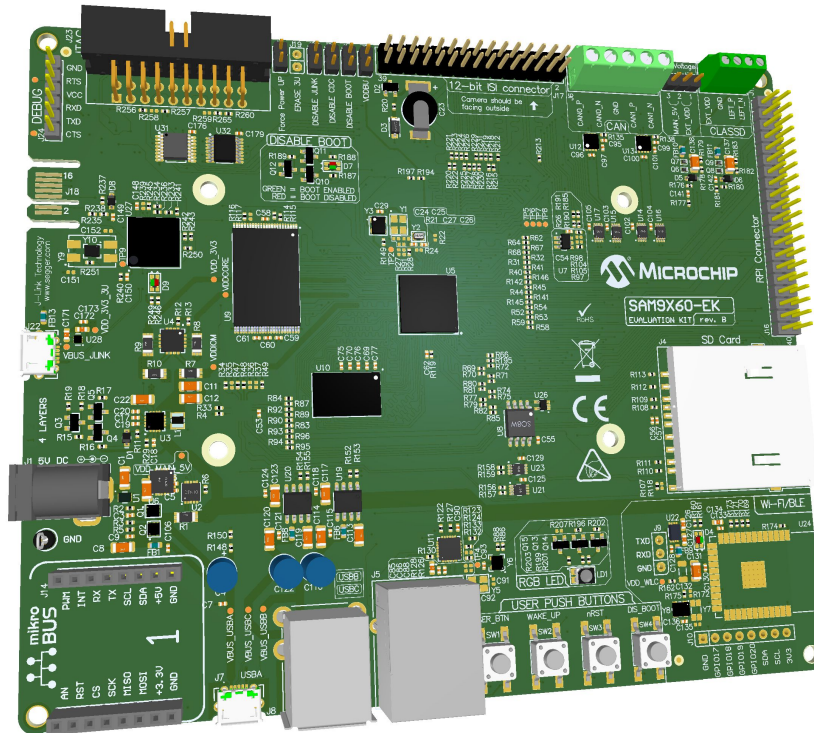


SAM9X60-EK 用户指南

概述

本用户指南介绍了 SAM9X60 评估工具包 (SAM9X60-EK) 以及在基于 SAM9 Arm® 的嵌入式 MPU 上运行的开发和调试功能。



目录

概述.....	1
1. 简介.....	4
1.1. 文档编排.....	4
1.2. 推荐读物.....	4
2. 产品概述.....	5
2.1. SAM9X60-EK 特性.....	5
2.2. 评估工具包规范.....	6
2.3. 电源.....	6
2.4. 板上连接器.....	6
2.5. 默认跳线设置.....	9
2.6. 工具包内容.....	9
3. 功能模块.....	10
3.1. 电源拓扑和配电.....	10
3.2. 处理器.....	14
3.3. 板上存储器.....	29
3.4. 外设.....	33
3.5. 用户交互和调试.....	48
4. 安装和操作.....	55
4.1. 系统和配置要求.....	55
4.2. 评估板设置.....	55
5. 勘误表.....	56
5.1. LED 不工作.....	56
5.2. 引导问题.....	56
5.3. 上电问题.....	56
5.4. 电阻标记错误.....	57
6. 附录原理图和布线图.....	59
7. 版本历史.....	66
7.1. DS50002907B——2020 年 1 月.....	66
7.2. DS50002907A——2019 年 10 月.....	66
Microchip 网站.....	67
产品变更通知服务.....	67
客户支持.....	67
Microchip 器件代码保护功能.....	67
法律声明.....	67
商标.....	68

质量管理体系.....	68
全球销售及服务网点.....	69

1. 简介

1.1 文档编排

本文档的内容编排如下：

- 第 1 章“简介”
- 第 2 章“产品概述”——有关 SAM9X60-EK 评估板的重要信息
- 第 3 章“功能模块”——SAM9X60-EK 规范以及主要元件和接口的详细说明
- 第 4 章“安装和操作”——有关如何开始使用 SAM9X60-EK 的说明
- 附录“原理图和布线图”——SAM9X60-EK 的原理图和布线图

1.2 推荐读物

以下 Microchip 文档均已提供，并建议读者作为补充参考资料：

- SAM9X60 数据手册。文档编号 DS60001579

2. 产品概述

SAM9X60-EK 遵循 Microchip 用于低成本评估工具包的 MPU 策略，能够展示 SAM9X60 MPU 的所有特性。

2.1 SAM9X60-EK 特性

表 2-1. SAM9X60-EK 特性

特性	规范	特色组件
处理器	228 球 TFBGA, 11x11 mm, 间距 0.65 mm	Microchip SAM9X60
外部时钟	MPU: 24 MHz 和 32.768 kHz 其他振荡器: 25 MHz	DSC1001CI5 DSC6083CE2A
存储器	一个 16 位 2 Gb DDR2 一个 NAND 闪存 一个 QSPI 闪存 一个 EEPROM	Winbond W972GG6KB-25 Micron MT29F4G08ABAEA Microchip SST26VF064B Microchip 24AA02E48
SD/MMC	一个标准 4 位 SD 卡接口	-
USB	两个带电源开关的堆叠式 Type-A 连接器 一个 Micro-B USB 设备	2 个 Microchip MIC2025
CAN	两个 CAN 接口	Microchip MCP2542
以太网	一个 ETH 端口	Microchip KSZ8081
Wi-Fi/BT	一个可选 Wi-Fi® /Bluetooth® 接口	适用于 Microchip ATWILC3000 的插槽
音频	一个 ClassD 音频端口	-
显示屏	一个 24 位 LCD 接口	-
摄像头	一个 12 位图像传感器接口	-
IO	一个扩展器 IO	Microchip MCP23008
调试端口	一个 J-Link-OB + CDC 一个 JTAG 接口	通过 CDC 接口实现的嵌入式 J-Link-OB (ATSAM3U4C TFBGA100)
评估板监视器	一个 RGB (红色、绿色和蓝色) LED 四个按钮开关	- -
扩展	一个 PIO 连接器 一个 mikroBUS™ 连接器	- 数百个内置 Microchip 功能的 Click™ 扩展板
电源管理	两个功率调节器 两个功耗测量器件	Microchip MIC2800 和 MCP1725 Microchip PAC1934 和 PAC1710
评估板电源	从 USB A 或从外部连接器	-
备用电池	超级电容	-

2.2 评估工具包规范

表 2-2. 评估工具包规范

特性	规范
评估板	SAM9X60-EK
评估板电源电压	外部供电或 USB 供电
温度	工作温度：0°C 至+70°C 储存温度：-40°C 至+85°C
相对湿度	0 至 90%（非冷凝）
主评估板尺寸	150 × 125 × 20 mm
RoHS 状态	符合
评估板标识	SAM9X60 评估工具包

2.3 电源

SAM9X60-EK 评估板支持两种供电方式：

- 通过外部交流转直流+5V 壁式适配器连接器（J1）供电
- 通过 USBA 端口上的 USB Micro-B 连接器（J7——默认选择）供电

表 2-3. 电气特性

电气参数	值
输入电压	5VDC
最大输入电压（限值）	6VDC
最大 3.3 VDC 电流	300 mA



CAUTION SAM9X60-EK 评估板以 3.3V 逻辑电平运行。I/O 引脚可以承受的最大电压是 3.3V。向 I/O 引脚输入更高电压（例如 5V）可能会损坏评估板。

2.4 板上连接器

全功能 SAM9X60-EK 评估板集成了多个外设和接口连接器，如下图所示。

图 2-1. SAM9X60-EK 顶部连接器

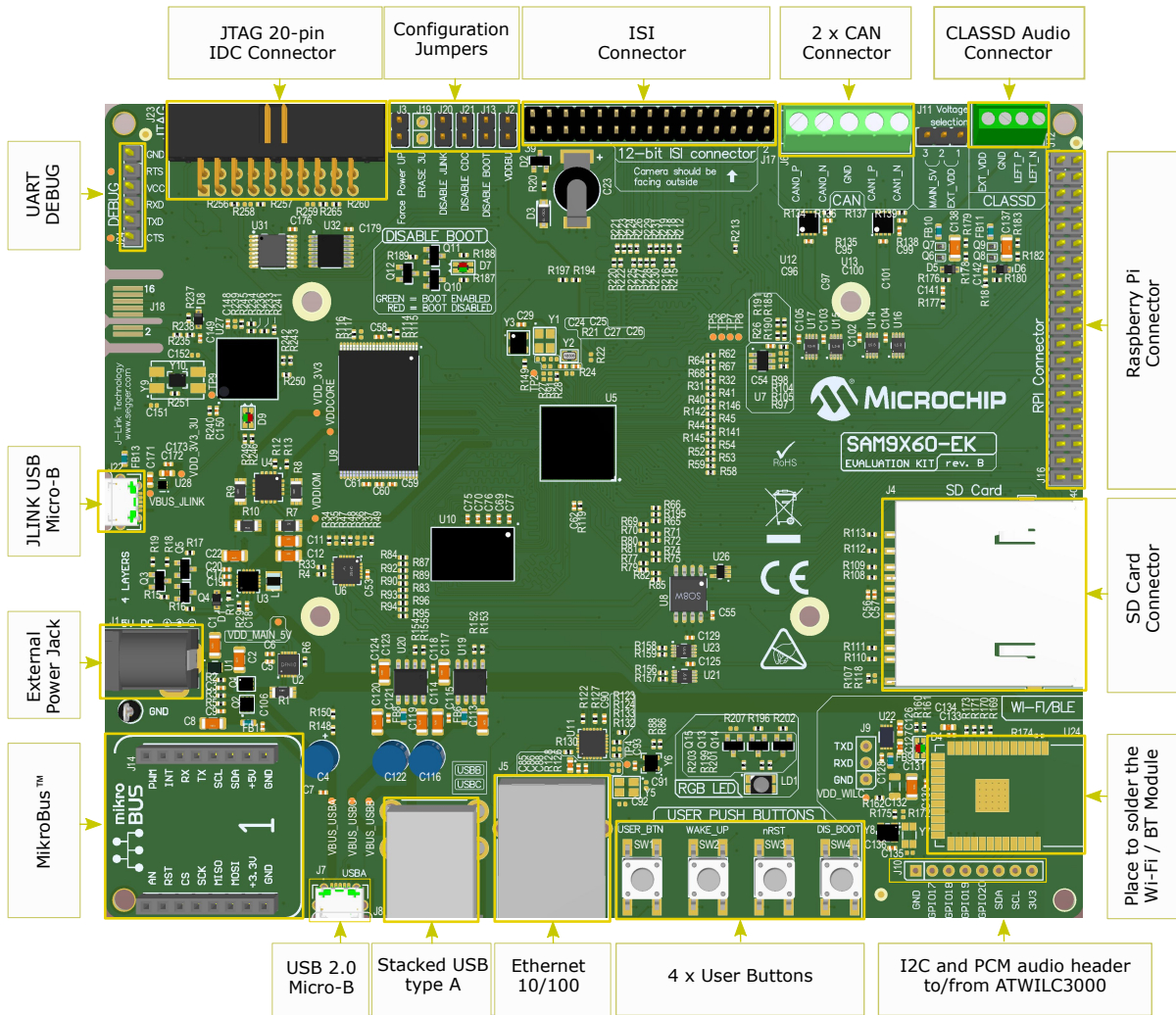


图 2-2. SAM9X60-EK 底部连接器

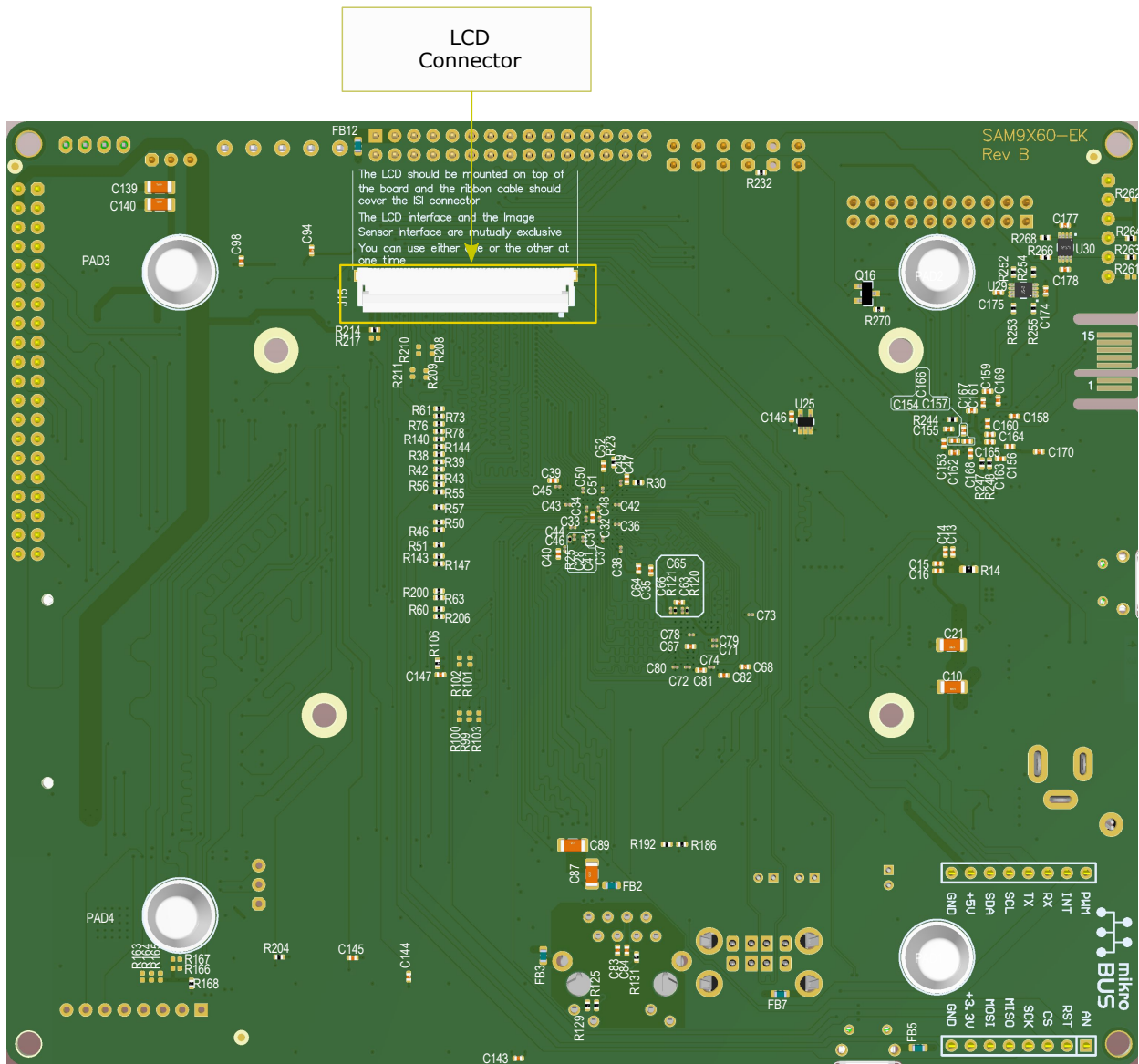


表 2-4. SAM9X60-EK 评估板接口连接器

连接器	连接到
J1	外部电源插孔
J4	标准 SDMMC 连接器
J6	双 CAN
J7	USB 2.0 Micro-B (USB-A)
J8A	堆叠式 Type-A USB (USB-B)
J8B	堆叠式 Type-A USB (USB-B)
J10 (不安装)	ATWILC3000 GPIO
J9 (不安装)	ATWILC3000 UART

..... (续)	
连接器	连接到
J5	以太网 10/100 RJ45 (端口 1)
J11	音频外部电源
J12	ClassD 音频输出
J14	mikroBUS 插座
J15	LCD 连接器
J16	外部 GPIO
J17	ISI 摄像头连接器
J18	用于 SAM3U/J-Link-OB 出厂编程的 PCB 连接器 (不得由最终用户使用)
J22	USB 2.0 Micro-B 和 J-Link-OB/J-Link-CDC
J23	JTAG, 20 引脚 IDC
J24	FTDI 连接器 (UART 调试器)

2.5 默认跳线设置

表 2-5. SAM9X60-EK 跳线设置

跳线	状态	功能
J2	闭合	VDDBU 电流测量
J3	闭合	禁止 SHDN 功能, 并始终使评估板保持上电
	断开 (默认)	正常行为, PMIC 可以通过 MPU 断电
J13	闭合	永久禁止从板上存储器引导
	断开 (默认)	仅当按下 SW4 时, 才禁止从板上存储器引导
J19 (不安装)	闭合	擦除 SAM3U 固件 (不安装, 为出厂配置保留, 不得由最终用户使用)
	断开 (默认)	正常 SAM3U 操作 (运行 J-Link 接口)
J20	闭合	禁止 J-Link 板上接口。通过 20 引脚 SAM-ICE™ 连接器 J23 进行 MPU 调试 (即, 需要一个外部 JTAG 接口)
	断开 (默认)	使能 J-Link 板上接口。通过它进行 MPU 调试 (即, 使用 SAM3U MCU 和 Micro USB 连接器 J22)
J21	闭合	禁止 MPU 和 SAM3U 之间的 UART 通信 (CDC)
	断开 (默认)	使能 MPU 和 SAM3U 之间的 UART 通信 (CDC) (PD20 端口也必须为高电平)

2.6 工具包内容

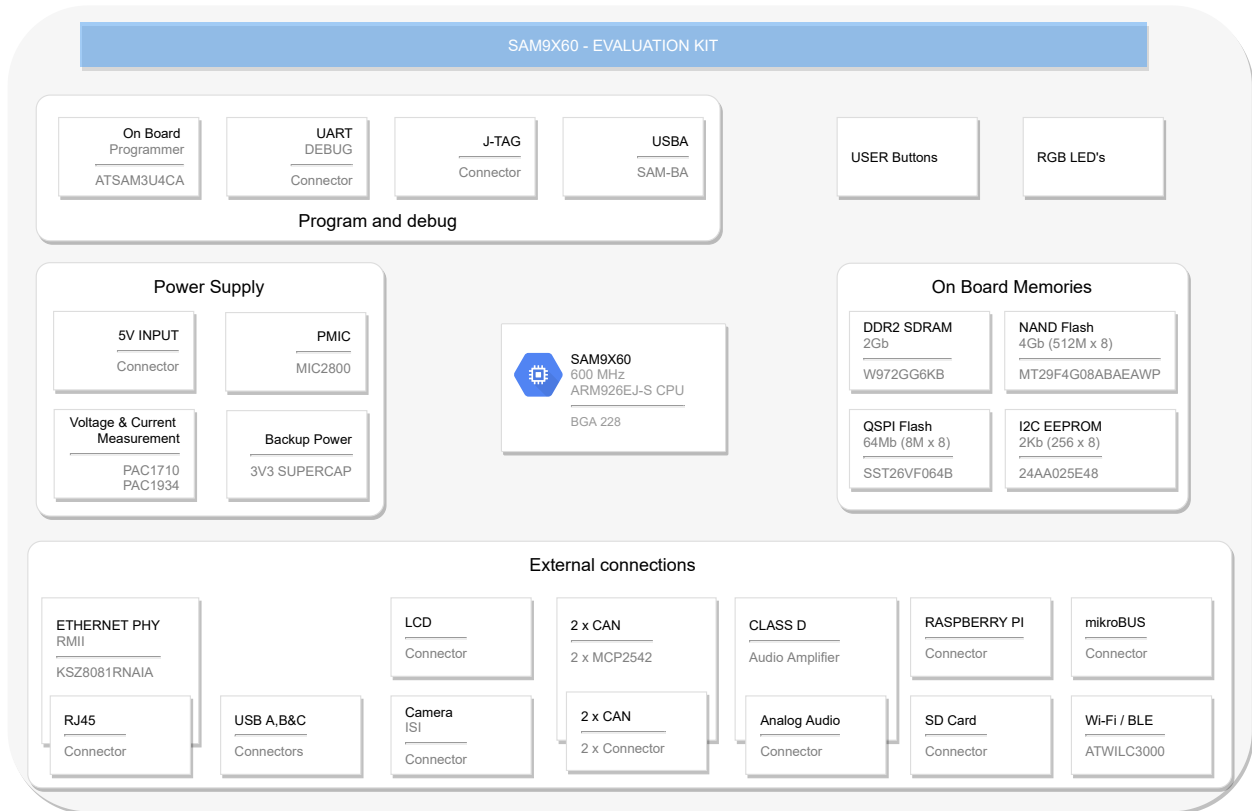
SAM9X60 评估工具包包括以下组件:

- SAM9X60-EK 评估板
- USB-A 转 USB Micro-B 线缆
- 50 个位置的 FFC/FPC 线缆

3. 功能模块

本章介绍 SAM9X60-EK 的规范，并提供此评估板主要元件和接口的详细说明。本文档并非旨在提供有关处理器或评估板上使用的任何其他元件的详细说明文档。有关这些器件的详细信息，请参见相应的器件文档。

图 3-1. SAM9X60-EK 框图



3.1 电源拓扑和配电

本节介绍了可确保板上所有器件都具有足够的电压稳定性和电流预算的实现和电路，还说明了 MPU 的正确上电顺序。为了确保器件可靠运行，必须遵循 SAM9X60 数据手册中提供的上电和掉电顺序。

3.1.1 输入电源选项

SAM9X60-EK 评估板可通过以下方式供电：

- 外部交流转直流+5V 壁式适配器，该适配器通过 2.1 mm 中心正插头插入评估板的电源插孔（J1）。电源适配器的建议输出容量为 2A。
- USB 端口 A（J7）。

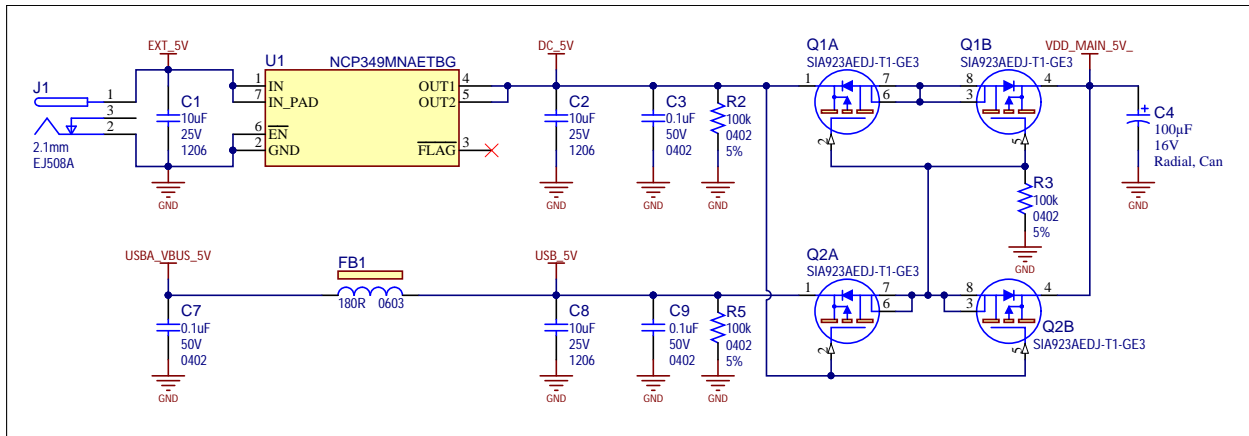
壁式适配器的+5V 通过 NCP349 正过压控制器开关提供保护。当检测到错误的输入工作条件（5.83V 的最大电压）时，控制器能够将系统与其输出引脚断开。

USB 供电操作源自连接到 PC 或 5V 直流电源的 USB 设备端口。在大多数应用中，USB 电源足以为评估板供电。请注意，使用 USB 电源时，USB 端口的功率有限。如果应用需要 USB 主机端口，建议使用外部直流电源。

两种供电选项之间的切换由四个晶体管实现，当两者同时插入时，这些晶体管可确保它们之间分离。切换时优先考虑由壁式适配器供电，以最大程度地提高传输功率。

下图给出了输入电源拓扑。

图 3-2. 输入电源选项



注：USB 供电操作无需使用额外的电线和电池。如果项目仅需要最高 500 mA 电流的 5V 电源，此为首先操作模式。

3.1.2 电源管理集成电路

MIC2800 是一款高性能电源管理 IC，可提供三种具有最高效率的输出电压。MIC2800 集成了一个 2 MHz 直流/直流转换器和一个 LDO 后置稳压器，通过第二个 300 mA LDO 提供两个高效率输出，以实现最大的灵活性。直流/直流转换器使用较小的 L 和 C 值来减小电路板空间，同时在最高 600 mA 的负载电流下仍可保持超过 90% 的效率。有关 MIC2800 的更多信息，请参见产品网页。

每个 LDO 都有一个独立的使能 (EN) 引脚，因此可以为 MPU 设置正确的上电顺序。EN1 输入的 20 kΩ 串联电阻和 0.1 µF 并联电容构成一个低通滤波器，并在 MPU 正常工作所需的 3.3V 和 1.15V 电压轨之间引入必要的延时。二极管 (图 3-3 中的 D1) 可确保电容在掉电序列期间快速放电。

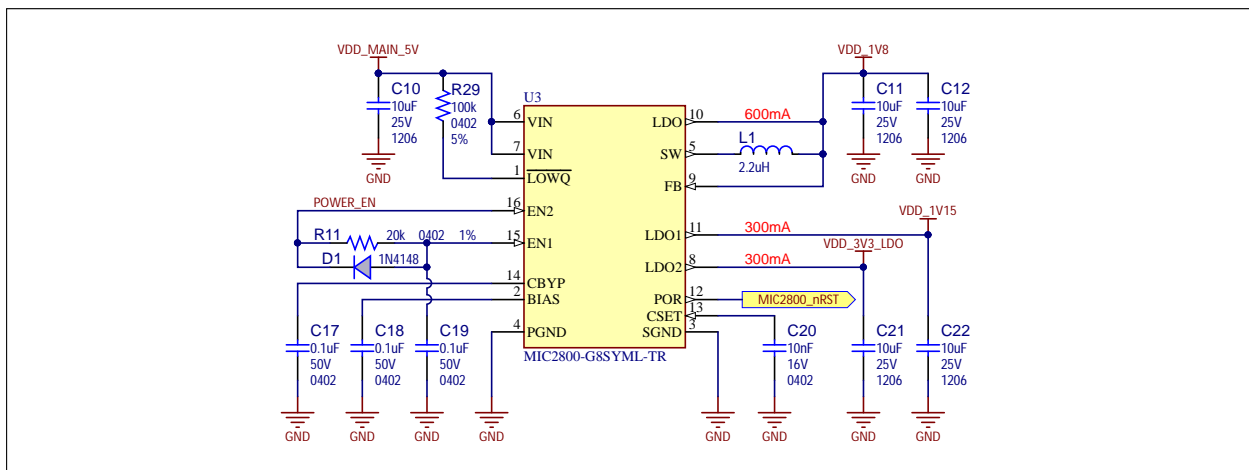
有关 SAM9X60 MPU 电源的详细信息以及上电/掉电注意事项，请参见 SAM9X60 器件数据手册中的“电气特性”部分 (见 1.2 推荐读物)。

MIC2800-G8S 预设为提供系统所需的所有电压轨：

- 1.8V DC/DC 为 SAM9X60 DDR2 焊盘 (VDDIOM) 和器件供电。
- 1.15V LDO1 为 SAM9X60 内核 (VDDCORE) 供电。
- 3.3V LDO2 为 SAM9X60 I/O 焊盘供电。

下图显示了电源管理方案。

图 3-3. 电源管理集成电路

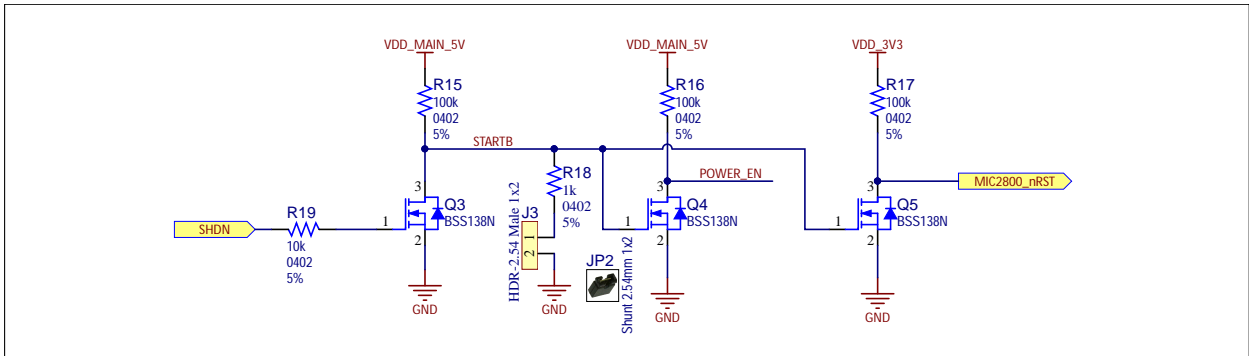


3.1.3 关断电路

处理器可将 SHDN 信号置为有效来关断 PMIC 并进入掉电模式。具体方法是通过场效应晶体管（Field Effect Transistor, FET）方案将 PMIC 的两个使能引脚拉至 GND。

不得将跳线 J3 设置为使能此功能。通过设置跳线 JP2/J3，用户可以关断 MPU，而不会使其电源轨掉电。

图 3-4. 关断电路



3.1.4 电池单元

所实现的 3.3V 电池（超级电容）可永久保持 VDDBU 电压。

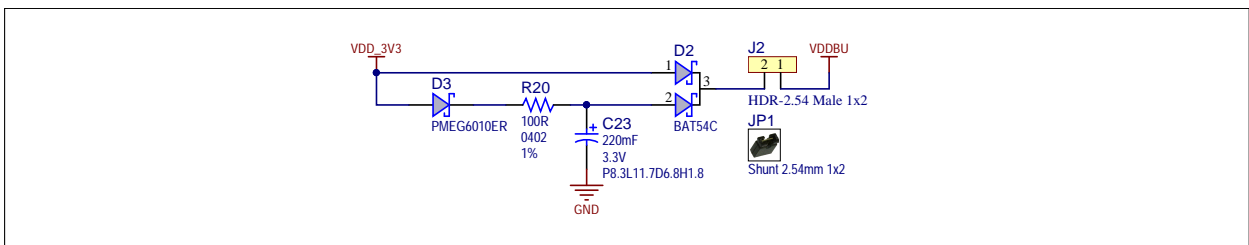
此功能允许用户关断 MPU 和系统以进入低功耗模式，同时仍然保留先前在 MPU 备份区域中设置的自定义配置。在关断模式下，可通过 SW2 按钮上的操作（WAKE UP）向 MPU 发出恢复操作的信号，以便唤醒评估板。

必须正确安装跳线 JP1/J2 才能确保 MPU 正常工作，如果用户希望通过复位通用备份寄存器（General Purpose Backup Register, GPBR）将 MPU 恢复为初始配置，则可以移除跳线 JP1/J2。



