

---

---

## Microchip USB7002和USB705x中的USB转SPI桥接功能

---

---

作者: <i>Shiva Balasubramanian</i> <i>Microchip Technology Inc.</i>
--

### 简介

USB转SPI桥接功能为使用Microchip集线器的系统设计人员提供更多系统控制，还能减少BOM。不再需要使用单独的USB转I<sup>2</sup>C器件，并且在实现独立的USB转I<sup>2</sup>C设备时，USB下行端口也不会丢失。包含内部集线器功能控制器（Hub Feature Controller, HFC）和串行外设接口（Serial Peripheral Interface, SPI）的Microchip集线器均提供此功能。这些集线器包括USB7002、USB7050、USB7051、USB7052和USB7056。

可从USB主机将命令发送至Microchip集线器的内部HFC设备，以执行以下功能：

- 获取集线器信息
- 复位集线器
- 强制从内部ROM引导
- 使能SPI直通接口
- 禁止SPI直通接口
- SPI直通读/写

### 章节

本文档包括以下主题：

[第2页 一般信息](#)

[第4页 部件编号信息](#)

[第4页 MPLABCC DLL实现](#)

[第5页 低级别实现](#)

### 参考资料

有关本文档中提及的特定器件的详细信息，请查阅以下文档：

- *USB7002 Data Sheet*
- *USB7050 Data Sheet*
- *USB7051 Data Sheet*
- *USB7052 Data Sheet*
- *USB7056 Data Sheet*
- *SST26VF016B Data Sheet*
- *Configuration of the USB7002 and USB705x应用笔记*

# AN2790

## 一般信息

USB7002/USB705x系列USB集线器支持原生USB Type-C上行端口以及原生USB Type-C与标准USB 2.0组成的下行端口。在成功枚举集线器时，主机上的USB设备树会显示USB2.0集线器实例、USB3.0集线器实例和第三个设备（即HFC）。请参见表1了解有关默认HFC设置（按部件编号）的详细信息。

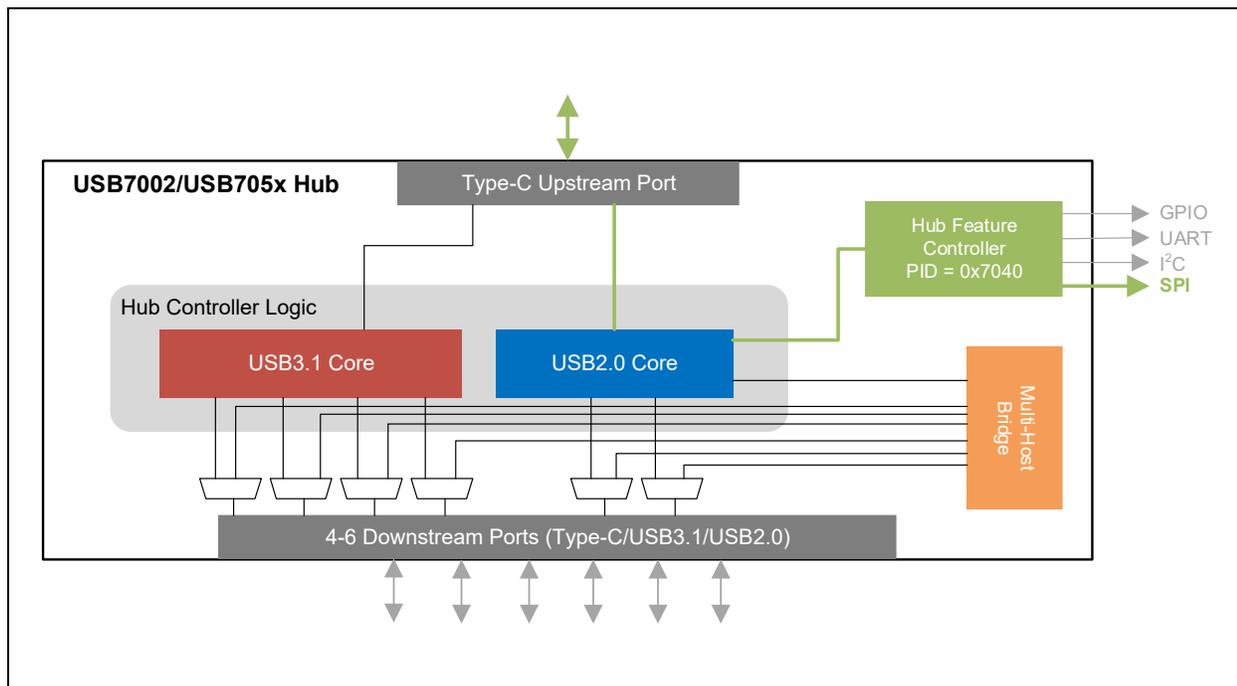
表1: 集线器功能控制器的默认使能设置

部件编号	部件摘要	集线器控制器默认设置	USB3 PID	USB2 PID
USB7002	4端口USB3.1 Gen1集线器	在端口6上使能	0x7002	0x4002
USB7050	4端口USB3.1 Gen1集线器，3个端口提供USB PD功能	在端口6上使能	0x7050	0x4050
USB7051	4端口USB3.1 Gen1集线器，2个端口提供USB PD功能	在端口6上使能	0x7051	0x4051
USB7052	4端口USB3.1 Gen1集线器，1个端口提供USB PD功能	在端口6上使能	0x7052	0x4052
USB7056	6端口USB3.1 Gen1集线器，1个端口提供USB PD功能	在端口8上使能	0x7056	0x4056

