

---

---

## USB7002、USB7050、USB7051和USB7052集线器中的USB转I<sup>2</sup>C桥接功能

---

---

作者: <i>Mick Davis</i> <i>Microchip Technology, Inc.</i>
--

### 简介

USB转I<sup>2</sup>C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。Microchip USB7002、USB7050、USB7051和USB7052集线器提供此功能。

可从USB主机将命令发送至Microchip集线器的内部集线器功能控制器（Hub Feature Controller，HFC）设备，以执行以下功能：

- 配置I<sup>2</sup>C直通接口
- I<sup>2</sup>C写
- I<sup>2</sup>C读

### 章节

[一般信息](#)

[部件编号特定信息](#)

[MPLAB<sup>®</sup>连接配置](#)

[手动实现](#)

[示例](#)

### 参考资料

有关本应用笔记中提及的特定器件的详细信息，请查阅以下文档：

- *Microchip USB7002 Data Sheet*
- *Microchip USB7050 Data Sheet*
- *Microchip USB7051 Data Sheet*
- *Microchip USB7052 Data Sheet*

# AN2754

## 一般信息

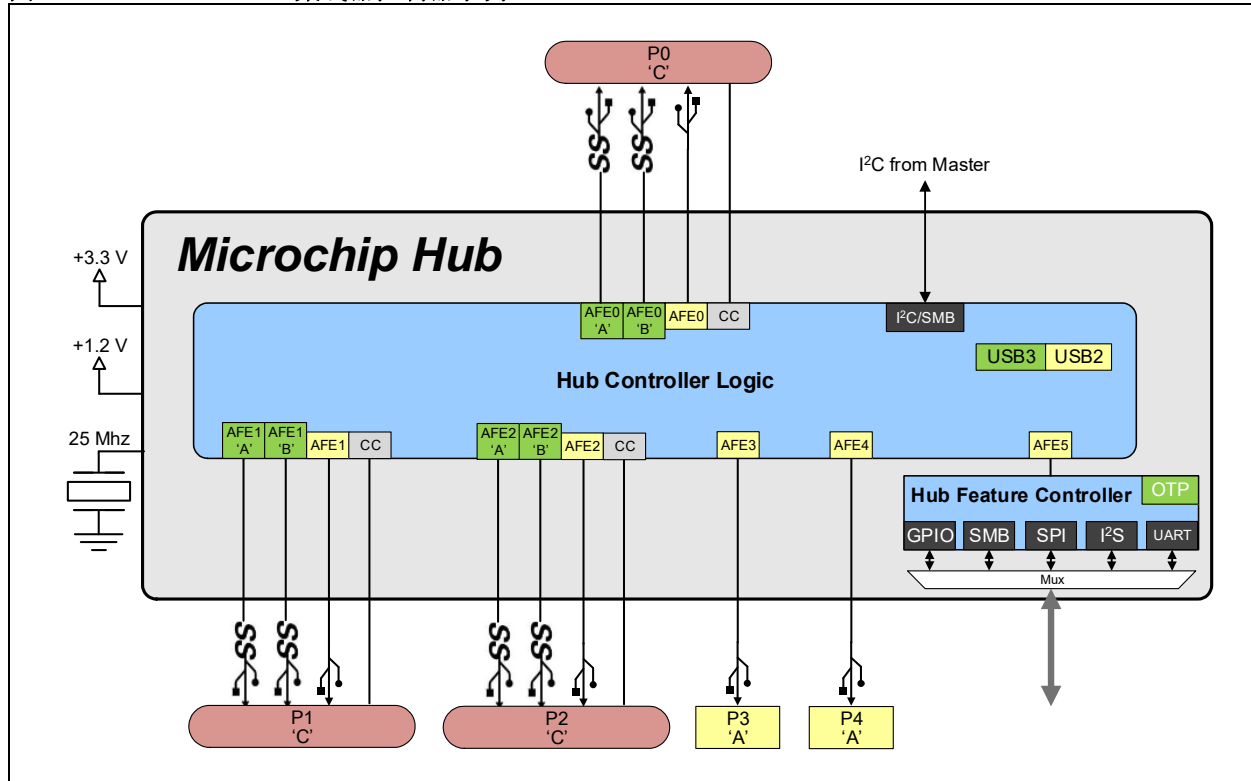
Microchip集线器通过向内嵌的集线器功能控制器（位于额外的内部USB端口上）发送主机命令来实现USB桥接功能。为确保桥接功能正常，此内部集线器功能控制器必须默认使能。表1提供了每个器件的集线器功能控制器默认设置。

