

简介

RNBD451 附加板是一款高效的低成本开发平台，用于评估和演示 Microchip 的 Bluetooth® 低功耗 RF 模块 RNBD451PE 的特性、功能和接口，符合 mikroBUS™ 附加总线标准要求。此外，它还包含板上 MCP2200 USB-UART 转换器，无需任何其他硬件，开箱即可进行评估。

RNBD451 附加板包含：

1. 简单易用的平台，通过蓝牙低功耗 RF 模块加速实现概念设计：
 - a. 主机电路板（带 mikroBUS 插槽）
 - b. 通过 USB Type-C® 接口连接主机 PC
2. 无需外部硬件工具
3. 尺寸小巧，成本低

RNBD451 附加板支持各种应用，例如：

- 无线照明
- 家居自动化
- 物联网（IoT）
- 工业自动化
- 通用蓝牙数据

特性

- RNBD451PE 蓝牙低功耗 RF 模块
- USB 或 3.3V 电源为主机电路板供电
- 通过 UART 实现控制接口，由其他事件/状态指示引脚提供附加功能
- USB-UART 转换器，MCP2200 可实现快速评估，无其他硬件要求
- mikroBUS 附加总线标准，支持主机电路板（带 mikroBUS 插槽）
- 通过用户 LED 指示状态/事件
- 绿色电源 LED
- PTA 连接器，用于支持蓝牙低功耗 Wi-Fi® 共存应用

目录

简介.....	1
特性.....	1
1. 快速参考.....	3
1.1. 参考文档.....	3
1.2. 硬件要求.....	3
1.3. 软件要求.....	3
1.4. 首字母缩写和缩略语.....	3
2. 工具包概述.....	4
2.1. 工具包内容.....	5
3. 硬件.....	6
3.1. 电源.....	6
3.2. RNBD451PE 模块控制接口.....	7
3.3. LED.....	8
3.4. Debug UART (J5)	9
4. RNBD451 附加板“开箱即用”演示.....	10
5. 附录 A: 参考电路.....	11
5.1. RNBD451 附加板参考原理图.....	11
5.2. RNBD451 附加板物料清单.....	12
6. 附录 B: 监管部门批准.....	14
6.1. 美国.....	14
6.2. 加拿大.....	14
6.3. 欧洲.....	15
7. 文档版本历史.....	16
Microchip 信息.....	17
Microchip 网站.....	17
产品变更通知服务.....	17
客户支持.....	17
Microchip 器件代码保护功能.....	17
法律声明.....	17
商标.....	18
质量管理体系.....	19
全球销售及服务网点.....	20

1. 快速参考

1.1 参考文档

有关更多详细信息，请参见以下文档：

- *MCP1727 1.5A 低电压低静态电流 LDO 稳压器数据手册* (DS21999B_CN)
- *通用串行总线规范及相关文档* (www.usb.org)
- *mikroBUS™ 规范* (www.mikroe.com/mikrobus)
- *RNBD451 Bluetooth® Low Energy Module Data Sheet* (DS70005514)

1.2 硬件要求

- RNBD451 附加板
- USB Type-C 线缆
- 支持蓝牙的智能手机：
 - Android™ 设备
 - iOS® — iPhone®
- 主机电路板 (带 mikroBUS 插槽)

1.3 软件要求

- MPLAB® 集成开发环境 (MPLAB X IDE) 工具

1.4 首字母缩写和缩略语

表 1-1. 首字母缩写和缩略语

首字母缩写和缩略语	说明
BOM	物料清单
GPIO	通用输入输出
IoT	物联网
LDO	低压差
LED	发光二极管
MCU	单片机
NC	未连接
RX	接收器
TX	发送器
UART	通用异步收发器
USB	通用串行总线

