
ATWILC/ATWINC 串行桥接器应用笔记

简介

本应用笔记介绍主机串行桥接器应用程序及其测试设置信息。串行桥接器应用软件（与 MCHPRT2 工具结合使用）有助于将 ATWILC/ATWINC 器件置于测试模式以进行 RF 验证、认证和生产测试，而无需借助任何其他专用测试接口或外部硬件工具。

串行桥接器应用程序与 RF 测试工具（MCHPRT2）结合使用，MCHPRT2 具有图形用户界面（Graphical User Interface, GUI）和命令行接口（Command Line Interface, CLI）。设计验证和认证首选 GUI，生产测试首选 CLI（它简化了测试脚本的准备过程）。

串行桥接器应用软件在主机 MCU/MPU 上运行，主机 MCU/MPU 充当测试 PC（MCHPRT2 工具）与被测器件（Device Under Test, DUT）ATWILC/ATWINC 之间的桥接器，具体表现为将从 PC 接收的命令传递到 DUT 以及将从 DUT 接收的响应传递到 PC（MCHPRT2 工具）。

串行桥接器应用软件分为以下两种：

1. 基于 RTOS 的串行桥接器应用程序
2. 基于 Linux® 的串行桥接器应用程序

注：MCHPRT2 GUI 工具可应客户要求提供。

目录

简介.....	1
1. 现有测试设置.....	4
2. 串行桥接器测试设置.....	5
2.1. 测试 PC.....	5
2.2. 主机 MCU/MPU.....	5
2.3. DUT.....	5
2.4. RF 测试仪表.....	6
3. ATWILC/ATWINC 器件的测试设置.....	7
3.1. 基于 MCU 的串行桥接器测试设置.....	7
3.2. 基于 MPU 的串行桥接器测试设置.....	17
3.3. 更多信息——禁止 MSD 模式.....	22
4. 串行桥接器应用程序源代码.....	23
4.1. MCU——基于 RTOS 的串行桥接器应用程序源代码.....	23
4.2. MPU——基于 Linux 的串行桥接器应用程序源代码.....	24
4.3. 其他 MCU/MPU 的串行桥接器.....	24
5. MCHPRT2 (RF 测试工具)	25
5.1. 使用 MCHPRT2 工具和串行桥接器进行 Wi-Fi®测试.....	25
5.2. 使用 MCHPRT2 工具和串行桥接器进行蓝牙低功耗测试.....	26
6. 参考文档.....	28
7. Linux 串行桥接器.....	29
7.1. 通过串行桥接器驱动程序编译内核.....	29
7.2. 在 SAMA5D4 Xplained Pro 板中刷写二进制文件.....	30
7.3. 编译 Sbridge 应用程序.....	30
7.4. 输出模块.....	31
7.5. 运行串行桥接器应用程序以使用 SPI 接口与 MCHPRT2 工具连接的步骤.....	31
7.6. 运行串行桥接器应用程序以使用 SDIO 接口与 MCHPRT2 工具连接的步骤.....	31
7.7. 运行串行桥接器应用程序以针对 ATWILC3000 BLE UART 接口与 HCI 工具连接的步骤.....	31
7.8. 使用 Sbridge 应用程序运行 MAC 读/写操作的步骤.....	31
7.9. 串行桥接器应用程序的 UART 配置.....	32
7.10. 使用 ATWILC1000 SPI 接口的 SAMA5D4 引脚配置.....	32
7.11. 测试步骤.....	32
8. 文档版本历史.....	34
Microchip 网站.....	35
产品变更通知服务.....	35
客户支持.....	35
Microchip 器件代码保护功能.....	35

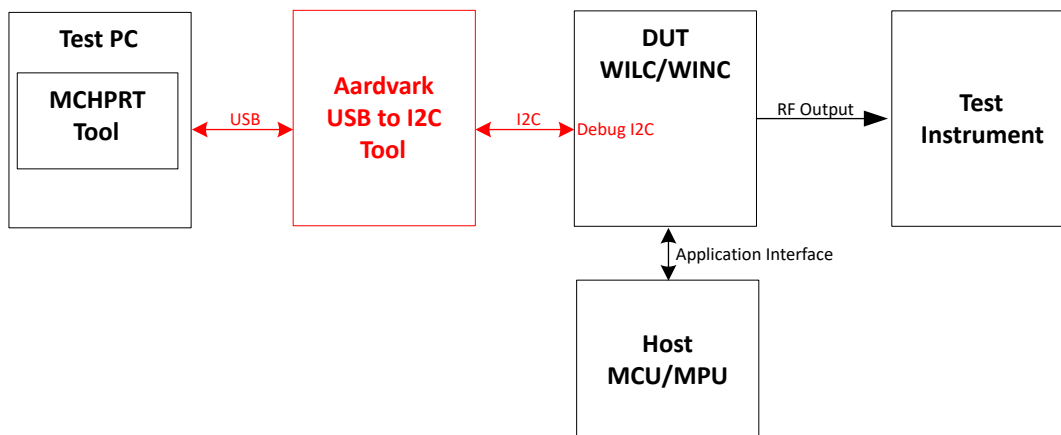
法律声明.....	35
商标.....	36
质量管理体系.....	36
全球销售及服务网点.....	37

1. 现有测试设置

要将 ATWILC/ATWINC 器件置于 RF 测试模式，需要专用的调试测试 I²C 接口。同样，要将 I²C 连接到测试 PC，需要借助外部硬件工具 Aardvark（USB 转 I²C）。

使用 Aardvark 工具实现的测试设置连接如下图所示：

图 1-1. 使用 Aardvark 工具实现的测试设置



缺点

- 需要借助其他外部工具（Aardvark）。
- 最终设计必须使调试测试 I²C 引脚输出到测试点。在生产测试设置中，调试测试 I²C 引脚必须方便使用（即使最终设计板配有外壳时也不例外）。

2. 串行桥接器测试设置

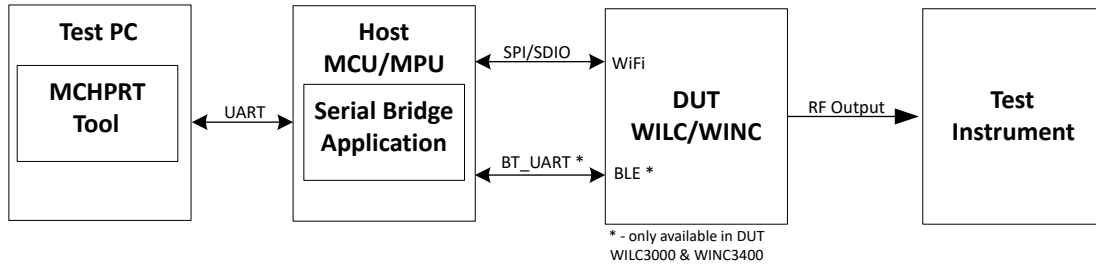
串行桥接器可替代 Aardvark（USB 转 I2C）工具。

串行桥接器应用软件在主机 MCU/MPU 上运行，主机 MCU/MPU 充当测试 PC（MCHPRT2 工具）与 DUT（被测器件——ATWILC/ATWINC 器件）之间的桥接器，具体表现为将从 PC 接收的命令传递到 DUT 以及将从 DUT 接收的响应传递到 PC（MCHPRT2 工具）。

使用串行桥接器测试设置时，可使用主机 MCU/MPU 与 DUT 之间的应用程序接口进行 RF 测试。因此，无需借助任何专用测试接口或外部 Aardvark 工具。

下面给出了串行桥接器测试设置的框图概览：

图 2-1. 串行桥接器框图概览



2.1 测试 PC

测试 PC 的本地磁盘中提供有 MCHPRT2 工具。该工具可通过 GUI 或命令提示符进行控制。在生产设置中，可通过 MCHPRT2 CLI（命令行实用程序）使用测试脚本（如 Python）来触发命令，即在后台使用 MCHPRT2 的*.dll 文件来控制 DUT。

2.2 主机 MCU/MPU

主机 MCU/MPU 具有串行桥接器应用固件，用于在 MCHPRT2 工具（来自测试 PC）与 DUT 之间传递命令。基于主机器件的串行桥接器分为以下两种：

1. MCU——基于 RTOS 的串行桥接器⁽¹⁾
2. MPU——基于 Linux 的串行桥接器⁽²⁾

注：

1. 支持所有 ATWILC/ATWINC 器件。
2. 仅支持 ATWILC1000 和 ATWILC3000 器件。

2.3 DUT

DUT和ATWILC/ATWINC 通过主机串行桥接器应用软件连接到测试 PC（MCHPRT2 工具）。支持 Wi-Fi 的 DUT 器件通过串行外设接口（Serial Peripheral Interface, SPI）或串行数据输入/输出（Serial Data Input/Output, SDIO）连接到主机控制器，支持 BLE 的 DUT 器件通过 BT_UART 连接到主机。

下面列出了测试接口：

表 2-1. 测试接口

序号	DUT	技术支持	应用程序接口和测试接口	
			Wi-Fi®	BLE
1	ATWILC1000	仅 Wi-Fi	SPI 或 SDIO	-

..... (续)				
序号	DUT	技术支持	应用程序接口和测试接口	
			Wi-Fi	BLE
2	ATWINC15x0	仅 Wi-Fi	SPI	-
3	ATWILC3000	Wi-Fi 和 BLE	SPI 或 SDIO	BT_UART
4	ATWINC3400	Wi-Fi 和 BLE	SPI *	BT_UART*

注： 在 ATWILC1000、ATWINC15x0 和 ATWILC3000 器件中，应用程序接口和测试接口均相同。在 ATWINC3400 中，应用固件使用 SPI 接口实现 Wi-Fi 和 BLE 的正常工作。Wi-Fi 和 BLE RF 测试需要使用 SPI 和 BT_UART 接口，具体如下：

- Wi-Fi 测试——SPI 接口用于突发测试固件下载和其他测试模式命令
- BLE 测试——SPI 接口用于 BLE 测试固件下载，BT_UART 接口用于 BLE HCI 命令

2.4 RF 测试仪表

RF 测试仪表用于 DUT 输出的 RF 测量，以及按要求将测量值作为反馈发送给测试 PC。下面列出了一些测试仪表：

1. 计频器——仅支持频率偏移校准测量。
2. 基本频谱分析仪——支持频率偏移校准和 TX 功率测量。
3. 高级频谱分析仪——具有更多功能，并且符合 IEEE 802.11 标准。
4. IQxel (LitePoint) ——为支持 Wi-Fi 和蓝牙的器件提供完全测试覆盖，具体如下：
 - Tx 测试覆盖，例如误差矢量幅值 (Error Vector Magnitude, EVM)、频率偏移误差、输出功率和频谱模板
 - Rx 测试覆盖，例如数据包出错率 (Packet Error Rate, PER)

3. ATWILC/ATWINC 器件的测试设置

本章介绍 ATWILC 和 ATWINC 器件的接口及其框图概览，以及测试设置信息。

3.1 基于 MCU 的串行桥接器测试设置

对于基于 MCU 的串行桥接器测试设置，使用 SAM4S Xplained Pro 评估工具包作为参考。不过，也可以使用其他基于 MCU 的电路板，例如 SAMD21 Xplained Pro 或 SAM L21 Xplained Pro 评估工具包。

3.1.1 使用 ATWILC1000/ATWINC15x0 SPI 接口

本节提供了使用 SPI 接口时 ATWILC1000 和 ATWINC15x0 模块的框图概览、接口引脚分配和测试设置框图。

图 3-1. 使用 SPI 接口时 ATWILC1000/ATWINC15x0 的框图概览

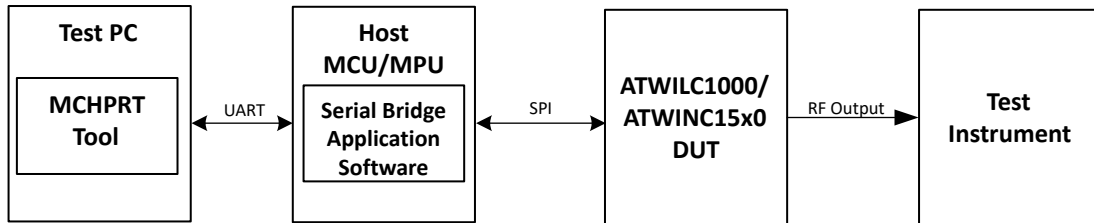
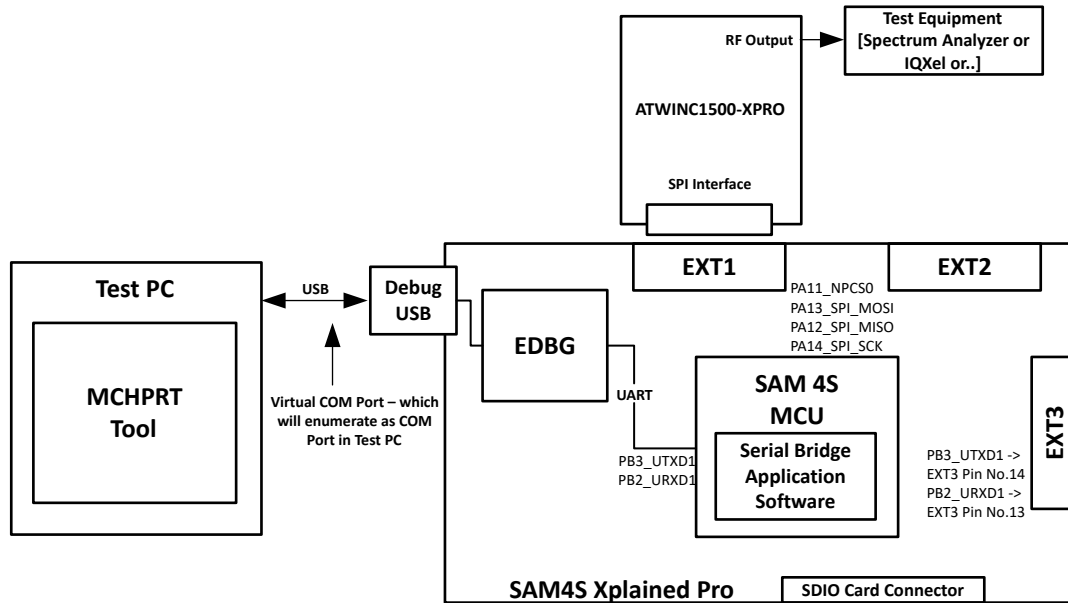