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	集线器功能控制器默认设置
USB7002	4端口USB3.1G1集线器——2个USB-C w/cc引脚i/f, 2个Type A DFP (2.0), 无PD	默认使能
USB7050	4端口USB3.1G1集线器——2个USB-C w/ UPD350, 2个Type A DFP (2.0/3.1), PD FW	默认使能
USB7051	4端口USB3.1G1集线器——2个USB-C w/ cc 引脚/350, 2个Type A DFP (2.0/3.1), PD FW	默认使能
USB7052	4端口USB3.1G1集线器——2个USB-C w/ cc引脚i/f, 2个Type A DFP (2.0/3.1), PD FW	默认使能

集线器功能控制器是连接到集线器内部USB 2.0端口的USB 2.0 WinUSB类设备。例如，在一个四端口集线器中，集线器控制器连接到集线器USB 2.0部分的端口6。集线器控制器的产品ID（Product ID, PID）为0x7040。所有桥接命令都寻址到集线器控制器，而非集线器（参见图1。）

图1: MICROCHIP集线器控制器示例



## I<sup>2</sup>C桥接命令

支持下列I<sup>2</sup>C功能：

- I<sup>2</sup>C写
- I<sup>2</sup>C读

### I<sup>2</sup>C写

I<sup>2</sup>C接口以完全直通的方式工作。这意味着主机必须按照适当的I<sup>2</sup>C兼容格式和位顺序（包括I<sup>2</sup>C从器件地址）正确排列数据有效负载。每个I<sup>2</sup>C写命令序列可发送最多255个字节的数据有效负载。

### I<sup>2</sup>C读

I<sup>2</sup>C接口以完全直通的方式工作。这意味着主机必须按照适当的I<sup>2</sup>C兼容格式和位顺序（包括I<sup>2</sup>C从器件地址）正确排列数据有效负载。每个I<sup>2</sup>C读命令序列可发送最多255个字节的数据有效负载。

## I<sup>2</sup>C接口设置要求

默认情况下，I<sup>2</sup>C接口以100 kHz的时钟速度工作。请参见[时钟配置](#)了解其他支持的速度。

所有配置选项全都支持I<sup>2</sup>C接口。

# AN2754

## 部件编号特定信息

### 部件汇总

表2到表5按部件编号列出了I<sup>2</sup>C接口引脚。

**表2: USB7002 I<sup>2</sup>C接口引脚**

选项1 I <sup>2</sup> C		选项2 I <sup>2</sup> C	
MSTR_I2C_CLK	PF18	MSTR_I2C_CLK	PF30
MSTR_I2C_DATA	PF19	MSTR_I2C_DATA	PF31

注 1: 配置选项3和4不支持I<sup>2</sup>C桥接。

**表3: USB7050 I<sup>2</sup>C接口引脚**

选项1 I <sup>2</sup> C		选项2 I <sup>2</sup> C		选项3 UART		选项5	
MSTR_I2C_CLK	PF18	MSTR_I2C_CLK	PF30	MSTR_I2C_CLK	PF10	MSTR_I2C_CLK	PF10
MSTR_I2C_DATA	PF19	MSTR_I2C_DATA	PF31	MSTR_I2C_DATA	PF11	MSTR_I2C_DATA	PF11

注 1: 配置选项4不支持I<sup>2</sup>C桥接。

**表4: USB7051 I<sup>2</sup>C接口引脚**

选项1 I <sup>2</sup> C		选项2 I <sup>2</sup> C		选项3 UART		选项4 FLEX	
MSTR_I2C_CLK	PF18	MSTR_I2C_CLK	PF30	MSTR_I2C_CLK	PF10	MSTR_I2C_CLK	PF10
MSTR_I2C_DATA	PF19	MSTR_I2C_DATA	PF31	MSTR_I2C_DATA	PF11	MSTR_I2C_DATA	PF11

