
Microchip USB 2.0 集线器的 USB 转 SPI 桥接功能

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

简介

凭借 Microchip 集线器的 USB 转 SPI 桥接功能，系统设计人员可以扩展系统控制并有可能减少 BOM。使用 Microchip 的 USB 集线器时，不再需要单独的 USB 转 SPI 器件并且不会丢失 USB 下行端口（采用单独的 USB 转 SPI 器件时会丢失 USB 下行端口）。包含内部集线器功能控制器和 SPI 接口的 Microchip 集线器上提供该功能。这些集线器包括 USB3613、USB3813、USB4604 和 USB4624。

可将相应命令从 USB 主机发送到 Microchip 集线器中的内部集线器功能控制器来执行以下功能：

- 使能 SPI 直通接口
- SPI 写/读
- 禁止 SPI 直通接口

章节

[第 1.0 节“一般信息”](#)

[第 2.0 节“器件编号的特定信息”](#)

[第 3.0 节“SDK 实现”](#)

[第 4.0 节“手动实现”](#)

参考资料

有关本文档中提到的具体器件的详细信息，请查阅以下文档：

- *USB3613 Data Sheet*
- *USB3813 Data Sheet*
- *USB4604 Data Sheet*
- *USB4624 Data Sheet*
- *AN 26.18 Configuration of the USB253x / USB3x13 / USB46x4*

AN1971

1.0 一般信息

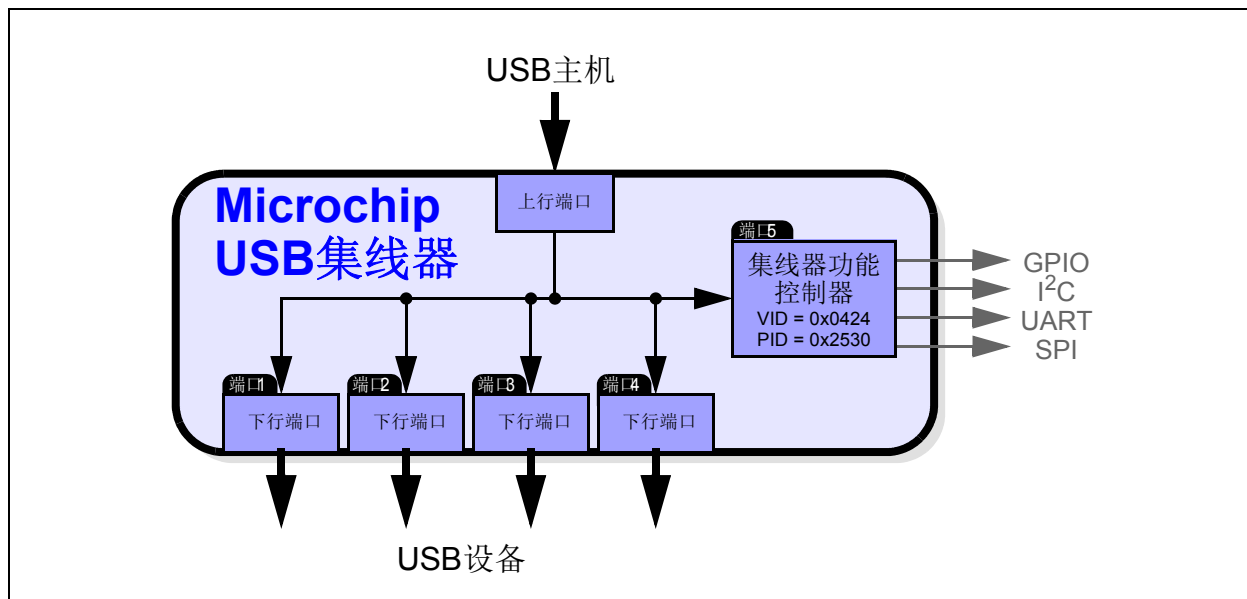
Microchip USB集线器桥接功能的工作原理是将主机命令发送到位于附加内部USB端口上的嵌入式集线器功能控制器。为使桥接功能正常工作，必须默认使能该内部集线器功能控制器。有关集线器功能控制器默认设置（按器件）的详细信息，请参见下表。

