

---

---

## USART 单线模式

---

---

### 简介

作者：Eivind Berntsen 和 Amund Aune, Microchip Technology Inc.

1-Wire®协议有时也称为 Dallas 1-Wire 或简称为 one-wire，可能是最广为人知的单线半双工串行通信形式。但是，1-Wire 并不是单线半双工串行通信的惟一形式。

使用单根线进行通信有时可以降低产品的总成本，而使用多根线进行串行通信时往往不得不转为使用更高引脚数的器件。

在本文档中，术语 *1-Wire* 专指 1-Wire 协议。术语 *单线*指代任意形式的单线半双工通信，包括但不限于 Dallas 1-Wire 协议。

为了通过单线与通用同步/异步收发器（Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter, USART）通信，需要使用漏极开路或集电极开路电路。旧版 AVR®器件需要搭配使用外部元件和两个引脚才能实现这一目标。而新版 tinyAVR® 0 和 1 系列以及 megaAVR® 0 系列仅需使用一个引脚即可实现，无需任何外部元件。在更深入地介绍新旧解决方案之前，首先将提供一些关于半双工和漏极开路的背景信息。

### 专题

- 介绍半双工通信
- 介绍为何需要漏极开路
- 介绍旧版 tinyAVR®和 megaAVR®单线解决方案
- 介绍以下系列的全新解决方案：tinyAVR® 0 和 1 系列以及 megaAVR® 0 系列
- 关于以下系列的三个代码示例：tinyAVR® 0 和 1 系列以及 megaAVR® 0 系列

---

## 目录

---

简介.....	1
专题.....	1
1. 相关器件.....	3
1.1. tinyAVR 0 系列.....	3
1.2. tinyAVR 1 系列.....	3
1.3. megaAVR 0 系列.....	4
2. 背景信息.....	5
2.1. 单线半双工.....	5
2.2. 漏极开路.....	5
3. 旧版 megaAVR <sup>®</sup> 和 tinyAVR <sup>®</sup> 解决方案.....	7
3.1. USART 和硬件修改.....	7
3.2. 位拆裂.....	7
4. tinyAVR <sup>®</sup> 0 和 1 系列以及 megaAVR <sup>®</sup> 0 系列的全新解决方案.....	9
4.1. 实现.....	9
5. 协议.....	10
6. 结论.....	11
7. 从 Atmel   START 获取源代码.....	12
8. 版本历史.....	13
Microchip 网站.....	14
变更通知客户服务.....	14
客户支持.....	14
Microchip 器件代码保护功能.....	14
法律声明.....	14
商标.....	15
质量管理体系.....	15
全球销售及服务网点.....	16