在移除跳线 JP1/J2 之前，请确保评估板已断电。

图 3-5. 电池单元



3.1.5 电流测量

SAM9X60-EK 评估板上嵌入了两个 Microchip 直流功率/能量监视器：

- 一个单通道上桥臂电流检测监视器 PAC1710
- 一个四通道电流检测监视器 PAC1934

这两个芯片均通过双线接口（Two-Wire Interface, TWI）与 MPU 通信，并且均将其 ALERT# 信号输出到端口扩展器。

PAC1710 是具有精确电压测量功能的单通道上桥臂双向电流检测监视器。该功率监视器测量外部检测电阻两端的电压，从而代表电池或稳压器的上桥臂电流。PAC1710 还测量 SENSE+ 引脚电压并计算积分周期内的平均功率。PAC1710 可编程为当电流检测和总线电压超出上/下限时将 ALERT# 引脚置为有效。有关 PAC1710 的更多信息，请参见产品网页。

评估板上安装了一个电流检测电阻，用于测量 5V 主电源轨上的电压和电流。

图 3-6. PAC1710 电流测量

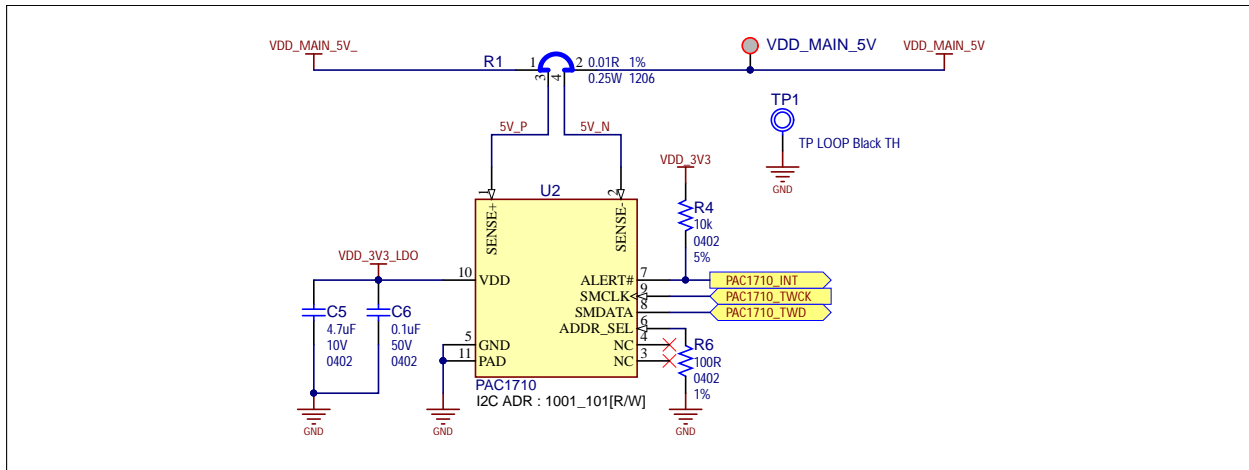


表 3-1. PAC1710 信号说明

PIO	信号名称	共用 PIO	信号说明
PA31	PAC1710_TWCK	电源 TWI	TWI 时钟
PA30	PAC1710_TWD	电源 TWI	TWI 数据
-	PAC1710_INT	-	中断——至端口扩展器 U6

PAC1934 是一个四通道功率/能量监视器，带有电流传感器放大器和总线电压监视器，可为高分辨率 ADC 供电。数字电路执行功率计算和能量累加。PAC1934 在 1 ms 到 36 小时的积分周期内进行能量监视。总线电压、检测电阻电压和累加的比例功率存储在寄存器中，以供系统主器件或嵌入式控制器检索。有关 PAC1934 的更多信息，请参见产品网页。

评估板上安装了四个电流检测电阻，用于测量电源轨上的电压和电流消耗：

- 3.3V VDD_3V3_MPU——3.3V 电源轨上的 MPU
- 3.3V VDD_3V3_SYS——3.3V 电源轨上的系统的其余部分
- 1.8V VDDIOM——MPU 和 DDR2 存储器
- 1.15V VDDCORE——MPU 内核

图 3-7. PAC1934 电流测量

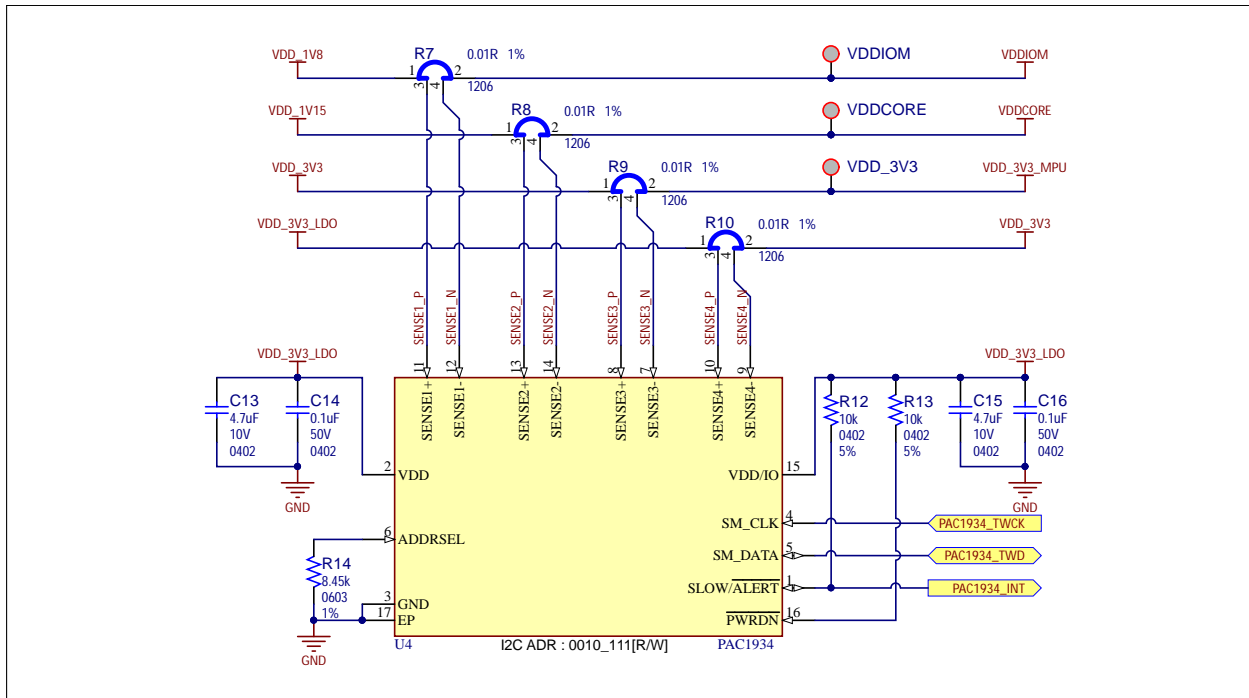


表 3-2. PAC1934 信号说明

PIO	信号名称	共用 PIO	信号说明
PA31	PAC1934_TWCK	电源 TWI	TWI 时钟
PA30	PAC1934_TWD	电源 TWI	TWI 数据
-	PAC1934_INT	-	中断——至端口扩展器 U6

3.2 处理器

SAM9X60 是基于 ARM926EJ-S CPU 的高性能、超低功耗嵌入式微处理器（MPU），运行速度最高为 600 MHz，支持多种存储器，例如 SDRAM、LPSDRAM、LPDDR、DDR2、QSPI 和 e.MMC 闪存。该器件集成了用于连接和用户界面应用的强大外设，并提供安全功能（篡改检测等）、TRNG 以及支持 AES 和 SHA 的高性能加密加速器。

有关更多信息，请参见 SAM9X60 数据手册（见 1.2 推荐读物）。

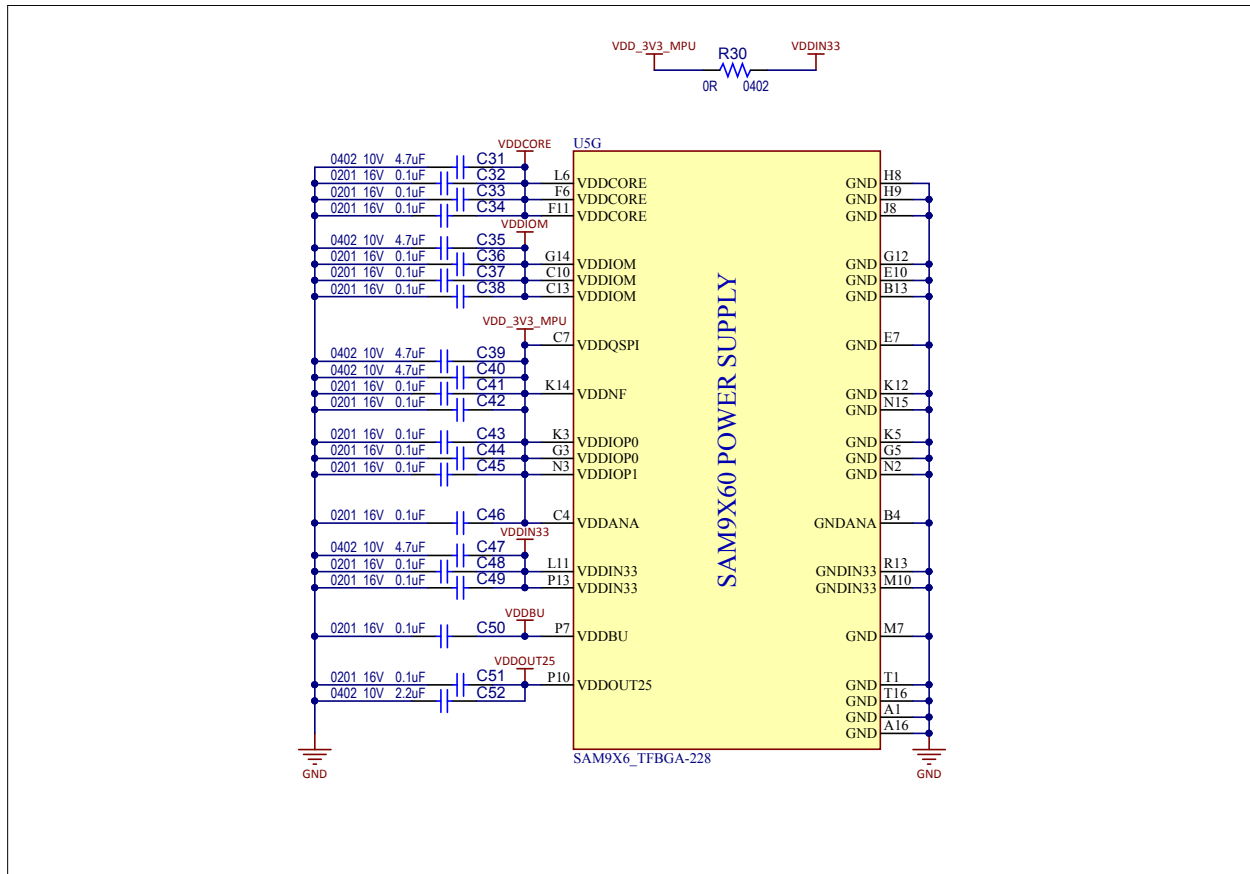
3.2.1 电源

PMIC（主稳压器）提供 SAM9X60 器件所需的所有电源：

- 1.15V，用于 VDDCORE
- 1.8V，VDDIOM
- 3.3V，用于 VDDIOP0、VDDIOP1、VDDANA、VDDNF、VDDQSPI、VDDIN33 和 VDDBU

去耦电容靠近 MPU 电源引脚放置，以稳定电压轨。

图 3-8. 处理器电源

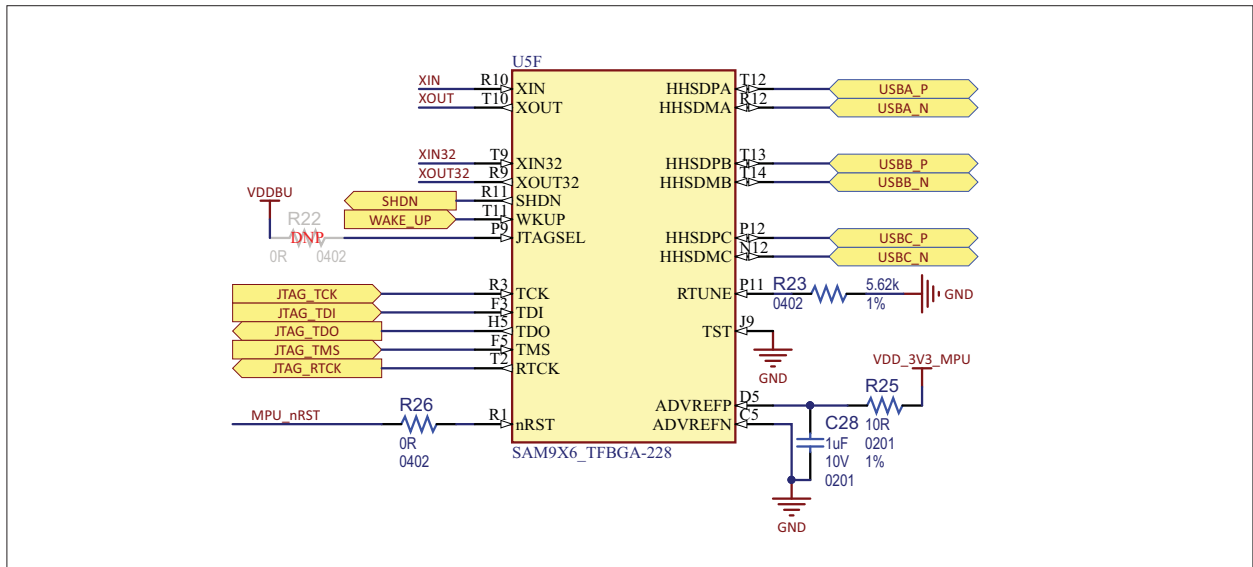


3.2.2 主配置和控制

本节给出了处理器配置和控制的主模块：

- XIN 和 XOUT 是主时钟振荡器的输入/输出。
- XIN32 和 XOUT32 是慢速时钟振荡器的输入/输出。
- SHDN 是用于使能和禁止外部电源电路的输出信号。
- WKUP 是用于将处理器从关断状态唤醒的事件检测输入引脚。
- JTAGSEL 是拉高时可启用 JTAG 边界扫描的输入。
- TCK、TDI、TDO、TMS 和 RTCK 用于 JTAG 通信。
- nRST 是处理器主复位输入。
- HHSD_A/B/C 是 MPU 内嵌入的三个 USB 端口。
- RTUNE 用于 USB 外部调节。
- TST 输入保留用于处理器制造测试。
- ADVREFP 和 ADVREFN 分别是嵌入式模拟比较器的正、负参考点。放置小型低通滤波器的目的是减少输入噪声并提高精度。

图 3-9. 处理器主配置和控制



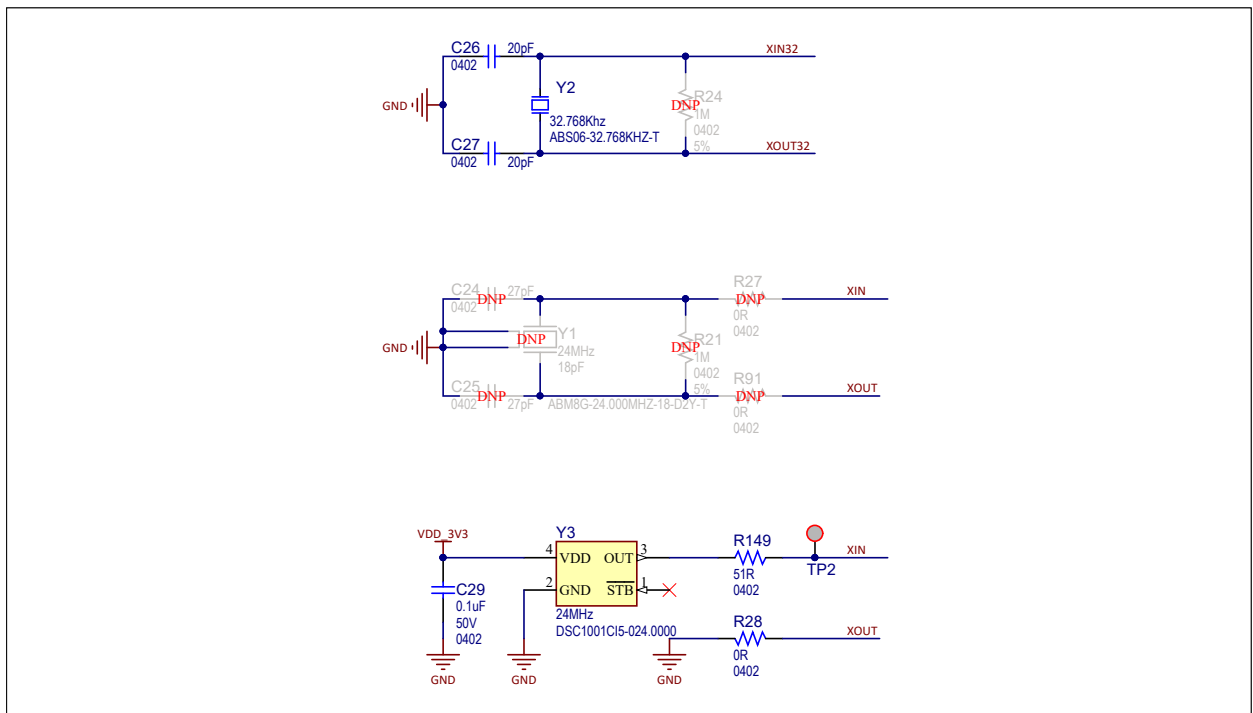
3.2.3 时钟电路

嵌入式 MPU 基于以下两个振荡器生成其必要的时钟：一个运行频率为 32.768 kHz 的慢速时钟（SLCK）振荡器和一个运行频率为 24 MHz 的主时钟振荡器。

主时钟振荡器通过 MEMS（微电子机械系统）器件 DSC1001 实现。

出于评估目的，我们允许用户使用 PCB 保留空间（Y1）自由安装晶振。在这种情况下，应移除电阻 R149 和 R28，安装电阻 R27 和 R91，并安装电容 C24 和 C25 以便为所选晶振提供适当的负载电容。

图 3-10. 处理器时钟电路

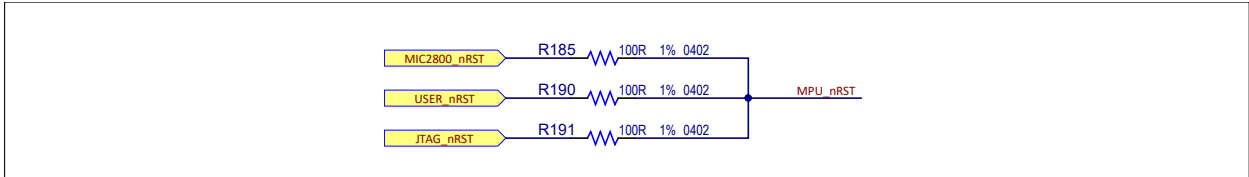


3.2.4 复位电路

评估板上有三个 SAM9X60 MPU 复位源：

- 电源管理单元 MIC2800 的上电复位
- 用户按钮复位 SW3
- 在线仿真器的外部 JTAG 或 J-Link-OB 复位

图 3-11. 处理器复位电路



3.2.5 DDR 控制器（MPDDRC）

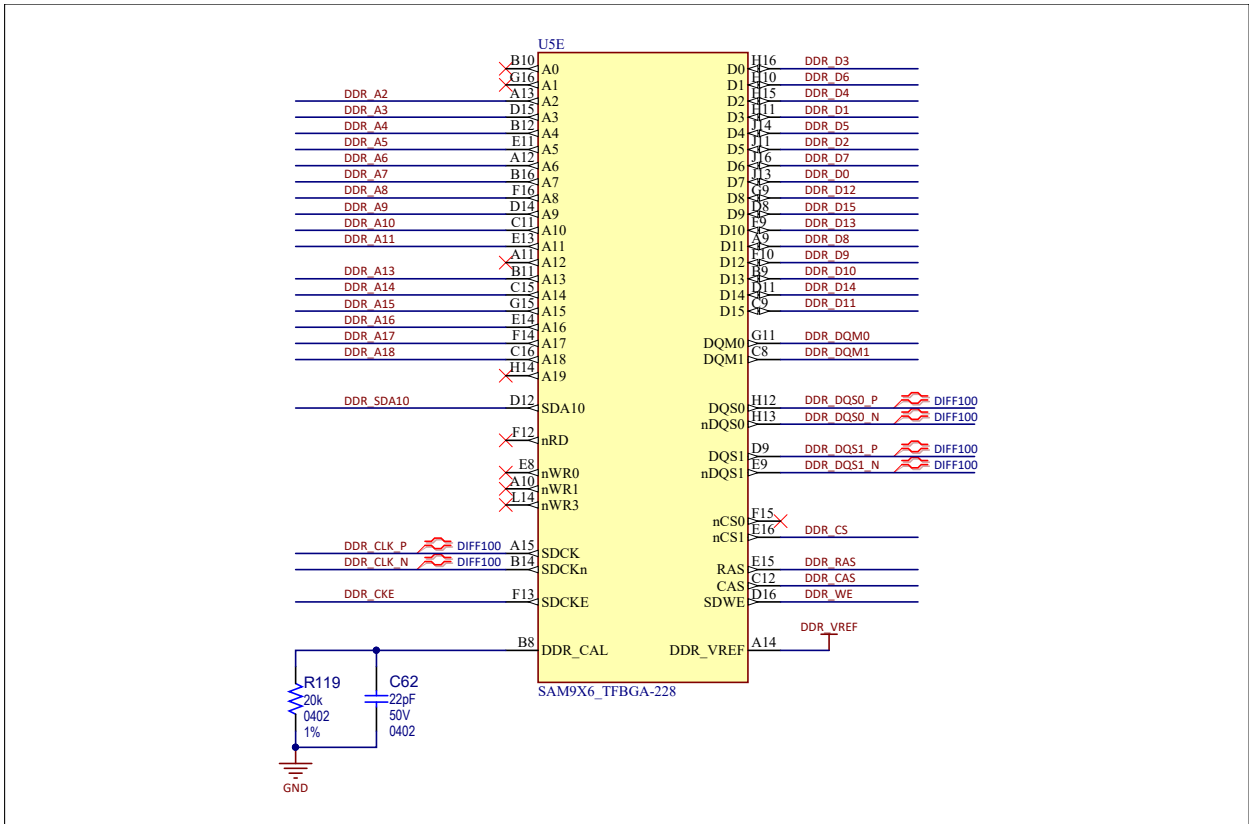
SAM9X60 嵌入了一个多端口 DDR-SDRAM 控制器（MPDDRC），用于驱动 DDR2 和 LPDDR1 存储器。

请注意以下有关 DDR 控制器与 DDR 存储器之间的命令和控制信号连接的信息：

- 控制器侧不使用地址 A0、A1 和 A12。
- 地址 A2 至 A11 连接到存储器侧的 A0 至 A9。
- 信号 SDA10 必须连接到 A10。
- 地址 A13 至 A15 连接到存储器侧的最后三个地址。
- A16 至 A18 连接到 BA0 至 BA2。

建议对照数据手册中提供的信息仔细检查设计原理图。

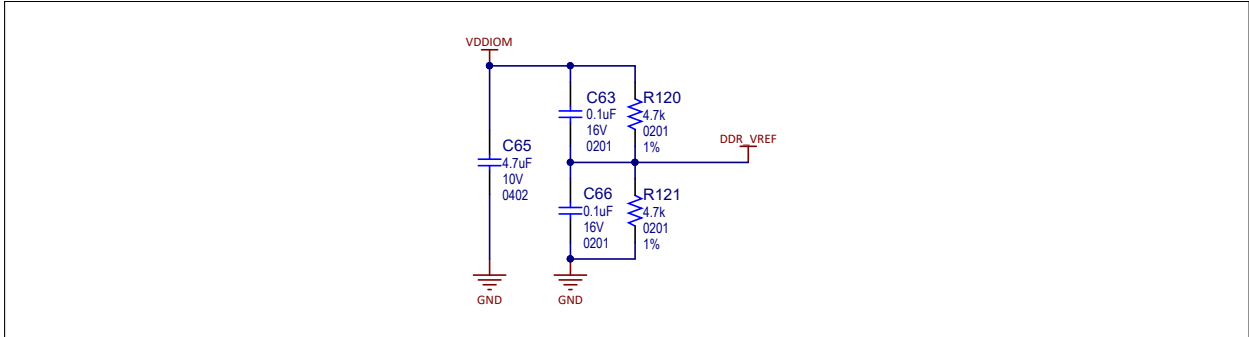
图 3-12. 处理器 DDR 控制器



MPDDRC I/O 嵌入了自动阻抗匹配控制，可避免过冲，并根据总线负载和外部存储器达到最佳性能。驱动器的输出阻抗与线路的特征阻抗匹配的串行端接方案可用于改善信号质量并降低 EMI。这可通过使用 ZQ 校准过程校准 SAM9X60 DDR I/O 驱动强度来实现。必须连接 ZQ 电阻的引脚是 DDR_CAL，如 SAM9X60 数据手册中 DDR2 的情况所述，电阻值为 20 KΩ。

当使用 DDR2 或 LPDDR 外部 SDRAM 存储器时，DDR_VREF 引脚用作 DDR I/O 的参考电压输入。

图 3-13. DDR 参考电压



3.2.6 PIO

以下各部分介绍了连接到 SAM9X60 MPU 端口的所有信号。

有关每个端口功能的详细信息，请参见表 3-3。

图 3-14. 处理器 PIO PA 和 PC

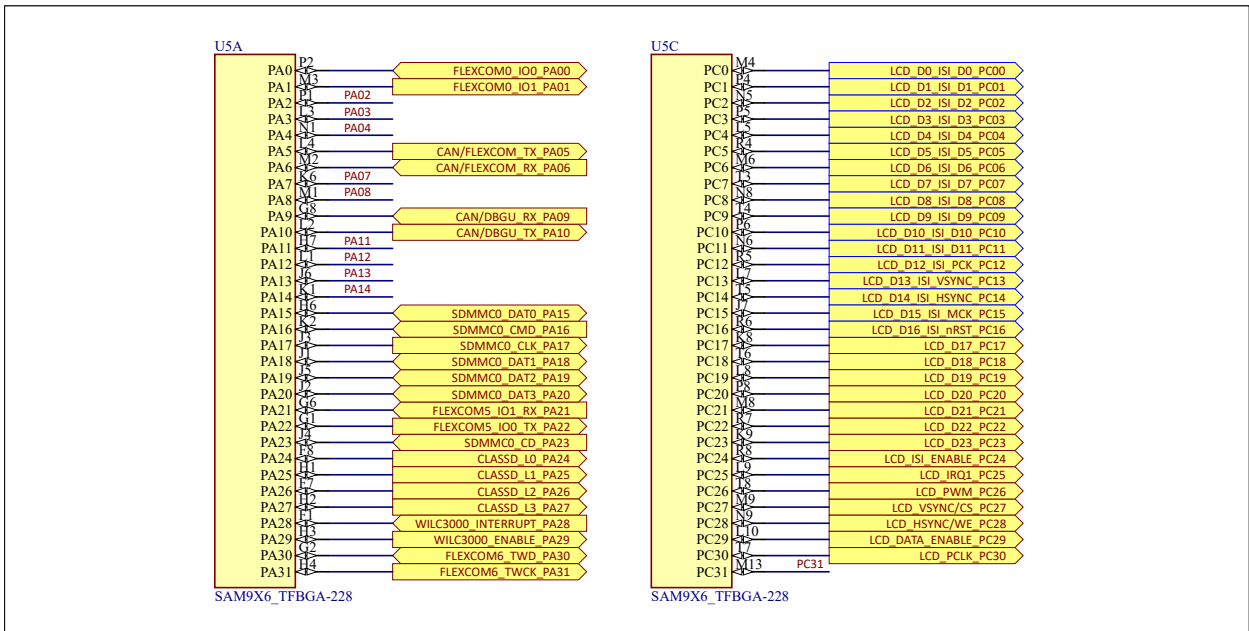
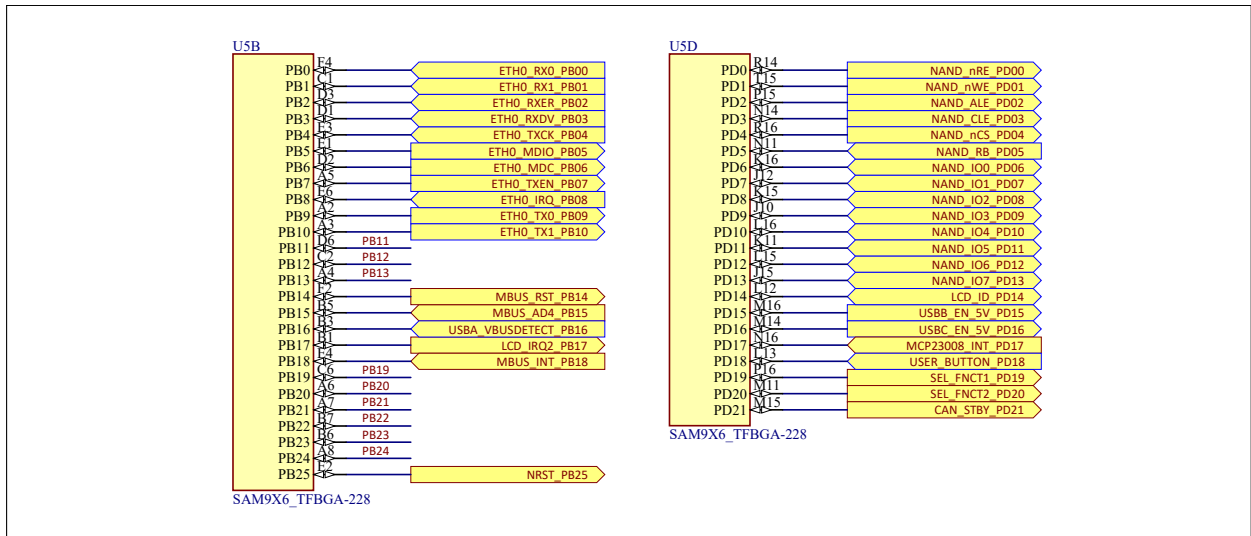


图 3-15. 处理器 PIO PB 和 PD



一些端口会复用，以便在评估工具包上容纳更多器件，以及展示 SAM9X60 MPU 可以通过单根 PIO 线实现的所有功能。

通过放置在评估板上且尽可能靠近 MPU 的无源电阻，可将共享多个功能的大多数端口分开，因此无需进行其他硬件更改。在大多数情况下，用户一次只能使用其中一种功能，也可以开发一种复合驱动程序来同时使用多种功能。