2. 工具包概述

RNBD451 附加板包含一个 RNBD451PE 模块。控制接口及其他状态/事件指示器所需的信号将连接至附加板的板上功能，以实现灵活性和快速原型开发。

图 2-1. RNBD451 附加板 (EV25F14A) ——俯视图

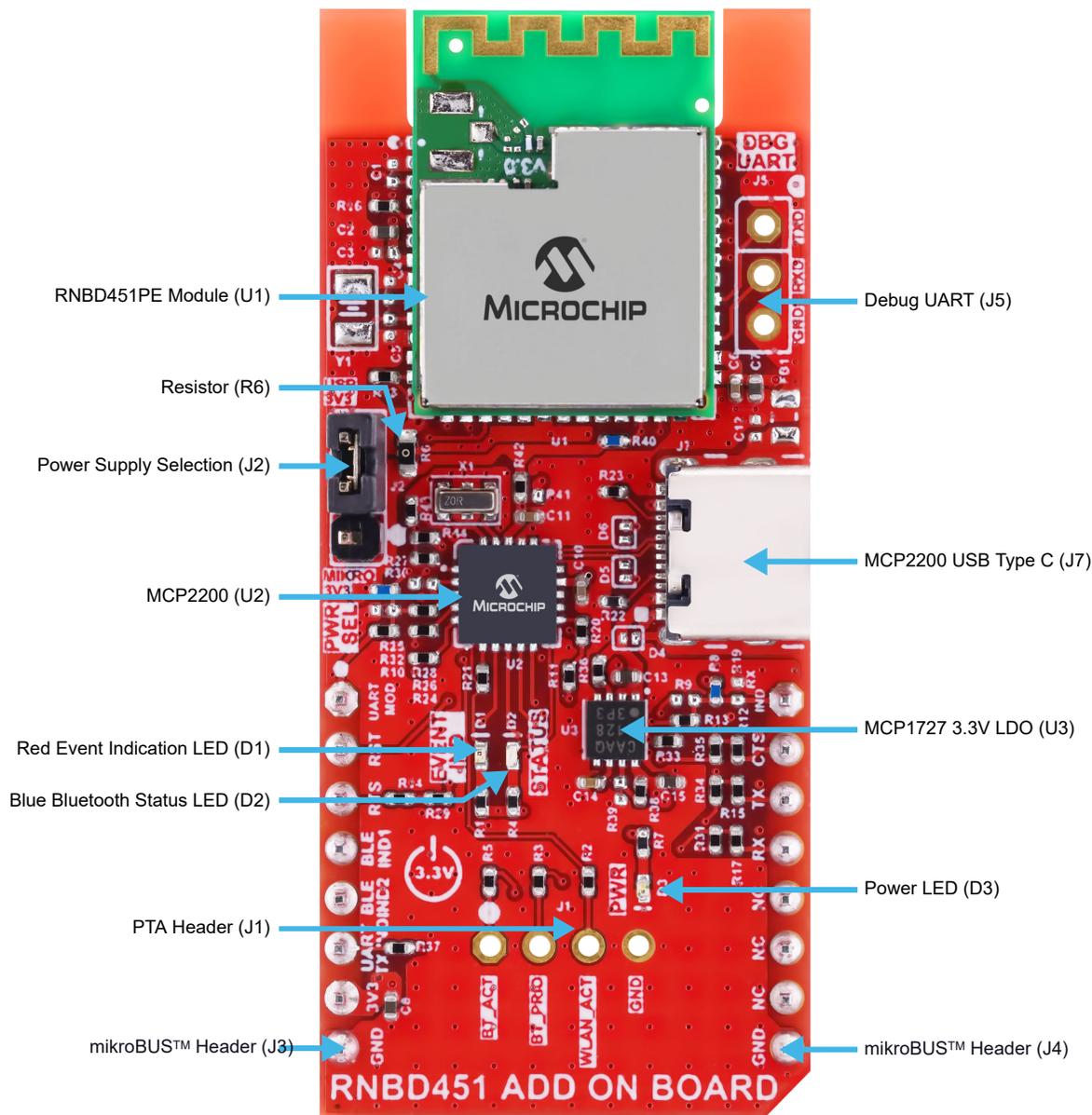
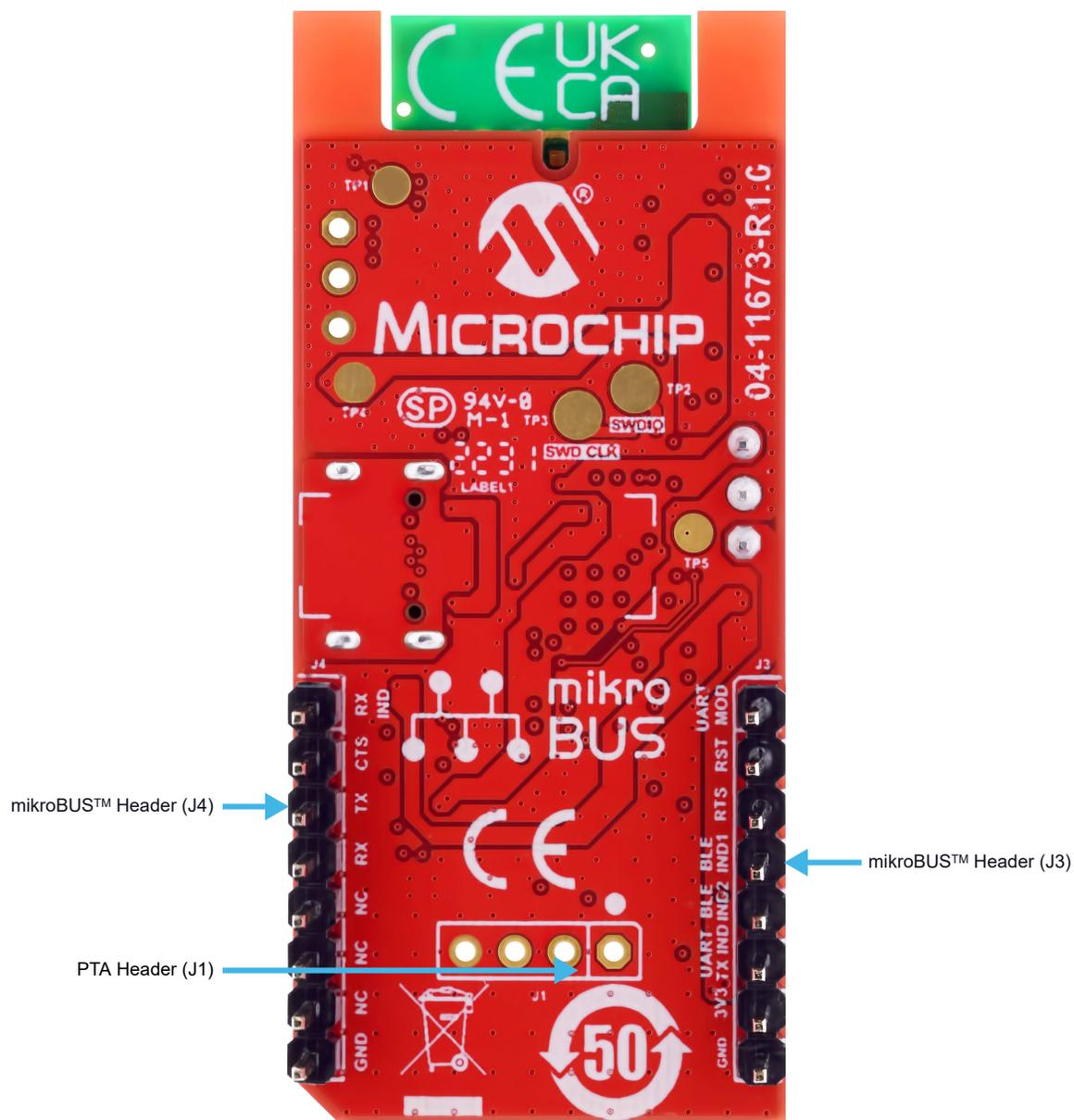