## 1. 相关器件

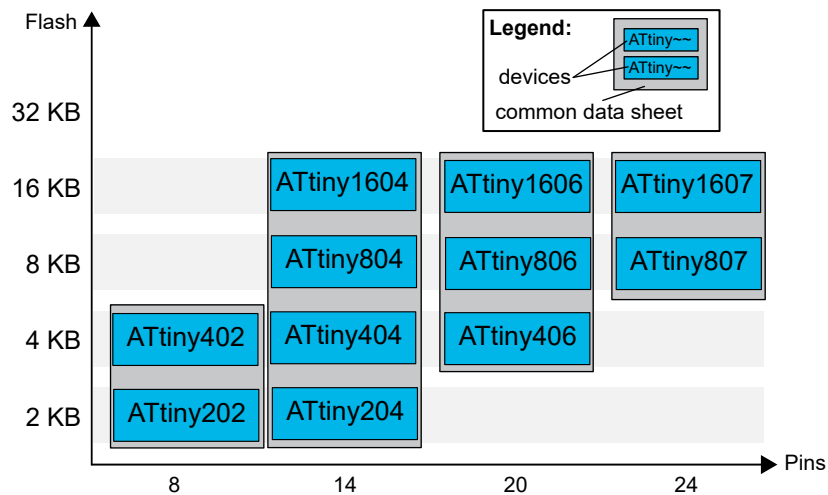
本章列出了文中涉及的相关器件。

### 1.1 tinyAVR 0 系列

下图所示为 tinyAVR 0 系列器件，注明了不同的引脚数与存储器大小：

- 在垂直方向上，无需修改代码即可实现移植，因为这些器件的引脚和功能完全兼容。
- 水平向左移植会减少引脚数，进而减少可用的功能。

图 1-1. tinyAVR® 0 系列概览



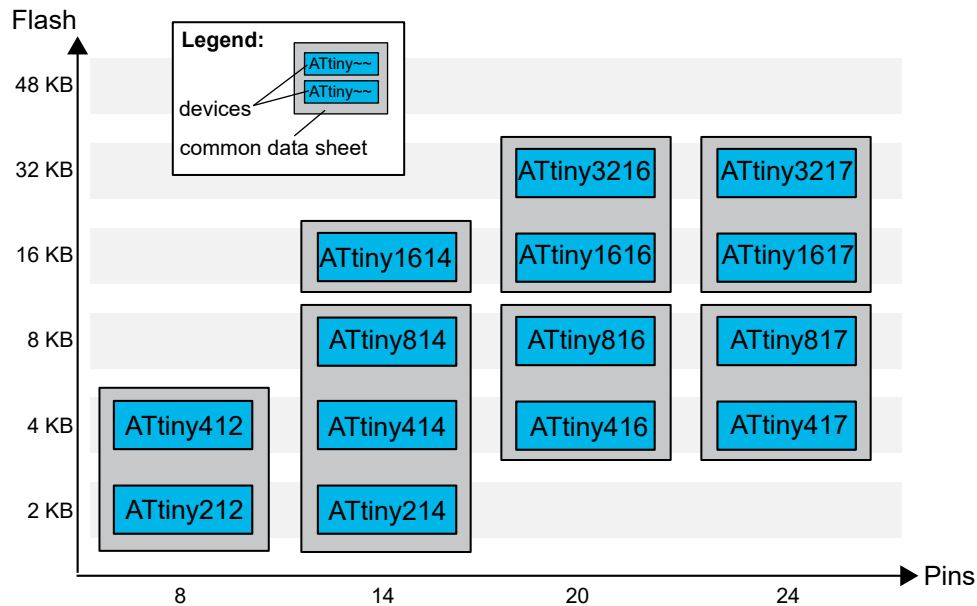
具有不同闪存大小的器件通常也具有不同的 SRAM 和 EEPROM。

### 1.2 tinyAVR 1 系列

下图所示为 tinyAVR 1 系列器件，注明了不同的引脚数与存储器大小：

- 垂直向上移植无需修改代码，因为这些器件引脚兼容并提供相同或更多的功能。而向下移植可能需要修改代码，因为某些外设的可用实例数减少。
- 水平向左移植会减少引脚数，进而减少可用的功能。

图 1-2. tinyAVR® 1 系列概览



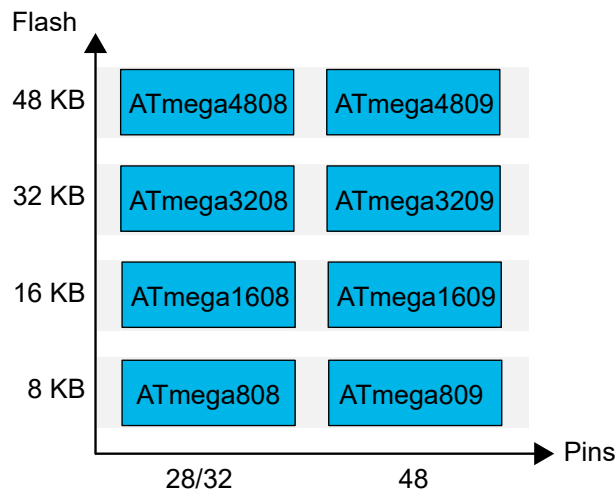
具有不同闪存大小的器件通常也具有不同的 SRAM 和 EEPROM。

### 1.3 megaAVR 0 系列

下图所示为 megaAVR 0 系列器件，注明了不同的引脚数与存储器大小：

- 无需修改代码即可实现垂直移植，因为这些器件的引脚和功能完全兼容。
- 水平向左移植会减少引脚数，进而减少可用的功能。

图 1-3. megaAVR® 0 系列概览



具有不同闪存大小的器件通常也具有不同的 SRAM 和 EEPROM。

## 2. 背景信息

单线通信可以通过多种方式来实现。本文将重点介绍使用 USART 实现的单线通信。USART 是一种通信外设，它使用两个引脚：一个用于接收（RXD），另一个用于发送（TXD）。使用 USART 进行单线通信时，需要将 TXD 和 RXD 相互连接。