表 3-1. ATWILC1000/ATWINC15x0 SPI 接口的引脚分配

序号	SPI 接口	SPI 功能	ATWILC1000-MR110xB 和 ATWINC15x0-MR210xB 模块的引脚编号	ATWILC1000B 和 ATWIN15x0B IC 的引脚编号
1	SPI_MOSI	低电平有效 SPI 从选择	15	13
2	SPI_SSN	主输出从输入	16	16
3	SPI_MISO	主输入从输出	17	17
4	SPI_SCK	SPI 时钟	18	18

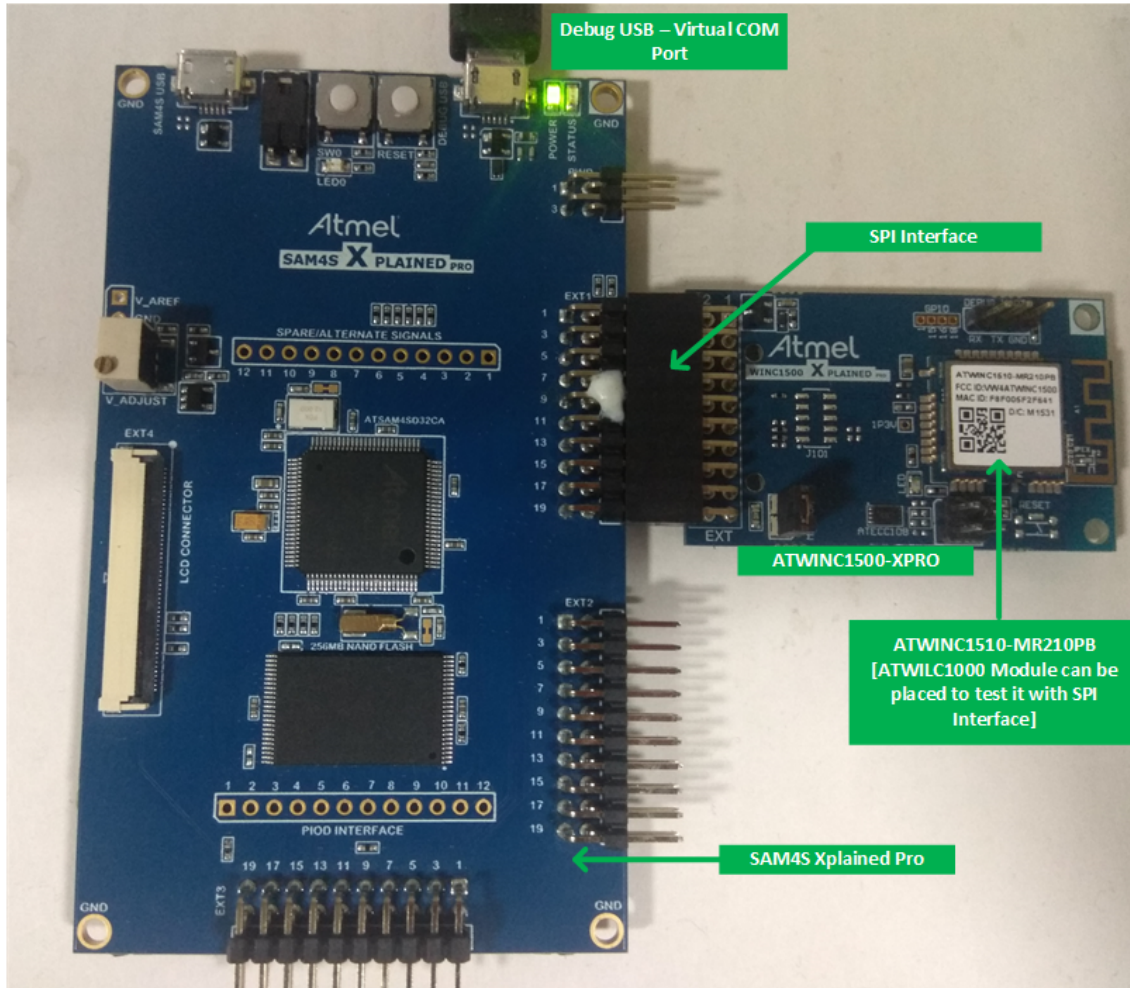
图 3-2. SAM 4S MCU 与 ATWILC1000/ATWINC15x0（使用 SPI 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图



注:

- 也可以使用外部 UART 转 USB 转换器（插入 EXT3 引脚 13（RXD）和引脚 14（TXD））代替虚拟 COM 端口将 MCHPRT2 工具连接到 SAM4S UART。
- 本参考测试设置使用的是 ATWILC1500-XPRO 板。要测试 ATWILC1000 模块，可在此 SPI 接口测试设置中将 ATWILC1000 模块焊接到 ATWILC1500-XPRO（ATWILC1000 与 ATWILC1500 模块的引脚分配相同）中，然后使用改装后的电路板。

图 3-3. SAM 4S MCU 与 ATWILC1000/ATWINC15x0（使用 SPI 接口时）的串行桥接器参考测试设置



3.1.2 使用 ATWILC1000 SDIO 接口

本节提供了使用 SDIO 接口时 ATWILC1000 模块的框图概览、接口引脚分配和测试设置框图。

图 3-4. 使用 SDIO 接口时 ATWILC1000 的框图概览

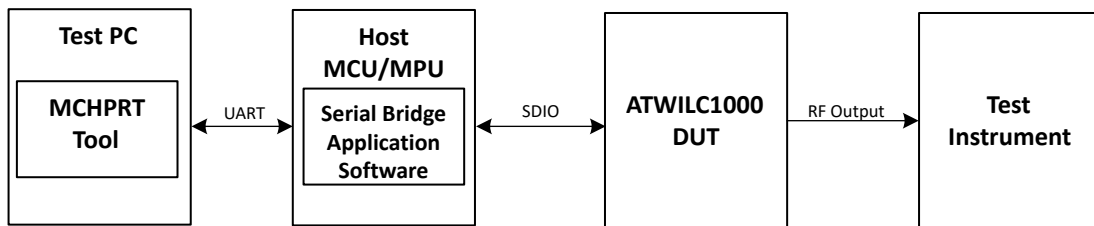
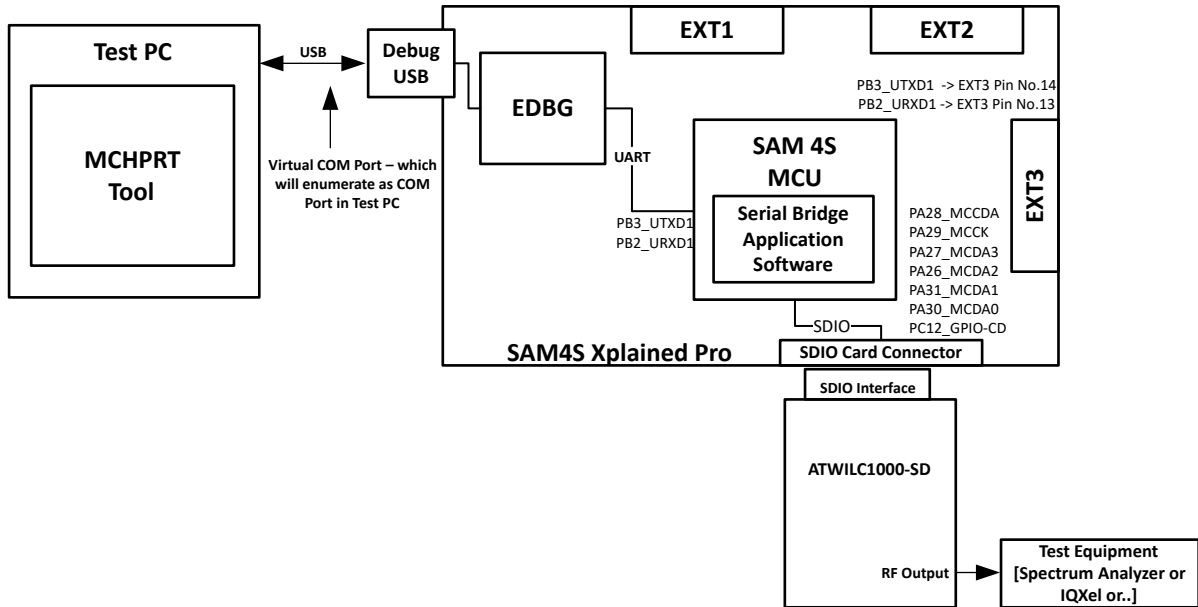


表 3-2. ATWILC1000 SDIO 接口的引脚分配

序号	SDIO 接口	说明	ATWILC1000-MR110xB 模块的引脚编号	ATWILC1000B IC 的引脚编号
1	SD_DATA3	SDIO 数据 3	14	12
2	SD_DATA2	SDIO 数据 2	15	13
3	SD_DATA1	SDIO 数据 1	16	16

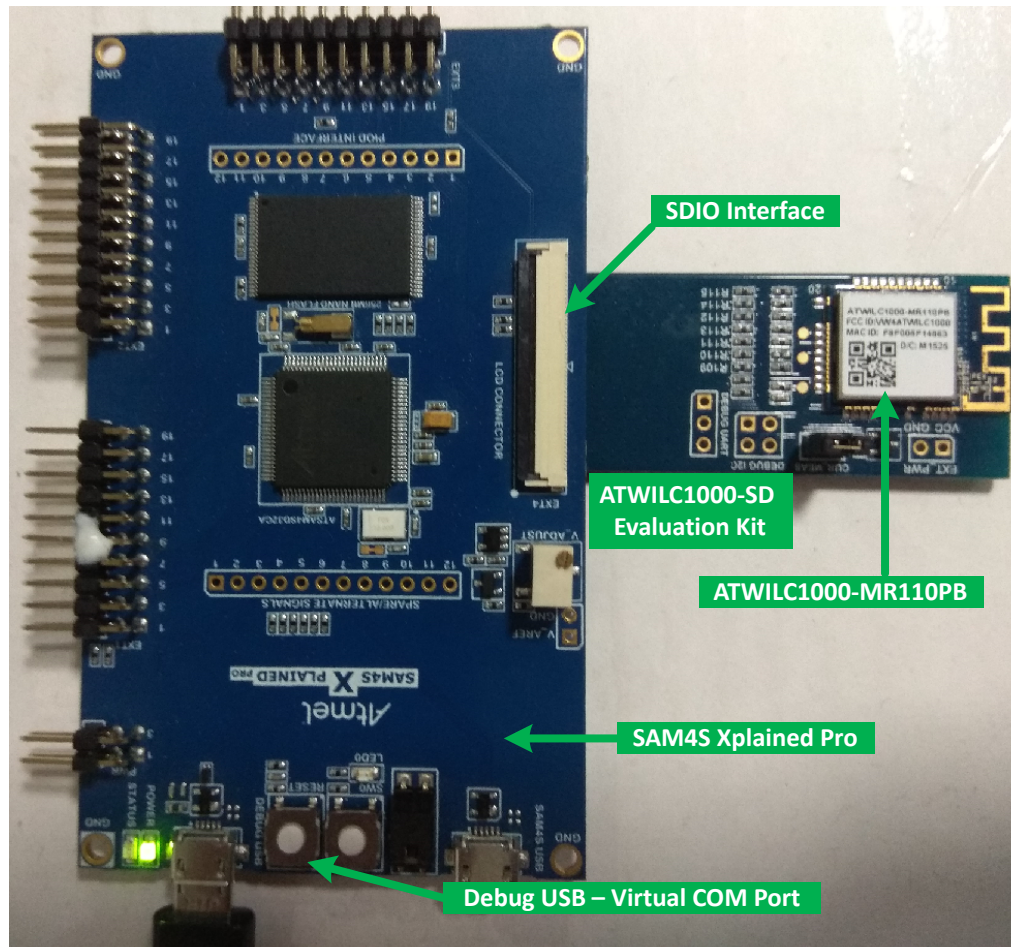
..... (续)				
序号	SDIO 接口	说明	ATWILC1000-MR110xB 模块的 引脚编号	ATWILC1000B IC 的 引脚编号
4	SD_DATA0	SDIO 数据 0	17	17
5	SD_CMD	SDIO 命令	18	18
6	SD_CLK	SDIO 时钟	18	19

