

---

## USB70xx 多主机端点反射器工作原理

---

作者: *Andrew Rogers*  
*Microchip Technology Inc.*

### 简介

Microchip USB7002/USB7050/USB7051/USB7052/USB7056 集线器内置的多主机端点反射器允许通过下行端口进入智能手机车载模式会话。

- USB7002/USB7050/USB7051/USB7052 上有四个下行端口支持多主机端点反射器。
- USB7056 上有六个下行端口支持多主机端点反射器。

多主机端点反射器采用标准的网络控制模型 (Network Control Model, NCM) 设备协议, 该协议是通信设备类 (Communication Device Class, CDC) 协议组的子类。可以使用标准的 NCM USB 驱动程序, 无需定制驱动程序。

每次只能通过一个下行端口进入多主机端点反射器会话, 具体通过寻址到集线器内置多主机端点反射器的无数据控制 USB 传输来进入多主机模式。

### 章节

本文档包含以下主题:

[第2页的“功能概述”](#)

[第7页的“NCM 设备类”](#)

[第8页的“多主机命令详细信息”](#)

[第9页的“多主机命令示例”](#)

[第10页的“其他工作选项”](#)

### 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:

- *Microchip USB7002/USB7050/USB7051/USB7052/USB7056 Data Sheet*
- *Microchip Configuration Options for the USB7002/USB7050/USB7051/USB7052/USB7056 Application Note*

# AN2771

## 功能概述

图1和图2给出了Microchip USB7002/USB7050/USB7051/USB7052/USB7056的内部框图。

USB7002、USB7050、USB7051、USB7052和USB7056均内置两种USB设备。多主机端点反射器为iAP2和NCM复合设备，产品ID为7010h/7020h。支持USB桥接功能的集线器功能控制器为供应商定义的通用设备，产品ID为704Xh<sup>(1)</sup>。

