

使用 C 语言和定时器连接 8051 MCU 和兼容 UNI/O[®] 总线的串行 EEPROM

作者: Alexandru Valeanu
Microchip Technology Inc.

简介

随着嵌入式系统小型化的趋势，市场对于减少器件间通信所用 I/O 引脚数的需求也与日俱增。Microchip 开发的 UNI/O[®] 总线正满足了这一需求，这一个低成本且易于实现的解决方案，仅需要使用一个 I/O 引脚就可实现双向通信。

兼容 UNI/O 总线的串行 EEPROM 可用于可用 I/O 引脚受限的任何应用。受限的原因可能源自连接器、电路板空间或单片机本身。

11XXX 系列是 Microchip Technology 丰富的串行 EEPROM 产品线中的最新产品系列，与新开发的 UNI/O 总线兼容。

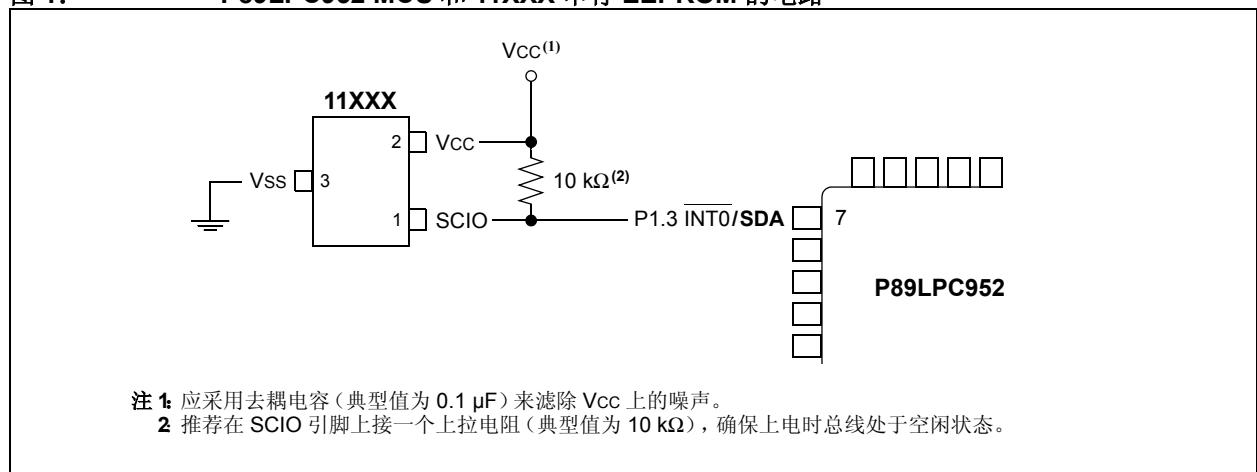
11XXX 串行 EEPROM 的一些主要特性有：

- 用于通信的单个 I/O 引脚
- EEPROM 容量为 1 Kb 至 16 Kb
- 超小型封装
- 总线速度为 10 kHz 至 100 kHz
- 电压范围为 1.8V 至 5.5V
- 低功耗工作
- 温度范围为 -40°C 至 +125°C
- 可耐受超过 100 万次擦 / 写

此应用笔记是一系列提供源代码的应用笔记的一部分，这些应用笔记可帮助用户以最小的工作量来实现协议。

图 1 给出了 Microchip 11XXX 系列兼容 UNI/O 总线的串行 EEPROM 与基于 8051 的 NXP P89LPC952 MCU 之间接口的硬件原理图描述。这些原理图给出了 MCU 和串行 EEPROM 之间的必需连接，仅供测试使用。软件是在采用这些连接的情况下编写的。MCU 和串行 EEPROM 之间的单个 I/O 连接包括一个推荐使用的上拉电阻。同样推荐在 Vcc 和 Vss 上加入一个去耦电容。

图 1: P89LPC952 MCU 和 11XXX 串行 EEPROM 的电路



固件描述

固件用来说明如何使用单片机的一个通用 I/O 引脚来产生特定的 UNI/O 总线事务。主要目的是使设计人员深入了解 11XXX 系列串行 EEPROM 的通信，以便将来编写更为复杂的程序。

使用 Keil™ μ Vision3® IDE 和相关的 C 编译器编写固件程序。在 Keil MCB950 评估板上进行开发。代码可以很容易地修改为使用任何可用的 I/O 引脚。

