AN2617

采用 ATECC508A 执行远程设备的对称身份验证

简介

本应用程序演示了如何通过主机（使用 ATECC508A 加密模块的 Curiosity PIC32MZ EF 开发板和 Secure click 板）使用对称身份验证方法对远程设备进行身份验证，其中主机和远程设备共享相同的密钥。本应用程序允许使用配置数据和密钥数据向配置添加信息并配置 Secure click 板。应用程序流程通过交互式用户界面控制台上的串行终端程序（*Tera term*）实现，该串行终端程序通过计算机的 USB 接口。

有关 Curiosity PIC32MZ EF 开发板的特性和布线的更多信息，请参见 PIC32MZ EF Curiosity Development Board User's Guide（DS70005282）。

有关 ATECC508A 模块特性的更多信息，请参见产品数据手册。

目录

简介 1

1. 所需的工具和应用程序 3

2. 编译应用程序 4

3. 配置硬件 7

4. 运行演示 9

Microchip 网站 16

变更通知客户服务 16

客户支持 16

Microchip 器件代码保护功能 16

法律声明 17

商标 17

DNV 认证的质量管理体系 18

全球销售及服务网点 19

1. 所需的工具和应用程序

要运行 ATECC508A 对称身份验证演示，需要以下 Microchip 开发工具：

- Curiosity PIC32MZ EF 开发板（DM320104），可从 Microchip Direct 购买
- 下载并安装最新版本的 MPLAB® X 集成开发环境（IDE）
- 下载并安装最新版本的 MPLAB XC32 C/C++编译器
- 下载并安装最新版本的 MPLAB Harmony 集成软件框架（可选）

注：

1. 使用 MPLAB Harmony 集成软件框架时，将通过向项目添加新模块、软件框架和库来扩展该项目的功能。
2. 本应用程序项目使用以下工具开发：
   - MPLAB X IDE v4.05
   - MPLAB XC32 C 编译器 v1.44
   - MPLAB Harmony v2.05
   - MPLAB X IDE 插件：MPLAB Harmony 配置器（MHC）v2.0.5.2

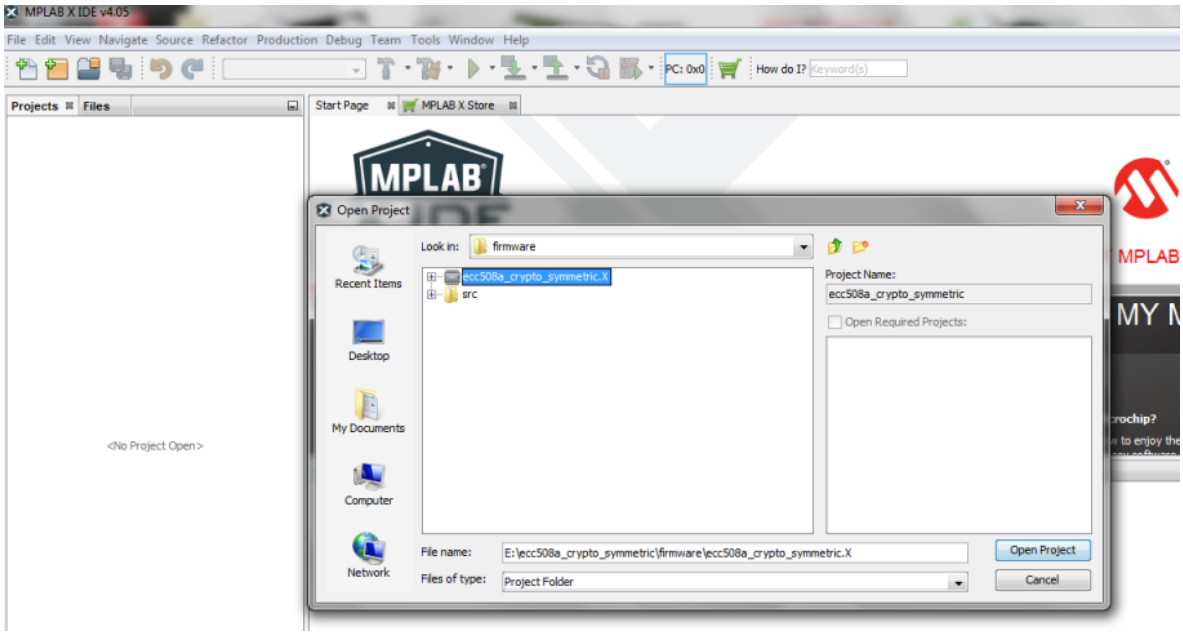
使用 Mikroelektronika 的以下 Click board™：Secure click 板（MIKROE-2522）——2 块。

