

智能用电终端研发仿真平台^①

王福广¹, 姚力², 马宗超¹

¹(中国电力科学研究院, 北京 100092)

²(浙江省电力试验研究院, 杭州 310014)

摘要: 利用 Microsoft Visual C++ 6.0 和开源软件 cygwin 技术对基于嵌入式 Linux 的智能用电终端研发仿真系统进行设计和开发。此系统在 PC 机上运行后就是一台完整的仿真智能用电终端。在 VC++6.0 开发环境下, 采用 VC++6.0 控件和 cygwin 技术, 利用硬件工装的辅助实现系统的设计, 实现了在 windows 下直观的调试 Linux 代码并可以和外围硬件模块通讯的功能。利用此系统开发成功的载波集中器已经运行到现场。通过实践开发, 充分证明了利用此开发系统技术可以大大提高嵌入式应用软件的开发效率和软件质量, 大大缩短项目开发周期。
关键词: 智能用电终端; 仿真; cygwin; linux; windows; VC

Simulation Platform for Intelligent Electricity Consumption Terminal

WANG Fu-Guang¹, YAO Li², MA Zong-Chao¹

¹(China Electric Power Research Institute, Beijing 100192, China)

²(Zhejiang Electric Power Test & Research Institute, Hangzhou 310014, China)

Abstract: By utilizing Microsoft Visual C++6.0 and Cygwin technology, a research and simulation platform system based on embedded Linux for intelligent electricity consumption terminal is designed and developed. After running on a PC, this system is a complete simulation of the smart terminal unit. In VC++6.0 development environment, by using VC++6.0 controls and Cygwin technology, and aiding by hardware tools, the design of this system is implemented. This system realizes the function of debugging Linux code intuitively in Windows system, and can communicate with peripheral hardware modules. Carrier wave concentrators exploited successfully using this system have already been operated in scene. Practices and developments shows that, by using this development system, the development efficiency and the quality of embedded application software can be improved greatly and the project development cycles can also be reduced significantly.

Key words: intelligent electricity consumption terminal; simulation; cygwin; linux; windows; VC

随着智能电网的快速发展以及对采集终端、电表标准的统一, 传统的用电终端无法满足以信息化、自动化和互动化为特征的坚强智能电网^[1]的需求。电网对用电终端的要求越来越高, 32 位芯片和嵌入式 Linux 必将代替传统的 8 位、16 位单片机而成为主流。方便的研发环境对提高研发进度起着事半功倍的作用。

目前对于大部分软件开发人员而言, 主流的操作系统是 Windows, 但是随着嵌入式系统在各个领域的广泛应用, 越来越多的人加入到 Linux 环境下的嵌入

式系统开发和软件开发中来^[2]。但是对于习惯了 Windows 的人员来讲, 完全舍弃 Windows 同时完全转向 Linux 是比较艰难的, 所以嵌入式 Linux 的开发环境也日益受到越来越多的人重视, 特别是基于 Windows 的交叉环境开发更是成为大家的焦点。

目前嵌入式 Linux 的应用开发存在的主要问题:

①Linux 环境下编辑工具可视化功能不强, 大部分开发人员对 Linux 下的编辑工具不是很熟悉; ②目前大部分嵌入式 Linux 的应用开发是在 NFS 环境下进行, 开发

① 收稿时间:2011-10-08;收到修改稿时间:2011-11-15

工程师主要通过串口打印信息做为调试手段,这种方式速度慢,效率低。因此,寻找方便的开发调试手段势在必行。

本文在分析嵌入式软件交叉开发的基础上,在 Windows 操作系统下,利用 Microsoft Visual C++ 6.0 和开源软件 cygwin 构建一个交叉开发环境,搭建一个用于开发研究用电终端的仿真开发平台。

此开发平台主要实现的功能:①在 windows 下编码开发;②在 windows 下调试,可执行 Linux 函数;③通过 PC 串口通信可以与外部物理设备直接通讯;④可仿真物理智能设备进行功能调试;⑤代码可直接在 Linux 下编译通过。

1 研发仿真平台的设计

本研发仿真平台是基于 windows 下的 VC++6.0 开发环境,代码的编写、调试都在 VC++6.0 的环境下进行,在代码调试完毕后,编写相应的 MAKEFILE 文件,在 Linux 环境下进行编译生成目标文件,烧写到智能用电终端。

1.1 WINDOWS 下软件开发调试环境的搭建

1.1.1 Visual C++ 6.0 (下简称 VC++6.0) 工程建立:

建立一个 MFC AppWizad(exe)工程^[3],此工程基于 Dialog,方便在对话框上放置模拟液晶控件和模拟按钮控件。可以将原有代码文件引入此工程,如果没有代码则需要新建代码文件到此工程。

1.1.2 cygwin 引入

目的:引入 cygwin 是为了使用其仿真的 Linux 函数,其函数可以在 windows 下运行,并产生和在 Linux 下运行相同的效果。cygwin 的安装可以通过 <http://www.cygwin.com/>进行下载安装。