电气系统中的通信可分为三类：单工、半双工和全双工。进行单工通信时，只能单向传输数据。进行半双工通信时，可以双向传输数据，但不能同时进行。进行全双工通信时，不但可以双向传输数据，而且可以同时进行。

大多数类型的单线通信使用的是单工或半双工。单工最容易实现，不需要对 USART 做出任何特殊考虑，而半双工的复杂性则相对有所增加，因为必须由软件处理通信的时间复用，并且同一器件上的 RXD 和 TXD 将连接在一起。

### 2.1 单线半双工

在单线系统中进行半双工通信时，连接到同一线路的每个器件均需要能够改变线路的状态。线路的状态可以是高电平或低电平。当线路为高电平时，测得的电压通常与电源电压  $V_{CC}$  相同。当线路为低电平时，它通常会被拉至地，输入端将测得零电压。

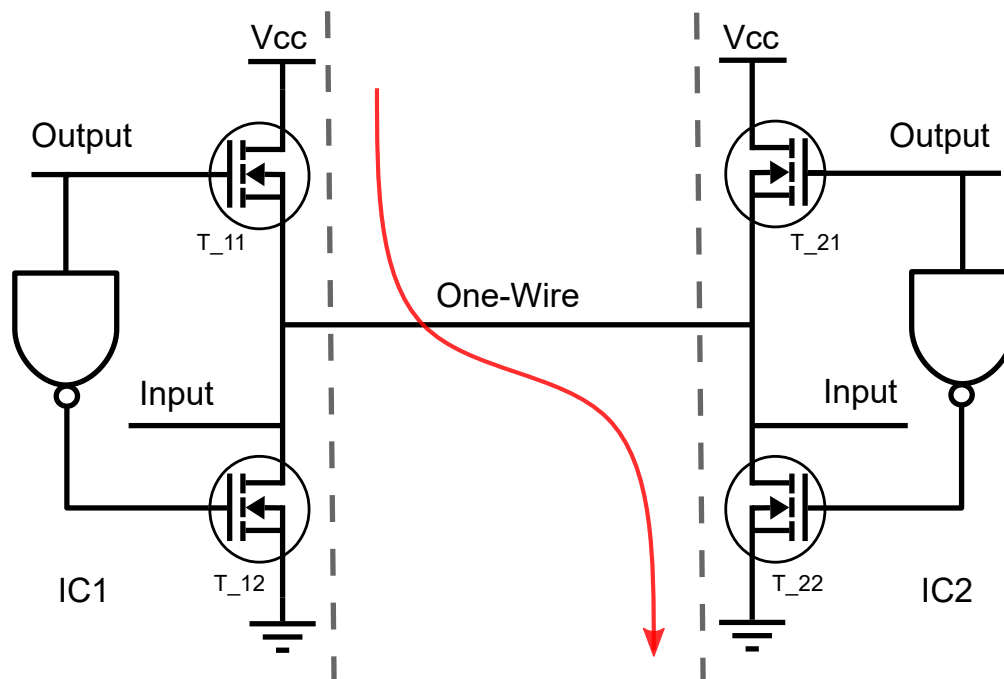
当没有器件通信时，线路将处于预定义状态，通常为高电平。当一个器件想要发送数据时，它必须将线路拉为低电平。由于所有器件均位于同一线路上，因此它们无法同时发送数据。器件将必须通过某种时间复用的形式共用线路。

由于所有器件都可以在线路为高电平时将其拉为低电平，因此需要借助一个特殊的输出电路来防止发生短路。下一章将讨论解决这种问题的解决方案，即漏极开路。

### 2.2 漏极开路

当多个器件连接到同一条线路并且它们均可将这条线路拉为低电平时，可以借助漏极开路和集电极开路电路来确保这些器件的安全。为了更好地理解为何需要漏极开路或集电极开路电路，将下面的电路为例加以说明。