2. 编译应用程序

要编译应用程序，请按以下过程操作：

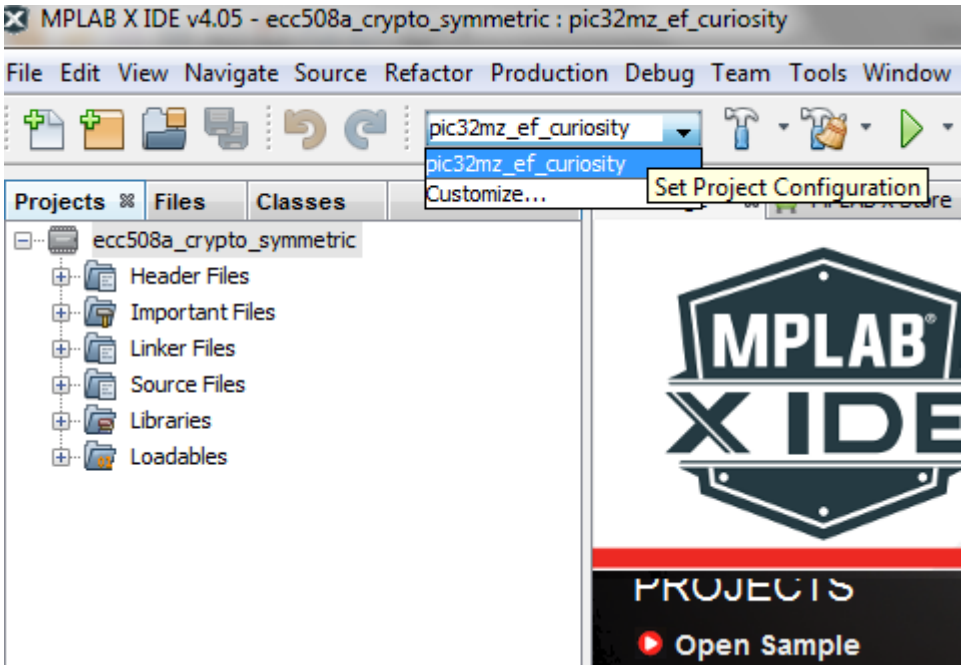
1. 将 *ecc508a_crypto_symmetric* 项目下载到本地计算机。可在 http://www.microchip.com/Developmenttools/ProductDetails.aspx?PartNO=DM320104 中的 *Curiosity Demo Examples*（Curiosity 演示示例）下找到该项目。
2. 要编译项目，在 MPLAB X 中选择 *File>Open Project*（文件>打开项目），然后在 MPLAB X IDE 中选择*<path-of-project-in-your-pc>/ecc508a_crypto_symmetric/firmware* 路径下的 `ecc508a_crypto_symmetric.X` 项目，如下图所示。

图 2-1. 打开项目



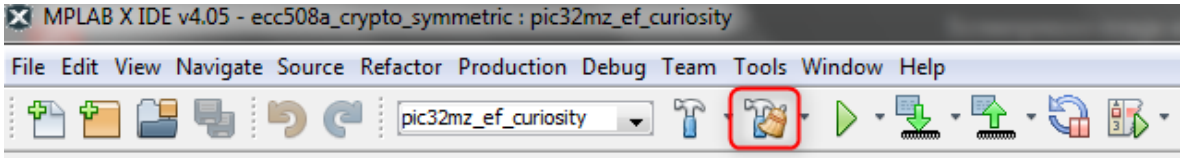
3. 对于 Curiosity PIC32MZ EF 开发板，该项目只有一个配置，即 *pic32mz_ef_curiosity*。这是项目打开时的默认配置。

图 **2-2.** 选择项目配置



4. *pic32mz_ef_curiosity* 配置将对 MPLAB X IDE 进行设置，以在带 PIC32MZ2048EFM100 单片机的 Curiosity PIC32MZ EF 开发板上编译和运行演示应用程序。
5. USB CDC 类库配置为启用交互式用户界面控制。
6. I^2C 驱动程序配置为使用外设的 I^2C1 实例，时钟频率为 100 kHz。应用程序将通过 I^2C1 与 ATECC508A（在 Secure click 板上提供）进行交互，以实现应用程序的主机端。
7. I^2C 驱动程序配置为使用外设的 I^2C2 实例，时钟频率为 100 kHz。应用程序将通过 I^2C2 与 ATECC508A（在 Secure click 板上提供）进行交互，以实现应用程序的远程设备端。
8. 清除并编译项目。

图 **2-3.** 清除并编译



9. 检查 MPLAB X IDE 界面底部的编译日志。

图 2-4. 编译日志

```
Search Results   Output
REAL ICE   ecc508a_crypto_symmetric (Clean, Build, ...)
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=32MZ2048EFM100
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=32MZ2048EFM100
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=32MZ2048EFM100
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=32MZ2048EFM100
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin\xc32-gcc.exe" -g -x c -c -mprocessor=32MZ2048EFM100
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin\xc32-gcc.exe"   -mprocessor=32MZ2048EFM100  -o dist/
"E:\Installations\Microchip\xc32\v1.44\bin"\\xc32-bin2hex dist/pic32mz_ef_curiosity/production/
make[2]: Leaving directory 'E:/ecc508a_crypto_symmetric/firmware/ecc508a_crypto_symmetric.X'
make[1]: Leaving directory 'E:/ecc508a_crypto_symmetric/firmware/ecc508a_crypto_symmetric.X'

BUILD SUCCESSFUL (total time: 38s)
Loading code from E:/ecc508a_crypto_symmetric/firmware/ecc508a_crypto_symmetric.X/dist/pic32mz_
Loading completed
```

