
使用 Atmel-ICE 进行 AVR®单片机量产编程

简介

对于量产编程，建议使用专用的生产编程器；这些编程器设计为在生产环境中运行，具有专用于量产的软件。应用笔记“[AT06015: Production Programming of Microchip AVR® and SAM microcontrollers](#)”列出了用于 Microchip AVR 和 SAM 单片机的第三方生产编程工具。

Atmel-ICE 是一款强大的开发工具，可用于对 AVR 单片机和基于 Arm® Cortex®-M 的 SAM 单片机进行调试和编程。虽然 Atmel-ICE 并非设计用于生产编程，但某些用户仍会选择用它进行小规模的生产编程，原因就是它的价位较低，并且从产品开发阶段就已为人熟知。为了帮助用户加快生产编程工具的开发速度，此应用笔记详细介绍了 Atmel-ICE 设置、驱动程序安装、Atmel-Studio 命令行实用程序（atprogram.exe）用户指南以及采用 C#语言编写的 PC 编程工具项目。Visual C#示例项目可以随此应用笔记一起下载，并在 ATmega328PB Xplained Mini 工具包上运行。

特性

- Atmel-ICE 简介
- “atprogram”实用程序用户指南
- 量产编程工具开发示例

目录

简介.....	1
特性.....	1
1. Atmel-ICE 简介.....	3
1.1. Atmel-ICE 特性.....	3
1.2. Atmel-ICE 系统要求.....	3
1.3. Atmel-ICE 工具包内容.....	3
1.4. 装配 Atmel-ICE.....	4
1.5. 连接到主机计算机和 USB 驱动程序安装.....	6
1.6. Atmel Studio 中的软件集成.....	6
2. atprogram 实用程序用户指南.....	7
2.1. atprogram 应用程序用法.....	7
2.2. chiperase 命令用法.....	8
2.3. 编程命令用法.....	8
2.4. 存储器写入命令用法.....	9
3. 编程软件示例.....	10
3.1. 前提条件.....	10
3.2. 特性.....	10
3.3. 用户指南.....	11
3.4. 源代码概述.....	14
4. 参考资料.....	16
5. 版本历史.....	17
Microchip 网站.....	18
变更通知客户服务.....	18
客户支持.....	18
Microchip 器件代码保护功能.....	18
法律声明.....	18
商标.....	19
质量管理体系.....	19
全球销售及服务网点.....	20

1. Atmel-ICE 简介

Atmel-ICE 是一款强大的开发和编程工具，适用于基于 Arm Cortex-M 的 SAM 单片机和 AVR 单片机。它支持：

- 对支持 TPI 接口的所有 tinyAVR® 8 位单片机进行编程
- 通过 JTAG 和 PDI 2 线接口对所有 AVR XMEGA® 系列器件进行编程和片上调试
- 通过 JTAG 和 aWire 接口对所有 AVR UC3 单片机进行编程和片上调试
- 通过 JTAG 和 debugWIRE 接口对所有 AVR 8 位单片机进行编程（JTAG 和 SPI）和调试
- 通过 SWD 和 JTAG 接口对所有基于 Arm Cortex-M 的 SAM 单片机进行编程和调试

1.1 Atmel-ICE 特性

- 与 Atmel Studio 完全兼容
- 支持对所有 AVR UC3 32 位单片机进行编程和调试
- 支持对所有 AVR XMEGA 8 位器件进行编程和调试
- 支持对所有带 OCD 的 megaAVR® 和 tinyAVR 8 位器件进行编程和调试
- 支持对基于 Arm Cortex-M 的所有 SAM 单片机进行编程和调试
- 目标工作电压范围是 1.62V 到 5.5V
- 使用 debugWIRE 接口时，从目标 VTref 汲取的电流低于 3 mA，所有其他接口汲取的电流低于 1 mA
- 支持从 32 kHz 到 7.5 MHz 的 JTAG 时钟频率
- 支持从 32 kHz 到 7.5 MHz 的 PDI 时钟频率
- 支持从 4 kb/s 到 0.5 Mb/s 的 debugWIRE 波特率
- 支持从 7.5 kb/s 到 7 Mb/s 的 aWire 波特率
- 支持从 8 kHz 到 5 MHz 的 SPI 时钟频率
- 支持从 32 kHz 到 10 MHz 的 SWD 时钟频率
- USB 2.0 高速主机接口
- ITM 串行跟踪捕捉最高 3 MB/s
- 不调试或编程时支持 DGI SPI 和 USART 接口
- AVR 和 Cortex 引脚分配均支持 50 mil 的 10 引脚 JTAG 连接器。标准主机电缆支持 100 mil 的 AVR 6 引脚 ISP/PDI/TPI 连接器以及 50 mil 的 10 引脚连接器。提供的适配器支持 50 mil 的 6 引脚、100 mil 的 10 引脚和 100 mil 的 20 引脚连接器。提供了多种工具包选择，分别包含不同的电缆和适配器。

1.2 Atmel-ICE 系统要求

Atmel-ICE 设备要求在计算机上安装前端调试环境 Atmel Studio 版本 6.2 或更高版本，并且需使用提供的 USB 电缆或经认证的 Micro-USB 电缆连接到主机计算机。