在USB7002/USB7050/USB7051/USB7052上，多主机端点反射器在车载会话期间连接到端口5，而集线器功能控制器永久连接到端口6。

在USB7056上，多主机端点反射器在车载会话期间连接到端口7，而集线器功能控制器连接到端口8。

集线器功能控制器连接的集线器端口配置为不可移除。

**注：** 仅在USB主机向集线器功能控制器发出进入车载模式的特定USB命令后，才会连接多主机端点反射器。不过，此行为是可配置的，可以将器件配置为始终保持连接。

图1: USB7002/USB7050/USB7051/USB7052 内部框图

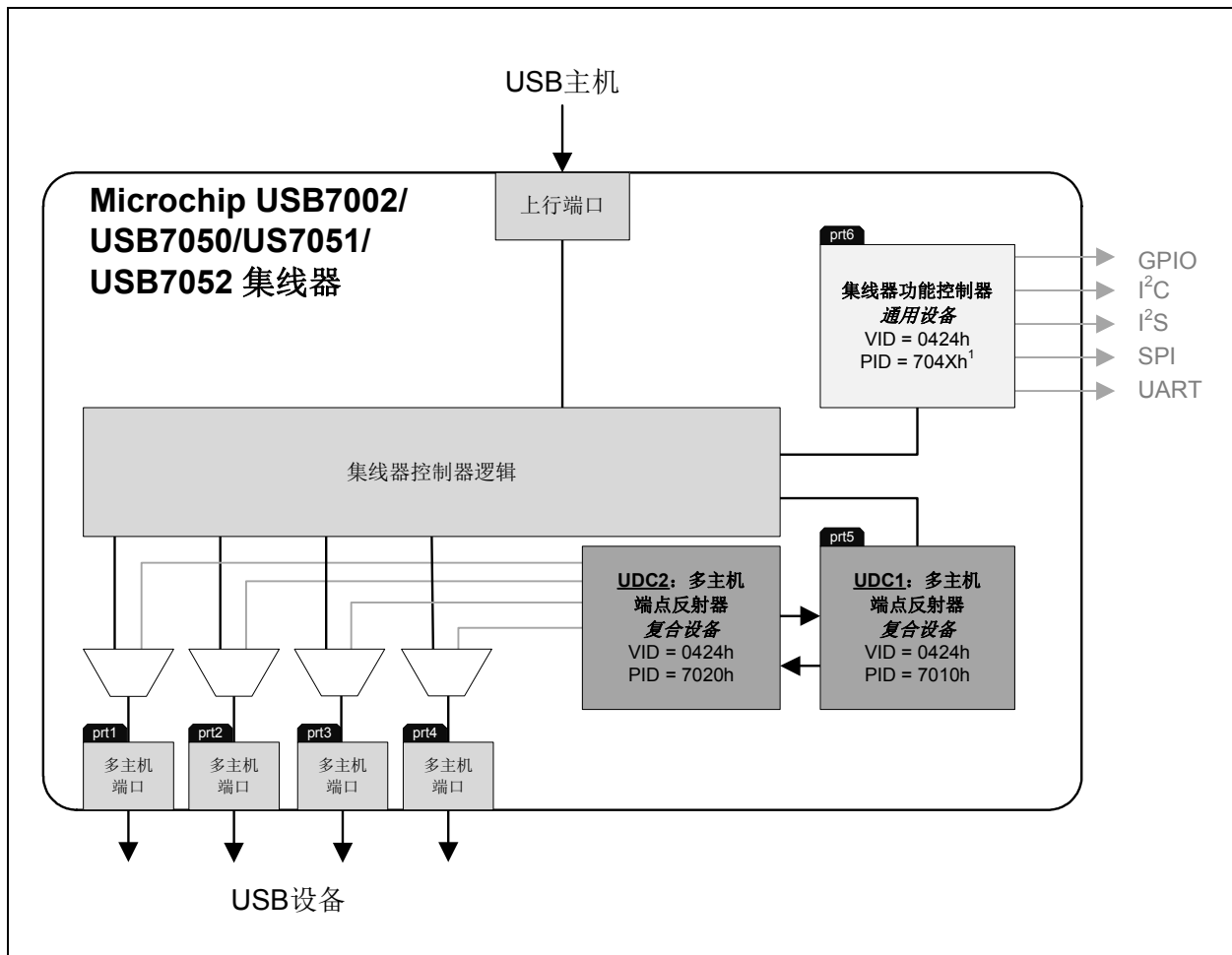
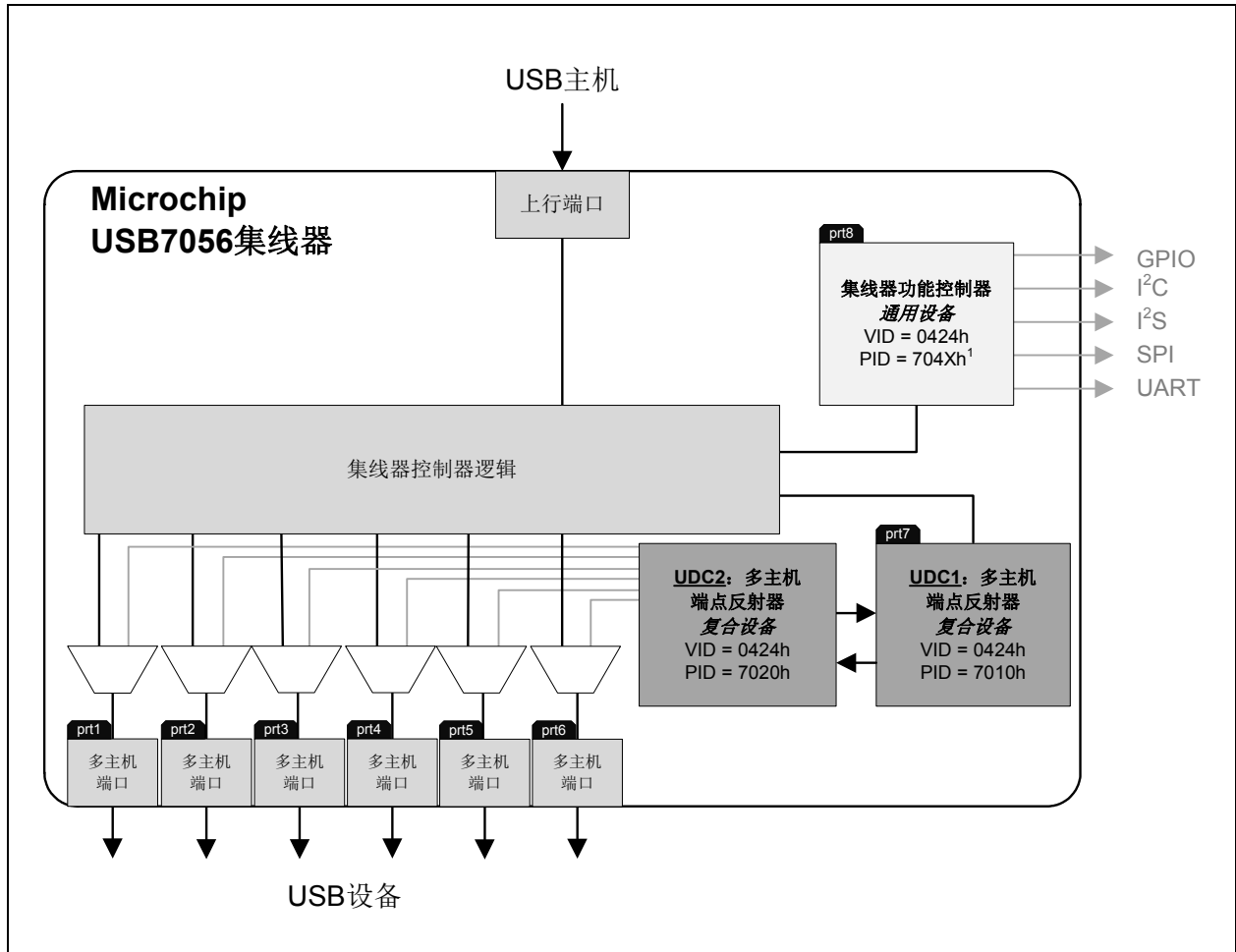


