

---

---

## Microchip USB 2.0 集线器中的USB转UART桥接功能

---

---

作者: <i>Andrew Rogers</i> <i>Microchip Technology Inc.</i>
--

### 简介

Microchip USB 2.0集线器的USB转UART桥接功能可为系统设计人员提供更多的系统控制，还能减少BOM。使用该功能时，不再需要单独的USB转UART器件，而且下行USB端口不会丢失，就像使用独立的USB转UART设备一样。Microchip USB2534、USB2533、USB2532、USB4604和USB4624集线器均提供该功能。

USB主机的命令可以发送到Microchip集线器的内部集线器功能控制器，以执行以下功能：

- 设置UART接口波特率
- UART写
- UART读

### 章节

[第1.0节“一般信息”](#)

[第2.0节“部件编号特定信息”](#)

[第3.0节“SDK实现”](#)

[第4.0节“手动实现”](#)

[第5.0节“示例”](#)

### 参考资料

有关本文档中提及的特定器件的详细信息，请参见以下文档：

- [USB2534 Data Sheet](#)
- [USB2533 Data Sheet](#)
- [USB2532 Data Sheet](#)
- [USB4604 Data Sheet](#)
- [USB4624 Data Sheet](#)
- [AN 26.18《USB253x/USB3x13/USB46x4的配置选项》](#)

# AN2001

## 1.0 一般信息

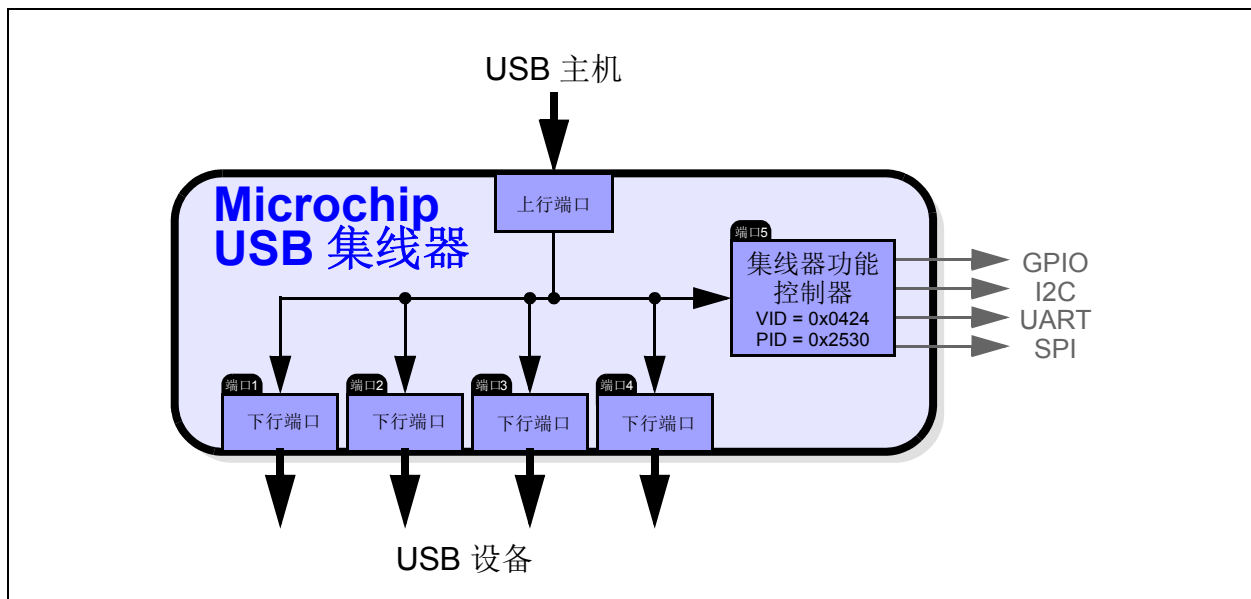
Microchip USB集线器通过向内部的集线器功能控制器（位于内部的附加USB端口上）发送主机命令来实现桥接功能。为了使桥接功能正常工作，默认情况下必须使能该内部集线器功能控制器。表1提供了有关每款器件的集线器功能控制器默认设置的详细信息。