**表5: USB7052 I<sup>2</sup>C接口引脚**

选项1 I <sup>2</sup> C		选项2 I <sup>2</sup> C	
MSTR_I2C_CLK	PF30	MSTR_I2C_CLK	PF30
MSTR_I2C_DATA	PF31	MSTR_I2C_DATA	PF31

## MPLAB®连接配置

实现USB转I<sup>2</sup>C桥接功能最简单的方法是使用公开分发的MPLABCC DLL库。MPLABConnect.dll库可用于Windows®操作系统。请访问microchip.com上的产品页面，以了解本文中列出的集线器，并下载适用于Windows的MPLABCC包。借助SDK中提供的库，可使用C代码实现桥接功能。

DLL包中含有以下内容：

- MPLABCC发行说明
- 库文件：
  - 对于Windows：.dll
- 示例代码

## SDK中包含的命令

- MchpUsbl2CSetConfig：设置I<sup>2</sup>C接口（例如时钟速度）。
- MchpUsbl2CReadRead：从I<sup>2</sup>C从器件读取最多255字节的数据。
- MchpUsbl2CWrite：向I<sup>2</sup>C从器件写入最多255字节的数据。
- MchpUsbl2CTransfer：从I<sup>2</sup>C从器件读取和写入。

有关如何使用SDK实现USB转I<sup>2</sup>C的桥接功能的其他详细信息，请下载MPLABCC包。

# AN2754

## 手动实现

如果能够建立USB数据包，就能在最低级别实现USB转I<sup>2</sup>C桥接功能。如果不使用Windows主机系统且不能使用MPLABCC DLL，就需要使用此方法。

I<sup>2</sup>C直通控制数据包的详细信息如下所示。所有USB转I<sup>2</sup>C桥接命令都必须直接发送至与Microchip集线器的最后一个下行端口（位于四端口集线器的端口5）相连的集线器功能控制器的端点0。

## I<sup>2</sup>C Enter Pass-Through命令

要使用I<sup>2</sup>C桥接器，需要使用I<sup>2</sup>C Enter Pass-Through命令。此命令在每次复位/掉电再上电后只需执行一次。I<sup>2</sup>C时钟频率也是在此命令的wValue中配置的。要了解可配置值的详细信息，请参见[时钟配置](#)。

## I<sup>2</sup>C控制标志

读命令和写命令都有特殊的控制标志参数，其定义如[表6](#)中所示。

**表6: I<sup>2</sup>C控制标志**

位	控制	用法
2-7	保留	不适用
2	SEND_NACK	如果置为有效，则对传输的最后一个字节返回NACK响应。
1	SEND_START	如果置为有效，则发送启动条件作为I <sup>2</sup> C命令的第一步。
0	SEND_STOP	如果置为有效，则发送停止条件作为此命令的最后一步。

## I<sup>2</sup>C写命令

此命令用于将数据发送至与USB集线器相连的I<sup>2</sup>C外设。I<sup>2</sup>C控制标志（定义见[I<sup>2</sup>C控制标志](#)）和I<sup>2</sup>C从器件地址都捆绑到wValue域。请参见[表7](#)了解有关此命令的更多详细信息。

**表7: USB SETUP命令**

SETUP参数	值	说明
bmRequestType	0x41	供应商特定的命令；从主机传输数据到设备
bRequest	0x71	寄存器读命令：CMD_I2C_WRITE
wValue	0xXXYY	MSB (XX)：I <sup>2</sup> C控制标志（参见 <a href="#">I<sup>2</sup>C控制标志</a> ） LSB (YY)：I <sup>2</sup> C从器件地址
wIndex	0x0000	保留
wLength	0xNN	在数据阶段发送N字节数据 (在OUT EP0控制传输数据包中)

