

# 基于 VxWorks 的在线编程技术

张 曼,刘文学,楚要钦,林 木

(中国航空计算技术研究所,陕西 西安 710068)



**摘 要:**随着 VxWorks 操作系统被广泛应用于航空、航天、通讯等各领域、嵌入式产品开发人员和现场服务人员急需一种简单、可靠、高效率的 VxWorks 产品维护手段。介绍了一种 VxWorks 下网络传输接口的 IAP 在线编程系统,系统的总体结构和工作原理,为提高 IAP 在线编程速度所采用的方法及系统的实现。实验证明,系统与传统的串口 IAP 在线编程系统相比,其性能有了显著提高。

**关键词:** IAP; VxWorks; Flash; 容错处理

**中图分类号:** TP311

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-654X(2010)05-0131-04

## 引言

目前,一般嵌入式单板计算机开发时都支持 IAP 在线编程技术,它可以方便地实现代码下载;同时对于产品服务人员和用户,它可以提供有效的产品升级和应用程序开发支持。但是,现在常用的开发工具一般都是通过串口与嵌入式系统进行通信,通讯距离有限且传输速度慢,传送大文件时经常出错,通讯效率非常低。

为了解决 VxWorks 下 IAP 在线编程速度慢,稳定性差、性能低的问题,提出了基于 TCP/IP 网络协议的 IAP 在线编程方法,很好地解决了 VxWorks 代码开发和维护中,IAP 在线编程传输速度慢、稳定性差的问题。

## 1 在线编程技术的概念和原理

在线编程技术分为两种:一种是 ISP,另一种是 IAP。

ISP(In-System Programming)指电路板上的空白器件可以编程写入最终用户代码,而不需要从电路板上取下器件,已经编程的器件也可以用 ISP 方式擦除或再编程。

IAP(In-Application Programming)指 MCU 可以在系统中获取新代码并对自己重新编程,即可用程序来改变程序。IAP 技术实现方法通常是将 FLASH 存储器映射为两个或两个以上存储体,当运行一个存储体上的用户程序时,可以对另一个存储体进行重新编程,之后将控制从一个存储体转向另一个。

## 2 在线编程系统的体系结构及工作原理

本系统硬件上采用了 Motorola 公司的 MPC8245

处理器,其外部存储器是两片 128M 的 Flash,同时还提供了一路 RS232 通讯接口和一路以太网通讯接口。嵌入式操作系统采用的是 VxWorks 操作系统。

因为串口通讯的实现相对简单,且大多数处理器都提供了标准串口,所以在传统的在线编程系统中,一般都是串口 IAP 在线编程系统。串口 IAP 在线编程一般是在没有启动操作系统的情况下完成的,也就是在 BootLoader 中实现的。为了提高在线编程系统的编程速度和稳定性,本系统采用的通讯端口为以太网接口,其程序必须在操作系统运行起来后才能执行,因而它的实现不在 BootLoader 中,而是在操作系统的 BSP 中,这样可以利用操作系统提供的 Socket 功能和函数。同时传统的串口 IAP 在线编程系统在 BootLoader 中予以保留,以便在操作系统损坏的情况下也可以完成在线编程。基于 TCP/IP 网络协议的编程系统的结构如图 1 所示。