图 3-5. SAM 4S MCU 与 ATWILC1000（使用 SDIO 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图



注： 可以将外部 UART 转 USB 转换器插入 EXT3 引脚 13（RXD）和引脚 14（TXD），代替虚拟 COM 端口用于将 MCHPRT2 工具连接到 SAM4S UART。

图 3-6. SAM 4S MCU 与 ATWILC1000（使用 SDIO 接口时）的串行桥接器参考测试设置



3.1.3 使用 ATWILC3000/ATWINC3400 SPI（Wi-Fi）和 BT_UART（BLE）接口

本节提供了使用 SPI（Wi-Fi）和 BT_UART（BLE）接口时 ATWILC3000/ATWINC3400 的框图概览、接口引脚分配和测试设置框图。

图 3-7. 使用 SPI 接口时 ATWILC3000/ATWINC3400 的框图概览

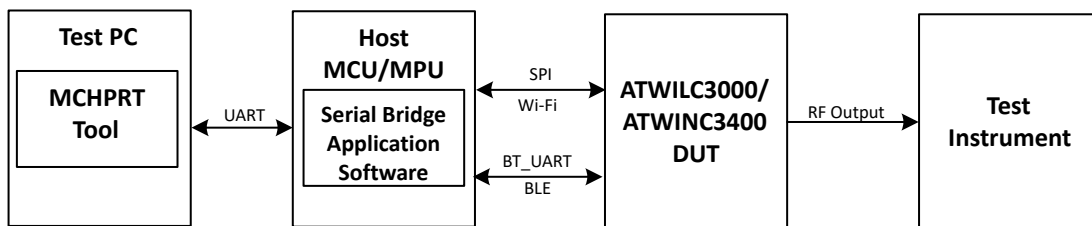


表 3-3. 用于 Wi-Fi 测试的 ATWILC3000/ATWINC3400 SPI 接口的引脚分配

序号	SPI 接口	SPI 功能	ATWILC3000-MR110xA 和 ATWINC3400-MR210xA 模块的引脚编号	ATWILC3000 和 ATWINC3400 IC 的引脚编号
1	SPI_CFG	必须连接至 VDDIO	23	12
2	SPI_SCK	串行时钟	23	30
3	SPI_MISO	主输入从输出（串行数据发送）	24	31

表 3-4. 用于 BLE 测试的 ATWILC3000/ATWINC3400 BT_UART 接口的引脚分配

注:

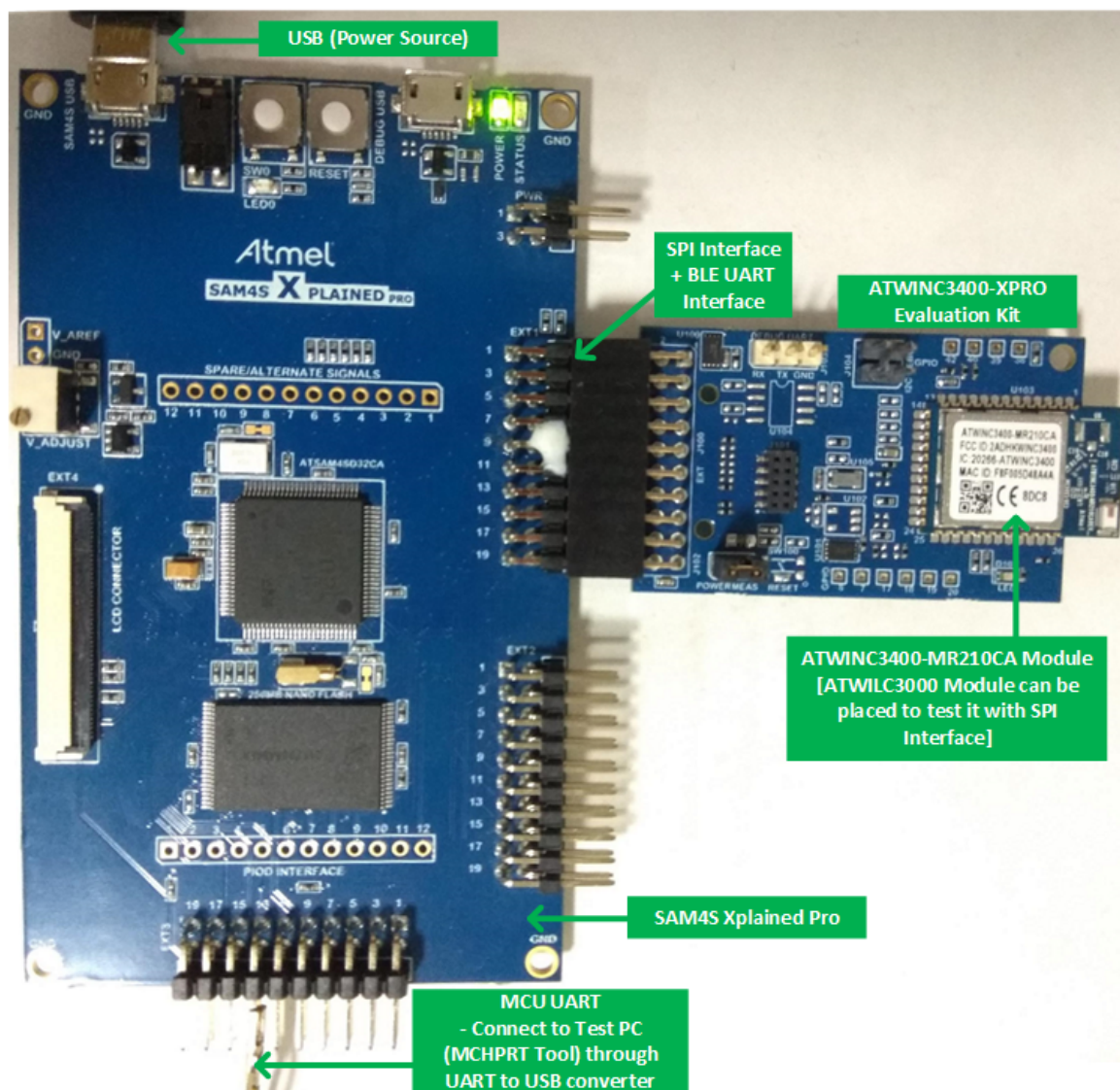
- 使用 MCHPRT2 工具进行测试时，BT_UART 在流控制模式下不工作。因此，本节未详细说明 UART 流控制引脚信息。有关该引脚的更多详细信息，请参见相应的数据手册。
- 在 ATWINC3400 应用固件中，使用 SPI 接口实现 Wi-Fi 和 BLE 的正常工作。Wi-Fi 和 BLE RF 测试需要使用 SPI 和 BT_UART 接口，详见框图概览。

The diagram illustrates the hardware setup for testing the SAM4S Xplained Pro. The central component is the **SAM 4S MCU**, which includes **Serial Bridge Application Software**. It is connected to a **SDIO Card Connector** and a **Test Equipment** (Spectrum Analyzer or IQxel or...) via an **RF Output** from the **ATWINC3400-XPRO** module. The **ATWINC3400-XPRO** module also provides a **SPI & UART Interface**. The MCU is connected to **EXT1** and **EXT2** headers. **EXT1** is connected to a **Debug USB** (SPI: PA11_NPCS0, PA13_SPI_MOSI, PA12_SPI_MISO, PA14_SPI_SCK) and a **SPI & UART** interface. **EXT2** is connected to a **UART** interface (PA21_RXD1, PA22_TXD1). The MCU is also connected to **EXT3** (PB3_UTXD1 -> EXT3 Pin No.14, PB2_URXD1 -> EXT3 Pin No.13). The **Debug USB** is connected to a **Target USB**. The **UART** interface is connected to a **MCP2200 Breakout Module (UART to USB)**, which is connected to a **Test PC** via **USB**. The **Test PC** contains the **MCHPRT Tool**. A note states: "ATWILC3000 and ATWILC3400 Module and Chip pin out are same. To use ATWILC3000 in this Xpro kit for SPI interface, replace the ATWILC3400 Module with ATWILC3000 module."

- 注:

- 可以将外部 UART 转 USB 转换器插入 EXT3 引脚 13 (RXD) 和引脚 14 (TXD)，代替虚拟 COM 端口用于将 MCHPRT2 工具连接到 SAM4S UART。
- 本参考测试设置使用的是 ATWINC1500-XPRO 板。要测试 ATWILC1000 模块，可在此 SPI 接口测试设置中将 ATWILC1000 模块焊接到 ATWINC1500-XPRO (ATWILC1000 与 ATWINC1500 模块的引脚分配相同) 中，然后使用改装后的电路板。

图 3-9. SAM 4S MCU 与 ATWILC3000/ATWINC3400（使用 SPI 和 BT_UART 接口时）的串行桥接器参考测试设置



注：测试设置信息基于 ATWILC3000 模块，该模块位于 ATWINC3400-XPro 板中，便于使用。不过，ATWILC3000-SHIELD 板也可用于测试设置。

请参考 SPI 接口（用于 Wi-Fi 测试）和 UART 接口（用于 BLE 测试）的 MCU 引脚分配，并将其连接到 ATWILC3000-SHIELD Arduino 插座。

有关 SPI 和蓝牙引脚分配的更多详细信息，请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》。默认情况下，ATWILC3000-SHIELD 板支持 SDIO。

不过，通过修改电阻组合也可以支持 SPI。请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》的“ATWILC3000 Shield 外设配置”部分。

