

AVR315: 将 TWI 模块作为 I2C 主器件

简介

双线串行接口（Two-Wire Interface, TWI）兼容 Philips I²C 协议。该总线能够在电子设备中的集成电路之间实现简单、可靠且经济高效的通信。TWI 总线的优势在于它可以使用相同的总线和仲裁来寻址最多 128 个器件，并且总线上可以有多个主器件。

大多数 Microchip AVR[®]器件中都包含一个硬件 TWI 模块。

本应用笔记以全功能驱动程序的形式介绍 TWI 主模块的实现，其中包含该驱动程序的使用示例。驱动程序基于标准模式（<100 kbps）和快速模式（<400 kbps）来处理传输。

特性

- 适合 TWI 主模块的 C 代码驱动程序
- 兼容 Philips I²C 协议
- 使用硬件 TWI 模块
- 中断驱动的传输
- 支持标准模式和快速模式

目录

简介.....	1
特性.....	1
1. 概述.....	3
1.1. 双线串行接口.....	3
1.2. AVR TWI 模块.....	4
2. 实现.....	7
2.1. 功能.....	7
3. 总结.....	10
4. 版本历史.....	11
Microchip 网站.....	12
产品变更通知服务.....	12
客户支持.....	12
Microchip 器件代码保护功能.....	12
法律声明.....	12
商标.....	13
质量管理体系.....	13
全球销售及服务网点.....	14

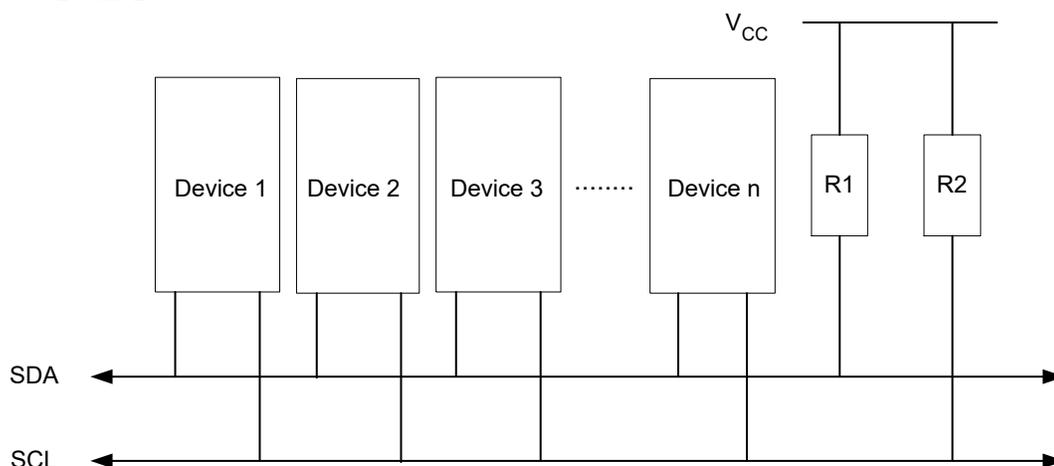
1. 概述

本章简要介绍 TWI 接口以及 AVR 8 位单片机系列上的 TWI 模块。有关更多信息，请参见具体器件的数据手册。

1.1 双线串行接口

双线串行接口 (TWI) 非常适合单片机应用。凭借 TWI 协议，系统设计人员仅使用两条双向总线便可互连最多 128 个可单独寻址的器件；一条总线用于时钟 (SCL)，另一条总线用于数据 (SDA)。实现总线所需的唯一外部硬件是每条 TWI 总线的单个上拉电阻。连接到总线的所有器件都有单独的地址，并且解决总线争用的机制是 TWI 协议中固有的。