HFC是USB设备，它在一个额外的、不可移除的内部USB2.0端口上进行枚举（图1）。例如，在四端口集线器中，HFC连接到端口5。HFC的基础产品ID（Product ID, PID）为0x7040。根据在SKU中使能的功能，此PID的最后一个半字节可能会发生变化。所有SKU上默认使能HFC，若要禁用，将运行时标志寄存器的bit 8置1，其地址为0xBFDD23408。

要使用集线器的桥接功能，所有桥接主机命令都必须寻址到HFC，随后数据将传输到对应的串联接口线。

图1: MICROCHIP集线器功能控制器框图



## SPI桥接命令

支持下列SPI功能：

- 获取集线器信息
- 复位集线器
- 强制从内部ROM引导
- 禁止SPI直通接口
- 使能SPI直通接口
- SPI直通读/写

### 获取集线器信息

通过执行GET\_HUB\_INFO命令，主机可以获取有关集线器的信息。作为响应，集线器将发送包含器件版本、固件版本和引导模式等相关信息的数据包。

### 复位集线器

通过执行CMD\_DEV\_RESET命令，主机可从外部对集线器软复位。这将强制集线器固件从0x000000开始执行，并重新完成引导序列。

### 强制从内部ROM引导

如果集线器正在从外部SPI ROM执行命令，但主机希望通过SPI ROM进行SPI直通传输，则可使用此命令序列强制集线器从内部ROM引导和执行命令。

### 使能SPI直通接口

要获取SPI接口，主机必须先发送CMD\_SPI\_ENTER\_PASSTHRU SETUP数据包，然后才能执行任何SPI读/写命令。SPI接口可在30 MHz或60 MHz的频率下工作。

### 禁止SPI直通接口

在读/写操作后，可以通过发送CMD\_SPI\_EXIT\_PASSTHRU SETUP数据包禁止SPI直通接口。

### SPI直通读/写

SPI直通接口允许单/多字节读/写操作。执行这些操作时，SPI接口以完全直通方式工作，这意味着在USB传输中作为有效负载发送的任何SPI数据都将直接传输到SPI线。因此，主机必须以适当的SPI兼容格式和位顺序正确排列有效负载，包括SPI从器件地址。使用SPI写命令序列，最多可将256个字节写入SPI外设。

还可以使用SPI读/写直通传输的组合从SPI外设读取数据。主机首先需要发送SETUP数据包，通知集线器将要读取的字节数。在此命令之后，集线器会将请求的数据字节存储在位于0xBFDD2310的内部寄存器中。主机可以启动SPI读命令序列，以检索数据。每个SPI读命令序列最多可以读取512字节的数据。

## SPI接口SETUP要求

### SPI主接口

SPI接口始终作为SPI主器件使用。

### 选择SPI频率

SPI接口可在30 MHz或60 MHz频率下工作。集线器固件默认将SPI接口配置为60 MHz。通过写入地址为0xBF802400的SPI\_CTL寄存器的bit 7，可以对此进行更改，其中：

- 0 = 30 MHz
- 1 = 60 MHz

SPI固件镜像设计为按特定速度工作。在更改SPI接口速度前，请先参见正在使用的SPI固件镜像的发行说明。

# AN2790

## SPI工作模式

SPI模式0和3均受支持：

- 模式0：时钟极性 = 0，时钟边沿 = 1
- 模式3：时钟极性 = 1，时钟边沿 = 0

另外，也支持双输出使能模式。

默认的工作模式为模式0，并禁止双输出使能模式。如果要修改工作模式，必须对SPI\_CTL（0xBF802400）寄存器执行寄存器写操作。

## 部件编号信息

### 部件汇总

在USB7002/705x设备中，SPI接口信号与专用引脚相关联。请参见表2了解有关引脚的信息。

**表2： USB7002和USB705X SPI接口引脚编号**

器件	SPI_DI/ SPI_D1	SPI_CE_N	SPI_DO/ SPI_D0	SPI_CLK	SPI_D2	SPI_D3
USB7002	71	69	70	68	72	73
USB7050	71	69	70	68	72	73
USB7051	71	69	70	68	72	73
USB7052	71	69	70	68	72	73
USB7056	71	69	70	68	72	73

## MPLABCC DLL实现

实现USB转SPI桥接功能最简单的方法是使用公开发行的MPLABCC DLL。MPLABCC可用于Windows®操作系统。请访问microchip.com上的产品页面，以了解本档中列出的集线器，并下载MPLABCC包。借助MPLABCC中提供的库，可使用C编程语言实现桥接功能。

MPLABCC包中含有以下内容：

- 用户指南：详细说明了如何使用DLL API调用每个函数
- 发行说明
- 库文件：
  - 对于Windows：“.dll”和“.lib”文件
- 示例代码

### SDK中包含的命令

- MchpUsbSpiSetConfig：此API可使能或禁止SPI接口。
- MchpUsbSpiFlashWrite：此API可向SPI闪存执行写操作。
- MchpUsbSpiFlashRead：此API可从SPI闪存执行读操作。
- MchpUsbSpiTransfer：此API可向SPI接口执行写操作。不支持对任意SPI从器件执行读/写操作。