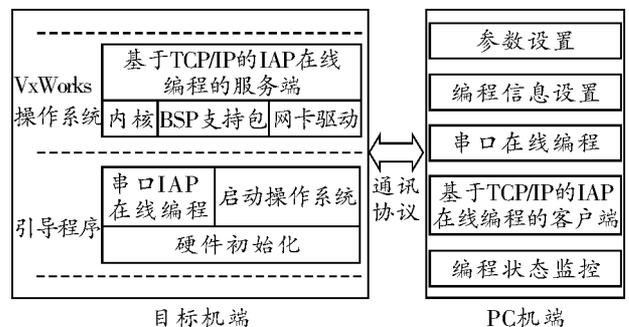


图 1 基于 TCP/IP 网络协议的编程系统的结构

整个系统软件主要包括两大功能模块,目标机端

软件和 PC 机端软件。目标机端软件由引导程序和 VxWorks 操作系统两部分组成。其中引导程序中主要实现的功能是通过串口 IP 在线编程功能将操作系统 (含有基于 TCP/IP 网络协议的 IP 在线编程功能的) 固化到 Flash 中。操作系统软件主要实现的功能是在 BSP 中嵌入 IP 在线编程程序,使系统可根据外部的信号量判断当前状态,自动进入 IP 在线编程状态,更新和升级操作系统映像文件和应用程序。PC 机端软件由参数设置,编程信息设置,串口 IP 在线编程,基于 TCP/IP 网络协议的 IP 在线编程的客户端和编程状态监控 5 部分功能组成。PC 机端和目标机端通过自定义的通讯协议进行数据传输。

整个系统的工作流程如下:首先 PC 机对网络上的目标机发送启动传输握手信号,目标机响应握手信号,进入编程状态;然后 PC 机发送编程地址,目标机收到编程地址,校验后回复反馈信号,PC 机收到反馈信号后,判断目标机是否接收正确,是否需要重发,并将通讯情况显示到计算机上;再次,PC 机发送需要编程的文件大小,目标机收到后发送确认接收信息;最后,PC 机将编程文件进行分包多次传输,包的大小最好不要超过网络设备的 MTU 值,协议包包括了协议头、数据段、校验和等信息,目标机接收到分包数据后将其保存在内存中,当所有数据包接收完毕后,目标机将把存储在内存中的数据或程序文件固化到 Flash 中指定的地址,然后发出接收完成确认信号,PC 机响应完成传输信号,退出在线编程状态。

### 3 基于 TCP/IP 网络协议的 IP 系统的实现

#### 3.1 目标机端的功能实现

目标机是一个运行 VxWorks 的嵌入式系统,它是在线编程系统中既是在线编程的最终执行者,同时也是被执行者。其核心工作原理是驻留在目标机端的 IP 在线编程服务端伺服在某一个 TCP 端口进行监听,接收用户的编程请求,一旦请求被接受,就通过网络通讯,对目标机进行 IP 在线编程。

为了实现这种编程操作,需要将 Flash 空间分为两个独立的空间:一个是不变空间,用来存储完成在线编程操作的程序,这个空间要设置地址保护以保证其内容不被改写;另一个是可编程空间,这部分用来存储需要通过在线编程升级的程序。本硬件系统中 FLASH 不变空间的大小为 640KB 用来存放引导程序,其地址范围从 0xfff00000 到 0xfff9fff;可变空间的大小为 135MB,其中 7M 用来存放操作系统映像,其地址范围从 0xff800000 到 0xffefffff,另外 128M 用来存放应用程序和数据,其地址范围从 0x70000000 到

0x78000000。

驻留在目标机端的基于 TCP/IP 网络协议的 IP 在线编程服务端程序运行在操作系统之上。系统在上电和操作系统启动后,通常会运行用户的应用程序。为了使 IP 在线编程程序和用户应用程序的运行不冲突,必须将 IP 在线编程程序嵌套到一个合适的位置上,使其不仅能正常运行,而且不影响应用程序。通过分析基于 ROM 的 VxWorks 操作系统的启动顺序 (如图 2 所示),决定将 IP 在线编程程序嵌套在 usrAppInit 函数中,并在 BootLoader 程序中增加一个网络编程选择菜单,由该菜单记录一个网络编程标志到 Flash 中,然后在 usrAppInit 函数中判断有无此标志,如果有则进行 IP,否则运行用户应用程序。