图 2-1. 两个互相连接的简化输出电路

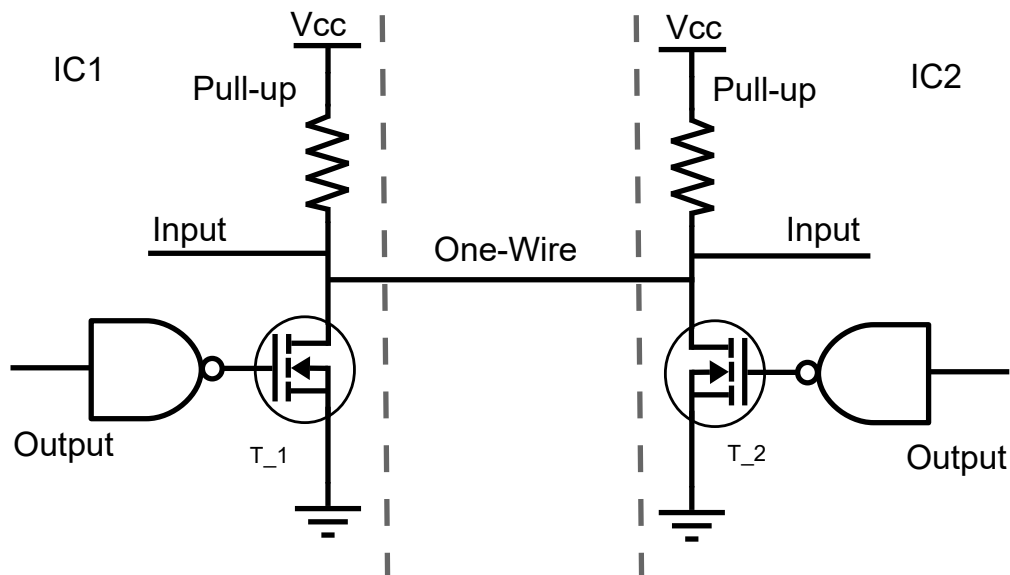


上图所示为两个互相连接的简化输出电路。如果在 IC1 尝试使线路保持高电平的同时，IC2 尝试将线路拉为低电平，则上图所示的电路中会出现问题。在这种情况下， $V_{CC}$  与地之间将形成一个低电阻路径，因为  $T_{11}$  和  $T_{22}$  都将传导电流。红线表示低电阻路径。如果所有电路均未配备任何形式的过流保护，则会造成短路，进而可能损坏器件。但如果电路中配有过流保护，器件上的输入将会难以预测。

要解决这种问题，可以在具有上拉电阻的输出端使用漏极开路或集电极开路电路。这样将避免  $V_{CC}$  与  $GND$  之间形成低电阻路径，输入将能够从总线读取正确的值。

章节 1. [相关器件](#) 中提到的器件具有漏极开路功能。器件的漏极开路 and 集电极开路电路均能够通过其他器件将线路拉为低电平以及自行将线路拉为低电平。不同之处在于集电极开路电路使用 BJT 晶体管将线路拉为低电平，而漏极开路电路则使用 MOSFET 晶体管实现这一目的。下图所示为采用漏极开路连接方式连接的两个器件。

图 2-2. 采用漏极开路连接方式连接的两个器件（具有上拉电阻）



当两个器件的输出均为高电平时，晶体管不传导电流。这样两侧的输入便能读取到晶体管上的电压  $V_{CC}$ （高电平）。如果有一个或两个器件将输出线路拉为低电平，晶体管将开始导通，两个输入将在总线上读取到零电压。任何一种情况下电流都将流过上拉电阻，这将限制  $V_{CC}$  和地之间的电流。该电路永远不会让  $V_{CC}$  与地之间形成一条大电流路径，输入将读取到正确的值。