图 2-2. RNBD451 附加板 (EV25F14A) ——仰视图



2.1 工具包内容

EV25F14A (RNBD451 附加板) 工具包中包含:

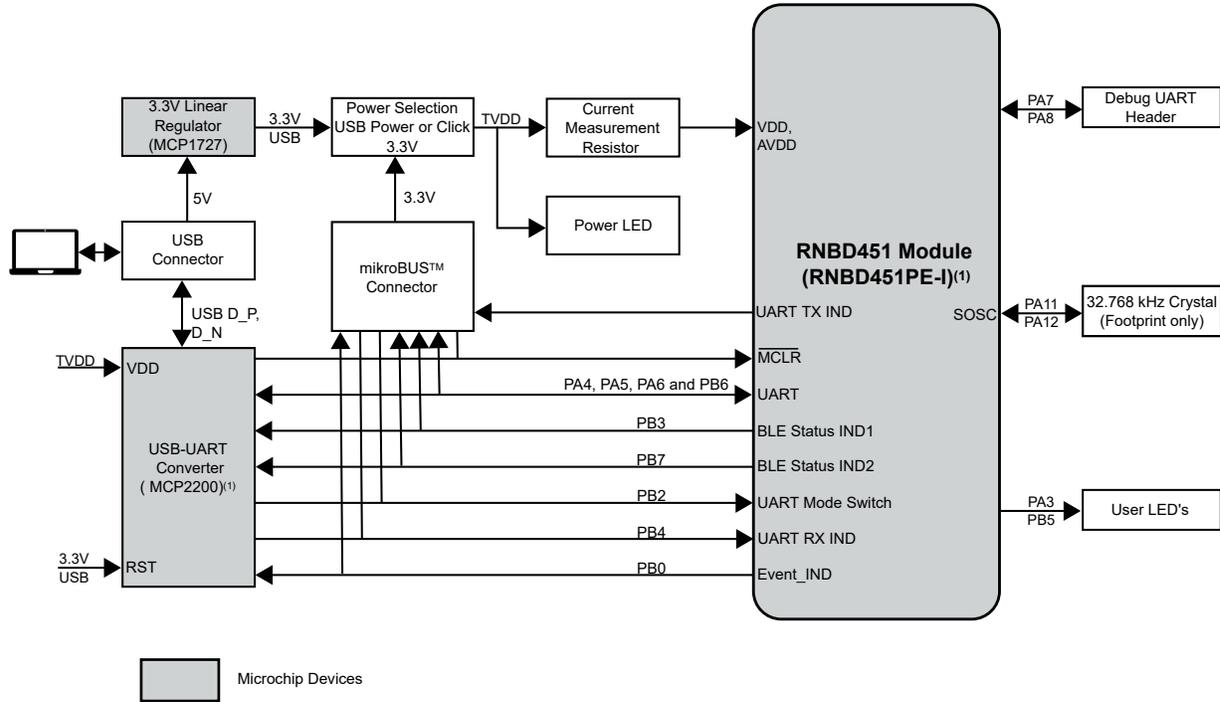
- 安装在 RNBD451 附加板上的 RNBD451PE 模块

注: 如果工具包中缺少上述任何部件, 请转至 support.microchip.com 或联系您当地的 Microchip 销售办事处。Microchip 销售和服务办事处列表在本用户指南的最后一页。

3. 硬件

本章介绍 RNBD451 附加板的硬件特性。

图 3-1. RNBD451 附加板框图



注:

1. 强烈建议使用 Microchip 的整体系统解决方案，包括配套器件、软件驱动程序和参考设计，以确保 RNBD451 附加板实现经过验证的性能。有关更多详细信息，请转至 support.microchip.com 或联系您当地的 Microchip 销售办事处。