图2: USB7056 内部框图



### 多主机端点反射器复合设备

内置的多主机端点反射器为复合设备。复合设备是指连接到同一个USB端口的所有不同类别USB设备的集合。

多主机端点反射器复合设备中包含3个单独的USB设备：

- 设备1——iAP2设备
- 设备2——NCM控制（NCM通信/控制接口）
- 设备3——NCM数据（NCM数据接口）

#### 多主机端点反射器1

多主机端点反射器1连接到默认的USB主机侧，有时称为USB设备控制器1（USB Device Controller 1，UDC1）。该设备的VID和PID分别为0424h和7010h。

默认情况下，该设备的USB字符串描述符如下：

- 制造商名称：“Microchip Tech”
- 产品名称：“USB70XX NCM/IAP Bridge”
- 序列号：“12345”

默认情况下，该NCM设备的MAC地址为02:00:00:00:00:01。

如果需要修改VID、PID、字符串和NCM MAC地址，可使用MPLAB Connect Configurator的GUI来进行配置。

## 多主机端点反射器2

多主机端点反射器2连接到默认的USB主机侧，有时称为USB设备控制器2（USB Device Controller 2，UDC2）。该设备的VID和PID分别为0x0424和0x7020。

默认情况下，该设备的USB字符串描述符如下：

- 制造商名称：“Microchip Tech”
- 产品名称：“USB70XX NCM/IAP Bridge”
- 序列号：“6789A”

默认情况下，该NCM设备的MAC地址为02:00:00:0:00:02。

如果需要修改VID、PID、字符串和NCM MAC地址，可使用MPLAB Connect Configurator的GUI来进行配置。

## 启动多主机车载会话

可通过向内置设备集线器功能控制器发送USB命令来启动多主机车载会话。有关该USB命令的详细信息，请参见第8页的“多主机命令详细信息”；有关该命令的USB协议跟踪捕捉示例，请参见第9页的“多主机命令示例”。