1.3 Atmel-ICE 工具包内容

Atmel-ICE 完整工具包包含下列项（如下图所示）：

- 一个 Atmel-ICE 设备
- 一根 USB 电缆（1.8m 高速 Micro-B）
- 一块适配器板，其中包含 50 mil AVR、100 mil AVR/SAM 和 100 mil 的 20 引脚 SAM 适配器
- 一根带 50 mil 的 10 引脚连接器和 100 mil 的 6 引脚连接器的 IDC 扁平电缆
- 一根 50 mil 的 10 引脚微型八爪鱼电缆，带 10 x 100 mil 插头

图 1-1. Atmel-ICE 完整工具包内容



1.4 装配 Atmel-ICE

完整工具包中提供了两种电缆，用来将 Atmel-ICE 工具包连接到 AVR 或 SAM 芯片编程接口引脚，如下图所示：

- 一根 50 mil 的 10 引脚 IDC 扁平电缆，带 6 引脚 ISP 和 10 引脚连接器
- 一根 50 mil 的 10 引脚微型八爪鱼电缆，带 10 x 100 mil 插头

图 1-2. Atmel-ICE 电缆



对于大部分用途，都可以使用 50 mil 的 10 引脚 IDC 扁平电缆，将目标板直接连接到它的 10 引脚或 6 引脚连接器，或者通过适配器板连接到目标板，如下图所示。一个小 PCBA 上提供了三个适配器。包括下列适配器：

- 一个 100 mil 的 10 引脚 JTAG/SWD 适配器
- 一个 100 mil 的 20 引脚 SAM JTAG/SWD 适配器
- 一个 50 mil 的 6 引脚 SPI/debugWIRE/PDI/aWire 适配器

图 1-3. Atmel-ICE 适配器



要将 Atmel-ICE 装配为默认配置，请将 50 mil 的 10 引脚 IDC 电缆连接到编程器，如下图所示。请务必调整电缆方向，使电缆上的红线（引脚 1）对准外壳蓝条上的三角形标志。连接到设备时电缆要朝上。请务必连接到与目标器件（AVR 或 SAM）引脚分配对应的端口。

图 1-4. Atmel-ICE AVR 主机连接



图 1-5. Atmel-ICE SAM 主机连接



1.5 连接到主机计算机和 USB 驱动程序安装

Atmel-ICE 主要使用标准 HID 接口进行通信，不需要在主机计算机上安装特殊驱动程序。要使用 Atmel-ICE 的高级数据网关功能，请务必在主机计算机上安装 USB 驱动程序。这将在安装由 Microchip 免费提供的前端软件时自动完成。有关详细信息，或者若要下载最新的前端软件，请访问 <http://www.microchip.com/>。

必须使用提供的 USB 电缆或经认证的合适 Micro-USB 电缆将 Atmel-ICE 连接到主机计算机上的可用 USB 端口。Atmel-ICE 包含符合 USB 2.0 规范的控制器，可以在全速和高速这两种模式下运行。为了达到最佳结果，请使用提供的电缆将 Atmel-ICE 直接连接到主机计算机上符合 USB 2.0 规范的高速集线器。

Atmel-ICE 由 USB 总线电压供电。它运行时需要的电流小于 100 mA，因此可以由 USB 集线器供电。插上该设备后，电源 LED 指示灯将点亮。如果设备在活动编程或调试会话中未连接，它将进入低功耗模式，以节省计算机的电池电量。Atmel-ICE 不会掉电，不使用时应拔出。

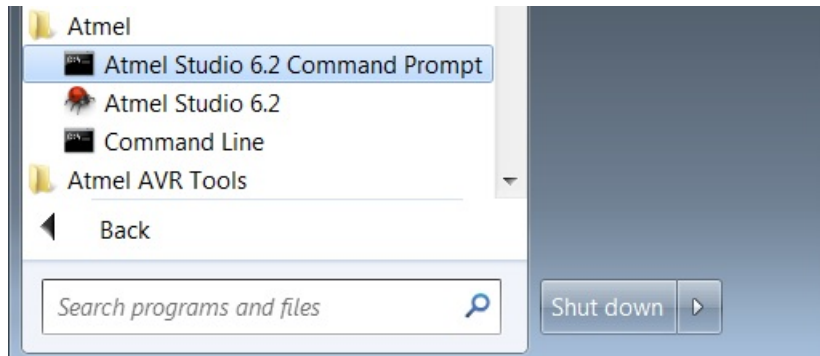
1.6 Atmel Studio 中的软件集成

Atmel Studio 是一个集成开发环境 (IDE)，可以在 Windows® 环境中使用选择的 JTAG、aWire、SPI、PDI、TPI 和 SWD 接口对 AVR 与 SAM 应用程序进行编程和调试。

要使用 Atmel-ICE 编程 AVR 或 SAM 器件，请使用 Atmel Studio IDE 中集成的“Device programming”（器件编程）选项，或者使用 Atmel Studio 提供的名为 atprogram 的命令行实用程序。在安装 Atmel Studio 期间，在“开始”菜单的 Atmel 文件夹中创建了一个名为 Atmel Studio 7.0（版本号取决于安装的特定 Atmel Studio 版本）Command Prompt 的快捷方式。双击此快捷方式，将打开一个命令提示符，您可以在其中输入编程命令。该命令行实用程序安装在 Atmel Studio 安装路径下（Atmel/Atmel Studio 7.0/atbackend 文件夹中）。