3.1.4 使用 ATWILC3000 SDIO (Wi-Fi) 和 UART (BLE) 接口

本节提供了使用 SDIO (Wi-Fi) 和 BT_UART (BLE) 接口时 ATWILC3000 的框图概览、接口引脚分配和测试设置框图。

图 3-10. 使用 SDIO 和 UART 接口时 ATWILC3000 的框图概览

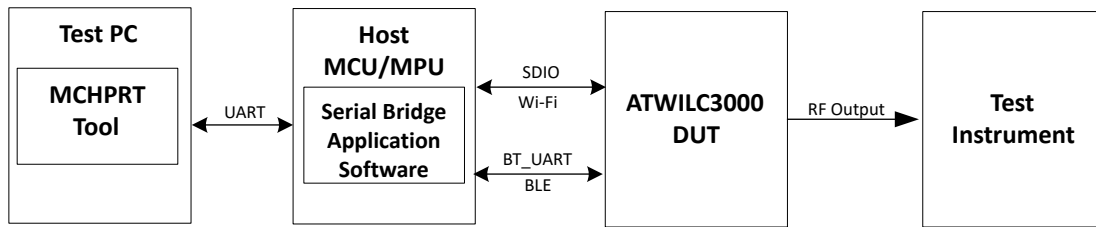


表 3-5. 用于 Wi-Fi 测试的 ATWILC3000 SDIO 接口的引脚分配

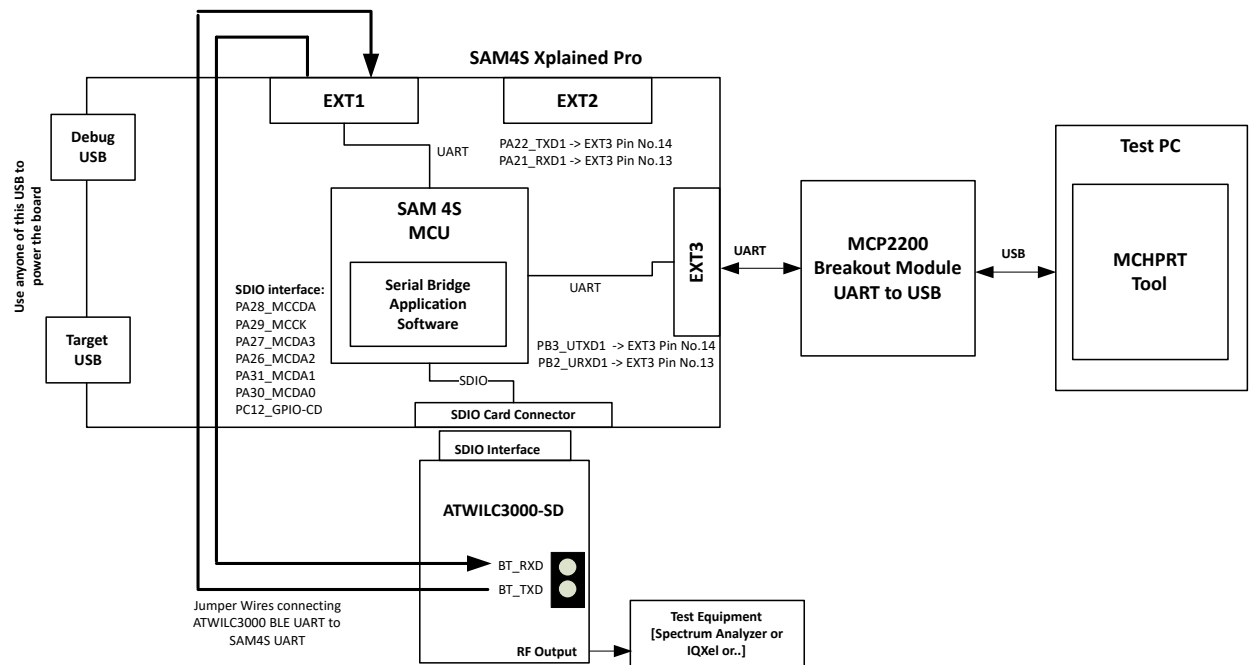
序号	SPI 接口	SPI 功能	ATWILC3000-MR110xA 模块的 引脚编号	ATWILC3000 IC 的 引脚编号
1	SDIO/ SPI_CFG	必须连接至 GND	2	12
2	SD_CLK	SDIO 时钟线	22	29
3	SD_CMD	SDIO 命令行	23	30
4	SD_DAT0	SDIO 数据线 0	24	31
5	SD_DAT1	SDIO 数据线 1	25	32
6	SD_DAT2	SDIO 数据线 2	26	34
7	SD_DAT3	SDIO 数据线 3	27	35

表 3-6. 用于 BLE 测试的 ATWILC3000 BT_UART 接口的引脚分配

序号	BT_UART 接口	UART 功能	ATWILC3000-MR110xA 模块的 引脚编号	ATWILC3000 IC 的 引脚编号
1	BT_TXD	BLE UART 发送数据输出。连接到主机的 UART_RXD。	8	14
2	BT_RXD	BLE UART 接收数据输入。连接到主机的 UART_TXD。	9	15

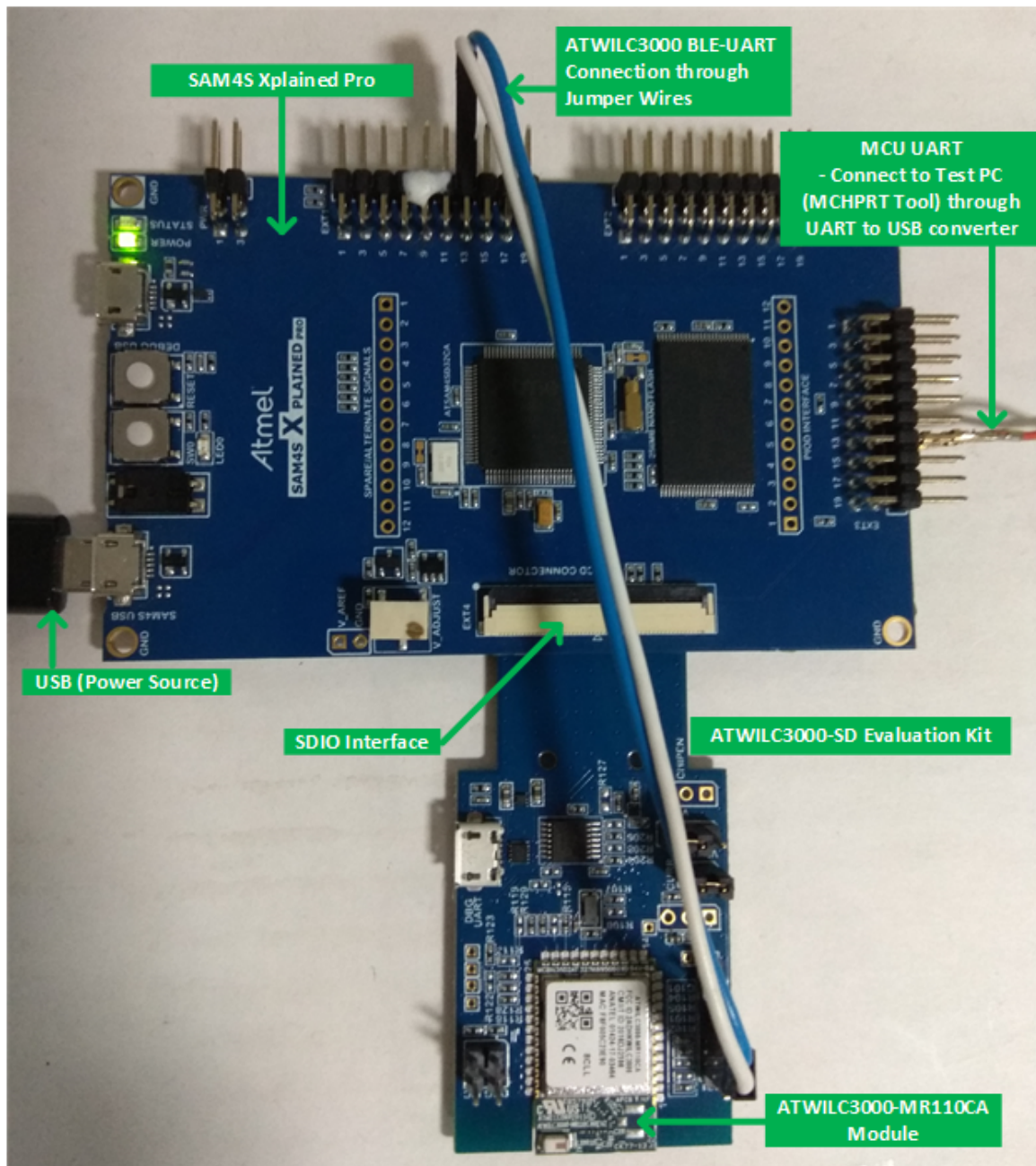
注： 使用 MCHPRT2 工具进行测试时，BT_UART 在流控制模式下不工作。因此，本节未详细说明 UART 流控制引脚信息。有关该引脚的更多详细信息，请参见相应的数据手册。

图 3-11. SAM 4S MCU 与 ATWILC3000（使用 SDIO 和 BT_UART 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图



注：SDIO 接口用于 Wi-Fi 测试，BLE_UART 接口用于 BLE 测试。在 ATWILC3000-SD 工具包中，必须使用跳线将 BLE_UART 连接到 MCU。

图 3-12. SAM 4S MCU 与 ATWILC3000（使用 SDIO 和 BT_UART 接口时）的串行桥接器参考测试设置



注：测试设置信息基于 ATWILC3000-SD 评估工具包。不过，ATWILC3000-SHIELD 板也可用于测试设置。请参考 SDIO 接口（用于 Wi-Fi 测试）和 UART 接口（用于 BLE 测试）的 MCU 引脚分配，并将其连接到 ATWILC3000-SHIELD Arduino 插座。

有关 SPI 和蓝牙引脚分配的更多详细信息，请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》。默认情况下，ATWILC3000-SHIELD 板支持 SDIO。

不过，通过修改电阻组合也可以支持 SPI。请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》的“ATWILC3000 Shield 外设配置”部分。

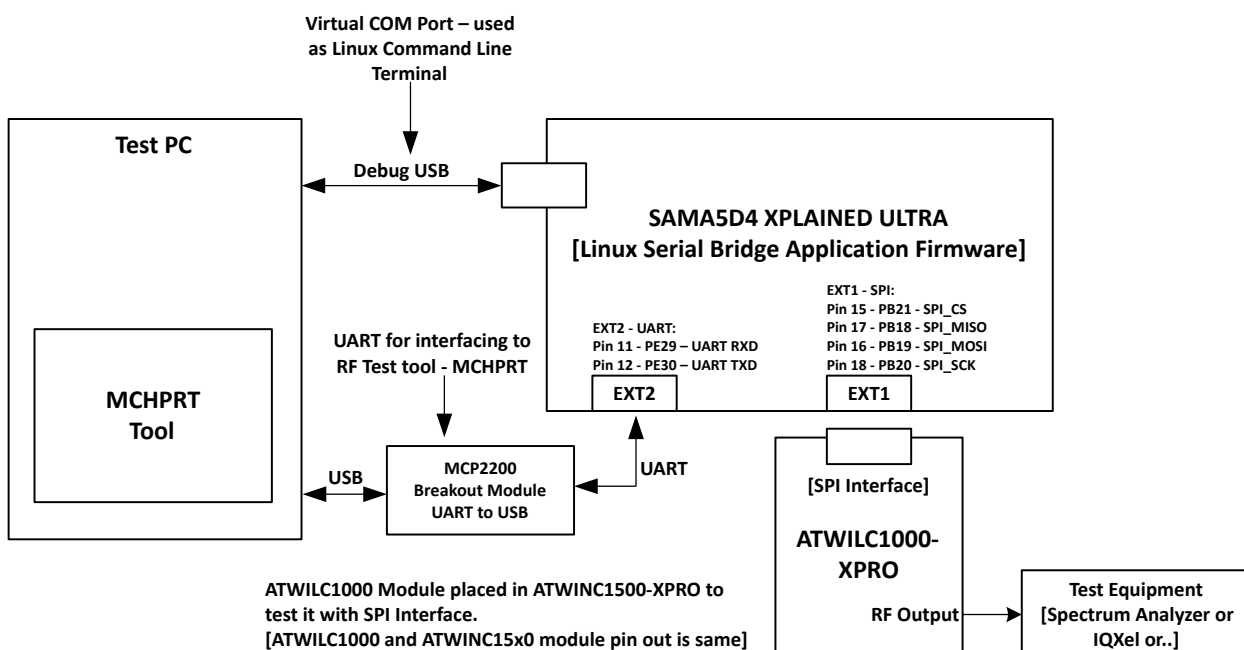
3.2 基于 MPU 的串行桥接器测试设置

对于基于 MPU 的串行桥接器测试设置，使用 SAMA5D4 Xplained Ultra 评估工具包作为参考。不过，也可以使用其他基于 MPU 的工具包。

3.2.1 使用 ATWILC1000 SPI 接口

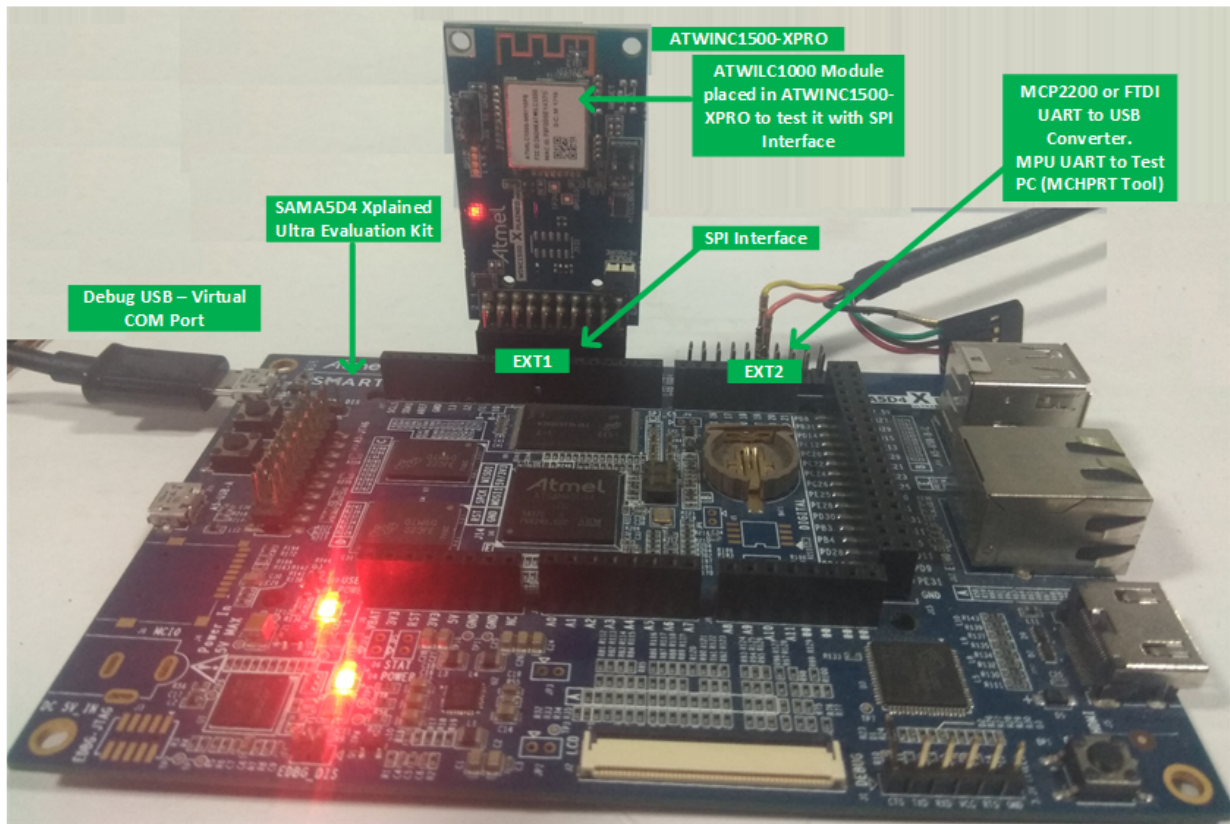
有关框图概览和接口引脚分配，请参见图 3-1 和表 3-1。

图 3-13. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC1000（使用 SPI 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图