表1: 集线器功能控制器使能的默认设置

器件编号	器件概要	集线器控制器默认设置
USB2532	2端口USB 2.0集线器	禁止（通过配置使能）
USB2533	3端口USB 2.0集线器	禁止（通过配置使能）
USB2534	4端口USB 2.0集线器	禁止（通过配置使能）
USB3613	3端口USB 2.0移动集线器 (HSIC上行/1个HSIC下行端口)	禁止（通过配置使能）
USB3813	3端口USB 2.0移动集线器（1个HSIC下行端口）	禁止（通过配置使能）
USB4604-1080	4端口USB 2.0集线器（USB或HSIC上行）	使能
USB4604-1070	4端口USB 2.0集线器（USB或HSIC上行）	禁止（订购1080 SKU）
USB464-1080	4端口USB 2.0集线器 (USB或HSIC上行/2个HSIC下行端口)	使能
USB4624-1070	4端口USB 2.0集线器 (USB或HSIC上行/2个HSIC下行端口)	禁止（订购1080 SKU）

集线器功能控制器与集线器中的附加内部端口相连。例如，在四端口集线器中，集线器功能控制器与端口5相连。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，而非集线器。

图1-1: MICROCHIP集线器功能控制器框图



1.1 SPI桥接命令

支持以下SPI功能：

- 使能SPI直通接口
- SPI写/读
- 禁止SPI直通接口

1.1.1 使能SPI直通接口

执行任何SPI写命令或读命令之前，需要一条用于使能SPI接口的命令。SPI接口可在30 MHz或60 MHz（基于引脚配置脚）频率下工作。

1.1.2 SPI写/读

SPI接口以完全直通的方式工作。这意味着主机必须以适当的SPI兼容格式和位顺序（包含SPI从器件地址）正确安排有效数据载荷。每个SPI写命令序列可发送最多256字节的有效数据载荷。

也可通过SPI写命令从SPI器件读取数据。每次读操作可从SPI器件读取最多512字节的数据。读取的数据存储在集线器的内部寄存器（从寄存器0x4A10开始）中。要获取数据，必须使用USB到寄存器读命令。更多详细信息，请参见AN 26.18 *Configuration of the USB253x / USB3x13 / USB46x4*。

1.1.3 禁止SPI直通接口

可在完成对器件的写/读操作后，禁止SPI接口。

1.2 SPI接口设置要求

1.2.1 SPI主接口

SPI接口始终用作SPI主器件。

1.2.2 选择SPI频率

SPI接口可在30 MHz或60 MHz频率下工作。速度通过设置SPI_SD_SEL引脚（运行时还包括SPI_DO引脚）的引脚配置脚来选择，需要在上电或复位时检测。配置脚选项包括：

- GND（逻辑0）= 30 MHz
- 3.3V（逻辑1）= 60 MHz

在30 MHz模式下运行时，SPI_DO/SPI_SPD_SEL引脚将在挂起状态下驱动为0V。在60 MHz模式下运行时，SPI_DO/SPI_SPD_SEL引脚将在挂起状态下置为三态。

1.2.3 SPI工作模式

支持SPI模式0和SPI模式3：

- 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

还支持双输出使能模式。

默认工作模式为模式0且禁止双输出使能模式。如果要修改工作模式，必须对SPI_CONTROL寄存器执行寄存器写操作。有关如何修改该寄存器的详细信息，请参见AN 26.18 *Configuration of the USB253x / USB3x13 / USB46x4*。

AN1971

2.0 器件编号的特定信息

2.1 器件汇总

下列各表列出了SPI接口引脚（按器件编号）及与这些引脚相关的注。

2.2 USB3613和USB3813

表2: USB3613和USB3813 I²C接口引脚

引脚编号	名称	注
E2	SPI_DI	-
E1	SPI_CE_EN	-
D3	SPI_DO	该引脚也是SPI_SPD_SEL配置脚，用于在30 MHz和60 MHz的工作速度之间进行选择。
D2	SPI_CLK	-

2.3 USB4604和USB4624

表3: USB4604和USB4624 I²C接口引脚

引脚编号	名称	注
31	SPI_DI	-
25	SPI_CE_EN	-
26	SPI_DO	该引脚也是SPI_SPD_SEL配置脚，用于在30 MHz和60 MHz的工作速度之间进行选择。
27	SPI_CLK	-

3.0 SDK实现

实现USB转SPI桥接功能的最简单方法是使用公开提供的USB2530 SDK（软件开发工具包）。SDK可在Windows®和Linux®操作系统下使用。请访问microchip.com上与本文档中列出的任何集线器对应的产品页面，下载适用于所需操作系统的SDK包。利用SDK提供的库，可以在C代码中实现桥接功能。

SDK包中包含以下内容：

- 用户手册：详细介绍了如何使用SDK和调用每个函数
- 版本说明：
- 库文件：
 - 对于Windows：“.dll”和“.lib”文件
 - 对于Linux：“.cpp”文件，可编译到“.a”文件中
- 示例代码