2. atprogram 实用程序用户指南

在安装 Atmel Studio 期间，将在“开始”菜单上的 Atmel 文件夹中创建一个名为 Atmel Studio xx（xx 是 Atmel Studio 版本号）Command Prompt 的快捷方式，如下图所示。用户可以通过单击该快捷方式直接运行 `atprogram.exe`，或者从其他应用程序调用 `atprogram`，以便执行器件编程功能。遗憾的是，我们没有独立的“`atprogram.exe`”安装程序，因此用户在使用它之前必须先安装 Atmel Studio。



`atprogram.exe` 可用来执行以下操作：

- 将 `.bin`、`.hex` 或 `.elf` 文件编程到器件
- 校验编程是否正确
- 读取、写入和擦除器件存储器
- 对熔丝、锁定位、安全位、用户页和用户签名进行编程
- 将生产文件编程到器件
- 列出连接的所有工具
- 设置接口和接口时钟速度

在后面的部分中，将会介绍 `atprogram` 实用程序的命令用法，包括芯片擦除、映像文件编程和熔丝锁定位设置。要了解有关 `atprogram` 实用程序的详细信息，请键入命令：`atprogram --help`。

2.1 atprogram 应用程序用法

有关 `atprogram` 应用程序的用法，请参见以下说明：

用法： `atprogram [选项] <命令> [参数] [<命令> [参数] ...]`

选项：

- `-t --tool <arg>`：工具名称：Atmel-ICE、AVR Dragon、AVR ISP mkII、AVR ONE、JTAG ICE3、JTAG ICE mkII、QT600、STK500、STK600、SAM-ICE™、EDBG、MEDBG、Power Debugger、Mega DFU 或 FLIP。
- `-s --serialnumber <arg>`：编程器/调试器序列号。连接了多个调试器时必须指定。
- `-i --interface <arg>`：物理接口：aWire、DebugWIRE、HVPP、HVSP、ISP、JTAG、PDI、UPDI、TPI 或 SWD。
- `-d --device <arg>`：器件名称。例如：ATxmega128A1 或 AT32UC3A0256。
- `-l --logfile <arg>`：用于 `atpbackend` 输出的日志文件。
- `-f --force`：即使固件不是最新，也强制执行命令。
- `-cl --clock <arg>`：与器件通信的频率（Hz、kHz 或 MHz，默认为 Hz）。例如 `-cl 10 MHz`。
- `-mb --max-baudrate <arg>`：通过 aWire 进行通信的最大波特率（bps）。
- `-xr --external reset`：启动会话时应用外部复位。
- `-tv --target-voltage <arg>`：设置 STK600、STK500 或功耗调试器目标电压（浮点值）。
- `-a0 --aref0 <arg>`：设置 STK600 AREF0 或 STK500 AREF 发生器电压（浮点值）。
- `-a1 --aref1 <arg>`：设置 STK600 Aref1 发生器电压（浮点值）。

- `-cg --clock-generator <arg>`: 设置 STK600 或 STK500 时钟发生器频率 (Hz、kHz 或 MHz, 默认为 Hz); `--timeout <arg>`: 设置命令的超时值, 以秒为单位。默认值为 180 秒。设置为 0 表示无超时。
- `-? --help`: 显示帮助信息。
- `-V --version`: 显示版本信息。

命令:

- `calibrate`: 执行振荡器校准过程。
- `chiperase`: 整片擦除。
- `dwdisable`: 禁用 DebugWIRE 接口。
- `erase`: 擦除指定存储器。
- `help`: 显示特定命令的帮助。
- `info`: 显示关于器件的信息。
- `program`: 使用 `<file>` 中的数据对器件编程。
- `read`: 读取器件上的存储器内容。
- `reset`: 复位所有域并跳转到复位向量。
- `secure`: 在 UC3 和 ARM 器件上设置安全位。
- `selftest`: 对 Atmel-ICE 执行自检过程。
- `verify`: 基于文件校验存储器内容。
- `write`: 将在命令行上输入的值写入到存储器。

参数或更多命令特定的帮助:

- 使用 `atprogram help <命令>` 获取更多命令用法信息。

示例:

- `atprogram -t atmelice -i ISP -d ATmega328PB program -f file.elf`
使用 Atmel-ICE 工具和 ISP 接口将 `file.elf` 映像编程到 ATmega328PB 闪存。
- `atprogram -t atmelice -i ISP -d ATmega328PB chiperase`
使用 Atmel-ICE 工具和 ISP 接口整片擦除 ATmega328PB 芯片。

2.2 chiperase 命令用法

用法: `atprogram [选项] chiperase`。

信息: 整片擦除。

注: 不同器件架构上会有不同的行为; 有关详情, 请参见所用器件架构对应的数据手册。

选项: 不带参数执行 `atprogram` 可列出可用选项。

示例:

- `atprogram -t samice -i jtag -d atsam3s4c chiperase`
对 ATSAM3S4C 执行 `chiperase`。
- `atprogram -t atmelice -i ISP -d atmega328pb chiperase`
对 ATmega328PB 执行 `chiperase`。

2.3 编程命令用法

用法: `atprogram [选项] program <参数>`

选项: 不带参数执行 `atprogram` 可列出可用选项。

参数:

`-fl --flash`: 对闪存地址空间进行编程。仅限 `tinyAVR`、`megaAVR` 和 `AVR XMEGA`。

`-ee --eeprom`: 对 EEPROM 地址空间进行编程。

- us --usersignature: 对用户签名进行编程。
- up --userpage: 对用户页进行编程。
- fs --fuses: 对熔丝进行编程。
- lb --lockbits: 对锁定位进行编程。
- f --file (文件): 要编程的文件。Intel® .hex、.elf 或二进制文件。
- o --offset (偏移): 输入文件内容将写入到此偏移位置。默认偏移为 0。仅适用于二进制文件格式。
- format (格式): 指定文件格式。支持的输入格式为 elf、hex 和 bin。
- c --chiperase: 在编程之前执行整片擦除。
- e --erase: 在编程之前仅擦除受影响的页。仅限 AVR UC3 和 AVR XMEGA。SAM 器件将始终执行此操作。
- verify: 在编程后校验存储器。

示例:

- atprogram -t atmelice -i jtag -d atmega2560 program -c -fl -f source.elf
执行整片擦除，并且仅对映射到闪存的 source.elf 的段进行编程。
- atprogram -t atmelice -i ISP -d atmega328pb program -f d:\GCCBoard1.hex --verify
将固件映像文件 d:\GCCBoard1.hex 编程到 ATmega328PB 芯片中并在编程后进行校验。

2.4 存储器写入命令用法

用法: atprogram [选项] write <参数>。

信息: 将在命令行上输入的值写入到存储器中。提供的值将写入到所有所选地址空间。必须至少提供一个地址空间。

选项: 在没有参数的情况下执行 atprogram 以列出可用选项。

参数: -fl --flash: 写入到闪存。仅限 tinyAVR、megaAVR 和 AVR XMEGA。

-ee --eeprom: 写入到 EEPROM。仅限 tinyAVR、megaAVR 和 AVR XMEGA。

-us --usersignature: 写入到用户签名。

-fs --fuses: 写入到熔丝。

-lb --lockbits: 写入到锁定位。

--values (值): 要写入的十六进制编码值，例如: 0102040A0F。

-o --offset (偏移): 从该偏移位置写入值。

-v --verify: 在写入后校验存储器内容。

示例:

- atprogram -t atmelice -i ISP -d atmega328pb write -lb --values c0
将值 0xc0 写入到 ATmega328PB 芯片熔丝锁定位。

3. 编程软件示例

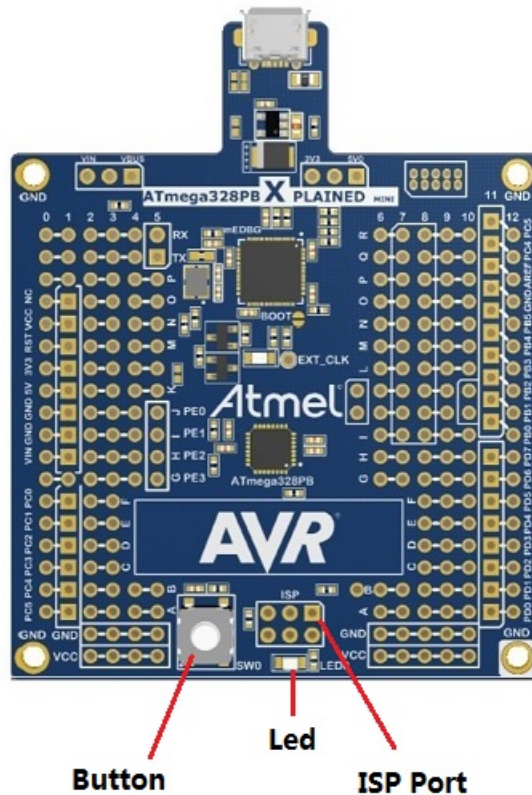
此应用笔记随附一个.zip 文件，其中包含一个 C# 示例项目，以说明如何基于 Atmel Studio 命令行实用程序“atprogram”开发编程软件。示例项目源代码可以随此应用笔记一起下载，并在 ATmega328PB Xplained Mini 工具包上运行。

3.1 前提条件

本文中讨论的编程工具示例要求如下：

- Atmel Studio 7.0 或更高版本
- 从 [Microchip 网站](#) 下载的示例 AVR_massproduction_programming_tool_with_atmelice.zip 文件
- .Net Framework 4（可从 Microsoft® 网站下载）
- Microsoft Visual C# 2010 Express 或更高版本
- 一套 Atmel-ICE 完整工具包
- 一套 ATmega328PB Xplained Mini 工具包，如下图所示