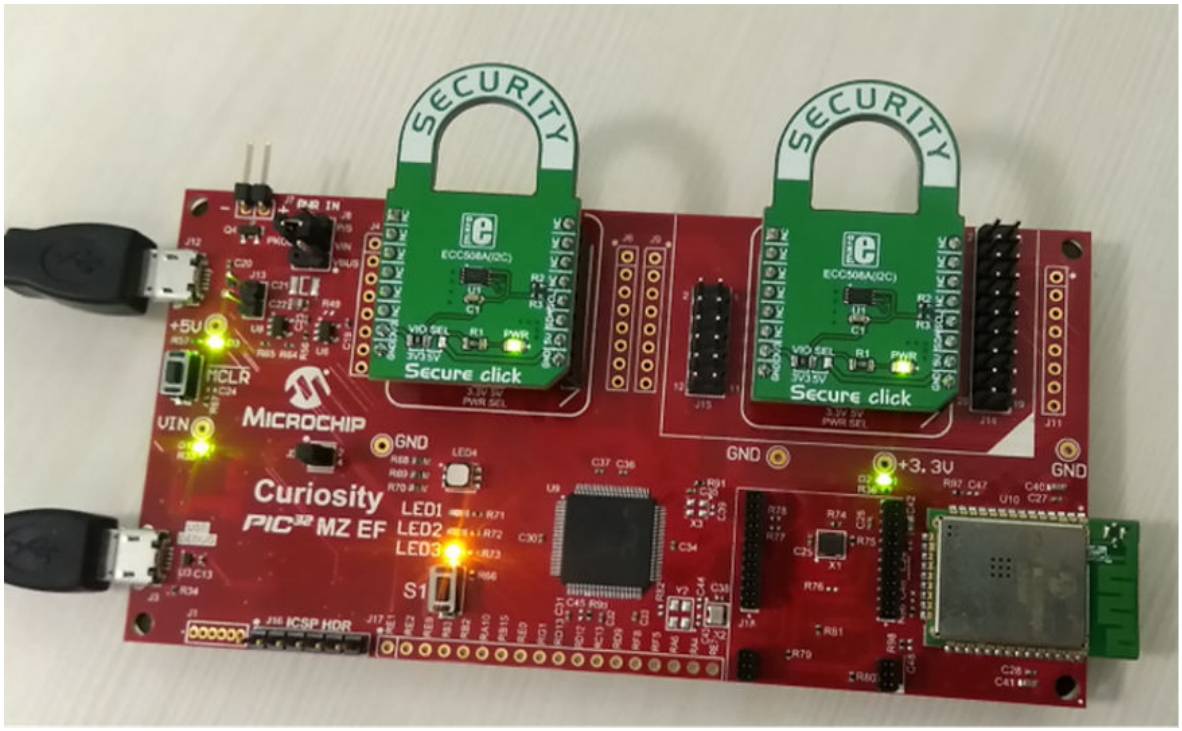
注： 由于路径长度的限制，项目通常无法在 Windows®计算机上编译。Windows 操作系统的最大路径长度为 260 个字符。此限制会导致在尝试编译时截断文件路径，从而使编译器找不到文件。因而，请尝试将项目放在顶级目录中，通常为 `C:/`。有关更多信息，请参见 Microsoft 开发人员网站中的“命名文件、路径和命名空间”的“最大路径长度限制”部分。

3. 配置硬件

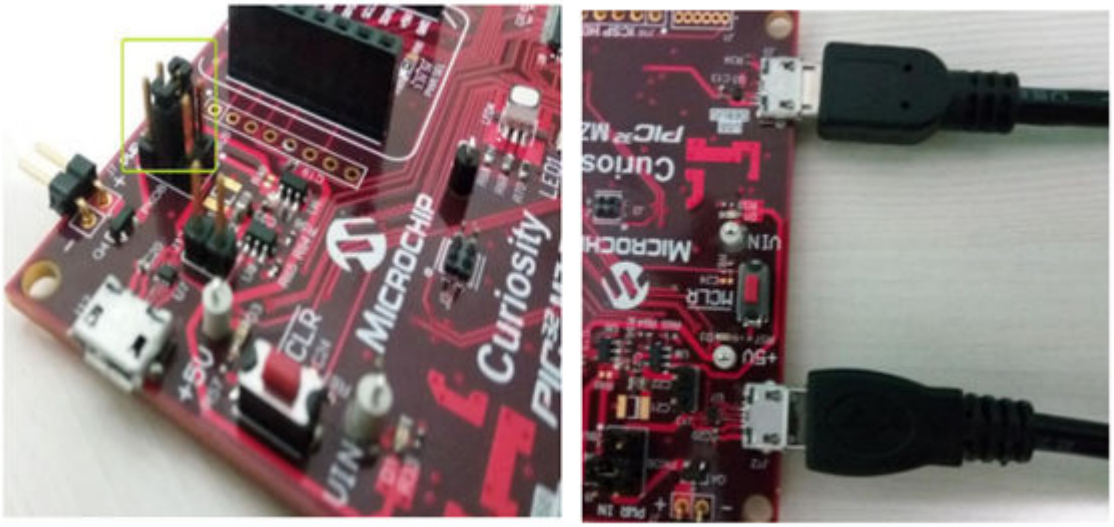
要配置硬件，请按以下步骤操作：

1. 要进行主机操作，在 mikroBUS™插座 J5 上插入 Secure click 板。
2. 要进行远程设备操作，在 mikroBUS 插座 J10 上插入 Secure click 板。

图 3-1. 硬件配置



3. 通过连接到 Micro-B 端口（J3）的 Type-A 公头转 Micro-B USB 电缆，从主机计算机为 Curiosity PIC32MZ EF 开发板供电。工具包中不包括电缆。确保跳线放置在 J8 插座（4 和 3 之间）中，以从调试 USB 连接器选择电源。
4. 确保 J13 插座中没有跳线，以便在设备模式下使用 Curiosity 板。在设备模式下，该开发板充当计算机的 USB 设备。将带有 Micro-B 型连接器的 USB 电缆插入 Micro-B 端口（J12），将另一端插入计算机。



