

# Windows CE 下串口驱动关键技术<sup>①</sup>

张爱民, 王星全, 王庆辉

(总参谋部通信训练基地, 宣化 075100)

**摘 要:** 串口是 Windows CE 嵌入式操作系统应用的常用接口, 串口驱动程序是连接操作系统和串口硬件的桥梁。采用流接口驱动与分层驱动相结合的方法对串口的驱动程序进行了设计, 重点对设计串口驱动的关键点进行了分析, 包括串口寄存器的配置、中断处理和 MDD 层和 PDD 层功能函数的实现。旨在对 Windows CE 下嵌入式设备驱动设计提供设计思路。

**关键词:** Windows CE; 串口; 流驱动; 分层驱动; 中断处理

## Key Technologies on Serial Driver in Windows CE

ZHANG Ai-Min, WANG Xin-Quan, WANG Qing-Hui

(Communication Training Base, PLA General Staff Headquarters, Xuanhua 075100, China)

**Abstract:** Serial port is a common interface in Windows CE embedded operating system, Driver program of serial port is the bridge to link operating system and hardware. It adopts the scheme of, driver program of serial port, which combines the layered driver with stream driver. More description of key technologies on driver program is given, including register configuration, interrupt processing, implementation of function in MDD and PDD layer. The intention of this paper is to offer design method to driver program of embedded equipment in Windows CE.

**Key words:** Windows CE; serial port; stream driver; layer driver; interrupt processing

Windows CE 是 Microsoft 公司专门针对嵌入式产品领域开发的嵌入式操作系统, 主要面向各种嵌入式系统和产品, 例如: 消费类电子设备、专用工业控制器和嵌入式通信设备等需要。虽然串口通信应用比较广泛, 但驱动中涉及的部分内容也可能在平时的应用中并不是很常用到的。当需要添加多个串口支持时, 需要对现有的驱动进行修改或者设计。串口的驱动程序是一种典型的流驱动和分层驱动相结合的程序, 流接口驱动程序在设计时可以当成是一种特殊的文件, 因此流接口函数和普通的文件系统 API 函数是一致的, 这一特点使得应用程序就像操作文件一样, 通过使用文件的 API 函数来调用驱动程序达到访问设备的目的<sup>[1]</sup>。本文主要对 Windows CE 下串口驱动程序的实现技术进行一下分析, 重点分析关键技术问题, 旨在对 Windows CE 下嵌入式设备驱动设计提供设计思路。

## 1 串口驱动的基本原理

Windows CE 串口驱动程序的设计采用流接口驱动与分层驱动相结合的方法来设计。在分层的串口驱动分为 MDD (模型设备驱动) 层和 PDD (平台相关驱动) 层。MDD 层对上层的设备管理器提供了标准的流设备驱动接口 (COM\_xxx), MDD 对于不同平台来讲它的驱动模型是相同的, 它连接了 PDD 层并定义了调用的函数, 把预先定义好的函数提供给操作系统, 串口中断处理也在 MDD 层实现。PDD 层实现了 HWOBJ 结构和结构中若干针对于串口硬件操作的函数指针, 这些函数指针将指向 PDD 层中的串口操作函数, PDD 是与硬件相关的, 完成对硬件的访问。DDSI 是设备驱动服务接口, MDD 层通过 DDSI 与 PDD 层进行交互, 在串口驱动中, HWOBJ 结构中包含一个函数指针列表, 这些函数指针指向串口硬件操作函数, 用于操作

<sup>①</sup> 收稿时间:2011-11-09;收到修改稿时间:2012-01-01

串口<sup>[2,3]</sup>。PDD 层会传给 MDD 层一个 HWOBJ 结构的指针，这样 MDD 层就可以调用 PDD 层的函数来操作串口。原理图如图 1 所示。

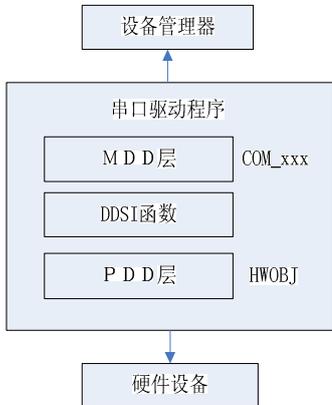


图 1 串口驱动原理图

## 2 串口驱动的具体设计

### 2.1 串口相关的寄存器配置

Windows CE 的串口驱动程序开发中有两个关键技术，一是正确配置串口相关的寄存器，二是处理中断。配置寄存器，包括实现与物理底层操作的函数，将寄存器地址映射到内核进程的虚拟地址，在串口操作的不同阶段配置好各种寄存器，各种寄存器的正确配置在设计 and 实现串口驱动程序的基础，其主要功能如表 1 所示，在应用中根据需要查阅相关手册来配置各类寄存器。