3.1 SDK中包含的命令

- **MchpUsbSpiSetConfig**：使能或禁止SPI接口。
- **MchpUsbSpiWrite**：向SPI从器件写入最多255字节的数据。
- **MchpUsbSpiRead**：从SPI从器件读取最多255字节的数据。

有关如何使用SDK实现USB转SPI桥接功能的更多详细信息，请下载SDK包并阅读用户手册。

4.0 手动实现

如果能够构建USB数据包，则可在最低层级实现USB转SPI桥接功能。如果没有Windows或Linux主机系统并且无法使用SDK，则需要使用此方法。

下面给出了SPI直通控制数据包的详细信息。

4.1 使能SPI直通接口命令

要使能SPI直通接口，需要以下SETUP数据包命令。执行任何写命令或读命令之前，必须使能该接口。请注意，该USB事务没有数据阶段。

表4: USB设置命令

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令，主机到设备数据传输
bRequest	0x60	寄存器读命令：CMD_SPI_ENTER_PASSTHRU
wValue	0x0000	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x00	无数据阶段

4.2 SPI写命令

该命令用于对与USB集线器相连的SPI外设执行写数据或读数据操作。

表5: USB设置命令

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令，主机到设备数据传输
bRequest	0x61	寄存器读命令：CMD_SPI_WRITE
wValue	0xFFFF	要发送到SPI外设的数据的总长度（SETUP数据包后的数据长度）。
wIndex	0x0000	保留
wLength	0xNN	SPI接口将为已发送命令返回的字节数

可从一个USB命令读取的最大数据量为512字节，需指定wValue = 517，wLength = 5。

可写入SPI外设的最大数据量为256字节，需指定wValue = wLength = 260。

4.2.1 SPI写USB事务序列：

1. SETUP PACKET: 将“写使能”操作码发送到SPI ROM（wValue = wLength = 1）
2. DATA: 0x06（“写使能”的操作码）
3. STATUS: 集线器发出IN零长度数据包
4. SETUP PACKET: 发送有效数据载荷
5. DATA: EP0数据至SPI ROM，0x02 + 24位SPI地址 + 数据流
6. STATUS: 如果集线器发出IN零长度数据包，则传输成功。如果集线器发出IN-STALL数据包，则传输期间存在错误。

4.2.2 SPI读 USB事务序列:

1. SETUP PACKET: 与上面定义相同。
2. DATA: EP0 OUT 数据至 SPI ROM, 0x0B + 24 位 SPI 地址 + 0x00 (虚拟字节)。
3. STATUS: 如果集线器发出 IN 零长度数据包, 则传输成功。如果集线器发出 IN-STALL 数据包, 则传输期间存在错误, 这可能是由于 SPI 从器件的 ACK 丢失引起的。
4. 对集线器执行配置寄存器读操作 (从寄存器 0x4A10 开始) 以获取读数据。请参见 AN 26.18——USB253x/USB3x13/USB46x4 的配置。

4.3 禁止 SPI 直通接口命令

要启用 SPI 直通接口, 需要以下 SETUP 数据包命令。请注意, 该 USB 事务没有数据阶段。

表 6: USB 设置命令

设置参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定命令, 主机到设备数据传输
bRequest	0x62	寄存器读命令: CMD_SPI_ENTER_PASSTHRU
wValue	0x0000	保留
wIndex	0x0000	保留
wLength	0x00	无数据阶段

AN1971

5.0 示例

5.1 向SPI ROM写入512字节

1. 使能SPI直通接口

表7: 使能SPI接口设置命令

设置参数	值
bmRequestType	0x41
bRequest	0x60
wValue	0x0000
wIndex	0x0000
wLength	0x00

2. 发送SPI写/读命令以读取512字节的数据。

表8: SPI写设置命令

设置参数	值
bmRequestType	0x41
bRequest	0x61
wValue	0x0205 (517)
wIndex	0x0000
wLength	0x0005

3. EP0 OUT数据 = 0x0B、0xXX、0xYY、0xZZ、0x00、0xXX、0xYY和0xZZ。

注: 0xXX、0xYY和0xZZ是SPI外设的24位物理SPI地址。

4. 通过USB到配置寄存器读命令从寄存器0x4A10读取响应。更多详细信息,请参见AN 26.18——USB253x/USB3x13/USB46x4的配置。

5. 执行以下操作之一:

- 使用禁止SPI直通命令关闭SPI接口。
- 执行另一条读/写命令之前,等待制造商指定的时间。
- 执行另一条读/写命令之前,一直发送RDSR命令,直到BUSY字段清零。

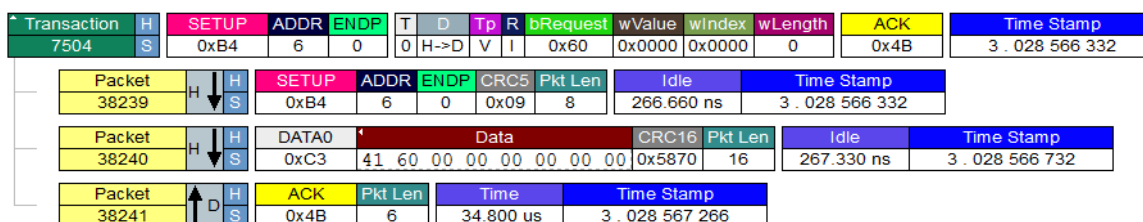
5.2 使能SPI直通接口

1. 命令阶段（SETUP事务）：将以下SETUP寄存器读命令发送到集线器功能控制器的端点0以启用SPI直通接口：

表9: I²C写设置数据包示例

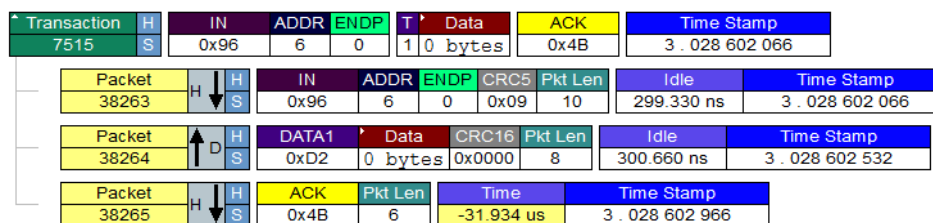
字段	值	注
bmRequestType	0x41	
bRequest	0x60	
wValue	0x0000	
wIndex	0x0000	
wLength	0x0000	

图1: SETUP事务示例



2. 状态（IN事务）：主机向集线器功能控制器发送 IN 数据包，而集线器功能控制器回复零长度数据包。主机发送 ACK 以完成桥接命令。

图2: IN事务示例



5.3 从所连接SPI器件读取JEDEC ID

- 命令阶段1 (SETUP事务1)：JEDEC ID提供制造商信息和存储器信息。本示例说明如何从所连接SPI器件读取JEDEC ID。将以下SETUP寄存器读命令发送到集线器功能控制器的端点0以向所连接SPI器件发送SPI写命令。

表10: SPI JEDEC ID读设置数据包示例

字段	值	注
bmRequestType	0x41	
bRequest	0x61	
wValue	0x0001	
wIndex	0x0000	
wLength	0x0004	

图3: SPI JEDEC ID读SETUP事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
3465	S	0xB4	7	0	0	H->D	V	I	0x61	0x0001	0x0000	4	0x4B	1.404729532
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
17616	S	0xB4	7	0	0x16	8	300.660 ns	1.404729532						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
17617	S	0xC3	41 61 01 00 00 00 04 00	0x90FB	16	267.330 ns	1.404729966							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
17618	S	0x4B	6	10.666 us	1.404730500									

- 数据阶段1 (OUT事务1)：主机发送OUT数据包，后跟长度为wLength的数据字节。在本示例中，数据0x9F是用于读取SPI器件中的JEDEC ID的操作码。接收数据后，集线器功能控制器以NYET响应。

图4: SPI JEDEC ID IN事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	NYET	Time Stamp	
3469	S	0x87	7	0	1	4 bytes	0x69	1.404744432	
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
17626	S	0x87	7	0	0x16	10	267.330 ns	1.404744432	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
17627	S	0xD2	9F 00 00 00	0x8BF3	14	300.660 ns	1.404744866		
Packet	H	NYET	Pkt Len	Time	Time Stamp				
17628	S	0x69	6	44.532 us	1.404745400				

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

图5: SPI JEDEC ID OUT事务示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp	
3485	S	0x96	7	0	1	0 bytes	0x4B	1.404789932	
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
17659	S	0x96	7	0	0x16	8	334.660 ns	1.404789932	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
17660	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	298.660 ns	1.404790400		
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp				
17661	S	0x4B	6	-55.632 us	1.404790832				

4. 获取返回的数据（**SETUP事务2**）：SPI器件将响应操作码命令，返回的数据将存储到从地址0x4A10开始的集线器内部寄存器中。USB到寄存器读命令可获取数据。该命令设置为：