图 3-1. ATmega328PB Xplained Mini 工具包



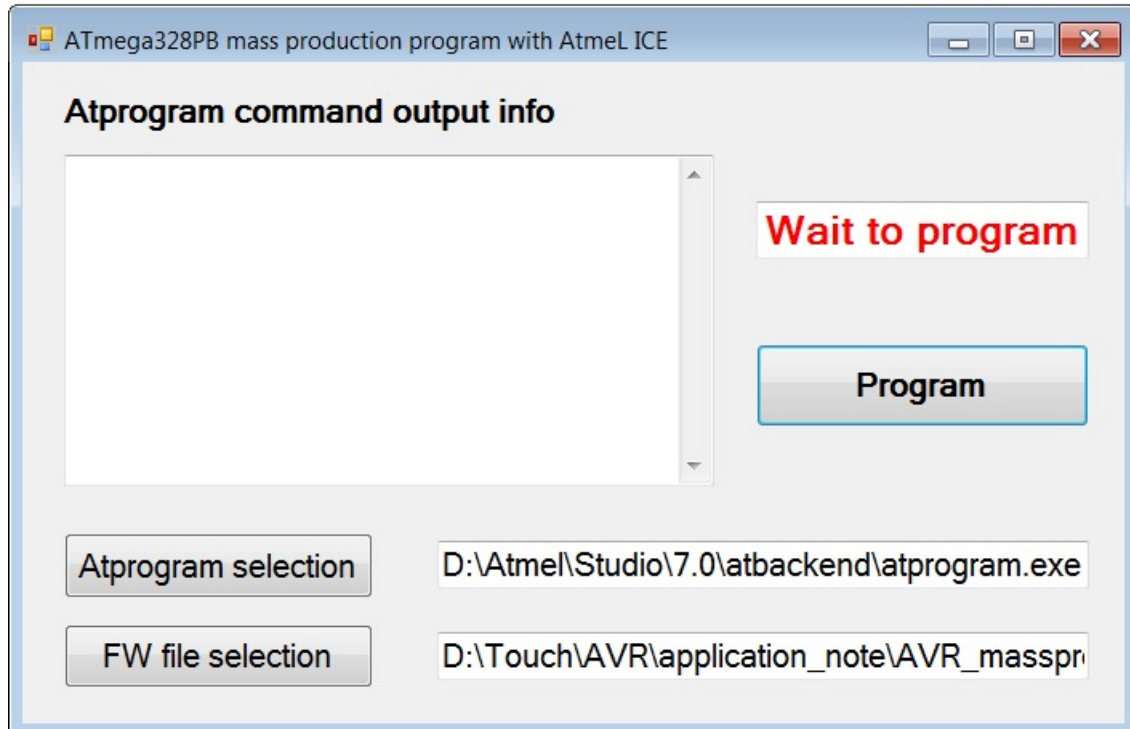
3.2 特性

- 单击一次按钮以启动 chiperase。然后，将对固件映像进行编程和校验，并将自动写入熔丝锁定位。
- 输出编程结果信息 - 通过或失败
- 实时显示编程输出信息
- 映像和 atprogram.exe 文件路径选择

3.3 用户指南

本应用笔记提供了 ATmega328PB 生产编程软件工具示例，如下图所示。当用户单击编程工具 GUI 窗口中的“Program”（编程）按钮时，它将执行器件编程并在编程操作完成后输出 *Success*（成功）或 *Fail*（失败）信息。编程成功后，当用户按 ATmega328PB Xplained Mini 工具包的 SW0 按钮时，LED0 将点亮；松开 SW0 按钮时，LED0 将熄灭。

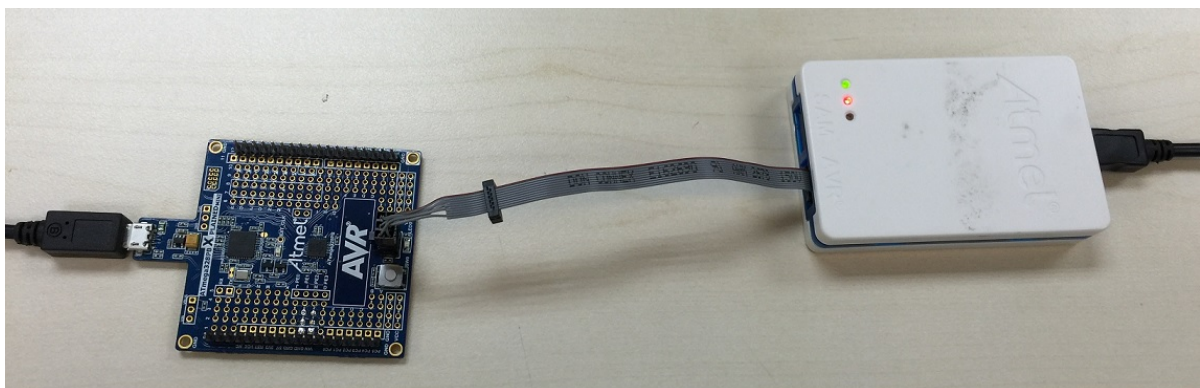
图 3-2. 使用 Atmel-ICE 的 ATmega328PB 量产编程工具