图 3-16. 处理器 PIO 复用

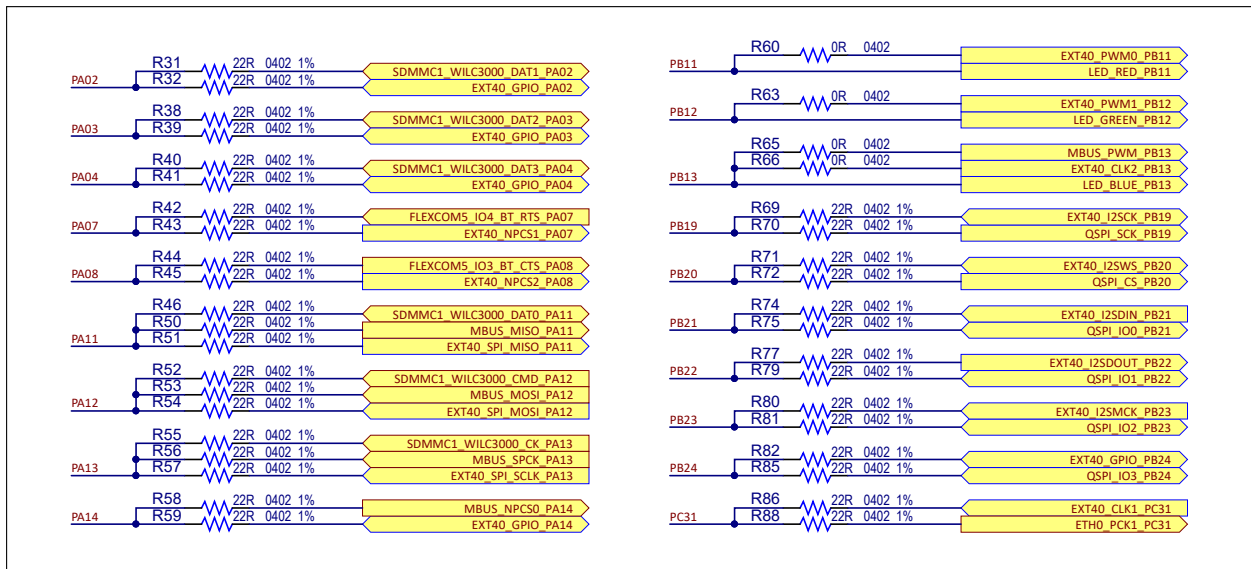


表 3-3. 处理器 PIO 引脚分配和信号说明

焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PA0	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM0_IO0	LCD、EEPROM 和外部 40 引脚插座之间共用的 TWI 数据 (TWD) 双向线路
PA1	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM0_IO1	LCD、EEPROM 和外部 40 引脚插座之间共用的 TWI 时钟 (TWCK) 输出线路
PA2	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC1_DAT1	ATWILC3000 Wi-Fi/BT 模块的 SDIO 数据 1 (I/O1) 双向线路
		GPIO	连接到外部 40 引脚插座的 GPIO

..... (续)			
焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PA3	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM0_IO3	ATWILC3000 Wi-Fi/BT 模块的 SDIO 数据 2 (I/O2) 双向线路
		GPIO	连接到外部 40 引脚插座的 GPIO
PA4	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM0_IO2	ATWILC3000 Wi-Fi/BT 模块的 SDIO 数据 3 (I/O3) 双向线路
		GPIO	连接到外部 40 引脚插座的 GPIO
PA5 ¹	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM1_IO0	连接到外部 40 引脚插座的 UART 发送 (TX) 输出线路
		CANTX1	连接到第二个 CAN 收发器 MCP2542 的 CAN 发送 (CANTX) 输出线路
PA6 ¹	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM1_IO1	连接到外部 40 引脚插座的 UART 接收 (RX) 输入线路
		CANRX1	连接到第二个 CAN 收发器 MCP2542 的 CAN 接收 (CANRX) 输入线路
PA7	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM4_IO4	外部 40 引脚插座的第一个 SPI 片选 (nCS) 输出线路
		FLEXCOM5_IO4	BT 模块的 SPI 请求发送 (RTS) 输出线路
PA8	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM4_IO5	外部 40 引脚插座的第二个 SPI 片选 (nCS) 输出线路
		FLEXCOM5_IO3	BT 模块的 SPI 允许发送 (CTS) 输入线路
PA9 ²	VDDIOP0 (3.3V)	DRXD	DEBUG UART 接收 (DRX) 输入线路
		CANRX0	连接到第一个 CAN 收发器 MCP2542 的 CAN 接收 (CANRX) 输入线路
PA10 ²	VDDIOP0 (3.3V)	DTXD	DEBUG UART 发送 (DTX) 输入线路
		CANTX0	连接到第一个 CAN 收发器 MCP2542 的 CAN 发送 (CANTX) 输出线路
PA11	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM4_IO1	mikroBUS 和外部 40 引脚连接器之间共用的 SPI 主输入从输出 (MISO) 输入线路
		SDMMC1_DAT0	连接到 ATWILC3000 Wi-Fi/BT 模块的 SDIO 数据 0 (I/O0) 双向线路
PA12	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM4_IO0	mikroBUS 和外部 40 引脚连接器之间共用的 SPI 主输出从输入 (MOSI) 输出线路
		SDMMC1_CMD	连接到 ATWILC3000 Wi-Fi/BT 模块的 SDIO 命令 (CMD) 双向线路
PA13	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM4_IO2	mikroBUS 和外部 40 引脚连接器之间共用的 SPI 源时钟 (SCLK) 输出线路
		SDMMC1_CK	连接到 ATWILC3000 Wi-Fi/BT 模块的 SDIO 数据 0 (I/O0) 双向线路
PA14	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM4_IO3	mikroBUS 连接器的 SPI 片选 (nCS) 输出线路
		GPIO	连接到外部 40 引脚插座的 GPIO
PA15	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC0_DAT0	连接到 SD 卡连接器的 SDIO 数据 0 (I/O0) 双向线路
PA16	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC0_CMD	连接到 SD 卡连接器的 SDIO 命令 (CMD) 双向线路
PA17	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC0_CK	连接到 SD 卡连接器的 SDIO 时钟 (CLK) 输出线路

..... (续)			
焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PA18	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC0_DAT1	连接到 SD 卡连接器的 SDIO 数据 1 (I/O1) 双向线路
PA19	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC0_DAT2	连接到 SD 卡连接器的 SDIO 数据 2 (I/O2) 双向线路
PA20	VDDIOP0 (3.3V)	SDMMC0_DAT3	连接到 SD 卡连接器的 SDIO 数据 3 (I/O3) 双向线路
PA21	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM5_IO1	mikroBUS 连接器和 ATWILC3000 模块上的 BT 收发器之间共用的 UART 接收 (RX) 输入线路
PA22	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM5_IO0	mikroBUS 连接器和 ATWILC3000 模块上的 BT 收发器之间共用的 UART 发送 (TX) 输出线路
PA23	VDDIOP0 (3.3V)	GPIO	用于检测何时将 SD 卡插入了 SD 连接器的 GPIO 输入
PA24	VDDIOP0 (3.3V)	CLASSD_L0	CLASSD 左侧输出 L0
PA25	VDDIOP0 (3.3V)	CLASSD_L1	CLASSD 左侧输出 L1
PA26	VDDIOP0 (3.3V)	CLASSD_L2	CLASSD 左侧输出 L2
PA27	VDDIOP0 (3.3V)	CLASSD_L3	CLASSD 左侧输出 L3
PA28	VDDIOP0 (3.3V)	GPIO/WKUP4	用于指示来自 WILC300 Wi-Fi/BT 模块的任何中断的 GPIO 输入
PA29	VDDIOP0 (3.3V)	GPIO	用于通过使其电源来使能 WILC300 Wi-Fi/BT 模块的 GPIO 输出
PA30	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM6_IO0	PAC1934、PAC1710、MPC23008 和 mikroBUS 连接器之间共用的 TWI 数据 (TWD) 双向信号
PA31	VDDIOP0 (3.3V)	FLEXCOM6_IO1	PAC1934、PAC1710、MPC23008 和 mikroBUS 连接器之间共用的 TWI 时钟 (TWCK) 双向信号
PB0	VDDANA (3.3V)	E0_RX0	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网接收数据 0 信号
PB1	VDDANA (3.3V)	E0_RX1	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网接收数据 1 信号
PB2	VDDANA (3.3V)	E0_RXER	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网接收错误信号
PB3	VDDANA (3.3V)	E0_RXDV	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网接收数据有效信号
PB4	VDDANA (3.3V)	E0_TXCK	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网发送时钟信号
PB5	VDDANA (3.3V)	E0_MDIO	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网管理数据 I/O 信号
PB6	VDDANA (3.3V)	E0_MDC	连接到 KSZ8081 的 RMII 以太网管理数据时钟信号

..... (续)			
焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PB7	VDDANA (3.3V)	E0_TXEN	连接到 KSZ8081 的 RMI 以太网接收数据有效信号
PB8	VDDANA (3.3V)	E0_TXER	连接到 KSZ8081 的 RMI 以太网发送编码错误信号
PB9	VDDANA (3.3V)	E0_TX0	连接到 KSZ8081 的 RMI 以太网发送数据 0 信号
PB10	VDDANA (3.3V)	E0_TX1	连接到 KSZ8081 的 RMI 以太网发送数据 1 信号
PB11	VDDANA (3.3V)	PWM0	LD1 红色 LED 和 40 引脚连接器之间共用的 PWM 信号
PB12	VDDANA (3.3V)	PWM1	LD1 绿色 LED 和 40 引脚连接器之间共用的 PWM 信号
PB13	VDDANA (3.3V)	PWM2	LD1 蓝色 LED、mikroBUS 和 40 引脚连接器之间共用的 PWM 信号
PB14	VDDANA (3.3V)	GPIO	用作 mikroBUS 连接器的复位信号的 GPIO 输出
PB15	VDDANA (3.3V)	AD4	mikroBUS 连接器的模拟输入
PB16	VDDANA (3.3V)	GPIO	用于检测评估板是否已连接到主机 USB A 端口的 GPIO 输入
PB17	VDDANA (3.3V)	GPIO	用于指示来自 LCD 的任何中断请求的 GPIO 输入
PB18	VDDANA (3.3V)	GPIO	用于指示来自 mikroBUS 连接器的任何中断请求的 GPIO 输入
PB19	VDDQSPI (3.3V)	QSCK	连接到 SST26VF064B 的 QSPI 串行时钟 (SCK) 信号
		I2SMCC_CK	连接到 40 引脚连接器的 I2S 位时钟 (CK) 信号
PB20	VDDQSPI (3.3V)	QCS	连接到 SST26VF064B 的 QSPI 片选 (CS) 信号
		I2SMCC_WS	连接到 40 引脚连接器的 I2S 字选择 (WS) 信号
PB21	VDDQSPI (3.3V)	QIO0	连接到 SST26VF064B 的 QSPI 数据 I/O 0 (IO0) 信号
		I2SMCC_DIN0	连接到 40 引脚连接器的 I2S 数据输入 0 (DIN0) 信号
PB22	VDDQSPI (3.3V)	QIO1	连接到 SST26VF064B 的 QSPI 数据 I/O 1 (IO1) 信号
		I2SMCC_DOUT0	连接到 40 引脚连接器的 I2S 数据输出 0 (DOUT0) 信号
PB23	VDDQSPI (3.3V)	QIO2	连接到 SST26VF064B 的 QSPI 数据 I/O 2 (IO2) 信号
		I2SMCC_MCK	连接到 40 引脚连接器的 I2S 主时钟 (MCK) 信号
PB24	VDDQSPI (3.3V)	QIO3	连接到 SST26VF064B 的 QSPI 数据 I/O 3 (IO3) 信号
		GPIO	连接到 40 引脚连接器的 GPIO 信号
PB25	VDDIOP0 (3.3V)	NRST_OUT	用于复位评估板上所有器件的输出信号

..... (续)			
焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PC0	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT0	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 0 (DAT0) 信号
		ISI_D0	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (Image Sensor Interface, ISI) 数据输入 0 (D0) 信号
PC1	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT1	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 1 (DAT1) 信号
		ISI_D1	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 1 (D1) 信号
PC2	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT2	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 2 (DAT2) 信号
		ISI_D2	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 2 (D2) 信号
PC3	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT3	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 3 (DAT3) 信号
		ISI_D3	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 3 (D3) 信号
PC4	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT4	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 4 (DAT4) 信号
		ISI_D4	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 4 (D4) 信号
PC5	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT5	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 5 (DAT5) 信号
		ISI_D5	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 5 (D5) 信号
PC6	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT6	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 6 (DAT6) 信号
		ISI_D6	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 6 (D6) 信号
PC7	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT7	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 7 (DAT7) 信号
		ISI_D7	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 7 (D7) 信号
PC8	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT8	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 8 (DAT8) 信号
		ISI_D8	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 8 (D8) 信号
PC9	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT9	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 9 (DAT9) 信号
		ISI_D9	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 9 (D9) 信号
PC10	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT10	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 10 (DAT10) 信号
		ISI_D10	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 10 (D10) 信号
PC11	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT11	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 11 (DAT11) 信号
		ISI_D11	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 11 (D11) 信号
PC12	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT12	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 12 (DAT12) 信号
		ISI_PCK	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 数据输入 12 (D12) 信号
PC13	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT13	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 13 (DAT13) 信号
		ISI_VSYNC	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 垂直同步 (VSYNC) 信号
PC14	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT14	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 14 (DAT14) 信号
		ISI_HSYNC	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 水平同步 (HSYNC) 信号
PC15	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT15	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 15 (DAT15) 信号
		ISI_MCK	连接到 ISI 连接器的图像传感器接口 (ISI) 主时钟 (MCK) 信号

..... (续)			
焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PC16	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT16	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 16 (DAT16) 信号
PC17	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT17	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 17 (DAT17) 信号
PC18	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT18	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 18 (DAT18) 信号
PC19	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT19	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 19 (DAT19) 信号
PC20	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT20	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 20 (DAT20) 信号
PC21	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT21	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 21 (DAT21) 信号
PC22	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT22	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 22 (DAT22) 信号
PC23	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDAT23	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据输出 23 (DAT23) 信号
PC24	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDISP	连接到 LCD 连接器的 LCD 显示屏 ON/OFF (DISP) 输出信号
PC25	VDDIOP1 (3.3V)	GPIO	用于指示来自 LCD 连接器的任何中断请求的 GPIO 输入
PC26	VDDIOP1 (3.3V)	LCDPWM	连接到 LCD 连接器的 LCD 对比度控制 PWM (PWM) 输出信号
PC27	VDDIOP1 (3.3V)	LCDVSYNC	连接到 LCD 连接器的 LCD 垂直同步 (VSYNC) 输出信号
PC28	VDDIOP1 (3.3V)	LCDHSYNC	连接到 LCD 连接器的 LCD 水平同步 (HSYNC) 输出信号
PC29	VDDIOP1 (3.3V)	LCDDEN	连接到 LCD 连接器的 LCD 数据使能 (EN) 输出信号
PC30	VDDIOP1 (3.3V)	LCDPCK	连接到 LCD 连接器的 LCD 像素时钟 (PCK) 输出信号
PC31	VDDIOP1 (3.3V)	PCK1	可编程时钟输出, 可用作 RMII 以太网 PHY KSZ8081 或 40 引脚连接器的时钟源
PD0	VDDNF (3.3V)	NANDOE	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存输出使能 (OE) 输出信号
PD1	VDDNF (3.3V)	NANDWE	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存写使能 (OE) 输出信号
PD2	VDDNF (3.3V)	A21/NANDALE	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存地址锁存器使能 (ALE) 输出信号
PD3	VDDNF (3.3V)	A22/NANDCLE	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存命令锁存器使能 (CLE) 输出信号
PD4	VDDNF (3.3V)	NCS3	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存片选 (CLE) 输出信号

..... (续)			
焊盘	电源轨	功能	I/O 类型
PD5	VDDNF (3.3V)	NWAIT	NAND 闪存就绪/繁忙# (R/B#) 输入引脚, 提供了一种通过 MT29F4G08ABAEA 检测 PROGRAM 或 ERASE 周期是否完成的硬件方法
PD6	VDDNF (3.3V)	D16	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 0 (D0) 双向信号
PD7	VDDNF (3.3V)	D17	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 1 (D1) 双向信号
PD8	VDDNF (3.3V)	D18	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 2 (D2) 双向信号
PD9	VDDNF (3.3V)	D19	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 3 (D3) 双向信号
PD10	VDDNF (3.3V)	D20	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 4 (D4) 双向信号
PD11	VDDNF (3.3V)	D21	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 5 (D5) 双向信号
PD12	VDDNF (3.3V)	D22	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 6 (D6) 双向信号
PD13	VDDNF (3.3V)	D23	连接到 MT29F4G08ABAEA 的 NAND 闪存数据 7 (D7) 双向信号
PD14	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于通过 OneWire 接口读取在 LCD 上的 EEPROM 中存储的信息, 从而识别所连接 LCD 的类型
PD15	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于使能 USBB 端口上 5V 电源的 GPIO 输出
PD16	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于使能 USBC 端口上 5V 电源的 GPIO 输出
PD17	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于指示来自 MCP23008 GPIO 扩展器的任何中断请求的 GPIO 输入
PD18	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于探测用户按钮的变化的 GPIO 输入
PD19	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于在 PA05 和 PA06 的功能之间进行选择的 GPIO 输出 ⁽¹⁾ 高电平 = UART 连接到 40 引脚连接器; 低电平 = CAN1 通信
PD20	VDDNF (3.3V)	GPIO	用于在 PA10 和 PA09 的功能之间进行选择的 GPIO 输出 ⁽²⁾ 高电平 = 使能 DEBUG UART 低电平 = CAN0 通信
PD21	VDDNF (3.3V)	D31	使 CAN 收发器进入或退出待机模式的 GPIO 输出

注:

1. 端口 PA5 和 PA6 的功能选择也必须符合 PD19 的状态, 因为该信号控制评估板上放置的模拟开关。
2. 端口 PA9 和 PA10 的功能选择也必须符合 PD20 的状态, 因为该信号控制评估板上放置的模拟开关。

3.2.7 专用双线接口

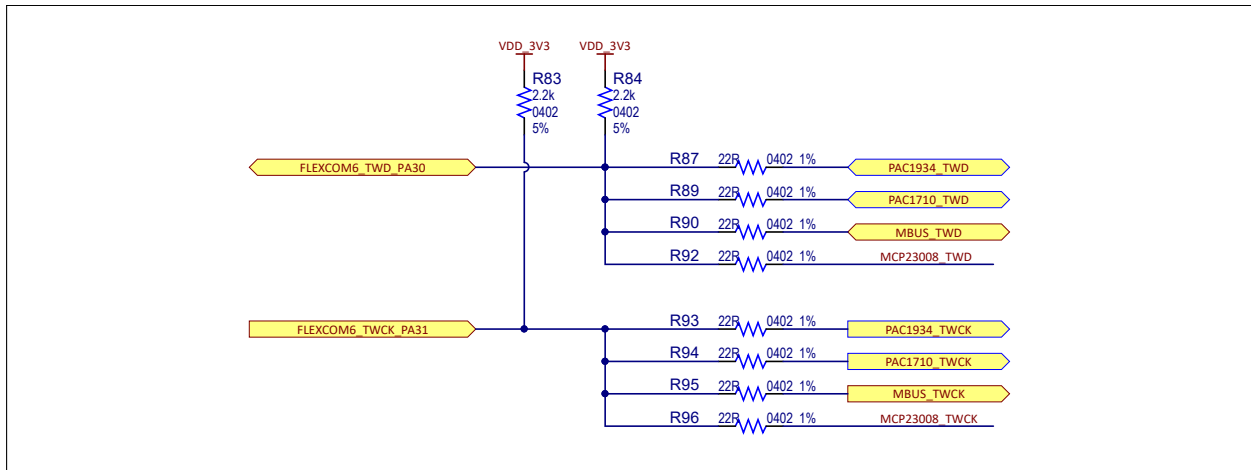
SAM9X60-EK 评估板有两个专用的 TWI 来访问板上器件。

TWI 接口仅使用两条线, 即串行数据 (TWD) 和串行时钟 (TWCK)。根据标准, TWI 时钟速率在快速模式下限制为 400 kHz, 在正常模式下限制为 100 kHz, 但可配置波特率发生器允许调整输出数据速率来满足各种内核时钟频率要求。TWI 支持主模式和从模式。

一个接口用于访问位于评估板左下方的器件:

- PAC1934 电压监视器 (地址: 0010_111[R/W])
- PAC1710 电压监视器 (地址: 1001_101[R/W])
- MCP23008 端口扩展器 (地址: 0100_000[R/W])
- mikroBUS 连接器上连接的任何器件

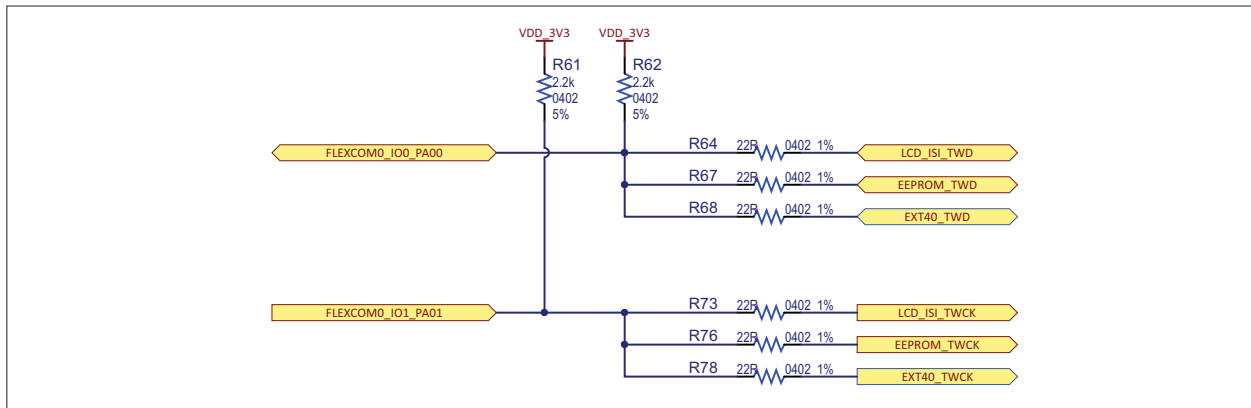
图 3-17. 评估板左下方的 TWI 接口



另一个接口用于访问位于评估板右上方的器件：

- 24AA025E48 串行 EEPROM（地址：1010_011[R/W]）
- ISI 连接器上连接的 LCD 或摄像头
- 外部 40 引脚连接器上连接的任何器件

图 3-18. 评估板右上方的 TWI 接口



3.2.8 I/O 扩展器

SAM9X60-EK 有一个带串行 TWI 接口的 8 位 I/O 扩展器 MCP23008。

MCP23008 由用于输入、输出和极性选择的多个 8 位配置寄存器组成。系统主器件可通过写入 I/O 配置位将 I/O 使能为输入或输出。

每个输入或输出的数据都保存在对应的输入或输出寄存器中。输入端口寄存器的极性可用极性反转寄存器反转。所有寄存器都可由系统主器件读取。

中断输出可配置为在两种条件下激活（互斥）：

- 当任何输入状态与其对应的输入端口寄存器状态不同时（向系统主器件指示输入状态已更改）
- 当输入状态与预配置的寄存器值不同时

“中断捕捉”寄存器会捕捉发生中断时的端口值，从而保存引起中断的条件。

上电复位（Power-on Reset, POR）会将寄存器设置为它们的默认值，并初始化器件状态机。

MCP23008 通过 TWI 总线与 MPU 通信。

图 3-19. 处理器 IO 扩展器

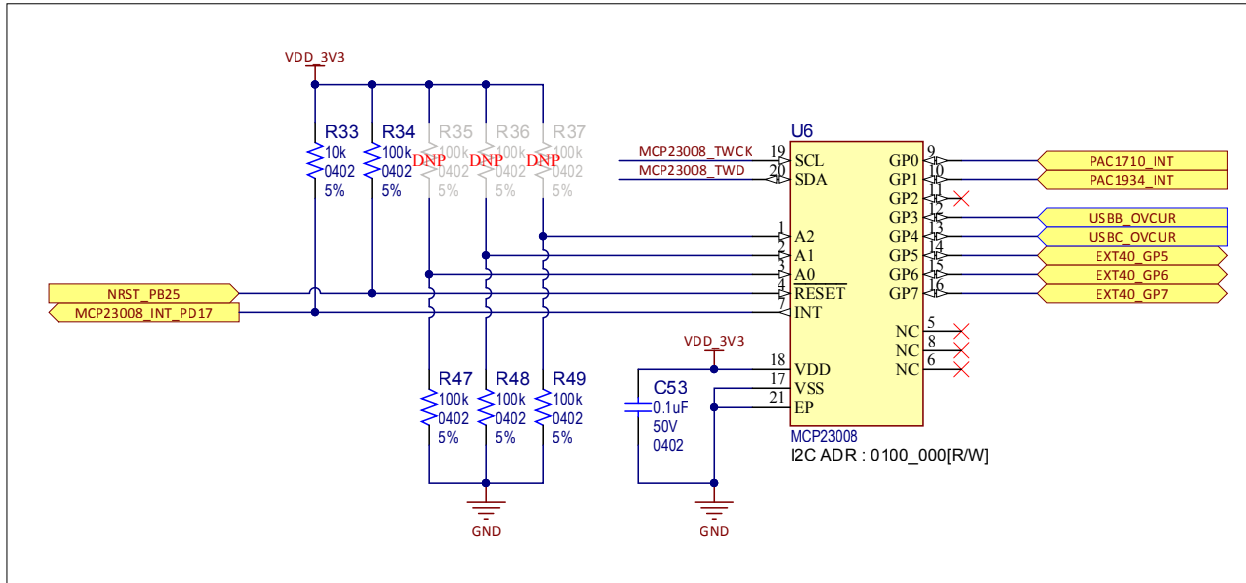


表 3-4. I/O 扩展器信号说明

PIO	信号名称	信号说明
GP0	PAC1710_INT	到 MPU 的 PAC1710 中断
GP1	PAC1934_INT	到 MPU 的 PAC1934 中断
GP2	-	-
GP3	USB_B_OVCUR	USB B 过流指示灯
GP4	USBC_OVCUR	USB C 过流指示灯
GP5	EXT40_GP5	自由使用的 GPIO
GP6	EXT40_GP6	自由使用的 GPIO
GP7	EXT40_GP7	自由使用的 GPIO
INT	MCP23008_INT_PD17	到 MPU 的 MCP23008 中断
RESET	-	nRST
SCL	MCP23008_TWCK	MCP23008 TWI 时钟
SDA	MCP23008_TWD	MCP23008 TWI 数据

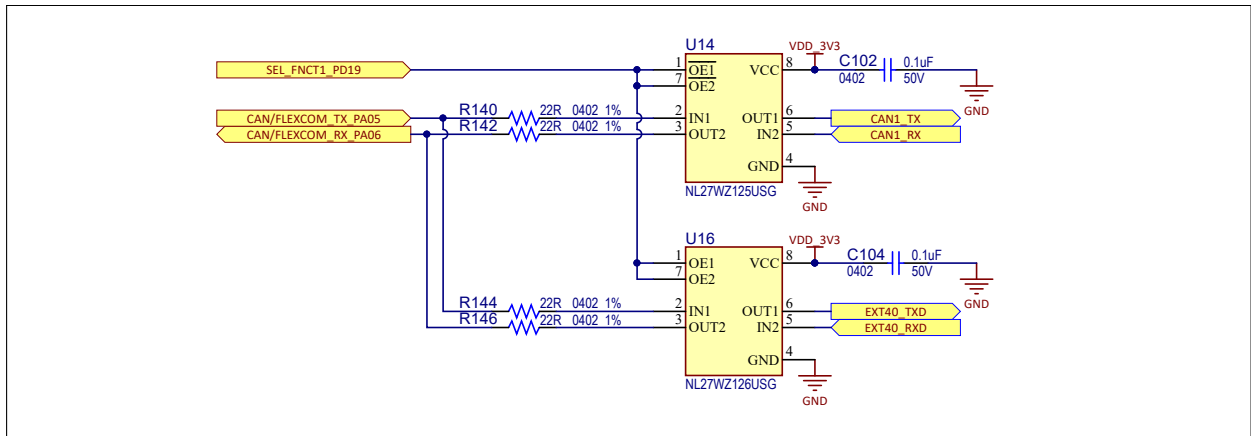
3.2.9 特殊功能选择器

使用专用的信号缓冲区将不同接口之间共用的某些端口分开，以避免可能对线路造成任何的干扰。

端口 PA05 和 PA06 在 CAN1 收发器和连接 40 引脚连接器的 UART 接口之间共用。使用端口 PD19 完成选择：

- 高电平 = UART 连接到 40 引脚连接器
- 低电平 = CAN1 通信

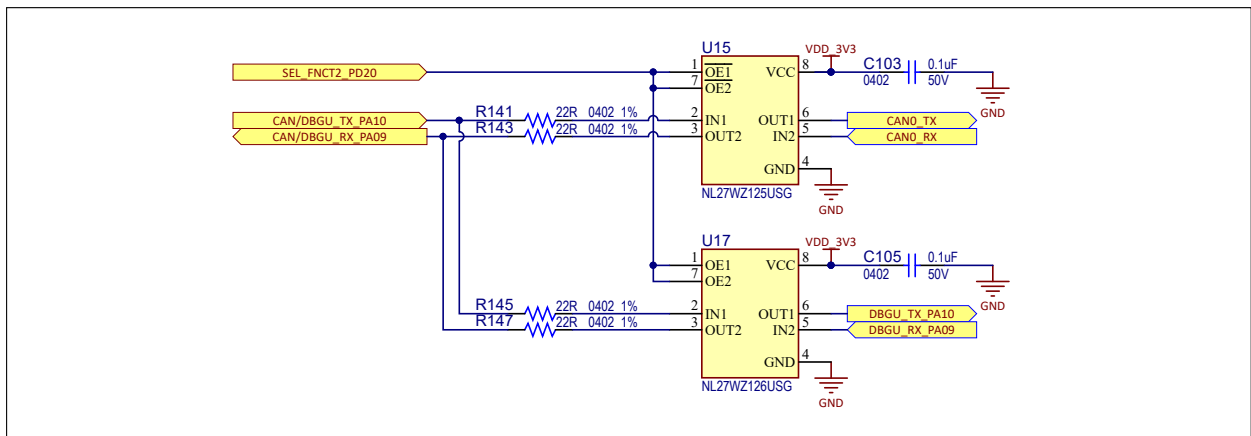
图 3-20. 在 CAN1 或 EXT40 UART 之间选择



端口 PA09 和 PA10 在 CAN0 收发器和连接 DEBUG 连接器的 DEBUG UART 接口之间共用。使用端口 PD20 完成选择：

- 高电平 = DEBUG UART 通信
- 低电平 = CAN0 通信

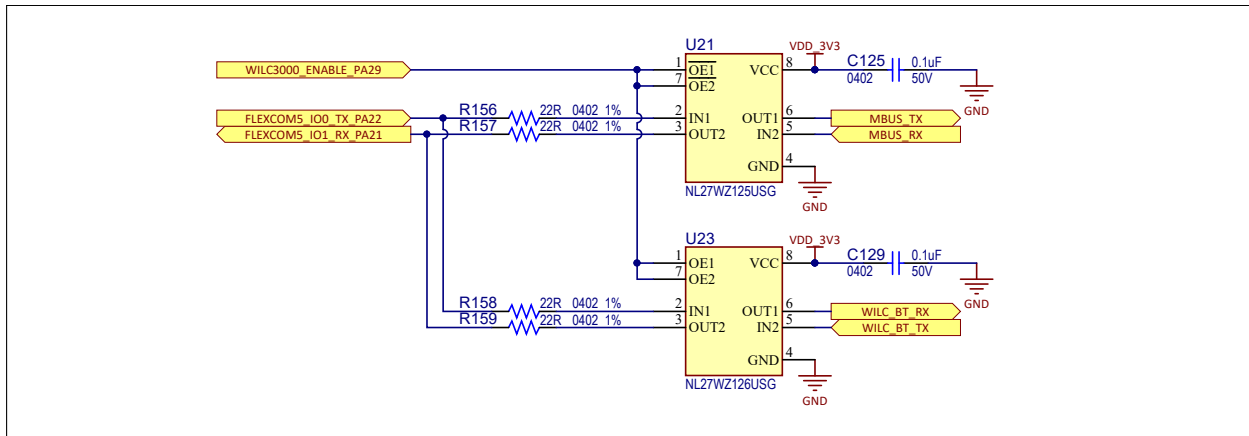
图 3-21. 在 CAN0 或 DBGU UART 之间选择



端口 PA21 和 PA22 在连接 mikroBUS 连接器的 UART 接口与用于访问和配置 ATWILC3000 模块蓝牙功能的 UART 接口之间共用。使用端口 PA29 进行选择：