注：在本参考测试设置中，ATWILC1000 模块位于 ATWINC1500-XPRO 中，用于在 SPI 接口测试设置中测试 ATWILC1000 模块。ATWILC1000 与 ATWINC15x0 模块/器件的引脚分配和机械封装均相同。因此，ATWILC1000 与 ATWINC15x0 模块/器件可置于相同尺寸的封装中。

图 3-14. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC1000（使用 SPI 接口时）的串行桥接器参考测试设置



3.2.2 使用 ATWILC1000 SDIO 接口

有关框图概览和接口引脚分配，请参见图 3-4 和表 3-2。

图 3-15. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC1000（使用 SDIO 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图

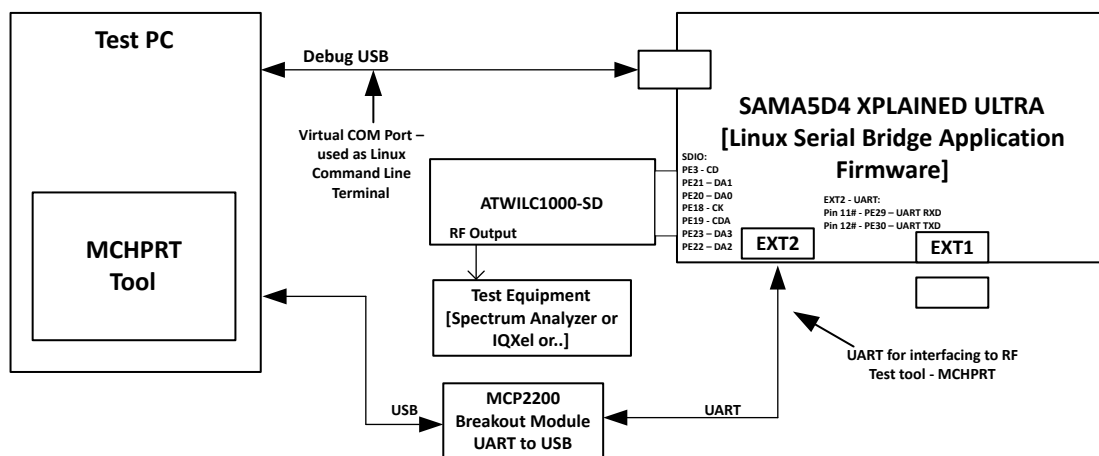
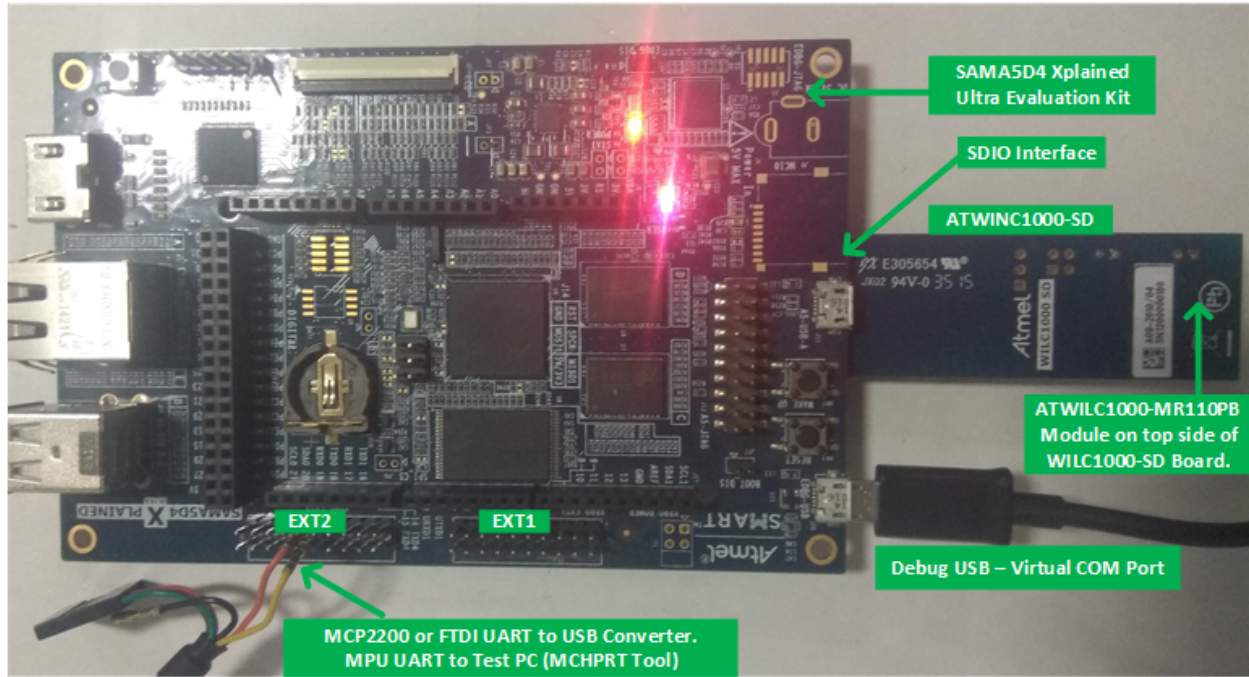


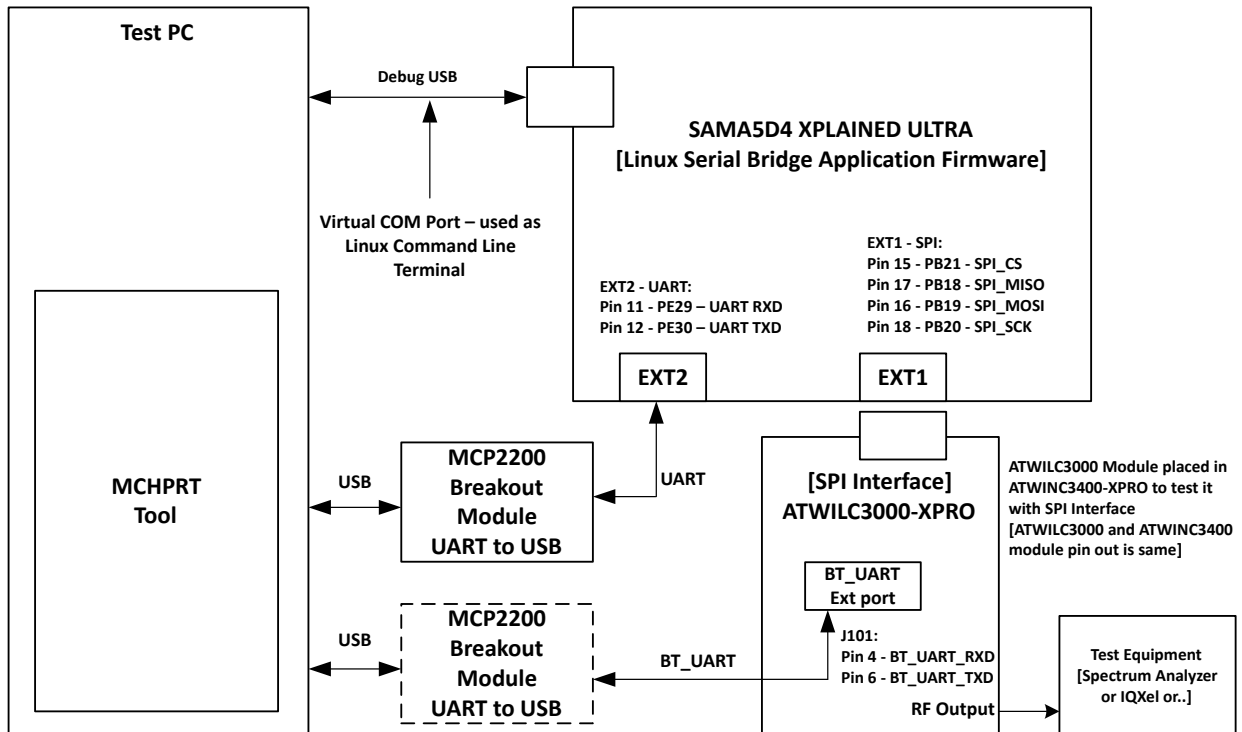
图 3-16. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC1000（使用 SDIO 接口时）的串行桥接器参考测试设置



3.2.3 使用 ATWILC3000 SPI 接口

有关框图概览和接口引脚分配，请参见图 3-7 和表 3-3。

图 3-17. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC3000（使用 SPI 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图



1. 在本参考测试设置中，ATWILC3000 模块位于 ATWINC3400-XPRO 中，用于在 SPI 接口测试设置中测试 ATWILC3000 模块。ATWILC3000 与 ATWINC15x0 模块/器件的引脚分配和机械封装均相同。因此，ATWILC3000 与 ATWINC15x0 模块/器件可置于相同尺寸的封装中。
2. 测试设置信息基于 ATWILC3000 模块，该模块位于 ATWINC3400-XPro 板中，便于使用。不过，ATWILC3000-SHIELD 板也可用于测试设置。请参考 SPI 接口（用于 Wi-Fi 测试）和 UART 接口（用于 BLE 测试）的 MPU 引脚分配，并将其连接到 ARWILC3000-SHIELD Arduino 插座。有关 SPI 和蓝牙 UART 引脚分配的更多详细信息，请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》中的引脚分配部分。默认情况下，ATWILC3000-SHIELD 板支持 SDIO。必须修改电阻组合才能支持 SPI 接口。请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》的“ATWILC3000 Shield 外设配置”部分。

ATWINC1500-XPRO

ATWILC3000 Module placed in ATWINC3400-XPRO to test it with SPI Interface

MCP2200 or FTDI UART to USB Converter. MPU UART to Test PC (MCHPRT Tool)

SAMA5D4 Xplained Ultra Evaluation Kit

Debug USB - Virtual COM Port

EXT1

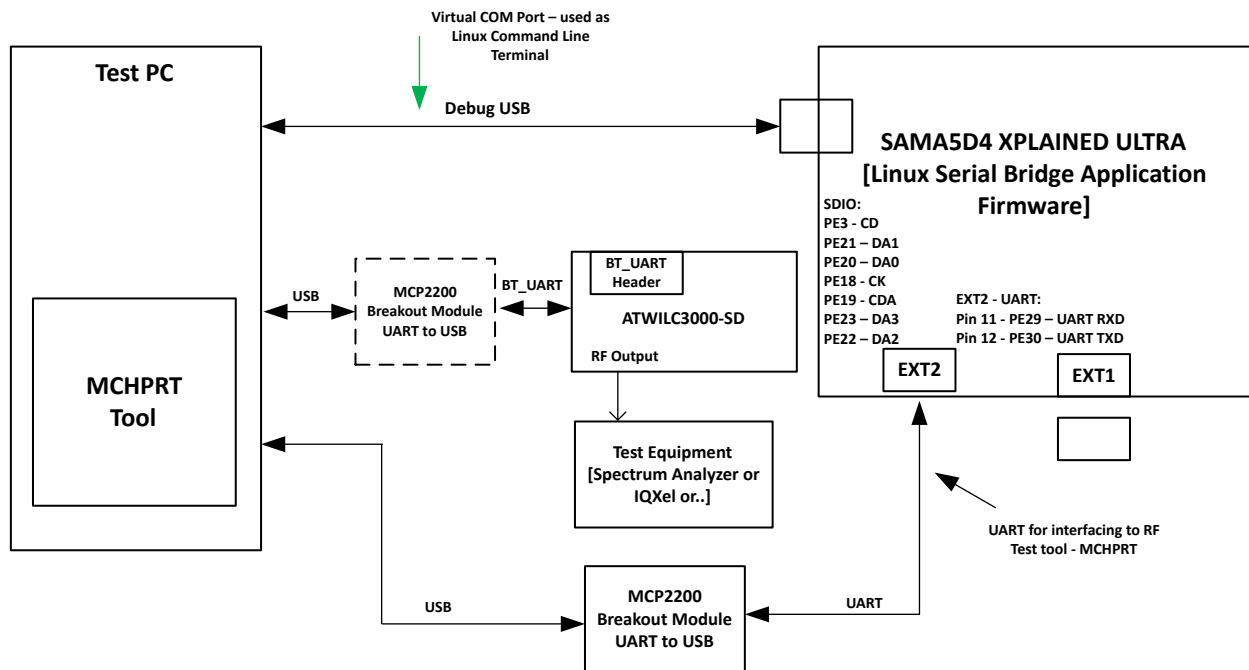
EXT2

SPI Interface

MCU——RTOS 串行桥接器支持 Wi-Fi (SPI/SDIO) 和 BLE (BT_UART) 接口, 而 Linux 串行桥接器不支持 BLE (BT_UART) 接口。因此, 必须通过 UART 转 USB 转换器将 ATWILC3000 模块的 BT_UART 连接到测试 PC, 才能进行 BLE 测试。