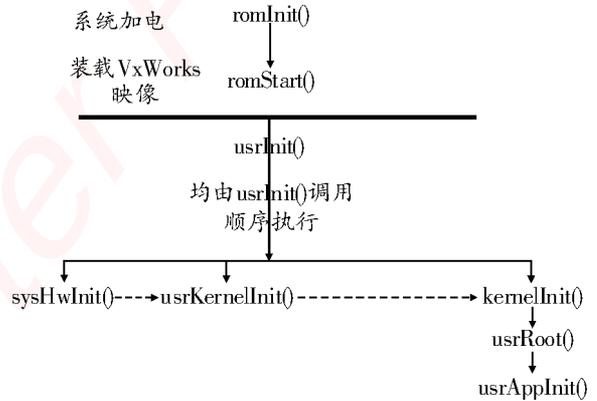


图 2 基于 ROM 的 VxWorks 操作系统启动顺序

为了提高编程速度,将目标机端实现的基于 TCP/IP 网络协议的 IP 在线编程功能细化为两部分:编程文件的传输和将编程文件固化在 Flash 中。首先,在编程文件的传输中,为了保证数据传输的高效和稳定,系统中自定义了一套通讯协议,该协议包括数据校验和重发机制,具有较好的可靠性和容错性。通讯协议由简单命令字和复杂协议包两种方式组成。握手信号等采用简单命令字方式,传输数据包时采用复杂协议包方式,协议包包括协议头、数据内容和校验和。协议格式如下所示:

协议头      数据内容      校验和

通讯协议的具体内容包括:

- 1) PC 机发送“#”,目标机收到后回复“#”,这表示 PC 机和目标机握手成功,可进行编程信息的传输。
- 2) 其 PC 机发送编程地址到目标机,目标机收到后,计算收到的内容的校验和,如果校验和正确给 PC 机回应“#”;校验和错误回应“\$”,接收超时回应“%”。PC 机收到“\$”和“%”,都会启动重发机制,最

多重发三次。

3) PC机发送文件大小到目标机,目标机收到文件大小判断地址和长度是否合法,其响应处理过程同接收编程地址的处理。

4) PC机将数据文件分包后在前面加上协议头,后部加上校验和发送给目标机,除发送最后一包需要计算包的长度外,其他包的长度都为定长,目标机收到PC机发送的数据后,其响应处理过程同上。

在固化文件到 Flash的功能中,为了提高写 Flash的速度,不采用单字写入方式,而是采用 Buffer写入方式。经过试验,采用单字写入方式的速度为 221 KByte/s,而采用 Buffer方式的写入速度为

862 KByte/s,是单字写入方式的 4倍多,明显地提高了固化文件到 Flash的速度。

### 3.2 PC机端的功能实现

PC机端基于 TCP/IP网络协议的 IAP在线编程客户端程序利用 Microsoft Visual C++ 6.0开发工具开发,它实现的功能有:参数设置、编程信息设置、串口 IAP在线编程、编程状态监控和网络 IAP在线编程客户端。为了提高在线编程速度,网络 IAP在线编程客户端功能采用线程实现。因为每个独立的线程都有各自的消息响应队列,其消息响应独立于主进程,从而能被快速响应。5个功能模块对应的实现如下:



图 3 PC机端的在线编程工具

参数设置包括串口参数设置和网口参数设置,分别在 CConfigDaibg和 CNetSettingDlg函数中实现;编程信息设置用来为用户提供选择编程文件和设置编程地址,分别在 OnBrowse和 OnUpload函数中实现;串口 IAP在线编程在 ComSendFileThread线程中实现,当目标板内只有 BootLoader程序还没有 VxWorks操作系统或操作系统损坏时,可以用它将含有网络 IAP在线编程功能的 VxWorks操作系统映像固化到 Flash中,之后需要在线编程时,就可以使用网络 IAP在线编程了;编程状态监控用来监控编程的整个过程,其在 ComMonitorThread线程中实现;网络 IAP在线编程客户端与目标机端基于 TCP/IP网络协议的 IAP在线编程服