- 高电平 = ATWILC3000 UART 通信
- 低电平 = MikroBUS CAN 通信

图 3-22. 在 mikroBUS UART 或 ATWILC3000 蓝牙 UART 之间选择



在开发应用时，设计人员必须牢记首先配置选择端口（PA29、PD19 和 PD20）的值，以确保信号采用所需的路径。

3.3 板上存储器

SAM9X60 具有一个 DDR/SDR 存储器接口和一个外部总线接口（EBI），可以连接各种外部存储器和几乎任何类型的并行外设。

本节介绍 SAM9X60-EK 评估板上安装的存储器件：

- 一个 DDR2 SDRAM
- 一个 NAND 闪存
- 一个 QSPI 闪存
- 一个串行 EEPROM

可通过以下方式将附加存储器添加到评估板上：

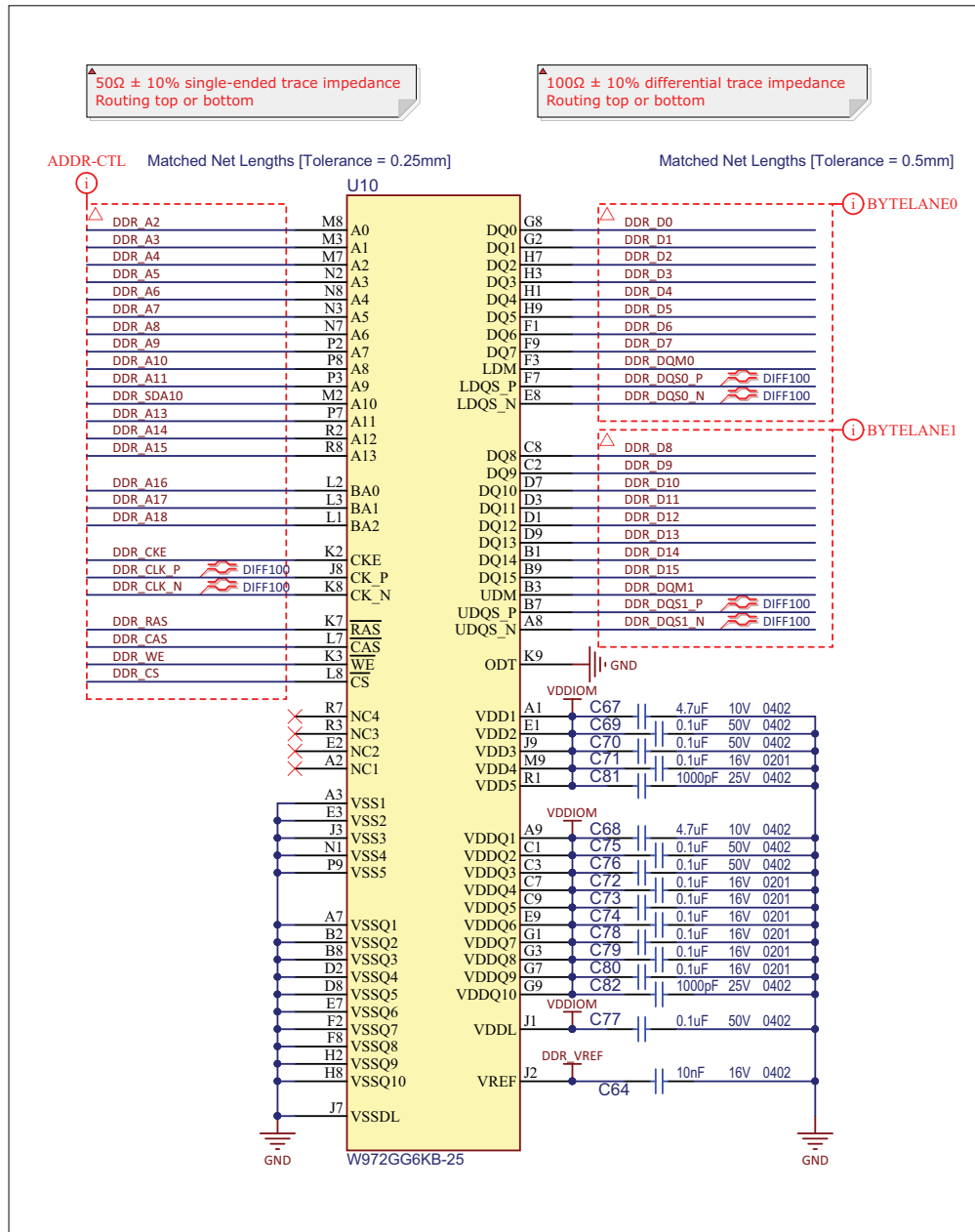
- 将 SD 或 MMC 卡安装到 SD/MMC 插槽中，
- 使用 USB 端口。

具体支持情况取决于操作系统中的驱动程序支持。

3.3.1 DDR2/SDRAM

板上有一个 DDR2/SDRAM（2 Gb W972GG6KB = 16M 字 x 16 位 x 8 个存储区）用作主系统存储器，总计 256 KB 的 SDRAM。存储器总线宽度为 16 位，工作频率最高 200 MHz。

图 3-23. DDR2/SDRAM



3.3.2 NAND 闪存

SAM9X60-EK 通过其 NAND 闪存控制器对 NAND 闪存提供原生支持。此评估板实现了一个 MT29F4G08ABAEA 4 Gb x 8 NAND 闪存，该闪存连接至单片机的片选 3 (NCS3)。这样就形成了 512 MB 的存储空间。

图 3-24. NAND 闪存

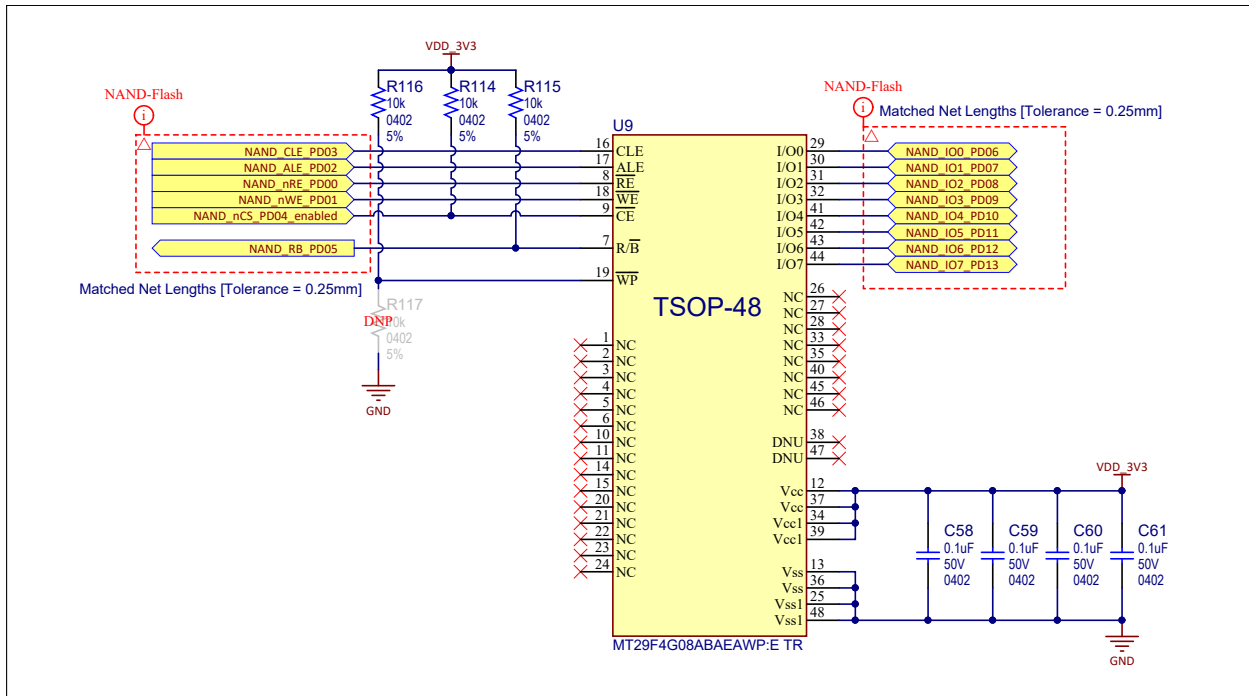


表 3-5. NAND 闪存信号说明

PIO	信号名称	共用 PIO	信号说明
PD6	NAND_IO0_PD06	-	数据 0
PD7	NAND_IO0_PD07	-	数据 1
PD8	NAND_IO0_PD08	-	数据 2
PD9	NAND_IO0_PD09	-	数据 3
PD10	NAND_IO0_PD10	-	数据 4
PD11	NAND_IO0_PD11	-	数据 5
PD12	NAND_IO0_PD12	-	数据 6
PD13	NAND_IO0_PD13	-	数据 7
PD1	NAND_nWE_PD01	-	写使能
PD4	NAND_nCS_PD04_enabled	-	片选（通过禁止引导控制缓冲区——见 3.5.5 禁止引导）
PD2	NAND_ALE_PD02	-	地址锁存器使能
PD3	NAND_CLE_PD03	-	命令锁存器使能
PD0	NAND_nRE_PD00	-	输出使能
PD5	NAND_RB_PD05	-	就绪/忙#

3.3.3 QSPI 串行闪存

SAM9X60-EK 评估板具有一个四通道串行外设接口（QSPI）存储器 SST26VF064B。

QSPI 总线是一种同步串行数据链路，可在主模式下与外部器件通信。

QSPI 可在 SPI 模式下用于连接串行外设（如 ADC、DAC、LCD 控制器、CAN 控制器和传感器），或者在串行存储器模式下连接串行闪存。

系统可以使用 QSPI 直接从串行闪存（就地执行（Execute In Place, XIP）技术）执行代码，而无需将代码映射到 RAM。闪存通信协议是串行的，但是在系统中被视为常规的并行存储器（ROM、SRAM、DRAM 和嵌入式闪存等）。

在四通道 SPI 协议的支持下，QSPI 使系统能够使用尺寸小且价格低廉的高性能串行闪存，来代替尺寸较大且更为昂贵的并行闪存。

图 3-25. QSPI 串行闪存

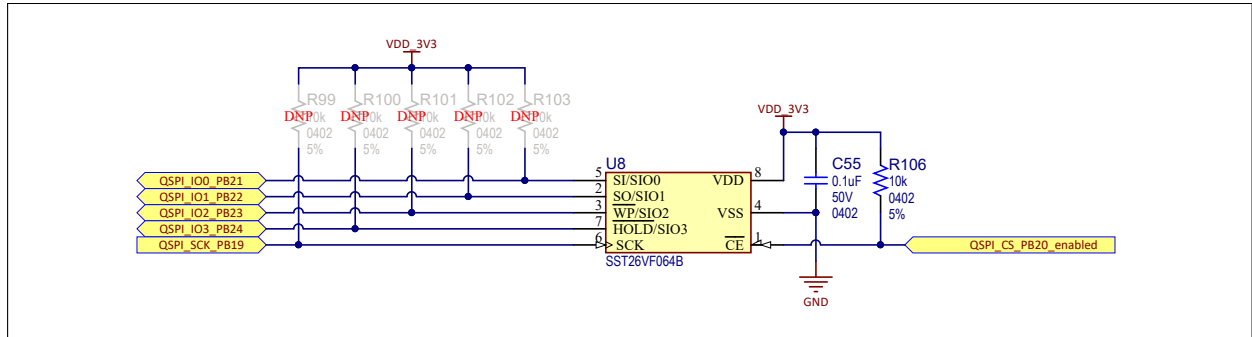


表 3-6. QSPI 信号说明

PIO	信号名称	共用 PIO	信号说明
PB19	QSPI0_SCK_PB19	I2SMCC_CK	QSPI 时钟
PB20	QSPI0_CS_PB20_enabled	I2SMCC_WS	片选（通过禁止引导控制缓冲区——见 3.5.5 禁止引导）
PB21	QSPI0_IO0_PB21	I2SMCC_DIN0	Data0
PB22	QSPI0_IO1_PB22	I2SMCC_DOUT0	Data1
PB23	QSPI0_IO2_PB23	I2SMCC_MCL	Data2
PB24	QSPI0_IO3_PB24	-	Data3

3.3.4 具有惟一 MAC 地址的串行 EEPROM

SAM9X60-EK 评估板嵌入了一个 Microchip 24AA025E48 串行 EEPROM。24AA025E48 具有 2048 位串行电可擦除的可编程只读存储器（EEPROM），该存储器划分为 256 个 8 位字，可通过 I²C（2 线）串行接口进行访问。此外，24AA025E48 还采用一种简单而经济的方法获得全球惟一的 MAC 或 EUI 地址（EUI-48™）。有关 24AA025E48 的更多信息，请参见产品网页。

EUI-48 地址可以分配为系统硬件器件或节点的实际物理地址，也可以分配给软件实例。这些地址由 Microchip 在出厂时进行编程，并且是惟一的。这些地址会置于标准 2 Kb 存储阵列之外的扩展存储块中，并永久受到写保护。

图 3-26. EEPROM 24AA02E48

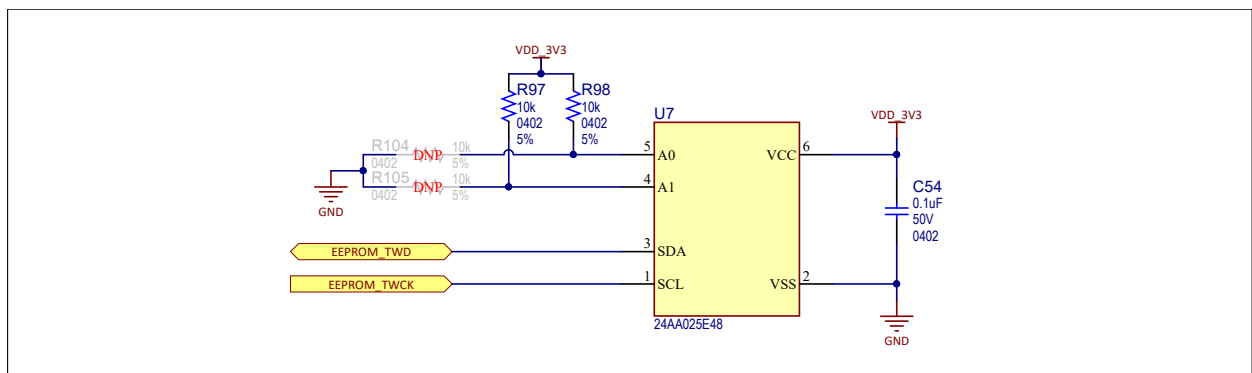


表 3-7. EEPROM PIO 信号说明

PIO	信号名称	共用 PIO	信号说明
PA00	EEPROM_TWD	TWI 和 SPI	TWI 数据
PA01	EEPROM_TWCK	TWI 和 SPI	TWI 时钟

在 SAM9X60-EK 应用现场，EEPROM 器件可以用作“软件标签”，使用存储器中的最后两个 16 字节块存储评估板信息，例如芯片类型、制造商名称和生产日期。这些块中包含的信息不得修改。

3.4 外设

SAM9X60-EK 中实现了多个接口和连接器，目的是让用户能够测试 MPU 可提供的所有功能，并为未来的客户应用提供参考设计。

本节介绍 SAM9X60-EK 评估板上安装的以下外设：

- 以太网 10/100 端口（GMAC）
- USB 主机/设备
- Wi-Fi/蓝牙模块（可选）
- 控制器局域网（Controller Area Network, CAN）接口
- 液晶显示屏（Liquid Crystal Display, LCD）接口
- 图像传感器接口（ISI）
- 音频 D 类（CLASSD）放大器
- 安全数字多媒体卡（Secure Digital Multimedia Card, SDMMC）
- mikroBUS 接口
- GPIO 接口

3.4.1 以太网 10/100 端口（GMAC）

KSZ8081 是一款单电源 10Base-T/100Base-TX 以太网物理层收发器，用于通过标准 CAT-5 非屏蔽双绞线（Unshielded Twisted Pair, UTP）电缆发送和接收数据。KSZ8081 是高度集成的 PHY 解决方案，它在差分对上使用了片上端接电阻，通过集成低噪声稳压器为 1.2V 内核供电，并提供 1.8/2.5/3.3V 数字 I/O 接口支持，从而降低了电路板成本并简化了电路板布线。

KSZ8081RNA 通过精简介质无关接口（Reduced Media Independent Interface, RMII）直接连接到 SAM9X60 MPU 内部兼容 RMII 的 MAC。上电默认设置为，KSZ8081RNA 使用 25 MHz MEMS 振荡器生成所有必需的时钟，包括用于 MAC 的 50 MHz RMII 参考时钟输出。有关 KSZ8081RNx 的更多信息，请参见产品[网页](#)。

单独的 48 位唯一 MAC 地址（以太网硬件地址）分配给该产品，并存储在 Microchip 24AA025E48 TWI 串行 EEPROM 中，具体如 [3.3.4 具有唯一 MAC 地址的串行 EEPROM](#) 所述。

另外，出于监视和控制目的，在 RJ45 连接器上执行 LED 功能，以指示活动、链路和速度状态。

图 3-27. 以太网接口

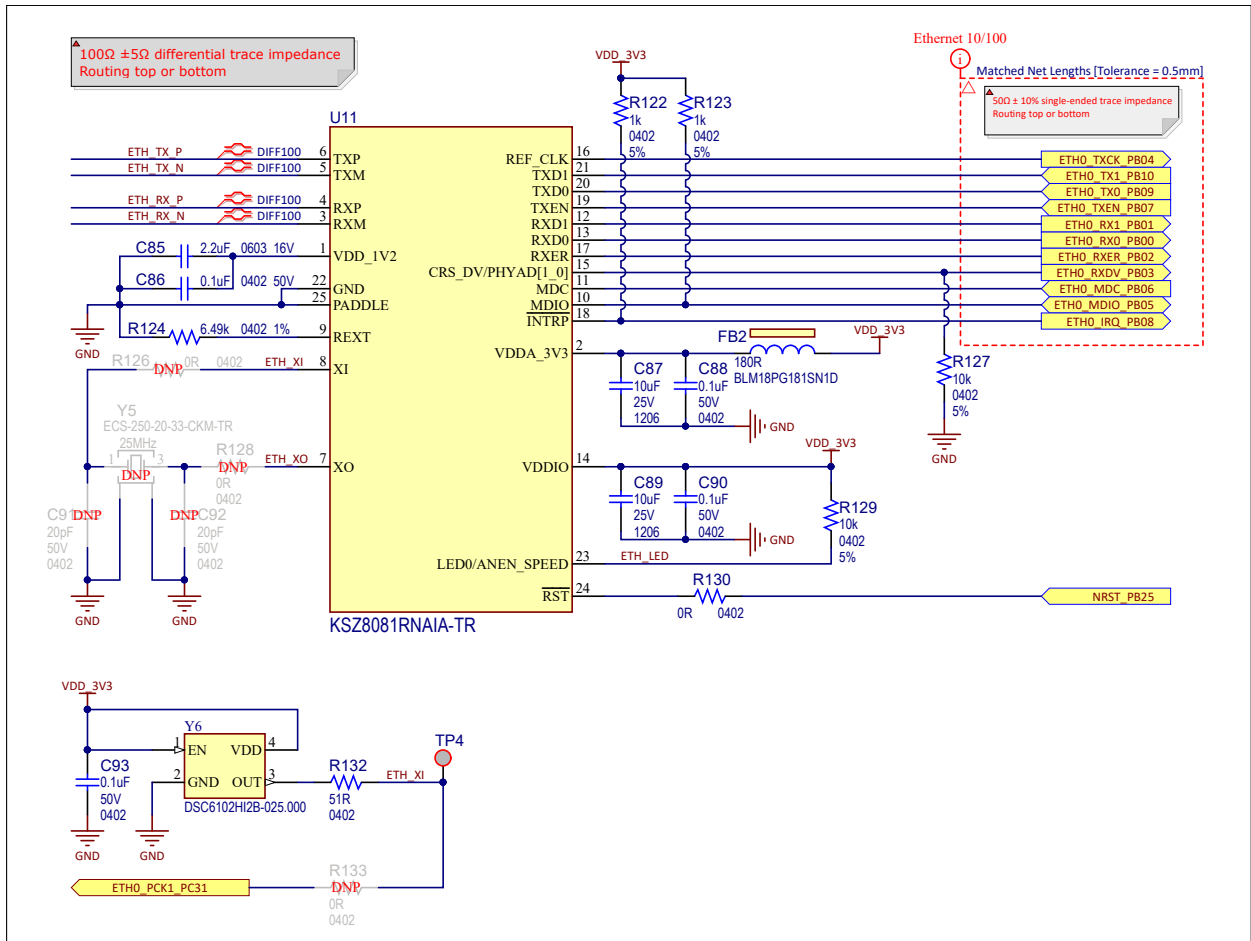


表 3-8. 以太网 PHY 10/100 信号说明

PIO	信号名称	共用	信号说明
PB04	ETH_TXCK_PB24	-	发送时钟
PB07	ETH_TXEN_PB10	-	发送使能
PB03	ETH_RXDV_PB03	-	接收数据有效
PB02	ETH_RXER_PB02	-	接收错误
PB00	ETH_RX0_PB00	-	接收数据 0
PB01	ETH_RX1_PB01	-	接收数据 1
PB09	ETH_TX0_PB09	-	发送数据 0
PB10	ETH_TX1_PB10	-	发送数据 1
PB06	ETH_MDC_PB06	-	管理数据时钟
PB05	ETH_MDIO_PB05	-	管理数据输入/输出
PB08	ETH_IRQ_PB08	-	中断

图 3-28. 以太网 PHY 连接器

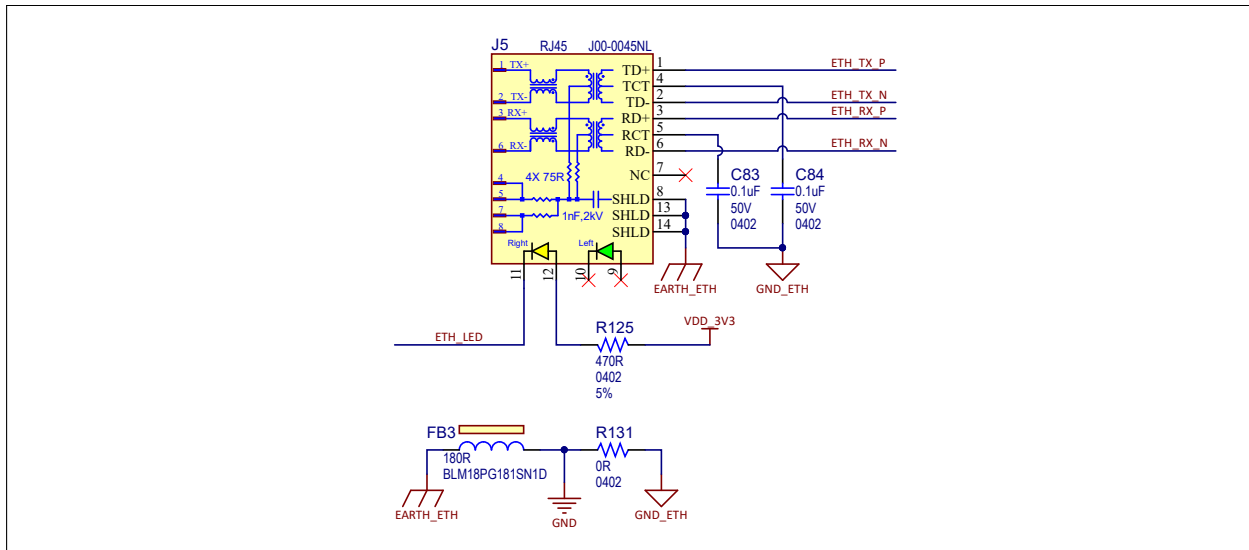


表 3-9. 以太网 RJ45 连接器 J5 引脚分配

引脚编号	信号名称	信号说明
1	TD+	发送
2	TD-	发送
3	RD+	接收
4	去耦电容	-
5	去耦电容	-
6	RD-	接收
7	NC	-
8	EARTH/GND	公共接地端
9	ACT LED	LED 活动
10	ACT LED	LED 活动
11	LINK LED	LED 链路连接
12	LINK LED	LED 链路连接
13	EARTH/GND	公共接地端
14	EARTH/GND	公共接地端
15	NC	-
16	NC	-

3.4.2 USB 主机/设备

通用串行总线 (USB) 是针对计算机外设的热插拔通用高速 I/O 标准。该标准定义了用于与各种电子设备互连的连接器类型、布线和通信协议。USB 2.0 规范将数据传输速率定义为高达 480 Mbps (也称为高速 USB)。USB 主机总线连接器使用 4 个引脚: 电源引脚 (5V)、差分对 (D+和 D-引脚) 和接地引脚。

SAM9X60-EK 评估板上有三个名称分别为 USB-A 到 USB-C™的 USB 通信端口。

USB-A 端口只能用作 USB 设备接口, 可以通过 USB Micro-B 连接器 (J7) 进行访问。

在电源轨上放置两个电阻以形成一个分压器，将 5V 转换为 3.3V，随后使用 3.3V 向 MPU 发出存在 USB 主机的信号。在评估板启动时，USB-A 是用于通过 SAM-BA（SAM 引导辅助）连接到 MPU 的默认端口。有关更多信息，请参见产品网页。

USB-A 端口还用作辅助电源，如 3.1 电源拓扑和配电所述。在大多数情况下，此端口限制为 500 mA。

图 3-29. USB-A 端口

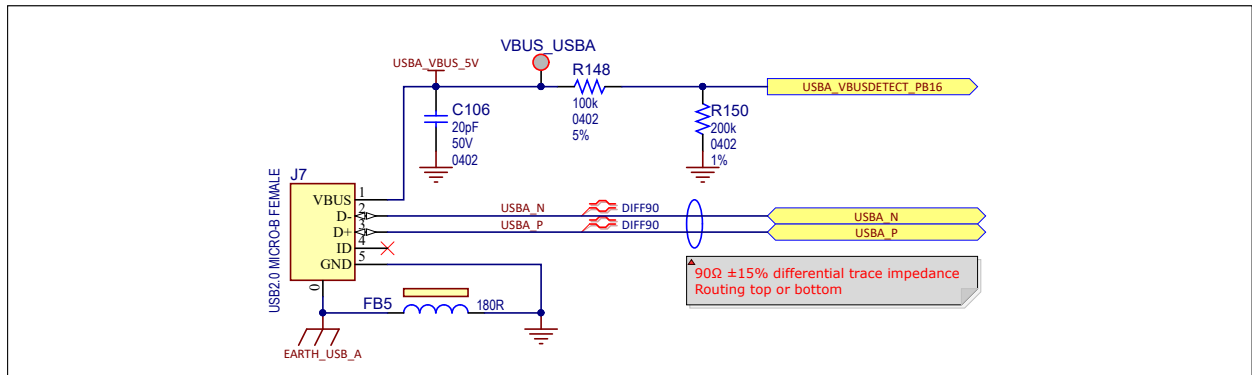


表 3-10. USB-A 连接器信号说明

引脚编号	信号名称	信号说明
1	USBA_VBUS_5V	第一个端口 5V 电源
2	USBA_N	第一个端口数据减
3	USBA_P	第一个端口数据加
4	ID	-（不使用）
5	GND	第一个端口地

表 3-11. USB-A PIO 信号说明

PIO	信号名称	共用	信号说明
PB16	USBA_VBUSDETECT_PB16	-	VBUS 检测

USB-B 和 USB-C 端口连接到堆叠式 USB Type-A 连接器（J8），每个端口既可以充当设备又可以充当主机。

图 3-30. USB-B 和 USB-C 端口

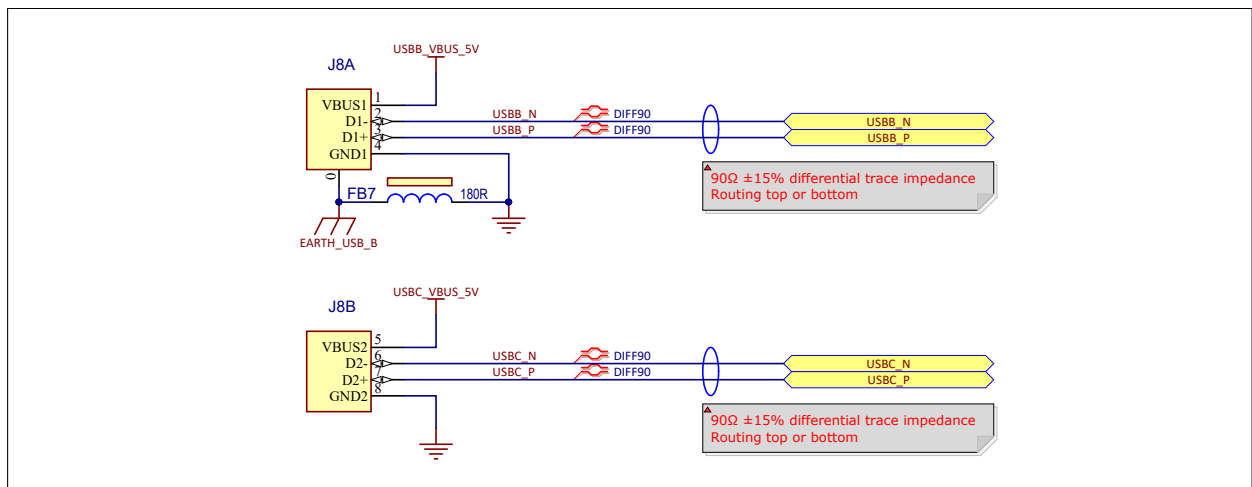


表 3-12. USB-B 和 USB-C 连接器信号说明

引脚编号	信号名称	信号说明
0	EARTH_USB_B	连接器机架接地
1	USBB_VBUS_5V	第二个端口 5V 电源
2	USBB_N	第二个端口数据减
3	USBB_P	第二个端口数据加
4	GND	第二个端口地
5	USBC_VBUS_5V	第三个端口 5V 电源
6	USBC_N	第三个端口数据减
7	USBC_P	第三个端口数据加
8	GND	第三个端口地