有关硬件特性和配置的其他信息，请参见以下用户指南：

PIC32MZ EF Curiosity Development Board User's Guide（DS70005282）。

4. 运行演示

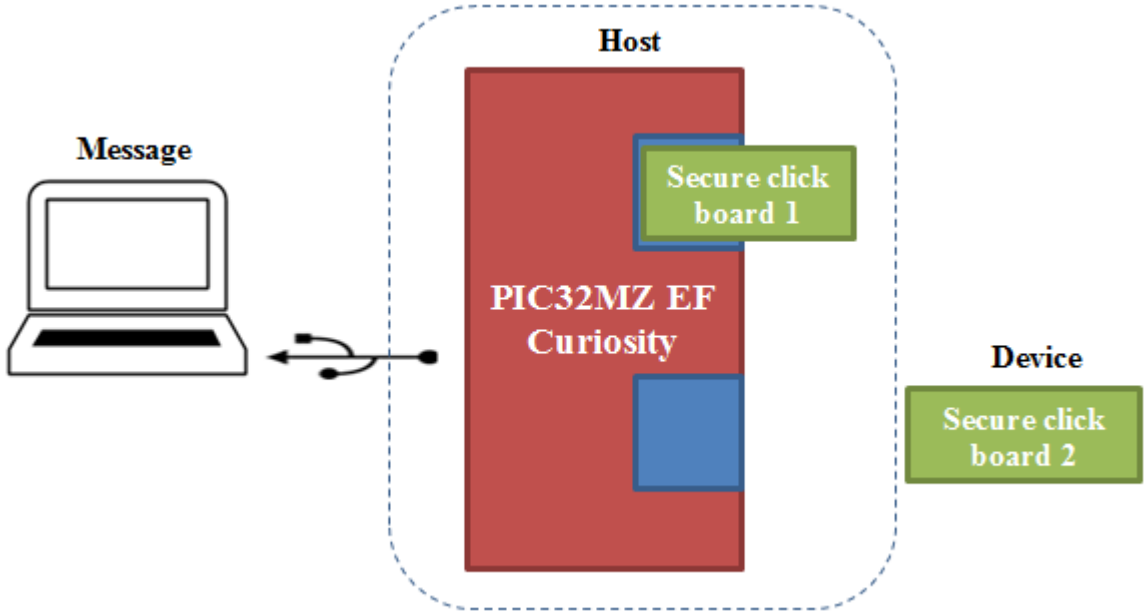
本应用程序演示了如何使用 ATECC508A 模块验证已连接设备的安全性。使用的身份验证方法是对称方法。

*对称身份验证*使用质询和响应过程。主机质询远程设备以确保设备可靠并且可以信任设备。受到质询的设备将使用预期结果响应。此方法要求主机和远程设备*共享相同的密钥*。此外，远程设备可以发送*惟一序列号*，因此响应与其他远程设备不同。

在本应用程序中，安全硬件密钥存储设备（Secure click 板上的 ATECC508A）用于存储主机和远程设备中的共享密钥和惟一序列号。

下图为应用的功能框图。

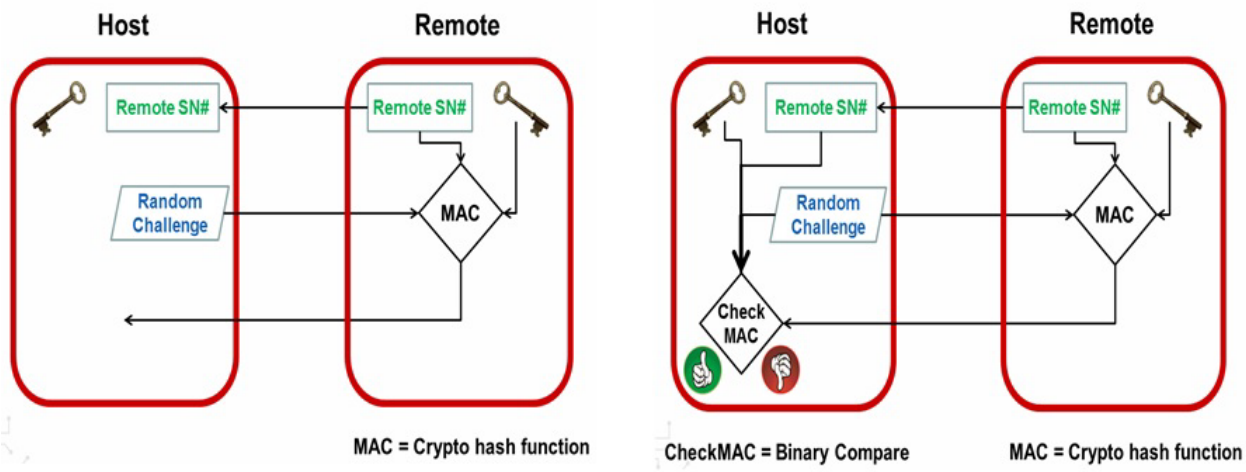
图 4-1. 功能框图



身份验证过程

验证从主机请求远程设备的序列号开始。主机发送一个随机数，此随机数预期远程设备使用共享密钥进行哈希运算。此过程称为质询，因为它质询远程设备来提供正确的答案。质询过程如下图所示。

图 4-2. 身份验证过程



远程设备使用*共享密钥*和*惟一序列号*对随机数进行哈希运算，然后发送回哈希的结果输出，此输出称为报文验证代码（Message Authentication Code，MAC）。

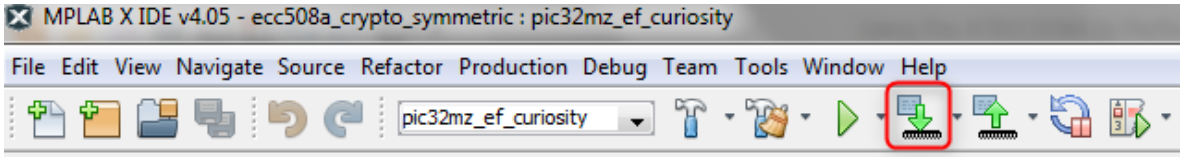
主机通过重复相同的操作来检查返回的 MAC。它使用随机数和远程设备的惟一序列号对*共享密钥*进行哈希运算。主机比较两个结果。