下面列出了有关如何使用此工具的详细步骤：

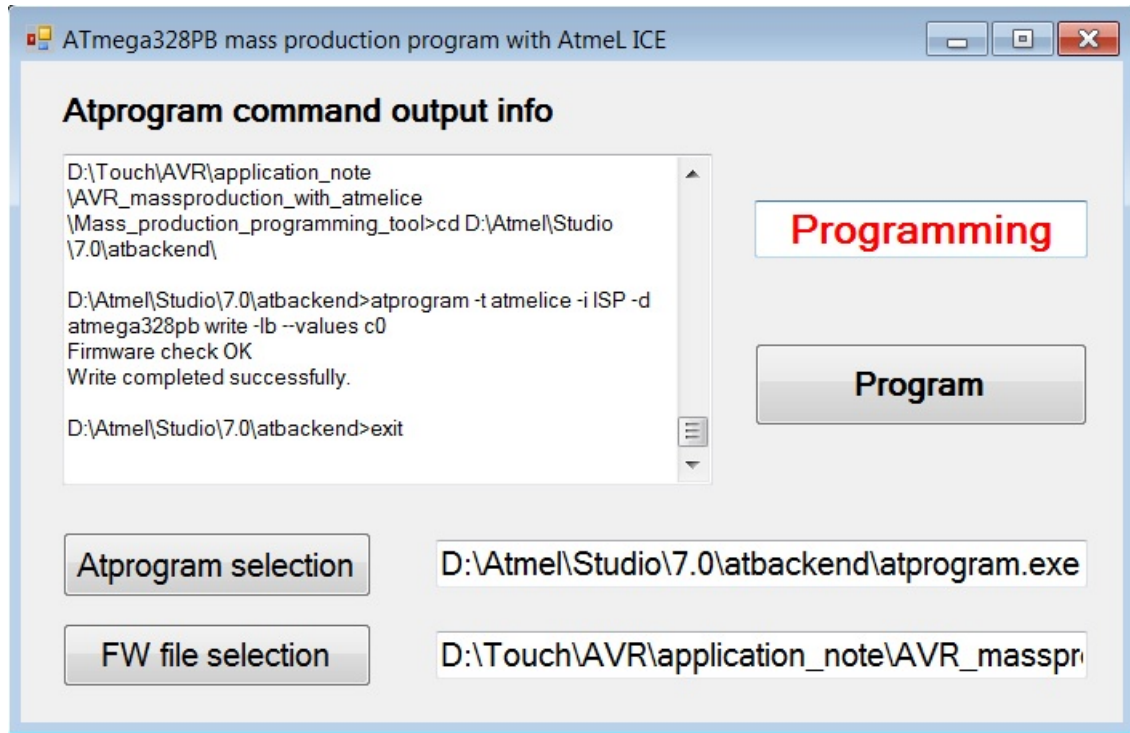
- 步骤 1：从 [Microchip 网站](#) 下载 AVR_massproduction_programming_tool_with_atmelice.zip 文件并将其解压缩。解压缩后，它将有二个文件夹：一个是 Mass_production_programming_tool，另一个是 atprogram_example_application_project。在 mass_production_programming_tool 目录中，您可找到工具应用程序和示例固件映像文件 Button_led.hex，它们可以在 ATmega328PB Xplained Mini 工具包上运行。atprogram_example_application_project 目录包含使用 Visual C# 2010 Express 开发的源代码项目。
- 步骤 2：使用 100 mil 的 6 引脚 IDC 扁平电缆，将 Atmel-ICE 工具包连接到 ATmega328PB Xplained Mini 工具包的 ISP 编程端口，如下图所示。

图 3-3. ATmega328PB Xplained Mini 工具包的 ISP 端口与 Atmel-ICE 的连接



- 步骤 3: 将 Atmel-ICE 工具包的 USB 电缆插入到 PC, 从 AVR_massproduction_programming_tool_with_Atmelice.zip 文件的解压缩目录启动 mass_production_programming \Atprogram_application_example.exe 应用程序。
- 步骤 4: 单击编程 GUI 窗口中的“**Atprogram selection**” (Atprogram 选择) 按钮, 并选择 Studio 命令行实用程序“atprogram.exe”文件路径。atprogram.exe 位于 Atmel Studio 安装目录\atbackend 中。
- 步骤 5: 单击编程 GUI 窗口中的“**FW file selection**” (FW 文件选择) 按钮, 并从 AVR_massprodction_programming_tool_with_Atmelice.zip 文件的解压缩目录中选择“Button_Led.hex”文件。
- 步骤 6: 单击“**Program**”按钮。编程状态文本框中将显示“**Programming**” (正在编程) 字符串, 如下图所示。

图 3-4. ATmega328PB 芯片正在编程状态显示



- 步骤 7: 编程完成后, 它将在编程状态文本框中显示“**Success**”字符串 (如 [ATmega328PB 芯片编程成功信息显示](#) 图中所示) 或“**Fail**”字符串 (如 [ATmega328PB 芯片编程失败信息显示](#) 图中所示)。如果器件编程失败, 用户必须首先检查 Atmel-ICE 与 ATmega328PB Xplained Mini 工具包的 ISP 编程连接器之间的连接; 其次, 用户必须检查 ATmega328PB 芯片是否处于 ISP 编程模式, 因为工具包编程模式可能会从默认 ISP 模式更改为 debugWire 模式。要选择 ATmega328PB 芯片编程模式, 请参见 [ATmega328PB Xplained Mini kit user guide](#)。