固件由三个文件组成：主文件（main.c）、定义文件（unio_def.c）和声明文件（unio_dec.h）。主文件由下列部分组成：

- 初始化
- 写使能
- 字节写
- 写进行查询
- 字节读
- 页写

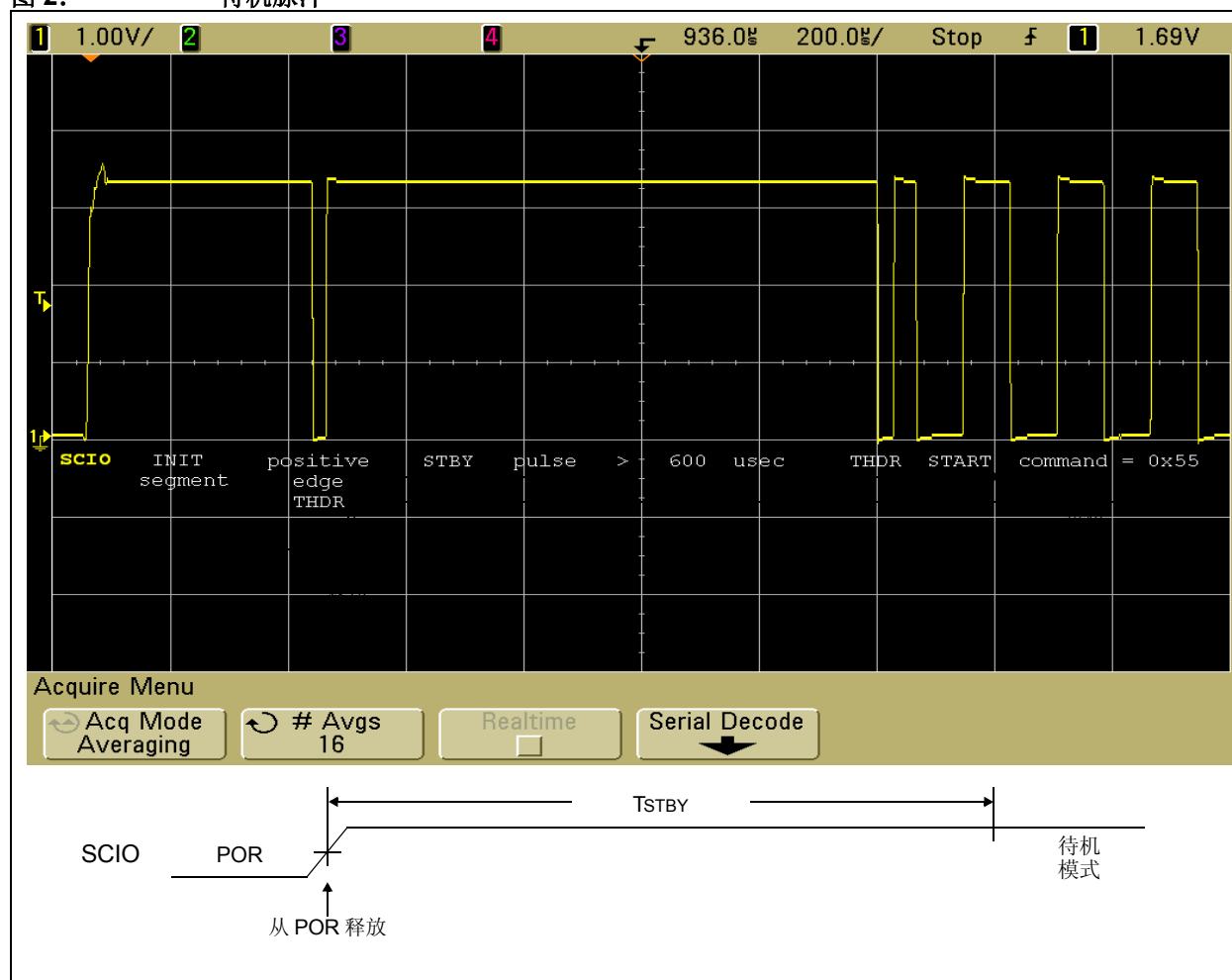
使用 11XX160 串行 EEPROM 对此代码进行了测试。此 EEPROM 具有 2K x 8 位（16 Kb）的存储空间和 16 字节页。本应用笔记给出了示波器的截屏。所有时序都基于 MCU 的内部 RC 振荡器（7.373 MHz）。如果采用更快的时钟，必须对代码进行修改来产生正确的延时。

初始化

在启动与串行EEPROM的通信之前，MCU必须在SCIO引脚上产生低电平到高电平的上升沿将串行EEPROM从上电复位（Power-on Reset, POR）状态释放。由于总线的空闲状态为高电平，所以MCU必须在SCIO上产生高-低-高脉冲。