3.1 电源

RNBD451 附加板可使用以下任何一种电源供电，具体取决于用例场景：

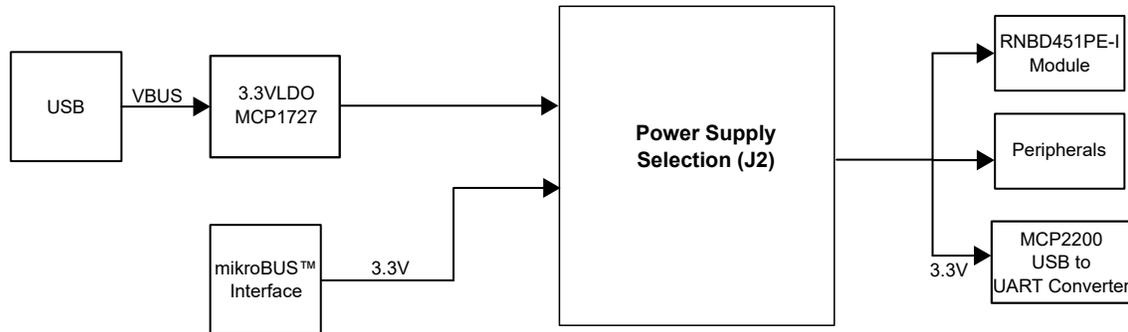
1. 使用 USB Type-C 线缆连接至 USB Type-C 连接器 (J7)，即可通过 USB 为 RNBD451 附加板供电。模块和外设由板上 3.3V 线性稳压器产生的 3.3V 电压供电。
2. 当插入主机电路板时，RNBD451 模块和外设由 J3 (mikroBUS 接口) 处的 3.3V 电压供电。

通过在 J2 上安装跳线电容 JP1，可选择 USB 电源或通过 mikroBUS 接口提供 3.3V 电压。

表 3-1. 使用 J2 电源选择连接器来选择不同电源时的跳线电容 JP1 位置

由 USB 电源产生 3.3V 电压	通过 mikroBUS 接口提供 3.3V 电压
JP1 位于 J2-3 和 J2-2	JP1 位于 J2-1 和 J2-2

图 3-2. RNBD451 附加板电源框图



若要测量仅由 RNBD451PE 模块消耗的电流，则拆除 R6，然后在其上连接一个电流表。

3.2 RNBD451PE 模块控制接口

RNBD451PE 附加板支持两种运行模式：

1. 使用带板上 MCP2200 USB-UART 转换器的主机 PC
2. 使用带 mikroBUS 插槽的主机 MCU 板（通过 mikroBUS 接口连接）

3.2.1 带板上 MCP2200 USB-UART 转换器的主机 PC

使用 RNBD451 附加板时，最简单的方法就是利用板上 MCP2200 USB-UART 转换器，将附加板连接至支持 USB CDC 虚拟 COM（串行）端口的 PC 主机。用户可以通过终端仿真器应用向 RNBD451 模块发送简单的 ASCII 命令。在这种情况下，PC 用作主机设备。除了 UART 之外，RNBD451 PE 模块的状态及其他控制 GPIO 亦连接至 MCP2200 GPIO 引脚。

MCP2200 配置为“复位”状态，直至插入 USB 电源。

表 3-2. RNBD451PE 连接至 MCP2200 USB-UART 转换器

MCP2200 上的引脚	RNBD451PE 模块上的引脚	说明
TX	PB6, UART RXD	RNBD451PE 模块 UART RXD
RX	PA5, UART TXD	RNBD451PE 模块 UART TXD
RTS	PA6, UART CTS	RNBD451PE 模块 UART CTS
CTS	PA4, UART RTS	RNBD451PE 模块 UART RTS
GP0	—	—
GP1	—	—
GP2	NMCLR	RNBD451PE 模块复位引脚
GP3	PA3, EVENT INDICATION	事件指示
GP4	PB3, BT_STATUS_IND1	蓝牙低功耗状态指示 1
GP5	PB7, BT_STATUS_IND2	蓝牙低功耗状态指示 2
GP6	PB2, UART MODE SWITCH	UART 模式开关
GP7	PB4, UART RX INDICATION	UART RX 指示

3.2.2 带 mikroBUS 插槽的主机 MCU 板（通过 mikroBUS 接口连接）

RNBD451 附加板还可通过控制接口连接，供带 mikroBUS 接口的主机 MCU 板使用。下表显示了 RNBD451 附加板 mikroBUS 接口引脚排列与 mikroBUS 插槽引脚排列的对应关系。

表 3-3. RNBD451PE 与 mikroBUS 接口连接

mikroBUS 上的引脚编号	mikroBUS 上的标准引脚	RNBD451PE 模块上的引脚	说明
1	AN	PB2, UART MODE SWITCH	UART 模式开关
2	RST	NMCLR	RNBD451PE 模块复位引脚
3	CS	PA4, UART RTS	RNBD451PE 模块 UART RTS
4	SCK	PB3, BT_STATUS_IND1	蓝牙低功耗状态指示 1
5	MISO	PB7, BT_STATUS_IND2	蓝牙低功耗状态指示 2
6	MOSI	PA2, UART_TX_IND	来自 RNBD451PE 模块的 UART 发送指示
7	3.3V	—	来自主机 MCU 插槽的 3.3V 电压
8	GND	GND	GND
9	GND	GND	GND
10	5V	—	未连接
11	SDA	—	未连接
12	SCL	—	未连接
13	RX	PB6, UART RXD	RNBD451PE 模块 UART RXD
14	TX	PA5, UART TXD	RNBD451PE 模块 UART TXD
15	INT	PA6, UART CTS	RNBD451PE 模块 UART CTS
16	PWM	PB4, UART RX INDICATION	向 RNBD451PE 模块发送 UART RX 指示