USB7002/USB7050/USB7051/USB7052的下行端口1至4均支持多主机端点反射器操作。

USB7056的下行端口1至6均支持多主机端点反射器操作。

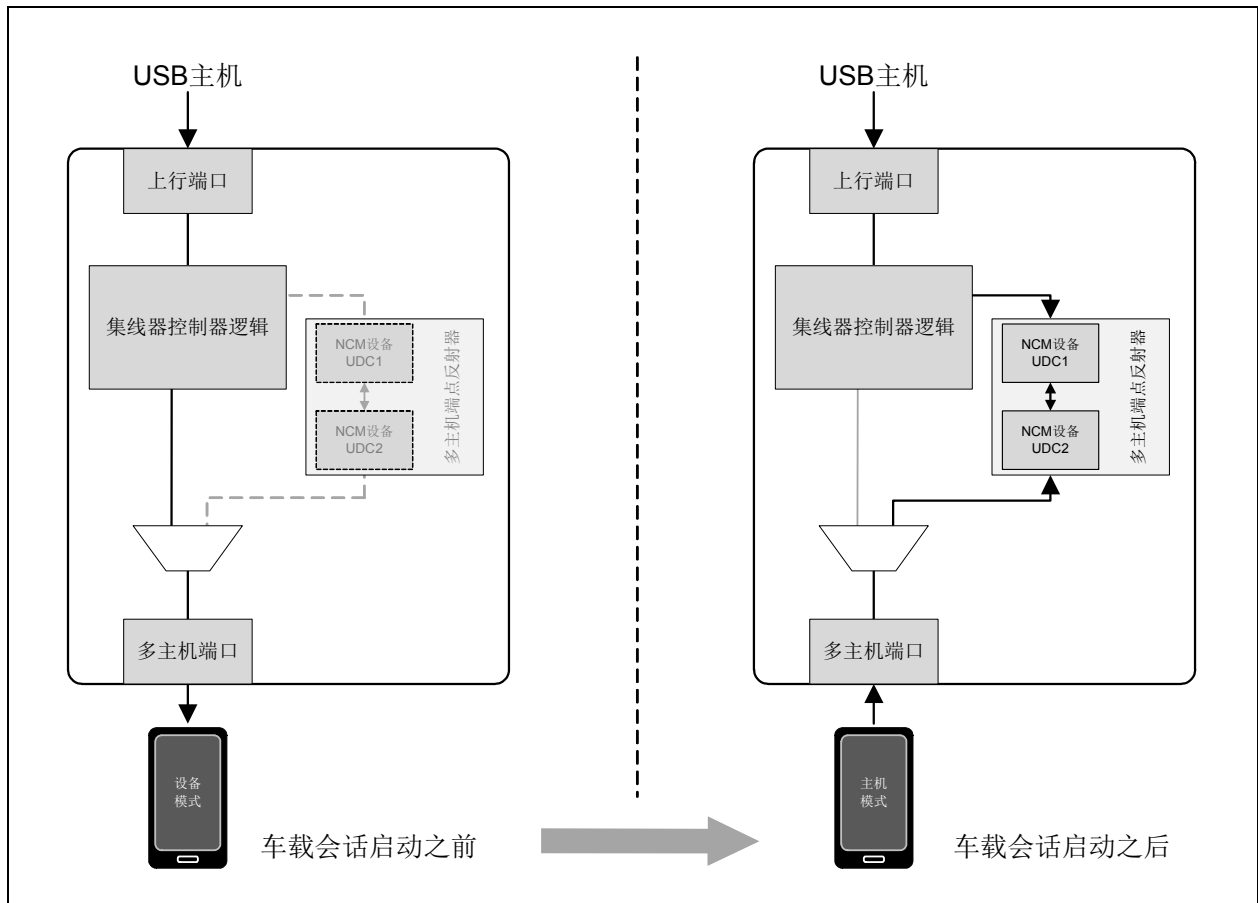
当使用支持多主机功能的下行端口之一启动多主机会话时，该设备端口将被多主机端点反射器复用，并将连接NCM类多主机端点反射器。

车载会话初始化的典型事件序列如下：

1. 车载主机（USB主机）在支持多主机功能的端口“X”上枚举智能手机，并确认它支持车载会话。
2. 车载主机将所有必要的命令发送到智能手机，以将其设置为车载模式。
3. 车载主机检测到智能手机与端口“X”断开连接。
4. 车载主机向内部集线器功能控制器端点0发送多主机命令（见第8页的“多主机命令详细信息”），以使用端口“X”进入多主机端点反射器模式。命令参数必须按如下设置：
  - ENUM\_TIMEOUT = 000b
  - ROLE\_SWITCH\_TYPE = 00b
  - ROLE\_SWITCH\_STATE = 1b
  - PORT = [目标智能手机所连接的USB端口的值]
5. 智能手机切换到主机操作模式并检测到iAP/NCM类设备连接。智能手机枚举该设备，并将其识别为NCM类设备。
6. 车载主机检测到iAP/NCM设备连接。
7. 当车载主机和智能手机设备均作为USB主机通过NCM类设备端点运行时，可以在二者之间交换数据。
  - 从智能手机传输到车载主机的数据作为批量数据OUT事务传送到多主机端点反射器（UDC2），然后由主机通过批量数据IN事务从多主机端点反射器（UDC1）获取。
  - 从车载主机传输到智能手机的数据作为批量数据OUT事务传送到多主机端点反射器（UDC1），然后由智能手机通过批量数据IN事务从多主机端点反射器（UDC2）获取。