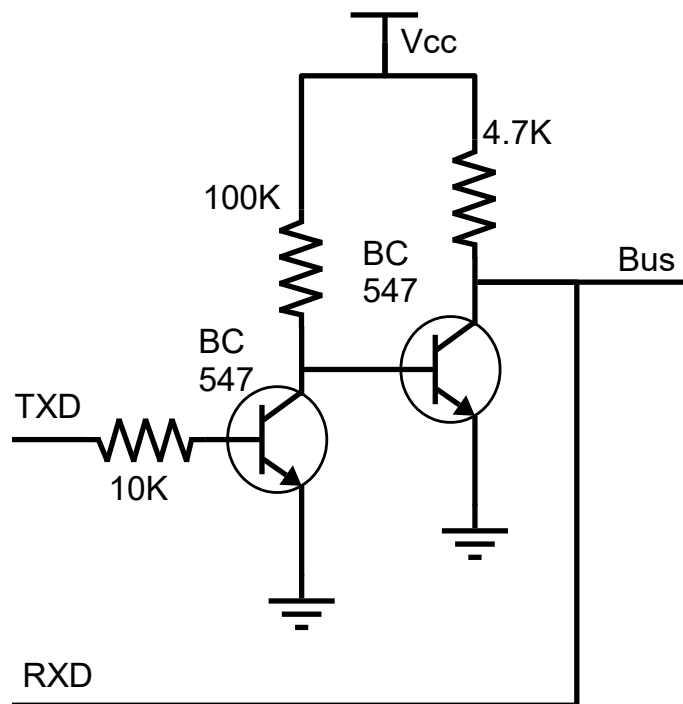
### 3. 旧版 megaAVR<sup>®</sup>和 tinyAVR<sup>®</sup>解决方案

通过旧版 tinyAVR 和 megaAVR 器件上的 USART 外设进行单线通信时，需要使用外部漏极开路电路。在该解决方案中，USART 将使用两个 GPIO 引脚。或者，也可以使用位拆裂的方式来执行单线通信。这种方式无需使用外部硬件，只需要一个引脚，但代价是占用大量 CPU 资源。

#### 3.1 USART 和硬件修改

必须在外部连接 RXD 和 TXD 引脚才能使用 USART 进行单线通信。要使其他器件能够将线路拉为低电平，还需要额外的外部电路。如下所示的电路是通过旧版 tinyAVR 和 megaAVR 器件实现单线通信时推荐使用的电路。

图 3-1. megaAVR<sup>®</sup>和 tinyAVR<sup>®</sup>硬件修改



该电路是一种集电极开路解决方案。TXD 是一个输出引脚，受集电极开路电路保护，而 RXD 设置为输入引脚，可以直接连接到总线。

当 TXD 为高电平时，最左边的晶体管将导通。这会导致最右边晶体管的基极电压变为零，因此不会在总线和地之间导通，从而允许总线通过电阻拉为高电平。如果总线上的器件将线路拉为低电平而 TXD 仍为高电平，则电流将流过最右边的上拉电阻，而不会在  $V_{CC}$  和拉为零伏电压的线路之间形成低电阻路径。

另一方面，如果 TXD 变为低电平，则最左边的晶体管将停止导通。随后，最右边晶体管的基极电压将变为  $V_{CC}$ ，该晶体管开始导通。总线将变为低电平，最右边的电阻将阻止  $V_{CC}$  和地之间形成低电阻路径。RXD 中的输入电路为高阻抗（高电阻），不会对总线造成显著影响。

该电路将确保  $V_{CC}$  和地之间不会形成直接电流路径，并且 USART 可在同一线路上发送和接收数据。

#### 3.2 位拆裂

位拆裂是指由软件直接驱动的任何形式的串行通信。位拆裂不使用专用外设，而是由软件读写输入和输出引脚以及处理时序。

---

可使用延时程序处理总线时序。延时程序是对预定义数量的 CPU 时钟周期进行计数的忙-等待循环。当延时程序结束时，CPU 将对用于通信的引脚执行某种操作，例如对引脚进行采样，翻转引脚输出或将引脚从输出引脚切换为输入引脚。

执行延时程序时，CPU 无法执行其他任务。中断服务程序（Interrupt Service Routine, ISR）必须等待 CPU 完成位分裂。因此，将无法从延时程序中正确减去 ISR 使用的 CPU 周期，并且信号时序将变得不正确。使用 1-Wire 协议时，最差情况下将产生将近 1 ms 的中断延时。

Arduino®使用位分裂在 AVR 上实现 1-Wire 协议。1-Wire 位分裂不需要漏极开路或集电极开路电路。这种情况下，将根据协议需要发送数据还是接收数据而将引脚方向切换为输出或输入。