表1: 集线器功能控制器使能的默认设置

器件编号	器件摘要	集线器控制器默认设置
USB2532	2端口USB2.0集线器	禁止（通过配置使能）
USB2533	3端口USB2.0集线器	禁止（通过配置使能）
USB2534	4端口USB2.0集线器	禁止（通过配置使能）
USB4604-1080	4端口USB2.0集线器（上行USB或HSIC）	使能
USB4604-1070	4端口USB2.0集线器（上行USB或HSIC）	禁止（订购1080 SKU）
USB464-1080	4端口USB2.0集线器（上行USB或HSIC/2个下行HSIC端口）	使能
USB4624-1070	4端口USB2.0集线器（上行USB或HSIC/2个下行HSIC端口）	禁止（订购1080 SKU）

集线器功能控制器连接到集线器内部的附加端口。例如，在使能四个端口的集线器中，集线器功能控制器连接到端口5。集线器功能控制器的产品ID（Product ID, PID）为0x2530。所有桥接命令均寻址到集线器功能控制器，而不是集线器。

图1: Microchip集线器功能控制器框图



## 1.1 UART 桥接命令

支持以下 UART 功能：

- 设置 UART 波特率
- UART 写
- UART 读

### 1.1.1 设置 UART 波特率

可以通过桥接命令调整 UART 波特率。推荐的标准波特率值为 600 Hz、1.2 kHz、2.4 kHz、4.8 kHz、9.6 kHz、19.2 kHz、38.4 kHz、57.6 kHz 或 115.2 kHz。

### 1.1.2 UART 写

通过 UART 串行端口将最多 64 字节的数据传输到连接的串行外设。

### 1.1.3 UART 读

通过 UART 串行端口从连接的串行外设同步接收最多 64 字节的数据。

# AN2001

## 2.0 部件编号特定信息

### 2.1 部件摘要

以下各表按部件编号列出了 UART 接口引脚及其相关备注。

### 2.2 USB2532

表2: USB2532 UART 接口引脚

引脚编号	名称	备注
19	UART_RX	-
21	UART_TX	-

### 2.3 USB2533

表3: USB2533 UART 接口引脚

引脚编号	名称	备注
19	UART_RX/OCS3_N	该引脚与 USB 端口 3 过电流输入共用。要用作 UART_RX 引脚，必须执行以下附加配置之一： <ul style="list-style-type: none"><li>禁止 USB 端口 3 并禁止 OCS3_N 源（寄存器 3C28h）</li><li>将过电流检测设置为多端口模式（寄存器 3006h）并禁止 OCS3_N 源（寄存器 3C28h）</li></ul>
21	UART_TX	-

### 2.4 USB2534

表4: USB2534 UART 接口引脚

引脚编号	名称	备注
19	UART_RX/OCS3_N	该引脚与 USB 端口 3 过电流输入共用。要用作 UART_RX 引脚，必须执行以下附加配置之一： <ul style="list-style-type: none"><li>禁止 USB 端口 3 并禁止 OCS3_N 源（寄存器 3C28h）</li><li>将过电流检测设置为多端口模式（寄存器 3006h）并禁止 OCS3_N 源（寄存器 3C28h）</li></ul>
21	UART_TX/OCS4_N	该引脚与 USB 端口 4 过电流输入共用。要用作 UART_RX 引脚，必须执行以下附加配置之一： <ul style="list-style-type: none"><li>禁止 USB 端口 4 并禁止 OCS4_N 源（寄存器 3C2Ch）</li><li>将过电流检测设置为多端口模式（寄存器 3006h）并禁止 OCS3_N 源（寄存器 3C2Ch）</li></ul>