一旦串行EEPROM从POR状态释放，将产生最小持续时间为 T_{STBY} 的待机脉冲来将串行EEPROM置于待机模式，如图2所示。

注意，一旦成功执行了一条命令——由在无主应答（NoMAK）后收到从应答（SAK）来指示——串行EEPROM将立即进入待机模式而不需要待机脉冲。在这种情况下，在MCU对同一个串行EEPROM发出另一条命令之前，仅需起始报文头建立时间（ T_{ss} ）。

图 2: 待机脉冲



写使能

在对阵列或 STATUS 寄存器进行写操作之前，必须将写使能锁存器位 (WEL) 置 1。这通过发出写使能 (WREN) 命令来实现。

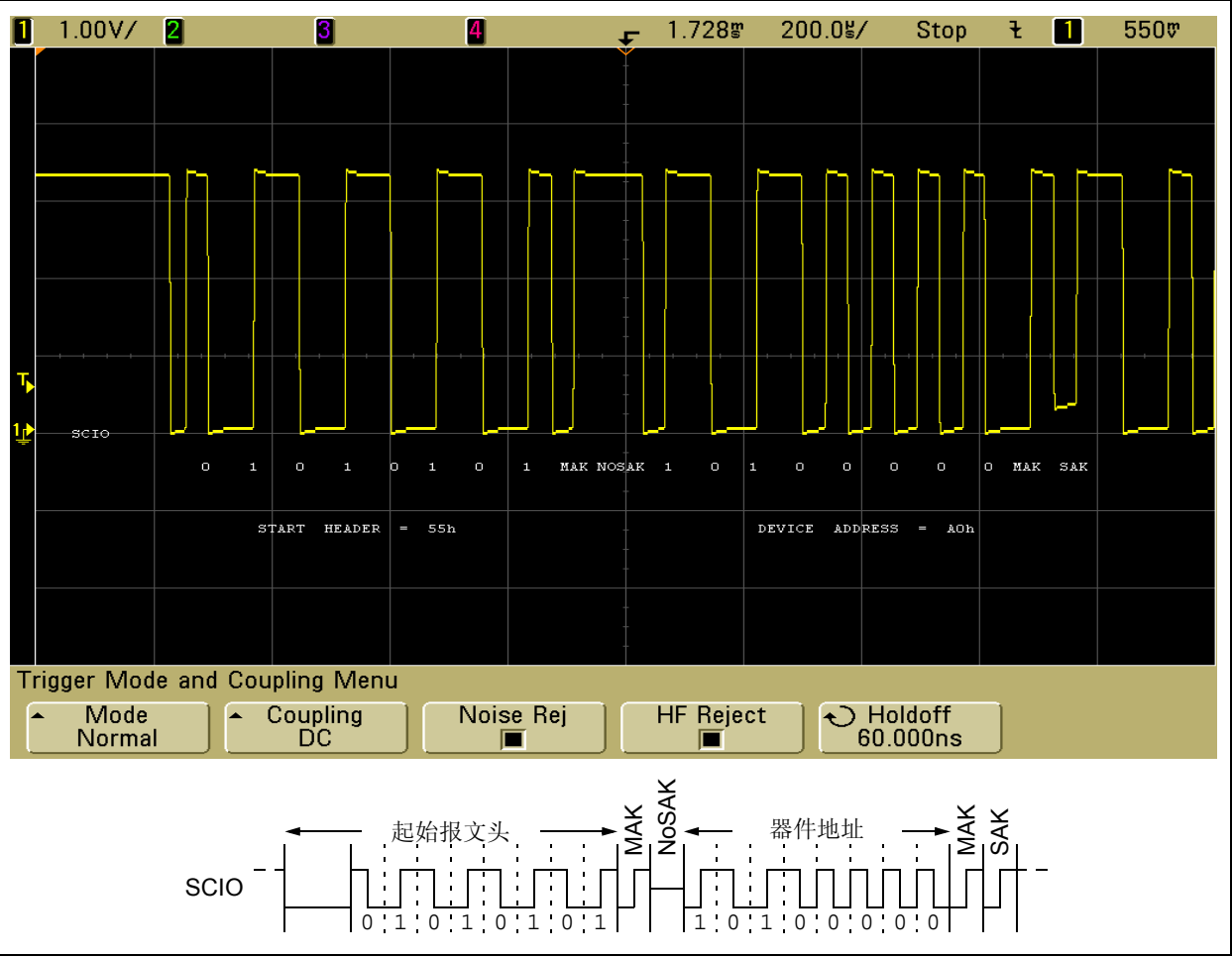
可通过发出写禁止 (WRDI) 命令来清零 WEL 位。在阵列或 STATUS 寄存器的写周期结束以及 POR 时，WEL 也被清零。