有关框图概览和接口引脚分配，请参见图 3-10 和表 3-5。

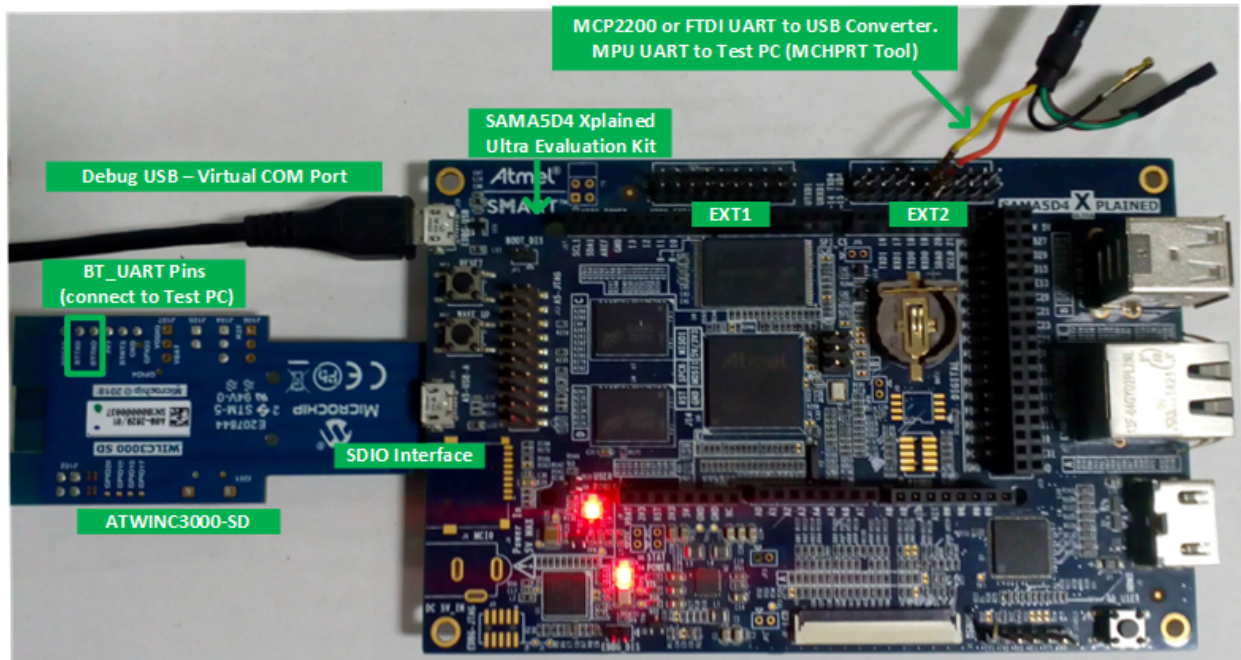
图 3-19. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC3000（使用 SDIO 接口时）的串行桥接器参考测试设置框图



注:

1. 在本参考测试设置中，ATWILC3000 模块位于 ATWINC3400-XPRO 中，用于在 SPI 接口测试设置中测试 ATWILC3000 模块。ATWILC3000 与 ATWINC15x0 模块/器件的引脚分配和机械封装均相同。因此，ATWILC3000 与 ATWINC15x0 模块/器件可置于相同尺寸的封装中。
2. 测试设置信息基于 ATWILC3000 模块，该模块位于 ATWINC3400-XPro 板中，便于使用。不过，ATWILC3000-SHIELD 板也可用于测试设置。请参考 SPI 接口（用于 Wi-Fi 测试）和 UART 接口（用于 BLE 测试）的 MPU 引脚分配，并将其连接到 ATWILC3000-SHIELD Arduino 插座。有关 SPI 和蓝牙 UART 引脚分配的更多详细信息，请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》中的引脚分配部分。默认情况下，ATWILC3000-SHIELD 板支持 SDIO。必须修改电阻组合才能支持 SPI 接口。请参见《[ATWILC3000-SHIELD 用户指南](#)》的“ATWILC3000 Shield 外设配置”部分。

图 3-20. SAMA5D4 MPU 与 ATWILC3000（使用 SDIO 接口时）的串行桥接器参考测试设置



3.3 更多信息——禁止 MSD 模式

使用 Xplained Pro 板评估串行桥接器时，确保工具包未处于 MSD（大容量存储设备）模式。当工具包处于 MSD 模式时，虚拟 COM 端口无法枚举和正常工作。

要禁止 MSD，必须在工具包模式设置中使能数据网关接口（Data Gateway Interface, DGI）而非 MSD。

要在工具包中禁止 MSD 模式，请按照以下步骤操作：

1. 打开 Atmel Studio。
2. 导航至 *View > Available Atmel Tools*（查看 > 可用的 Atmel 工具）。
3. 右键单击 EDBG，然后选择工具包模式设置。
4. 选择 DGI，然后选中 *Persist*（持久）复选框。
5. 单击 *Set*（设定），然后单击 *Close*（关闭）。

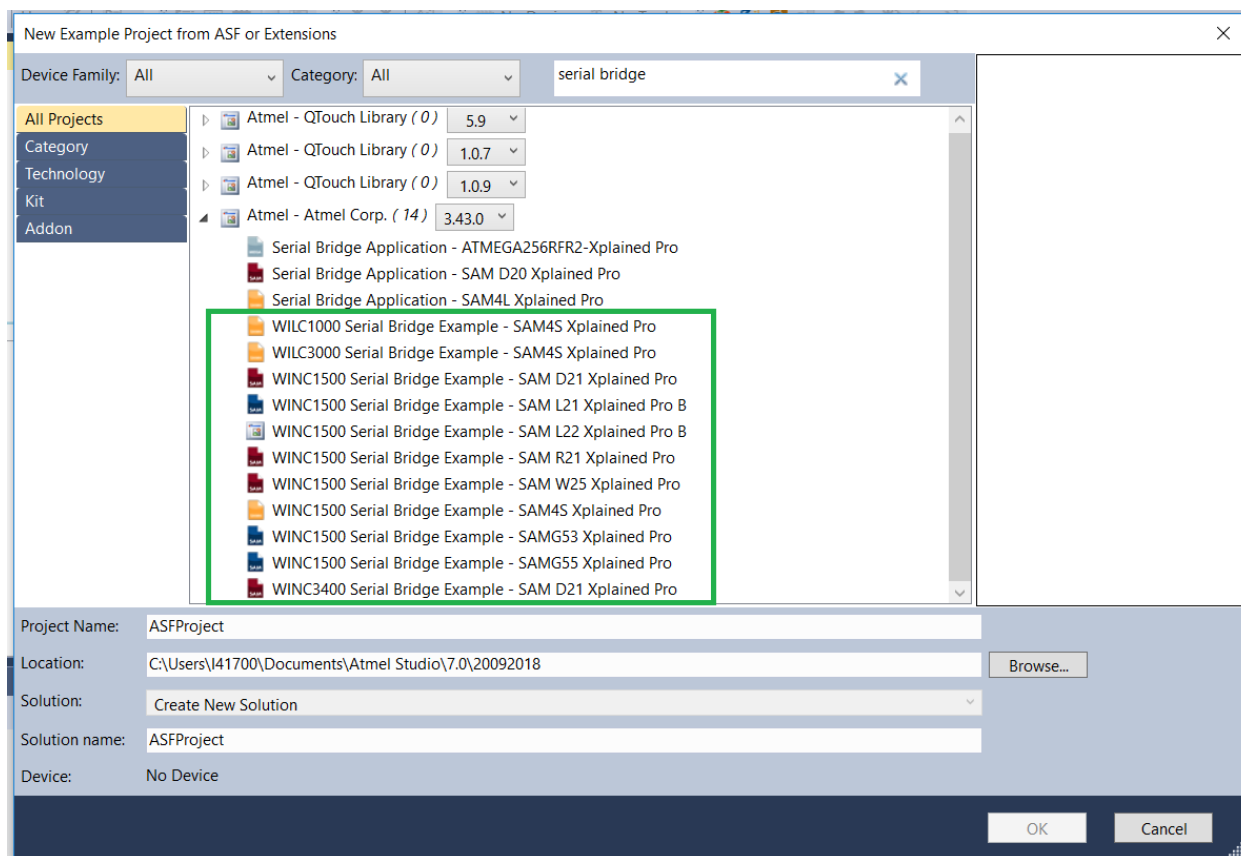
4. 串行桥接器应用程序源代码

本章介绍两种类型的串行桥接器应用程序。

4.1 MCU——基于 RTOS 的串行桥接器应用程序源代码

Studio 7——ASF（高级软件框架）中提供了适用于不同 MCU 的基于 RTOS 的串行桥接器应用程序代码，具体如下：

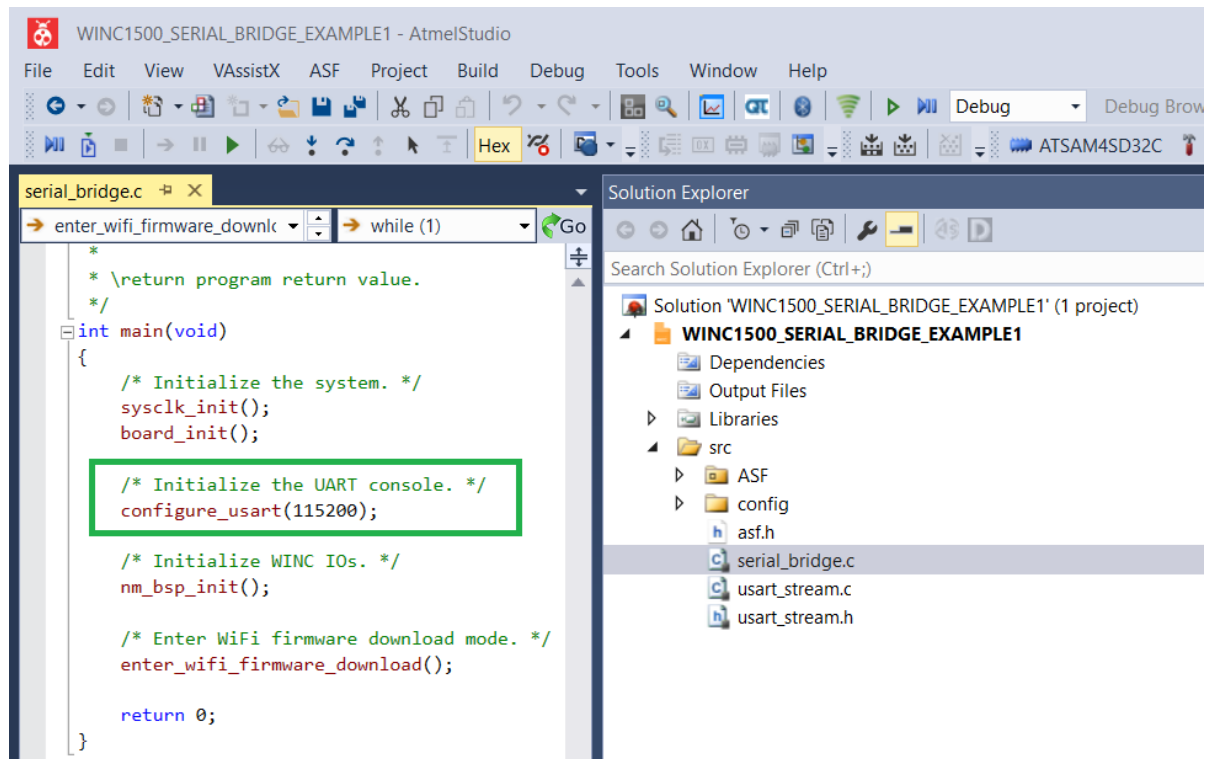
图 4-1. ASF 中适用于 MCU 的串行桥接器应用程序源代码



ASF 源代码中的串行桥接器 UART 波特率配置

- ASF 串行桥接器应用程序中的默认 UART 波特率配置为 115200 bps，但可支持的最大波特率为 921600 bps。
- 在串行桥接器源代码中，波特率配置为可在 `configure_usart()` 函数调用中更改的函数参数，如下截图所示：