图3给出了在车载会话启动之前和之后进行的内部连接。

图3: 多主机端点反射器



### [可选]多主机端点反射器1 (UDC1) 提前枚举

在启动完整的车载会话之前，可以枚举多主机端点反射器1 (UDC1)，这样USB主机（车载主机）便可提前枚举和装载iAP/NCM设备的驱动程序。由于它减少了枚举过程的步骤，因此可以缩短进入智能手机车载模式所需的启动时间。这对于某些对车载启动时间要求非常严格的实现十分有用。

要解决此问题，多主机命令（见第8页的“多主机命令详细信息”）的命令参数可按如下设置：

- ENUM\_TIMEOUT = 000b
- ROLE\_SWITCH\_TYPE = 00b
- ROLE\_SWITCH\_STATE = 1b
- PORT = 0000b

**注 1:** 由于每个车载会话终止后多主机端点反射器1 (UDC1) 都会断开连接，因此必须在每个新的车载会话开始之前完成提前枚举。

**2:** 可通过一个附加的配置选项强制多主机端点反射器1 (UDC1) 始终保持连接状态。使用该选项时，就没有必要进行上述过程，可忽略注1。请参见第10页的“多主机端点反射器1 (UDC1) 永久连接”。

## 强制会话终止

如果USB主机（车载主机）想要随时强制终止车载会话，建议发出带如下命令参数的多主机命令（见第8页的“多主机命令详细信息”）：

- ENUM\_TIMEOUT = 000b
- ROLE\_SWITCH\_TYPE = 00b
- ROLE\_SWITCH\_STATE = 0b
- PORT = 0000b

集线器通过断开多主机端点反射器来终止车载会话。智能手机检测到iAP/NCM设备断开连接后恢复为默认工作模式（设备模式），并作为设备重新枚举到USB主机（车载主机）。

## 车载会话启动失败

如果车载会话启动时出错，则需要使用启动失败检测机制和恢复机制。以下原因可能会导致启动失败：

- 智能手机在完全枚举（发送“设置配置”命令）多主机端点反射器2（UDC2）之前快速断开连接。
- 在智能手机完全枚举（发送“设置配置”命令）多主机端点反射器2（UDC2）之前，下行端口VBUS线路上发生了某事件，导致智能手机暂时断电。如果在车载会话期间检测到暂时断电，智能手机通常会恢复为设备模式。
- 智能手机操作系统或软件中存在错误或缺陷。
- 线缆连接松动。
- USB信号质量差，导致通信失败（线缆不佳、连接不良、无线干扰或PCB设计质量差）。

如果确实发生启动失败，则必须根据所实施的车载标准规范选择一段合适的超时时间。在这段超时时间内，可使用以下方法来确定车载会话是否正确启动：

1. **（推荐）** NCM网络已成功建立，并且USB主机（车载主机）与智能手机之间的数据流已成功启动。
2. 已进行智能手机身份验证（如果适用）。

## 断开检测

在两个多主机端点反射器（UDC1和UDC2）完全枚举（发送“设置配置”命令）之后，如果智能手机出于任何原因在车载会话期间断开连接，则USB主机（车载主机）必须能够检测到。断开检测机制分为以下两种：

- **（如果ENABLE\_UDC1\_PERSISTENT = 0）** 多主机端点反射器（UDC1）已与USB设备树物理断开。
  - USB集线器使用两种方法之一来检测智能手机何时与其端口物理断开。第10页的“断开检测方法”部分详细介绍了这种机制。
- **（如果ENABLE\_UDC1\_PERSISTENT = 1）** USB主机（车载主机）和智能手机之间的数据流已停止。
  - 在典型的车载会话中，视频流会不断地从智能手机传输到车载主机。在这种情况下，当智能手机断开连接时，车载主机将不再接收来自智能手机的视频流数据。