写使能操作组成如下：起始报文头，后跟器件地址和命令字节。

起始报文头和器件地址

要发出一条 WREN 命令，MCU 发送起始报文头。这包含一个低电平脉冲 (THDR)，后跟 01010101 和主应答 (MAK) 以及 NoSAK。接着，MCU 发送器件地址 (10100000) 和另一个 MAK。然后，如果起始报文头和器件地址被正确接收，串行 EEPROM 发送 SAK 来响应。图 3 给出了起始报文头和器件地址的细节。

图 3: 起始报文头和器件地址



字节写

字节写操作组成如下: 写命令, 后跟字地址和数据字节。注意, 本节虽然没有说明起始报文头和器件地址, 但它们仍然是启动该操作所必需的。

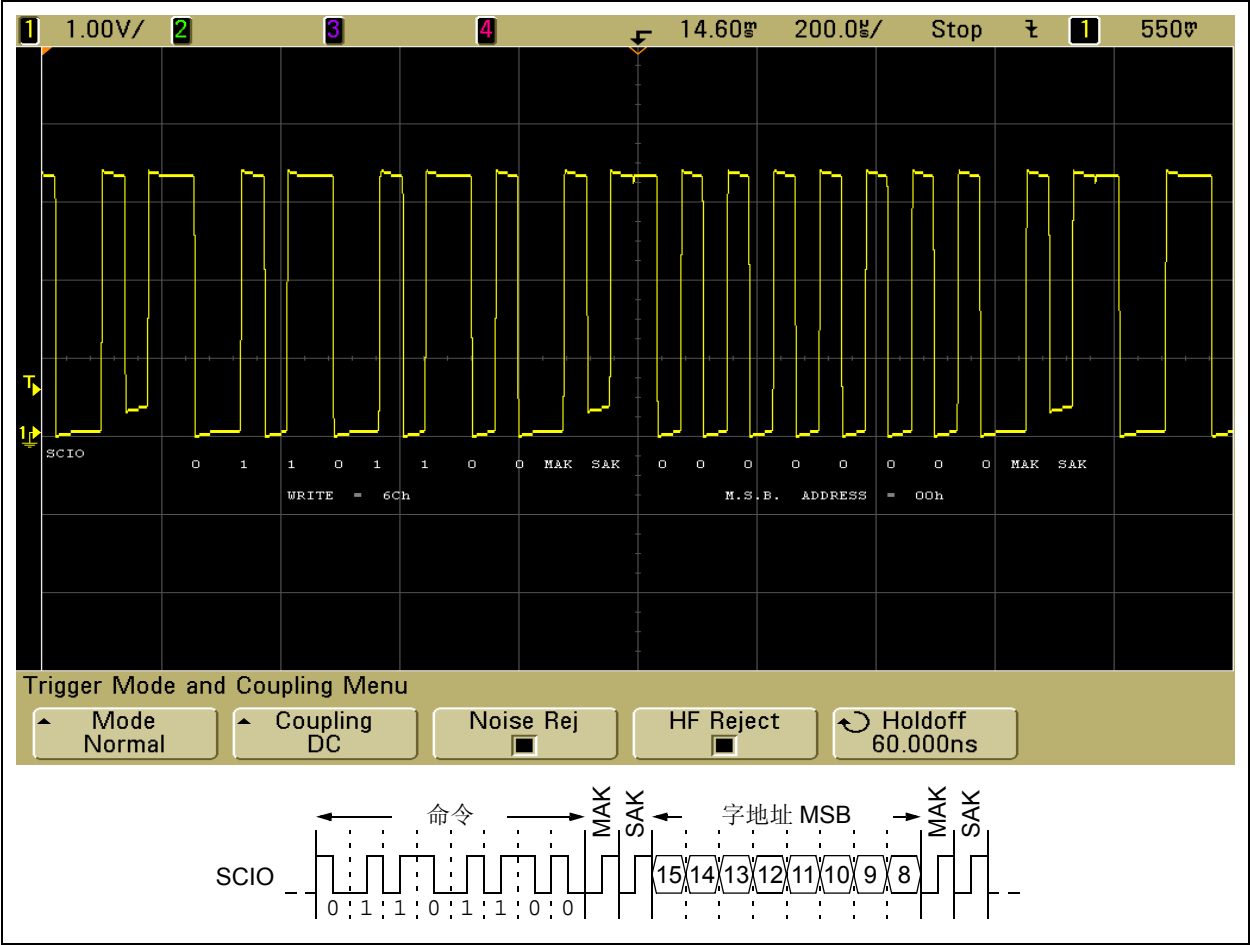
应答机制属于所提供功能的一部分, 但在此处将作为命令阐述。更多信息请参见器件数据手册。

发送写命令和字地址

在 EEPROM 器件应答了起始报文头和器件地址之后, MCU 发送写命令, 后跟字地址。写命令是 01101100 或 0x6C。11XX160 的字地址为一个 16 位值, 因此对于整个字地址必须发送两个字节, 先发送高字节。命令字节和字地址字节发送后, MCU 产生一个 MAK; 如果没有错误, 串行 EEPROM 响应一个 SAK。