图 3-5. ATmega328PB 芯片编程成功信息显示

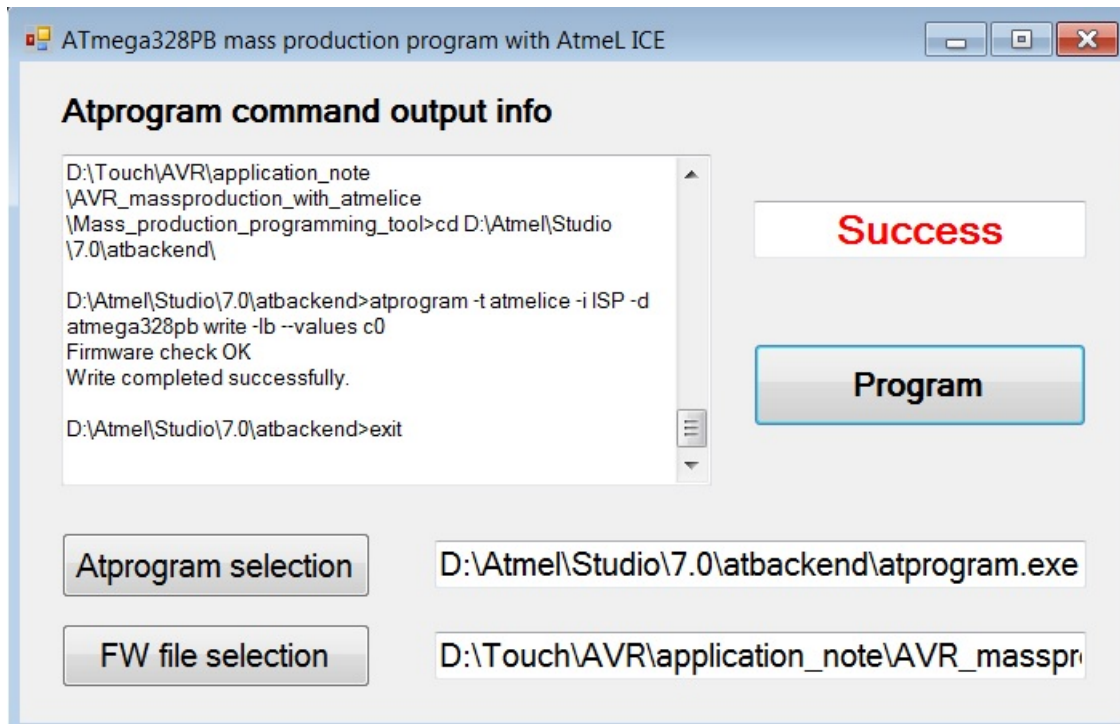
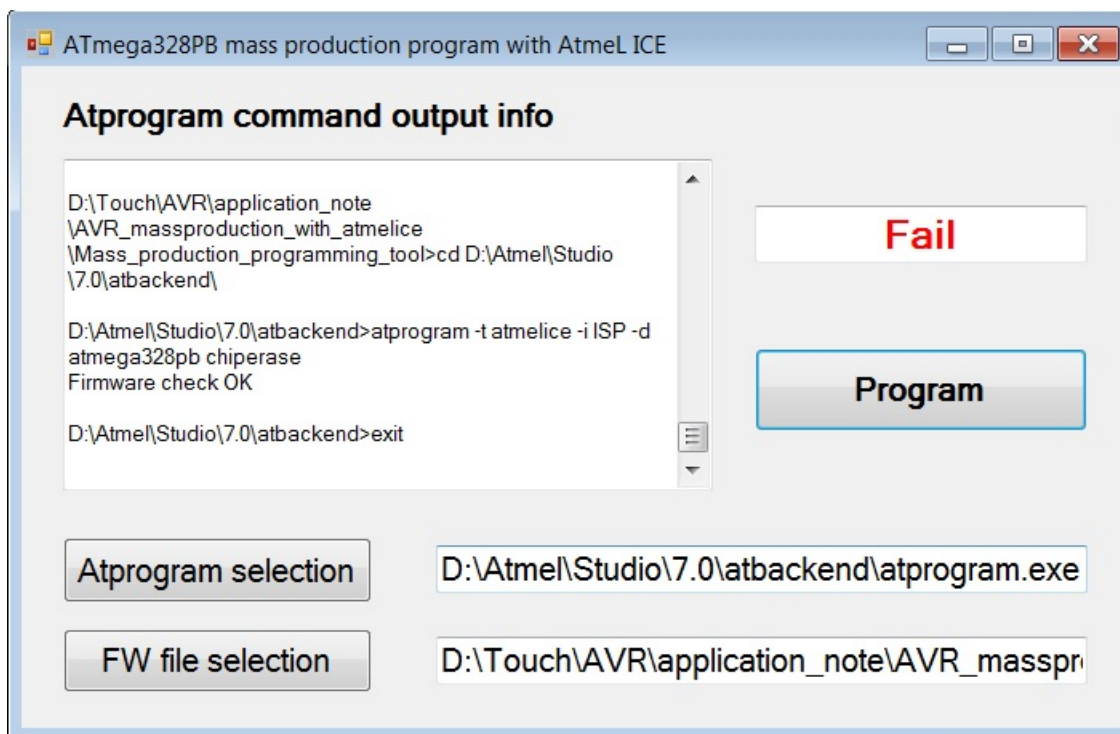