## NCM 设备类

### NCM 设备规范

多主机端点反射器采用标准的网络控制模型（Network Control Model, NCM）设备协议，该协议是通信设备类（Communication Device Class, CDC）协议组的子类。定义 NCM 设备类的“网络控制模块通用串行总线通信类子类规范” 1.0 版于 2010 年 11 月发布。目前，所有主流的计算和移动操作系统本身都包含用于支持 NCM 的驱动程序。

NCM 类规范可以从 [www.usb.org](http://www.usb.org) 上获取。

### NCM 设备协议

NCM 设备类允许通过 USB 协议在 USB 主机和 USB 设备之间交换 IEEE 802.3 以太网帧。以太网帧可以传送 IPv4（网际协议版本 4.0）和 IPv6（网际协议版本 6.0）数据报。

NCM 规范建立在 ECM USB CDC 规范的基础之上，可提高数据速率。ECM 设计用于 USB 全速连接，但并未针对高速 USB 连接进行优化。NCM 设备类协议允许将多个以太网帧组合到单次 USB 批量传输中。NCM 设备功能还允许根据偏好指定以太网帧在 USB 数据传输中的位置。

NCM 规范定义了两种方式来封装以太网数据报以及将其转换为 USB 传输格式：一种用于实现完整的 USB 2.0（64KiB）数据速率，另一种用于实现 USB 3.0（4GiB）数据速率。用于 USB 2.0 的 64KiB 方法最多可将 40 个 1514 字节的以太网帧组合到单次 USB 批量传输中。

NCM 设备实现了两个接口：NCM 通信接口和 NCM 数据接口。通信接口用于配置和管理网络功能。数据接口用于传输批量数据有效负载。这两个接口由单个 NCM 驱动程序统一管理。

## 多主机命令详细信息

USB集线器要求USB主机发出特定的USB命令，以指示多主机端点反射器车载会话应何时开始。

USB命令是无数据控制传输，必须发送到内置集线器功能控制器（通用USB设备）的端点0。在USB7056上，集线器功能控制器是端口8上内置的器件。在USB7002/USB7050/USB7051/USB7052上，集线器功能控制器是端口6上内置的设备。表1和表2给出了SETUP命令格式。

**表1: 多主机端点反射器SETUP数据包**

SETUP参数	值	说明
bmRequestType	0x41	设备到主机，供应商类，针对接口
bRequest	0x90	SET_ROLE_SWITCH
wValue	0xYYYY	位详细信息见下表
wIndex	0x0000	保留
wLength	00	无数据

**表2: 多主机端点反射器SETUP数据包中WVALUE的详细信息**

Bit	名称	说明
15:11	保留	保留（必须始终为“0”）
10:8	ENUM_TIMEOUT	该定时器必须设置为“000”——未定义超时。
7	保留	保留（必须始终为“0”）
6:5	ROLE_SWITCH_TYPE	对于多主机端点反射器，必须始终为“00”
4	ROLE_SWITCH_STATE	1 = 将PORT位中定义的端口切换为多主机端点反射器会话状态 0 = 终止PORT位中定义的端口上当前处于活动状态的多主机端点反射器会话
3:0	PORT	启动多主机会话时，多主机端点反射器1将始终连接到默认主机。多主机端点反射器2将连接到由这些位选择的下行端口。每次只能连接一个下行端口。  0000 = 多主机端点反射器不与任何下行端口连接（多主机端点反射器1将仅连接到默认主机） 0001 = 端口1 0010 = 端口2 0011 = 端口3 0100 = 端口4 0101 = 端口5 0110 = 端口6 所有其他值 = 无效