有关如何使用MPLABCC DLL实现USB转SPI桥接功能的其他详细信息，请下载MPLABCC包并参见用户指南。

## 低级别实现

如果能够建立USB数据包，就能在最低级别实现USB转SPI的桥接功能。如果无法使用Windows或SDK，就需要使用此方法。

有关这些低级别USB数据包的信息，请参见以下小节。

## 获取集线器信息

必须发送以下GET\_HUB\_INFO SETUP数据包来获取集线器相关的信息（图2）。请参见表3了解USB SETUP命令的详细信息。

**表3: USB SETUP命令：获取集线器信息**

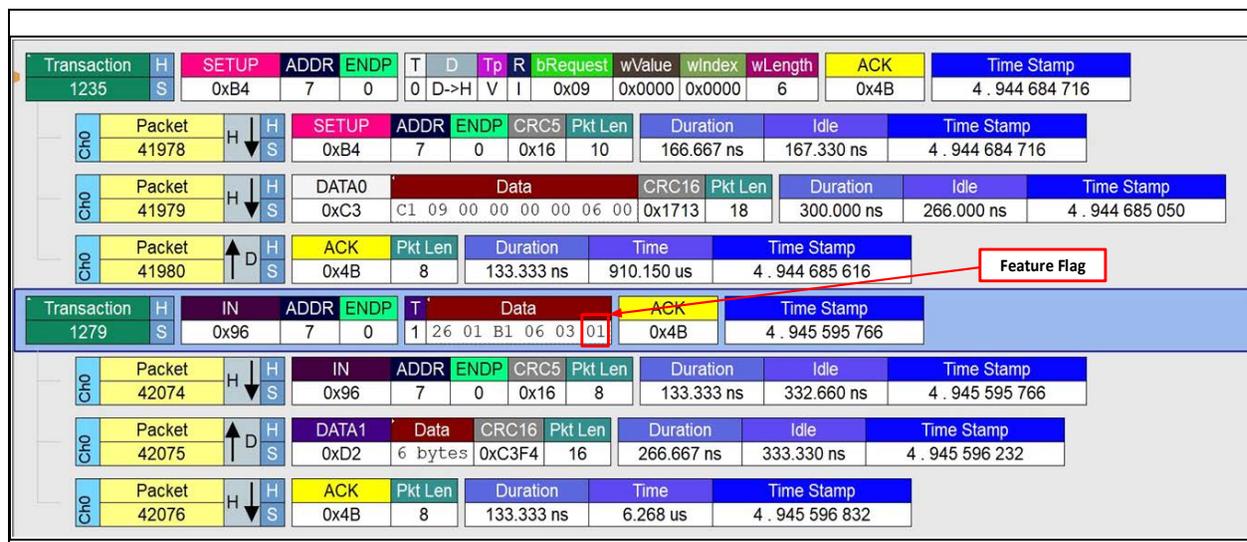
SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0xC0	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x09	GET_HUB_INFO命令
wValue	0x0000	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x0006	HUB_INFO结构的大小

在DATA阶段期间，集线器以集线器信息结构（HUB\_INFO）作为响应（图2）。有关集线器信息结构（DATA阶段）的详细信息，请参见表4。

**表4: 集线器信息结构（DATA阶段）**

偏移量	大小	域	说明
0x00	2	固件版本	固件版本
0x02	1	器件版本	硅片掩码版本
0x03	2	ASIC类型	ASIC类型： 0xA0 0xB0
0x05	1	功能标志	位0：当前代码执行区域；0：ROM，1：SPI

**图2: GET\_HUB\_INFO（SETUP和DATA阶段）**



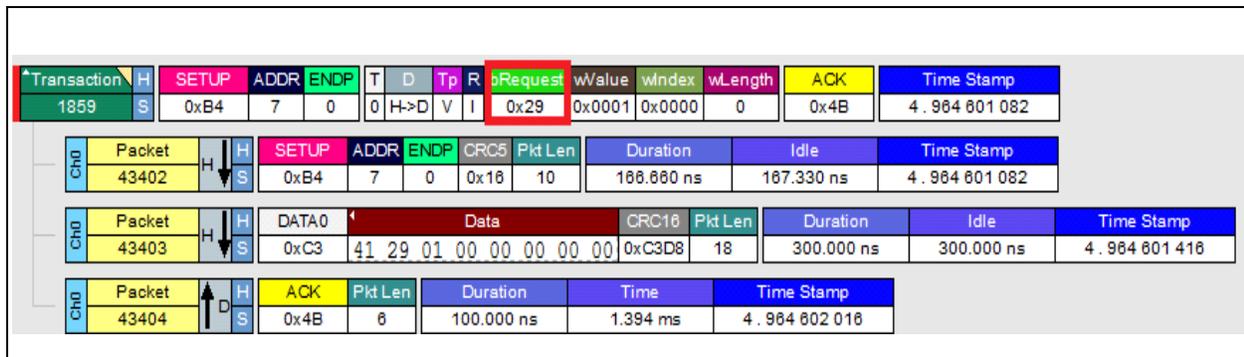
## 复位集线器

通过执行CMD\_DEV\_RESET命令，主机可从外部软复位集线器。此命令不含DATA阶段（图3）。复位集线器后，现有的设备句柄将变为无效。主机必须通过重新打开集线器来获取新的设备句柄。请参见表5了解USB SETUP命令信息。