在主机模式下，USB 主机端口 B 和端口 C 均配备了 500 mA 上桥臂电源开关，以实现自供电和总线供电的应用。USBx_EN_5V_PDxx 信号控制限流电源开关 MIC2025，从而向客户端设备供电。根据 USB 规范，总线供电的 USB 2.0 设备最大限制为 500 mA，因此 MIC2025 限制电流并通过 USBx_OVCUR 信号指示过电流。有关 MIC2025 的更多信息，请参见产品网页。

图 3-31. USB 电源开关

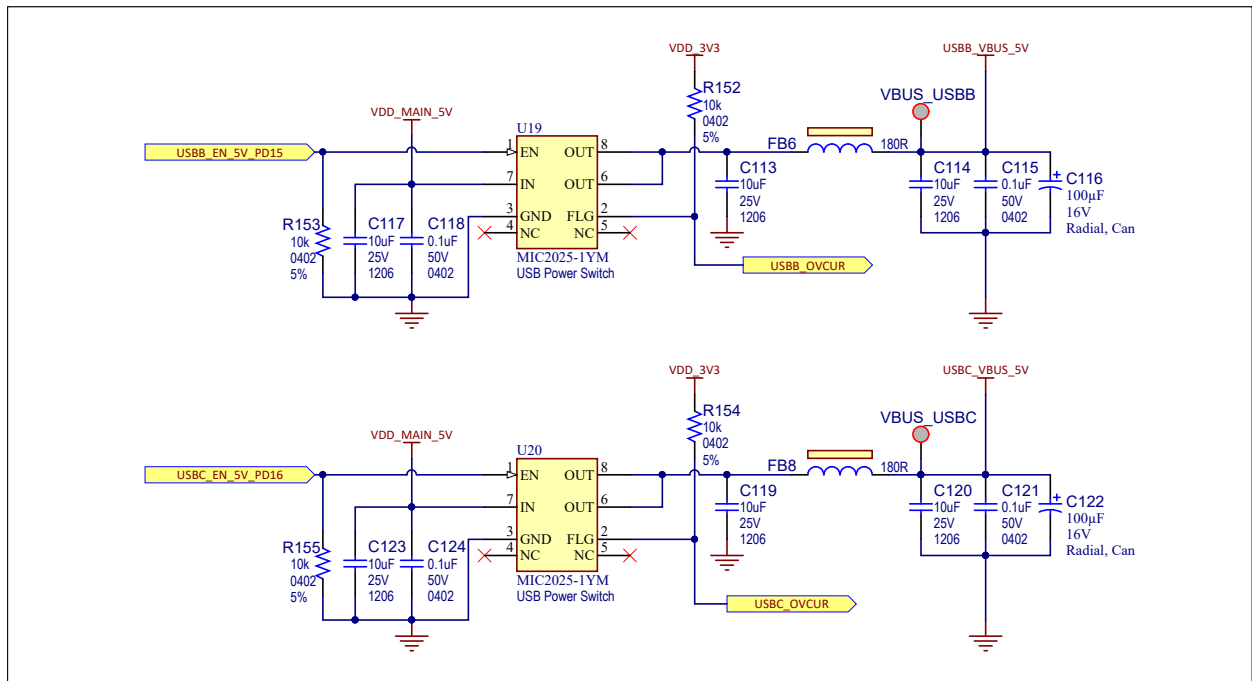


表 3-13. USB 电源开关 PIO 信号说明

PIO	信号名称	共用	信号说明
PD14	USBA_EN_5V_PD14	-	电源开关使能（高电平有效）
GP2 扩展器	USBA_OVCUR	-	指示过流（漏极开路）
PD15	USBA_EN_5V_PD15	-	电源开关使能（高电平有效）
GP3 扩展器	USBB_OVCUR	-	指示过流（漏极开路）

..... (续)

PIO	信号名称	共用	信号说明
PD16	USBC_EN_5V_PD16	-	电源开关使能 (高电平有效)
GP4 扩展器	USBC_OVCUR	-	指示过流 (漏极开路)

3.4.3 Wi-Fi/蓝牙模块 (可选)

用户可以选择将 ATWILC3000-MR110CA Wi-Fi/BT 模块与芯片天线焊接在一起。

ATWILC3000-MR110PA WLAN PHY 的设计旨在 20 MHz 带宽的单流模式下实现由 IEEE® 802.11 b/g/n 指定的可靠、节能的物理层通信。高级算法用于在具有损害和干扰的真实世界通信环境中实现吞吐量最大化。PHY 实现了所有必需的功能，例如 FFT、滤波、FEC (Viterbi 解码器)、频率/时序采集和跟踪、信道估计和均衡、载波监听、空闲信道评估以及自动增益控制。该模块采用经全面认证的 22.428 x 17.732 mm 36 引脚模块封装。有关 ATWILC3000 的更多信息，请参见产品网页。

图 3-32. Wi-Fi®/蓝牙接口

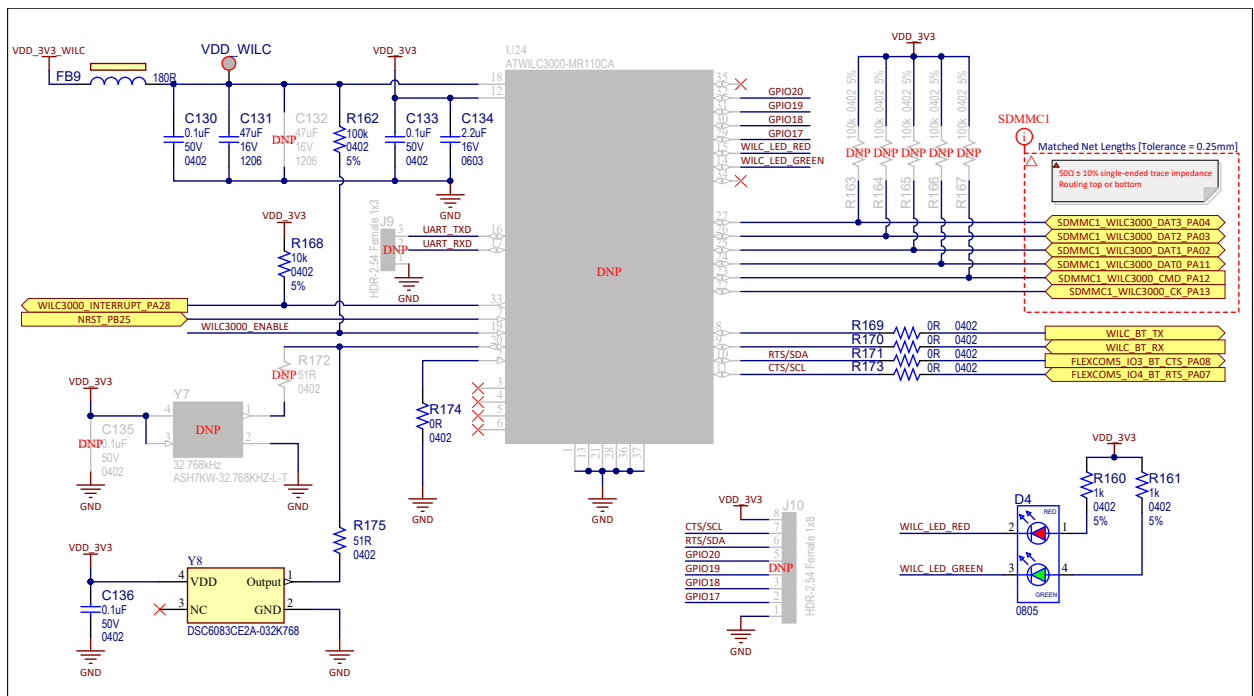


表 3-14. Wi-Fi®/蓝牙信号说明

PIO	信号名称	共用	信号说明
PA11	SDMMC1_WILC3000_DAT0_PA11	-	SDIO 数据
PA02	SDMMC1_WILC3000_DAT1_PA02	-	SDIO 数据
PA03	SDMMC1_WILC3000_DAT2_PA03	-	SDIO 数据
PA04	SDMMC1_WILC3000_DAT3_PA04	-	SDIO 数据
PA12	SDMMC1_WILC3000_CMD_PA12	-	SDIO 命令
PA13	SDMMC1_WILC3000_CK_PA13	-	SDIO 时钟
PA21	FLEXCOM1_IO1_RX_PA21	-	蓝牙串行 TX (SAM9X60 的 RX)

..... (续)			
PIO	信号名称	共用	信号说明
PA22	FLEXCOM1_IO0_TX_PA22	-	蓝牙串行 RX (SAM9X60 的 TX)
PA07	FLEXCOM1_IO1_RTS_PA07	-	蓝牙串行 RTS
PA08	FLEXCOM1_IO1_CTS_PA08	-	蓝牙串行 CTS
PB25	NRST_PB25	-	模块复位
PA28	WILC3000_INTERRUPT_PA28	-	中断
PA29	WILC3000_ENABLE_PA29	-	芯片使能

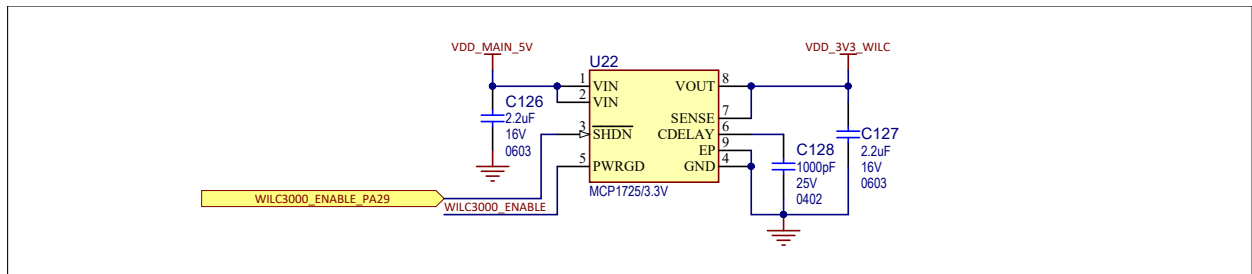
为 ATWILC3000 无线模块供电时，必须格外小心。由于无线传输的特性，该模块将从其电源轨汲取大量电流。在最差的情况下，该模块可汲取最高 300 mA 的电流。评估板上的主 PMIC MIC2800 的 3.3V 电压轨具有 300 mA 的最大输出容量，因此不适合为该模块与评估板上的其他组件一起供电。

为了解决这个问题，该模块配备了自己的独立电源 MCP1725，这是一个 500 mA 的低压差 (Low Dropout, LDO) 线性稳压器，可在极小的封装中提供高电流和低输出电压。有关 MCP1725 的更多信息，请参见产品网页。

选择 MCP1725 是因为它可以提供模块所需的电流，并且具有关断输入引脚 (SHDN) 和电源正常输出引脚 (PWRGD)：

- SHDN 输入允许在未使用无线模块时将其关闭，从而实现节能目的。
- PWRGD 输出可确保 ATWILC3000 无线模块保持复位状态，直到其电源轨稳定为止。

图 3-33. Wi-Fi®/蓝牙使能



注：使能 ATWILC3000 模块可避免 Flexcom UART 与 mikroBUS 连接器一起使用 (由 U23 切换)。

3.4.4 控制器局域网 (CAN) 接口

SAM9X60-EK 上放置了两个 MCP2542 收发器。

MCP2542 是一款高速 CAN 收发器，可提供控制器局域网 (CAN) 协议控制器和物理两线总线之间的接口。有关 MCP2542 的更多信息，请参见产品网页。

图 3-34. 双 CAN 接口

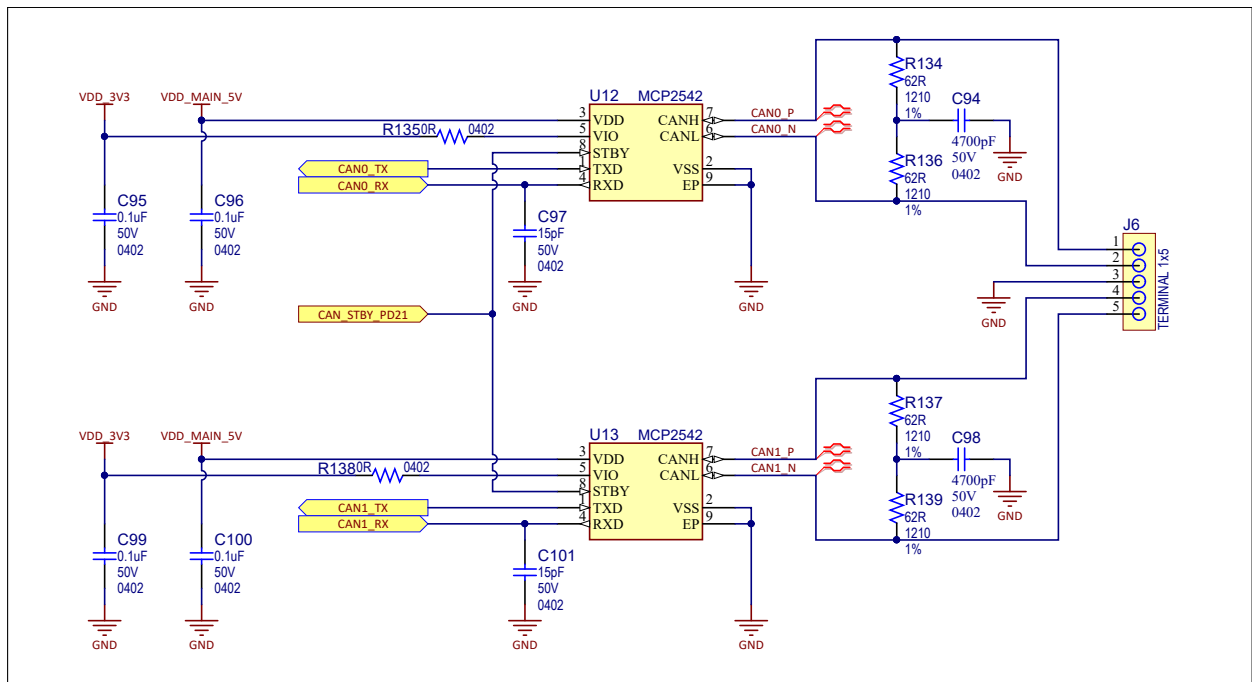


表 3-15. CAN 信号说明

PIO	信号名称	共用	信号说明
PD21	CAN_STBY_PD21	-	双 CAN 待机
PA10	CAN0_TX_PA10	-	CAN 发送端口 0
PA09	CAN0_RX_PA09	-	CAN 接收端口 0
PA05	CAN1_TX_PA05	-	CAN 发送端口 1
PA06	CAN1_RX_PA06	-	CAN 接收端口 1

表 3-16. CAN 连接器 J6 信号说明

引脚编号	信号名称	信号说明
1	CANH	差分正端口 0
2	CANL	差分负端口 0
3	GND	公共接地端
4	CANH	差分正端口 1
5	CANL	差分负端口 1

CAN1 功能与外部 40 引脚连接器上的 UART 共用，可通过 SEL_FNCT1_PD19 PIO 进行选择。

CAN0 功能与调试 UART 共用，可通过 SEL_FNCT2_PD20 PIO 进行选择。

3.4.5 液晶显示屏 (LCD) 接口

SAM9X60-EK 评估板向连接器提供 24 位数据和对 LCD 接口的控制信号。

可将 AC320005-5 等可选显示屏（见产品网页）连接到评估板。

为了能够与不同 LCD 模块正确搭配使用，有两条电压线可供选择：3.3V 和 5VDC（默认值）。使用 0R 电阻进行选择。

J15 是一个间距为 1.27 mm 的 50 引脚插座。它可以访问 LCD 信号。

图 3-35. LCD 连接器

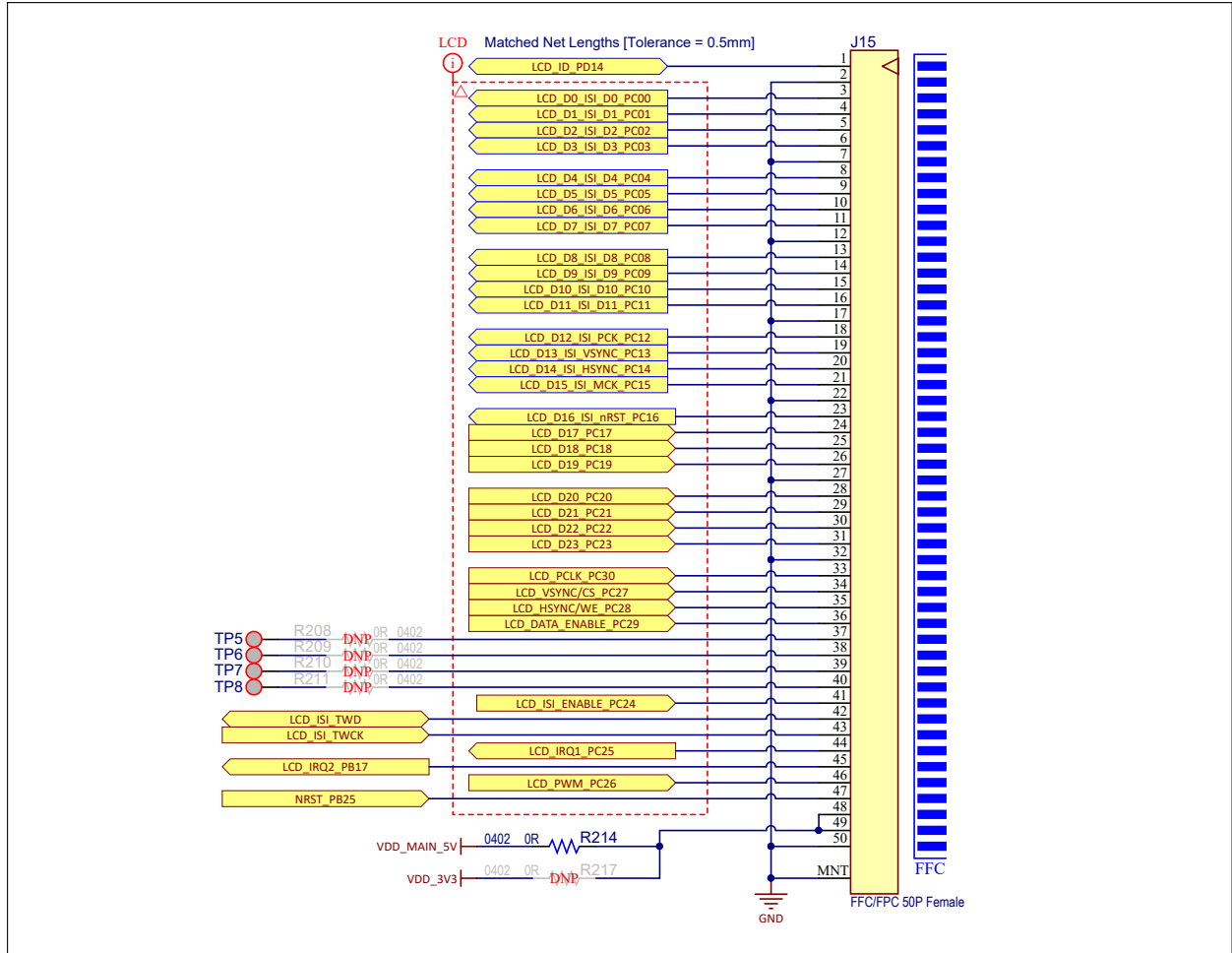


表 3-17. LCD 连接器 J15 信号说明

引脚编号	LCD 引脚	PIO	信号	功能
1	ID	PD18	LCDID_PD18	ID LCD 模块
2	GND	-	GND	地
3	LCDDAT0	PC0	LCD_D0_ISI_D0_PC00	数据线
4	LCDDAT1	PC1	LCD_D1_ISI_D1_PC01	数据线
5	LCDDAT2	PC2	LCD_D2_ISI_D2_PC02	数据线
6	LCDDAT3	PC3	LCD_D3_ISI_D3_PC03	数据线
7	GND	-	GND	地
8	LCDDAT4	PC4	LCD_D4_ISI_D4_PC04	数据线
9	LCDDAT5	PC5	LCD_D5_ISI_D5_PC05	数据线
10	LCDDAT6	PC6	LCD_D6_ISI_D6_PC06	数据线

..... (续)				
引脚编号	LCD 引脚	PIO	信号	功能
11	LCDDAT7	PC7	LCD_D7_ISI_D7_PC07	数据线
12	GND	-	GND	地
13	LCDDAT8	PC8	LCD_D8_ISI_D8_PC08	数据线
14	LCDDAT9	PC9	LCD_D9_ISI_D9_PC09	数据线
15	LCDDAT10	PC10	LCD_D10_ISI_D10_PC10	数据线
16	LCDDAT11	PC11	LCD_D11_ISI_D11_PC11	数据线
17	GND	-	GND	地
18	LCDDAT12	PC12	LCD_D12_ISI_PCK_PC12	数据线
19	LCDDAT13	PC13	LCD_D13_ISI_VSYNC_PC13	数据线
20	LCDDAT14	PC14	LCD_D14_ISI_HSYNC_PC14	数据线
21	LCDDAT15	PC15	LCD_D15_ISI_MCK_PC15	数据线
22	GND	-	GND	地
23	LCDDAT16	PC16	LCD_D16_PC16	数据线
24	LCDDAT17	PC17	LCD_D17_PC17	数据线
25	LCDDAT18	PC18	LCD_D18_PC18	数据线
26	LCDDAT19	PC19	LCD_D19_PC19	数据线
27	GND	-	GND	地
28	LCDDAT20	PC20	LCD_D20_PC20	数据线
29	LCDDAT21	PC21	LCD_D21_PC21	数据线
30	LCDDAT22	PC22	LCD_D22_PC22	数据线
31	LCDDAT23	PC23	LCD_D23_PC23	数据线
32	GND	-	GND	地
33	LCDPCK	PC30	LCD_PCLK_PC30	像素时钟
34	LCDVSYNC	PC27	LCD_VSYNC/CS_PC27	垂直同步
35	LCDHSYNC	PC28	LCD_HSYNC/WE_PC28	水平同步
36	LCDDEN	PC29	LCD_DATA_ENABLE_PC29	数据使能
37	SPI_SPCK	-	NC	通过 DNP 电阻访问 SPI 接口的测试点 (见图 3-35)
38	SPI_MOSI	-	NC	通过 DNP 电阻访问 SPI 接口的测试点 (见图 3-35)
39	SPI_MISO	-	NC	通过 DNP 电阻访问 SPI 接口的测试点 (见图 3-35)
40	SPI_NPCS0	-	NC	通过 DNP 电阻访问 SPI 接口的测试点 (见图 3-35)
41	LCDDISP	PC24	LCD_ISI_ENABLE_PC24	显示使能信号
42	TWD	PA00	LCD_TWD	I ² C 数据线 (maXTouch®)

..... (续)

引脚编号	LCD 引脚	PIO	信号	功能
43	TWCK	PA01	LCD_TWCK	I ² C 时钟线 (maXTouch)
44	GPIO	PC25	LCD_IRQ1_PC25	maXTouch 中断线
45	GPIO	PB17	LCD_IRQ2_PB17	其他 I ² C 器件的中断线
46	LCDPWM	PC26	LCD_PWM_PC26	背光控制
47	RESET	PB25	NRST_PB25	复位显示屏和 maXTouch
48	Main_5V/3.3V	VCC	VCC	3.3V 或 5V 电源 (0R)
49	Main_5V/3.3V	VCC	VCC	3.3V 或 5V 电源 (0R)
50	GND	_	GND	地

3.4.6 图像传感器接口 (ISI)

SAM9X60-EK 评估板提供了一个用于连接 12 位外部摄像头的连接器 (J17)，还包括用于控制摄像头的 TWI 连接。

⚠ WARNING ISI 接口和 LCD 接口是互斥的，一次只能使用一个。

J17 是一个间距为 2.54 mm 的 30 引脚插座。它可以访问 ISI 信号。

图 3-36. ISI 扩展插座

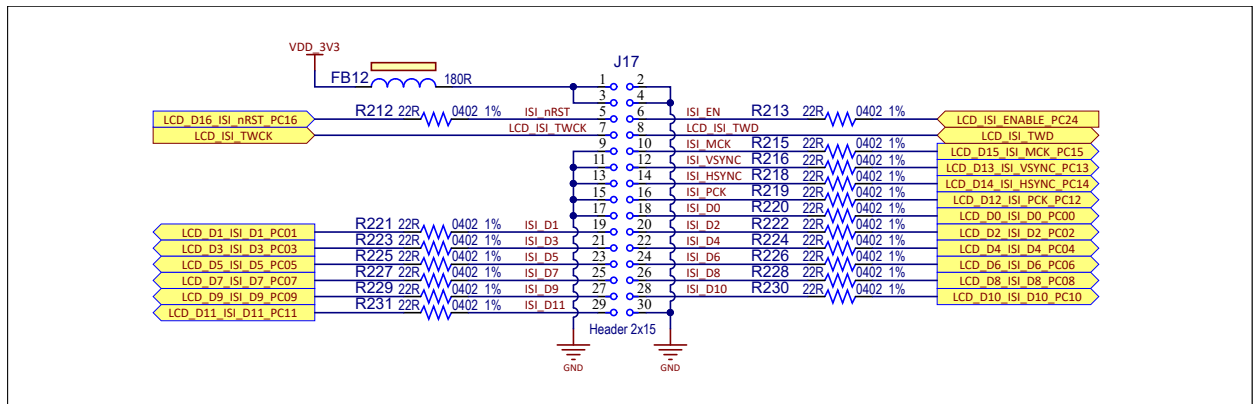


表 3-18. ISI 连接器 J17 信号说明

引脚编号	ISI 引脚	PIO	信号	功能
1	Main_3V3	VCC	VCC	3.3V 电源
2	GND	-	GND	地
3	Main_3V3	VCC	VCC	3.3V 电源
4	GND	-	GND	地
5	ISI_nRST	PC16	LCD_RESET_PC16	摄像头复位线
6	ISI_EN	PC24	LCD_ISI_ENABLE_PC24	摄像头使能
7	ISI_TWCK	PA00	LCD_TCKD	TWI 接口时钟线
8	ISI_TWD	PA01	LCD_TWD	TWI 接口数据线

..... (续)				
引脚编号	ISI 引脚	PIO	信号	功能
9	GND	-	GND	地
10	ISI_MCK	PC15	LCD_D15_ISI_MCK_PC15	主时钟线
11	GND	-	GND	地
12	ISI_VSYNC	PC13	LCD_D13_ISI_VSYNC_PC13	垂直同步
13	GND	-	GND	地
14	ISI_HSYNC	PC14	LCD_D14_ISI_HSYNC_PC14	水平同步
15	GND	-	GND	地
16	ISI_PCK	PC12	LCD_D12_ISI_PCK_PC12	时钟线
17	GND	-	GND	地
18	ISI_D0	PC00	LCD_D0_ISI_D0_PC00	数据线
19	ISI_D1	PC01	LCD_D1_ISI_D1_PC01	数据线
20	ISI_D2	PC02	LCD_D2_ISI_D2_PC02	数据线
21	ISI_D3	PC03	LCD_D3_ISI_D3_PC03	数据线
22	ISI_D4	PC04	LCD_D4_ISI_D4_PC04	数据线
23	ISI_D5	PC05	LCD_D5_ISI_D5_PC05	数据线
24	ISI_D6	PC06	LCD_D6_ISI_D6_PC06	数据线
25	ISI_D7	PC07	LCD_D7_ISI_D7_PC07	数据线
26	ISI_D8	PC08	LCD_D8_ISI_D8_PC08	数据线
27	ISI_D9	PC09	LCD_D9_ISI_D9_PC09	数据线
28	ISI_D10	PC10	LCD_D10_ISI_D10_PC10	数据线
29	ISI_D11	PC11	LCD_D11_ISI_D11_PC11	数据线
30	GND	-	GND	地

3.4.7 音频 D 类 (CLASSD) 放大器

音频 D 类 (CLASSD) 放大器是一款数字输入、脉宽调制 (PWM) 输出立体声 D 类放大器。CLASSD 具有嵌入数字控制增益的高质量插值滤波器、均衡器和去加重滤波器。