## 2.5 USB4604和USB4624

表5: USB4604和USB4624 I2C接口引脚

引脚编号	名称	备注
28	UART_RX/OCS3_N	该引脚与USB端口3过电流输入共用。要用作UART_RX引脚，必须执行以下附加配置之一： <ul style="list-style-type: none"><li>• 禁止USB端口3并禁止OCS3_N源（寄存器3C28h）</li><li>• 将过电流检测设置为多端口模式（寄存器3006h）并禁止OCS3_N源（寄存器3C28h）</li></ul>
30	UART_RX/OCS4_N	该引脚与USB端口4过电流输入共用。要用作UART_RX引脚，必须执行以下附加配置之一： <ul style="list-style-type: none"><li>• 禁止USB端口4并禁止OCS4_N源（寄存器3C2Ch）</li><li>• 将过电流检测设置为多端口模式（寄存器3006h）并禁止OCS3_N源（寄存器3C2Ch）</li></ul>

## 3.0 SDK实现

实现USB转UART桥接功能最简单的方法是使用公开的USB2530 SDK（软件开发工具包）。该SDK适用于Windows®和Linux操作系统。如需下载操作系统对应的SDK软件包，请访问[microchip.com](http://microchip.com)查看本文档中所列集线器的产品页面。借助SDK中提供的库，可以用C代码实现桥接功能。

SDK软件包中包含以下内容：

- 用户指南：有关如何使用SDK和调用每个函数的详细说明
- 版本说明：
- 库文件：
  - 对于Windows：“.dll”和“.lib”文件
  - 对于Linux：可内置于“.a”文件中的“.cpp”文件
- 示例代码

### 3.1 SDK中包含的命令

- **MchpUsbUartSetConfig**：设置UART接口的波特率。
- **MchpUsbUartWrite**：通过串行端口将数据传输到连接的串行外设。
- **MchpUsbUARTRead**：通过串行端口从连接的串行外设传输数据。

有关如何使用SDK实现USB转UART桥接功能的更多详细信息，请下载SDK软件包并阅读用户指南。

## 4.0 手动实现

如果能够编译USB数据包，就能在最低级别上实现USB转UART桥接功能。如果您未使用Windows或Linux主机系统且无法使用SDK，就需要用到此方法。

下文给出了UART直通控制数据包的详细信息。

### 4.1 使能UART直通接口命令

以下SETUP数据包命令将初始化接口并执行以下操作：

- 将UART发送和接收指针复位为0
- 将接收错误状态复位为0
- 对UART接口进行以下初始化设置：9600波特率，8位模式，定时器1作为波特率发生器
- 使能异步UART接收

表6: USB 设置命令

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x2A	UART_PASSTHRU_ENTER
wValue	0x20	使能UART直通控制标志
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x00	没有数据阶段

### 4.2 配置UART接口

可以使用以下SETUP数据包命令来更改UART接口的波特率。

表7: USB 设置命令

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x40	UART_SET_REGISTERS
wValue	0x00	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x06	UART_REGS结构的大小

UART\_REGS结构的定义如下：

表8: USB 设置命令

设置参数	值	说明
保留	0x01	保留，始终为0x01
byBD	0x00或0x01	BD波特率配置字节
bySMOD	0x00或0x01	SMOD波特率配置字节
byTH1	0x00-0xFF	定时器1重载值（仅当byBD = 0x00时使用）
ws0REL	0x0000-0xFFFF	S0REL寄存器值（仅当byBD = 0x01时使用）

# AN2001

可以使用两组公式将UART接口配置为所需的波特率设置。使用这两组公式时，必须通过计算找到最佳结果（最小误差），并相应地设置byBD和bySMOD。

当byBD = 0x00且bySMOD = 0x01时，将使用byTH1：

- $byTH1 = 256 - ((2)(60,000,000)) / (384 * \text{所需的波特率})$
- $\text{实际波特率} = (2 * 60,000,000) / (384 * (256 - TH1))$
- $\text{误差} = 100 * ((\text{实际波特率} - \text{所需的波特率}) / (\text{所需的波特率}))$

当byBD = 0x01且bySMOD = 0x00时，将使用wS0REL：

- $byS0REL = 1024 - ((60,000,000) / (64 * \text{所需的波特率}))$
- $\text{实际波特率} = (60,000,000) / (64 * (1024 - S0REL))$
- $\text{误差} = 100 * ((\text{实际波特率} - \text{所需的波特率}) / (\text{所需的波特率}))$