**表5: USB SETUP命令：复位集线器**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x29	CMD_DEV_RESET命令
wValue	0x0001	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x0000	无DATA阶段

**图3: 复位集线器（SETUP阶段）**



## 强制从内部ROM引导

如果集线器正在从外部SPI ROM执行命令，但主机必须通过SPI ROM执行SPI直通操作，则必须强制集线器从内部ROM执行命令，以便主机执行直通操作。通过以下命令序列可以实现这一目标：

1. 将禁止SPI（DSPI）签名写入XDATA存储单元0xBFD227EC（图4）。集线器在引导序列期间将检查此签名。请参见表6了解USB SETUP命令。

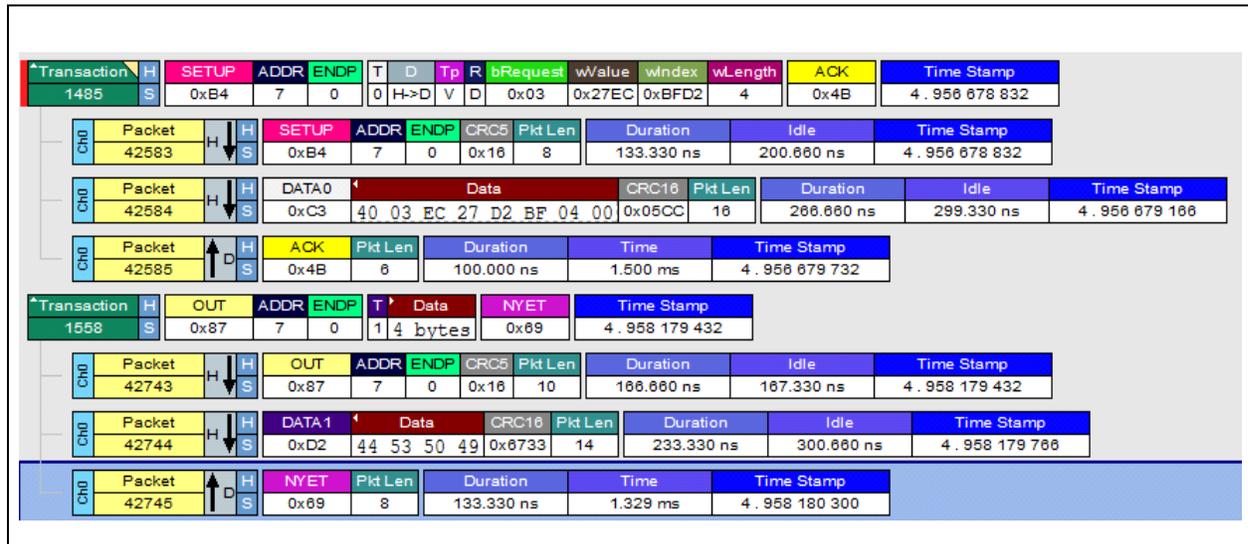
**表6: USB SETUP命令：写入DSPI签名**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x40	供应商特定的命令，从主机传输数据到设备
bRequest	0x03	CMD_MEMORY_WRITE
wValue	0x27EC	ADDR_LO
wIndex	0xBFD2	ADDR_HI
wLength	0x0004	要写入的数据字节长度

在此事务的DATA阶段，DSPI签名将发送至集线器。

EP0 OUT数据 = 0x44、0x53、0x50和0x49（‘D’、‘S’、‘P’和‘I’）

图4: XDATA (0XBFD227EC) 写命令 (SETUP和DATA阶段)



2. 将XDATA存储器地址0xBFD1DA1C的bit 3置1 (图5)。请参见表7了解USB SETUP命令信息。

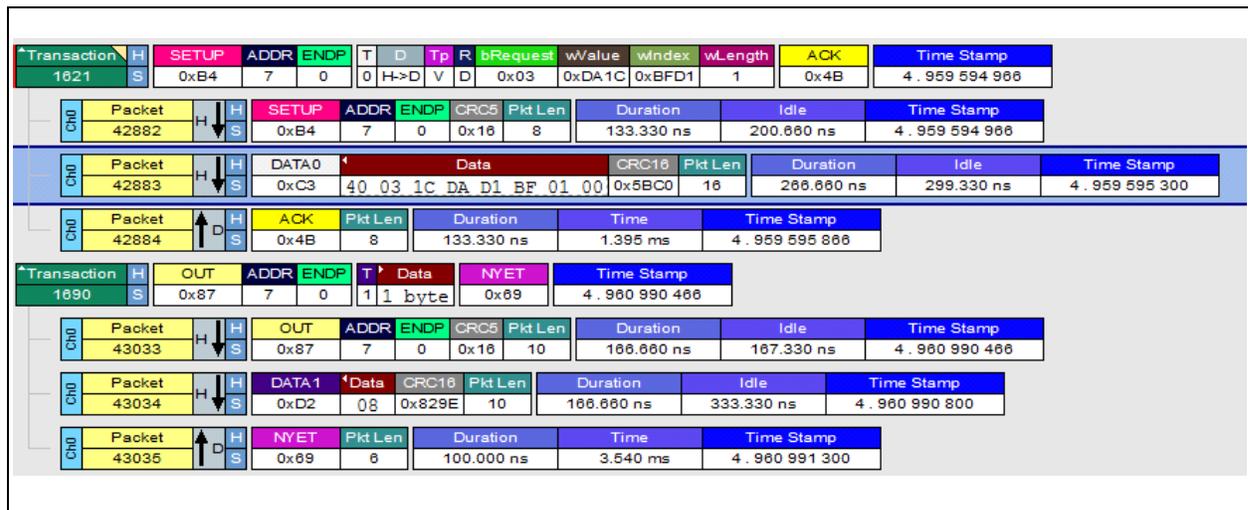
表7: USB SETUP命令: 将地址0XBFD1DA1C的BIT 3置1

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x40	供应商特定的命令, 从主机传输数据到设备
bRequest	0x03	CMD_MEMORY_WRITE
wValue	0xDA1C	ADDR_LO
wIndex	0xBFD1	ADDR_HI
wLength	0x0001	要写入的数据字节长度