图 4-2. 串行桥接器应用程序源代码——波特率配置



4.2 MPU——基于 Linux 的串行桥接器应用程序源代码

Linux 串行桥接器 [GitHub](#) 中提供了适用于 SAMA5D4 MPU 的基于 Linux 的串行桥接器应用程序源代码。

4.3 其他 MCU/MPU 的串行桥接器

在以下情况中，用户必须使用可用代码作为基本参考来移植串行桥接器应用程序源代码：

1. 使用其他 Microchip MCU 时，因为串行桥接器 ASF 示例项目不适用于该 MCU。
2. 当用户在最终设计中使用其他供应商的 MCU/MPU 时，用户应负责将串行桥接器应用程序代码移植到该 MCU/MPU。随后在最终设计中使用现有源代码作为参考。

5. MCHPRT2 (RF 测试工具)

MCHPRT2 是一款 RF 测试工具，有助于在测试模式下使用 ATWILC/ATWINC 器件，例如在调制模式下连续 Tx 以及在连续波模式下采用单通道进行 Rx 测试。

本应用笔记介绍选择串行桥接器代替 Aardvark 工具进行测试时的接口选择。有关每种设置选择的更多详细信息，请参见 MCHPRT2 应用笔记。

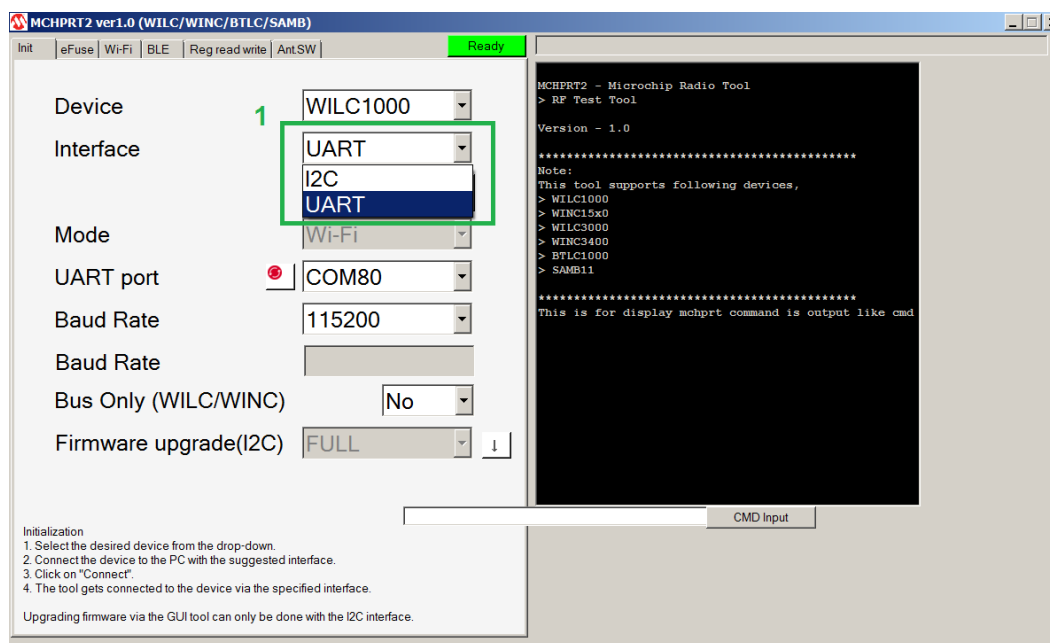
5.1 使用 MCHPRT2 工具和串行桥接器进行 Wi-Fi 测试

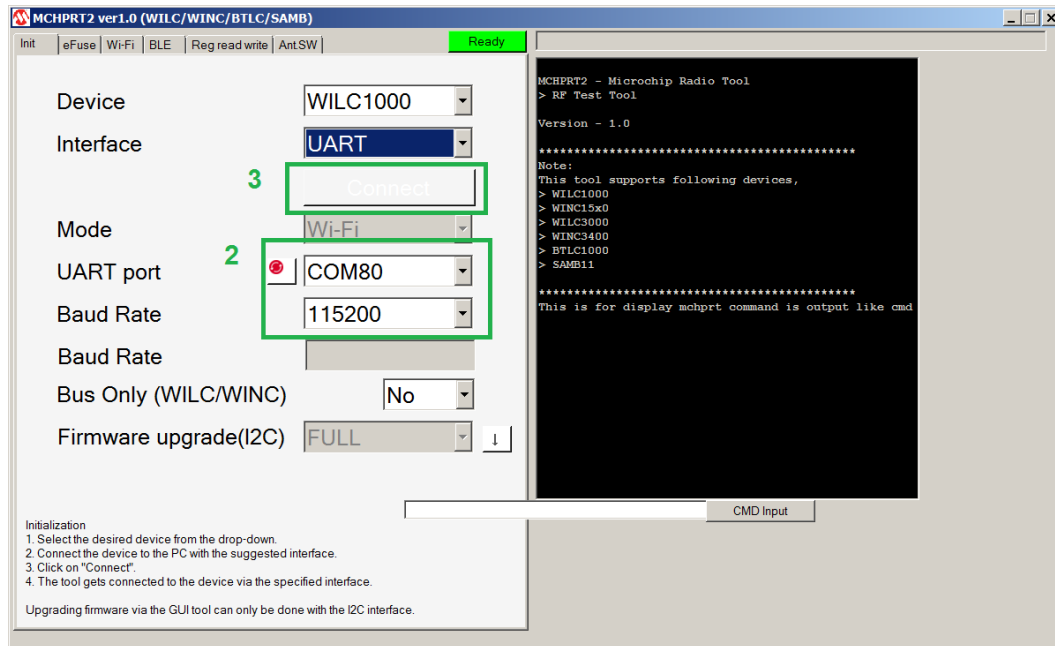
5.1.1 使用 MCHPRT2 GUI

按照以下步骤在 MCHPRT2 工具 GUI 中选择串行桥接器 (UART) 进行 Wi-Fi 测试：

1. 打开 MCHPRT2 工具。
2. 从下拉列表中选择 **UART**。UART 为串行桥接器的接口选择。
3. 输入串行桥接器 (MCU/MPU) COM 端口号和波特率配置详细信息。串行桥接器支持的最大波特率为 921600 bps。
注：
 - COM 端口号 0 指示自动检测。工具会自动检测串行桥接器。当有多个串行桥接器连接到测试 PC 时，必须输入正确的 COM 端口。
 - 当波特率配置为 0 时，工具以 115200 bps 的波特率运行。
 - 确保按照与串行桥接器应用软件代码相同的方式输入波特率。
4. 单击 **Init** (初始化) 启动初始化过程，然后按照在 Aardvark 工具中输入的相同方式输入选择。有关更多详细信息，请参见 MCHPRT 应用笔记。

图 5-1. MCHPRT2 工具——GUI：串行桥接器 (UART) 配置





5.1.2 使用 MCHPRT2 CLI

按照以下步骤通过主机 MCU/MPU 上运行的串行桥接器应用软件进行 Wi-Fi 初始化：

- 从 MCHPRT2 文件夹中打开命令提示符。
- 输入 Wi-Fi 初始化命令语法 MCHPRT X。关于要输入的命令值，请参见下表。
- 其他命令保持不变。有关更多详细信息，请参见 MCHPRT2 工具应用笔记中的命令行一章。

表 5-1. Wi-Fi 初始化命令语法

命令语法	MCHPRT X
X	X 是指接口和片选。 自动片选： • 0_UART——通过 UART（串行桥接器）自动检测芯片。 快速连接： • 1000_UART——支持 UART 的 ATWILC1000 系列。 • 1500_UART——支持 UART 的 ATWINC15x0 系列。 • 3000_UART——支持 UART 的 ATWILC3000 系列。 • 3400_UART——支持 UART 的 ATWILC3400 系列。
示例	MCHPRT 0_UART 通过串行桥接器 UART 自动检测芯片，然后启动初始化过程。 MCHPRT 1000_UART ATWILC1000 初始化过程通过串行桥接器 UART 启动。

5.2 使用 MCHPRT2 工具和串行桥接器进行蓝牙低功耗测试

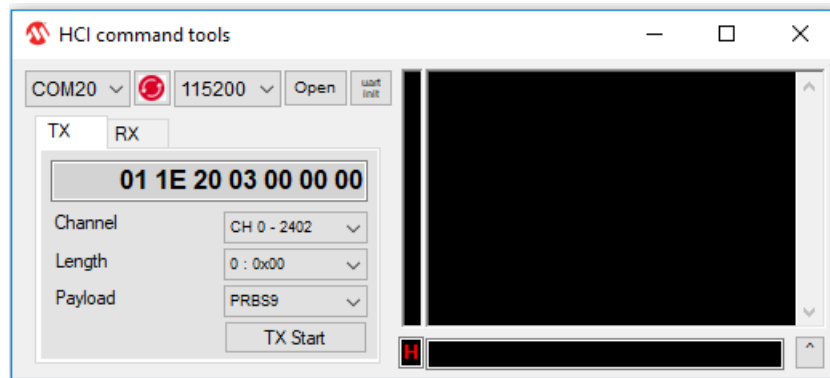
5.2.1 使用 HCI 命令工具 GUI

HCI 命令工具是 MCHPRT2 工具的一部分，.exe 位于 MCHPRT 文件夹中。

按照以下步骤在 HCI 命令工具 GUI 中选择串行桥接器（UART）进行蓝牙低功耗测试：

1. 打开 HCI 命令工具。
2. 从下拉列表中选择 **UART**。UART 为串行桥接器的接口选择。
3. 将波特率设置为 115200 bps。
4. 单击 **Open**（打开）打开并锁定 COM 端口。
5. 单击 **UART Init**（UART 初始化）。串行桥接器应用程序代码会将蓝牙低功耗测试固件下载至 DUT（ATWILC/ATWINC）器件中。等待几秒钟，然后再次单击 **UART Init**。确保看到响应 04 0E 04 0F 03 0C 00（以绿色显示）。
6. 初始化完成后，执行 Tx 和 Rx 测试。有关更多详细信息，请参见 MCHPRT 应用笔记。

图 5-2. 使用 HCI 命令工具 GUI 进行串行桥接器（UART）配置



5.2.2 使用 HCI 命令工具和 CLI

按照以下步骤通过主机 MCU/MPU 上运行的串行桥接器应用软件进行蓝牙低功耗初始化：

- 从 MCHPRT2 文件夹中打开命令提示符。
- 输入 BLE 初始化命令语法 MCHPRT HCI XX.XX。请参见串行桥接器 UART COM 端口号。
- 其他命令保持不变。有关更多详细信息，请参见 MCHPRT2 工具应用笔记中的 HCI 命令行一章。

6. 参考文档

下表列出了本应用笔记中详述的相关文档与评估工具包的链接。

表 6-1. 参考文档

文档	说明
ATWILC1000	ATWILC1000 模块产品页面列出了 ATWILC1000 模块数据手册和 ATWILC1000 SoC 数据手册。
ATWILC1000-SD	ATWILC1000-SD 评估工具包
ATWINC1500	ATWINC1500 模块产品页面列出了 ATWINC15x0 模块数据手册和 ATWINC1500 SoC 数据手册。
ATWINC1500-XPRO	ATWINC1500-XPRO 评估工具包
ATWILC3000	ATWILC3000 模块产品页面列出了 ATWILC3000 模块数据手册和 ATWILC3000 SoC 数据手册。
ATWILC3000-SHLD	ATWILC3000 Shield 评估工具包
AC164158	ATWILC3000-SD 评估工具包
ATWINC3400	ATWINC3400 模块产品页面列出了 ATWINC3400 模块数据手册和 ATWINC3400 SoC 数据手册。
ATWINC3400-XPRO	ATWINC3400 Xplained PRO 评估工具包
ATSAM4S-XPRO (MCU/MPU 评估工具包)	SAM4S Xplained Pro 评估工具包
ATSAMD21-XPRO (MCU/MPU 评估工具包)	SAM D21 Xplained Pro 评估工具包
ATSAMA5D4-XULT (MCU/MPU 评估工具包)	SAMA5D4 Xplained Ultra 评估工具包
ADM00393 (UART 转 USB 转换器)	MCP2200 (USB 2.0 转 UART 协议转换器) 转接模块
TTL-232R-3V3 (UART 转 USB 转换器)	FTDI TTL 转 USB 串行转换器线缆数据手册

7. Linux 串行桥接器

Linux 串行桥接器随附以下可交付文件：

1. wilcsbridge_sdio.c
2. wilcsbridge_spi.c
3. wilc_sbridge.h
4. wilc3000_ble_burst_firmware.h
5. sbridge_app.c
6. SAMA5D4 Xplained Pro 板的演示二进制文件

