和外设，包括但不限于UART、I²C、SPI、I2S、摄像头接口、显示器接口、PWM波形生成等。[图22](#)展示了数字板上FlexIO接口的位置。

默认情况下，**FlexIO接口是禁用的**。要激活它，请按照[表13](#)所述配置数字板。此外，必须通过短接[图23](#)中显示的元件，将FlexIO接口信号连接到子卡。

注： 请注意，FlexIO信号将替换SPI1、SPI2、SPI3、SPI4、POR_B_3V3、MEAS3.VOLT_DCB和MEAS4.VOLT_DCB信号。

注： 在对硬件进行任何修改之前，请务必参阅硬件设计文件。不正确的配置可能会导致冲突和硬件故障。

表13. 激活FlexIO接口

元件	位置	说明
SJ93	短接	启用至FlexIO接口的5V电源
SJ94	短接	启用至FlexIO接口的3.3V电源

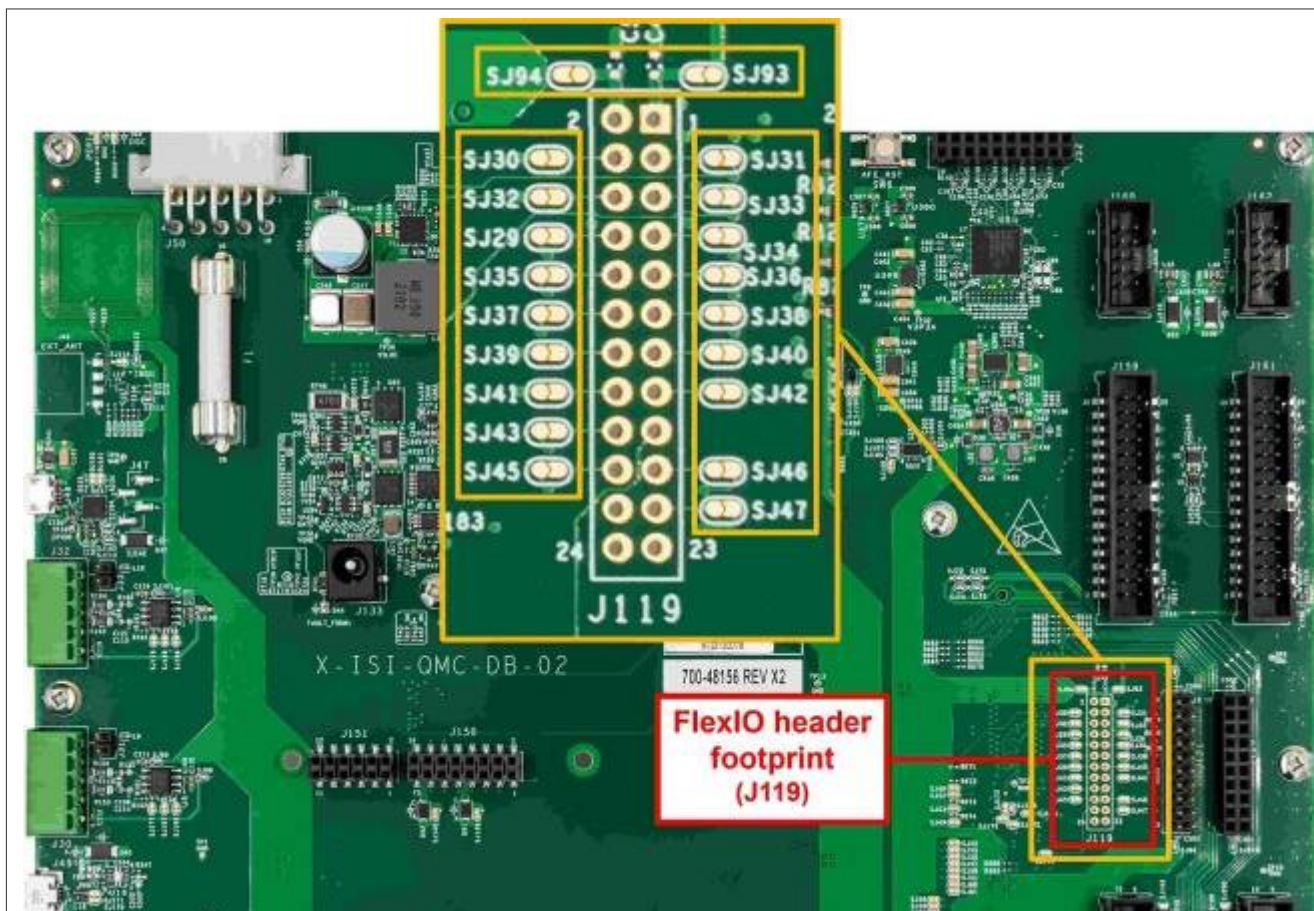


图22. FlexIO接口布板脚位

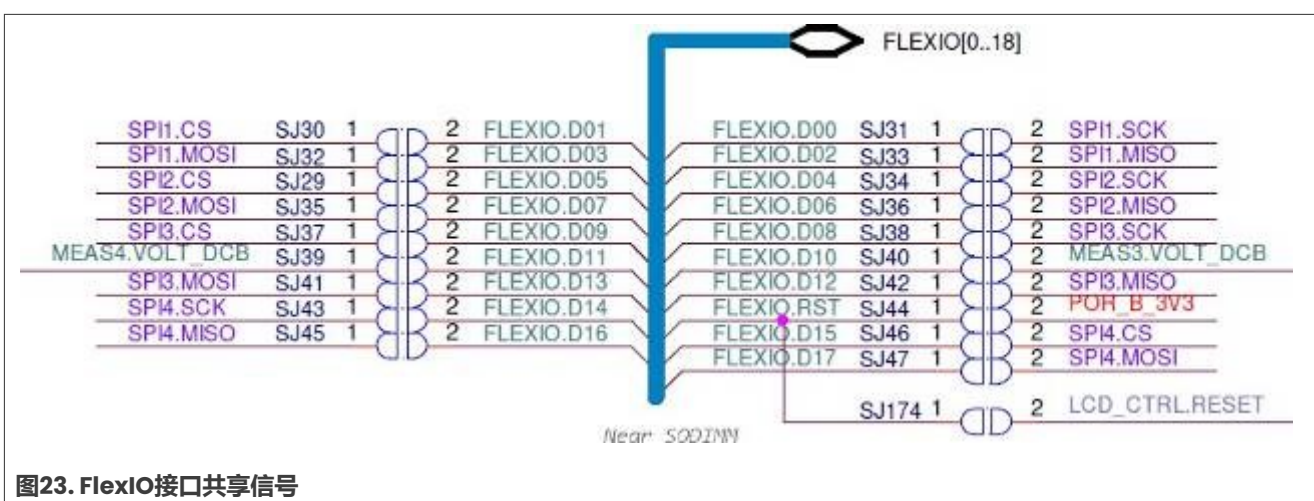


图23. FlexIO接口共享信号

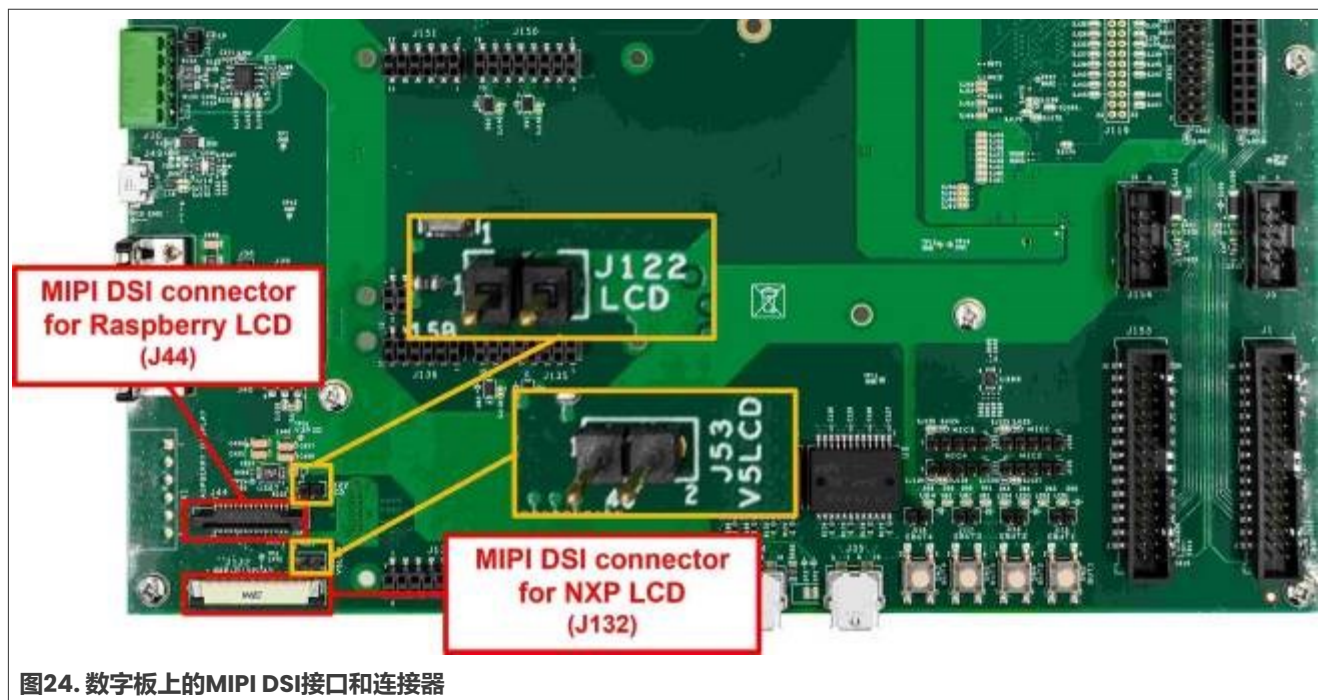
3.11 用于连接LCD显示屏的MIPI DSI接口

数字板支持连接**MIPI DSI LCD**，用作用户界面显示数据；如果支持触摸功能，也可作为输入界面。板上提供了2个MIPI DSI连接器（J132和J44），分别用于连接[RK055HDMIPI4MA0 NXP LCD模块](#)或Raspberry Pi兼容LCD。J53跳线用于将Raspberry Pi兼容LCD连接到5V外部电源。