在输入端，CLASSD 与大多数常用的音频数据速率兼容。在输出端，其 PWM 输出可以驱动：

- 高阻抗单端或差分输出负载（音频 DAC 应用），或者
- 外部 MOSFET，通过集成的非重叠电路（D 类功率放大器应用）。

更多信息，请参见 SAM9X60 数据手册（见 1.2 推荐读物）。

SAM9X60-EK 上的 CLASSD 放大器的输出级可以通过板上 5V 电源轨或外部电源供电。通过更改 J11 上的跳线 (JP3) 位置来进行选择：

- 2-3 短路 = 板上 5V 电源
- 1-2 短路 = 外部电源

图 3-37. 音频 D 类单声道放大器

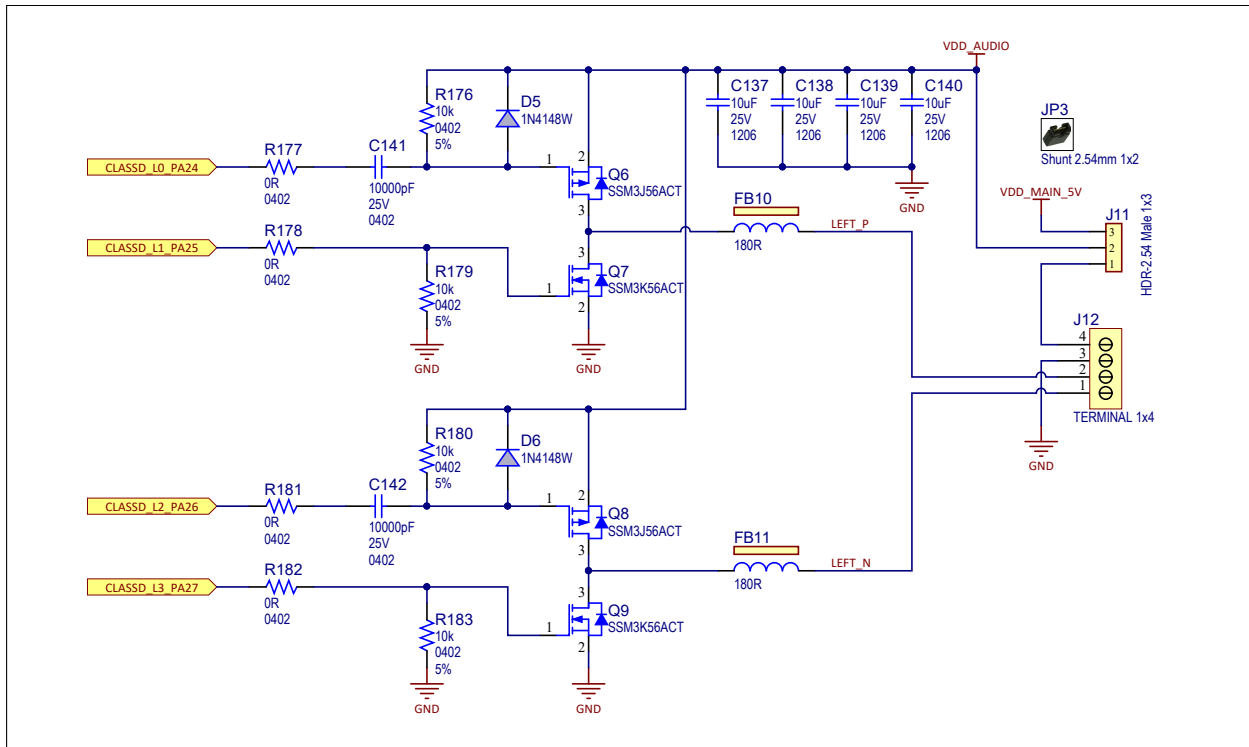


表 3-19. D 类输出连接器 J12 信号说明

引脚编号	信号名称	信号说明
1	LEFT_N	负电平
2	LEFT_P	正电平
3	GND	地
4	外部电源	输入外部电源

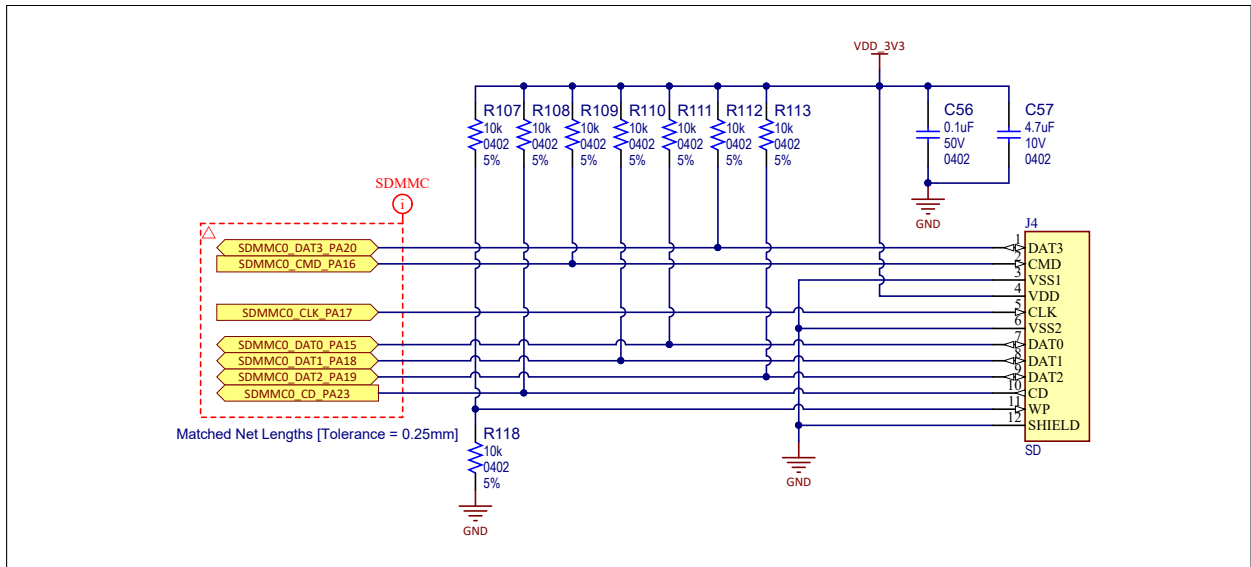
3.4.8 安全数字多媒体卡 (SDMMC)

SD (安全数字) 卡采用非易失性存储卡格式, 在移动设备中用作大容量存储器。

SAM9X60 上有一个安全数字多媒体卡 (SDMMC) 接口, 支持多媒体卡 (eMMC) 规范 V4.51、SD 存储卡规范 V3.0 和 SDIO V3.0 规范。它符合 SD 主机控制器标准 V3.0 规范。

一种与 SDMMC 接口相连的标准 MMC/SD 卡连接器安装在评估板的顶部。SDMMC0 通信基于 8 引脚接口 (时钟、命令、四条数据线和电源线)。该连接器包含一个卡检测开关。

图 3-38. SDMMC 连接器



3.4.9 mikroBUS 接口

SAM9X60-EK 有一对可实现 mikroBUS 插座的 8 引脚母头插座 (J14)。有关详细信息, 请参见 <https://www.mikroe.com/mikrobus> 上的 mikroBUS 文档。

图 3-39. mikroBUS 接口

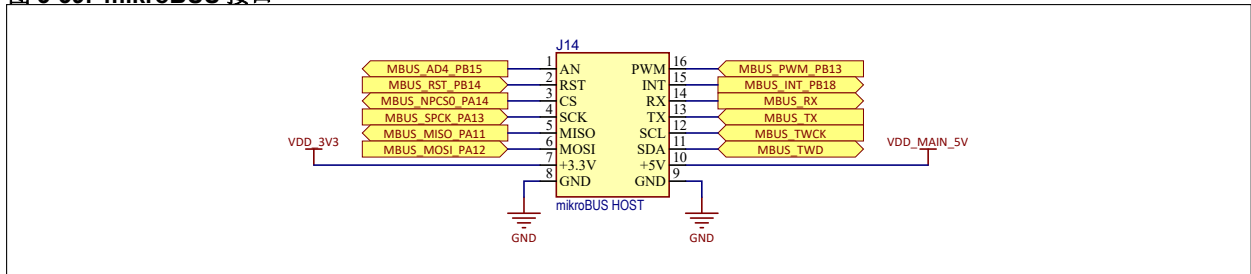


表 3-20. mikroBUS 连接器 J14 引脚分配

功能	PIO	Mbus 信号	引脚编号	引脚编号	Mbus 信号	PIO	功能
模拟输入	PB15	AN	1	16	PWM	PB13	PWM
复位	PB14	RST	2	15	INT	PB18	中断
SPI 片选	PA14	SPI_NPCS	3	14	UART_RX	PA21	UART 接收 (从 Mbus 输出到 SAM)
SPI 时钟	PA13	SPI_SPCK	4	13	UART_TX	PA22	UART 发送 (从 SAM 输入到 Mbus)
SPI MISO	PA11	SPI_MISO	5	12	TWI_SCL	PA31	TWI 时钟
SPI MOSI	PA12	SPI_MOSI	6	11	TWI_SDA	PA30	TWI 数据
VCC	—	3V3 电源	7	10	5V 电源	—	VDD
地	—	GND	8	9	GND	—	地

注: 使能 ATWILC3000 接口可避免 UART 功能与 mikroBUS 连接器一起使用。请参见 3.4.3 Wi-Fi/蓝牙模块 (可选)。

3.4.10 GPIO 接口

SAM9X60-EK 评估板具有一个可自由使用的 40 引脚连接器（兼容 Raspberry Pi®）。

图 3-40. GPIO 连接器

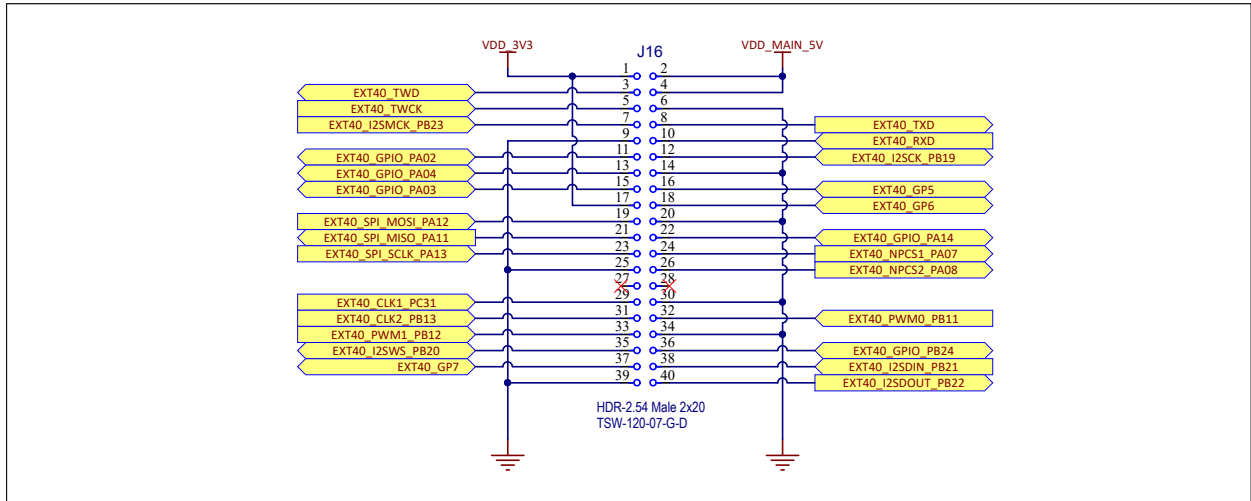


表 3-21. GPIO 连接器 J16 引脚分配

信号	引脚编号	引脚编号	信号
+3V3	1	2	+5V
EXT40_TWD	3	4	+5V
EXT40_TWCK	5	6	地
EXT40_I2SMCK_PB23	7	8	EXT40_TXD
GND	9	10	EXT40_RXD
EXT40_GPIO_PA02	11	12	EXT40_I2SCK_PB19
EXT40_GPIO_PA03	13	14	地
EXT40_GPIO_PA04	15	16	EXT40_GP5
+3V3	17	18	EXT40_GP6
EXT40_SPI_MOSI_PA12	19	20	地
EXT40_SPI_MISO_PA11	21	22	EXT40_GPIO_PA14
EXT40_SPI_SCLK_PA13	23	24	EXT40_NPCS1_PA07
GND	25	26	EXT40_NPCS2_PA08
NC	27	28	NC
EXT40_CLK1_PC31	29	30	地
EXT40_CLK2_PB13	31	32	EXT40_PWM0_PB11
EXT40_PWM1_PB12	33	34	地
EXT40_I2SWS_PB20	35	36	EXT40_GPIO_PB24
EXT40_GP7	37	38	EXT40_I2SDIN_PB21
GND	39	40	EXT40_I2SDOUT_PB22

3.5 用户交互和调试

SAM9X60-EK 包含两种主要的调试接口，以提供对 SAM9X60-EK 的调试级别访问：

- 一个 UART，通过 USB/J-Link-OB CDC 功能连接
- 两个 JTAG 接口，一个使用连接器 J23 直接连接到 MPU，另一个通过 J-Link-OB 接口 USB 端口 J21 连接

3.5.1 串行调试通信端口 (FTDI)

SAM9X60-EK 评估板具有专用串行调试端口，可通过插座 J24 进行访问。各种接口可用作 USB/串行 DBGU 端口桥接器，例如 FTDI TTL-232R USB 转 TTL 串行电缆。

图 3-41. 串行调试通信端口

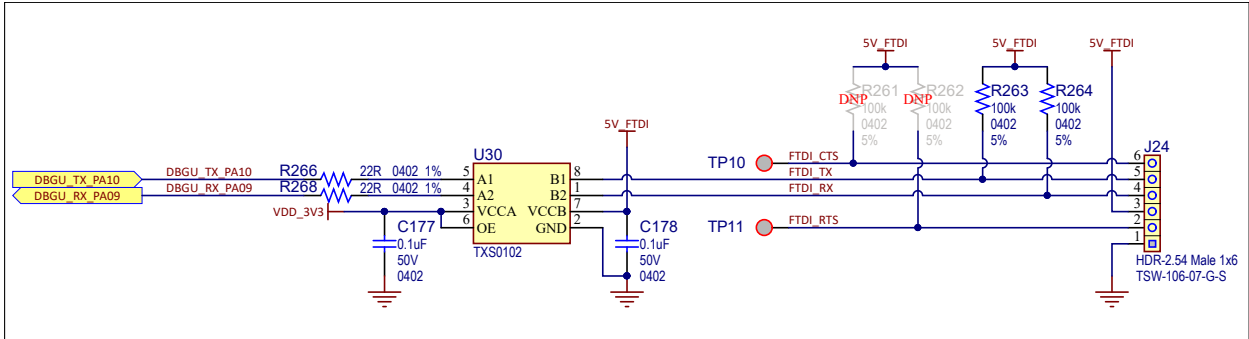


表 3-22. 调试通信端口信号说明

PIO	信号名称	共用	信号说明
PA09	DBGU_RX_PA09	DEBUG	接收数据
PA10	DBGU_TX_PA10	DEBUG	发送数据

3.5.2 调试 JTAG

SAM9X60-EK 评估板上具有一个 20 引脚的 JTAG 插座 (J23)，便于使用各种 JTAG 仿真器来简化软件的开发与调试。接口信号的电压大小为 3.3V。

图 3-42. JTAG 连接器

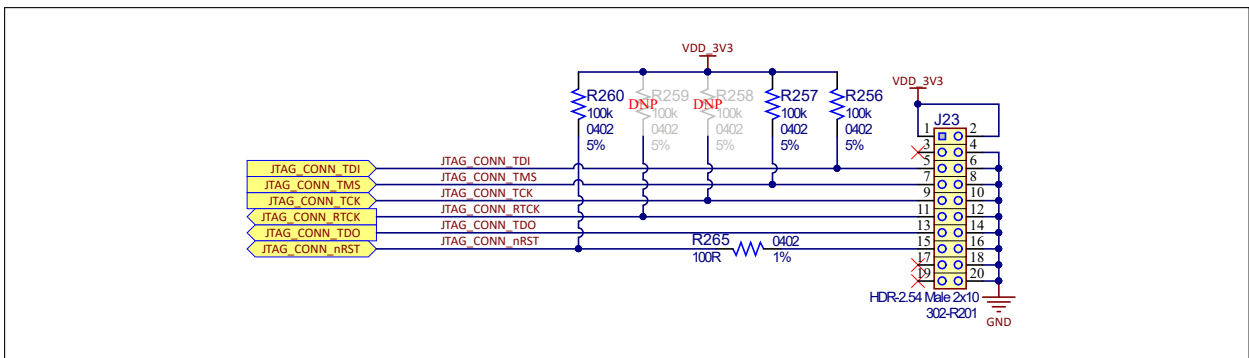


表 3-23. JTAG/ICE 连接器 J23 引脚分配

信号	引脚编号	引脚编号	信号
+3.3V	2	1	+3V3
GND	4	3	NC
GND	5	5	TDI
GND	8	7	TMS
GND	10	9	TCK
GND	12	11	RTCK
GND	14	13	TDO
GND	16	15	nRST
GND	18	17	NC
GND	20	19	NC

3.5.3 嵌入式调试器 (J-Link-OB) 接口

SAM9X60-EK 内置一个 SEGGER J-Link-On-Board (J-Link-OB) 器件。该功能通过采用 LFBGA100 封装的 ATSAM3U4C 单片机来实现。ATSAM3U4C 提供 JTAG 接口的功能以及 USB 转串行调试端口桥接器 (称为 CDC, 即通信类设备)。双色 LED (D9) 显示 J-Link-On-Board 器件的状态。

J-Link-OB 器件的设计旨在为标准 J-Link 或 SAM-ICE 提供高效且低成本的板上替代方案。

它自己的专用 USB 端口用作该模块的电源 (该模块与系统的其余部分分开), 并提供通信链路来对 MPU 进行编程和调试。

图 3-43. 带 J-Link-CDC 接口的 J-Link-OB

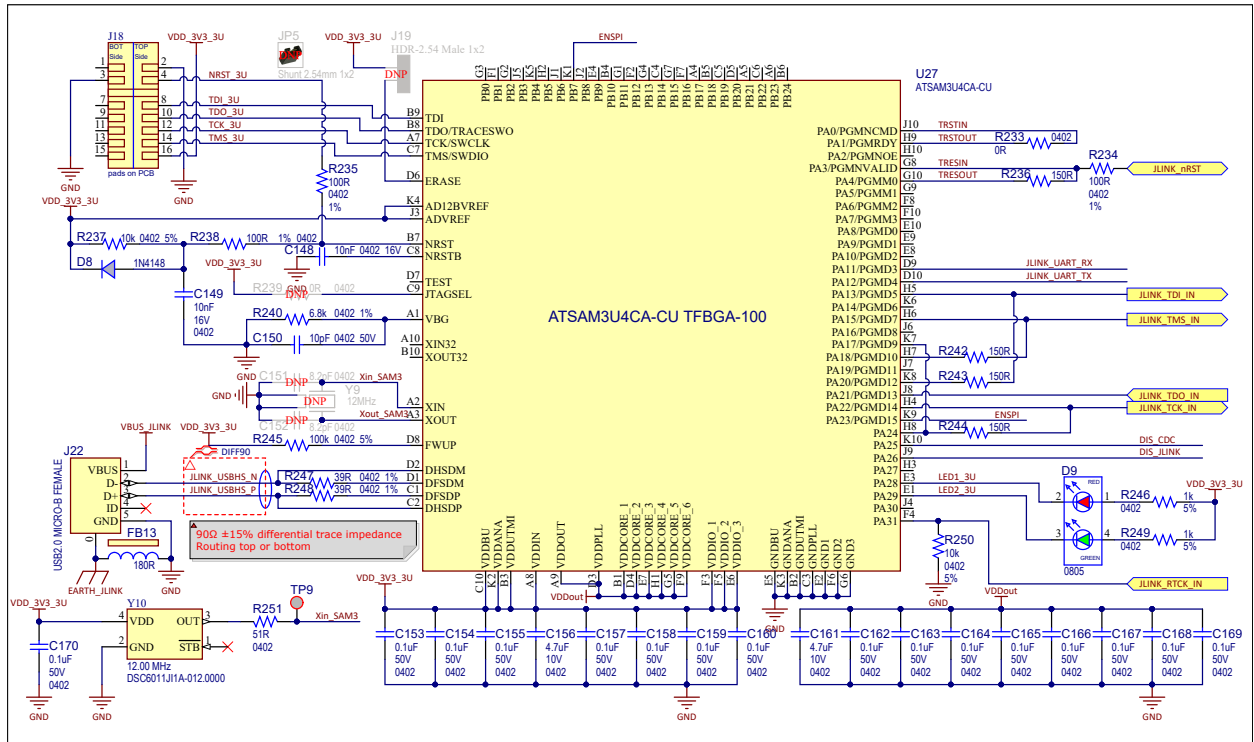


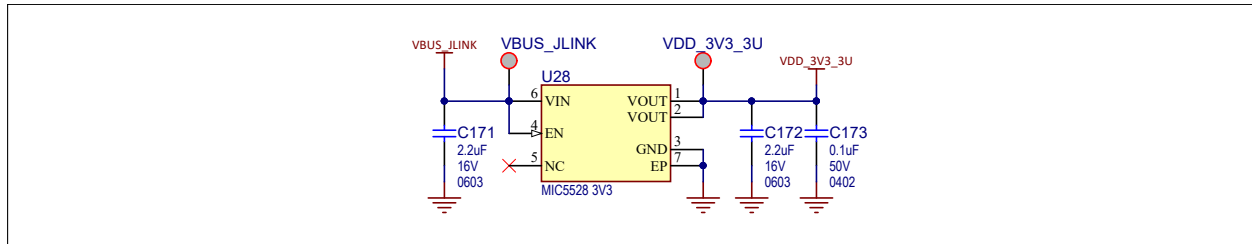
表 3-24. J-Link-OB 及 J-Link-CDC LED D9 状态

LED D9	状态	说明
红色和绿色	熄灭	未编程 J-Link (SAM3U 器件), 或已安装 J20 和 J21。
红色	点亮	已编程 J-Link (SAM3U 器件), 但禁止了 J-Link (已安装 J20)。
绿色	闪烁	J-Link 正常运行, 但未连接 USB 端口。
绿色	点亮	J-Link-OB 已连接且准备就绪。

仅通过 J-Link USB 连接器为 ATSAM3U 单片机供电。这样, 编程器 IC 便与系统的其余部分分开, 在查询放置在评估板上的功率测量器件时, 用户可以更好地读取系统的功耗。

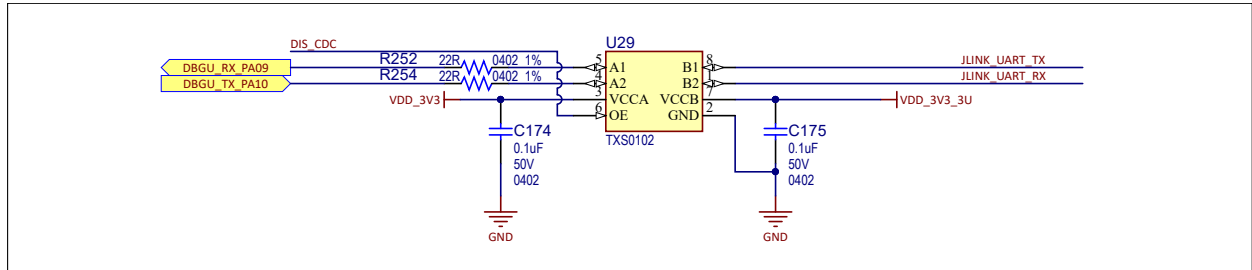
我们选择 MIC5528 将来自 USB 连接器的 5V 电压转换为单片机所需的 3.3V 电压轨。MIC5528 是一款简单的低功耗、低压差稳压器, 旨在以极小的尺寸实现最佳性能。它能够提供最高 500 mA 的输出电流, 但仅消耗 38 μ A 的工作电流。有关 MIC5528 的更多信息, 请参见产品网页。

图 3-44. J-Link-OB 电源



如果用户不需要板上编程功能, 则此部分可以保持未上电状态而不会影响系统的其余部分。SAM9X60 MPU 和板上编程器之间的 DEBUG UART 线上放置了一个电平转换器, 用于正确分离两个电压域。

图 3-45. J-Link-OB 电平转换器



跳线 JP6/J20 用于禁止 J-Link-OB JTAG 功能。安装时 (J20 短路), 四通道模拟开关 (U31/U32) 将 SAM9X60 的 JTAG 接口连接到 20 引脚插座 J23。

- 未安装跳线 JP6/J20: J-Link-OB-ATSAM3U4C 已使能, 且正常工作。
- 已安装跳线 JP6/J20: J-Link-OB-ATSAM3U4C 已禁止, 可通过 20 引脚 JTAG 端口 J23 使用外部 JTAG 控制器。

图 3-46. 禁止 J-Link CDC

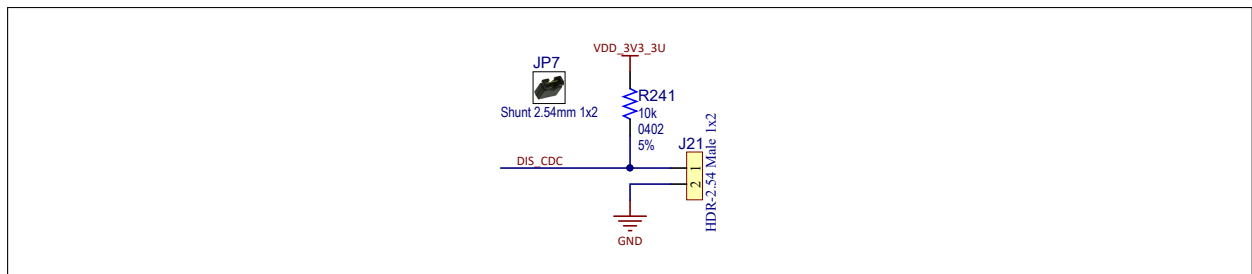
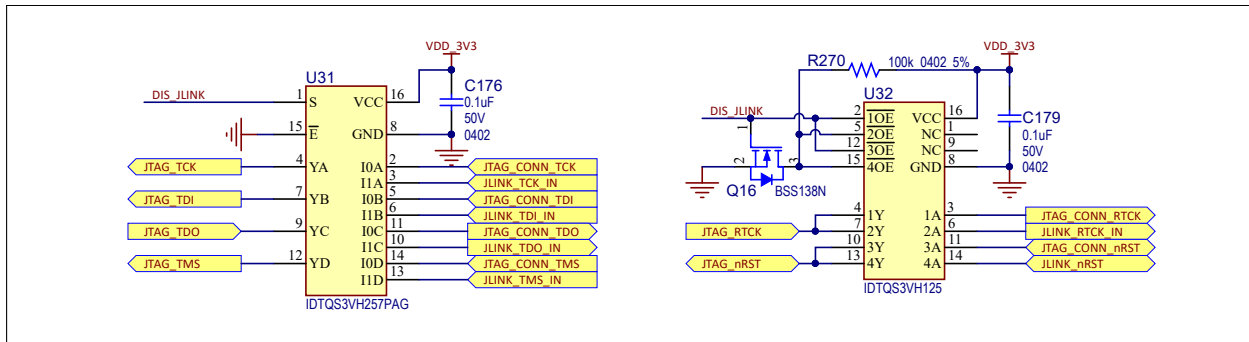


图 3-47. JTAG 开关



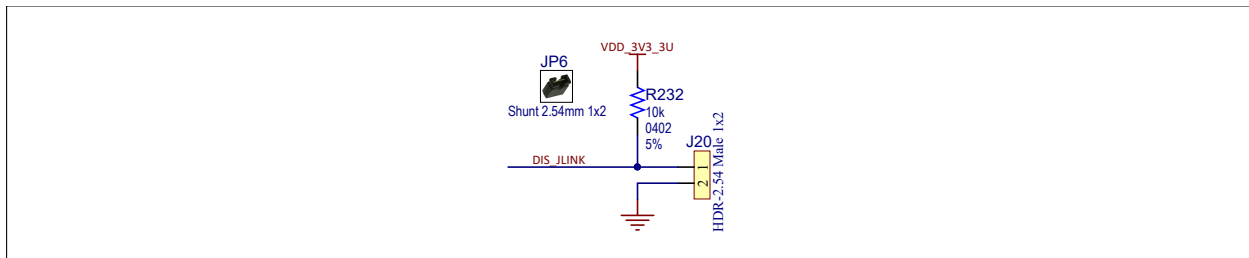
除了 J-Link-OB 功能之外，ATSAM3U4C 单片机还为主板处理器的调试串行端口（DBGU）提供桥接功能。通过实现通信设备类（CDC），可以通过 JTAG 使用的 USB 连接访问该端口，从而实现与目标设备的终端通信。

通过跳线 J21 使能/禁止该功能。

- 未安装跳线 J21：J-Link-OB CDC 功能已使能，且正常工作。
- 已安装跳线 J21：J-Link-OB CDC 功能已禁止。

USB CDC 可将 USB 设备转换为串行通信设备。主机会将运行 CDC 的目标设备识别为串行接口（USB2COM，虚拟 COM 端口），而无需安装特殊的主机驱动程序（CDC 是标准）。使用 COM 端口的所有 PC 软件无需修改即可使用此虚拟 COM 端口。在 Microsoft® Windows® 环境下，设备显示为 COM 端口；在 Linux® 环境下，设备显示为/dev/ACMx 设备。这使得用户可以使用与 USB 不兼容的主机软件，例如终端程序。

图 3-48. 禁止 J-Link JTAG

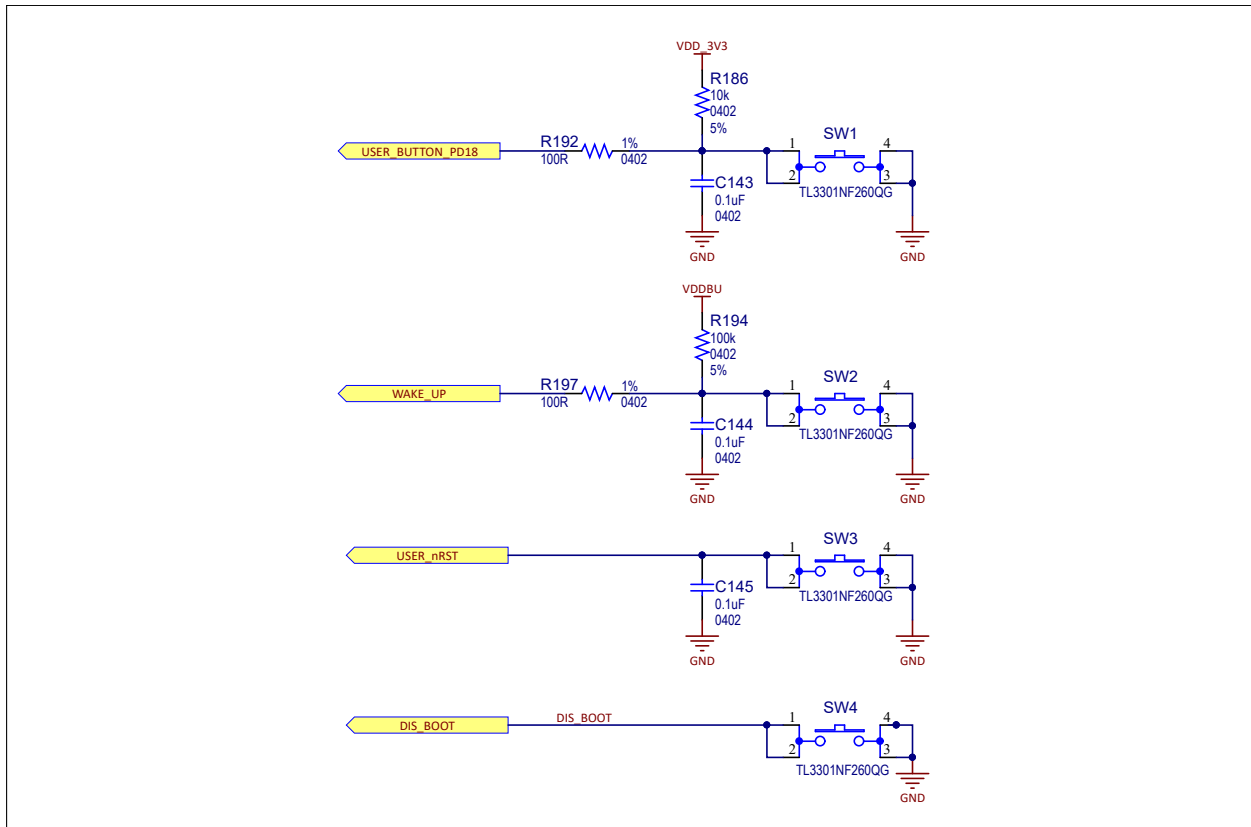


3.5.4 按钮开关

SAM9X60-EK 具有以下四个按钮：

- 一个连接到 PIO_PD18 的用户按钮（SW1），留给用户使用。
- 一个连接到 SAM9X60 WKUP 引脚的唤醒按钮（SW2）；按下时，处理器从关断模式恢复。
- 一个评估板复位按钮（SW3）；按下时，处理器复位。
- 一个禁止引导按钮（SW4）；如果在上电期间保持按下状态，则会阻止处理器从板上存储器（QSPI 和 NAND 闪存）引导，从而实现从其他来源引导或进入 ROM 代码。