7.1 通过串行桥接器驱动程序编译内核

按照以下步骤通过串行桥接器驱动程序编译内核。

1. 使用以下命令从 Linux4wilc GitHub 资源库获取内核源代码：

```
$ git clone https://github.com/linux4wilc/linux-at91.git
$ cd linux-at91
```

2. 使用以下命令通过 sama5_defconfig defconfig 文件创建内核：

```
$ make ARCH=arm sama5_defconfig
```

3. 使用以下命令在发布包“src”文件夹中提供的内核目录“/drivers/staging/”下添加 wilcsbridge 驱动程序：

```
$ cp -rf ../src/wilcsbridge ../linux-at91/drivers/staging/
```

4. 要在内核编译中包括 wilcsbridge 驱动程序，必须按如下修改相关 Kconfig 和 Makefile：

```
$ vi linux-at91/drivers/staging/Kconfig
```

添加以下命令：

```
source "drivers/staging/wilcsbridge/Kconfig"
$ vi linux-at91/drivers/staging/Makefile
```

添加以下命令：

```
obj-$(CONFIG_WILCSBRIDGE) += wilcsbridge/
```

5. 要在内核编译中包括 wilcsbridge 驱动程序，应使用“Device Drivers > staging Driver > Select wilcsbridge SPI/SDIO”（器件驱动程序 > 分段驱动程序 > 选择 wilcsbridge SPI/SDIO）中的“menuconfig”参数修改默认配置，并将其选作模块。

```
$ make ARCH=arm menuconfig
```

6. 保存 menuconfig 配置页面并退出。
7. 修改 ATWILC1000/ATWILC3000 的 SDIO 或 SPI 的器件树文件。仅修改 ATWILC3000 的 UART 接口的文件。示例器件树基于 SAMA5D4 Xplained Pro 板。用户必须基于使用的 MPU 修改器件树节点。主要是必须为 mmc1 的 wilc_sdio 节点上的 SPI 接口以及 BLE UART 接口添加 CHIP_EN 和 RESETN 引脚的 GPIO 变化详细信息。

对于 SD/MMC 节点：

```
mmc1: mmc@fc000000 {
    pinctrl-names = "default";
    pinctrl-0 = <&pinctrl_mmc1_clk_cmd_dat0 &pinctrl_mmc1_dat1_3>;
    vmmc-supply = <&vcc_mmc1_reg>;
    vqmmc-supply = <&vcc_3v3_reg>;
    non-removable;
    status = "okay";
    wilc_sdio@0{
        compatible = "microchip,wilc1000", "microchip,wilc3000";
        irq-gpios = <&pioC 27 0>;
```

```
reset-gpios = <&pioB 28 0>;
chip_en-gpios = <&pioC 30 0>;
status = "okay";
reg = <0>;
bus-width = <4>;
};
};
```

对于 SPI 接口:

```
spi1: spi@fc018000 {
cs-gpios = <&pioB 21 0>;
status = "okay";
wilc_spi@0 {
compatible = "microchip,wilc1000", "microchip,wilc3000";
spi-max-frequency = <48000000>;
irq-gpios = <&pioB 26 0>;
reset-gpios = <&pioE 21 0>;
chip_en-gpios = <&pioB 27 0>;
reg = <0>;
status = "okay";
};
};
```

对于 ATWILC3000 BLE UART 接口:

```
usart4: serial@fc010000 {
atmel,use-dma-rx;
atmel,use-dma-tx;
status = "okay";
};
```

8. 要编译内核映像和器件树二进制文件.dtb，应使用以下命令生成编译文件:

```
$ make ARCH=arm CROSS_COMPILE=...../arm-linux-gnueabi- zImage modules dtbs
```

内核编译生成 zImage、at91-sama5d4_xplained.dtb、wilcsridge-sdio.ko 和 wilcsbridge-spi.ko 文件。

7.2 在 SAMA5D4 Xplained Pro 板中刷写二进制文件

按照以下步骤在 SAMA5D4 Xplained Pro 板中刷写二进制文件:

1. 使用以下命令从 linux4wilc GitHub 资源库下载演示二进制文件包:

```
$ git clone https://github.com/linux4wilc/wilc_demo.git
$ tar -xvf wilc_sama5d4_linux_demo_4.9_kernel.zip
$ cd wilc_sama5d4_linux_demo_4.9_kernel
```

2. 将 Linux 内核 “arch/arm/boot/zImage” 和 “arch/arm/boot/dts/at91-sama5d4_xplained.dtb” 文件复制到演示二进制文件。
 3. 在 Windows 或 Linux 平台中安装 sam-ba 2.18 或 3.2.x 版本。
 4. 对于 Linux sam-ba 和 32 位或者 sam-ba_64 和 64 位，在 shell 脚本文件 “demo_linux_nandflash.sh” 中添加路径。
 5. 在 JP7 处添加跳线，然后通过 J11 处的 USB 端口连接到 PC。
 6. 复位电路板以进入 “ROMboot”，然后移除跳线 JP7。
 7. 执行 demo_linux_nandflash.bat（针对 Windows®）或 demo_linux_nandflash.sh（针对 Linux）。
 8. 成功刷写后，根据使用的接口复制模块 “drivers/staging/wilcsbridge/wilcsbridge-sdio.ko” 和 “drivers/staging/wilcsbridge/wilcsbridge-spi.ko”。
- 有关更多详细信息，请参见《ATWILC Linux 用户指南》。

7.3 编译 Sbridge 应用程序

按照以下步骤编译 Sbridge 应用程序:

1. 必须使用以下命令针对目标器件对串行桥接器应用程序进行交叉编译：

```
...../arm-linux-gnueabi-gcc -o sbridge_app sbridge_app.c
```

注：ARM GCC 编译器必须与用于 Linux 内核编译的编译器相同。

2. 导出 ARM GCC 编译器路径或提供绝对路径

7.4 输出模块

下面列出了输出模块：

1. wilcsbridge-spi.ko, 用于 SPI 接口。
2. wilcsbridge-sdio.ko, 用于 SDIO 接口。
3. sbridge_app, 用于具有 MAC 地址读/写功能的串行桥接器应用程序。

7.5 运行串行桥接器应用程序以使用 SPI 接口与 MCHPRT2 工具连接的步骤

下面列出了运行串行桥接器应用程序以使用 SPI 接口与 MCHPRT2 工具连接的步骤：

1. 输入 insmod wilcsbridge-spi.ko
2. 导航至 ./sbridge_app spi 230400 ttyS5
3. 使用 FTDI 线缆连接 SAMA5D4 EXT2 引脚 11 (Tx) 和引脚 12 (Rx)。
4. 按照用户指南运行 MCHPRT2 工具。

7.6 运行串行桥接器应用程序以使用 SDIO 接口与 MCHPRT2 工具连接的步骤

下面列出了运行串行桥接器应用程序以使用 SDIO 接口与 MCHPRT2 工具连接的步骤：

1. 输入 insmod wilcsbridge-sdio.ko
2. 导航至 ./sbridge_app sdio 230400 ttyS5 > interface, 然后在 RECORDER_MODE 宏使能的情况下设置 sdio、buadrate (230400) 和 usrt console (ttyS5)。
3. 使用 FTDI 线缆连接 SAMA5D4 EXT2 引脚 11 (Tx) 和引脚 12 (Rx)。
4. 按照用户指南运行 MCHPRT2 工具。

7.7 运行串行桥接器应用程序以针对 ATWILC3000 BLE UART 接口与 HCI 工具连接的步骤

下面列出了运行串行桥接器应用程序以针对 ATWILC3000 BLE UART 接口与 HCI 工具连接的步骤：

1. 输入 insmod wilcsbridge-sdio.ko / insmod wilcsbridge-spi.ko
2. 导航至 ./sbridge_app uart 230400 ttyS5 ttyS2 > interface, 然后在 RECORDER_MODE 宏使能的情况下设置 sdio、buadrate (230400) 和 usrt console (ttyS5)。
3. 使用 FTDI 线缆连接 SAMA5D4 EXT2 引脚 11 (Tx) 和引脚 12 (Rx) 以实现 Sbridge 连接。
4. 将 ATWILC3000 BLE TX 引脚连接至 SAMA5D4 UART4 Rx 引脚 (SAMA5D4 Xplained Pro 板 J19 引脚 1——PE27)。
5. 将 ATWILC3000 BLE RX 引脚连接至 SAMA5D4 UART4 Tx 引脚 (SAMA5D4 Xplained Pro 板 J19 引脚 2——PE26)。
6. 按照用户指南运行 HCI_COMMAND 工具。

7.8 使用 Sbridge 应用程序运行 MAC 读/写操作的步骤

下面列出了使用 Sbridge 应用程序运行 MAC 读/写操作的步骤：

1. 使用以下命令加载包中提供的驱动程序模块（wilcsbridge-spi.ko）：

```
insmod wilcsbridge-spi.ko
```

2. 要运行应用程序文件，需要以下四个参数：
 - Protocol（有效参数：spi）
 - Serial console baud rate（有效参数：115200）
 - ttyS5

注：此参数对该应用程序没有影响。它用于实现与串行桥接器应用程序的兼容性，未来可能会与该应用程序合并。

要进入 MAC 地址写模式（后跟十六进制值 MAC 地址），应使用“mac”字符串（有效参数：6 字节的十六进制数），如下所示：

```
./sbridge_app spi 230400 ttyS5 mac f8f005f431f2
```

7.9 串行桥接器应用程序的 UART 配置

在 SAMA5D4 Xplained Pro 板中，UART0 用于串行桥接器通信。默认情况下，UART0 处于禁止状态。在器件树.dtsi 文件中使能 UART0。

对于 UART0，在串行桥接器应用程序中创建“/dev/ttyS5”器件。UART0 也用于在 GUI 工具中发送和接收数据。

注：对于其他 MPU，使用任何可用的 UART 及相应的“/dev/ttyxx”器件。

7.10 使用 ATWILC1000 SPI 接口的 SAMA5D4 引脚配置

Linux 串行桥接器驱动程序用作 SAMA5D4 Xplained pro 板的参考。EXT1 插座引脚配置用于 SPI 接口、Rest、Chip_En 和 IRQ。

表 7-1. 使用 ATWILC1000 SPI 接口的 SAMA5D4 引脚配置

说明	SAMA5D4 Xplained Pro 板的 EXT1
SPI MISO	17 引脚
SPI MOSI	16 引脚
SPI SCK	18 引脚
SPI SS	15 引脚
RESET	5 引脚
CHIP_EN	10 引脚
IRQ	9 引脚（对于串行桥接器应用程序可选）

注：使用 Linux 内核的器件树配置 SPI 接口引脚。“wilc_spi.c”驱动程序本身使用 GPIO 编号配置 RESET 和 CHIP_EN 引脚。

7.11 测试步骤

1. 将 Linux 内核映像刷写到 SAMA5D4 MPU 中。有关更多详细信息，请参见 ATWILC Linux 用户指南。
2. 将 ATWILC1000 SPI 接口板连接到 EXT1，或者将 SD 板连接到 SDIO 接口连接器。
3. 使用 FTDI 线缆将 Rx（黄色，ET2 插座引脚 12）和 Tx（橙色，ET2 插座引脚 11）与 Windows PC 连接，以实现 GUI 工具通信。

4. 按照 MCHPRT2 用户指南进行生产测试和验证。

8. 文档版本历史

版本	日期	章节	说明
A	2020 年 4 月	文档	初始版本

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 产品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规范。
- Microchip 确信: 在正常使用且符合工作规范的情况下, Microchip 系列产品非常安全。
- Microchip 注重并积极保护其知识产权。严禁任何试图破坏 Microchip 产品代码保护功能的行为, 这种行为可能会违反《数字千年版权法案》(Digital Millennium Copyright Act)。
- 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。Microchip 承诺将不断改进产品的代码保护功能。

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。

本出版物及其提供的信息仅适用于 Microchip 产品, 包括设计、测试以及将 Microchip 产品集成到您的应用中。以其他方式使用这些信息都将被视为违反条款。本出版物中的器件应用信息仅为您提供便利, 将来可能会发生更新。如需额外的支持, 请联系当地的 Microchip 销售办事处, 或访问 <https://www.microchip.com/en-us/support/design-help/client-supportservices>。

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

AgileSwitch、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、TrueTime、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、Augmented Switching、BlueSky、BodyCom、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、GridTime、IdealBridge、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、NVM Express、NVMe、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、PowerSmart、PureSilicon、QMatrix、REAL ICE、Ripple Blocker、RTAX、RTG4、SAM-ICE、Serial Quad I/O、simpleMAP、SimpliPHY、SmartBuffer、SmartHLS、SMART-I.S.、storClad、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Switchtec、SynchroPHY、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、VectorBlox、VeriPHY、ViewSpan、WiperLock、XpressConnect 和 ZENA 均为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Adaptec 徽标、Frequency on Demand、Silicon Storage Technology、Symmcom 和 Trusted Time 均为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GestIC 为 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。

© 2021, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN: 978-1-5224-9514-7

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 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	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