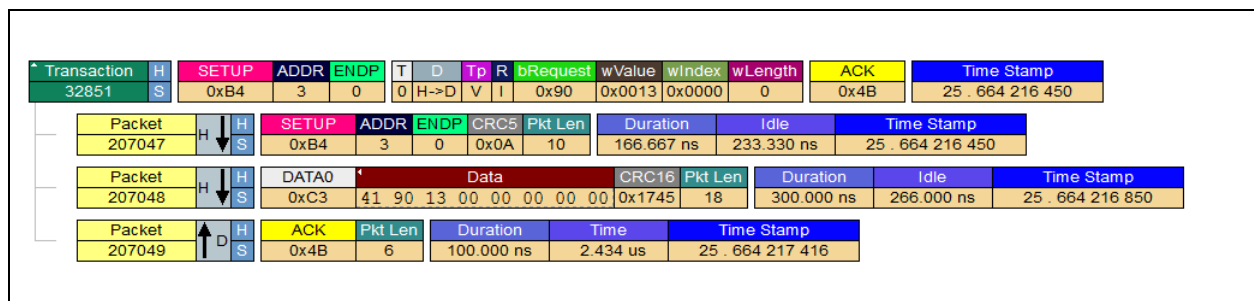
## 多主机命令示例

表3和图4给出了端口3的多主机端点发射器会话初始化命令的示例。该命令发送到集线器功能控制器的EP0。务必要将枚举定时器设置为零（Bit 10:8 = 000），如表3和图4所示。

**表3: 多主机端点反射器SETUP命令示例**

SETUP参数	值	注
bmRequestType	0x41	设备到主机, 供应商类, 针对接口
bRequest	0x90	SET_ROLE_SWITCH
wValue	0x0013	Bit 15:11 = 0000b Bit 10:8 = 000b (无枚举定时器) Bit 7 = 0b Bit 6:5 = 00b Bit 4 = 1b (进入多主机端点反射器会话) Bit 3:0 = 0011b (端口1)
wIndex	0x0000	保留
wLength	00	无数据

**图4: 寄存器读取SETUP事务示例**



## 其他工作选项

默认情况下，多主机端点反射器无需进行其他配置即可正常工作。不过，有一些其他选项对于系统集成十分有用。

### 多主机端点反射器1（UDC1）永久连接

某些系统实现可选择始终将多主机端点反射器1永久连接到默认USB主机。由于可以预装载iAP2和NCM设备的驱动程序并且可以省去枚举设备所需的时间（因为集线器最初连接到USB主机时会进行枚举），这种设置有助于缩短车载会话启动时间。

该功能通过将寄存器0xBFD2\_3402（运行时标志2寄存器）的bit 2置1来使能。请参见表4。

### 禁止自动恢复角色

在某些特定条件下（在多主机会话中），多主机端点反射器会自动断开连接，集线器将返回其默认状态（自动恢复角色）。这可能是由于以下两个原因之一引起：

- 检测到相应端口发生过流事件。
- 检测到连接到UDC2的主机已断开连接（见“断开检测方法”一节）。

该功能可通过将寄存器0xBFD2\_3402（运行时标志2寄存器）的bit 1清零来禁止。请参见表4。

**注：** 如果ENABLE\_UDC1\_PERSISTENT = 1，则该设置对多主机端点反射器1（UDC1）没有影响。多主机端点反射器2（UDC2）将继续自动恢复角色。

## 断开检测方法

当连接到多主机端点反射器2（UDC2）的辅助主机物理断开时，UDC2设备将断开连接，端口将恢复为默认状态。可使用两种不同的机制来检测该断开事件：

- **SUSPEND 定时器：**这是默认的断开检测机制。当辅助主机断开连接时，UDC2将检测到USB SUSPEND事件（由于未收到来自主机的SOF命令）。当处于SUSPEND状态时，定时器将运行。当定时器到期时，UDC2会得出其已与辅助主机断开连接的结论，然后启动角色恢复，返回默认状态。请注意，该方法适用于大多数多主机实现，因为大多数多主机会话在整个会话期间保持活动状态，因此永远不会将UDC2设备置于SUSPEND状态。可通过寄存器0xBFD2\_340[C:D]配置SUSPEND定时器。请参见表5。
- **在USB数据线上注入电流：**当辅助主机断开连接时，UDC2将检测到USB SUSPEND事件（由于未收到来自主机的SOF命令）。处于SUSPEND状态时，UDC2设备会将弱电流源连接到D-数据线，然后监视引脚的线路状态。如果检测到引脚线路状态为低电平，则UDC2会得出其仍与辅助主机连接的结论。如果检测到引脚线路状态为高电平，则UDC2会得出其已与辅助主机物理断开连接的结论，然后启动角色恢复，返回默认状态。该机制可与辅助主机配合使用，能够将处于活动多主机会话中的UDC2设备置于暂停状态。