- 要启用J132连接器，J122跳线应处于断开位置。这样就可以使用[RK055HDMIPI4MA0 NXP LCD模块](#)。
- 要启用J44连接器，J122跳线应处于1-2位置。这样就可以使用Raspberry Pi兼容LCD。

注：最终的应用程序只兼容RK055HDMIPI4MA0 NXP LCD模块。不提供对其他LCD的软件支持。

MIPI DSI接口和连接器如[图24](#)所示。



3.12 温度传感器

数字板提供了一个板载温度传感器（[恩智浦PCT2075-U370](#)），在-25°C至+100°C范围内精度达±1°C。该传感器通过I²C接口控制。

注：PCT2075温度传感器包括一个开漏输出（OS），当温度超过设定的限值时会进入活动状态。OS信号必须通过短接J149来激活。请注意，这将替换连接到边缘连接器的SPI4.MISO信号。

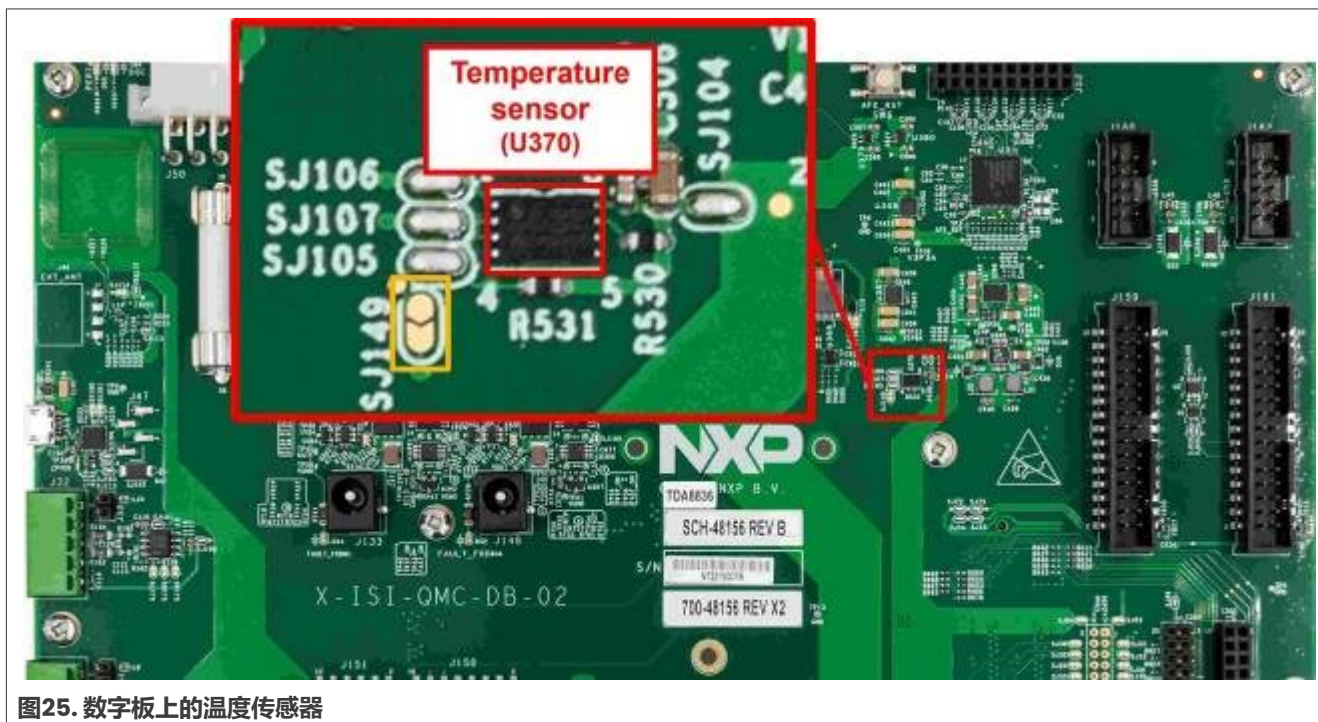


图25. 数字板上的温度传感器

3.13 FRDM-MC-LVPMSM Arduino接口

数字板提供2个独立的Arduino插头，如图26所示，可用于连接多至2个FRDM-MC-LVPMSM板。FRDM-MC-LVPMSM是一种低压PMSM开发平台，可用于为应用程序添加电机控制功能。FRDM-MC-LVPMSM板可作为功率平台板的替代方案，用于连接电机。