表 1 串口寄存器功能设置表

寄存器名	寄存器功能
ULCON	用来设置串的模式。
UCON	设置 UART 的时钟，发送和接收的中断请求类型。
UFCON	设置 FIFO 触发级别，重置，使能。
UMCON	设置 AFC，非 AFC 下 RTS 的控制。
UTRSTAT	指示发送器是否为空，发送缓冲区是否为空，接收缓冲区是否准备好
UERSTAT	指示 UART 的一些错误状态。
UTXH	写入要发送的数据
UFSTAT	指示 FIFO 是否为空和使用的空间等
URXH	读出要读的数据
UMSTAT	指示 CTS 是否被激活
UBRDIV	设置波特率

### 2.2 串口驱动的中断设计

串口以中断的方式与操作系统进行交互，中断也

是驱动设计的关键环节。驱动程序需要实现特定设备的中断响应，对数据进行处理。Windows CE 将中断过程分为 ISR（中断服务例程）和 IST（中断服务线程）两部分<sup>[4]</sup>，Windows CE 操作系统不能直接处理物理中断，只能处理系统中断。ISR 运行在内核模式下，向系统返回中断标识号给中断处理器，并且屏蔽板级的设备中断，中断处理器重新使能对 CPU 的所有中断，然后触发相应的 IST 事件，IST 完成具体的中断处理，IST 是一个常规的 Win32 线程，驱动程序通常在 IST 中产生一个事件之后等待该事件发生，内核使用调度算法来唤醒等待该事件的 IST，IST 完成之后调用 InterruptDone 函数通知内核，该函数调用内核的 OEMInterruptDone 函数重新使能当前中断。

在 COM\_Init 中，使用 CreateEvent 函数创建发送数据和接收数据的同步事件对象，当有中断发生或者串口打开时，创建中断服务线程(IST)事件，并通过 InterruptInitialize 函数将事件与逻辑中断 ID 号关联起来，调用 WaitForSingleObject 函数，进入串口对象的事件等待队列中，在有事件被捕获后，根据不同中断类型调用不同的函数进行处理。首先通过 HWGetIntrType 函数读串口中断状态寄存器判断中断类型，串口驱动中有数据接收 INTR\_RX、数据发送 INTR\_TX、线路状态 INTR\_LINE 和 Modem 通信 INTR\_MODEM 四个中断类型。当接收到的中断类型是 INTR\_RX 时，调用 HWRxIntrHandler 函数，将接收到的数据从串口设备接收缓冲区中读取到与此设备对应的抽象设备缓冲区中。当执行 COM\_Read 函数时，直接从抽象设备的接收缓冲区中读取数据。当接收到的中断类型是 INTR\_TX 时，调用 HWTxIntrHandler 函数，直接将要发送的数据发送到串口设备的发送数据缓冲区中。当执行 COM\_Write 函数时，将要发送的数据写到定义的发送缓冲区中，完成操作之后通知硬

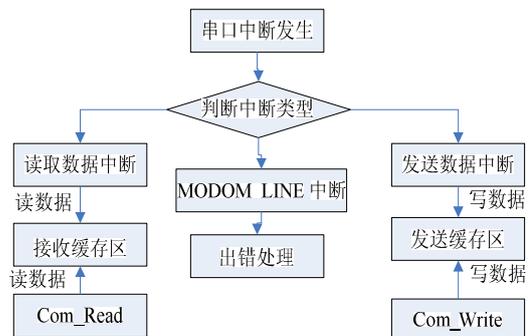


图 2 串口中断处理流程图

件发送数据,与 modem 进行通信,当接收到的中断类型是 INTR\_MODEM 时,调用 HWModemHandler 函数进行处理<sup>[5,6]</sup>。串口中断处理流程图如图 2 所示。