### 多主机端点反射器2连接延时

发出多主机命令后，可以在多主机端点反射器连接并出现在端口上之前插入一段时长可配置的延时。

这仅用于调试或测试用途，因为在最终实现中，USB主机应在最合适的时间发出命令，因此不建议使用。该延时通过寄存器0xBFD2\_3450来编程。请参见表6。

表4: 运行时标志2寄存器

RUNTIME_FLAGS2 (BFD2_3402h) 默认0x42			固件运行时标志2
Bit	名称	R/W	说明
7:3	不相关	R	与多主机端点反射器不相关的设置（保持不变）。
2	ENABLE_UDC1_PERSISTENT	R/W	<p>1——多主机端点反射器1（UDC1）始终连接到默认USB主机（无论ENABLE_AUTO_ROLE_REVERT设置如何）。</p> <p>0——仅在向集线器功能控制器发出多主机命令后，才会连接多主机端点反射器1（UDC1）。</p>
1	ENABLE_AUTO_ROLE_REVERT	R/W	<p>1——当端口处于角色切换模式时，检测到UDC2断开连接会强制将角色自动恢复为默认状态。</p> <p>0——当端口处于角色切换模式时，只有USB主机发出的显式命令才能将角色恢复为默认状态。</p>
0	DISCONNECT_DETECT_USBDATALINES	R/W	<p>如果ENABLE_AUTO_ROLE_REVERT = 0，则忽略该位。</p> <p>0——当UDC1和/或UDC2进入USB SUSPEND状态时，集线器将运行定时器；在定时器到期时，集线器将自动断开UDC1（如果ENABLE_UDC1_PERSISTENT = 0）和UDC2。该定时器的持续时间在SUSPEND_TIMEOUT寄存器中配置。</p> <p>1——集线器将检查USB数据线，以确定UDC2是否已物理断开。这是通过在D引脚上注入一个小电流源并检查线路状态来实现的。如果在检查期间检测到线路状态为低电平，UDC2将保持连接状态。如果在检查期间检测到线路状态为高电平（表示线路上为高阻态），则UDC1（如果ENABLE_UDC1_PERSISTENT = 0）和UDC2都将自动断开连接。</p>

**表5: 暂停超时寄存器**

SUSPEND TIMEOUT (BFD2_340Ch-BFD2_340Dh) 默认0xC8			暂停超时
Bit	名称	R/W	说明
15:0	SUSPEND_TIMEOUT	R/W	<p>该位域的值只能是5的整数倍，默认设置为200 ms。</p> <p>该位域表示UDC1和UDC2自动断开连接并恢复为默认状态之前，UDC1或UDC2设备将保持SUSPENDED状态的USB SUSPEND最短持续时间（以ms为单位）。</p> <p>有关详细信息，请参见RUNTIME_FLAGS2中的ENABLE_AUTO_ROLE_REVERT和DISCONNECT_DETECT_USBDATALINES位。</p> <p>如果DISCONNECT_DETECT_USBDATALINES = 1，则将忽略该位域。</p>

**表6: 角色切换延时寄存器**

ROLE_SWITCH_DELAY (BFD2_3450h) 默认0x00			角色切换延时
Bit	名称	R/W	说明
7:0	ROLE_SWITCH_DELAY	R/W	<p>该位域表示在接收到多主机命令后，角色切换（UDC1和UDC2连接事件）的延迟时长（10 ms间隔）。</p> <p>例如，如果该寄存器中的值为2，则将在启动角色切换（UDC1和UDC2设备开始连接）之前提供20 ms的延时。</p>

**表7: 多主机端点反射器端口状态寄存器**

多主机EPR端口状态 (BF80_0809h) 默认值0x00			多主机端点反射器端口状态
Bit	名称	R/W	说明
7:3	保留	R	保留
2:0	EPR_PRT_STATUS	R	<p>指示连接到多主机端点反射器（Endpoint Reflector, EPR）的下行端口。</p> <p>000——没有下行端口连接到多主机EPR            001——下行端口1连接到多主机EPR            010——下行端口2连接到多主机EPR            011——下行端口3连接到多主机EPR            100——下行端口4连接到多主机EPR            101-111 无效</p>

## 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
DS00002771A (2018年8月13日)	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。

---

---

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**、**PackeTime**、**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**、**Mindi**、**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: 978-1-5224-5384-0

## 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: 45-4450-2828  
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