3.3 LED

3.3.1 红色事件指示 LED (D1)

使用红色事件指示 LED (D1) 指示监控指示器的变化。

有关更多详细信息，请参见 *RNBD451 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide* (DS50003467)。

3.3.2 蓝色蓝牙状态 LED (D2)

蓝色蓝牙状态 LED (D2) 通过特定 LED 闪烁模式指示蓝牙低功耗连接状态。

待机模式：

- 无蓝牙低功耗连接
- RNBD451 处于通告或扫描状态
- 每三秒闪烁一次
- 点亮：50 ms，熄灭：2950 ms

链接模式：

- 无论是核心还是外设作用，均已连接蓝牙低功耗 ACL 链路
- 每 1.5 秒闪烁两次
- 点亮：50 ms，熄灭：150 ms，点亮：50 ms，熄灭：1050 ms

注：默认情况下，蓝牙状态 LED 处于关闭状态。用户可使用 SR 命令使能该功能。有关更多详细信息，请参见 *RNBD451 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide* (DS50003467)。

3.4 Debug UART (J5)

使用 Debug UART (J5) 监控来自 RNBD451PE 模块的调试日志。Debug UART 调试头 J5 的引脚排列如下所示。有关更多详细信息，请参见 *RNBD451 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide* (DS50003467)。

表 3-4. RNBD451PE 连接至 Debug UART 调试头

引脚编号	RNBD451PE 模块上的引脚	说明
1	PA7	Debug UART TXD
2	PA8	Debug UART RXD
3	GND	—

4. RNBD451 附加板“开箱即用”演示

RNBD451PE 模块根据通过 UART 发送的 ASCII 命令提供控制接口。通过使用板上 USB-UART 转换器 MCP2200，用户可以快速使用开发板，并轻松评估无线模块的蓝牙低功耗连接功能。

有关“开箱即用（Out-of-Box, OOB）演示和演示指南的更多详细信息，请参见 *RNBD451 Bluetooth® Low Energy Module User's Guide*（DS50003467）。