在此事务的DATA阶段, 签名0x08将发送至集线器 (图5)。

EP0 OUT数据 = 0x08

图5: XDATA (0XBFD1DA1C) 写 (SETUP和DATA阶段)



3. 按照第6页复位集线器中的说明复位集线器。

# AN2790

## 使能SPI直通接口

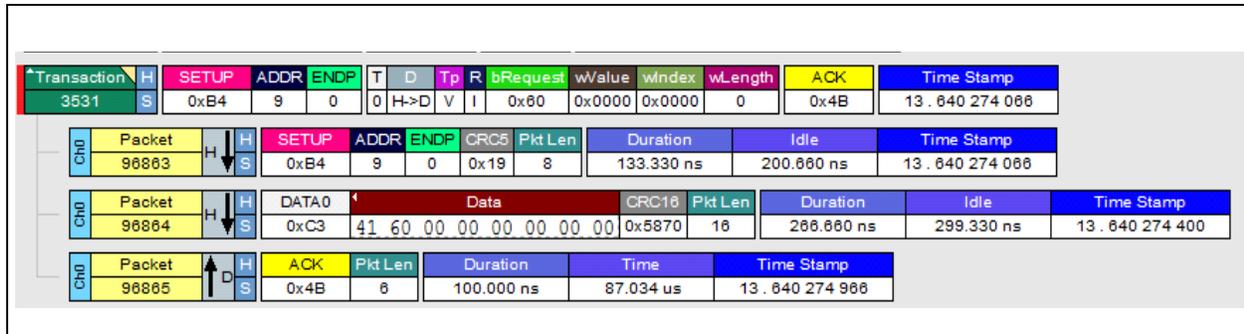
要使能SPI直通接口，必须使用以下SETUP数据包命令（图6）。必须先使能接口，主机才能执行任何读/写命令。

**注：** 此USB事务没有DATA阶段。请参见表8了解USB SETUP命令。

**表8: USB SETUP命令：使能直通接口**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x60	CMD_SPI_ENTER_PASSTHRU
wValue	0x0000	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x0000	无DATA阶段

**图6: 使能SPI直通接口（SETUP阶段）**



## 禁止SPI直通接口

要禁止SPI直通接口，必须使用以下SETUP数据包命令（图7）。

**注：** 此USB事务没有DATA阶段。请参见表9了解USB SETUP命令。

**表9: USB SETUP命令：禁止SPI直通接口**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x62	CMD_SPI_EXIT_PASSTHRU
wValue	0x0000	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x0000	无DATA阶段

图7: 禁止SPI直通接口 (SETUP阶段)

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
81795	S	0xB4	9	0	0	H->D	V	I	0x62	0x0000	0x0000	0	0x4B	15.286.565.716
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Duration	Idle	Time Stamp					
286258	H	0xB4	9	0	0x19	10	166.667 ns	167.330 ns	15.286.565.716					
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Duration	Idle	Time Stamp						
286259	H	0xC3	41 62 00 00 00 00 00 00	0x9C73	18	300.000 ns	266.000 ns	15.286.566.050						
Packet	H	ACK	Pkt Len	Duration	Time	Time Stamp								
286260	H	0x4B	8	133.333 ns	64.266 us	15.286.566.616								
Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time	Time Stamp					
81799	S	0x96	9	0	1	0 bytes	0x4B	289.968 us	15.286.630.882					

## SPI直通读/写命令

SPI直通读/写命令序列包含以下阶段:

### CMD\_SPI\_ACCESS阶段

**注:** 在启动此阶段之前, 确保将XDATA存储器地址0xBF23408的bit 13置1。有关更多详细信息, 请参见应用笔记 *Configuration of the USB7002 and USB705x*。

主机将在CMD\_SPI\_ACCESS阶段发送以下SETUP数据包命令。在这种情况下, 非零wIndex将存放一些可配置域, 这些域会指示集线器固件在SPI读/写期间轮询任何状态位 (如果轮询SPI闪存, 则为忙状态位)。请参见表10了解USB SETUP命令。

表10: USB SETUP命令: CMD\_SPI\_ACCESS

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令, 将数据从主机传输到设备
bRequest	0x61	CMD_SPI_PASS_THRU_WRITE
wValue	0xNNNN	总长度是指在此SETUP数据包之后的DATA阶段发送至SPI外设的数据字节总数。 总长度 = 签名长度 + 可配置域数 + 命令长度 + 响应长度 (“SPID” 签名 (4个字节) + 可配置域 (4个字节) + 要在命令缓冲区中传输的字节数 + 要在响应缓冲区中接收的字节数)
wIndex	0xNN00	该值将存放轮询状态位所需的可配置域的数量。NN是可配置域的数量。  可配置参数为: <ul style="list-style-type: none"> <li>要轮询的状态 (忙状态) 位单元</li> <li>用于读取状态的操作码</li> <li>响应中的空字节数</li> <li>用于提取正在轮询的状态寄存器值的响应缓冲区的索引</li> </ul> 此处的NN为04。
wLength	N	SPI接口将在以下DATA阶段传输的字节数 wLength = 总长度 - 响应长度