注：应确保使用数字板上集成的独立电源连接器（J133，J148）为板子供电。更多详细信息请参阅[第3.1节](#)。

注：不要将多块FRDM-MC-LVPMSM板堆叠在一起，也不要使用Arduino MCU板。

注：如果使用了功率平台板，则不要使用FRDM-MC-LVPMSM板。

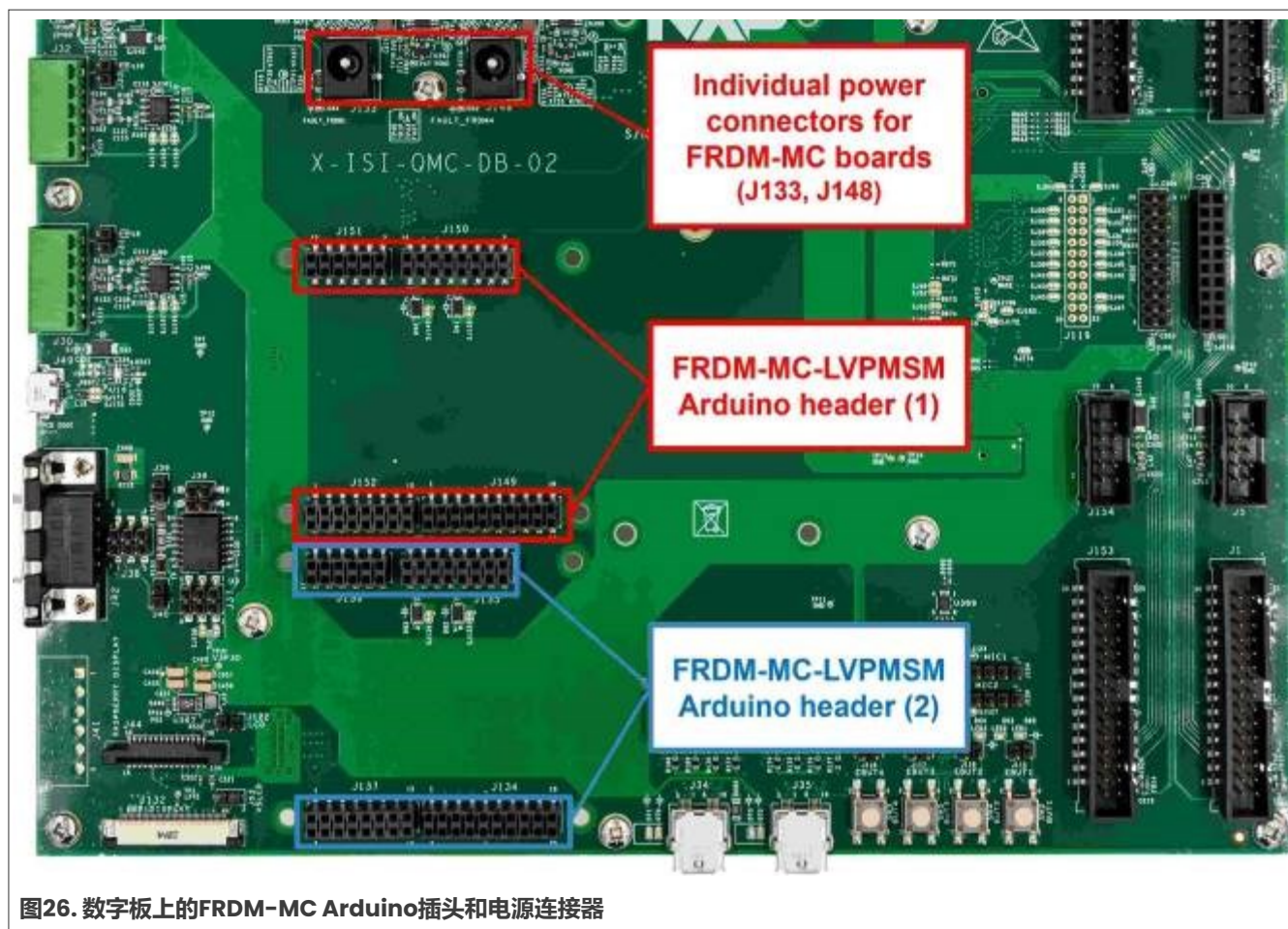


图26. 数字板上的FRDM-MC Arduino插头和电源连接器

3.14 数字麦克风接口

数字板提供了4个引脚排针头，如图27所示，用于连接至多4个数字麦克风。数字麦克风可用于通过异常检测算法检测器件运行中的故障。引脚排针头主要设计用于连接基于Knowles SPH0641LU4H-1数字麦克风芯片的SwitchScience数字MEMS麦克风板。

默认情况下，所有数字麦克风接口都是禁用的。要激活数字麦克风接口，请按照表14所述配置硬件。

表14. 数字麦克风接口配置

说明	配置
电源DMIC接口	SJ122短接 - 启用DMIC接口 SJ122断开 - 禁用DMIC接口 (默认)
选择MIC1	SJ125短接, SJ123断开 - 选择MIC1 (默认) SJ125断开, SJ123短接 - 不选择MIC1
选择MIC2	SJ127短接, SJ129断开 - 选择MIC2 SJ127断开, SJ129短接 - 不选择MIC1 (默认)
选择MIC3	SJ124短接, SJ126断开 - 选择MIC3 (默认) SJ124断开, SJ126短接 - 不选择MIC1
选择MIC4	SJ128短接, SJ130断开 - 选择MIC4

表14. 数字麦克风接口配置 (续)

说明	配置
	SJ128断开, SJ130短接 - 不选择MIC1 (默认)

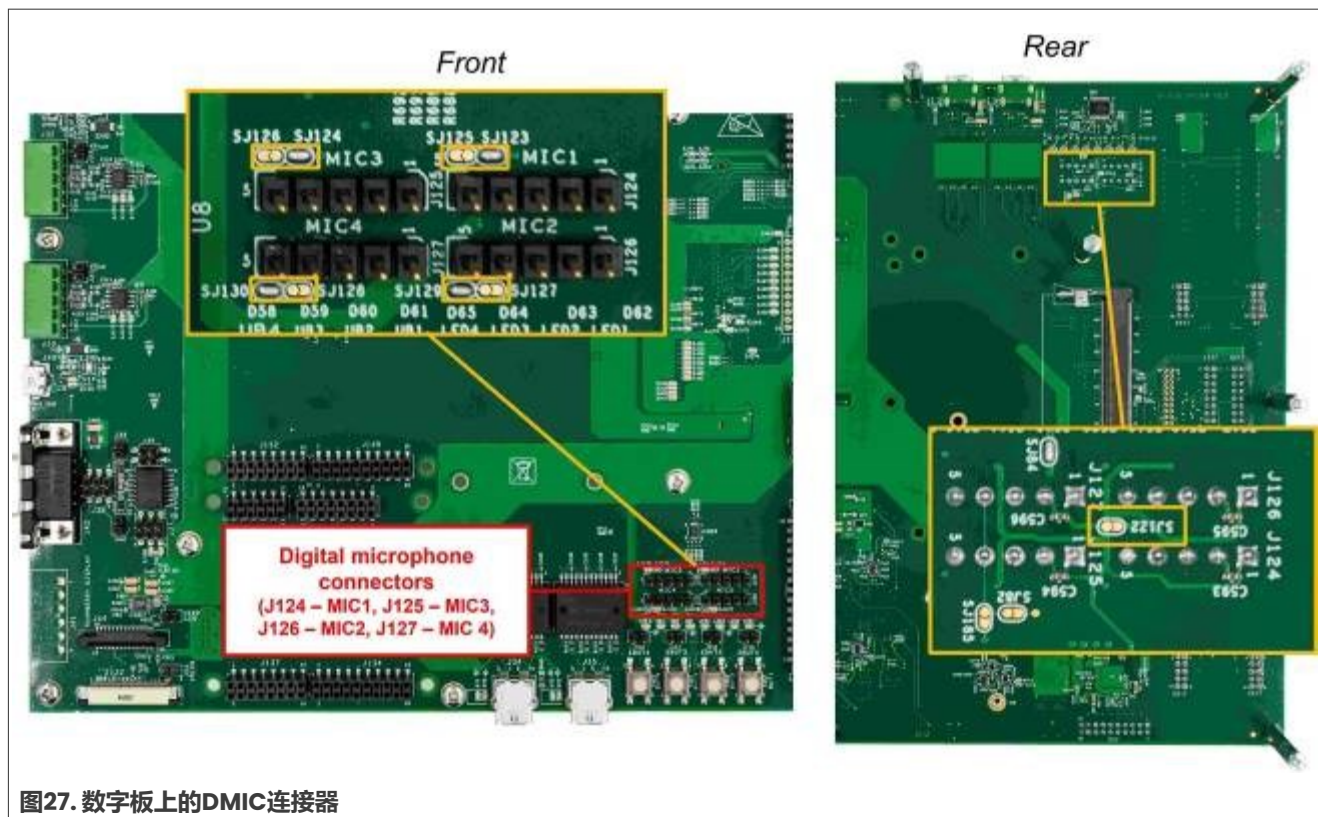


图27. 数字板上的DMIC连接器

3.15 安全芯片

数字板集成了一个 **EdgeLock SE05x安全IC** (型号SE051C2HQ1/Z01XD), 旨在提供一个安全、防篡改的平台, 用于存储关键的加密密钥和凭证。EdgeLock SE05x允许MCU执行加密操作, 用于IoT安全用例中的安全关键通信和控制功能, 例如与公有云/私有云的安全连接、设备间认证或传感器数据保护等。

此外, EdgeLock SE05x支持原生无接触接口, 提供一个无线接口来连接外部设备, 如智能手机或手持式无接触读卡器。数字板集成了NFC天线, 但也可以通过J46连接器 (默认未安装) 连接不同的外部NFC天线。