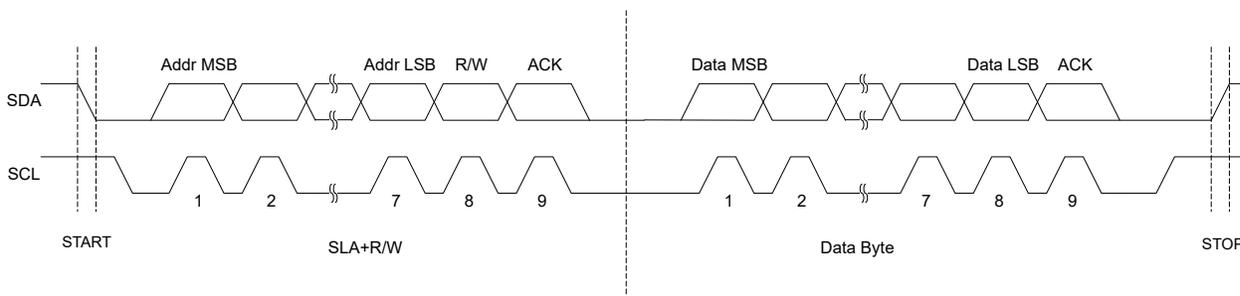
图 1-1. TWI 总线互连



TWI 总线是多主器件总线，可以连接一个或多个能够控制该总线的器件。只有主器件可以驱动 SCL 和 SDA 线，而从器件只能在 SDA 线上发出数据。

数据传输始终由总线主器件启动。当 SCL 为高电平时，SDA 线从高电平跳变到低电平被定义为启动条件或重复启动条件。

图 1-2. TWI 地址和数据包格式



启动条件始终后跟（惟一）7 位从地址，随后是数据方向位。所寻址从器件应答主器件的方式是使 SDA 低电平状态保持一个时钟周期。如果主器件未收到任何应答，则传输终止。主器件或从器件将基于数据方向位在 SDA 线上传输 8 位数据。然后，接收器件将应答数据。在主器件发出重复启动条件或停止条件之前，可以在一个方向上传输多个字节。当主器件发出停止条件时，传输终止。停止条件定义为 SCL 为高电平时 SDA 线从低电平跳变到高电平。

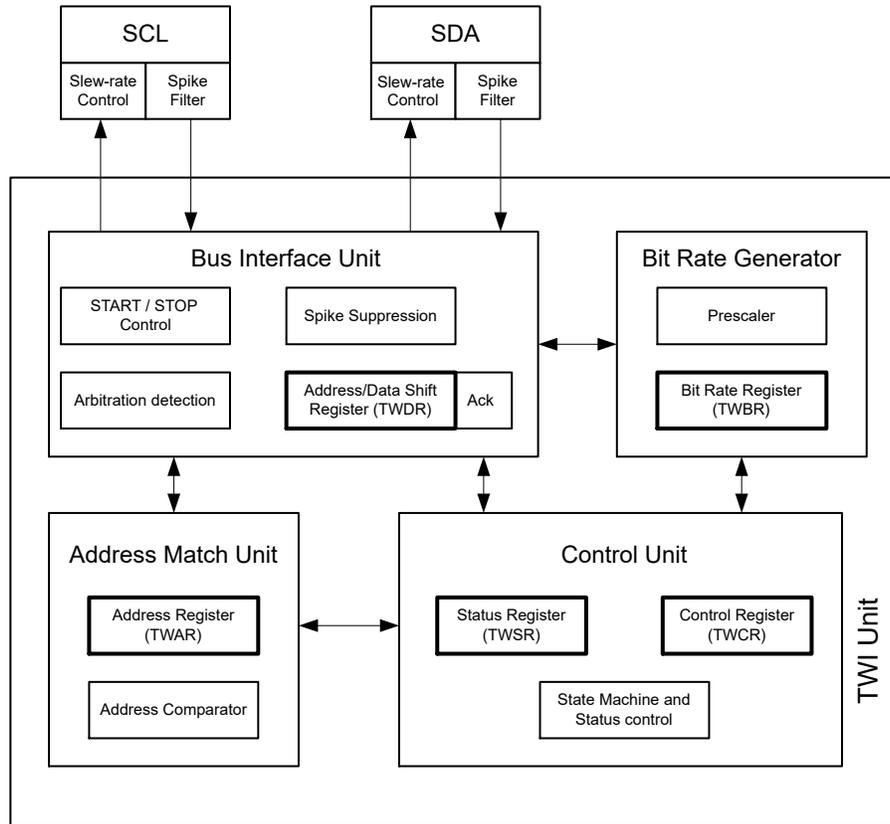
如果从器件在执行某个其他功能之前无法处理传入数据，则可以使 SCL 保持低电平以强制主器件进入等待状态。