# AN2790

## DATA阶段

在此阶段，主机将OUT DATA数据包发送到SPI外设。此数据包的格式如下：

EP0 DATA =

- 索引0: S (0x53)
- 索引1: P (0x50)
- 索引2: I (0x49)
- 索引3: D (0x44)
- 索引4: 忙状态位 (0x01)
- 索引5: 读状态操作码
- 索引6: 响应中的空字节数量
- 索引7: 用于提取正在轮询的状态寄存器值的响应缓冲区的索引
- 索引8到索引n: 命令缓冲区数据 (命令字节、地址字节、空字节以及最多256个数据字节)

## 检索数据 (仅适用于块读)

这些额外的SETUP和DATA阶段仅在SPI块读的情况下适用。在前一个DATA阶段 (请参见第10页DATA阶段)，集线器将基于操作码从SPI外设检索请求数量的数据字节，并将其存储在地址为0xBFDD2310的内部寄存器中。

在此阶段，集线器首先发送以下SETUP数据包，以读取集线器内包含所请求数据的内部寄存器。请参见表11了解USB SETUP命令。

**表11: USB SETUP命令: SPI块读**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0xC0	供应商特定的命令，从设备传输数据到主机
bRequest	0x04	CMD_MEMORY_READ
wValue	0x2310	ADDR_LO
wIndex	0xBFDD2	ADDR_HI
wLength	0xNNNN	要检索的数据字节的数量

这之后即是DATA阶段，集线器将使用IN数据包对主机做出响应，其中包含从SPI外设检索的请求数量的字节。

## 单字节指令写入示例

要在使用SST26VF016B SPI闪存时使能写锁存器，需要写入单字节指令（WREN），如图8所示。请参见表12了解USB SETUP命令信息。

**表12: USB SETUP命令：SPI单字节写入**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x61	CMD_SPI_PASS_THRU_WRITE
wValue	0x0009	总长度 = 签名长度（4个字节）+ 可配置域数（4个字节）+ 命令长度（1个字节）+ 响应长度（0字节）
wIndex	0x0400	用于轮询状态的可配置域的数量  可配置参数为： <ul style="list-style-type: none"> <li>• 要轮询的忙状态位单元（0x01）</li> <li>• RDSR操作码（0x05）</li> <li>• 响应中的空字节数（0x00）</li> <li>• 用于提取返回的状态寄存器值的响应缓冲区的索引（0x01）</li> </ul>
wLength	0x0009	SPI接口将在以下DATA阶段传输的字节数。 wLength = 总长度 - 响应长度 wLength = 9 - 0 = 9字节

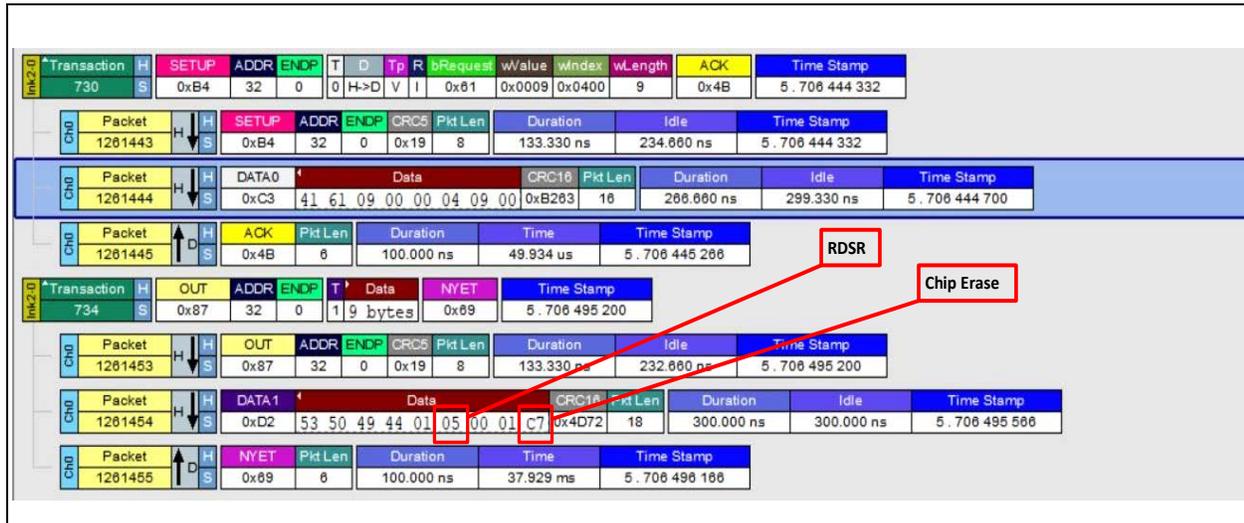
0x05是读状态寄存器（RDSR）指令，0xC7是SST26VF016B的全片擦除指令。