图5给出了命令字节、高地址字节和相应的 MAK/SAK。低地址字节如图 6 所示。

图 5: 写命令和字地址



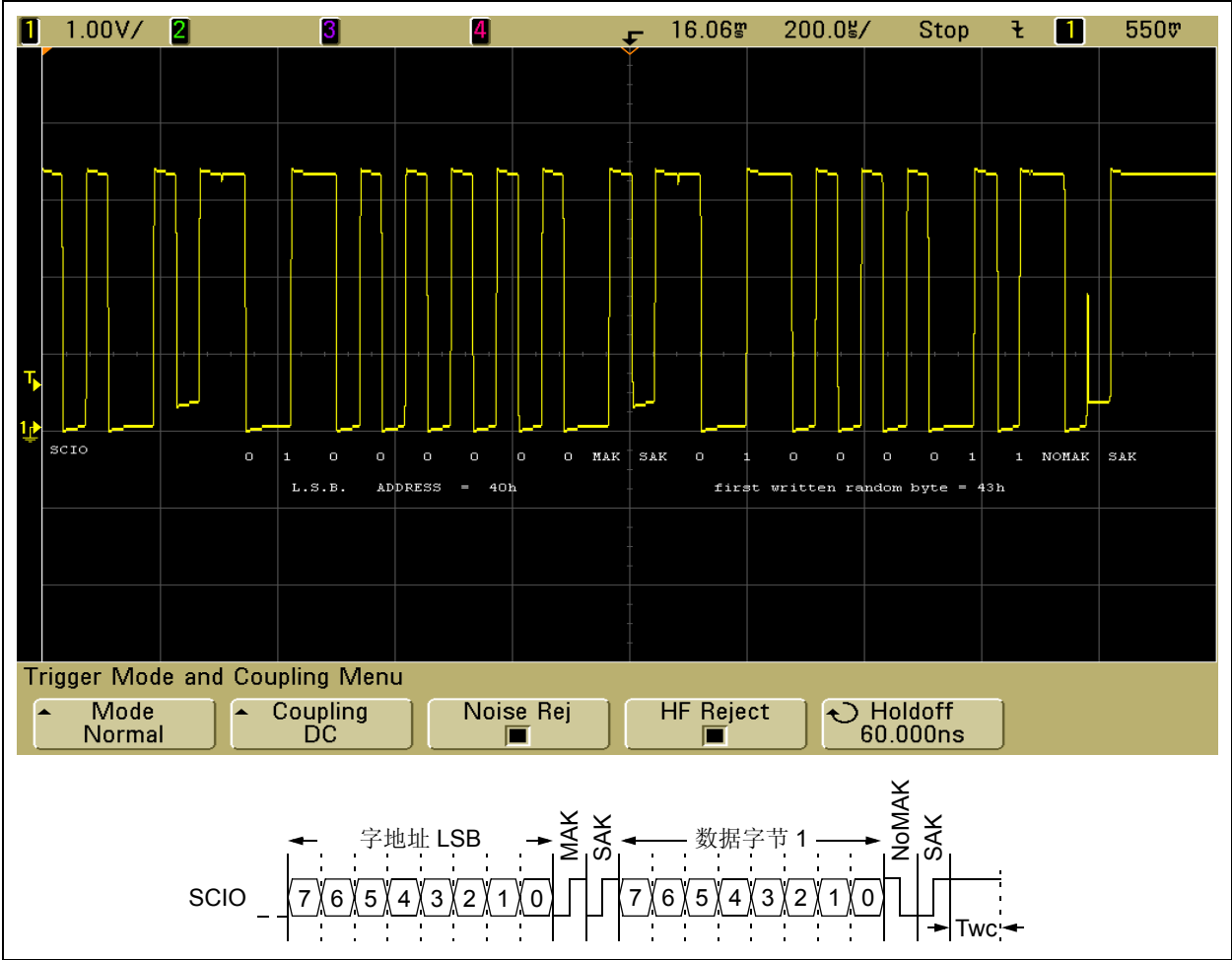
数据字节和命令终止

一旦发送了字地址且接收到最后一个 SAK，MCU 将发送数据字节。

发送完数据字节后，MCU 产生 NoMAK 代替 MAK 来终止命令，串行 EEPROM 将再次响应一个 SAK。这也将启动内部写周期（T_{wc}）。

图 6 显示了低地址字节、数据字节以及 NoMAK 和 SAK 的发送。

图 6: 数据字节和停止位



写进行查询

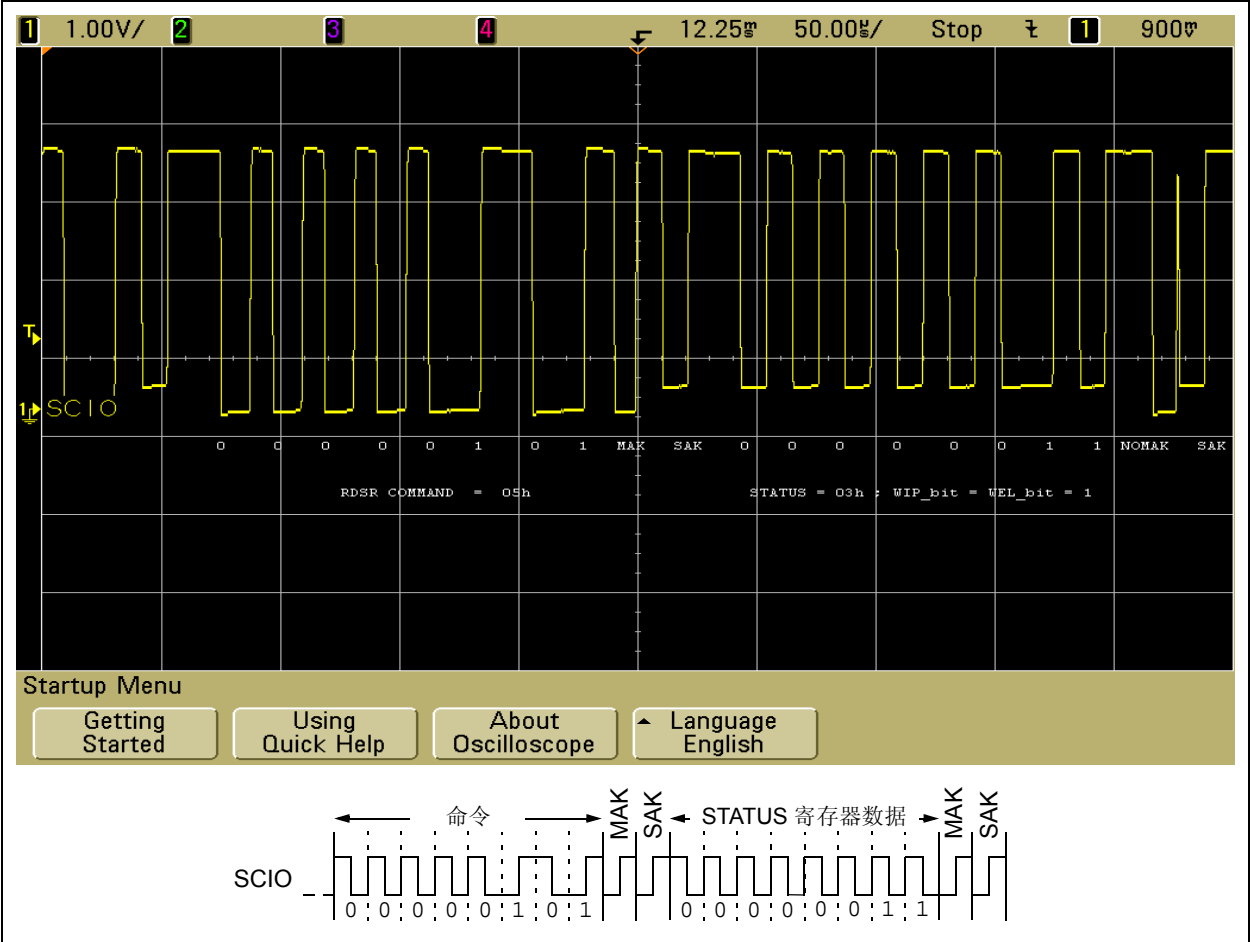
对一个阵列或 STATUS 寄存器执行了 WRITE 指令后，MCU 必须经过一个写周期时间（T_{wc}）。写周期时间是最大值，因此所需的实际时间通常比这个值要小。因此，为了尽可能高效地传输数据，强烈推荐使用写进行（WIP）查询功能。由于可在写周期中读取 STATUS 寄存器，所以可连续监视 WIP 位来确定写周期何时完成。