TWI 总线上传输的所有数据包均为 9 位，包括一个数据字节和一个应答位。在数据传输期间，主器件产生时钟以及启动条件和停止条件，而接收器负责应答接收的数据。接收器在第 9 个 SCL 周期将 SDA 线拉低，以发出应答 (ACK) 信号。如果接收器使 SDA 线保持高电平，则会发出 NACK 信号。

1.2 AVR TWI 模块

TWI 模块由几个子模块组成，如下图所示。以粗线绘制的所有寄存器都可以通过 AVR 数据总线访问。

图 1-3. AVR 器件中的 TWI 模块概述



1.2.1 控制单元

AVR TWI 模块可以在主模式和从模式下工作。工作模式通过 TWI 状态寄存器 (TWSR) 中的 TWI 状态代码以及 TWI 控制寄存器 (TWCR) 中某些位来区分。

一组预定义的状态代码涵盖了 TWI 事件发生时 TWI 可能处于的各种状态。状态代码分为主代码和从代码，更进一步可分为与接收和发送相关的代码。还存在与总线错误和空闲相关的状态代码。

TWI 模块作为状态机运行，并且由事件驱动。如果启动条件后跟与从器件 TWI 地址寄存器 (TWAR) 中的地址匹配的 TWI 地址，则 TWINT 标志置 1，随后便会执行相应的中断（允许全局中断和 TWI 中断时）。从器件的固件通过读取 TWSR 中的状态代码做出相应的响应。所有 TWI 事件均会将 TWINT 标志置 1，并且固件必须根据 TWSR 中的状态进行响应。

只要 TWINT 标志置 1，SCL 线就保持低电平。这样就能确保应用程序先完成任务，然后再继续 TWI 传输。

以下情况下，TWINT 标志置 1：

- TWI 发送启动/重复启动条件后
- TWI 发送 SLA+R/W 后
- TWI 发送一个地址字节后
- TWI 仲裁失败后
- TWI 通过自己的从地址或广播呼叫寻址后
- TWI 接收一个数据字节后
- 收到停止或重复启动条件后仍然作为从器件寻址时
- 由于非法的启动或停止条件而发生总线错误时

1.2.2 比特率发生器

比特率发生器单元控制主模式下工作时的 SCL 周期。SCL 周期由 TWI 比特率寄存器 (TWBR) 中的设置和 TWI 状态寄存器 (TWSR) 中的预分频比位控制。从器件操作与比特率或预分频比设置无关，但是从器件中的 CPU 时钟频率必须至少比 SCL 频率高 16 倍。请注意，从器件可能会延长 SCL 低电平周期，从而降低平均 TWI 总线时钟频率。SCL 频率根据以下公式生成。

$$SCLfrequency = \frac{CPU\ Clockfrequency}{16 + 2(TWBR) - 4^{TWPS}}$$

- TWBR = TWI 比特率寄存器的值
- TWPS = TWI 状态寄存器中预分频比的值

TWPS 与 TWI 状态位都在寄存器 TWSR 中。因此，本应用选择将 TWPS 设置为 0 以简化状态位的处理，并且只使用 TWBR 在 SCL 上实现所需速度。下表列出了部分基于 CPU 和 SCL 频率预先计算的 TWBR 值。

表 1-1. CPU 和 SCL 频率与比特率发生器寄存器设置

CPU 时钟频率[MHz]	TWBR	TWPS	SCL 频率[kHz]
16	12	0	400
16	72	0	100
14.4	10	0	400
14.4	64	0	100
12	7	0	400
12	52	0	100
8	2	0	400
8	32	0	100
4	12	0	100
3.6	10	0	100
2	2	0	100
2	12	0	50
1	2	0	50