## I<sup>2</sup>C写USB事务序列

**命令阶段：**集线器功能控制器接收带有上面指定参数的SETUP数据包。

**数据阶段：**主机发送多个64字节的EP0 OUT数据包，每个数据包的总长度为N字节。

**状态阶段：**如果集线器功能控制器发送了长度为零的IN数据包，则表示传输成功。如果集线器功能控制器发送了IN-STALL数据包，则表示传输期间出现错误，原因可能是I<sup>2</sup>C从器件没有返回ACK。

## I<sup>2</sup>C读命令

此命令用于从与USB集线器相连的I<sup>2</sup>C外设读取数据。I<sup>2</sup>C控制标志（定义见I<sup>2</sup>C控制标志）和I<sup>2</sup>C从器件地址都捆绑到wValue域（参见表8）。

**表8： USB SETUP命令**

SETUP参数	值	说明
bmRequestType	0xC1	供应商特定的命令；从设备传输数据到主机
bRequest	0x72	寄存器读取命令：CMD_I2C_READ
wValue	0xXXYY	MSB（XX）：I <sup>2</sup> C控制标志（参见I <sup>2</sup> C控制标志） LSB（YY）：I <sup>2</sup> C从器件地址
wIndex	0x0000	保留
wLength	0xNN	在数据阶段发送N字节数据 (在OUT EP0控制传输数据包中)

## I<sup>2</sup>C读USB事务序列

**命令阶段：**集线器功能控制器接收带有上面指定参数的SETUP数据包。

**数据阶段：**集线器功能控制器发送多个64字节的EP0 IN数据包，每个数据包的总长度为N字节。

**状态阶段：**主机发送长度为零的OUT ACK数据包，以确认收到数据。

## 示例

### 将I<sup>2</sup>C写命令发送到连接的器件

1. 命令阶段（SETUP事务）：I<sup>2</sup>C地址0x61：将值0x12写入寄存器0x15。将以下SETUP寄存器读命令发送至集线器功能控制器的端点0，以将I<sup>2</sup>C写命令发送至连接的I<sup>2</sup>C器件，I<sup>2</sup>C地址的定义请见wValue域（参见表9和图2）。

表9: I<sup>2</sup>C写SETUP数据包示例

域	值	注
bmRequestType	0x41	—
bRequest	0x71	—
wValue	0x0362	I <sup>2</sup> C控制标志0x03, I <sup>2</sup> C地址0x62 (0110 0010b)
wIndex	0x0000	—
wLength	0x0002	2字节的数据 (寄存器地址 + 1字节的数据)

图2: I<sup>2</sup>C写SETUP事务示例

Transfer	H	Control	ADDR	ENDP	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	Bytes Transferred	Time Stamp	
2	S	SET	33	0	H->D	V	I	0x71	0x0362	0x0000	2	2	10.59080016	
Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
2672	S	0xB4	33	0	0	H->D	V	I	0x71	0x0362	0x0000	2	0x4B	10.59080016
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
90023	S	0xB4	33	0	0x06	8	200.660 ns	10.59080016						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
90024	S	0xC3	41 71 62 03 00 00 02 00	0x6AB4	16	299.330 ns	10.590800350							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
90025	S	0x4B	6	54.466 us	10.590800916									
Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	NYET	Time	Time Stamp					
2676	S	0x87	33	0	1	2 bytes	0x69	377.718 us	10.590855382					
Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time	Time Stamp					
2690	S	0x96	33	0	1	0 bytes	0x4B	356.832 us	10.591233100					

2. 数据阶段（OUT事务）：主机在接收IN数据包后，将发送OUT数据包，后跟从指定地址开始长度为wLength的数据字节。在此实例中，寄存器0x12被写入寄存器0x15（数据 = 0x15, 0x12）。集线器功能控制器在接收数据后以NYET作为响应（参见图3）。