写进行查询程序

WIP 查询过程的组成如下：经过 T_{ss} 周期，然后 MCU 发送起始报文头和器件地址。接着，MCU 发送读 STATUS 寄存器（RDSR）命令（00000101 或 0x05）和 MAK。串行 EEPROM 在收到命令后响应一个 SAK，并接着发送 STATUS 寄存器的值。此时，可通过发送一个 MAK 来再次请求发送 STATUS 寄存器的值。发送的 WEL 和 WIP 值是动态更新的，因此 MCU 可连续检查 STATUS 寄存器。发送一个 NoMAK 来终止命令。

图 7 给出了通过 WIP 查询来检查写操作是否已完成的一个示例。在此例中，WIP 位被置 1，表明写周期尚未完成。

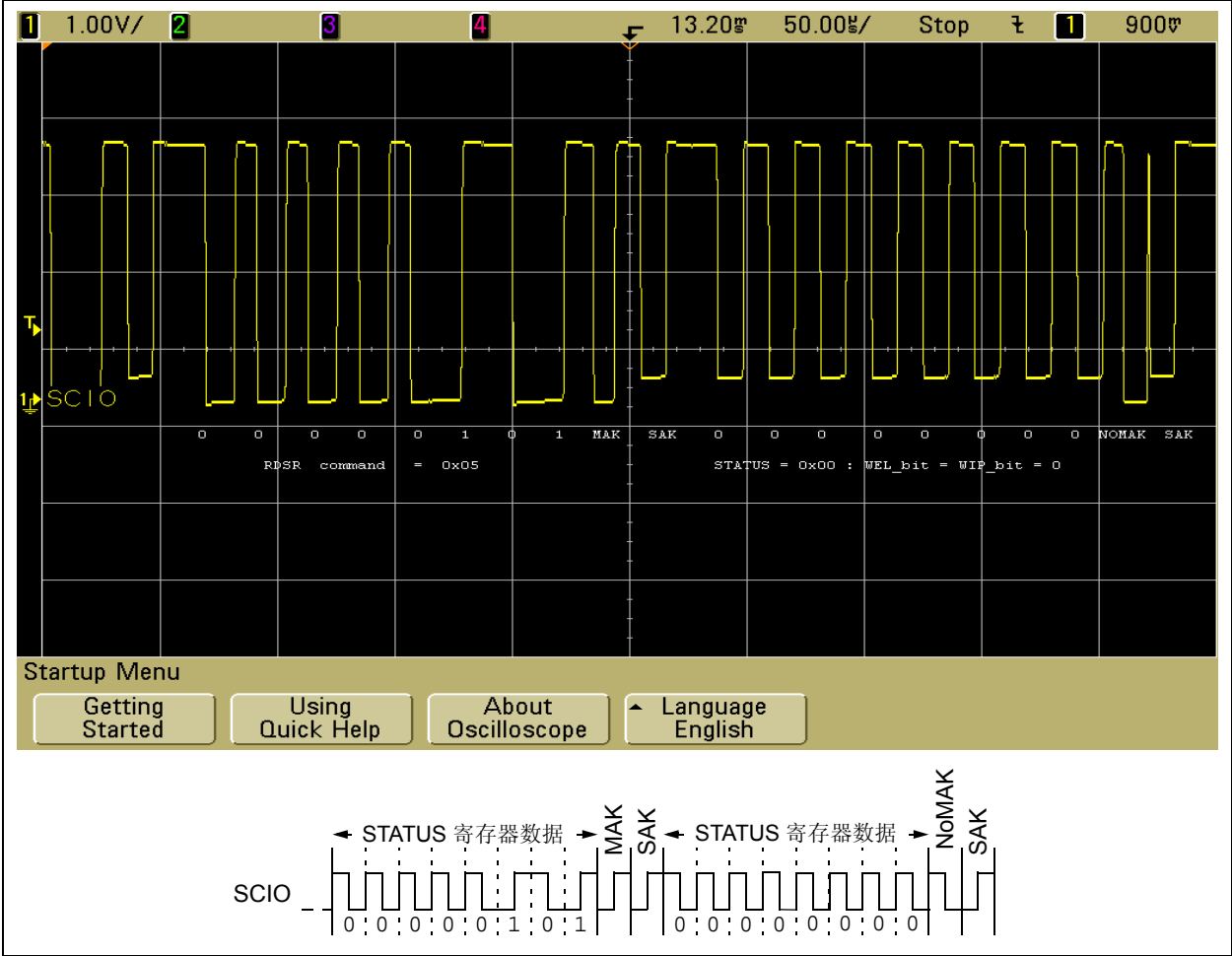
图 7： 写进行查询程序（表示写操作正在进行）



WIP 查询完成

图 8 显示了在页写操作后最终读取 STATUS 寄存器，其中 WIP 位被清零。这表明写周期已结束，串行 EEPROM 可继续进行其他操作。

图 8: WIP 查询完成（表示写周期完成）



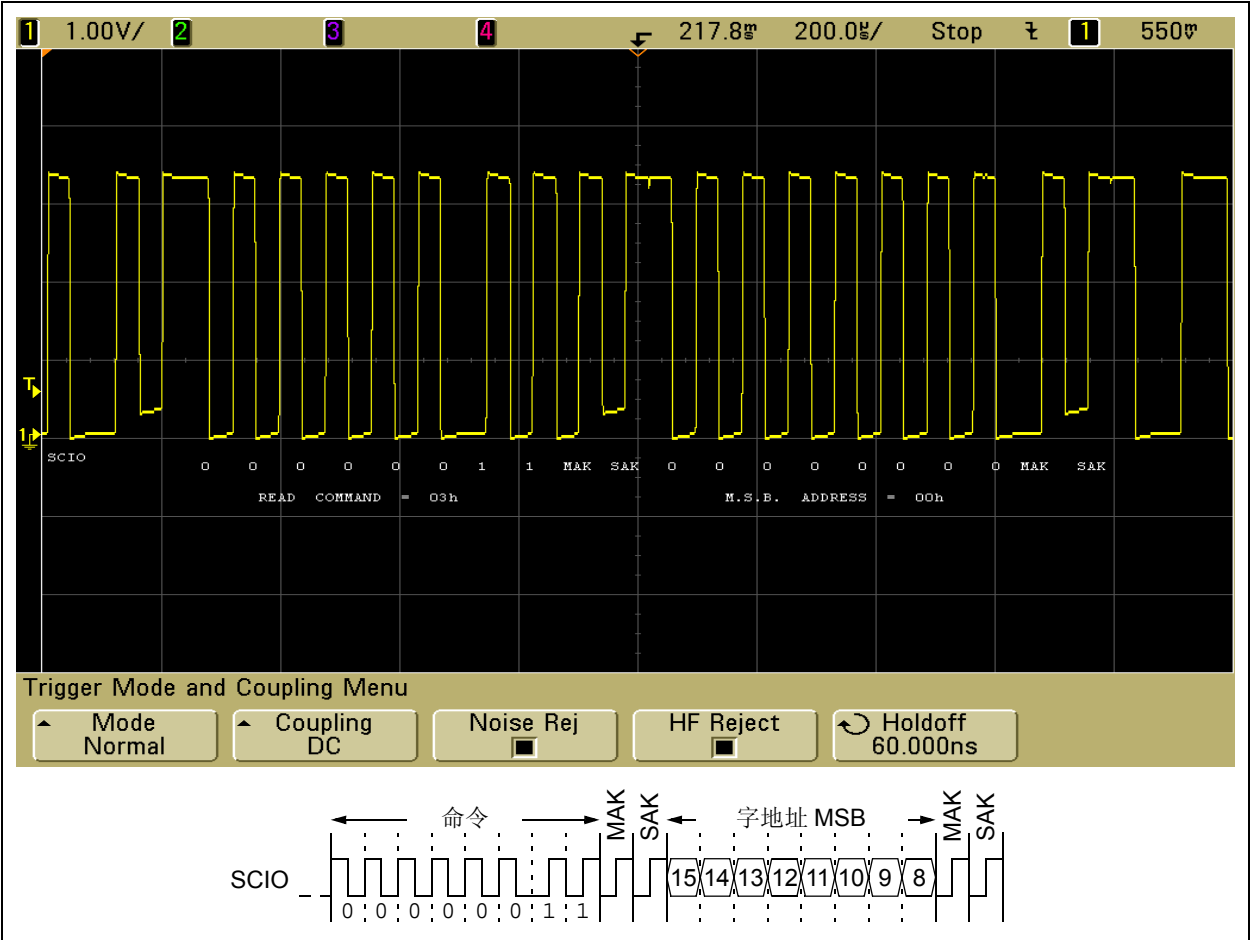
字节读

字节读操作可用于从串行 EEPROM 读数据。同字节写操作一样，必须首先发送起始报文头和器件地址；此节省略对它们的描述。MCU 向串行 EEPROM 发送命令字节，后跟字地址字节。发送每个字节后，MCU 产生一个 MAK，如果未发生错误，后面将是一个 SAK。