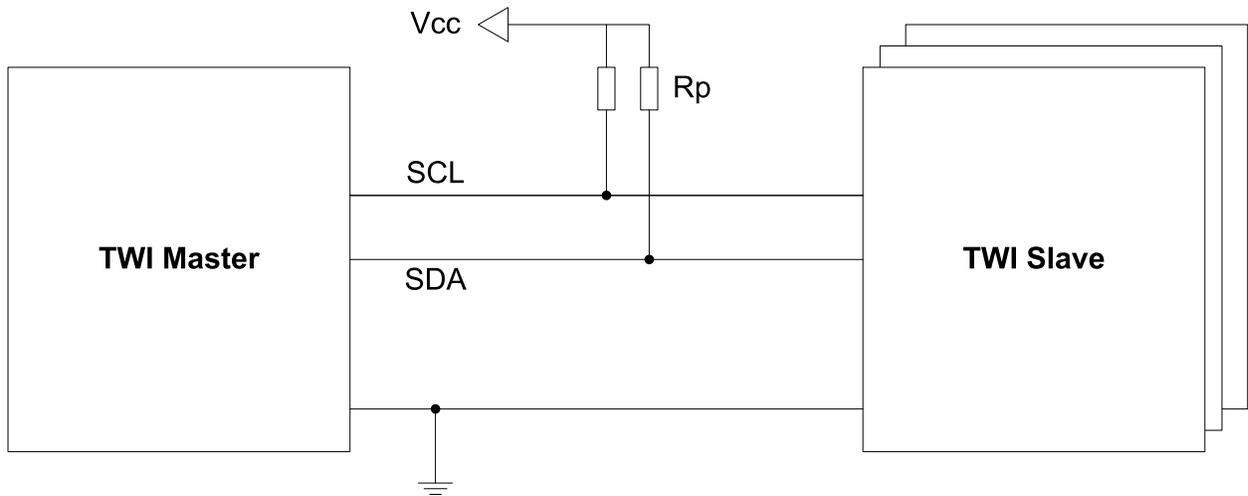
1.2.3 SCL 和 SDA 引脚

两条 TWI 线 (SDA 和 SCL) 都是双向的，因此连接到 TWI 总线的输出必须为漏极开路或集电极开路类型。每条线都必须通过上拉电阻连接到电源电压。如果所连接的器件均未驱动线路，则该线路为逻辑高电平；如果一个或多个器件将线路驱动为低电平，则该线路为逻辑低电平。

输出驱动器包含一个压摆率限制器。输入级包含一个尖峰抑制单元，可滤除短于 50 ns 的尖峰。请注意，可以通过将 SCL 和 SDA 引脚对应的 PORT 位置 1 来使能 AVR 焊盘中的内部上拉，如“I/O 端口”部分所述。在某些系统中，有了内部上拉，就不再需要外部电阻。

下图显示了 TWI 单元与 TWI 总线的连接方式。Rp 值取决于 VCC 和总线电容，通常为 4.7 kΩ。

图 1-4. TWI 连接



1.2.4 地址匹配单元

地址匹配单元仅在从模式下使用，用于检查接收到的地址字节与 TWI 地址寄存器（TWAR）中的 7 位地址是否匹配。发生地址匹配后，将通知控制单元采取正确的操作。TWI 是否应答其地址取决于 TWCR 中的设置。

尽管 TWI 的时钟系统在所有休眠模式下均关闭，但接口仍可通过使用 TWI 总线时钟作为时钟源来应答其自己的从地址或广播呼叫地址。随后，器件将从休眠模式唤醒，TWI 将使 SCL 时钟在唤醒期间保持低电平，直到 TWINT 标志清零为止。

1.2.5 总线接口单元

该单元包含数据和地址移位寄存器（TWDR）、启动/停止控制器和仲裁检测硬件。TWDR 包含要发送的地址或数据字节，或接收的地址或数据字节。此外，它还包含一个寄存器，该寄存器包含要发送或接收的（N）ACK 位。

启动/停止控制器负责生成和检测启动、重复启动和停止条件。即使 AVR MCU 处于其中一种休眠模式下，启动/停止控制器也能够检测启动和停止条件，从而可主器件寻址 MCU 时将其唤醒。如果 TWI 已作为主器件启动发送，则仲裁检测硬件将连续监视发送，以尝试确定是否正在进行仲裁。如果 TWI 仲裁失败，则将通知控制单元。随后可以采取正确的措施并生成适当的状态代码。

2. 实现

本应用笔记中实现的代码是纯粹的主器件驱动程序。TWI 模块还支持从器件操作。有关从器件驱动程序的示例，请参见应用笔记“*AVR311: Using the TWI module as I²C slave*”。主器件驱动程序和从器件驱动程序可以合并为一个主/从驱动程序，但这不属于本应用笔记的范畴。