[图28](#)展示了EdgeLock SE05x安全IC的位置以及可用的用于连接NFC天线的接口及连接器。

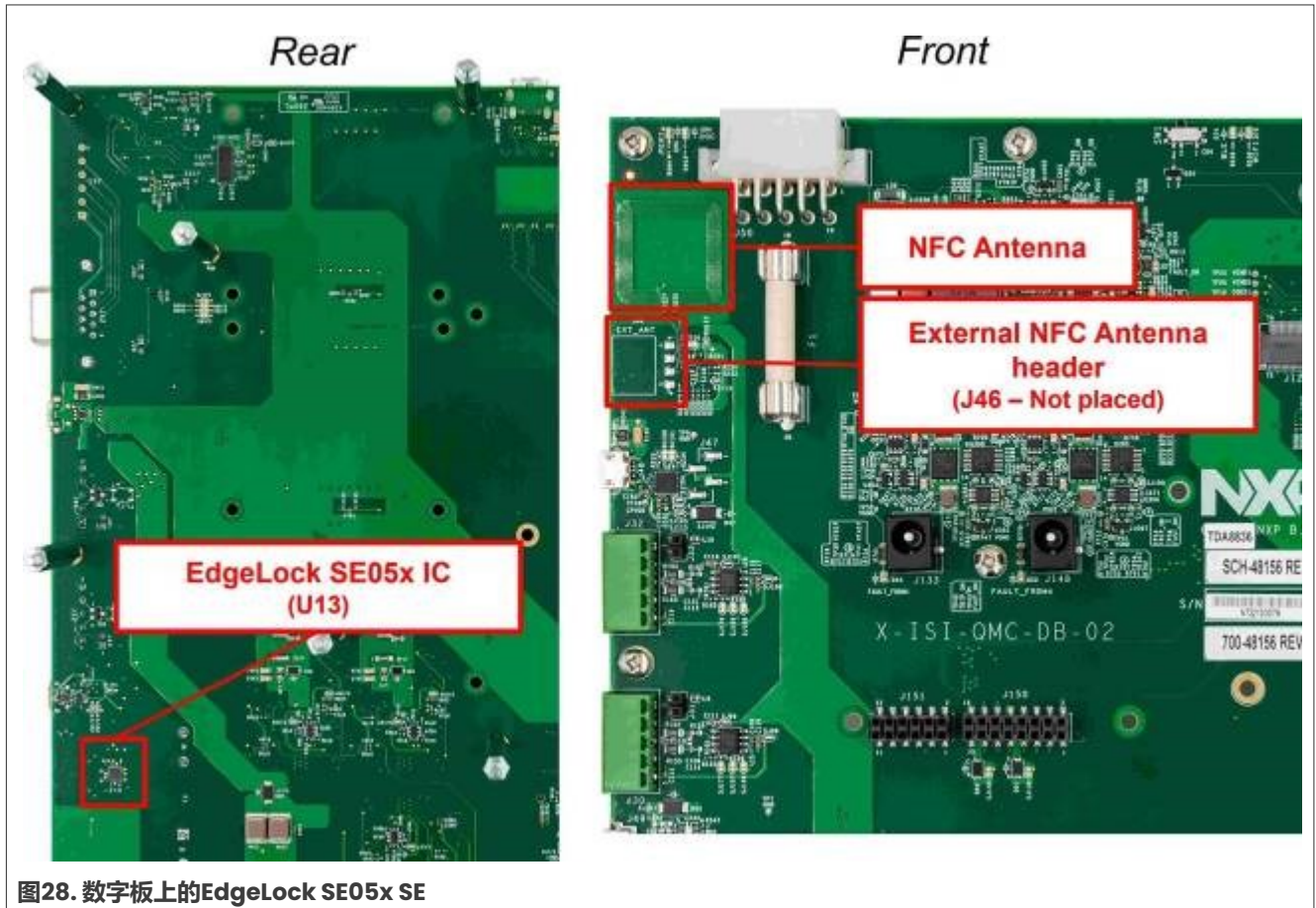


图28. 数字板上的EdgeLock SE05x SE

3.16 用户按钮和LED指示灯

数字板提供以下用户接口，使操作人员可以直接与板子进行交互：

- **用户按钮**：数字板提供4个按钮（SW2、SW3、SW4、SW5），其行为可由应用程序定义。它还提供跳线连接器（J115、J116、J117、J118）以将外部按钮连接到数字板。
- **按钮LED指示灯**：提供4个绿色LED指示灯（D58、D59、D60、D61），在按下用户按钮时提供即时反馈。因此，当用户按钮1（SW2）被按下时，LED D61亮起；当用户按钮2（SW4）被按下时，LED D60亮起；当用户按钮3（SW5）被按下时，LED D59亮起；当用户按钮4（SW3）被按下时，LED D58亮起。
- **用户LED指示灯**：提供4个黄色LED指示灯（D62、D63、D64、D65），其功能和行为可由应用程序定义。通过将相应的信号置为高电平，可以点亮LED指示灯。