图 3-49. 用户按钮



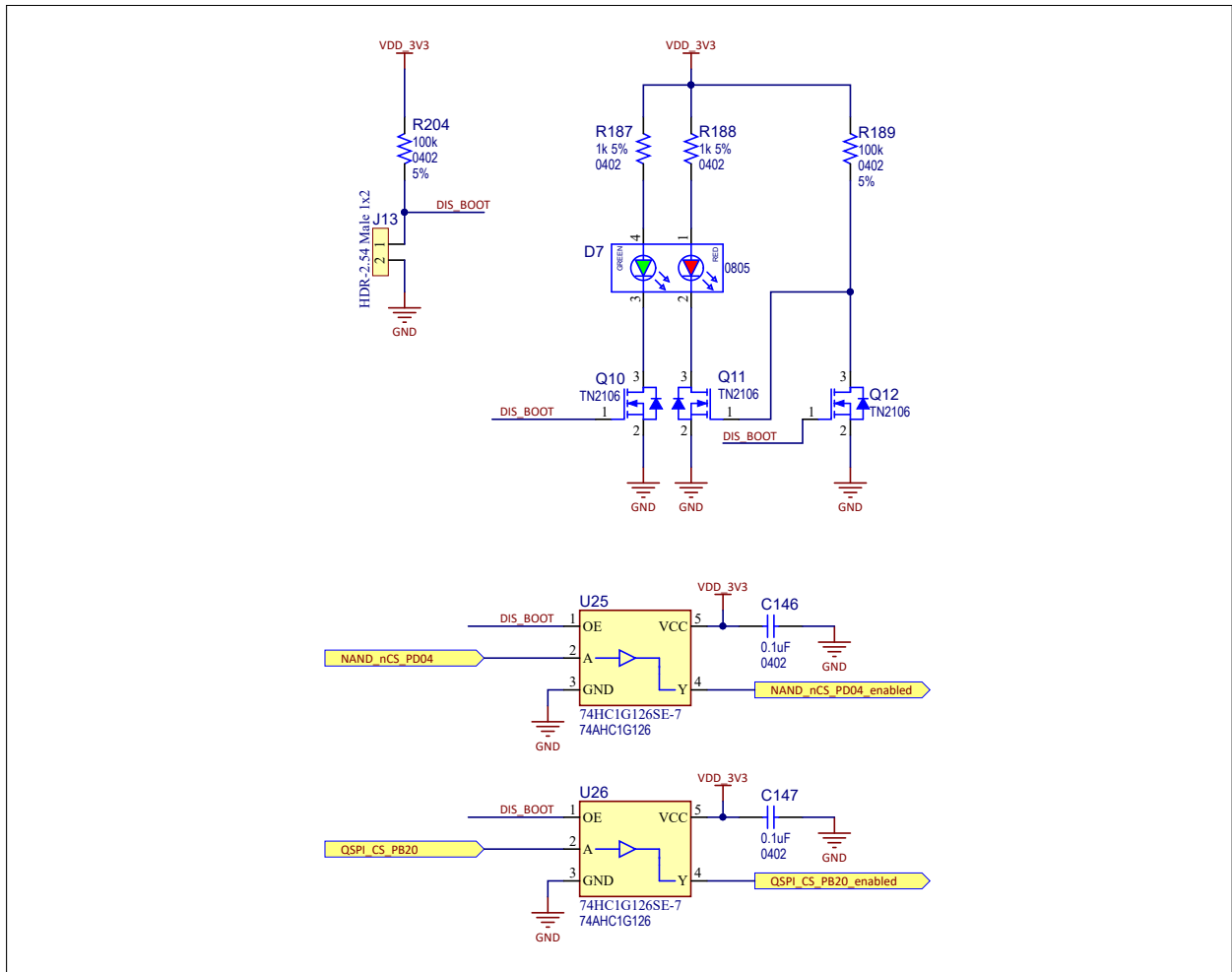
3.5.5 禁止引导

板上按钮 SW4 和/或跳线 J13 使用同相三态缓冲器来控制可引导存储器组件（QSPI 和 NAND 闪存）的选择（CS#）。

操作规则如下：

- SW4（DISABLE_BOOT）或 J13 短路 = 禁止从 QSPI 和 NAND 闪存引导。
- LED D6 指示 DIS_BOOT 信号的状态。
 - 红色 = 禁止板上引导存储器。
 - 绿色 = 使能板上引导存储器。

图 3-50. 禁止引导



注：“禁止引导”机制不会禁止从 SD 卡连接器引导。用户必须移除 SD 卡才能禁止从其中引导。

3.5.6 RGB LED

SAM9X60-EK 评估板具有一个 RGB LED。三个 LED 阴极通过 GPIO PWM 引脚进行控制。

图 3-51. 用户 LED

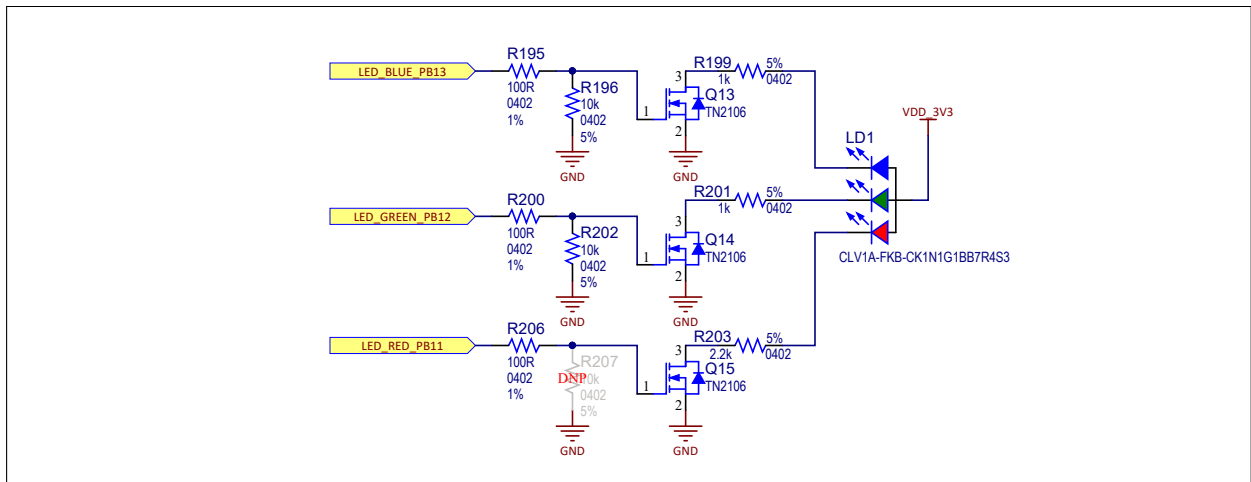


表 3-25. RGB LED PIO

信号	PIO	功能
LED_RED_PB11	PB11	PWMH1
LED_GREEN_PB12	PB12	PWML1
LED_BLUE_PB13	PB13	PWML0

4. 安装和操作

4.1 系统和配置要求

SAM9X60-EK 需要以下组件：

- 个人计算机
- USB 电缆（在工具箱中提供）

4.2 评估板设置

在使用 SAM9X60-EK 之前，请按照以下步骤操作：

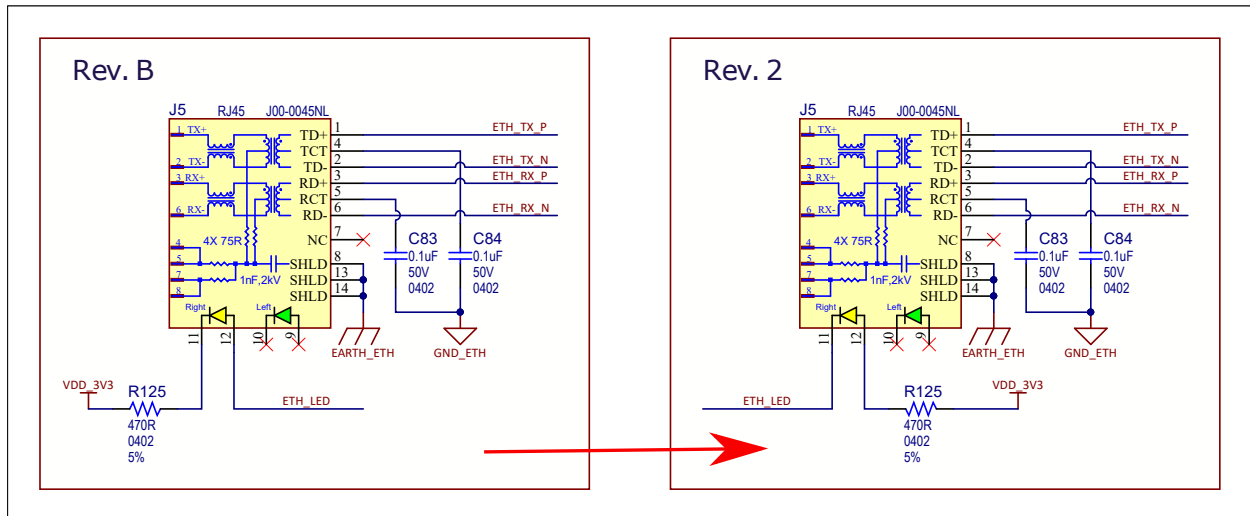
1. 打开评估板的包装，注意避免静电放电。
2. 检查默认的跳线设置（见 [2.5 默认跳线设置](#)）。
3. 将 Micro-USB 线缆连接到连接器 J7（USB-A 端口）。
4. 将电缆的另一端连接到 PC 上的空闲端口。
5. 打开 PC 上的终端（控制台 115200, N, 8, 1）。
6. 复位评估板。控制台上随即出现启动消息。

5. 勘误表

5.1 LED 不工作

在 SAM9X60-EK 版本 B 上，由于 LED 连接不正确，RJ45 连接器 J5 上的以太网活动 LED 不工作。这一问题在版本 2 中得到了解决，如下图所示。尽管如此，以太网端口仍可在版本 B 评估板上完美运行。

图 5-1. RJ45 连接器右侧 LED 从版本 B 到版本 2 的连接变化



5.2 引导问题

在 SAM9X60-EK 版本 B、版本 2 和版本 3 评估板上，当从 NAND 闪存 MT29F4G08ABAEA 引导时，在评估板第一次上电时不会执行引导序列；仅在用户按下复位按钮后才会引导。

原因在于，MT29F4G08ABAEA 存储器未遵循 ONFI 规范，此规范要求发送复位命令（0xFF）后保持最长 5 μ s 的内部复位时间。因此，当 SAM9X60 需要从中读取引导代码时，它尚未准备就绪。

我们建议您不要在设计中使用 MT29F4G08ABAEA。

5.3 上电问题

如果用户尝试将可选的 WILC3000 模块与 LCD 或以太网 PHY 一起安装和使用，则 SAM9X60-EK 版本 B、版本 2 和版本 3 评估板上可能会出现一个已知问题。

对于 WILC3000，需要应用特殊的上电序列，同时要求复位线在特定的一段时间内保持低电平。但是，由于所有器件共用同一条复位线，因此可能会在运行期间导致通信中断。

为解决这一问题，我们建议隔离连接到 WILC3000 的复位线，方法是切断走线并将其连接到 40 引脚 GPIO 连接器（J16）的一个空闲 GPIO。我们建议使用 PC31（引脚 29），因为它已在我们的 Linux 发行版中实现。

下图提供了评估板的修改指南。

图 5-2. 评估板修改步骤 1

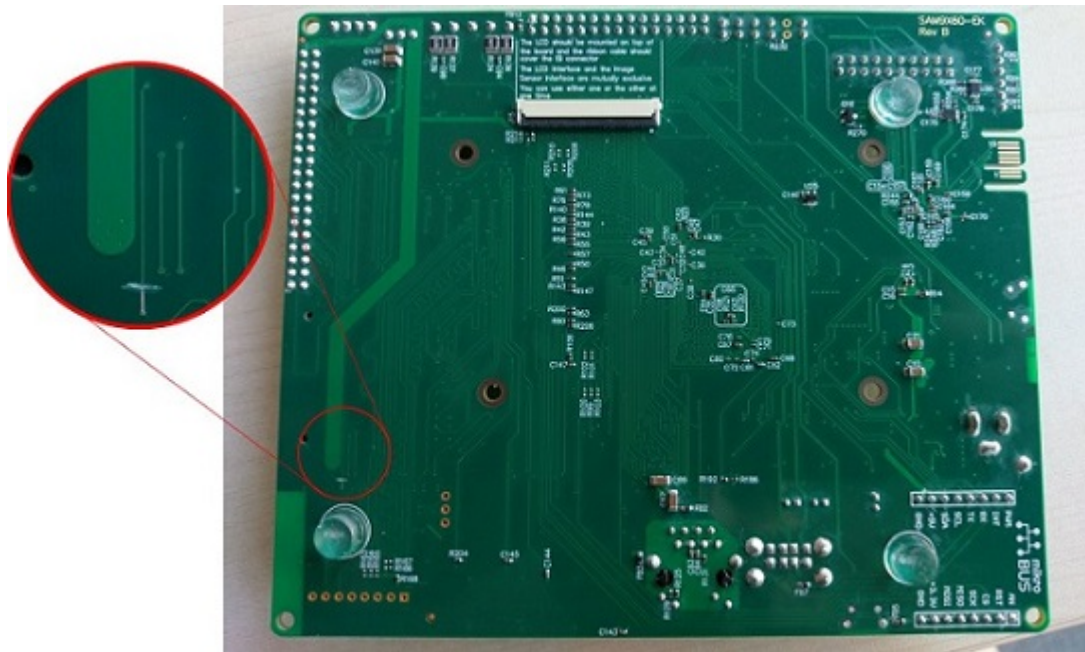
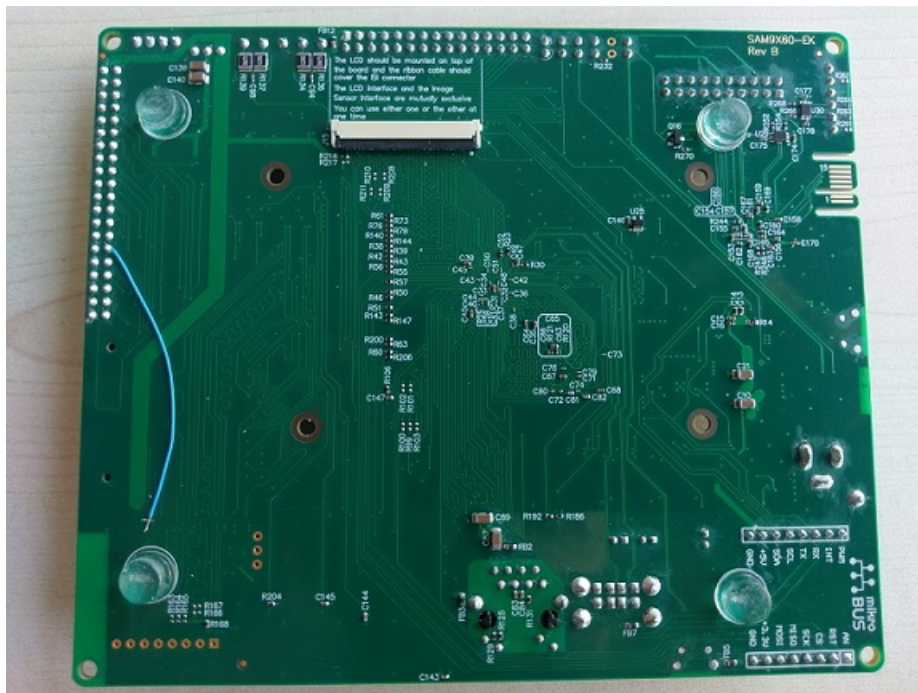


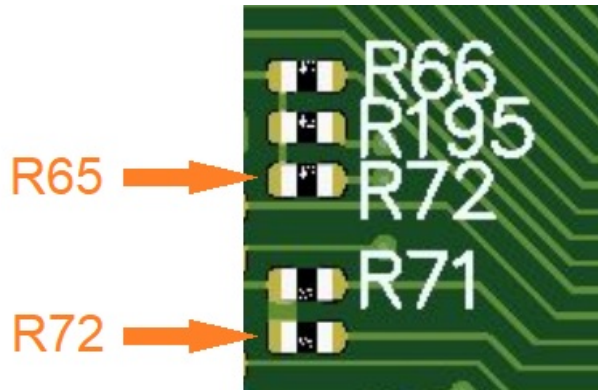
图 5-3. 评估板修改步骤 2



5.4 电阻标记错误

SAM9X60-EK 版本 B 和版本 2 评估板上存在一个已知的丝印错误：电阻 R65 被错误地标记为 R72，而电阻 R72 没有标识。请参见下图。

图 5-4. R65 和 R72 电阻标识



6. 附录：原理图和布线图

本附录包含 SAM9X60-EK 评估板的以下原理图和布线图：

- 框图
- 电源
- SAM9X60 处理器
- 处理器 I/O
- 处理器 I/O 扩展
- 板上存储器
- USB 接口
- 以太网 MAC
- Wi-Fi/蓝牙
- SDMMC、CAN 和 CLASSD
- 扩展连接器
- 用户交互
- 板上 J-Link