主驱动程序 C 代码包含三个文件：

1. TWI_Master.c
2. TWI_Master.h
3. Main.c

main.c 文件中包含一个有关如何使用驱动程序的示例。TWI_Master.h 文件必须包含在主应用程序中，并且必须包含所有函数声明、比特率寄存器（TWBR）的定义以及所有 TWI 状态代码的定义。必须根据本应用笔记前面的描述来设置 TWBR。可使用 TWI 状态代码定义来评估错误消息并采取适当的措施。TWI_Master.c 文件包含所有驱动程序函数。

2.1 功能

驱动程序由 TWI 中断服务程序和 6 个函数组成。所有函数均可在驱动程序文件范围之外使用。但是，其中一些函数也供驱动程序自身内部使用。下表列出了驱动程序中的所有函数。

表 2-1. TWI 主驱动程序中的函数说明

函数名称	说明
void TWI_Master_Initialise()	调用此函数可将 TWI 主器件设置为初始待机状态。 在初始化 TWI 之后必须通过主应用程序允许中断。
void TWI_Start_Transceiver_with_Data(unsigned char *msg, unsigned char msgSize)	调用此函数可发送准备好的报文。第一个字节必须包含从器件地址和读/写位。后面的连续字节包含要发送的数据，或空的存储单元（用于存储从从器件读取的数据）。此外还包含包括地址字节在内的应发送/读取的字节数。该函数将一直执行（循环），直到 TWI_ISR 完成上一个操作，随后将初始化下一个操作并返回。
void TWI_Start_Transceiver()	调用此函数可重新发送最后一条报文。驱动程序将重新使用先前放入收发器缓冲区的数据。该函数将一直执行（循环），直到 TWI_ISR 完成上一个操作，随后将初始化下一个操作并返回。
unsigned char TWI_Transceiver_Busy()	调用此函数可测试 TWI_ISR 是否在忙于发送。
unsigned char TWI_Get_State_Info()	调用此函数可获取上一个操作的状态信息。此函数将一直执行（循环），直到 TWI_ISR 完成上一个操作。如果有错误，此函数将返回 TWIState 代码。
unsigned char TWI_Get_Data_From_Transceiver(unsigned char *message, unsigned char messageSize)	调用此函数可从 TWI 收发器缓冲区中读取请求的数据。即先调用 TWI_Start_Transceiver 以向从器件发送数据请求，然后运行此函数以在数据到达时收集数据。在函数调用中包含一个指向数据放置位置的指针和所请求的字节数（包括地址位域）。在读取数据并返回之前，此函数将一直执行（循环），直到 TWI_ISR 完成上一个操作。如果上一次传输中存在错误，此函数将返回 TWI 错误代码。
ISR(TWI_vect) (For GCC)/ __interrupt void TWI_ISR(void) (For IAR)	此函数是中断服务程序（Interrupt Service Routine, ISR），在触发 TWI 中断时（即每当发生 TWI 事件时）自动调用。不能直接从主应用程序调用此函数。

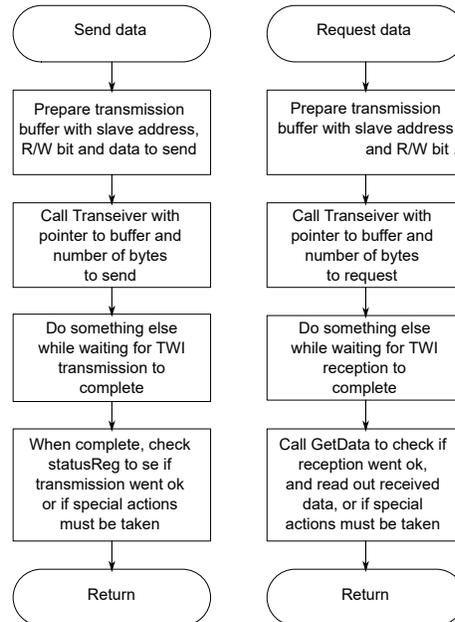
下表包含驱动程序寄存器字节的说明，该字节中包含来自上一个收发器操作的状态信息。可将一个字节分成多个位域。