在此命令序列的DATA阶段，主机将包含九个字节的OUT数据包发送至SPI闪存，如图8所示。

EP0 OUT数据 =

- 索引0: S（0x53）
- 索引1: P（0x50）
- 索引2: I（0x49）
- 索引3: D（0x44）
- 索引4: 忙状态位（0x01）
- 索引5: 读状态操作码（RDSR:0x05）
- 索引6: 响应中的空字节数量（0x00）
- 索引7: 用于提取读状态字节的响应缓冲区的索引（0x01）
- 索引8到索引9: 命令缓冲区数据[命令字节: 全片擦除（0xC7）]

图8: 单字节SPI写入 (SETUP和DATA阶段)



## SPI块写入示例

SPI直通接口允许主机执行最高256字节的块写。图9显示了用于向SST26VF016B SPI闪存执行块写的SETUP数据包。请参见表13了解USB SETUP命令的详细信息。

表13: USB SETUP命令: SPI块写

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x61	CMD_SPI_PASS_THRU_WRITE
wValue	0x010C	总长度 = 签名长度 (4个字节) + 可配置域数 (4个字节) + 命令长度 (1个字节的操作码 + 3个字节的地址 + 256个字节的数据) + 响应长度 (0字节)
wIndex	0x0400	用于轮询状态的可配置域的数量。  可配置参数为: <ul style="list-style-type: none"> <li>要轮询的忙状态位单元 (0x01)</li> <li>RDSR操作码 (0x05)</li> <li>响应中的空字节数 (0x00)</li> <li>用于提取返回的状态寄存器值的响应缓冲区的索引 (0x01)</li> </ul>
wLength	0x010C	SPI接口将在以下DATA阶段传输的字节数 wLength = 总长度 - 响应长度 wLength = 268 - 0 = 268字节 (0x010C)



# AN2790

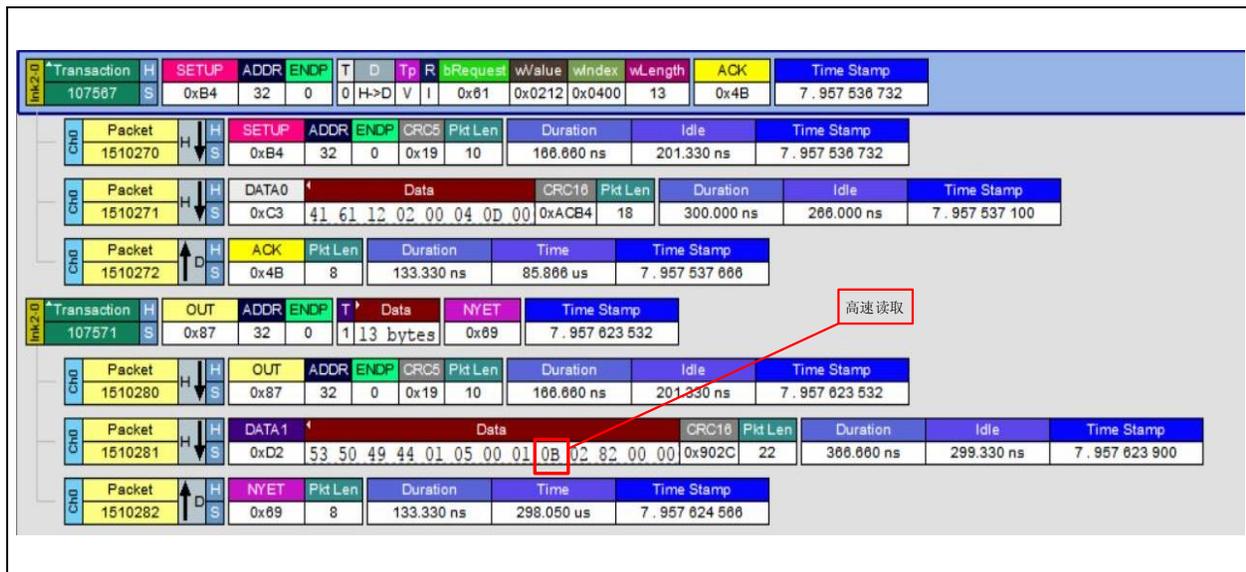
## SPI块读示例

SPI直通接口允许主机执行最高512字节的块读。图11显示了在使用SST26VF016B SPI闪存时用于此事务的SETUP数据包。请参见表14了解USB SETUP命令信息。

表14: USB SETUP命令: SPI块读

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0x41	使用以设备为目标的供应商特定命令，将数据从主机传输到设备
bRequest	0x61	CMD_SPI_PASS_THRU_WRITE
wValue	0x0212	总长度 = 签名长度 (4个字节) + 可配置域数 (4个字节) + 命令长度 (1个字节的操作码 + 3个字节的地址 + 1个空字节) + 响应长度 (512个字节的数据) + 5个字节 (要忽略的前5个字节)
wIndex	0x0400	用于轮询状态的可配置域的数量。  可配置参数为: <ul style="list-style-type: none"> <li>• 要轮询的忙状态位单元 (0x01)</li> <li>• RDSR操作码 (0x05)</li> <li>• 响应中的空字节数 (0x00)</li> <li>• 用于提取返回的状态寄存器值的响应缓冲区的索引 (0x01)</li> </ul>
wLength	0x000D	SPI接口将在以下DATA阶段传输的字节数 wLength = 总长度 - 响应长度 wLength = 530 - 517 = 13字节 (0x000D)