## 4.2.1 波特率配置计算示例：

如果所需的波特率为115,200，通过以上两组公式可得出如下结果：

假设byBD = 0x00且bySMOD = 0x01：

- $byTH1 = 256 - ((2)(60,000,000)) / (384 * 115,200) = 256 - 2 = 254$
- $\text{实际波特率} = (2 * 60,000,000) / (384 * (256 - 254)) = 156,250$
- $\text{误差} = 100 * ((156,250 - 115,200) / (115,200)) = 35\%$

假设byBD = 0x01且bySMOD = 0x00：

- $byS0REL = 1024 - ((60,000,000) / (64 * 115,200)) = 1024 - 8 = 1,016$
- $\text{实际波特率} = (60,000,000) / (64 * (1024 - 1,016)) = 117,187$
- $\text{误差} = 100 * ((117,187 - 115,200) / (115,200)) = 1\%$

比较上面的两个误差结果后，应选择参数byBD = 0x01、bySMOD = 0x00且byS0REL = 0x03F8（1,016），这个组合的误差计算结果比前者要小得多。

## 4.3 UART写命令

此命令用于将数据发送到连接USB集线器的UART外设。

表9： USB设置命令

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x41	UART写命令：UART DATA PC TO DEVICE
wValue	0x00	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0xNN	待发送数据的长度（可能值为0x01-0x40）

通过指定wLength = 0x40，一条USB命令最多可发送64字节数据。

### 4.3.1 UART写入USB事务序列：

1. SETUP PACKET（主机 > 集线器）：使UART接口准备好传输数据。
2. DATA（主机 > 集线器）：从主机向集线器发送长度为wLength的数据有效负载。
3. STATUS（集线器 > 主机）：如果集线器发回IN-Zero长度数据包，则表示传输成功。如果集线器发回IN-STALL数据包，则表示传输期间出错。



## 4.4 UART 读命令

此命令用于从连接USB集线器的UART外设读取数据。

**表10: USB 设置命令**

设置参数	值	说明
bmRequestType	0xC1	供应商特定命令，将数据从设备传输到主机
bRequest	0x42	UART 写命令: UART_DATA_DEVICE_TO_PC
wValue	0x00	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0xNN	待读取数据的长度（可能值为0x01-0x40）

通过指定 wLength = 0x40，一条USB命令最多可读取64字节数据。接收到的最后一个字节始终是UART接收中的状态代码，如下所示：

- 0x00——无错误
- 0x00——缓冲区溢出（接收到的数据超出了FIFO接收器缓冲区的容量）

错误代码始终返回上一条UART\_DATA\_DEVICE\_TO\_PC命令与当前命令之间的接收状态。

### 4.4.1 UART 写入USB事务序列：

4. SETUP PACKET（主机 > 集线器）：使UART接口准备好传输数据。
5. DATA（集线器 > 主机）：从集线器向主机发送长度为wLength的数据有效负载。
6. STATUS（主机 > 集线器）：如果主机发回IN-Zero长度数据包，则表示完成数据读取。

## 4.5 禁止UART直通接口命令

要禁止UART直通接口，需使用以下SETUP数据包命令。请注意，此USB事务没有数据阶段。

**表11: USB 设置命令**

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x2B	UART_PASSTHRU_EXIT
wValue	0x20	禁止UART直通控制标志
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x00	保留

## 5.0 示例

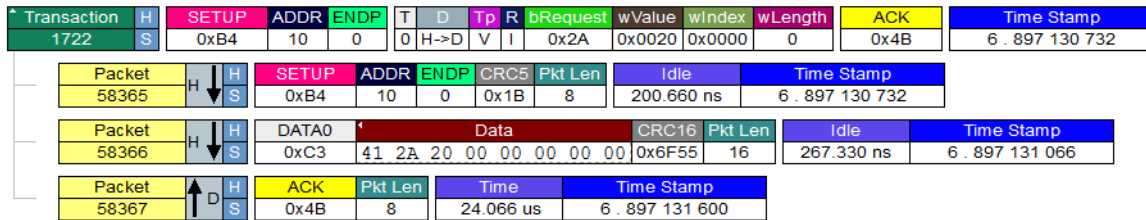
### 5.1 使能UART接口并将其配置为115,200波特率

1. 向集线器功能控制器发送命令以使能UART直通接口:

**表12: ENABLE UART直通SETUP数据包示例**

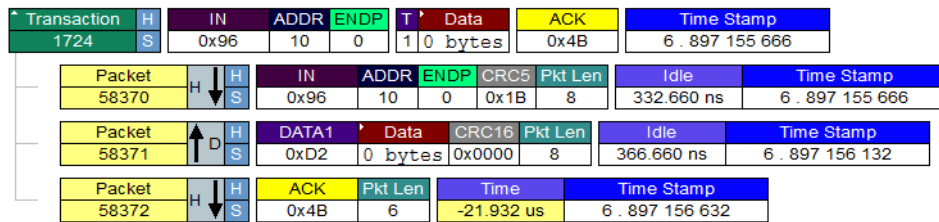
字段	值	注
bmRequestType	0x41	供应商特定命令, 将数据从主机传输到设备
bRequest	0x2A	UART_PASSTHRU_ENTER
wValue	0x20	使能UART直通控制标志
wIndex	0x0000	
wLength	0x0000	

**图2: 使能UART直通SETUP事务示例**



2. **状态 (IN事务):** 主机向集线器功能控制器发送一个IN数据包, 集线器功能控制器以零数据长度的数据包响应此数据包。主机发送ACK以完成桥接命令。

**图3: 使能UART直通IN事务示例**



3. 向集线器功能控制器发送命令以使能UART直通接口:

**表13: 配置UART直通SETUP数据包示例**

字段	值	注
bmRequestType	0x41	供应商特定命令, 将数据从主机传输到设备
bRequest	0x40	UART_SET_REGISTERS
wValue	0x00	
wIndex	0x0000	
wLength	0x06	UART_REGS结构的大小

图4: 配置UART直通SETUP事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
1725	S	0xB4	10	0	0	H->D	V	I	0x40	0x0000	0x0000	6	0x4B	6.897526566
Packet	H	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp					
58376	S	S	0xB4	10	0	0x1B	8	200.660 ns	6.897526566					
Packet	H	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
58377	S	S	0xC3	41 40 00 00 00 00 06 00	0x1C36	16	265.330 ns	6.897526900						
Packet	H	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp								
58378	S	S	0x4B	6	23.168 us	6.897527432								

4. **数据 (OUT事务)**: 主机向集线器功能控制器发送一个OUT数据包, 其中包含将UART波特率配置为115,200所需的UART REGS数据。该数据是0x01, 0x01, 0x00, 0x00, 0xF8, 0x03。有关此数据的推导过程, 请参见第4.2.1节“波特率配置计算示例:”。

图5: 配置UART直通OUT事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	NYET	Time Stamp						
1728	S	0x87	10	0	1	6 bytes	0x69	6.897552232						
Packet	H	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp					
58384	S	S	0x87	10	0	0x1B	8	200.660 ns	6.897552232					
Packet	H	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
58385	S	S	0xD2	01 01 00 00 F8 03	0x032C	14	266.660 ns	6.897552566						
Packet	H	H	NYET	Pkt Len	Time	Time Stamp								
58386	S	S	0x69	6	21.300 us	6.897553066								

5. **状态 (IN事务)**: 主机向集线器功能控制器发送一个IN数据包, 集线器功能控制器以零长度的数据事务响应此数据包。主机发送ACK以完成事务。

图6: 配置UART直通IN事务示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp						
1729	S	0x96	10	0	1	0 bytes	0x4B	6.897574366						
Packet	H	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp					
58387	S	S	0x96	10	0	0x1B	8	300.660 ns	6.897574366					
Packet	H	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
58388	S	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	398.660 ns	6.897574800						
Packet	H	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp								
58389	S	S	0x4B	6	-45.900 us	6.897575332								