图29显示了数字板上的用户按钮和LED指示灯。图30显示了电路图。

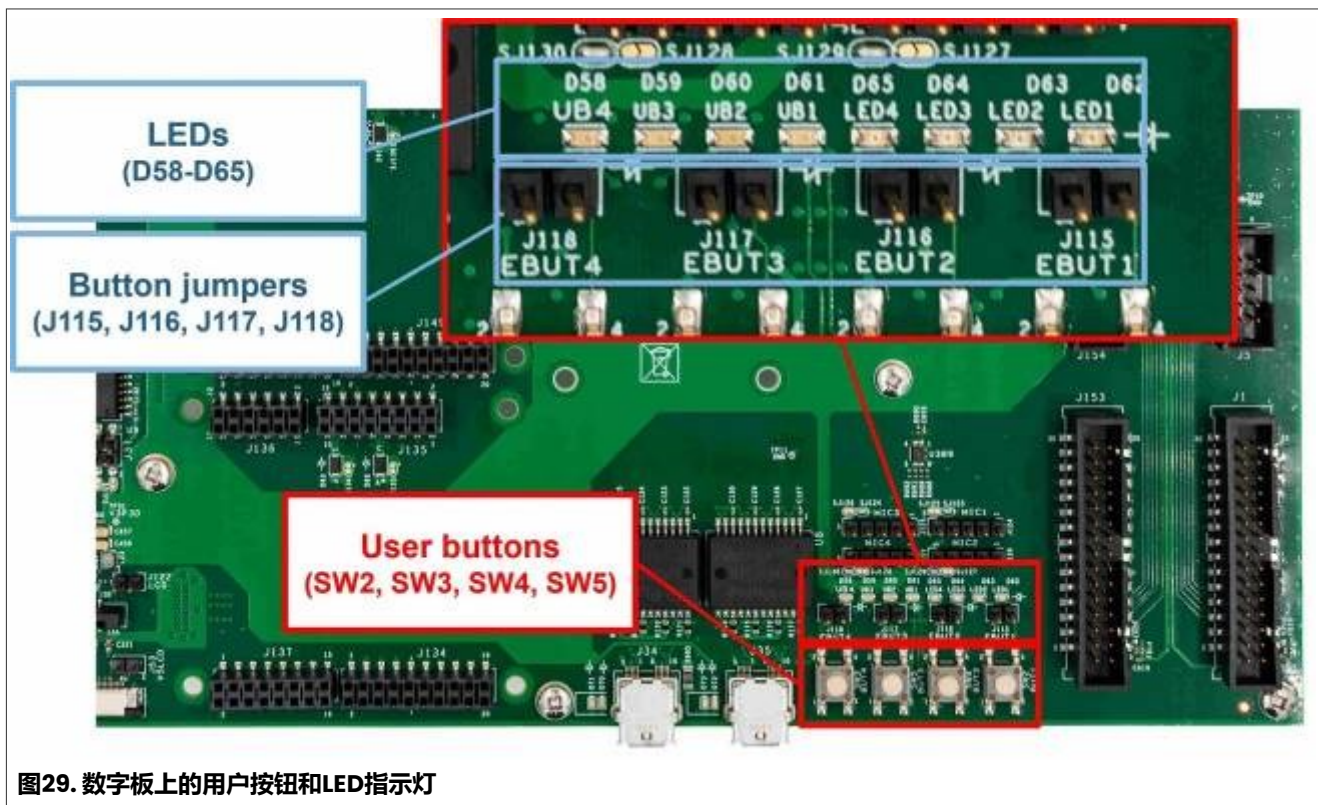


图29. 数字板上的用户按钮和LED指示灯

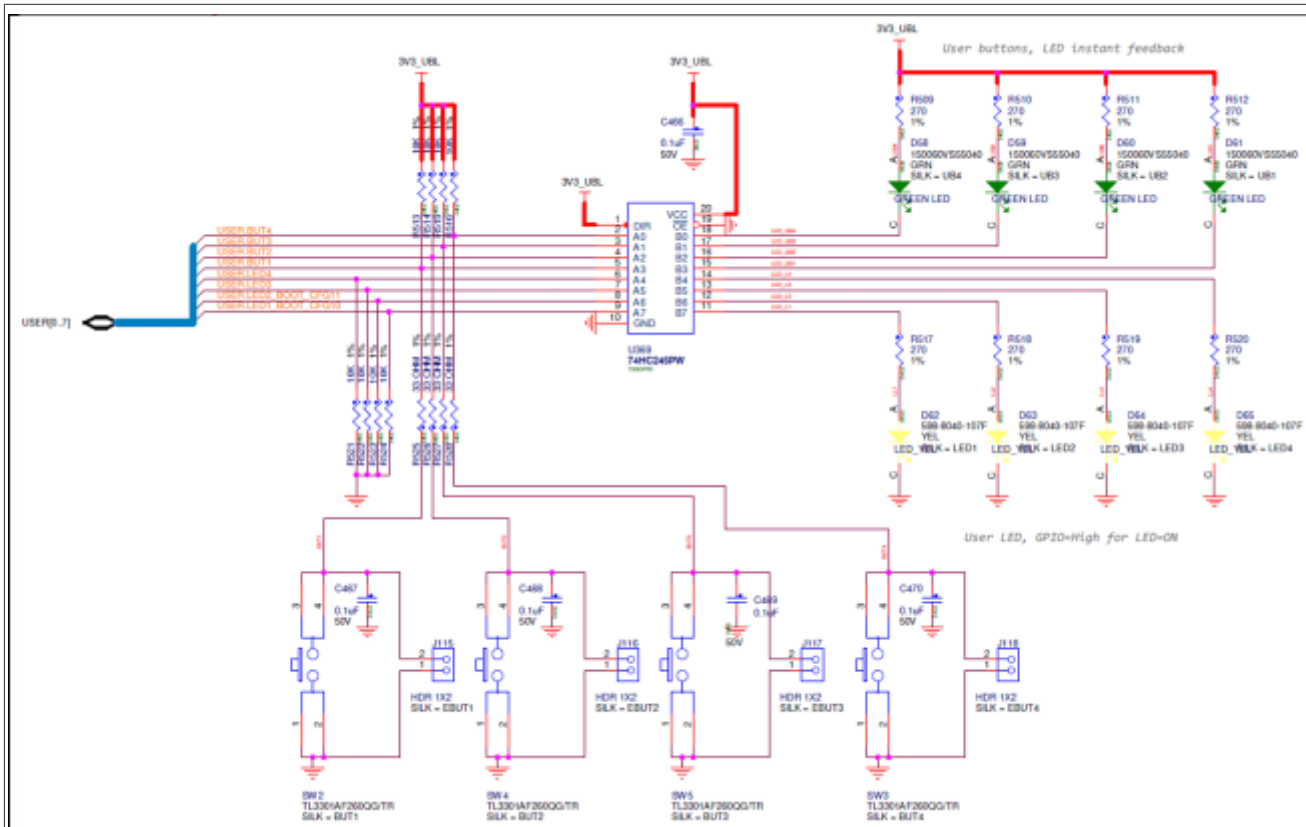


图29. 数字板上的用户按钮和LED指示灯-电路图

4 功率平台板硬件描述

功率平台板是一块通用电源板，能够驱动单个电机。它将控制命令转换为驱动PMSM伺服电机（200W至450W）的电源信号，处理PWM信号以生成电机相电压，测量电机相电流作为电机控制回路的反馈，并处理来自位置传感器的信号。

注：在接近上限的功率范围内，应使用机械通风。

功率平台板还能够通过直流母线制动电路吸收制动能量。最多可将四个功率平台板连接到数字板，以同时控制多至四个独立的电机。

本章描述功率平台板提供的主要硬件组件和接口。有关功率平台板及其硬件配置的更详细描述请参阅**功率平台板硬件设计文件**。

4.1 电源和直流母线制动

功率平台板必须由**外部电源**通过连接器J6（VIN_MINUS）和J7（VIN_PLUS）供电。**最大电压为30V**。功率平台板的5V电源也可以通过J5连接器为数字板和子卡供电（见[第3.1节](#)）。通过J5连接器，来自子卡的PS_ON信号启用功率平台板的16V和3.3V电源节点，意味着逆变器和GD3000驱动器将准备就绪。

功率平台板还提供了一个连接器（J8），用于连接电机的**直流母线制动电阻**。激活直流母线制动电阻的默认直流母线电压设置为53.5V。这一设置不允许用户应用最大功率平台电压，因为它假定连接的是一个标准的48V电机。要设置不同的直流母线制动电压阈值，需要更改SH53、SH54和SH55的配置。更多详细信息请参阅功率平台板的硬件设计文件。

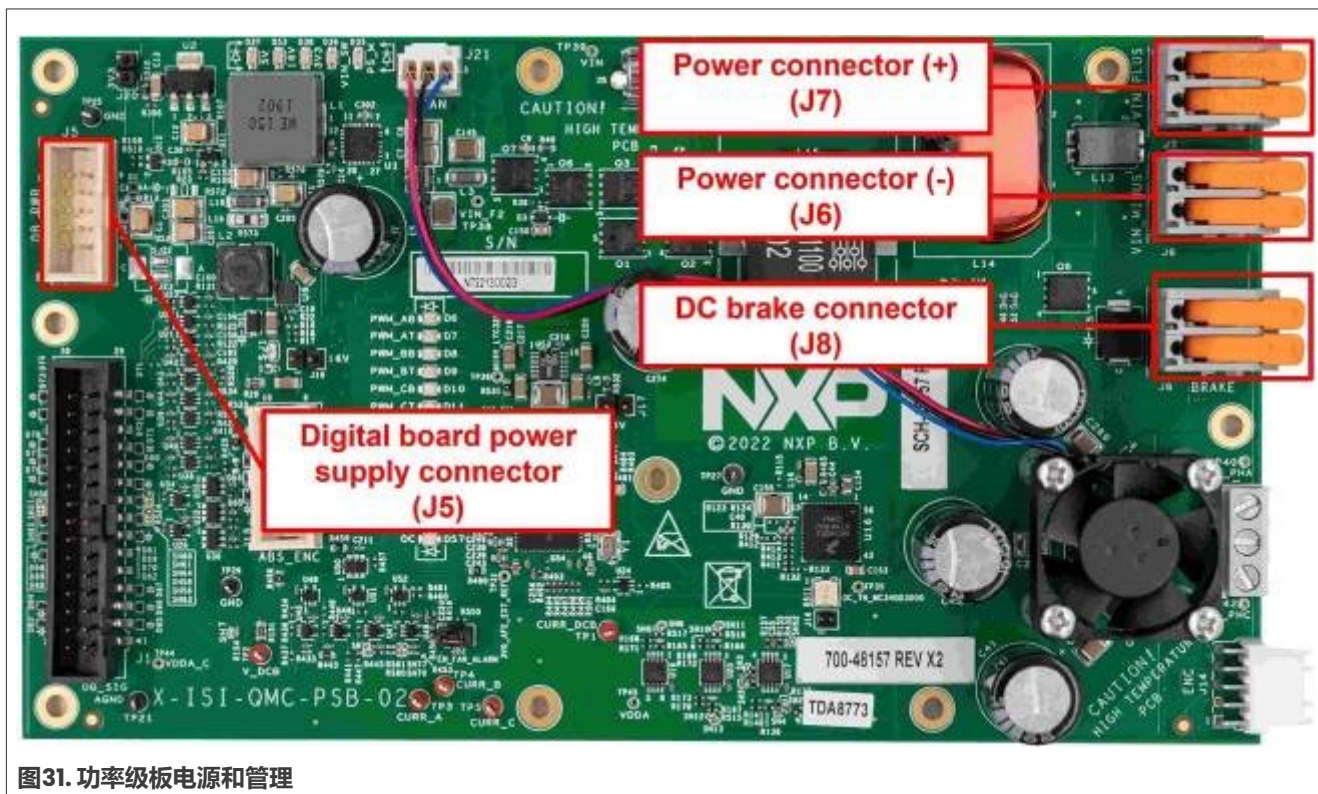


图31. 功率级板电源和管理

4.2 电机接口

功率平台板支持通过图32所示的J13连接器（导体截面为2.5mm²的螺丝端子）连接PMSM。

电机的三相由恩智浦GD3000门极驱动器IC（U16）控制，该IC支持高达60V的供电电压，并提供三个半桥驱动器（3相逆变器），每个驱动器都能驱动两个N沟道MOSFET。该门极驱动器使用来自子卡MCU的6个PWM信号（一个PWM模块）。