如果结果匹配，则表示远程设备已成功响应质询，主机可以信任外部设备。

要运行演示，需按以下步骤操作：

1. 在 MPLAB X IDE 中打开项目，选择 pic32mz_ef_curiosity 项目配置。
2. 通过单击编程按钮编译代码并编程器件，如下所示。

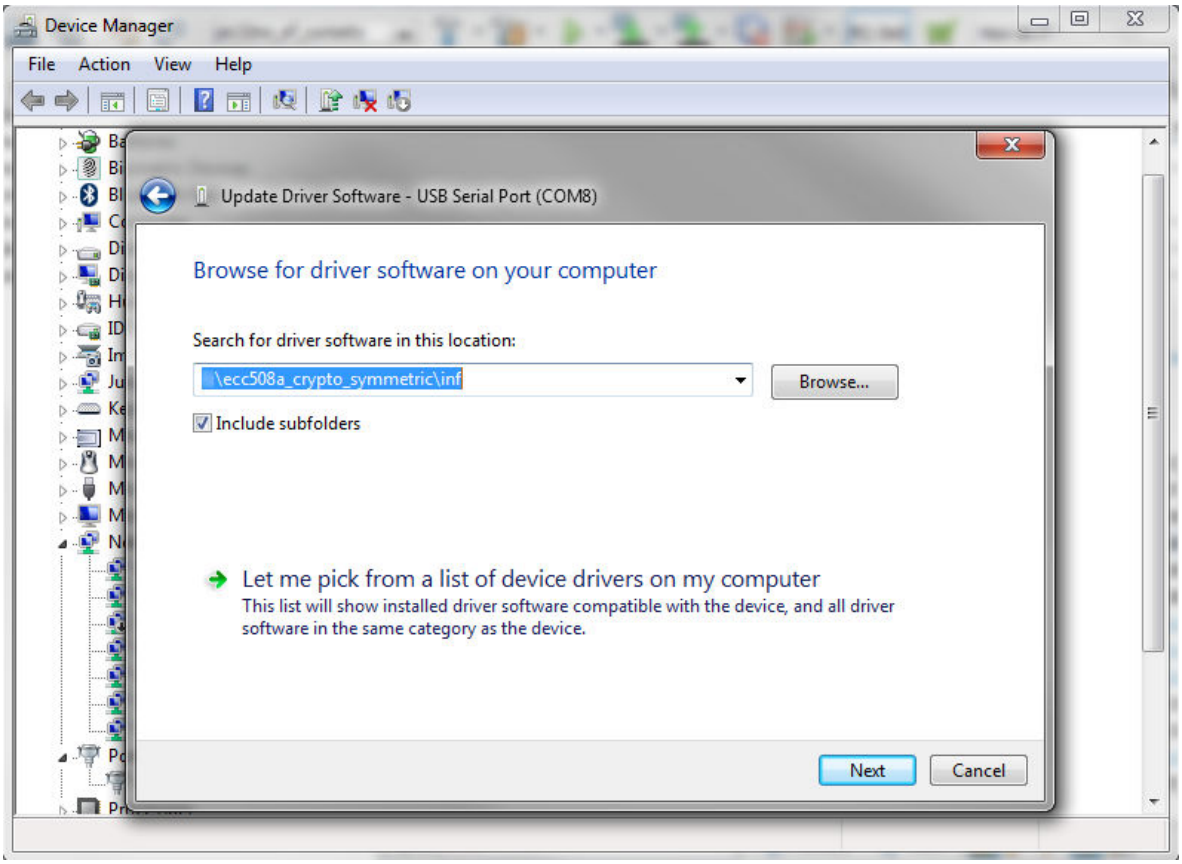
   图 4-3. 编译代码

3. 上电后，演示即激活。这将通过板上的黄色 LED（LED3）来指示。
4. 将带有 Micro-B 型连接器的 USB 电缆插入 Curiosity 板的 Micro-B 端口（J12），然后将另一端插入计算机。
5. 如果这是第一次将此设备与个人计算机一起使用，则计算机可能会提示需要`.inf` 文件。
6. 选择 *Install from a list or specific location (Advanced)*（从列表或特定位置安装（高级））选项。在*/ecc508a_crypto_symmetric/inf* 目录下指定路径。