5. 附录 A: 参考电路

5.1 RNBD451 附加板参考原理图

图 5-1. 电源选择

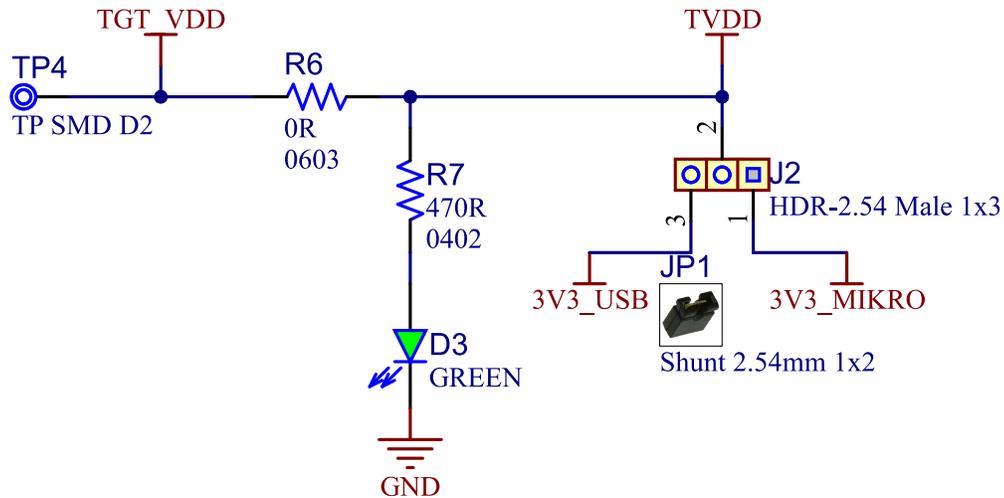


图 5-2. Debug UART

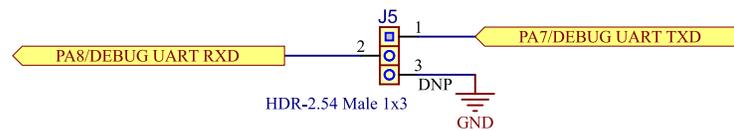


图 5-3. 目标 3.3V 稳压器

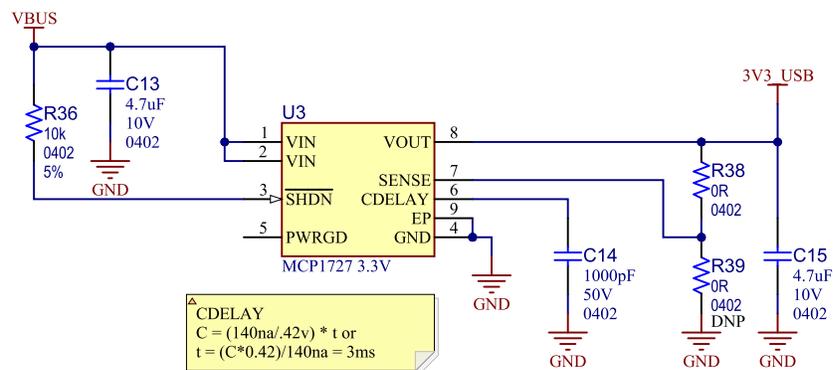


图 5-4. MCP2200 USB UART 转换器

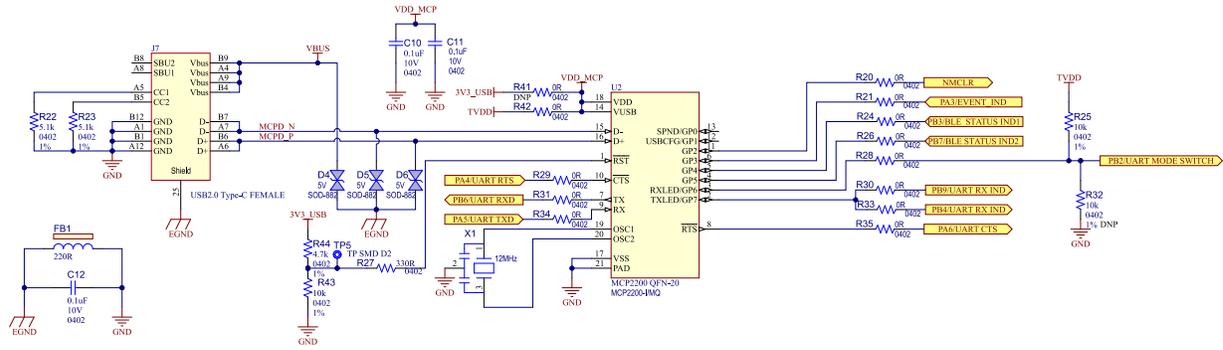


图 5-5. mikroBUS

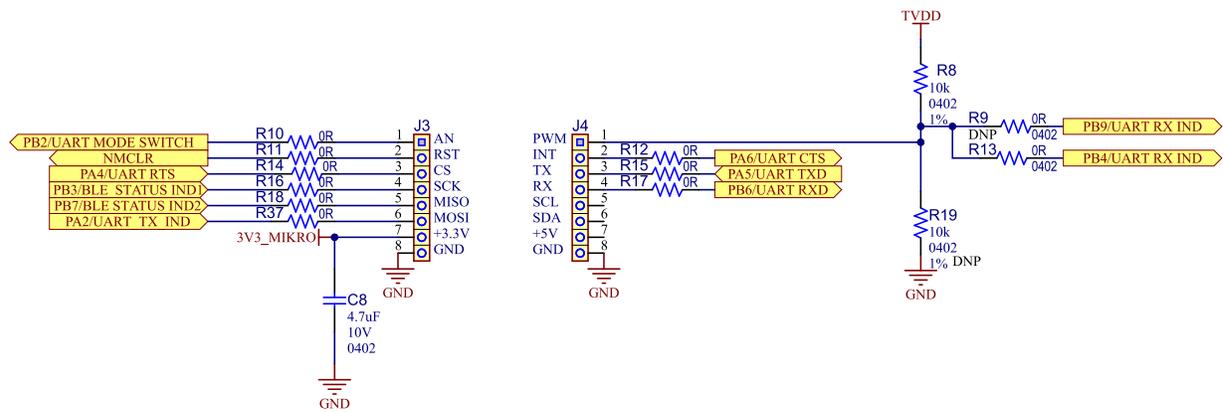
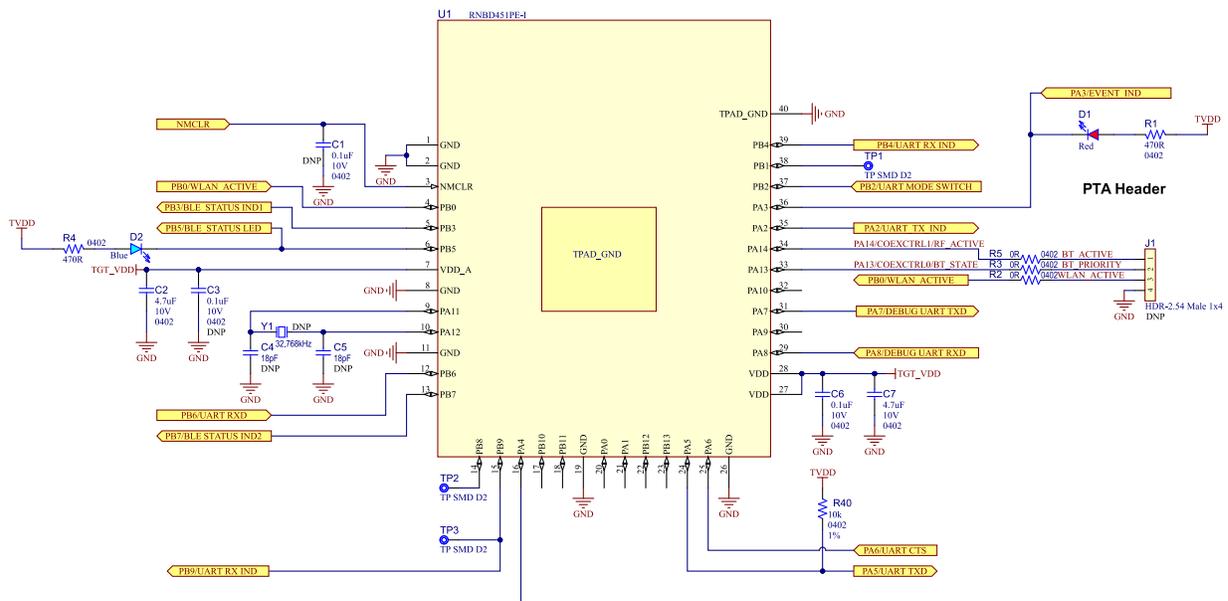