注：GD3000的频率限制为5MHz。在设置由FlexIO模拟的SPI主设备的频率时，必须考虑到这一点。请参阅第2.8节中的说明。

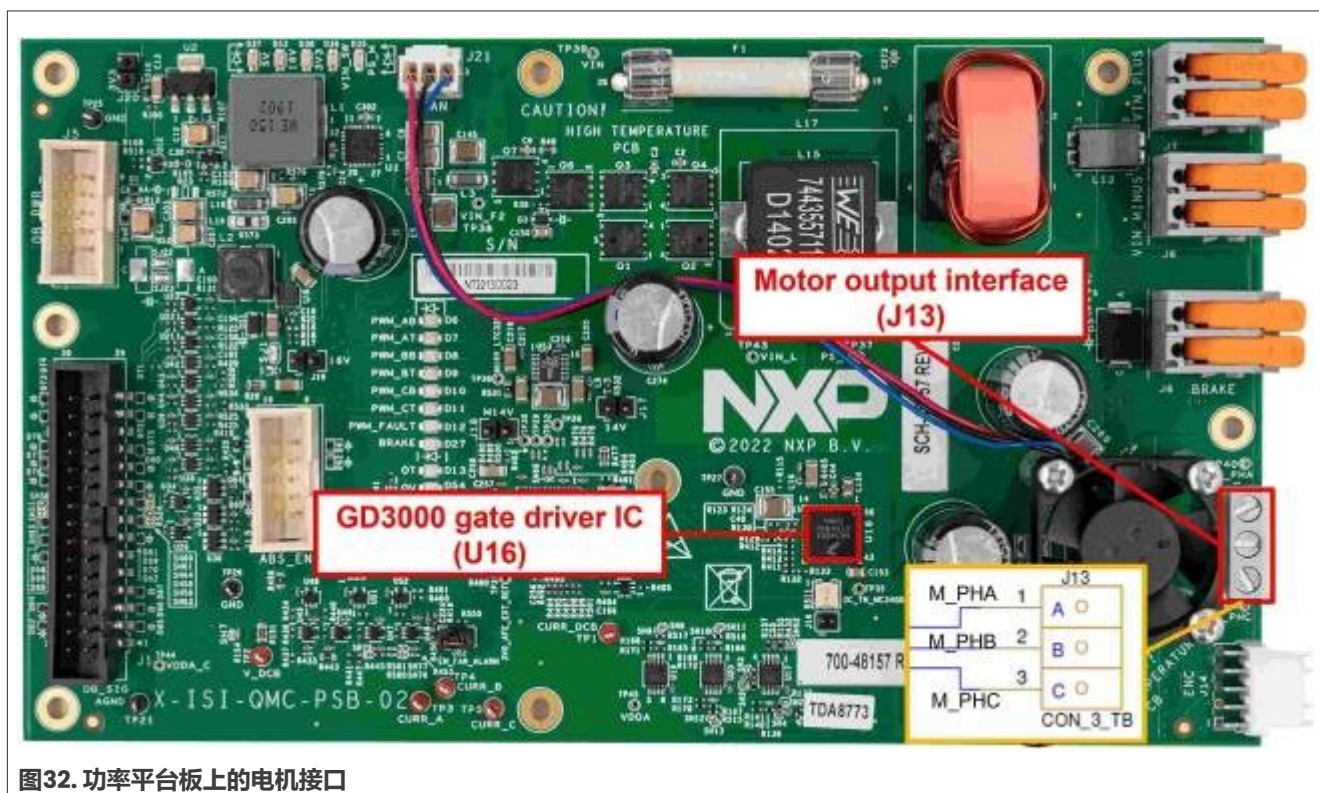
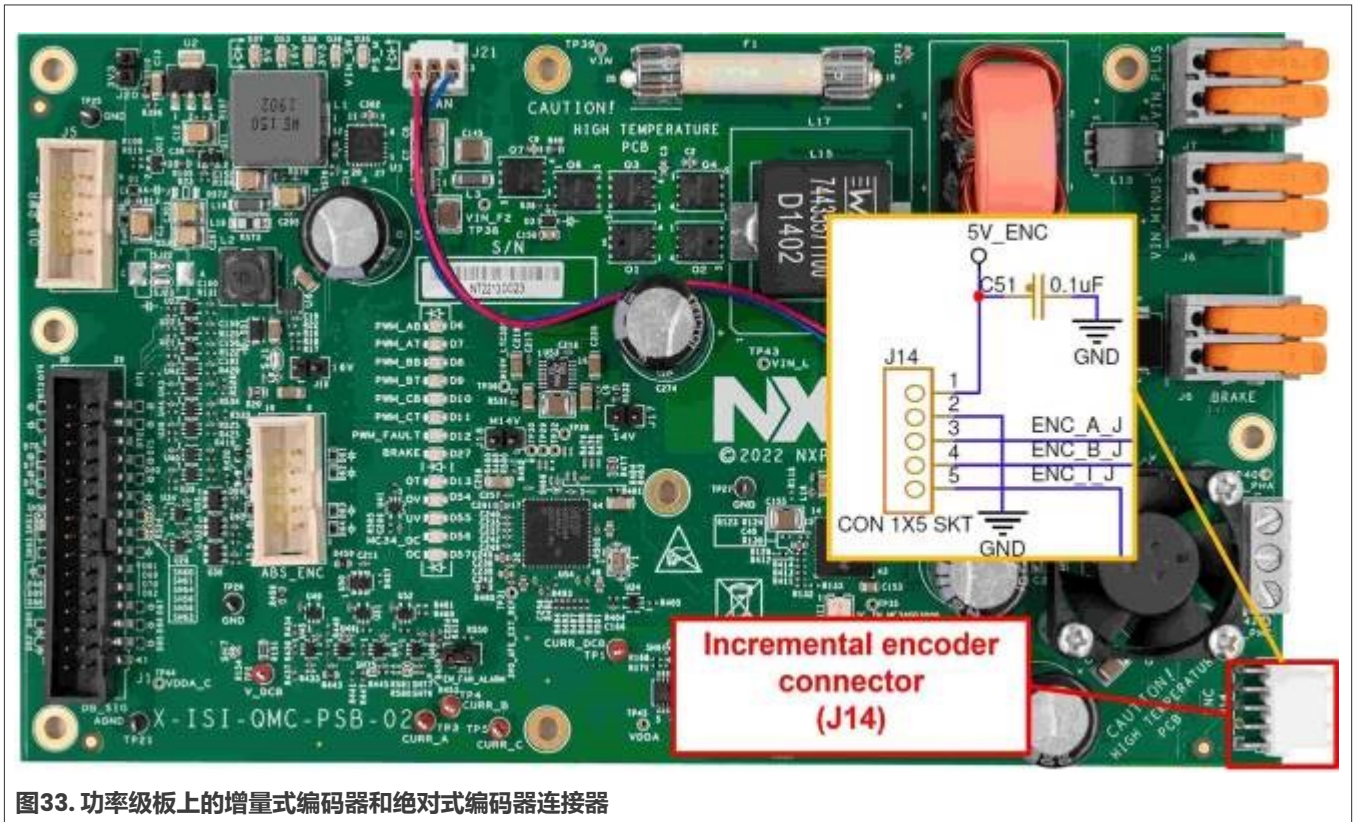


图32. 功率平台板上的电机接口

4.3 增量式编码器接口

功率平台板提供可以连接增量式编码器的连接器。增量式编码器可以通过板载的5脚连接器 (J14) 连接，如图33所示。

注：功率平台板还提供了一个可连接绝对式编码器的连接器 (J15)。目前阶段不打算使用该连接器，安装是为了将来使用绝对式编码器接口。



4.4 模拟前端

如图34所示，功率平台板上可以集成一个**模拟前端IC (NAFE11388 - U54)**。模拟前端用于测量每个功率平台板的功率，以及功率平台板的温度。

- **ISI-QMC-PSB02**：板载NAFE13388模拟前端IC。此板的购买受限。如果您想购买ISI-QMC-PSB02，请联系当地的恩智浦业务代表。
- **ISI-QMC-PSB02B**：不含NAFE13388模拟前端IC。如果需要，后期可以在功率平台板上焊接模拟前端芯片。

注：对于与模拟前端进行的SPI通信，我们建议频率不要超过12MHz。如想更改由FlexIO模拟的SPI主设备的频率，必须考虑这一点。请记住，模拟前端与GD3000共享SPI通信。更多详细信息请参阅[第2.8节](#)中的说明。



图34. 功率级板上的模拟前端

4.5 LED指示灯

功率平台板提供几个LED状态指示灯，如图35所示：

- **电源LED指示灯**：5个绿色LED指示灯（D35、D36、D37、D38、D53），显示功率平台板的供电状态，例如LED D37表示已接通5V电源。
- **PWM信号LED指示灯**：6个LED指示灯（D6、D7、D8、D9、D10、D11），显示功率平台板接收到的PWM信号。
- **故障LED指示灯**：功率平台板提供过电压、欠压、过电流和过温保护电路。5个红色LED指示灯（D13、D54、D55、D56、D57）分别显示过温（OT）、直流过电压（OV）、直流欠压（UV）和直流过电流（OC）故障状态。D12 LED显示发生了任何一种故障（作为逻辑或运算的结果）。
- **直流母线制动**：一个红色LED指示灯（D27），显示直流母线制动处于工作状态。

表15展示了OV、UV、OT和OC的阈值。GD3000的OC阈值可以通过J16跳线和R511电位器配置。为此，为J16接通所需的电压，以模拟将通过分流电阻R138的最大期望电流。然后调整R511电位器，以相应地设置GD3000的OC阈值输入（OC_TH）。然后，GD3000的OC比较器将比较OC_TH和AMP_OUT信号以触发OC。电路图如图36所示。