用于读操作的命令和字地址

图 9 给出了读命令（00000011 或 0x03）后跟高地址字节的一个示例。此例中省略低地址字节。

图 9： 字节读（命令字节和字地址）



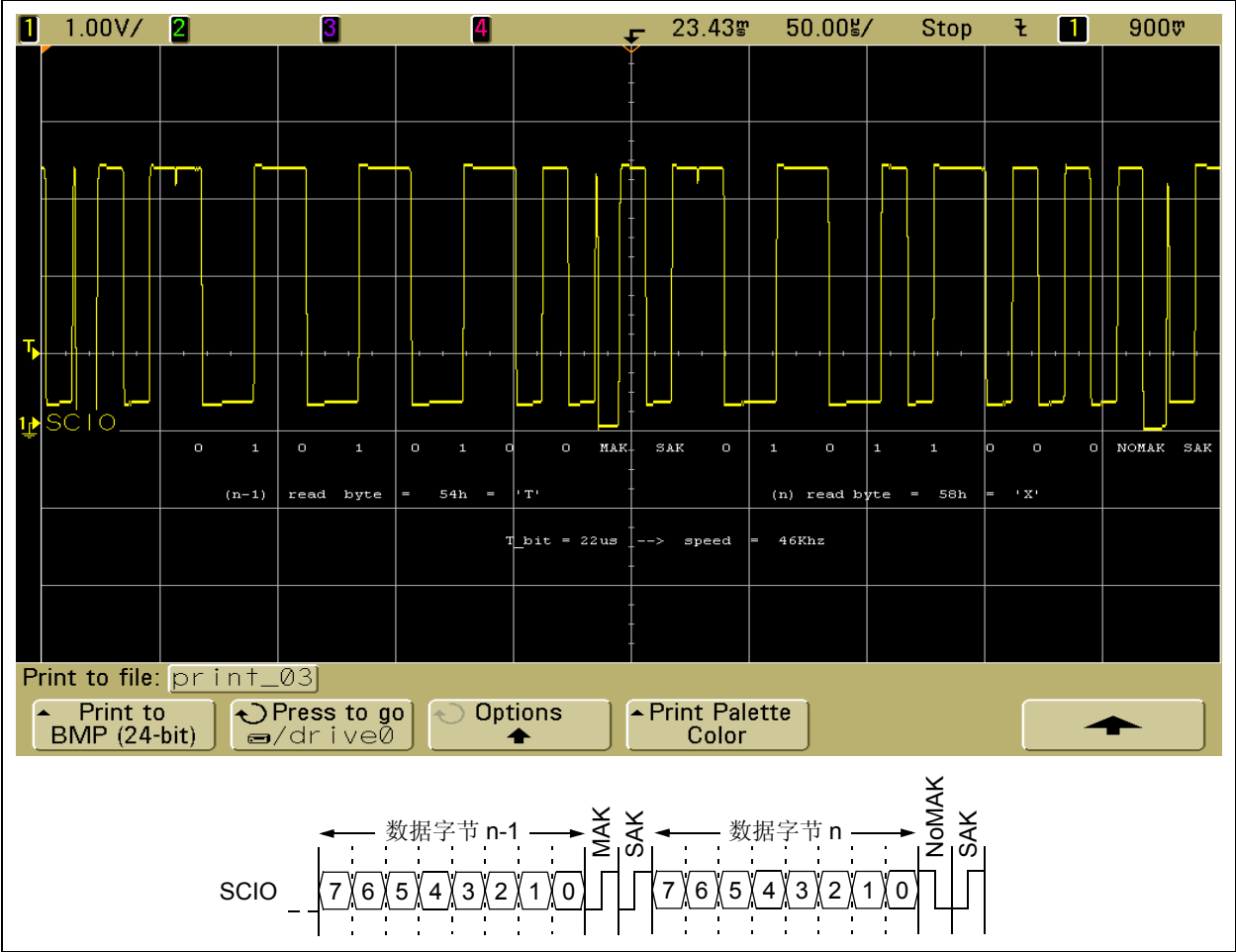
读回数据字节

发送并应答了读命令和字地址之后，串行 EEPROM 从指定的地址开始发送阵列中的数据。

如果需要读取单字节，MCU 在读取此字节后产生一个 NoMAK。如需连续读取阵列，MCU 在每个数据字节后产生一个 MAK。如果没有错误，串行 EEPROM 将响应一个 SAK。

图 10 显示了 MCU 读取两个字节数据的操作。MCU 在第二个字节后发送一个 NoMAK，以表明不再请求后续数据，用于终止命令。

图 10： 字节读（数据字节和命令终止）



页写

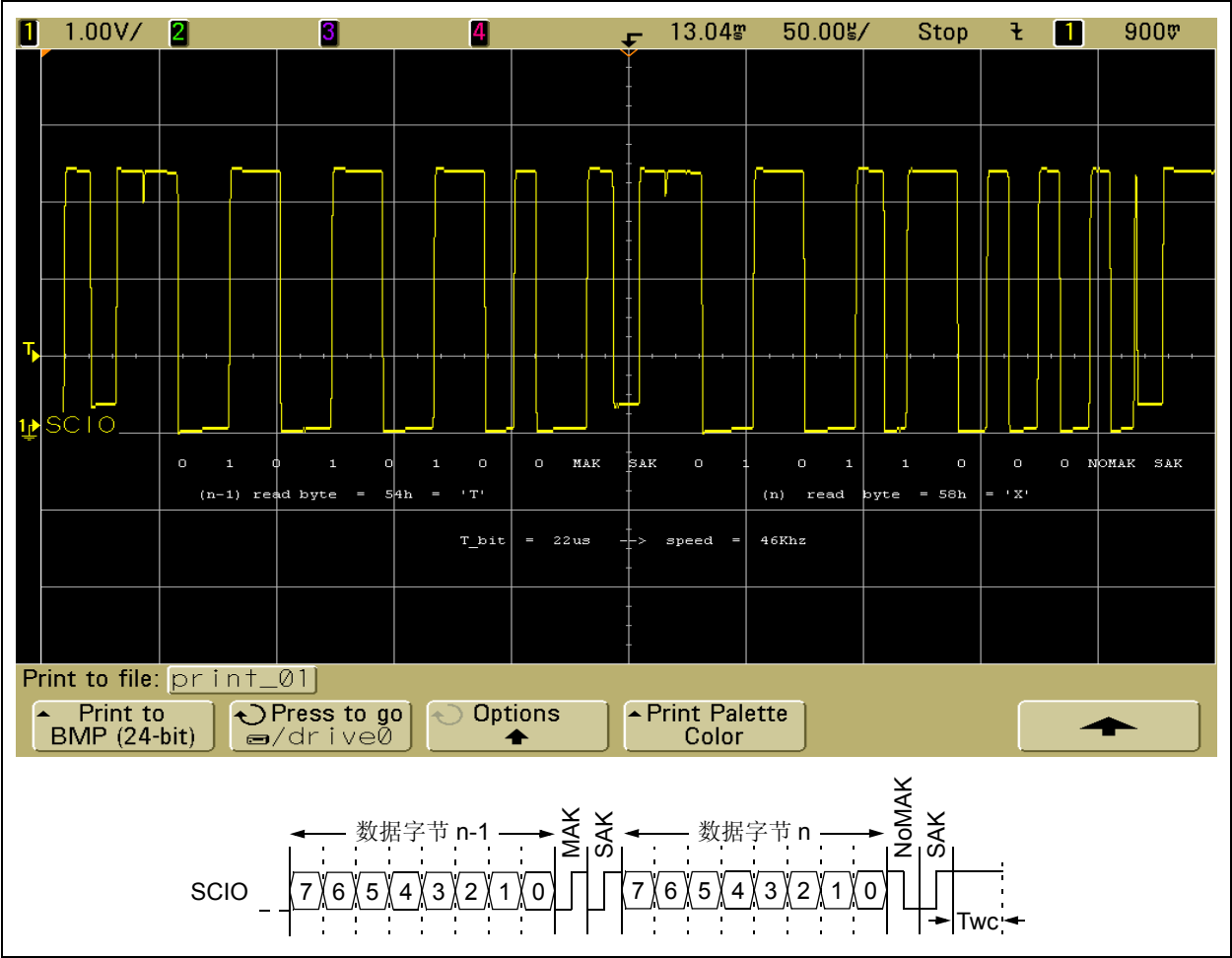
页写操作提供了一种写入大块数据时提高吞吐量的方法。串行 EEPROM 具有 16 字节的页。通过使用页写特性，可连续写入最多一整页的数据，同时起始报文头、器件地址、命令和字地址字节仅需要发送一次。但是，需要重点指出的是，不管实际写入的字节数是多少，页写操作只能在单个物理页面内进行。物理页面的边界起始于页面大小的整数倍地址，结束于 [页面大小的整数倍] - 1 的地址。试图越过页面边界进行写操作将导致数据折回到当前页面的起始处，从而覆盖了原先存储在那里的数据。

页写操作与字节写操作非常类似。但是，不同于在首个数据字节发送后产生一个 NoMAK，MCU 会继续发送更多数据字节，直到一整页数据。串行 EEPROM 在收到每个字节后自动递增内部地址指针。同字节写操作一样，MCU 产生一个 NoMAK 来启动内部写周期 (T_{wc})。