## 4. tinyAVR<sup>®</sup> 0 和 1 系列以及 megaAVR<sup>®</sup> 0 系列的全新解决方案

tinyAVR<sup>®</sup> 0 和 1 系列以及 megaAVR<sup>®</sup> 0 系列支持的 USART 外设具有可简化单线通信的特性。TXD 和 RXD 可在内部连接在一起，无需使用两个引脚。TXD 引脚同时用作输入和输出。该引脚支持漏极开路模式和可配置内部上拉，无需外部硬件。此外，与 1-Wire 位拆裂示例相比，这种解决方案所需占用的 CPU 周期极少，并且可以始终允许中断。

### 4.1 实现

为了实现单线，需要向 USART 中的两个位写入 1：

- CTRLA 寄存器中的环回模式使能（Loop Back Mode Enable, LBME）位。该位用于使能 TXD 引脚和 RXD 引脚之间的内部连接。
- CTRLB 寄存器中的漏极开路模式使能（Open-Drain Mode Enable, ODME）位。该位用于使能 TXD 引脚的漏极开路功能。USART 将不使用 RXD 引脚。

由于至少需要将一个上拉电阻连接到总线，因此可能还需要为所使用引脚写入相应的上拉使能位（PULLUPEN）。下面的代码片段说明了如何在轮询模式配置下将 USART 配置为 1-Wire 主器件。

```
//使能内部上拉
PORTB.PIN2CTRL = PORT_PULLUPEN_bm;
//使能环回模式
USART0.CTRLA = USART_LBME_bm;
//使能漏极开路模式。使能 TX 和 RX
USART0.CTRLB = USART_ODME_bm | USART_RXEN_bm | USART_TXEN_bm;
//设置 8 位 USART 和 1 个停止位
USART0.CTRLC = USART_CHSIZE_8BIT_gc | USART_SBMODE_1BIT_gc;
//将波特率设置为 115200
USART0.BAUD = BAUD_115200;
```

如果要使用中断，则还必须允许数据寄存器为空和接收完成的中断标志。由于 TXD 和 RXD 连接在一起，因此还将接收所发送的数据。读取所发送的最后一个字节可作为错误校验的一部分。

如果协议的时序不允许读取发送数据的开销，则可以在发送时禁止接收中断或接收器本身。可以使用控制 A 寄存器（CTRLA）中的接收完成中断允许位（RXCIE）禁止接收中断。可以使用控制 B 寄存器（CTRLB）中的接收器使能位（RXEN）禁止接收器。接收时，必须使能接收器并允许接收中断。

## 5. 协议

当多个器件通过同一路径通信时，需要使用协议。此类协议的复杂性取决于单线系统的多种因素：

- 所连接器件的数量
- 主器件的数量
- 器件连接和断开的可能性
- 总线运行环境中的信号完整性
- 器件时钟速度的多样性
- 数据速率

1-Wire 协议可为上述几乎所有因素提供一个合理的解决方案，只是数据传输速率有限。其最大传输速率为 14400，并且有一部分总线时间和数据用于协议开销。

章节 [7. 从 Atmel | START 获取源代码](#) 提供了一个关于 USART 使用单线高速通信的简单示例链接。该示例将其中一个器件设置为侦听通信，将另一个器件设置为发起通信。这两个器件之间发送的数据具有固定长度。在发送新数据之前，发起第一次传输的器件始终期望从另一器件接收数据。

## 6. 结论

旧版 megaAVR 和 tinyAVR 器件上用于单线通信的 USART 将使用两个引脚。如果不使用位拆裂，它还需要外部漏极开路或集电极开路电路。

新版 tinyAVR<sup>®</sup> 0 和 1 系列以及 megaAVR<sup>®</sup> 0 系列更新了 USART 外设，其实现的单线解决方案可降低物料清单（Bill Of Material, BOM）成本和 CPU 开销。新版解决方案在内部连接 RXD 和 TXD 引脚且支持漏极开路模式，因此带来了诸多优势，具体如下表所示。

**表 6-1. 单线技术对比**

	旧版 USART 解决方案	新版 USART 解决方案	位拆裂
中断	工作	工作	禁止
所需引脚数	2（TXD 和 RXD）	1（TXD）	1（任何）
CPU 负载	低	低	高
BOM	需要外部元件	无需额外成本	无需额外成本

从表中可以看出，与其他解决方案相比，新版 tinyAVR<sup>®</sup> 0 和 1 系列以及 megaAVR<sup>®</sup> 0 系列实现的解决方案在各个方面均实现了最优异的性能，只是在使用位拆裂时需要专用 TXD 引脚（而不是能够使用任意引脚）。这些器件是开发单线应用的绝佳平台。