## 5.2 将10字节数据发送到连接的UART器件

1. **命令阶段 1 (SETUP 事务 1)**: 本示例说明了如何对连接的 UART 器件执行 10 字节的 UART 写操作。将以下 SETUP 寄存器读取命令发送到集线器功能控制器的端点0以启动UART写功能。

表14: UART写入SETUP数据包示例

字段	值	注
bmRequestType	0x41	供应商特定命令, 将数据从主机传输到设备
bRequest	0x41	UART_DATA_PC_TO_DEVICE
wValue	0x0000	
wIndex	0x0000	
wLength	0x000A	10字节数据长度

图7: UART写SETUP事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp	
688	S	0xB4	10	0	0	H->D	V	I	0x41	0x0000	0x0000	10	0x4B	2 . 775 869 366	
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle		Time Stamp						
23371	S	0xB4	10	0	0x1B	8	200.660 ns		2 . 775 869 366						
Packet	H	DATA0	Data				CRC16	Pkt Len	Idle		Time Stamp				
23372	S	0xC3	41	41	00	00	00	00	0A	00	0xB435	16	265.330 ns		2 . 775 869 700
Packet	↑	ACK	Pkt Len	Time		Time Stamp									
23373	S	0x4B	6	25.434 us		2 . 775 870 232									

- 数据阶段1 (OUT事务1): 主机发送一个OUT数据包, 后跟一个10字节的数据有效负载。在本示例中, 数据有效负载为0x00, 0x01, 0x02, 0x03, 0x04, 0x05, 0x06, 0x07, 0x08, 0x09。集线器功能控制器在接收到数据后以NYET响应。

图8: UART写OUT事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	NYET	Time Stamp								
691	S	0x87	10	0	1	10 bytes	0x69	2 . 775 900 766								
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle		Time Stamp							
23379	S	0x87	10	0	0x1B	8	200.660 ns		2 . 775 900 766							
Packet	H	DATA1	Data				CRC16	Pkt Len	Idle		Time Stamp					
23380	S	0xD2	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	0xD15D	18	300.000 ns	2 . 775 901 100
Packet	↑	NYET	Pkt Len	Time		Time Stamp										
23381	S	0x69	6	10.236 ms		2 . 775 901 700										

- 状态阶段1 (IN事务1): 主机发送一个IN数据包以完成USB传输。集线器功能控制器以零长度的数据包进行响应。主机发送ACK以完成桥接命令。

图9: UART写IN事务示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp				
1179	S	0x96	10	0	1	0 bytes	0x4B	2 . 786 137 300				
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle		Time Stamp			
24438	S	0x96	10	0	0x1B	10	299.330 ns		2 . 786 137 300			
Packet	↑	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle		Time Stamp				
24439	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	366.660 ns		2 . 786 137 766				
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time Stamp								
24440	S	0x4B	8	2 . 786 138 266								

## 附录 A: 应用笔记版本历史

表 A-1: 版本历史

版本与日期	节/图/条目	修正
DS00002001A (09-01-15)	全部	初始版本。

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, 在 Microchip 知识产权保护下, 不得暗或以其他方式转让任何许可证。

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)。

## 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、PICKit、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 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: 978-1-5224-5912-5

## 全球销售及及服务网点

### 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://www.microchip.com/support>

网址: [www.microchip.com](http://www.microchip.com)