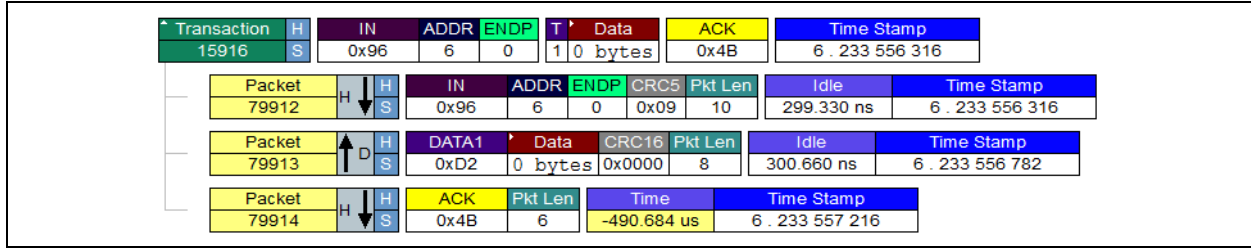
图3: I<sup>2</sup>C写IN事务序列

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T <th>Data</th> <th>NYET</th> <th>Time Stamp</th>	Data	NYET	Time Stamp	
15748	S	0x87	6	0	1	2 bytes	0x69	6.233075666	
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
79571	S	0x87	6	0	0x09	10	267.330 ns	6.233075666	
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp		
79572	S	0xD2	15 12	0x0E4B	10	299.330 ns	6.233076100		
Packet	H	NYET	Pkt Len	Time	Time Stamp				
79573	S	0x69	6	479.750 us	6.233076566				

3. 状态阶段（IN事务）：主机发送IN数据包以完成USB传输。集线器功能控制器以长度为零的数据包作为响应。主机发送ACK以完成桥接命令（参见图4）。



图4: I<sup>2</sup>C写OUT事务示例



## 将I<sup>2</sup>C读命令发送到连接的器件

读命令需要两个操作:

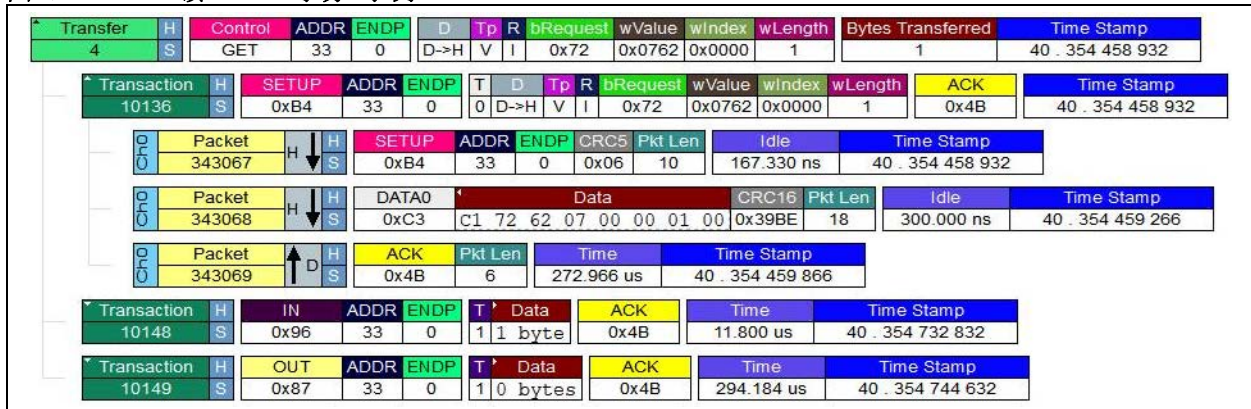
- 事务1: 使用I<sup>2</sup>C写命令写入要读取的寄存器。
- 事务2: 读取寄存器内容, 具体取决于长度。

1. **命令阶段1 (SETUP事务1):** I<sup>2</sup>C地址0x62: 读取寄存器0x15。将以下SETUP寄存器读取命令发送至集线器功能控制器的端点0, 为I<sup>2</sup>C器件返回数据做好准备 (参见表10和图5)。