## 7. 从 Atmel | START 获取源代码

示例代码可通过 Atmel | START 获得，Atmel | START 是一种基于 Web 的工具，可通过图形用户界面（Graphical User Interface, GUI）配置应用程序代码。可以通过下面提供的直接示例代码链接或 Atmel | START 首页上的 *BROWSE EXAMPLES*（浏览示例）按钮，为 Atmel Studio 和 IAR Embedded Workbench® 下载代码。

Atmel | START 网页：<http://microchip.com/start>

### 示例代码

轮询端口模式的单线

- [http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:One-wire\\_in\\_polled\\_port\\_mode](http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:One-wire_in_polled_port_mode):

轮询 UART 模式的单线

- [http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:One-wire\\_in\\_polled\\_uart\\_mode](http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:One-wire_in_polled_uart_mode):

简单的单线示例

- [http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:Simple\\_one-wire\\_example](http://microchip.com/start/#example/Atmel:one-wire:1.0.0::Application:Simple_one-wire_example):

有关详细信息和示例项目的相关信息，请按 Atmel | START 中的 *User guide*（用户指南）按钮。*User guide* 按钮可以在该网页中找到，方法是在 Atmel | START 项目配置器中的仪表板视图中单击项目名称。

### Atmel Studio

在 Atmel | START 的网页中单击 *DOWNLOAD SELECTED EXAMPLE*（下载所选示例），为 Atmel Studio 下载 .atzip 文件形式的代码。要从 Atmel | START 下载文件，请单击 *EXPORT PROJECT*（导出项目），然后单击 *DOWNLOAD PACK*（下载包）。

双击下载的 .atzip 文件，项目将导入到 Atmel Studio 7.0。

### IAR Embedded Workbench

有关如何在 IAR Embedded Workbench 中导入项目的信息，请打开 Atmel | START 用户指南，选择 *Using Atmel Start Output in External Tools*（使用外部工具中的 Atmel Start 输出），然后选择 *IAR Embedded Workbench*。单击 Atmel | START 首页右上角的 *About*（关于）或项目配置器中右上角的 *Help And Support*（帮助和支持），均可找到 Atmel | START 用户指南的链接。

## 8. 版本历史

文档版本	日期	备注
C	2018 年 10 月	更新了“相关器件”一章中的图 1-1、图 1-2 和图 1-3。修正了语法和标点符号。
B	2018 年 06 月	更正了 Atmel   Start 示例的链接。
A	2018 年 04 月	文档初始版本。

---

## 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、OptoLyzer、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: 978-1-5224-4782-5