表 2-2. 驱动程序状态寄存器字节的说明

TWI_statusReg	说明
TWI_statusReg.lastTransOK	操作成功完成时置 1。

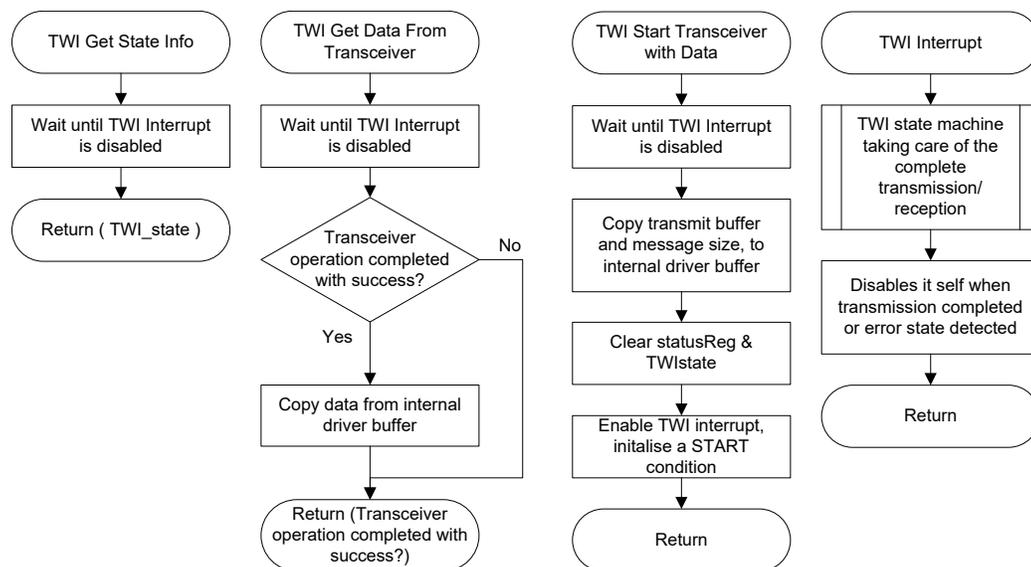
下图给出了通过驱动程序经 TWI 接口发送和请求数据的流程图。数据通过参数传送给函数，而操作的状态通过全局状态变量提供。