图 3-6. ATmega328PB 芯片编程失败信息显示



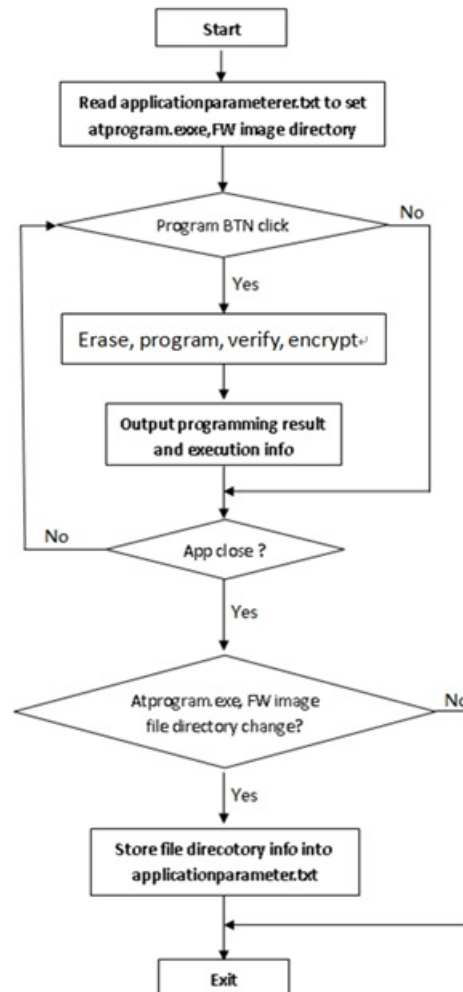
- 步骤 8: 校验示例固件映像 Button_led.hex 是否已成功编程到 ATmega328PB Xplained Mini 工具包中。成功编程后，按 SW0 机械按钮时，LED0 将点亮；松开 SW0 按钮时，LED0 将熄灭。

3.4 源代码概述

为了帮助用户更好地了解编程软件开发，本章介绍了示例软件流程、示例项目文件中的 `atprogram` 命令调用代码，以及用户如何修改代码以实现自己的编程工具。

3.4.1 示例软件流程

图 3-7. 示例编程工具软件流程



3.4.2 atprogram 命令调用代码

单击示例软件 GUI 中的“Program”按钮时，示例软件项目将执行 `Form1.cs` 文件中的 `program_Click` 函数。如下所示，在 `program_Click` 函数源代码部分中，有三个 `atprogram` 命令：`chiperase`、`program` 和 `write`。

```

private void program_Click(object sender, EventArgs e)
{
    StreamReader reader;
    .....

    // 整片擦除
    reader = RunProgram_atprogram("cmd.exe", "atprogram -t atmelice -i ISP -d atmega328pb
chiperase", textBox1.Text);
    .....
}
  
```

```
//将 textBox2 文本指定的固件映像文件编程到闪存并在编程后校验
reader = RunProgram_atprogram("cmd.exe", "atprogram -t atmelice -i ISP -d atmega328pb
program -f "+textBox2.Text+" --verify",textBox1.Text);
.....

//写入熔丝锁定位值 0xc0 (熔丝锁定位值需要查阅特定器件数据手册, 0xc0 仅适用于 ATmega328PB 器件)
reader = RunProgram_atprogram("cmd.exe", "atprogram -t atmelice -i ISP -d atmega328pb write -
lb --values c0 ", textBox1.Text);
.....

}
```

由于示例软件工具是针对使用 ISP 接口进行 ATmega328PB 器件编程开发的，因此用户必须根据自己的平台，相应地替换器件名称（ATmega328PB）和编程接口名称（ISP）。修改和重新编译项目后，将生成使用 Atmel-ICE 的定制量产编程工具。

4. 参考资料

- ATmega328PB datasheet (<http://www.microchip.com/wwwproducts/en/atmega328pb>)
- ATmega328PB Xplained Mini kit (<http://www.microchip.com/developmenttools/productdetails.aspx?partno=atmega328pb-xmini>)

5. 版本历史

文档版本	日期	备注
B	12/2017	更新了简介，以推荐除 Atmel-ICE 以外的专业生产编程器。
A	07/2017	初始文档版本。

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

提供本文档的中文版本仅为为了便于理解。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。

本出版物中所述的器件应用信息及其他类似内容仅为为您提供便利，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、Adaptec、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、OptoLyzzer、PackerTime、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 及 XMEGA 均为 Microchip Technology Inc. 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、PrecisionEdge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、WinPath 和 ZL 均为 Microchip Technology Inc. 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.、SQL、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 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 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。

© 2019, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-4785-6

质量管理体系

有关 Microchip 质量管理体系的更多信息，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. 钱德勒, 亚利桑那州 85224-6199 电话: 480-792-7200 传真: 480-792-7277 技术支持: http://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: 45-4450-2828 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: 49-7131-72400 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 米镇维荷, 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			