表11: SPI JEDEC ID寄存器读设置数据包示例

字段	值	注
bmRequestType	0xC1	
bRequest	0x04	
wValue	0x4A10	集线器的内部寄存器地址
wIndex	0x0000	
wLength	0x0004	JEDEC ID请求将返回4个字节。第一个字节将为空字节0x00。

图6: SPI JEDEC ID寄存器读SETUP事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
3486	S	0xB4	7	0	0	D->H	V	I	0x04	0x4A10	0x0000	4	0x4B	1.404.967.332
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
17664	S	0xB4	7	0	0x16	10	267.330 ns	1.404.967.332						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
17665	S	0xC3	C1 04 10 4A 00 00 04 00	0x756C	16	267.330 ns	1.404.967.766							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
17666	S	0x4B	6	25.300 us	1.404.968.300									

5. 数据阶段2（**IN事务2**）：主机发送IN数据包以从0x4A10寄存器获取数据。在本示例中，返回的JEDEC ID是0xBF、0x25和0x4B。接收数据后，主机以ACK回复。

图7: SPI JEDEC ID寄存器读IN事务示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp	
3495	S	0x96	7	0	1	4 bytes	0x4B	1.404.993.600	
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
17683	S	0x96	7	0	0x16	8	332.660 ns	1.404.993.600	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
17684	S	0xD2	00 BF 25 4B	0x2919	12	300.000 ns	1.404.994.066		
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp				
17685	S	0x4B	6	2.300 us	1.404.994.566				

6. 状态阶段2（**OUT事务2**）：主机发送OUT数据包，后跟零长度数据包。集线器功能控制器发送ACK以完成桥接命令。

图8: SPI JEDEC ID寄存器读OUT事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp	
3497	S	0x87	7	0	1	0 bytes	0x4B	1.404.999.366	
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
17688	S	0x87	7	0	0x16	8	300.660 ns	1.404.999.366	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
17689	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	298.660 ns	1.404.999.800		
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp				
17690	S	0x4B	6	-28.532 us	1.405.000.232				

5.4 从所连接SPI器件读取512字节

1. **命令阶段1 (SETUP事务1)**：本示例将说明如何从所连接SPI器件执行512字节（每条命令的最大字节数）的块读操作。将以下SETUP寄存器读命令发送到集线器功能控制器的端点0以向所连接SPI器件发送SPI写命令。

表12: SPI块读命令设置数据包示例

字段	值	注
bmRequestType	0x41	
bRequest	0x61	
wValue	0x0205 (517)	必须忽略任何SPI读操作的前5个字节；因此，必须将要读取的字节数加5。
wIndex	0x0000	
wLength	0x0004	

图9: SPI块读命令SETUP事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
26750	S	0xB4	6	0	0	H→D	V	I	0x61	0x0205	0x0000	4	0x4B	5.790347516
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
96995	S	0xB4	6	0	0x09	10		267.330 ns						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
96996	S	0xC3	41 61 05 02 00 00 04 00	0x8ED9	16		265.330 ns							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
96997	S	0x4B	6	8.568 us	5.790348482									

2. **数据阶段1 (OUT事务1)**：主机发送OUT数据包，后跟长度为wLength的数据字节。在本示例中，0x0B是用于在该特定SPI器件中进行块读操作的操作码，随后的0x00、0x00和0x01是开始从SPI器件读取的寄存器地址。接收数据后，集线器功能控制器以NYET响应。

图10: SPI块读命令IN事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	NYET	Time Stamp	
26753	S	0x87	6	0	1	0B 00 00 01	0x69	5.790368450	
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
97003	S	0x87	6	0	0x09	8	266.660 ns	5.790368450	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
97004	S	0xD2	0B 00 00 01	0x3CFC	14		298.660 ns	5.790368850	
Packet	H	NYET	Pkt Len	Time	Time Stamp				
97005	S	0x69	6	765.368 us	5.790369382				