图 5-6. RNBD451PE 模块连接



5.2 RNBD451 附加板物料清单

下表提供了 RNBD451 附加板的物料清单 (Bill of Materials, BOM)。

表 5-1. 物料清单

参考	说明	制造商	部件编号
C1, C3, C12	CAP CER 0.1uF 10V 10% X5R SMD 0402	KEMET	C0402C104K8PACTU
C2, C7, C8, C13, C15	CAP CER 4.7uF 10V 10% X5R SMD 0402	TDK Corporation	C1005X5R1A475K050BC
C4, C5	CAP CER 18 pF 50V 2% NP0 SMD 0402	Murata Electronics®	GRM1555C1H180GA01D
C6, C10, C11	CAP CER 0.1uF 10V 10% X5R SMD 0402	KEMET	C0402C104K8PACTU
C14	CAP CER 1000pF 50V 10% X7R SMD 0402	Murata Manufacturing Co., Ltd.	GRM155R71H102KA01D
D1	DIO LED RED 2V 20mA 120mcd Clear SMD 620nm	QT-Brightek Corporation	QBLP595-R
D2	DIO LED BLUE 2.85V 5mA 49.5mcd Diffuse SMD 470nm	OSRAM Opto Semiconductors GmbH.	LB QH9G-N100-35-1
D3	DIO LED GREEN 1.9V 1mA 2.1mcd CLEAR SMD 0402	ROHM Semiconductor	SML-P11MTT86
D4, D5, D6	DIO ZENER PESD5V0X1BL 5V SMD SOD-882	NXP Semiconductors	PESD5V0X1BL,315
FB1	FERRITE 2A 220R SMD 0805	Murata Electronics North America, Inc.	BLM21PG221SN1D
J1	CON HDR-2.54 Male 1x4 Tin 5.84MH TH VERT	FCI	68002-404HLF
J2	CON HDR-2.54 Male 1x3 Tin 5.84MH TH VERT	Samtec, Inc.	TSW-103-07-T-S
J3, J4	CON HDR-2.54 Male 1x8 Gold 5.84MH TH VERT	Nextron	211-081A7-0021-400
J5	CON HDR-2.54 Male 1x3 Tin 5.84MH TH VERT	Samtec, Inc.	TSW-103-07-T-S
J7	CONN USB2.0 TYPE-C Female SMD/TH R/A	GCT	USB4105-GF-A
JP1	MECH HW JUMPER 2.54mm 1x2 GOLD	Würth Elektronik	60900213421
R1, R4, R7	RES TKF 470R 5% 1/16W SMD 0402	Panasonic Industry Co., Ltd.	ERJ-2GEJ471X
R2, R3, R5, R10, R11, R12, R13, R14, R15, R16, R17, R18, R20, R21, R24, R26, R28, R29, R31, R33, R34, R35, R37, R38, R42	RES TKF 0R 1/16W SMD 0402	Yageo Corporation	RC0402JR-070RL
R6	RES TKF 0 OHM 1/10W 0603	Bourns®, Inc.	CR0603-J/-000ELF
R8, R25, R40, R43	RES TF 10k 1% 1/10W SMD 0402 AEC-Q200	Vishay Beyschlag	MCS0402MC1002FE000
R9, R30, R39, R41	RES TKF 0R 1/16W SMD 0402	Yageo Corporation	RC0402JR-070RL
R19, R32	RES TF 10k 1% 1/10W SMD 0402 AEC-Q200	Vishay Beyschlag	MCS0402MC1002FE000
R22, R23	RES TKF 5.1k 1% 1/10W SMD 0402	Panasonic Industry Co., Ltd.	ERJ-2RKF5101X
R27	RES TKF 330R 1% 1/16W SMD 0402	Yageo Corporation	RC0402FR-07330RL
R36	RES TKF 10k 5% 1/16W SMD 0402	Vishay	CRCW040210K0JNED
R44	RES TKF 4.7k 1% 1/16W SMD 0402	Yageo Corporation	RC0402FR-074K7L
U1	MOD BLE/ZIGBEE RNBD451PE-I	Microchip Technology	RNBD451PE-I
U2	MCHP INTERFACE USB UART MCP2200-I/MQ QFN-20	Microchip Technology	MCP2200-I/MQ
U3	MCHP ANALOG LDO 3.3V MCP1727-3302E/MF	Microchip Technology	MCP1727-3302E/MF
X1	RESONATOR 12MHz 0.07% SMD CSTNE 3-SMD	Murata Manufacturing Co., Ltd.	CSTNE12M0GH5L000R0
Y1	CRYSTAL 32.768kHz 12.5pF SMD ABS07	Seiko Instruments	SC32S-12.5PF20PPM

6. 附录 B: 监管部门批准

此设备 (RNBD451 附加板/EV25F14A) 是一款评估工具包, 不属于最终产品, 仅用于实验室评估用途。此设备既不直接投入市场销售, 也不通过零售企业向公众销售; 此设备仅由 Microchip 及授权的分销商销售。使用此设备需要掌握大量的工程专业知识才能理解工具和相关技术, 因此仅限经过专业技术培训的人员使用。