图 6-1. 框图

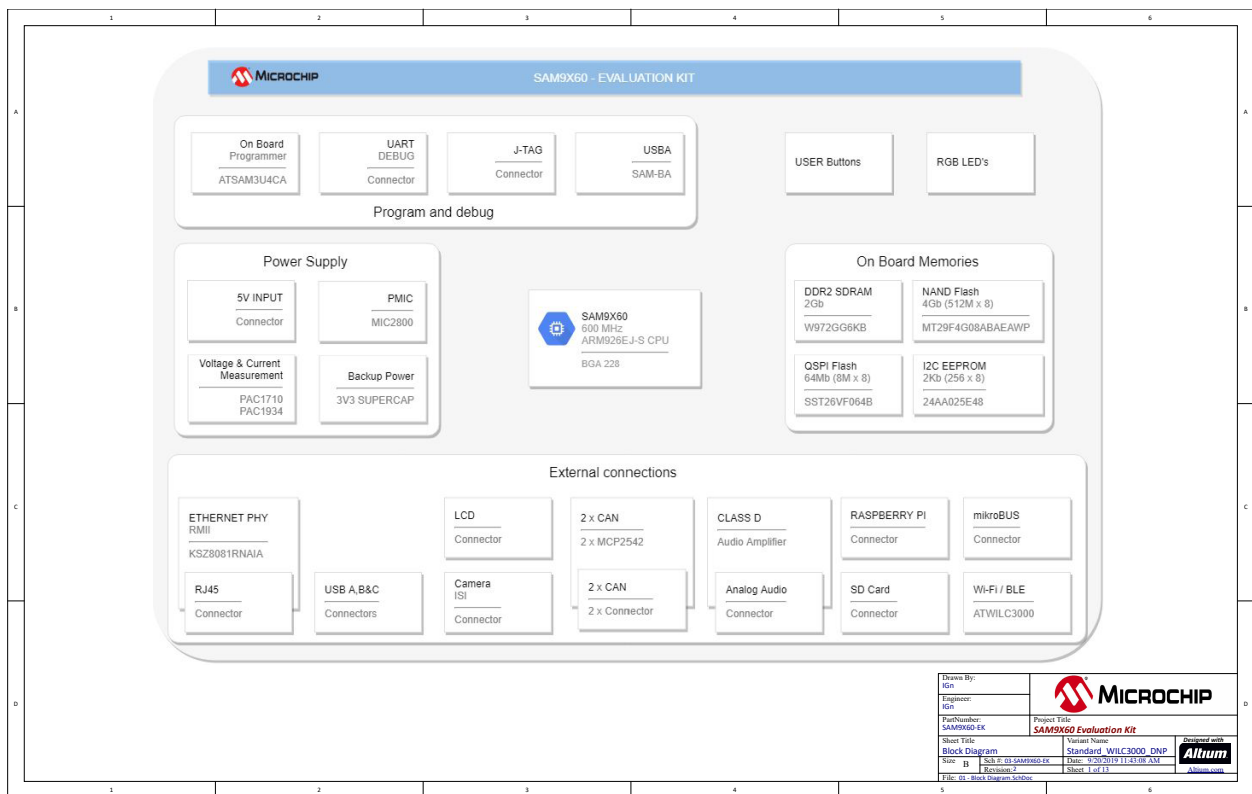


图 6-2. 电源

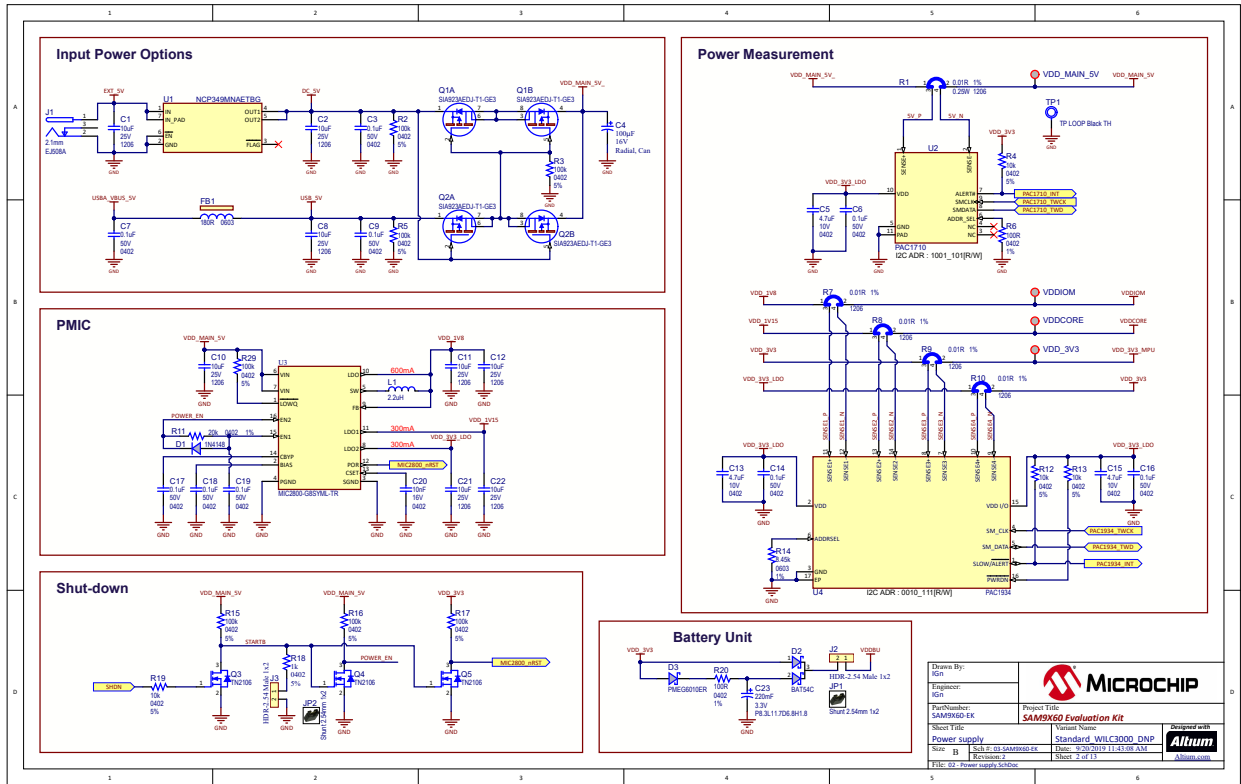


图 6-3. SAM9X60 处理器

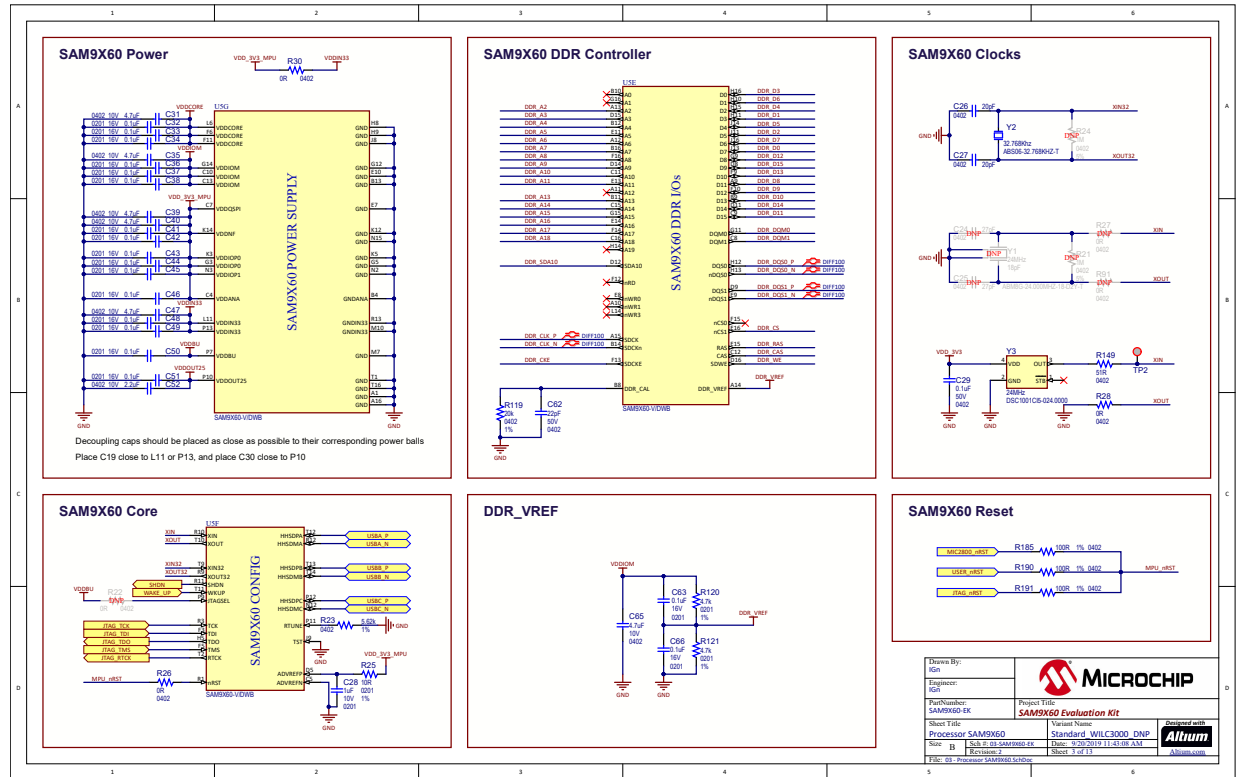


图 6-4. 处理器 I/O

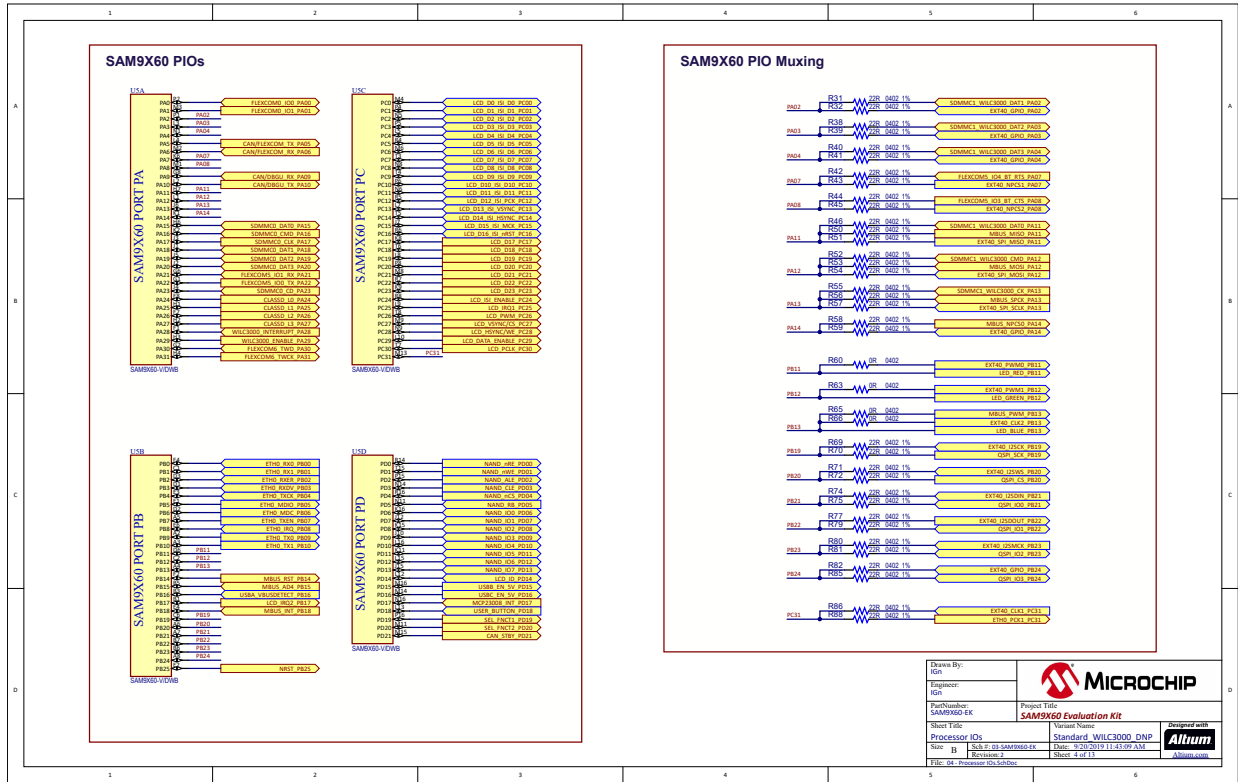


图 6-5. 处理器 I/O 扩展

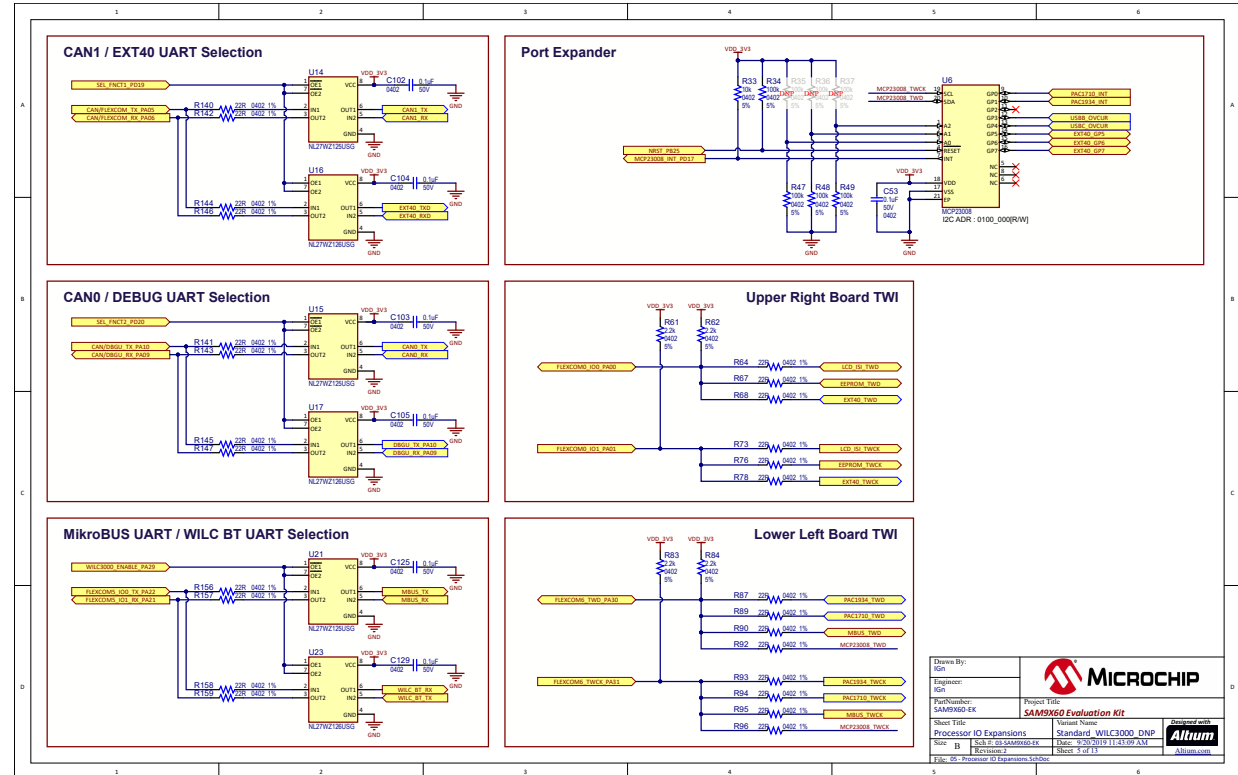


图 6-6. 板上存储器

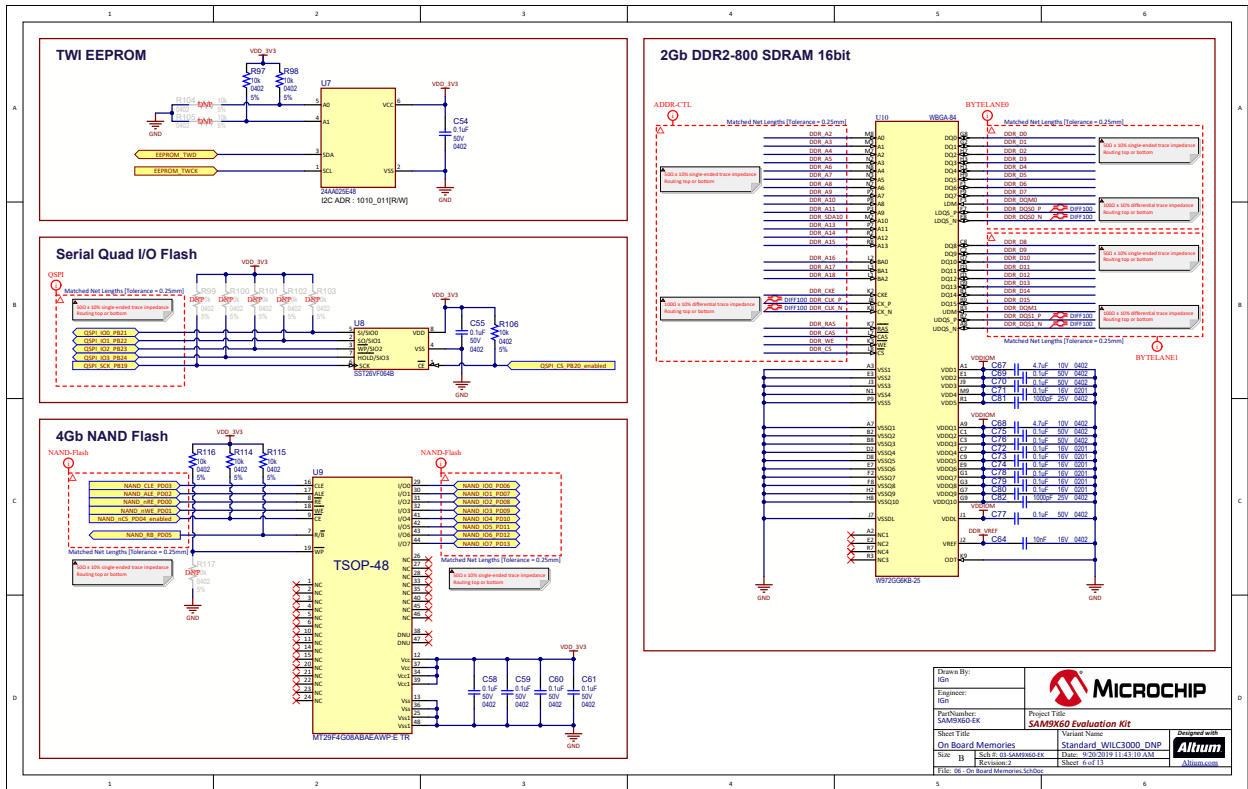


图 6-7. USB 接口

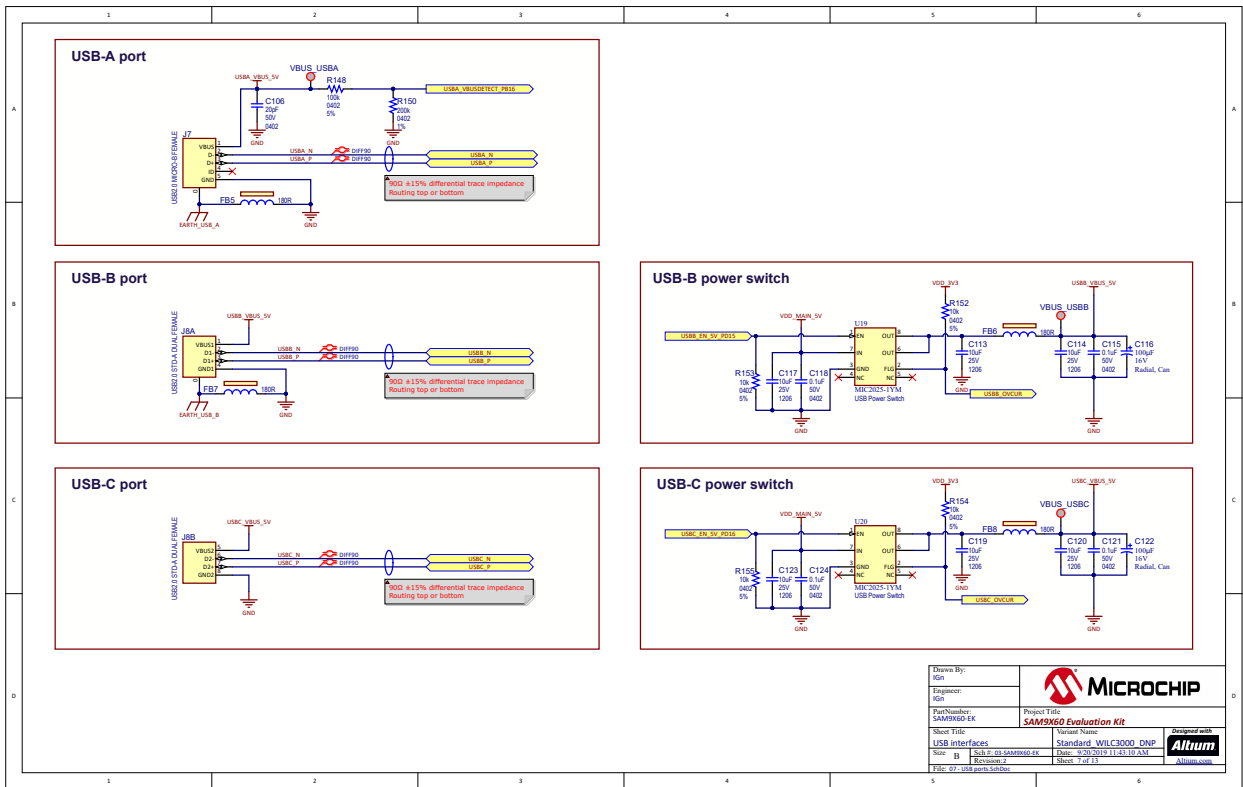


图 6-10. SDMMC、CAN 和 CLASSD

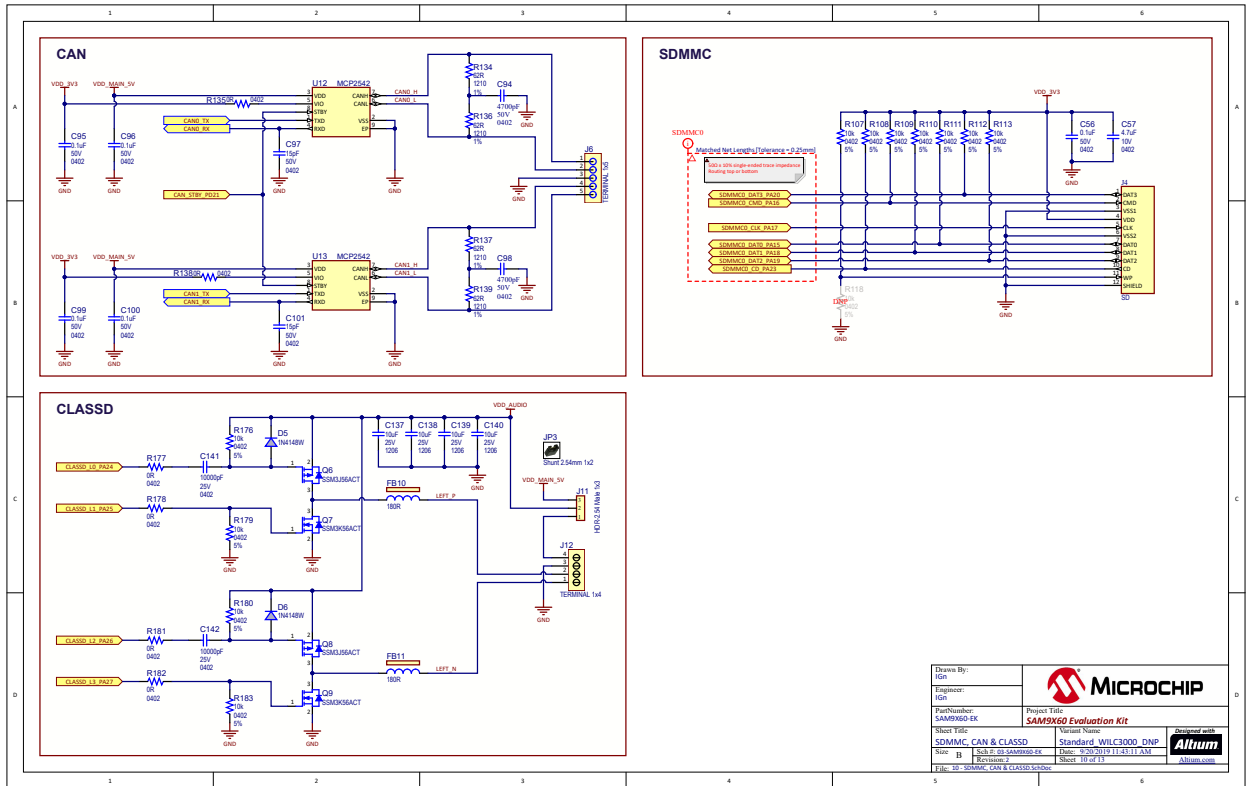


图 6-11. 扩展连接器

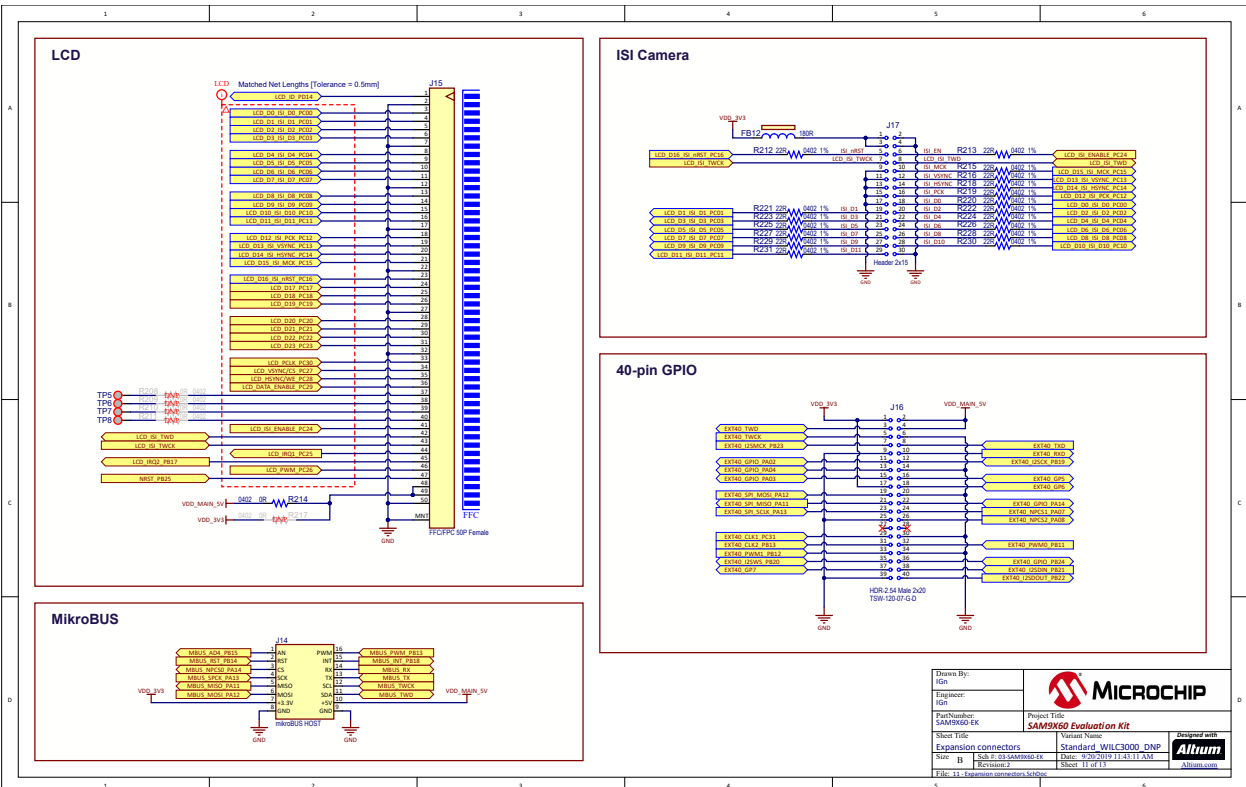


图 6-12. 用户交互

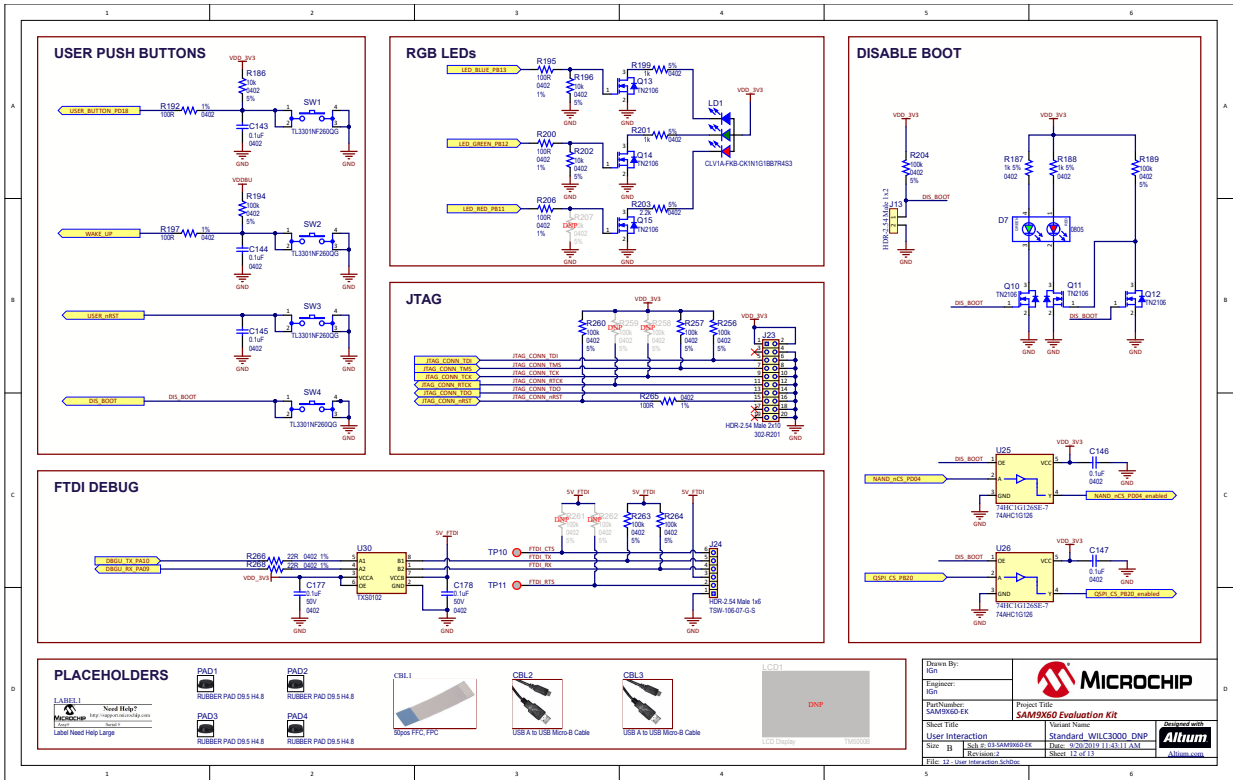
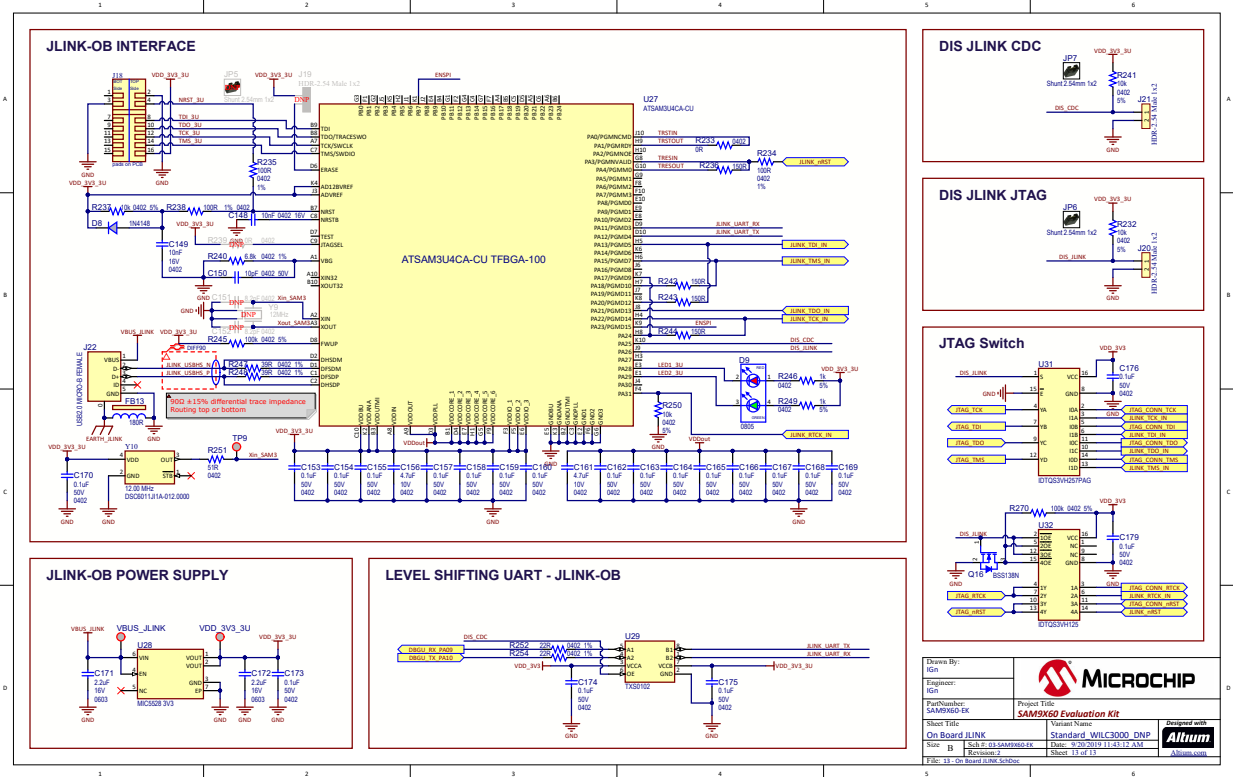


图 6-13. 板上 J-Link



7. 版本历史

7.1 DS50002907B——2020 年 1 月

已更新:

- 表 [SAM9X60-EK 特性](#) (存储器行)
- [NAND 闪存部分](#)
- [勘误表部分](#)

7.2 DS50002907A——2019 年 10 月

第一版。

Microchip 网站

Microchip 网站 (www.microchip.com/) 为客户提供在线支持。客户可通过该网站方便地获取文件和信息。我们的网站提供以下内容:

- **产品支持**——数据手册和勘误表、应用笔记和示例程序、设计资源、用户指南以及硬件支持文档、最新的软件版本以及归档软件
- **一般技术支持**——常见问题解答 (FAQ)、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 设计伙伴计划成员名单
- **Microchip 业务**——产品选型和订购指南、最新 Microchip 新闻稿、研讨会和活动安排表、Microchip 销售办事处、代理商以及工厂代表列表

产品变更通知服务

Microchip 的产品变更通知服务有助于客户了解 Microchip 产品的最新信息。注册客户可在他们感兴趣的某个产品系列或开发工具发生变更、更新、发布新版本或勘误表时, 收到电子邮件通知。

欲注册, 请访问 www.microchip.com/pcn, 然后按照注册说明进行操作。

客户支持

Microchip 产品的用户可通过以下渠道获得帮助:

- 代理商或代表
- 当地销售办事处
- 应用工程师 (ESE)
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或 ESE 寻求支持。当地销售办事处也可为客户提供帮助。本文档后附有销售办事处的联系方式。

也可通过 www.microchip.com/support 获得网上技术支持。

Microchip 器件代码保护功能

请注意以下有关 Microchip 器件代码保护功能的要点:

- Microchip 的产品均达到 Microchip 数据手册中所述的技术指标。
- Microchip 确信: 在正常使用的情况下, Microchip 系列产品是当今市场上同类产品中最安全的产品之一。
- 目前, 仍存在着恶意、甚至是非法破坏代码保护功能的行为。就我们所知, 所有这些行为都不是以 Microchip 数据手册中规定的操作规范来使用 Microchip 产品的。这样做的人极可能侵犯了知识产权。
- Microchip 愿意与关心代码完整性的客户合作。
- Microchip 或任何其他半导体厂商均无法保证其代码的安全性。代码保护并不意味着我们保证产品是“牢不可破”的。

代码保护功能处于持续发展中。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。任何试图破坏 Microchip 代码保护功能的行为均可视为违反了《数字器件千年版权法案 (Digital Millennium Copyright Act)》。如果这种行为导致他人在未经授权的情况下, 能访问您的软件或其他受版权保护的成果, 您有权依据该法案提起诉讼, 从而制止这种行为。

法律声明

提供本文档的中文版本仅为了便于理解。请勿忽视文档中包含的英文部分, 因为其中提供了有关 Microchip 产品性能和使用情况的有用信息。Microchip Technology Inc. 及其分公司和相关公司、各级主管与员工及事务代理机构对译文中可能存在的任何差错不承担任何责任。建议参考 Microchip Technology Inc. 的英文原版文档。

本出版物中提供的信息仅仅是为方便您使用 Microchip 产品或使用这些产品来进行设计。本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为您提供便利，它们可能由更新之信息所替代。确保应用符合技术规范，是您自身应负的责任。

MICROCHIP“按原样”提供这些信息。Microchip 对这些信息不作任何明示或暗示、书面或口头、法定或其他形式的声明或担保，包括但不限于针对非侵权性、适销性和特定用途的适用性的暗示担保，或针对其使用情况、质量或性能的担保。

在任何情况下，对于因这些信息或使用这些信息而产生的任何间接的、特殊的、惩罚性的、偶然的或间接的损失、损害或任何类型的开销，MICROCHIP 概不承担任何责任，即使 MICROCHIP 已被告知可能发生损害或损害可以预见。在法律允许的最大范围内，对于因这些信息或使用这些信息而产生的所有索赔，MICROCHIP 在任何情况下所承担的全部责任均不超出您为获得这些信息向 MICROCHIP 直接支付的金额（如有）。如果将 Microchip 器件用于生命维持和/或生命安全应用，一切风险由买方自负。买方同意在由此引发任何一切损害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任。除非另外声明，在 Microchip 知识产权保护下，不得暗或以其他方式转让任何许可证。

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、Adapttec、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BesTime、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、HELDO、IGLOO、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LinkMD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、Microsemi、Microsemi 徽标、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PackeTime、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、PolarFire、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SenGenuity、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、Symmetricom、SyncServer、Tachyon、TempTrackr、TimeSource、tinyAVR、UNI/O、Vectron 和 XMEGA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

APT、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、FlashTec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国的注册商标。

Adjacent Key Suppression、AKS、Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、SAM-ICE、Serial Quad I/O、SMART-I.S.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

SQTP 是 Microchip Technology Incorporated 在美国的服务标记。

Adapttec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology 和 Symmcom 为 Microchip Technology Inc. 在其他国家或地区的注册商标。

GestIC 是 Microchip Technology Inc. 的子公司 Microchip Technology Germany II GmbH & Co. KG 在除美国外的国家或地区的注册商标。

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2020, Microchip Technology Incorporated, 美国印刷, 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-6861-5

质量管理体系

有关 Microchip 的质量管理体系的信息，请访问 www.microchip.com/quality。

全球销售及服务中心

美洲	亚太地区	亚太地区	欧洲
公司总部 2355 West Chandler Blvd. Chandler, AZ 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: www.microchip.com/support 网址: www.microchip.com	澳大利亚 - 悉尼 电话: 61-2-9868-6733 中国 - 北京 电话: 86-10-8569-7000 中国 - 成都 电话: 86-28-8665-5511 中国 - 重庆 电话: 86-23-8980-9588 中国 - 东莞 电话: 86-769-8702-9880 中国 - 广州 电话: 86-20-8755-8029 中国 - 杭州 电话: 86-571-8792-8115 中国 - 香港特别行政区 电话: 852-2943-5100 中国 - 南京 电话: 86-25-8473-2460 中国 - 青岛 电话: 86-532-8502-7355 中国 - 上海 电话: 86-21-3326-8000 中国 - 沈阳 电话: 86-24-2334-2829 中国 - 深圳 电话: 86-755-8864-2200 中国 - 苏州 电话: 86-186-6233-1526 中国 - 武汉 电话: 86-27-5980-5300 中国 - 西安 电话: 86-29-8833-7252 中国 - 厦门 电话: 86-592-2388138 中国 - 珠海 电话: 86-756-3210040	印度 - 班加罗尔 电话: 91-80-3090-4444 印度 - 新德里 电话: 91-11-4160-8631 印度 - 浦那 电话: 91-20-4121-0141 日本 - 大阪 电话: 81-6-6152-7160 日本 - 东京 电话: 81-3-6880-3770 韩国 - 大邱 电话: 82-53-744-4301 韩国 - 首尔 电话: 82-2-554-7200 马来西亚 - 吉隆坡 电话: 60-3-7651-7906 马来西亚 - 槟榔屿 电话: 60-4-227-8870 菲律宾 - 马尼拉 电话: 63-2-634-9065 新加坡 电话: 65-6334-8870 台湾地区 - 新竹 电话: 886-3-577-8366 台湾地区 - 高雄 电话: 886-7-213-7830 台湾地区 - 台北 电话: 886-2-2508-8600 泰国 - 曼谷 电话: 66-2-694-1351 越南 - 胡志明市 电话: 84-28-5448-2100	奥地利 - 韦尔斯 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 丹麦 - 哥本哈根 电话: 45-4485-5910 传真: 45-4485-2829 芬兰 - 埃斯波 电话: 358-9-4520-820 法国 - 巴黎 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 德国 - 加兴 电话: 49-8931-9700 德国 - 哈恩 电话: 49-2129-3766400 德国 - 海尔布隆 电话: 49-7131-72400 德国 - 卡尔斯鲁厄 电话: 49-721-625370 德国 - 慕尼黑 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 德国 - 罗森海姆 电话: 49-8031-354-560 以色列 - 若那那市 电话: 972-9-744-7705 意大利 - 米兰 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 意大利 - 帕多瓦 电话: 39-049-7625286 荷兰 - 德卢内市 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 挪威 - 特隆赫姆 电话: 47-72884388 波兰 - 华沙 电话: 48-22-3325737 罗马尼亚 - 布加勒斯特 电话: 40-21-407-87-50 西班牙 - 马德里 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 瑞典 - 哥德堡 电话: 46-31-704-60-40 瑞典 - 斯德哥尔摩 电话: 46-8-5090-4654 英国 - 沃金厄姆 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
亚特兰大 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 奥斯汀, 德克萨斯州 电话: 512-257-3370 波士顿 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 芝加哥 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 达拉斯 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 底特律 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 休斯顿, 德克萨斯州 电话: 281-894-5983 印第安纳波利斯 诺布尔斯特维尔, 印第安纳州 电话: 317-773-8323 传真: 317-773-5453 电话: 317-536-2380 洛杉矶 米慎维荷, 加利福尼亚州 电话: 949-462-9523 传真: 949-462-9608 电话: 951-273-7800 罗利, 北卡罗来纳州 电话: 919-844-7510 纽约, 纽约州 电话: 631-435-6000 圣何塞, 加利福尼亚州 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 加拿大 - 多伦多 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			