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

图11: SPI块读命令OUT事务示例

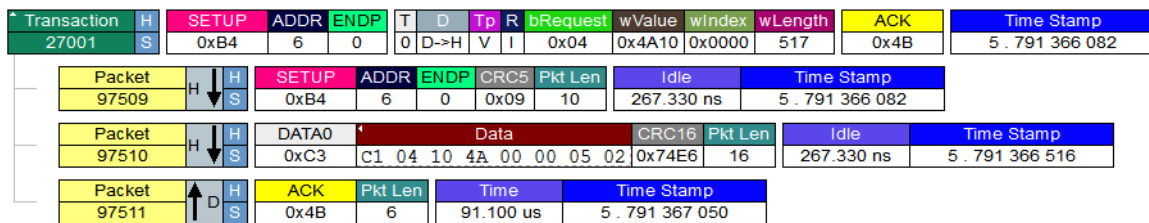
Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp	
27000	S	0x96	6	0	1	0 bytes	0x4B	5.791134750	
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
97504	S	0x96	6	0	0x09	8	332.660 ns	5.791134750	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
97505	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8		400.660 ns	5.791135216	
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp				
97506	S	0x4B	8	230.332 us	5.791135750				

4. 获取返回的数据 (**SETUP事务2**)：SPI器件将响应操作码命令，返回的数据将存储到从地址0x4A10开始的集线器内部寄存器中。对于SPI块读操作，必须忽略前5个字节。USB到寄存器读命令可获取数据。该命令设置为：

表 13: 寄存器读设置数据包示例

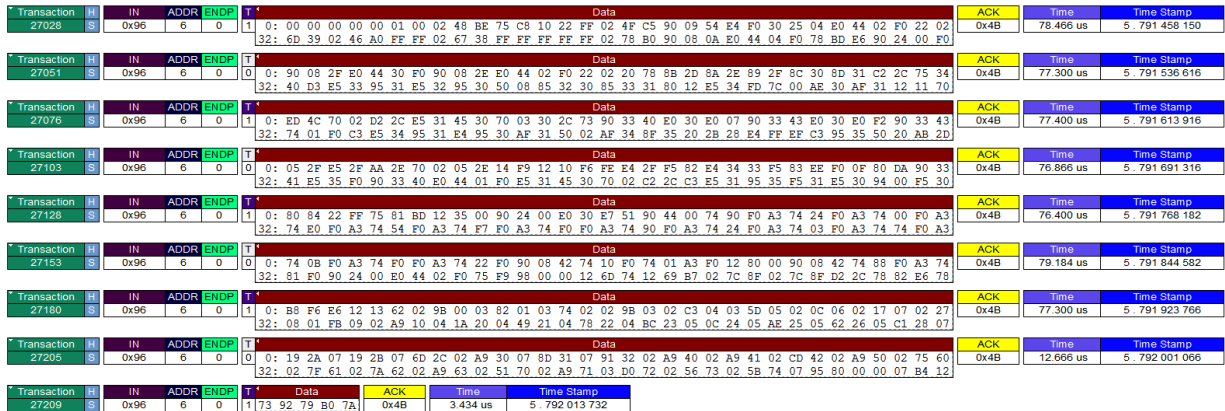
字段	值	注
bmRequestType	0xC1	
bRequest	0x04	
wValue	0x4A10	集线器的内部寄存器地址
wIndex	0x0000	
wLength	0x0205	将读取517个字节 (512 + 5个虚拟字节)

图 12: 寄存器读SETUP事务示例



5. 数据阶段2 (**IN有效数据载荷事务**)：集线器发送一系列IN数据包 (每个数据包64字节)，直到全部517个字节均被读取。始终应忽略前5个字节。

图 13: 寄存器读IN事务示例



6. 状态阶段2 (OUT事务2)：主机发送OUT数据包，后跟零长度数据包。集线器功能控制器发送ACK以完成桥接命令。

图 14: 寄存器读OUT事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp
27211	S	0x87	6	0	1	0 bytes	0x4B	5.792 019 800
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
97942	S	0x87	6	0	0x09	8	266.660 ns	5.792 019 800
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
97943	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	332.660 ns	5.792 020 200	
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp			
97944	S	0x4B	6	2.165 sec	5.792 020 666			

7. 完成SPI读操作后，执行以下操作之一：

- 通过禁止SPI直通命令关闭SPI接口。
- 执行另一条读/写命令之前，等待制造商指定的时间。
- 执行另一条读/写命令之前，一直发送RDSR命令，直到BUSY字段清零。

5.5 向所连接SPI器件写入256字节

1. 命令阶段1 (SETUP事务1)：本示例将说明如何对所连接SPI器件执行256字节的块写操作。将以下SETUP寄存器读命令发送到集线器功能控制器的端点0以启用SPI写功能。

表 14: SPI写使能设置数据包示例

字段	值	注
bmRequestType	0x41	
bRequest	0x61	
wValue	0x0001	
wIndex	0x0000	
wLength	0x0001	