表10: I<sup>2</sup>C读SETUP命令1示例

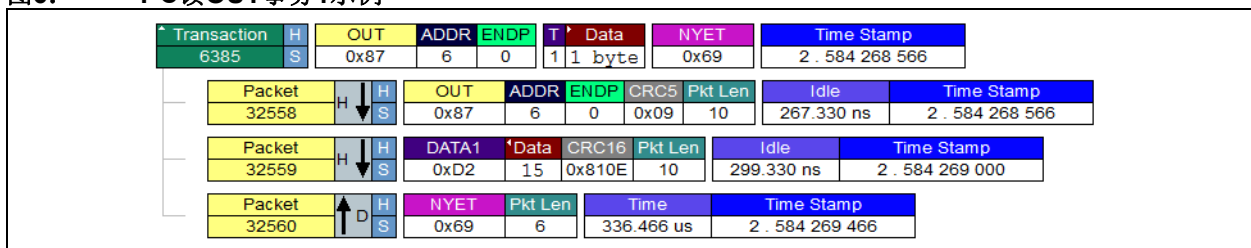
Setup参数	值	注
bmRequestType	0xC1	—
bRequest	0x72	—
wValue	0x0762	控制标志 = 0x07, I <sup>2</sup> C地址 = 0x62 (01100010b)
wIndex	0x0000	—
wLength	0x0001	—

图5: I<sup>2</sup>C读SETUP事务1示例



2. **数据阶段1 (OUT事务1):** 主机发送OUT数据包, 然后发送数据。此实例中的数据为0x15。集线器功能控制器以NYET作为响应 (参见图6)。

图6: I<sup>2</sup>C读OUT事务1示例



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长度为零的数据包作为响应。主机发送ACK (参见图7)。

图7: I<sup>2</sup>C读IN事务1示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp
6502	S	0x96	6	0	1	0 bytes	0x4B	2 . 584 605 932
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
32796	S	0x96	6	0	0x09	8	334.660 ns	2 . 584 605 932
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
32797	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	298.660 ns	2 . 584 606 400	
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp			
32798	S	0x4B	6	-345.100 us	2 . 584 606 832			

4. **命令阶段2 (SETUP事务2)**: 将以下SETUP寄存器读命令发送至集线器功能控制器的端点0, 以检索请求的数据 (参见表11和图8)。

表11: I<sup>2</sup>C读SETUP命令2示例

Setup参数	值	注
bmRequestType	0xC1	—
bRequest	0x71	—
wValue	0x0763	控制标志 = 0x07, I <sup>2</sup> C地址 = 0x63 (01100011b)
wIndex	0x0000	—
wLength	0x0001	—

图8: I<sup>2</sup>C地址数据阶段字节3事务2示例

Transaction	H	SETUP	ADDR	ENDP	T	D	TP	R	bRequest	wValue	wIndex	wLength	ACK	Time Stamp
6503	S	0xB4	6	0	0	D→H	V	I	0x72	0x0763	0x0000	1	0x4B	2 . 584 765 500
Packet	H	SETUP	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp						
32800	S	0xB4	6	0	0x09	10	265.330 ns	2 . 584 765 500						
Packet	H	DATA0	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp							
32801	S	0xC3	c1 72 63 07 00 00 01 00	0xB935	16	267.330 ns	2 . 584 765 932							
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp									
32802	S	0x4B	6	331.900 us	2 . 584 766 466									

5. **数据阶段2 (IN事务2)**: 主机发送IN数据包, 集线器功能控制器以寄存器内容 (0x12) 作为响应。主机以ACK 作为响应 (参见图9)。

图9: I<sup>2</sup>C读IN事务2示例

Transaction	H	IN	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp
6621	S	0x96	6	0	1	1 byte	0x4B	2 . 585 098 366
Packet	H	IN	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
33040	S	0x96	6	0	0x09	10	299.330 ns	2 . 585 098 366
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
33041	S	0xD2	12	0x034D	10	267.330 ns	2 . 585 098 832	
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp			
33042	S	0x4B	8	2.366 us	2 . 585 099 266			

6. **状态阶段2 (OUT事务2)**: 主机发送OUT数据包, 然后发送数据长度为零的数据包。集线器功能控制器以ACK作为响应, 以完成桥接命令 (参见图10)。

图10: I<sup>2</sup>C读OUT事务2示例

Transaction	H	OUT	ADDR	ENDP	T	Data	ACK	Time Stamp
6623	S	0x87	6	0	1	0 bytes	0x4B	2 . 585 103 700
Packet	H	OUT	ADDR	ENDP	CRC5	Pkt Len	Idle	Time Stamp
33045	S	0x87	6	0	0x09	10	265.330 ns	2 . 585 103 700
Packet	H	DATA1	Data	CRC16	Pkt Len	Idle	Time Stamp	
33046	S	0xD2	0 bytes	0x0000	8	300.660 ns	2 . 585 104 132	
Packet	H	ACK	Pkt Len	Time	Time Stamp			
33047	S	0x4B	6	-334.334 us	2 . 585 104 566			