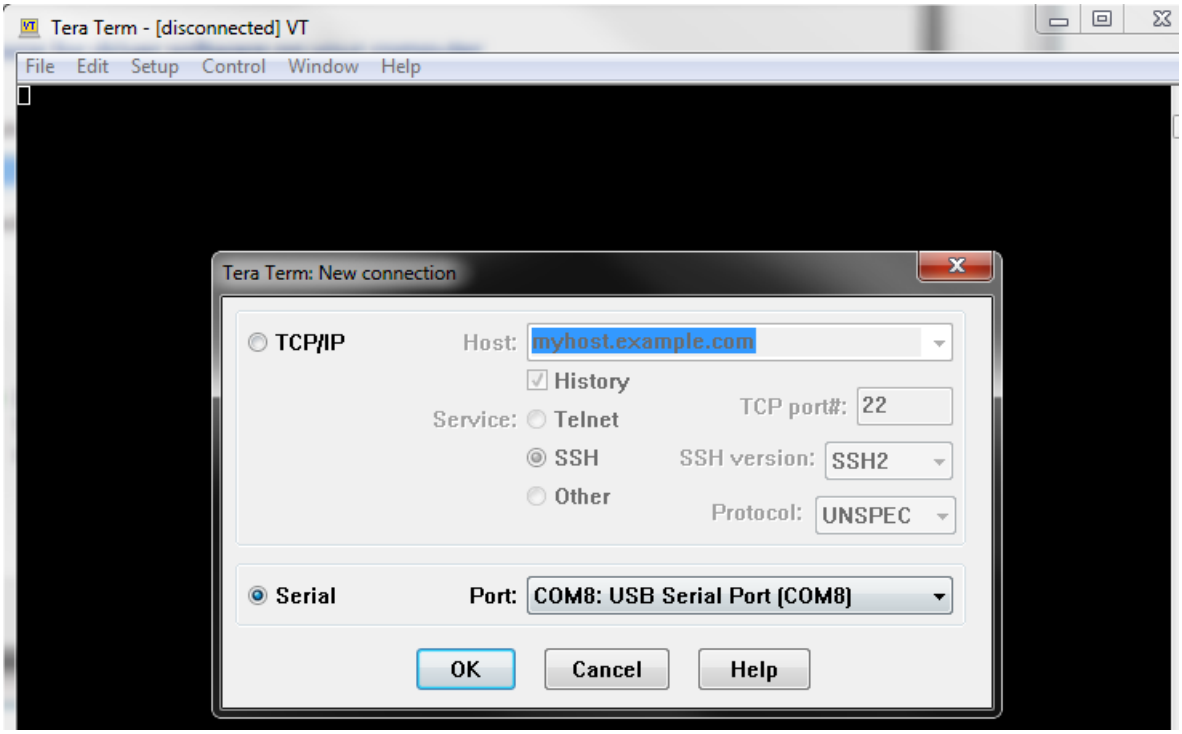
   注： 要指定驱动程序，也可以打开设备管理器，展开 Ports (COM & LPT)（端口（COM 和 LPT））选项卡，然后右键单击 *Update Driver Software*（更新驱动程序软件）。

图 4-4. 更新驱动程序软件



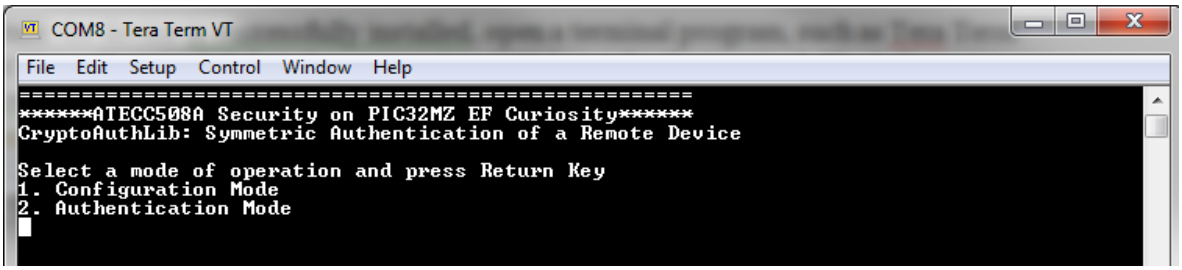
7. 设备安装完成后，打开终端程序，例如 Tera Term 或 Hyper Terminal。为终端选择适当的 COM 端口。下图所示为 Tera Term 终端程序的 COM 端口选择。

图 4-5. COM 端口选择



8. 显示 Tera Term 画面后，按下“*回车*”键。将显示以下工作模式：

图 4-6. 选择工作模式



9. 应用程序演示提供以下两种工作模式。
   - **配置模式：**该模式用于配置要存储配置数据和密钥的空白 ATECC508A 模块。空白 ATECC508A 器件处于解锁状态。该工作模式对 ATECC508A 器件上的配置区域和数据区域进行锁定。锁定操作是一次性操作并且不可逆。
   - **验证模式：**该模式对远程 ATECC508A 器件执行安全身份验证。
10. **选择选项 1——配置模式**
    - 显示画面将提示用户选择操作

```
------In Configuration Mode------
Plug in host Secure Click board in Mikro Bus Interface 1 and press S1
```

    - 插入 Secure click 板后，应用程序进入配置写入模式，将打印现有或默认配置
      注： 现有或默认配置可能与下图中显示的不同。

```
--Writing Configuration--

0xc0, 0x00, 0x55, 0x00, 0x8f, 0x8f, 0x8f, 0x8f,
0x8f, 0x8f, 0x8f, 0x42, 0x8f, 0x0f, 0xc2, 0x8f,
0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f,
0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f,
0x0f, 0x0f, 0x9f, 0x8f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xff, 0xff, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x1e, 0x00, 0x1e, 0x00, 0x1e, 0x00, 0x1c, 0x00,
0x13, 0x00, 0x5c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00,
0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00,
0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00,
```

- 如果插件板是全新的 Secure click 板，则应用程序会将新配置写入配置区并进行锁定。应用程序将显示以下消息：
  - **Configuration Write Complete**（配置写入完成）
  - **Locking Configuration Zone**（正在锁定配置区域）
  - **Configuration Zone Lock Complete**（配置区域锁定完成）
- 之后会将数据槽的内容和新密钥等新数据写入数据区域并进行锁定。将显示以下消息：
  - **Writing Data Zone**（正在写入数据区域）
  - **Data Zone Write Complete**（数据区域写入完成）
  - **Locking Data Zone**（正在锁定数据区域）
  - **Data Zone Lock Complete**（数据区域锁定完成）
  - ****Host board Configuration Done****（****主机板配置完成****）
- 如果插件板已配置完成，应用程序将显示以下消息：ATCA already configured.（ATCA 已配置完成。）
- 主机配置完成后，显示画面会显示以下消息，提示用户采取进一步操作：在 Mikro 总线接口 2 中插入远程 Secure Click 板，然后按 S1。
- 插入 Secure click 板后，应用程序进入配置写入模式，将打印现有或默认配置
  注： 现有或默认配置可能与下图中显示的不同。