图 15: SPI写使能SETUP事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
98000	S	0xB4	6	0	0	H->D	V	I	0x61	0x0001	0x0000	1	0x4B	19.101 512 616
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
340086	S	0xB4	6	0	0x09	10	267.330 ns	19.101 512 616						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
340087	S	0xC3	41 61 01 00 00 00 01 00	0x50F1	16	265.330 ns	19.101 513 050							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
340088	S	0x4B	6	14.200 us	19.101 513 582									

2. **数据阶段 1 (OUT 事务 1)**：主机发送 OUT 数据包，后跟一个字节的有效数据载荷 0x06。0x06 是 SPI 写使能命令。接收数据后，集线器功能控制器以 NYET 响应。

图 16: SPI 写使能事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	NYET	Time Stamp
98006	S	0x87	6	0	1	06	0x69	19 . 101 531 182
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
340100	S	0x87	6	0	0x09	10	267.330 ns	19 . 101 531 182
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
340101	S	0xD2	06	0x03BD	10	299.330 ns	19 . 101 531 616	
Packet	H	NYET	Pkt Len	Time	Time Stamp			
340102	S	0x69	6	38.100 us	19 . 101 532 082			

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

图 17: SPI 写数据 OUT 事务示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp
98019	S	0x96	6	0	1	0 bytes	0x4B	19 . 101 570 182
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
340127	S	0x96	6	0	0x09	8	334.660 ns	19 . 101 570 182
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
340128	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	398.660 ns	19 . 101 570 650	
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp			
340129	S	0x4B	8	-53.400 us	19 . 101 571 182			

4. **发送 SPI 写有效数据载荷 (SETUP 事务 2)**：SPI 器件现已准备好接收有效数据载荷。对于 256 字节的 SPI 块写操作，SETUP 命令为：

表 15: SPI 写数据设置数据包示例

字段	值	注
bmRequestType	0x41	
bRequest	0x61	
wValue	0x0104 (260)	256 字节有效数据载荷 + 4 个额外的命令字节
wIndex	0x0000	
wLength	0x0100 (256)	256 字节有效数据载荷

图 18: SPI 写数据事务示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
98020	S	0xB4	6	0	0	H→D	V	I	0x61	0x0104	0x0000	256	0x4B	19 . 101 803 650
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
340132	S	0xB4	6	0	0x09	8	266.660 ns	19 . 101 803 650						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
340133	S	0xC3	41 61 04 01 00 00 00 01	0xEF52	18	266.000 ns	19 . 101 804 050							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
340134	S	0x4B	6	11.034 us	19 . 101 804 616									

AN1971

5. **数据阶段2 (OUT有效数据载荷事务)**: 集线器发送一系列OUT数据包 (每个数据包64字节), 直到全部256 + 4个命令字节均被发送。前4个字节必须是0x02、0xXX、0xYY和0xZZ, 其中0xXX、0xYY和0xZZ是SPI闪存的24位物理地址。在本示例中, SPI地址为0x111111。

图19: SPI写数据OUT事务示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data
98025	S	0x87	6	0	1	0: 02 11 11 11 00 01 02 03 04 05 06 07 08 09 0A 0B 0C 0D 0E 0F 10 11 32: 1C 1D 1E 1F 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 2A 2B 2C 2D 2E 2F 30 31
98050	S	0x87	6	0	0	0: 3C 3D 3E 3F 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 4A 4B 4C 4D 4E 4F 50 51 32: 5C 5D 5E 5F 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 6A 6B 6C 6D 6E 6F 70 71
98072	S	0x87	6	0	1	0: 6C 6D 6E 6F 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 7A 7B 7C 7D 7E 7F 80 81 32: 8C 8D 8E 8F 90 91 92 93 94 95 96 97 98 99 9A 9B 9C 9D 9E 9F A0 A1
98093	S	0x87	6	0	0	0: AC AD AE AF B0 B1 B2 B3 B4 B5 B6 B7 B8 B9 BA BB BC BD BE BF C0 C1 32: CC CD CE CF D0 D1 D2 D3 D4 D5 D6 D7 D8 D9 DA DB DC DD DE DF E0 E1

6. **状态阶段2 (IN事务2)**: 主机发送IN数据包, 集线器以零长度数据包响应。主机发送ACK以完成桥接命令。

图20: SPI写数据IN事务示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp	
98343	S	0x96	6	0	1	0 bytes	0x4B	19 . 102 743 066	
Packet	H	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
340790	S	S	0x96	6	0	0x09	8	300.660 ns	19 . 102 743 066
Packet	H	D	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
340791	S	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	432.660 ns	19 . 102 743 500	
Packet	H	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp			
340792	S	S	0x4B	8	-935.950 us	19 . 102 744 066			