为符合监管规定, 必须满足 RNBD451PE 模块的认证要求。以下法律声明涵盖监管部门批准要求。

6.1 美国

RNBD451 附加板 (EV25F14A) 包含的 RNBD451PE 模块符合联邦通信委员会 (FCC) CFR47 “电信卷” 第 15 部分 C 子部分 “Intentional Radiators” (有意辐射体) 中第 15.212 小节 “Modular Transmitter” (模块化发射器) 的相关标准, 因此已获得单模块化批准。

包含 FCC ID: 2ADHKWBZ451

此设备符合 FCC 规则的第 15 部分。设备的工作方式需满足以下两个条件: (1) 此设备不能导致有害干扰, (2) 此设备必须接受接收到的所有干扰, 包括可能导致意外操作的干扰。



重要: FCC 辐射暴露声明

此设备符合 FCC 规定的非受控环境辐射暴露限制。安装此发射器的天线时, 与所有人至少保持 8 cm 的距离, 并且不得与任何其他天线/发射器一起放置或运行。此发射器只能安装本应用中测试的特定天线, 以便满足认证要求。



CAUTION 如果未经责任部门明确批准即对设备进行改装, 用户可能会因此丧失使用此设备的权利。

注: 经测试, 此设备符合 FCC 规则第 15 部分对 B 类数字设备的限制规定。这些限制旨在针对住宅安装环境中的有害干扰提供合理的保护。此设备会产生、使用和发射射频能量, 如果不按照说明进行安装和使用, 可能会对无线电通信产生有害干扰。但是, 我们无法保证在任何安装环境下都不会产生干扰。如果此设备确实对无线电或电视接收产生有害干扰 (可以通过关闭并打开设备进行确定), 建议用户尝试通过以下一种或多种方式来消除干扰:

- 调整接收天线的方向或位置。
- 增大设备与接收器之间的距离。
- 将设备连接到与接收器不同的电源插座上。
- 向经销商或经验丰富的无线电/电视技术人员寻求帮助。

6.2 加拿大

RNBD451 附加板 (EV25F14A) 包含的 RNBD451PE 模块已获得加拿大创新、科学和经济发展部 (ISED, 前加拿大工业部) 无线电标准程序 (RSP) RSP-100、无线电标准规范 (RSS) RSS-Gen 和 RSS-247 认证。

包含的 IC: 20266-WBZ451

此设备包含符合加拿大创新、科学和经济发展部免许可证 RSS 的免许可证发射器/接收器。设备的工作方式需满足以下两个条件:

1. 此设备不能导致干扰;
2. 此设备必须接受所有干扰, 包括可能导致设备意外操作的干扰。

L' émetteur/récepteur exempt de licence contenu dans le présent appareil est conforme aux CNR d' Innovation, Sciences et Développement économique Canada applicables aux appareils radio exempts de licence.L' exploitation est autorisée aux deux conditions suivantes:

1. L' appareil ne doit pas produire de brouillage;
2. L' appareil doit accepter tout brouillage radioélectrique subi, même si le brouillage est susceptible d' en compromettre le fonctionnement.



此设备符合加拿大创新、科学和经济发展部规定的非受控环定射频暴露限制。安装和操作此设备时, 用户或旁观人员应与设备至少保持 20 cm 的距离。

Cet équipement est conforme aux limites d'exposition aux radiofréquences définies par d' Innovation, Sciences et Développement économique Canada pour un environnement non contrôlé.Cet équipement doit être installé et utilisé avec un minimum de 20 cm de distance entre le dispositif et l'utilisateur ou des tiers.

6.3 欧洲

此设备 (EV25F14A) 已通过欧盟国家/地区的无线电设备指令 (Radio Equipment Directive, RED) 的评估。此产品符合用户手册中规定的额定功率、天线规范和/或安装要求。上述所有标准都会发布符合性声明, 并按照无线电设备指令 (RED) 的规定进行存档。

精简版 EU 符合性声明

Microchip Technology Inc.特此宣布无线电设备类型[EV25F14A]符合指令 2014/53/EU 的要求。

欧盟符合性声明的全文可从 www.microchip.com/en-us/development-tool/EV25F14A 获取 (见符合性文档)。

7. 文档版本历史

版本	日期	部分	说明
A	02/2023	文档	初始版本

Microchip 信息

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中。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。以其他任何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、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、ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Flashtec、Hyper Speed Control、HyperLight Load、Libero、motorBench、mTouch、Powermite 3、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider 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、Clockstudio、CodeGuard、CryptoAuthentication、CryptoAutomotive、CryptoCompanion、CryptoController、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、Espresso T1S、EtherGREEN、EyeOpen、GridTime、IdealBridge、IGaT、In-Circuit Serial Programming、ICSP、INICnet、Intelligent Paralleling、IntelliMOS、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、Knob-on-Display、MarginLink、maxCrypto、maxView、memBrain、Mindi、MiWi、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mSiC、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICKit、PICtail、Power MOS IV、Power MOS 7、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、Trusted Time、TSHARC、Turing、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 和 Symmcom 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。

© 2024, Microchip Technology Incorporated 及其子公司版权所有。

ISBN: 978-1-6683-2967-2

质量管理体系

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

全球销售及服务网点

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: 86-512-8792-8115 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			