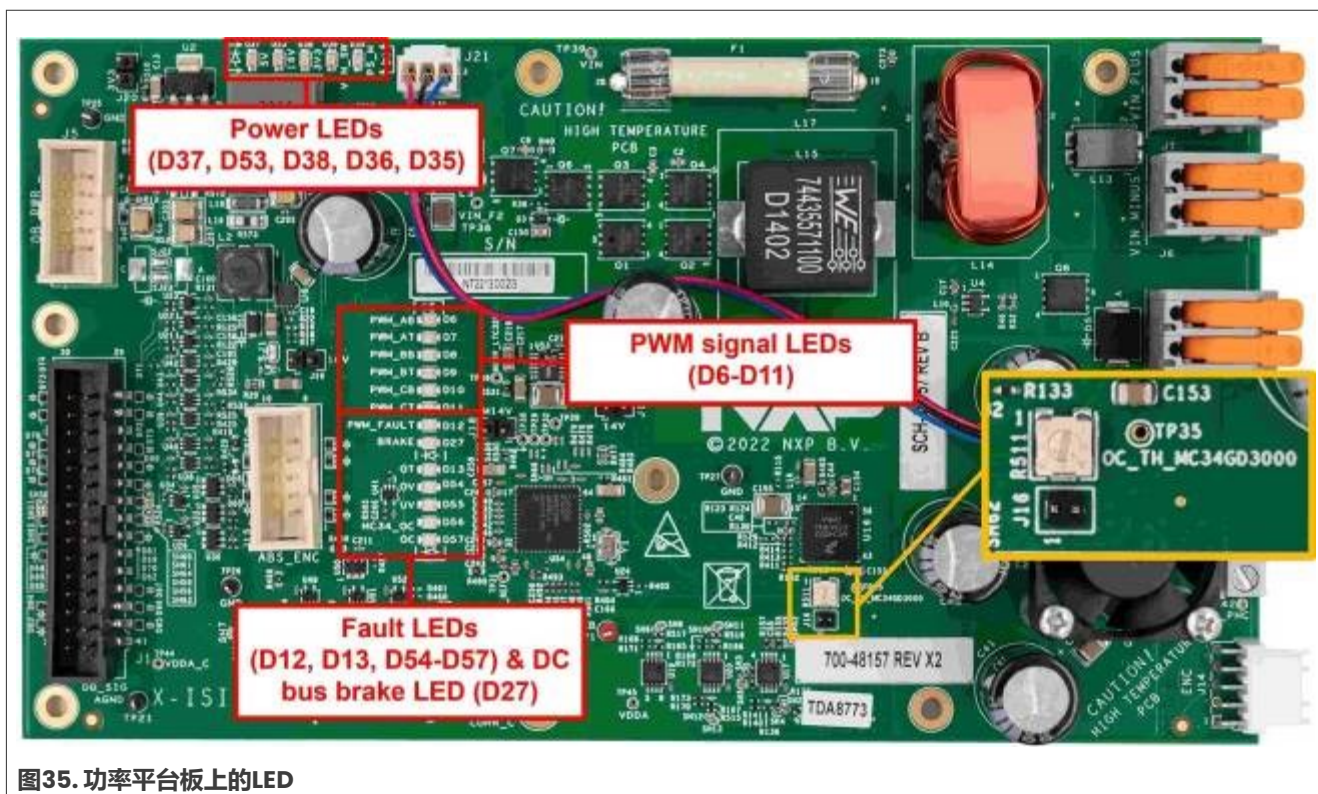


图35. 功率平台板上的LED

表15. OV、UV、OT、OC的阈值

说明	硬件阈值
过电压 (OV)	56.95V
欠压 (UV)	14.69V
过电流 (OC) 峰值	14.9A
过温 (OT)	120C°

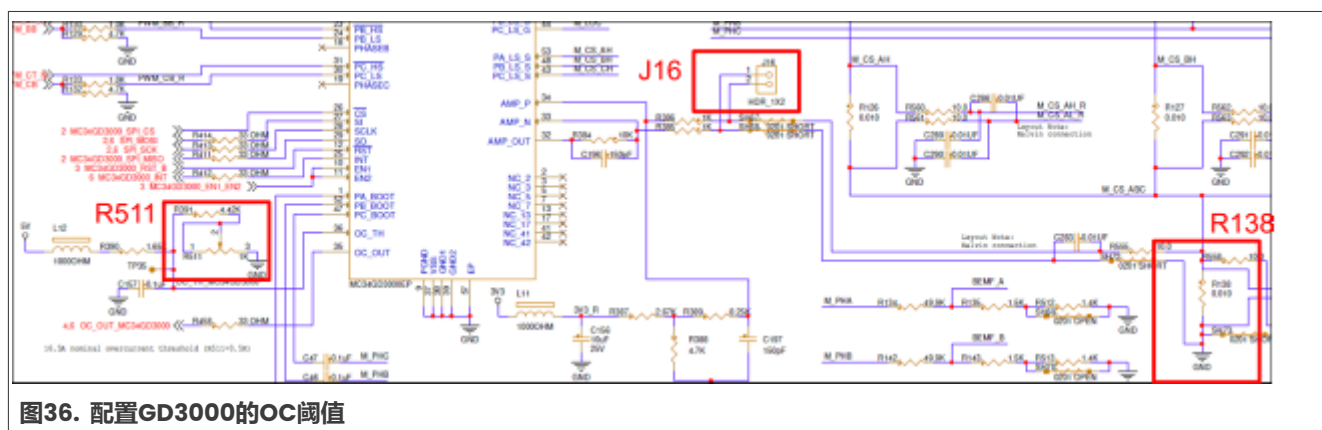


图36. 配置GD3000的OC阈值

5 物理外壳

i.MX RT工业驱动开发平台由1个子卡、1个数字板和4个功率平台板组成，其设计符合ISA/IEC 62443-4-2 SL3标准。因此，恩智浦设计了一个外壳，目的是将i.MX RT工业驱动开发平台的所有组件安装在其中，仅暴露相关接口。该外壳包含：

- i.MX RT工业驱动开发平台接口的开孔，例如LCD显示屏、以太网端口、SD卡插槽、电机连接器、风扇、电源连接器等；
- 一个带锁的盖子后面的4个用户按钮；
- 2个物理锁：一个供器件管理员使用SD卡插槽，另一个供器件操作人员使用用户按钮；
- 一个紧急停止按钮；
- 一个开/关。

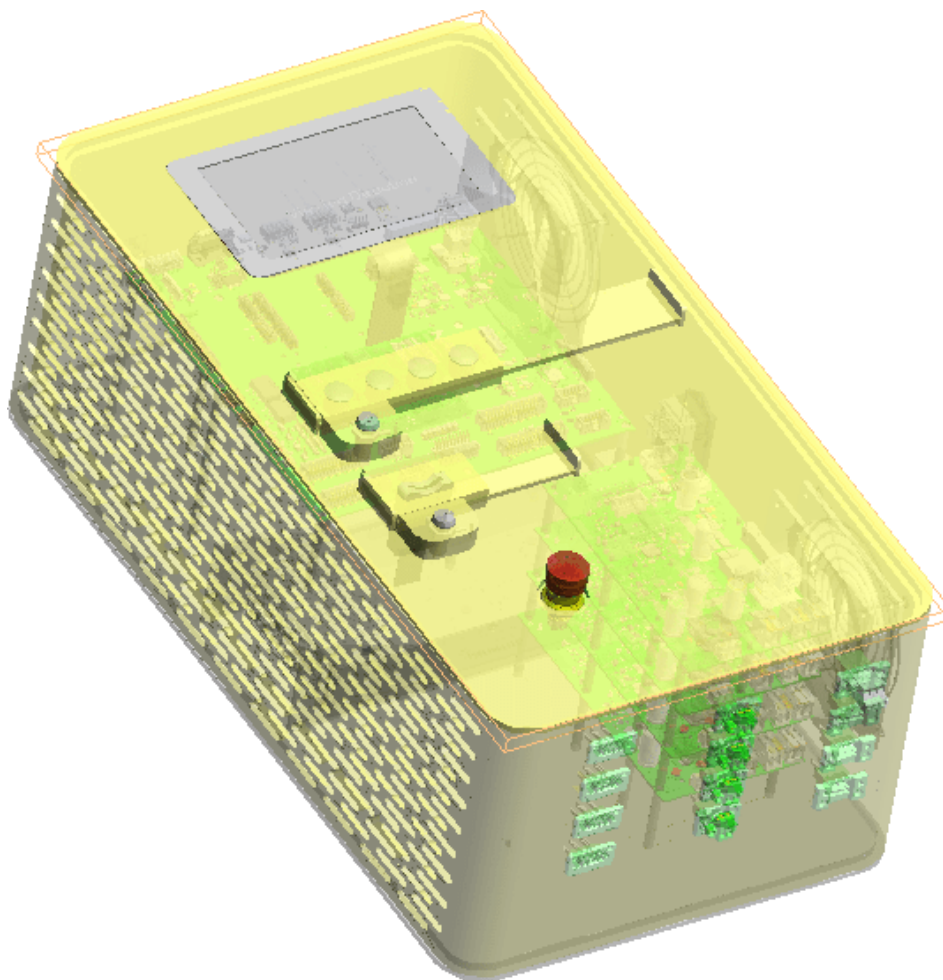


图37. i.MX RT工业驱动开发平台的外壳（3D模型）

6 缩略语

表16. 缩略语

缩略语	说明
ADC	模数转换器
CAN	控制器局域网
DIP	双列直插封装

表16. 缩略语 (续)

缩略语	说明
DMIC	数字麦克风
FD	灵活型数据
GPIO	通用输入输出
HMI	人机界面
IACS	工业自动化和控制系统
MCU	微控制器
MIPI DSI	MIPI显示串行接口
OTG	即插即用
PMIC	电源管理集成电路
PWM	脉宽调制
RTC	实时时钟
SD	安全数字
SE	安全芯片
SNVS	安全非易失性存储
SWD	串行线调试
TCM	紧密耦合存储器
TSN	时间敏感网络
XIP	芯片内执行

7 修订历史

[表17](#)总结了对本文档的修订情况。

表17. 修订历史

文档编号	发布日期	说明
AN13642 v.1.2	2024年3月19日	更新了与最终硬件配置相关的信息。纠正了打字错误。
AN13642 v.1.1	2022年9月12日	更新了子卡、数字板和功率平台板的部件编号。
AN13642 v.1.0	2022年8月10日	初始发布。

Legal information

Definitions

Draft — A draft status on a document indicates that the content is still under internal review and subject to formal approval, which may result in modifications or additions. NXP Semiconductors does not give any representations or warranties as to the accuracy or completeness of information included in a draft version of a document and shall have no liability for the consequences of use of such information.