**亚特兰大 Atlanta**  
Duluth, GA  
Tel: 1-678-957-9614  
Fax: 1-678-957-1455

**奥斯汀 Austin, TX**  
Tel: 1-512-257-3370

**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**  
Novi, MI  
Tel: 1-248-848-4000

**休斯敦 Houston, TX**  
Tel: 1-281-894-5983

**印第安纳波利斯 Indianapolis**  
Noblesville, IN  
Tel: 1-317-773-8323  
Fax: 1-317-773-5453  
Tel: 1-317-536-2380

**洛杉矶 Los Angeles**  
Mission Viejo, CA  
Tel: 1-949-462-9523  
Fax: 1-949-462-9608  
Tel: 1-951-273-7800

**罗利 Raleigh, NC**  
Tel: 1-919-844-7510

**纽约 New York, NY**  
Tel: 1-631-435-6000

**圣何塞 San Jose, CA**  
Tel: 1-408-735-9110  
Tel: 1-408-436-4270

**加拿大多伦多 Toronto**  
Tel: 1-905-695-1980  
Fax: 1-905-695-2078

### 亚太地区

**中国 - 北京**  
Tel: 86-10-8569-7000

**中国 - 成都**  
Tel: 86-28-8665-5511

**中国 - 重庆**  
Tel: 86-23-8980-9588

**中国 - 东莞**  
Tel: 86-769-8702-9880

**中国 - 广州**  
Tel: 86-20-8755-8029

**中国 - 杭州**  
Tel: 86-571-8792-8115

**中国 - 南京**  
Tel: 86-25-8473-2460

**中国 - 青岛**  
Tel: 86-532-8502-7355

**中国 - 上海**  
Tel: 86-21-3326-8000

**中国 - 沈阳**  
Tel: 86-24-2334-2829

**中国 - 深圳**  
Tel: 86-755-8864-2200

**中国 - 苏州**  
Tel: 86-186-6233-1526

**中国 - 武汉**  
Tel: 86-27-5980-5300

**中国 - 西安**  
Tel: 86-29-8833-7252

**中国 - 厦门**  
Tel: 86-592-238-8138

**中国 - 香港特别行政区**  
Tel: 852-2943-5100

**中国 - 珠海**  
Tel: 86-756-321-0040

**台湾地区 - 高雄**  
Tel: 886-7-213-7830

**台湾地区 - 台北**  
Tel: 886-2-2508-8600

**台湾地区 - 新竹**  
Tel: 886-3-577-8366

### 亚太地区

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

**印度 India - Bangalore**  
Tel: 91-80-3090-4444

**印度 India - New Delhi**  
Tel: 91-11-4160-8631

**印度 India - Pune**  
Tel: 91-20-4121-0141

**日本 Japan - Osaka**  
Tel: 81-6-6152-7160

**日本 Japan - Tokyo**  
Tel: 81-3-6880-3770

**韩国 Korea - Daegu**  
Tel: 82-53-744-4301

**韩国 Korea - Seoul**  
Tel: 82-2-554-7200

**马来西亚 Malaysia - Kuala Lumpur**  
Tel: 60-3-7651-7906

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

**菲律宾 Philippines - Manila**  
Tel: 63-2-634-9065

**新加坡 Singapore**  
Tel: 65-6334-8870

**泰国 Thailand - Bangkok**  
Tel: 66-2-694-1351

**越南 Vietnam - Ho Chi Minh**  
Tel: 84-28-5448-2100

### 欧洲

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

**丹麦 Denmark - Copenhagen**  
Tel: 45-4485-5910  
Fax: 45-4485-2829

**芬兰 Finland - Espoo**  
Tel: 358-9-4520-820

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

**德国 Germany - Garching**  
Tel: 49-8931-9700

**德国 Germany - Haan**  
Tel: 49-2129-3766400

**德国 Germany - Heilbronn**  
Tel: 49-7131-72400

**德国 Germany - Karlsruhe**  
Tel: 49-721-625370

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

**德国 Germany - Rosenheim**  
Tel: 49-8031-354-560

**以色列 Israel - Ra'anana**  
Tel: 972-9-744-7705

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

**意大利 Italy - Padova**  
Tel: 39-049-7625286

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

**挪威 Norway - Trondheim**  
Tel: 47-7288-4388

**波兰 Poland - Warsaw**  
Tel: 48-22-3325737

**罗马尼亚 Romania - Bucharest**  
Tel: 40-21-407-87-50

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

**瑞典 Sweden - Gothenberg**  
Tel: 46-31-704-60-40

**瑞典 Sweden - Stockholm**  
Tel: 46-8-5090-4654

**英国 UK - Wokingham**  
Tel: 44-118-921-5800  
Fax: 44-118-921-5820