### 2.3 串口驱动的 MDD 层和 PDD 层设计

MDD 层主要由流接口函数和中断处理函数组成。MDD 层向上提供了流设备接口,用于管理串口。由于串口驱动由 Device.exe 直接调用,所以 MDD 部分是以完整的流接口给出的,也就具备基于流接口的驱动程序所需的函数实现,包括 COM\_Init, COM\_Deinit, COM\_Open, COM\_Close, COM\_Read, COM\_Write, COM\_Seek, COM\_PowerUp, COM\_PowerDown, COM\_IOCTL 几个基本实现。这部分代码微软已经提供了参考代码,其中 COM\_IOCTL 函数非常有用,该函数主要实现了一些串口的 IO 控制,他会被应用层的一些串口函数调用来获得或者设置串口的状态。应用程序通过调用 COM\_IOCTL 函数并传入不同的操作码,实现了控制串口的功能。

PDD 层的函数主要是实现了对串口硬件的操作,包含的函数较多,在 MDD 层 COM\_Init 函数中创建同步事件对象,会调用 PDD 层的 GetSerialObject 函数获得硬件信息,硬件的初始化通过调用 PDD 层的初始化函数 HWInit 完成。应用程序进行串口通信时,首先使用 CreateFile 函数打开串口,系统自动调用 COM\_Open 函数,创建中断处理线程,PDD 层调用 HWOpen 来执行。当串口操作结束后,应用程序调用 CloseHandle 关闭串口,系统自动执行 COM\_Close,由调用 PDD 层的 HWCclose 函数实现具体的硬件操作。进行串口读写时,应用程序调用 ReadFile 函数,系统自动执行 COM\_Read,将接收到的数据从接收缓冲区中读出。当应用程序调用 WriteFile 函数时,系统自动

调用 COM\_Write,将要发送的数据写到发送数据的缓冲区中。PDD 层分别调用 HWGetBytes 和 HWPutBytes 函数将数据接收下来和发送出去,具体的硬件和软件之间的协调工作在中断处理过程中执行。MDD 层的函数通过该结构体 HW\_VTBL 实现对 PDD 层函数的调用,从而完成对串口硬件的操作。

### 3 结语

Windows CE 操作系统中串口通信广泛应用于工业控制、信息家电、汽车电子、个人电子消费品等领域。串口驱动程序的设计采用流接口驱动与分层驱动相结合的方法来设计,关键点是寄存器的配置和中断处理,从功能和实现上来讲并不复杂,但涉及的知识比较全面,是设计流式驱动程序和分层驱动很好的典范。对 Windows CE 设计外围设备的驱动具有重要参考价值。

### 参考文献

- 1 张冬泉,谭南林.Windows CE 开发实例精粹.北京:电子工业出版社,2008.
- 2 张正柱,欧阳柳波.WinCE .NET 下串口驱动分析及其与 PC 通信的实现.现代电子技术,2010,33(6).
- 3 周建设.Windows CE 设备驱动及 BSP 开发指南.北京:中国电力出版社,2009.
- 4 胡军辉,王友钊.Windows CE 设备驱动程序开发.计算机工程,2006,32(16):41-43.
- 5 潘莉,吴晓婷,邓中亮.WinCE.NET 下串口驱动开发设计.电脑开发与应用,2005,18(4):21-23.
- 6 司浩乐,万渡,田玉敷.Windows CE 下的串口驱动设计.计算机工程,2008,34(20):86-90.
- 7 杨晓波.WCDMA 无线网络的优化研究.计算机系统应用,2006,15(8):84-88.
- 8 刘欢,惠晓威.WCDMA 中的 OVVSF 码分配算法.计算机系统应用,2010,19(6):66-69.
- 9 3GPP TS 25.104 v9.0.0. BS Radio Transmission and Reception. 2009.
- 10 3GPP TR 25.942 v10.0.0. RF System Scenarios. 2011.
- 11 Larsson EG. Model-Averaged interference rejection combining. IEEE Trans. on Communications, 2007,55(2):271-274.
- 12 Tarokh V. New Directions in Wireless Communications Research. New York: Springer, 2009.458-464.

(上接第 77 页)

大学,2006.

- 3 Larsson EG. Model-Averaged interference rejection combining. IEEE Trans. on Communications, 2007,55(2):271-274.
- 4 Tarokh V. New Directions in Wireless Communications Research. New York: Springer, 2009.458-464.
- 5 3GPP TR 25.942 v10.0.0. RF System Scenarios. 2011.

- 6 3GPP TS 25.104 v9.0.0. BS Radio Transmission and Reception. 2009.
- 7 杨晓波.WCDMA 无线网络的优化研究.计算机系统应用,2006,15(8):84-88.
- 8 刘欢,惠晓威.WCDMA 中的 OVVSF 码分配算法.计算机系统应用,2010,19(6):66-69.