## 时钟配置

bl2CInter128Delay寄存器用于控制I2C时钟频率，地址为0xBFD23410。如果使用DLL API，将自动写入寄存器bl2CInter128Delay。bl2CInter128Delay的值使用以下公式确定：

$bl2CInter128Delay = 2 * (\text{以微秒表示的I2C总线时钟的时间周期})$

100 kHz时钟的默认值为0x14。值0x5A将产生900  $\mu$ s的延迟。

在固件中，该值将乘以10以形成缓冲时间，以便在以较低速度运行时不丢失任何字节，从而确保数据的完整性。

可在bl2CInter128Delay中编程的最大值为0x63。

(也就是最多可以添加 $99 * 10 = 990 \mu$ s作为Inter-128Byte的最大延迟)

要配置在40 kHz时钟下工作的USB-I2C桥接器，只需在完成其他的I<sup>2</sup>C桥接器设置后，将值0x32写入bl2CInter128Delay。表12中提供了不同的时钟频率对应的bl2CInter128Delay和总线频率控制寄存器的值。

AN2439 Configuration of the USB491x/USB492x/USB4715第2.4节中介绍了通过SMBus（从器件）写入寄存器（包括 bl2CInter128Delay）的方法。要了解时钟配置，参见下面的时钟配置示例。

**表12: 通用I<sup>2</sup>C时钟频率的总线频率控制和BI2CINTER128DELAY寄存器值**

频率 (kHz)	总线频率寄存器值 (十六进制)	bl2CInter128Delay值	
		十进制	十六进制
400	0A00	5	05
250	081B	8	08
200	1818	10	0A
100 (默认值)	3131	20	14
80	3D3E	25	19
50	6363	40	28
40	7C7C	50	32
25	C7C7	80	50
20	F9F9	100	64

## 时钟配置示例

以下是工作频率为40 kHz的时钟配置示例（参见表13到表16）。

1. 将值0x32（表12中为40 kHz）写入位于0xBFD23410的bl2CInter128Delay。

**表13: 时钟配置命令1示例**

Setup参数	值	注
bmRequestType	0x40	从主机传输数据到设备
bRequest	0x03	CMD_MEMORY_WRITE
wValue	0x3410	低16位存储器地址（小尾数格式）
wIndex	0xBFD2	高16位存储器地址（小尾数格式）
wLength	0x0001	要写入的数据字节长度

要写入的数据：0x32

# AN2754

2. 使能I<sup>2</sup>C直通并设置频率。

**表14: 时钟配置命令2示例**

Setup参数	值	注
bmRequestType	0x41	从主机传输数据到设备
bRequest	0x70	CMD_I2C_ENTER_PASSTHRU
wValue	0x7C7C	I <sup>2</sup> C时钟频率: 40 kHz
wIndex	0x0000	—
wLength	0x0000	—

3. 写入要读取的数据的起始地址。

**表15: 时钟配置命令3示例**

Setup参数	值	注
bmRequestType	0x41	从主机传输数据到设备
bRequest	0x71	CMD_I2C_WRITE
wValue	0x03A0	03: I <sup>2</sup> C控制标志 (START和STOP) A0: 从器件地址
wIndex	0x0000	—
wLength	0x0001	1字节的数据

要写入的数据: 0x00

4. 读取2字节的数据。

**表16: 时钟配置命令4示例**

Setup参数	值	注
bmRequestType	0xC1	从主机传输数据到设备
bRequest	0x72	CMD_I2C_READ
wValue	0x07A1	07: I <sup>2</sup> C控制标志 (NACK、START和STOP) A1: 从器件地址
wIndex	0x0000	—
wLength	0x0002	2字节的数据

## 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
DS00002754A (08-09-18)	所有	初始版本

## 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。

# AN2754

---

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。

**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、PackerTime、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: 978-1-5224-4969-0

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)。





## 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