连续发送多个字节

图 11 显示了在一次页写操作期间两个连续的数据字节。注意在数据的第一个字节后发送一个 MAK，而在数据的最后一个字节后发送一个 NoMAK。

图 11: 页写（两个连续的数据字节）



结语

本应用笔记提供给设计人员一套固件程序，可通过 MCU 的一个通用 I/O 引脚来访问 UNI/O 串行 EEPROM。代码示范了字节和页操作。所有程序用基于 8051 MCU 的 C 语言编写。

代码在 Keil MCB950 评估板上开发，原理图如图 1 所示。使用 NXP P89LPC952 MCU 进行测试，使用 Keil μ Vision3 IDE 进行调试。

注:

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 愿与那些注重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。

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。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、Accuron、dsPIC、KEELOQ、KEELOQ 徽标、MPLAB、PIC、PICmicro、PICSTART、rPIC、SmartShun 和 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

FilterLab、Linear Active Thermistor、MXDEV、MXLAB、SEEVAL、SmartSensor 和 The Embedded Control Solutions Company 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Application Maestro、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、dsPICworks、dsSPEAK、ECAN、ECONOMONITOR、FanSense、In-Circuit Serial Programming、ICSP、ICEPIC、Mindi、MiWi、MPASM、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、mTouch、PICKit、PICDEM、PICDEM.net、PICtail、PIC³² 徽标、PowerCal、PowerInfo、PowerMate、PowerTool、REAL ICE、rLAB、Select Mode、Total Endurance、WiperLock 和 ZENA 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的商标。

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

在此提及的所有其他商标均为各持有公司所有。

© 2008, Microchip Technology Inc. 版权所有。

QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
== ISO/TS 16949:2002 ==

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-16949:2002 认证。公司在 PIC[®] MCU 与 dsPIC[®] DSC、KEELOQ[®] 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器和模拟产品方面的质量体系流程均符合 ISO/TS-16949:2002。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。



MICROCHIP

全球销售及服务中心

美洲

公司总部 **Corporate Office**
2355 West Chandler Blvd.
Chandler, AZ 85224-6199
Tel: 1-480-792-7200
Fax: 1-480-792-7277

技术支持:
<http://support.microchip.com>
网址: www.microchip.com

亚特兰大 Atlanta
Duluth, GA

Tel: 678-957-9614
Fax: 678-957-1455

波士顿 Boston
Westborough, MA
Tel: 1-774-760-0087
Fax: 1-774-760-0088

芝加哥 Chicago
Itasca, IL
Tel: 1-630-285-0071
Fax: 1-630-285-0075

达拉斯 Dallas
Addison, TX
Tel: 1-972-818-7423
Fax: 1-972-818-2924

底特律 Detroit
Farmington Hills, MI
Tel: 1-248-538-2250
Fax: 1-248-538-2260

科科莫 Kokomo
Kokomo, IN
Tel: 1-765-864-8360
Fax: 1-765-864-8387

洛杉矶 Los Angeles
Mission Viejo, CA
Tel: 1-949-462-9523
Fax: 1-949-462-9608

圣克拉拉 Santa Clara
Santa Clara, CA
Tel: 408-961-6444
Fax: 408-961-6445

加拿大多伦多 Toronto
Mississauga, Ontario,
Canada
Tel: 1-905-673-0699
Fax: 1-905-673-6509

亚太地区

亚太总部 **Asia Pacific Office**
Suites 3707-14, 37th Floor
Tower 6, The Gateway
Harbour City, Kowloon
Hong Kong
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8528-2100
Fax: 86-10-8528-2104

中国 - 成都
Tel: 86-28-8665-5511
Fax: 86-28-8665-7889

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2401-1200
Fax: 852-2401-3431

中国 - 南京
Tel: 86-25-8473-2460
Fax: 86-25-8473-2470

中国 - 青岛
Tel: 86-532-8502-7355
Fax: 86-532-8502-7205

中国 - 上海
Tel: 86-21-5407-5533
Fax: 86-21-5407-5066

中国 - 沈阳
Tel: 86-24-2334-2829
Fax: 86-24-2334-2393

中国 - 深圳
Tel: 86-755-8203-2660
Fax: 86-755-8203-1760

中国 - 武汉
Tel: 86-27-5980-5300
Fax: 86-27-5980-5118

中国 - 厦门
Tel: 86-592-238-8138
Fax: 86-592-238-8130

中国 - 西安
Tel: 86-29-8833-7252
Fax: 86-29-8833-7256

中国 - 珠海
Tel: 86-756-321-0040
Fax: 86-756-321-0049

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-536-4818
Fax: 886-7-536-4803

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2500-6610
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-572-9526
Fax: 886-3-572-6459

亚太地区

澳大利亚 Australia - Sydney
Tel: 61-2-9868-6733
Fax: 61-2-9868-6755

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-4182-8400
Fax: 91-80-4182-8422

印度 India - New Delhi
Tel: 91-11-4160-8631
Fax: 91-11-4160-8632

印度 India - Pune
Tel: 91-20-2566-1512
Fax: 91-20-2566-1513

日本 Japan - Yokohama
Tel: 81-45-471- 6166
Fax: 81-45-471-6122

韩国 Korea - Daegu
Tel: 82-53-744-4301
Fax: 82-53-744-4302

韩国 Korea - Seoul
Tel: 82-2-554-7200
Fax: 82-2-558-5932 或
82-2-558-5934

马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur
Tel: 60-3-6201-9857
Fax: 60-3-6201-9859

马来西亚 Malaysia - Penang
Tel: 60-4-227-8870
Fax: 60-4-227-4068

菲律宾 Philippines - Manila
Tel: 63-2-634-9065
Fax: 63-2-634-9069

新加坡 Singapore
Tel: 65-6334-8870
Fax: 65-6334-8850

泰国 Thailand - Bangkok
Tel: 66-2-694-1351
Fax: 66-2-694-1350

欧洲

奥地利 Austria - Wels
Tel: 43-7242-2244-39
Fax: 43-7242-2244-393

丹麦 Denmark-Copenhagen
Tel: 45-4450-2828
Fax: 45-4485-2829

法国 France - Paris
Tel: 33-1-69-53-63-20
Fax: 33-1-69-30-90-79

德国 Germany - Munich
Tel: 49-89-627-144-0
Fax: 49-89-627-144-44

意大利 Italy - Milan
Tel: 39-0331-742611
Fax: 39-0331-466781

荷兰 Netherlands - Drunen
Tel: 31-416-690399
Fax: 31-416-690340

西班牙 Spain - Madrid
Tel: 34-91-708-08-90
Fax: 34-91-708-08-91

英国 UK - Wokingham
Tel: 44-118-921-5869
Fax: 44-118-921-5820

01/02/08