Disclaimers

Limited warranty and liability — Information in this document is believed to be accurate and reliable. However, NXP Semiconductors does not give any representations or warranties, expressed or implied, as to the accuracy or completeness of such information and shall have no liability for the consequences of use of such information. NXP Semiconductors takes no responsibility for the content in this document if provided by an information source outside of NXP Semiconductors.

In no event shall NXP Semiconductors be liable for any indirect, incidental, punitive, special or consequential damages (including - without limitation - lost profits, lost savings, business interruption, costs related to the removal or replacement of any products or rework charges) whether or not such damages are based on tort (including negligence), warranty, breach of contract or any other legal theory.

Notwithstanding any damages that customer might incur for any reason whatsoever, NXP Semiconductors' aggregate and cumulative liability towards customer for the products described herein shall be limited in accordance with the Terms and conditions of commercial sale of NXP Semiconductors.

Right to make changes — NXP Semiconductors reserves the right to make changes to information published in this document, including without limitation specifications and product descriptions, at any time and without notice. This document supersedes and replaces all information supplied prior to the publication hereof.

Suitability for use — NXP Semiconductors products are not designed, authorized or warranted to be suitable for use in life support, life-critical or safety-critical systems or equipment, nor in applications where failure or malfunction of an NXP Semiconductors product can reasonably be expected to result in personal injury, death or severe property or environmental damage. NXP Semiconductors and its suppliers accept no liability for inclusion and/or use of NXP Semiconductors products in such equipment or applications and therefore such inclusion and/or use is at the customer's own risk.

Applications — Applications that are described herein for any of these products are for illustrative purposes only. NXP Semiconductors makes no representation or warranty that such applications will be suitable for the specified use without further testing or modification.

Customers are responsible for the design and operation of their applications and products using NXP Semiconductors products, and NXP Semiconductors accepts no liability for any assistance with applications or customer product design. It is customer's sole responsibility to determine whether the NXP Semiconductors product is suitable and fit for the customer's applications and products planned, as well as for the planned application and use of customer's third party customer(s). Customers should provide appropriate design and operating safeguards to minimize the risks associated with their applications and products.

NXP Semiconductors does not accept any liability related to any default, damage, costs or problem which is based on any weakness or default in the customer's applications or products, or the application or use by customer's third party customer(s). Customer is responsible for doing all necessary testing for the customer's applications and products using NXP Semiconductors products in order to avoid a default of the applications and the products or of the application or use by customer's third party customer(s). NXP does not accept any liability in this respect.

Terms and conditions of commercial sale — NXP Semiconductors products are sold subject to the general terms and conditions of commercial sale, as published at <https://www.nxp.com.cn/profile/terms>, unless otherwise agreed in a valid written individual agreement. In case an individual agreement is concluded only the terms and conditions of the respective agreement shall apply. NXP Semiconductors hereby expressly objects to applying the customer's general terms and conditions with regard to the purchase of NXP Semiconductors products by customer.

Export control — This document as well as the item(s) described herein may be subject to export control regulations. Export might require a prior authorization from competent authorities.

Suitability for use in non-automotive qualified products — Unless this document expressly states that this specific NXP Semiconductors product is automotive qualified, the product is not suitable for automotive use. It is neither qualified nor tested in accordance with automotive testing or application requirements. NXP Semiconductors accepts no liability for inclusion and/or use of non-automotive qualified products in automotive equipment or applications.

In the event that customer uses the product for design-in and use in automotive applications to automotive specifications and standards, customer (a) shall use the product without NXP Semiconductors' warranty of the product for such automotive applications, use and specifications, and (b) whenever customer uses the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' specifications such use shall be solely at customer's own risk, and (c) customer fully indemnifies NXP Semiconductors for any liability, damages or failed product claims resulting from customer design and use of the product for automotive applications beyond NXP Semiconductors' standard warranty and NXP Semiconductors' product specifications.

Translations — A non-English (translated) version of a document, including the legal information in that document, is for reference only. The English version shall prevail in case of any discrepancy between the translated and English versions.

Security — Customer understands that all NXP products may be subject to unidentified vulnerabilities or may support established security standards or specifications with known limitations. Customer is responsible for the design and operation of its applications and products throughout their lifecycles to reduce the effect of these vulnerabilities on customer's applications and products. Customer's responsibility also extends to other open and/or proprietary technologies supported by NXP products for use in customer's applications. NXP accepts no liability for any vulnerability. Customer should regularly check security updates from NXP and follow up appropriately. Customer shall select products with security features that best meet rules, regulations, and standards of the intended application and make the ultimate design decisions regarding its products and is solely responsible for compliance with all legal, regulatory, and security related requirements concerning its products, regardless of any information or support that may be provided by NXP.

NXP has a Product Security Incident Response Team (PSIRT) (reachable at PSIRT@nxp.com) that manages the investigation, reporting, and solution release to security vulnerabilities of NXP products.

NXP B.V. — NXP B.V. is not an operating company and it does not distribute or sell products.

Trademarks

Notice: All referenced brands, product names, service names, and trademarks are the property of their respective owners.

NXP — wordmark and logo are trademarks of NXP B.V.

AMBA, Arm, Arm7, Arm7TDMI, Arm9, Arm11, Artisan, big.LITTLE, Cordio, CoreLink, CoreSight, Cortex, DesignStart, DynamIQ, Jazelle, Keil, Mali, Mbed, Mbed Enabled, NEON, POP, RealView, SecurCore, Socrates, Thumb, TrustZone, ULINK, ULINK2, ULINK-ME, ULINK-PLUS, ULINKpro, μ Vision, Versatile — are trademarks and/or registered trademarks of Arm Limited (or its subsidiaries or affiliates) in the US and/or elsewhere. The related technology may be protected by any or all of patents, copyrights, designs and trade secrets. All rights reserved.

Bluetooth — the Bluetooth wordmark and logos are registered trademarks owned by Bluetooth SIG, Inc. and any use of such marks by NXP Semiconductors is under license.

EdgeLock — is a trademark of NXP B.V.

i.MX — is a trademark of NXP B.V.

目录

1	i.MX RT工业驱动开发平台简介	2
1.1	i.MX RT工业驱动开发平台的硬件包介绍	2
1.2	如何使用本文档	3
2	子卡硬件描述	4
2.1	电源和电源管理单元	5
2.2	LED状态指示灯	6
2.3	外部存储器	7
2.4	启动模式选择	8
2.5	按钮	9
2.6	TSNI以太网和CAN接口	10
2.7	调试接口	11
2.8	边缘连接器	12
3	数字板硬件描述	13
3.1	电源和电源管理单元	14
3.2	子卡连接器 (SO-DIMM 200)	15
3.3	数字板与功率平台板之间的互连	16
3.4	USB OTG和USB串行接口	17
3.5	模拟输入与数字输入/输出	18
3.6	以太网接口	19
3.7	RS-485接口	20
3.8	CAN接口	22
3.9	无线模块接口	23
3.10	FlexIO接口	24
3.11	用于连接LCD显示屏的MIPI DSI接口	25
3.12	温度传感器	26
3.13	FRDM-MC-LVPMSM Arduino接口	27
3.14	数字麦克风接口	28
3.15	安全芯片	29
3.16	用户按钮和LED指示灯	30
4	功率平台板硬件描述	32
4.1	电源和直流母线制动	32
4.2	电机接口	33
4.3	增量式编码器接口	34
4.4	模拟前端	35
4.5	LED指示灯	36
5	物理外壳	37
6	缩略语	38
7	修订历史	39
	法律声明	40

Please be aware that important notices concerning this document and the product(s) described herein, have been included in section 'Legal information'.

© 2024 NXP B.V.

All rights reserved.

For more information, please visit: <https://www.nxp.com.cn>

Date of release: 19 March 2024
Document identifier: AN13642