7. 完成SPI写操作后, 执行以下操作之一:
- 通过禁止SPI直通命令关闭SPI接口。
 - 执行另一条读/写命令之前, 等待制造商指定的时间。
 - 执行另一条读/写命令之前, 一直发送RDSR命令, 直到BUSY字段清零。

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
DS00001971A (2015年6月17日)	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之中。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。

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-16949:2009 认证。Microchip 的 PIC® MCU 与 dsPIC® DSC、KEELOQ® 跳码器件、串行 EEPROM、单片机外设、非易失性存储器及模拟产品严格遵守公司的质量体系流程。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。

**QUALITY MANAGEMENT SYSTEM
CERTIFIED BY DNV
= ISO/TS 16949 =**

商标

Microchip 的名称和徽标组合、Microchip 徽标、AnyRate、dsPIC、FlashFlex、flexPWR、Heldo、JukeBlox、KeeLoq、KeeLoq 徽标、Kleer、LANCheck、LINK MD、MediaLB、MOST、MOST 徽标、MPLAB、OptoLyzer、PIC、PICSTART、PIC32 徽标、RightTouch、SpyNIC、SST、SST 徽标、SuperFlash 及 UNI/O 均为 Microchip Technology Inc. 在美国和其他国家或地区的注册商标。

ClockWorks、The Embedded Control Solutions Company、ETHERSYNCH、Hyper Speed Control、HyperLight Load、IntelliMOS、mTouch、Precision Edge 和 QUIET-WIRE 均为 Microchip Technology Inc. 在美国的注册商标。

Analog-for-the-Digital Age、Any Capacitor、AnyIn、AnyOut、BodyCom、chipKIT、chipKIT 徽标、CodeGuard、dsPICDEM、dsPICDEM.net、Dynamic Average Matching、DAM、ECAN、EtherGREEN、In-Circuit Serial Programming、ICSP、Inter-Chip Connectivity、JitterBlocker、KleerNet、KleerNet 徽标、MiWi、motorBench、MPASM、MPF、MPLAB Certified 徽标、MPLIB、MPLINK、MultiTRAK、NetDetach、Omniscient Code Generation、PICDEM、PICDEM.net、PICkit、PICtail、PureSilicon、RightTouch 徽标、REAL ICE、Ripple Blocker、Serial Quad I/O、SQI、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 Inc. 在美国的服务标记。

Silicon Storage Technology 为 Microchip Technology Inc. 在除美国外的国家或地区的注册商标。

GeSiC 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。

© 2016, Microchip Technology Inc. 版权所有。

ISBN: 978-1-5224-0378-4

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

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

克里夫兰 Cleveland
Independence, OH
Tel: 1-216-447-0464
Fax: 1-216-447-0643

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

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

纽约 New York, NY
Tel: 1-631-435-6000

圣何塞 San Jose, CA
Tel: 1-408-735-9110

加拿大多伦多 Toronto
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: 852-2943-5100

Fax: 852-2401-3431

中国 - 北京
Tel: 86-10-8569-7000
Fax: 86-10-8528-2104

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

中国 - 重庆
Tel: 86-23-8980-9588
Fax: 86-23-8980-9500

中国 - 东莞
Tel: 86-769-8702-9880

中国 - 杭州
Tel: 86-571-8792-8115
Fax: 86-571-8792-8116

中国 - 香港特别行政区
Tel: 852-2943-5100
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: 86-755-8864-2200
Fax: 86-755-8203-1760

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

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

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

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

亚太地区

台湾地区 - 高雄
Tel: 886-7-213-7828

台湾地区 - 台北
Tel: 886-2-2508-8600
Fax: 886-2-2508-0102

台湾地区 - 新竹
Tel: 886-3-5778-366
Fax: 886-3-5770-955

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

印度 India - Bangalore
Tel: 91-80-3090-4444
Fax: 91-80-3090-4123

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

印度 India - Pune
Tel: 91-20-3019-1500

日本 Japan - Osaka
Tel: 81-6-6152-7160
Fax: 81-6-6152-9310

日本 Japan - Tokyo
Tel: 81-3-6880-3770
Fax: 81-3-6880-3771

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 - Dusseldorf
Tel: 49-2129-3766400

德国 Germany - Karlsruhe
Tel: 49-721-625370

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

意大利 Italy - Venice
Tel: 39-049-7625286

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

波兰 Poland - Warsaw
Tel: 48-22-3325737

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

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

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