图 2-1. 从应用程序调用 TWI 驱动程序



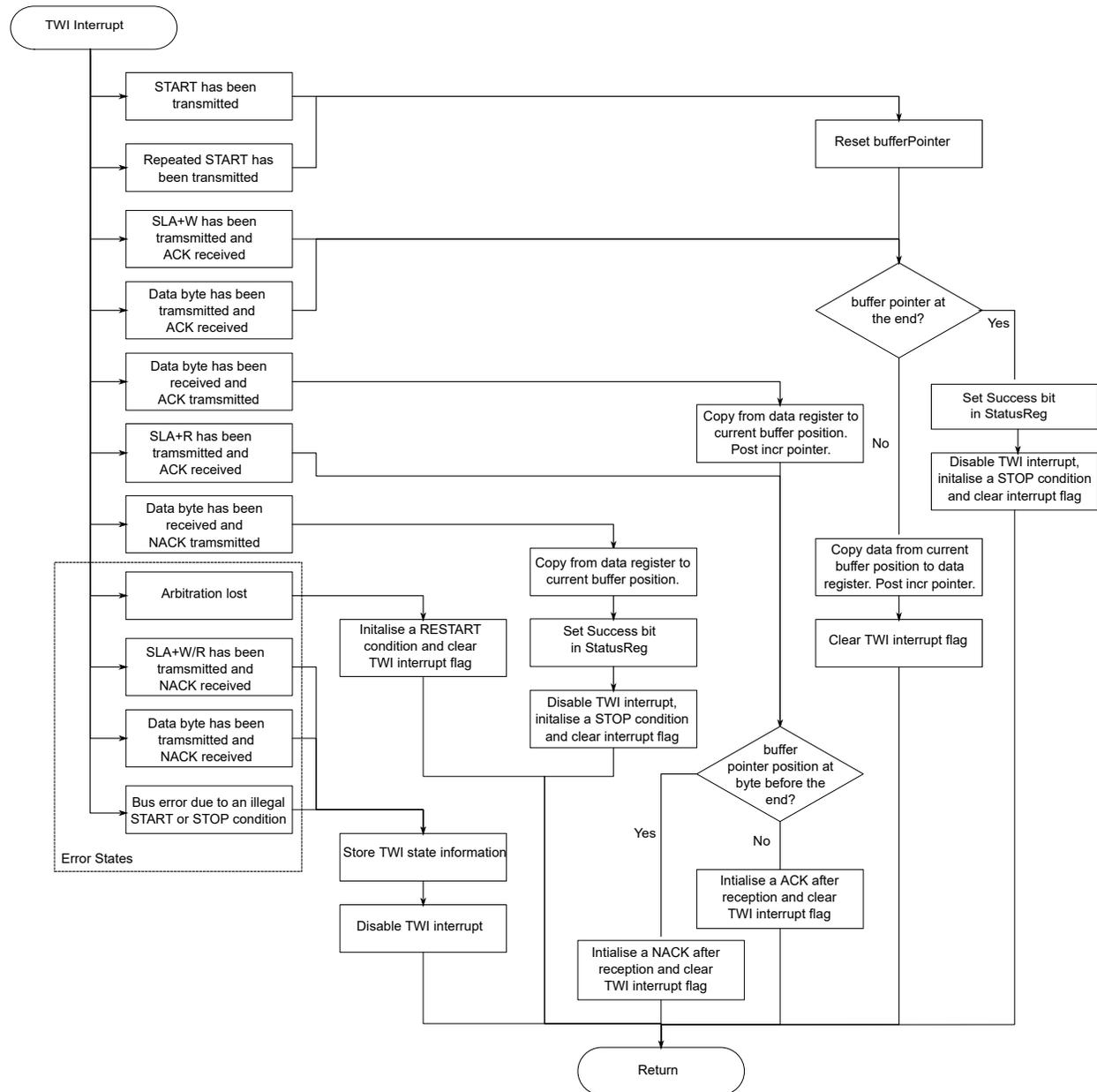
下图给出了包含 TWI 驱动程序自身说明的流程图。收发器函数将完整的报文复制到传输缓冲区中。然后，它将允许 TWI 中断启动传输。中断随后负责完成传输，并在传输完成或出现错误状态时自行禁止。这样一来，驱动程序便可轮询中断允许位以检查是否正在进行传输。仅当 TWI 收发器不忙时，才允许主应用程序访问全局收发器变量。中断将最终的错误状态存储在变量中，该变量可通过函数调用用于主应用程序。

图 2-2. TWI 驱动程序函数



以下流程图更详细地说明了 TWI 中断服务程序中每个事件/状态的操作。左列包含进入中断时 TWI 状态机可能处于的不同状态/事件。通过用例切换可执行不同的操作，具体取决于中断调用的原因。

图 2-3. TWI 中断服务程序



3. 总结

本应用笔记介绍了将 TWI 模块配置为主器件的步骤，并提供了一个驱动软件示例来实现该模块。主器件驱动程序的固件可与本应用笔记一起下载。

4. 版本历史

文档版本	日期	备注
A	2017 年 7 月	<ul style="list-style-type: none">• 转换为 Microchip 格式并将 Atmel® 文档编号 2564 替换为 Microchip DS00002480• 上传了更新后的图片：TWI 总线互连以及 TWI 地址和数据包格式• 更新了“比特率生成”的公式
2564D	2016 年 3 月	固件移植到 Atmel Studio 7
2564C	2010 年 1 月	更新了比特率表
2564B	2007 年 9 月	删除了有关“TWBR 需要高于 10”的文字
2564A	2006 年 4 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。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 <http://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 <http://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 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、PacTime、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 Incorporated 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、Precision Edge、ProASIC、ProASIC Plus、ProASIC Plus 徽标、Quiet-Wire、SmartFusion、SyncWorld、Temux、TimeCesium、TimeHub、TimePictra、TimeProvider、Vite、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、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.、SQI、SuperSwitcher、SuperSwitcher II、Total Endurance、TSHARC、USBCheck、VariSense、ViewSpan、WiperLock、Wireless DNA 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。

© 2020, Microchip Technology Incorporated 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-5834-0

质量管理体系

有关 Microchip 的质量管理体系的信息，请访问 <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
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: http://www.microchip.com/support 网址: http://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: 45-4485-5910 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 诺布尔斯特维尔, 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			