图11: SPI块读 (SETUP阶段1和DATA阶段1)



在DATA阶段 (图11)，将向集线器发送13个字节。DATA数据包含有以下内容:

EPO OUT数据 =

- 索引0: S (0x53)
- 索引1: P (0x50)
- 索引2: I (0x49)

- 索引3: D (0x44)
- 索引4: 忙状态位 (0x01)
- 索引5: 读状态操作码 (RDSR:0x05)
- 索引6: 响应中的空字节数量 (0x00)
- 索引7: 用于提取读状态字节的响应缓冲区的索引 (0x01)
- 索引8到索引12: 命令缓冲区数据[命令字节: 高速读取 (0x0B)、地址字节 (0x02、0x82、0x00) 和空字节 (0x00) ]

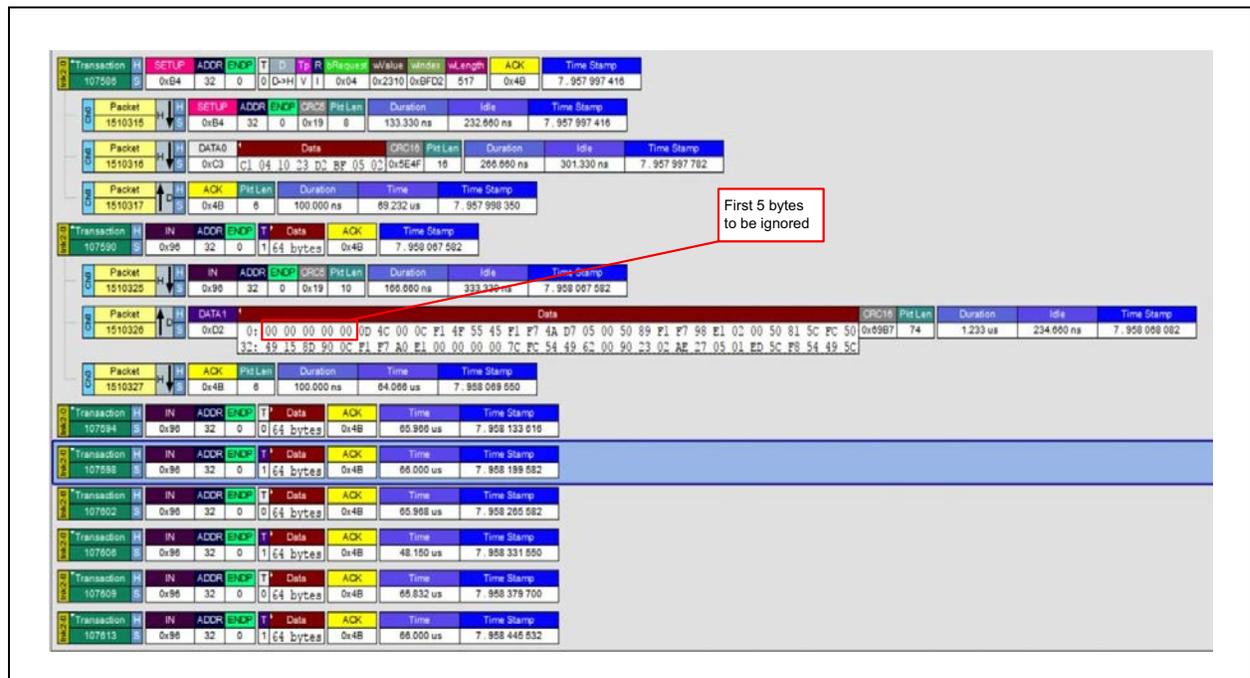
在这种情况下, 高速读取 (0x0B) 指令只适用于SST26VF016B。

随后, 主机将通过发送SETUP数据包启动第二个SETUP阶段, 以读取包含待读取数据字节的集线器内部寄存器, 地址为0xBFDD2310。图12显示于此SETUP数据包。请参见表15了解USB SETUP命令详细信息。

**表15: USB SETUP命令: SPI块读**

SETUP数据包	值	说明
bmRequestType	0xC0	供应商特定的命令, 从器件传输数据到主机
bRequest	0x04	CMD_MEMORY_READ
wValue	0x2310	ADDR_LO
wIndex	0xBFDD2	ADDR_HI
wLength	0x0205	要检索的数据字节数 (517个字节) 任何SPI读取操作的前5个字节都会被忽略。因此, 必须在要读取的字节数的基础上再加5个字节。

**图12: SPI块读 (SETUP阶段2和DATA阶段2)**



在此之后的DATA阶段, 集线器将以IN数据包作为响应 (图12), 该数据包中含有通过直通接口从SPI闪存检索到的总共517个字节。DATA阶段返回的前5个字节为0, 需要将其忽略。

# AN2790

---

## 附录A： 应用笔记版本历史

表A-1： 版本历史

版本和日期	节/图/条目	修正
DS00002790A (09-12-18)	所有	初始版本

注:

## MICROCHIP网站

Microchip网站 ([www.microchip.com](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

## 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，请访问 [www.microchip.com/pcn](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://microchip.com/support>获得网上技术支持。

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、Liberio、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、Mindī、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。

© 2019, Microchip Technology Incorporated版权所有。

ISBN: 978-1-5224-4981-2



## 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://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: 45-4450-2828  
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