务端配合,用来完成网络 IAP在线编程功能,它实现的函数有: NetSendFileThread、NetSendHello、NetSendFileAddr、NetSendSize、NetSendFileContent和 NetSendFileError。实现的 PC机端的基于 TCP/IP网络协议的 IAP在线编程工具如图 3所示。

### 4 性能的分析比较

在串口 IAP在线编程系统和基于 TCP/IP网络协议的 IAP在线编程系统的性能测试中,将目标机和 PC机通过网线和串口线相连组成测试环境,并选择了 500 KB, 1 MB, 2 MB, 4 MB和 8 MB的文件做为测试项进行测试,测试的内容包括串口 IAP在线编程时间和

基于 TCP/IP 网络协议的 IAP 在线编程时间, 串口 IAP 在线编程重发次数和基于 TCP/IP 网络协议的 IAP 在线编程重发次数。

表 1 给出了串口和基于 TCP/IP 网络协议的 IAP 在线编程的时间比较, 表 2 给出了串口和基于 TCP/IP 网络协议的 IAP 在线编程重发次数的比较。

表 1 串口与 TCP/IP 在线编程时间比较

文件大小	串口用时	TCP/IP 用时
500 KB	90	10
1 MB	232	17
2 MB	478	34
4 MB	965	67
8 MB	2 014	134

表 2 串口与 TCP/IP 在线编程重发次数的比较

文件大小	串口次数	网络次数
500 KB	0	0
1 MB	0	0
2 MB	1	0
4 MB	2	0
8 MB	4	0

从上面的数据可以看出, 采用网络方式的 IAP 在线编程比采用串口 IAP 在线编程在速度上提高了十几倍, 并且通过实验发现编程文件越大, 网络 IAP 在线编程在速度上的优势越显著; 同时, 网络方式的 IAP 在线编程在传输大文件时更稳定、重发次数少, 而串口 IAP

在线编程稳定性差、重发次数多。由以上数据分析可见, 使用基于 TCP/IP 网络协议的 IAP 在线编程系统较好地解决了 VxWorks 上在线编程速度慢、稳定性差和性能低的问题, 为项目开发和产品维护提供了快速、有效的支持。

### 5 系统的改进

本系统的实现采用了 TCP/IP 网络协议, 由于它是面向连接的, 三次握手等都需要很大的时间开销, 性能还有一定局限, 如果改为面向无连接的 UDP 传输方式有可能获得更高的传输速度。

### 参考文献:

- [1] Wind River systems Inc VxWorks Programmer s Guide[Z]. 5. 4Edition1, 2000.
- [2] Motorola, Inc MPC8245 Integrated Processor User s Manual, Rev 1, 10/2001 [ EB /OL ]. <http://www.motorola.com/semi-conductors>
- [3] 韩江洪, 金浩. 分布式控制系统的在线编程技术研究 [J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2006 (6): 18 - 20.
- [4] 陈怀民, 王龙福. 基于 VxWorks 的分布式测试系统设计与实现 [J]. 测控技术, 2009, 28 (10): 71 - 74.
- [5] 王宜怀. MC68HC908GP32 单片机编程器的设计与实现 [J]. 计算机工程, 2004 (20): 191 - 194.
- [6] 周启平, 张杨. VxWorks 下驱动设备程序及 BSP 开发指南 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2007.

## Application of Programming Base on VxWorks

ZHANG M an, L IU W en-xue, CHU Yao-qin, L IN M u

(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi an 710068, China)

**Abstract:** VxWorks operating system is widely used in aviation, aerospace, telecommunications and other fields. Embedded products developer and outfield vindicators need a simple, reliable and efficient method to develop and maintain products. Therefore, this paper has a research on In Application Programming base on VxWorks to resolve this issue. First, the paper introduce the overall system structure and working flows. Then, it shows the system implementation and the methods how to rapid the speed of programming. Finally, a system performance and shortcomings are came to a conclusion.

**Key words:** IAP; Vxworks; flash; fault-tolerant