图 4-7. 写入配置

```
--Writing Configuration--

0xc0, 0x00, 0x55, 0x00, 0x8f, 0x8f, 0x8f, 0x8f,
0x8f, 0x8f, 0x8f, 0x42, 0x8f, 0x0f, 0xc2, 0x8f,
0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f,
0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f, 0x0f,
0x0f, 0x0f, 0x9f, 0x8f, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xff, 0xff, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x1e, 0x00, 0x1e, 0x00, 0x1e, 0x00, 0x1c, 0x00,
0x13, 0x00, 0x5c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00,
0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00,
0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00, 0x1c, 0x00,
```

- 如果插件板是全新的 Secure click 板，则应用程序会将新配置写入配置区并进行锁定。将显示以下消息：
  - **Configuration Write Complete**（配置写入完成）

    - **Locking Configuration Zone**（正在锁定配置区域）
    - **Configuration Zone Lock Complete**（配置区域锁定完成）
  - 之后会将数据槽的内容和新密钥等新数据写入数据区域并进行锁定。将显示以下消息：
    - **Writing Data Zone**（正在写入数据区域）
    - **Data Zone Write Complete**（数据区域写入完成）
    - **Locking Data Zone**（正在锁定数据区域）
    - **Data Zone Lock Complete**（数据区域锁定完成）
    - ****Remote board Configuration Done****（****远程设备板配置完成****）
  - 如果插件板已配置完成，应用程序将显示以下消息：ATCA already configured.（ATCA 已配置完成。）
  - 应用程序通过以下消息为用户提供了返回主菜单的选项：按下任意键后再按下“回车”键可返回 Options（选项）菜单。

11. **选择选项 2——身份验证模式**
  - 成功案例：
    - 默认情况下，应用程序成功执行远程 Secure click 板的身份验证（插入 J10）。成功的身份验证将通过电路板上的绿色 LED（LED2）来指示

      图 4-8. 成功的身份验证模式

```
------In Authentication Mode------
Serial Number of host
0x01, 0x23, 0xa3, 0x7c, 0x03, 0xca, 0x50, 0xc6,
0xee,

Serial Number of remote
0x01, 0x23, 0xa5, 0xca, 0xac, 0x33, 0xae, 0x0d,
0xee,

Random from host
0x3e, 0x26, 0xca, 0x76, 0x6d, 0x16, 0x90, 0xa3,
0xfe, 0x5a, 0x36, 0x8f, 0x69, 0xd2, 0xb1, 0x28,
0x13, 0x0d, 0x8e, 0x6d, 0xb9, 0x0d, 0x7e, 0x7c,
0xed, 0x75, 0x86, 0x32, 0xf5, 0x10, 0xf5, 0x8f,

MAC from remote
0x4e, 0x2c, 0xea, 0xdd, 0x5f, 0xc3, 0x51, 0xbf,
0x5c, 0x7e, 0xf1, 0xca, 0x21, 0x28, 0x0a, 0xf0,
0x9b, 0x94, 0x2f, 0x9b, 0x4d, 0xce, 0x53, 0xfd,
0xde, 0x2f, 0xce, 0x2e, 0xec, 0x29, 0x9e, 0xff,

Authentication Successful!
```

    - 远程 Secure click 板成功验证，因为它与主机共享密钥。

      注： 在配置模式下，主机和设备（ATECC508A）都使用四个相同的密钥进行编程。请参见 `ecc508a_atca_configure.c` 中的 `ECC508A_ATCA_CONFIGURE_WriteData` 函数。
    - 在函数 `_ECC508A_CRYPTO_SYMMETRIC_APP_Handle_Authentication` 的实现中，针对槽 0 计算并验证 MAC，其对应于用于计算远程设备上 MAC 的密钥 0。相同的密钥 0 用于验证主机设备上的 MAC。由于密钥相同，因此主机上的 MAC 身份验证成功。

      图 4-9. MAC 验证

```
status = atcab_checkmac(mode, slot, (const uint8_t*)&nonce,
                        (const uint8_t*)&mac, (const uint8_t*)&otherdata);
```

  - 失败案例：

- 要测试身份验证失败案例，请取消注释或注释文件 `ecc508a_crypto_symmetric_app.c` 中函数 `_ECC508A_CRYPTO_SYMMETRIC_APP_Handle_Authentication` 的以下代码行。

图 4-10. 失败案例

```
/* CheckMac API Call for Testing Authentication Fail Case. Uncomment and build
 * the below code to verify the Authentication Fail case. */
slot = 1; // Using a different slot
status = atcab_checkmac(mode, slot, (const uint8_t*)&nonce,
                        (const uint8_t*)&mac, (const uint8_t*)&otherdata);


/* CheckMac API Call for Testing Authentication Pass Case. To test fail case
 * comment the below atcab_checkmac API call and uncomment the above one */
//status = atcab_checkmac(mode, slot, (const uint8_t*)&nonce,
//                        (const uint8_t*)&mac, (const uint8_t*)&otherdata);
```

- 编译并编程代码。重复用户操作，选择*身份验证模式*。应用程序将无法验证远程 Secure click 板（插入 J10）。这通过电路板上的红色 LED（LED1）来指示。