## 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](http://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
<b>公司总部</b> 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: <a href="http://www.microchip.com/support">http://www.microchip.com/support</a> 网址: <a href="http://www.microchip.com">www.microchip.com</a>	<b>澳大利亚 - 悉尼</b> 电话: 61-2-9868-6733 <b>中国 - 北京</b> 电话: 86-10-8569-7000 <b>中国 - 成都</b> 电话: 86-28-8665-5511 <b>中国 - 重庆</b> 电话: 86-23-8980-9588 <b>中国 - 东莞</b> 电话: 86-769-8702-9880 <b>中国 - 广州</b> 电话: 86-20-8755-8029 <b>中国 - 杭州</b> 电话: 86-571-8792-8115 <b>中国 - 香港特别行政区</b> 电话: 852-2943-5100 <b>中国 - 南京</b> 电话: 86-25-8473-2460 <b>中国 - 青岛</b> 电话: 86-532-8502-7355 <b>中国 - 上海</b> 电话: 86-21-3326-8000 <b>中国 - 沈阳</b> 电话: 86-24-2334-2829 <b>中国 - 深圳</b> 电话: 86-755-8864-2200 <b>中国 - 苏州</b> 电话: 86-186-6233-1526 <b>中国 - 武汉</b> 电话: 86-27-5980-5300 <b>中国 - 西安</b> 电话: 86-29-8833-7252 <b>中国 - 厦门</b> 电话: 86-592-2388138 <b>中国 - 珠海</b> 电话: 86-756-3210040	<b>印度 - 班加罗尔</b> 电话: 91-80-3090-4444 <b>印度 - 新德里</b> 电话: 91-11-4160-8631 <b>印度 - 浦那</b> 电话: 91-20-4121-0141 <b>日本 - 大阪</b> 电话: 81-6-6152-7160 <b>日本 - 东京</b> 电话: 81-3-6880-3770 <b>韩国 - 大邱</b> 电话: 82-53-744-4301 <b>韩国 - 首尔</b> 电话: 82-2-554-7200 <b>马来西亚 - 吉隆坡</b> 电话: 60-3-7651-7906 <b>马来西亚 - 槟榔屿</b> 电话: 60-4-227-8870 <b>菲律宾 - 马尼拉</b> 电话: 63-2-634-9065 <b>新加坡</b> 电话: 65-6334-8870 <b>台湾地区 - 新竹</b> 电话: 886-3-577-8366 <b>台湾地区 - 高雄</b> 电话: 886-7-213-7830 <b>台湾地区 - 台北</b> 电话: 886-2-2508-8600 <b>泰国 - 曼谷</b> 电话: 66-2-694-1351 <b>越南 - 胡志明市</b> 电话: 84-28-5448-2100	<b>奥地利 - 韦尔斯</b> 电话: 43-7242-2244-39 传真: 43-7242-2244-393 <b>丹麦 - 哥本哈根</b> 电话: 45-4450-2828 传真: 45-4485-2829 <b>芬兰 - 埃斯波</b> 电话: 358-9-4520-820 <b>法国 - 巴黎</b> 电话: 33-1-69-53-63-20 传真: 33-1-69-30-90-79 <b>德国 - 加兴</b> 电话: 49-8931-9700 <b>德国 - 哈恩</b> 电话: 49-2129-3766400 <b>德国 - 海尔布隆</b> 电话: 49-7131-72400 <b>德国 - 卡尔斯鲁厄</b> 电话: 49-721-625370 <b>德国 - 慕尼黑</b> 电话: 49-89-627-144-0 传真: 49-89-627-144-44 <b>德国 - 罗森海姆</b> 电话: 49-8031-354-560 <b>以色列 - 若那那市</b> 电话: 972-9-744-7705 <b>意大利 - 米兰</b> 电话: 39-0331-742611 传真: 39-0331-466781 <b>意大利 - 帕多瓦</b> 电话: 39-049-7625286 <b>荷兰 - 德卢内市</b> 电话: 31-416-690399 传真: 31-416-690340 <b>挪威 - 特隆赫姆</b> 电话: 47-72884388 <b>波兰 - 华沙</b> 电话: 48-22-3325737 <b>罗马尼亚 - 布加勒斯特</b> 电话: 40-21-407-87-50 <b>西班牙 - 马德里</b> 电话: 34-91-708-08-90 传真: 34-91-708-08-91 <b>瑞典 - 哥德堡</b> 电话: 46-31-704-60-40 <b>瑞典 - 斯德哥尔摩</b> 电话: 46-8-5090-4654 <b>英国 - 沃金厄姆</b> 电话: 44-118-921-5800 传真: 44-118-921-5820
<b>亚特兰大</b> 德卢斯, 佐治亚州 电话: 678-957-9614 传真: 678-957-1455 <b>奥斯汀, 德克萨斯州</b> 电话: 512-257-3370 <b>波士顿</b> 韦斯特伯鲁, 马萨诸塞州 电话: 774-760-0087 传真: 774-760-0088 <b>芝加哥</b> 艾塔斯卡, 伊利诺伊州 电话: 630-285-0071 传真: 630-285-0075 <b>达拉斯</b> 阿迪森, 德克萨斯州 电话: 972-818-7423 传真: 972-818-2924 <b>底特律</b> 诺维, 密歇根州 电话: 248-848-4000 <b>休斯顿, 德克萨斯州</b> 电话: 281-894-5983 <b>印第安纳波利斯</b> 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 <b>洛杉矶</b> 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 <b>罗利, 北卡罗来纳州</b> 电话: 919-844-7510 <b>纽约, 纽约州</b> 电话: 631-435-6000 <b>圣何塞, 加利福尼亚州</b> 电话: 408-735-9110 电话: 408-436-4270 <b>加拿大 - 多伦多</b> 电话: 905-695-1980 传真: 905-695-2078			