图 4-11. 身份验证模式失败

```
------In Authentication Mode------
Serial Number of host
0x01, 0x23, 0xa3, 0x7c, 0x03, 0xca, 0x50, 0xc6,
0xee,

Serial Number of remote
0x01, 0x23, 0xa5, 0xca, 0xac, 0x33, 0xae, 0x0d,
0xee,

Random from host
0x8e, 0xd5, 0xe8, 0x9a, 0x80, 0xf6, 0xe9, 0x80,
0x8d, 0xbb, 0x24, 0xca, 0x99, 0xd5, 0x89, 0x34,
0xa2, 0x23, 0xdc, 0x45, 0x02, 0xcb, 0x57, 0x0d,
0xd1, 0x7e, 0x77, 0x65, 0xc8, 0x7c, 0xc1, 0x24,

MAC from remote
0xfd, 0x05, 0x30, 0x3e, 0xe2, 0xdf, 0x5a, 0xbb,
0x5f, 0xab, 0x2b, 0x35, 0xfe, 0x88, 0x27, 0x97,
0x21, 0x73, 0x1b, 0xa0, 0xdd, 0x50, 0x9a, 0xc0,
0xab, 0xdd, 0x3d, 0xac, 0x0f, 0x92, 0xa1, 0x86,

Authentication Failure!
```

- 远程 Secure click 板无法验证，因为远程设备用于计算 MAC 的密钥和主机用于验证远程设备的 MAC 的密钥不同。远程设备使用密钥 0 来计算 MAC，而主机使用密钥 1 来验证计算的 MAC。由于密钥不同，因此 MAC 身份验证失败，这表示主机和远程不共享密钥。
- 然后，应用程序提供以下消息来返回主菜单：按下任意键后再按下“回车”键可返回 Option 菜单。

Microchip 网站

Microchip 网站 http://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。只要使用常用的互联网浏览器即可访问，网站提供以下信息：

- **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（FAQ）、技术支持请求、在线讨论组以及 Microchip 顾问计划成员名单
- **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

变更通知客户服务

Microchip 的变更通知客户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，请登录 Microchip 网站 http://www.microchip.com/。在“支持”（Support）下，点击“变更通知客户”（Customer Change Notification）服务后按照注册说明完成注册。

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（FAE）
- 技术支持

客户应联系其代理商、代表或应用工程师（FAE）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。

也可通过以下网站获得技术支持： http://www.microchip.com/support

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

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 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，包括但不限于针对其使用情况、质量、性能、适销性或特定用途的适用性的声明或担保。Microchip 对因这些信息及使用这些信息而引起的后果不承担任何责任。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伤害、索赔、诉讼或费用时，会维护和保障 Microchip 免于承担法律责任，并加以赔偿。除非另外声明，否则在 Microchip 知识产权保护下，不得暗中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、AnyRate、AVR、AVR 徽标、AVR Freaks、BitCloud、chipKIT、chipKIT 徽标、CryptoMemory、CryptoRF、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、Kleer、LANCheck、LINK MD、maXStylus、maXTouch、MediaLB、megaAVR、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、picoPower、PICSTART、PIC32 徽标、Prochip Designer、QTouch、SAM-BA、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash、tinyAVR、UNI/O 和 XMEGA 是 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、EtherSynch、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 Quiet-Wire 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、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、motorBench、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 为 Microchip Technology Incorporated 在美国和其他国家或地区的商标。

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

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc.在除美国外的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。

© 2018, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN： 978-1-5224-3516-7

DNV 认证的质量管理体系

ISO/TS 16949

Microchip 位于美国亚利桑那州 Chandler 和 Tempe 与位于俄勒冈州 Gresham 的全球总部、设计和晶圆生产厂及位于美国加利福尼亚州和印度的设计中心均通过了 ISO/TS-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 和 dsPIC® DSC、KEELOQ®跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器及模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。此外，Microchip 在开发系统的设计和生产方面的质量体系也已通过了 ISO 9001:2000 认证。

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：1-480-792-7200 传真：1-480-792-7277 技术支持： http://www.microchip.com/support 网址： www.microchip.com **亚特兰大** 德卢斯，乔治亚州 电话：1-678-957-9614 传真：1-678-957-1455 **奥斯汀，德克萨斯州** 电话：1-512-257-3370 **波士顿** 韦斯特伯鲁，马萨诸塞州 电话：1-774-760-0087 传真：1-774-760-0088 **芝加哥** 艾塔斯卡，伊利诺伊州 电话：1-630-285-0071 传真：1-630-285-0075 **达拉斯** 艾迪生，德克萨斯州 电话：1-972-818-7423 传真：1-972-818-2924 **底特律** 诺维，密歇根州 电话：1-248-848-4000 **休斯敦，德克萨斯州** 电话：1-281-894-5983 **印第安纳波利斯** 诺布尔斯维尔，印第安纳州 电话：1-317-773-8323 传真：1-317-773-5453 电话：1-317-536-2380 **洛杉矶** 米申维耶霍，加利福尼亚州 电话：1-949-462-9523 传真：1-949-462-9608 电话：1-951-273-7800 **罗利，北卡罗来纳州** 电话：1-919-844-7510 **纽约，纽约州** 电话：1-631-435-6000 **圣何塞，加利福尼亚州** 电话：1-408-735-9110 电话：1-408-436-4270 **加拿大 - 多伦多** 电话：1-905-695-1980 传真：1-905-695-2078	**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 - 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 - 香港特别行政区** 电话：852-2943-5100 **中国 - 珠海** 电话：86-756-3210040 **台湾地区 - 高雄** 电话：886-7-213-7830 **台湾地区 - 台北** 电话：886-2-2508-8600 **台湾地区 - 新竹** 电话：886-3-577-8366	**澳大利亚 - 悉尼** 电话：61-2-9868-6733 **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 **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：45-4450-2828 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：49-7131-67-3636 **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 - 赖阿南纳** 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：47-7288-4388 **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