方法:cygwin 是以共享库 cygwin1.dll 的形式提供,并没有提供 cygwin1.lib,在 VC++6.0 中可通过 LoadLibrary 载入动态链接库^[4],将它映射到当前进程使用的地址空间;获取其模块句柄后,通过 GetProcAddress 检索 cygwin1.dll 中的输出库函数地址,第一个需要获取是 cygwin 的初始化函数 cygwin_dll_init,并第一个运行它来初始化 cygwin 初始运行环境;其他的函数如果需要则必须导出,不需要可以不导出;函数的原型可通过 unix 的库函数进行查找,通过 typedef 进行自定义声明。其简易应用代码如下:

```
HMODULE g_hcygWinDll;
typedef void (*F_cygwin_dll_init)(void);
typedef int (*F_pthread_create) (pthread_t *, const
pthread_attr_t *,void (*)(*)(void *), void *);
```

```
typedef int (*F_pthread_exit) (void *)
#define GET_PROC_ADDR(proc) (proc=(F_
##proc)GetProcAddress( g_hcygWinDll, #proc ))
F_cygwin_dll_init cygwin_dll_init;
F_pthread_create pthread_create;
F_pthread_exit pthread_exit;
g_hcygWinDll=LoadLibrary( "cygwin1.dll" );
GET_PROC_ADDR(cygwin_dll_init);
cygwin_dll_init();
GET_PROC_ADDR(pthread_create);
GET_PROC_ADDR(pthread_exit);
```

通过以上代码之后,就可以在 VC 中直接调用 pthread_create 来创建 Linux 线程,用 pthread_exit 来退出 Linux 线程。在 cygwin 的支持下,解决了 Linux 系统下的函数在 windows 开发环境下不能运行的问题。

1.1.3 平台程序和 Linux 程序之间的接入点:

main 函数是 Linux 程序运行的主入口点^[5],而此平台需要在完成 windows 的环境初始化后,调用 main 来实现 Linux 代码的调用。因为 main 函数的执行是需要在 Linux 的上下文环境中,故在 windows 下不能直接调用 main,需采用如下方式调用:

```
void *main_Entry(void*arg)
{
    main();
    return NULL;
}
void VC_Entry(void)
{
    pthread_t t;
    pthread_create(&t, NULL, main_Entry, NULL);
}
```

在 VC++6.0 中可以直接调用 VC_Entry 即可进入 main 函数,main 函数以后的代码都是 Linux 环境下实际运行的代码,从而实现了在此仿真平台调试 Linux 代码。

1.2 仿真开发平台搭建

以 VC++6.0 为开发调试工具,以对话框窗口为平台模拟人机界面,以对话框中的按键为人机互动接口,搭建开发平台。

1.2.1 模拟点阵液晶的实现

智能用电设备大都采用点阵液晶,为了在模拟开发环境中可以开发调试点阵液晶的人机界面,在仿真平台中采用了 VC++6.0 中的 CEdit 控件,把此控件定义成与实际液晶大小相同的点阵阵列,使用 CEdit 的成员函数 GetDC()获取 CEdit 的 CDC 句柄,再使用

CDC 的成员函数 SetPixel 进行单像素绘画, 从而实现了实际液晶的模拟显示。此方式支持彩色绘画。

目前大部分液晶的实现都是采用 framebuffer 驱动, 仿真平台在内存中开辟了和实际液晶点阵大小相同的内存块, 虽然编写模拟显示的代码指向的内存和实际液晶显示的内存不是相同的内存, 但最终显示的效果是完全一致的, 从而实现在仿真平台环境下调试的代码可直接应用到实际液晶中去。

图 1--2 分别是单色和彩色的仿真液晶:

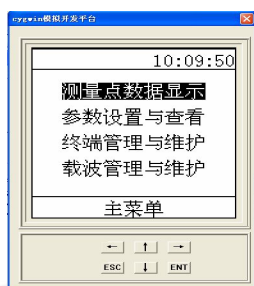


图 1 单色仿真液晶



图 2 彩色仿真液晶

1.2.2 按键的实现

在对话框中建立与实际设备相同数量的按钮控件, 在按钮控件的实现函数中将相应的按键消息传递到实际设备的按键函数接口。

1.2.3 串口的实现

在嵌入式 Linux 开发环境中, 打开串口的操作一般都是采用 `open("/dev/ttyS0", ...)` 的方式^[6,7], 在 cygwin 的支持下, 此函数可以打开安装 windows 操作系统计算机的 COM1 串口, 计算机 COM 口分配可在“计算机管理|设备管理器|端口(COM 和 LPT)”中查看, 目前 PC 机的标准配置是一路 COM 口, 可通过购买 USB 串口转换器或者 PCI 串口转换卡来进行多个 COM 口的扩展。

有了 cygwin 的支持, 再辅以相应的模块工装, 就可以在 VC++6.0 编辑编译环境下对智能用电设备中的串口外设进行开发调试、单步跟踪等工作, 此类串口

外设有 GPRS 模块、载波模块、GPS 模块、红外端口、RS485 通讯端口等。其简易应用部分代码如下:

```
nfd=open("/dev/ttyS0",O_RDWR|O_NOCTTY|O_NDELAY);
cfsetispeed(&new_cfg,speed);
cfsetospeed(&new_cfg,speed);
tcflush(nfd,TCIFLUSH);
tcsetattr(nfd,TCSANOW,&new_cfg);
read(nfd,pBuf,nLen);
write(nfd,pBuf,nLen);
close(nfd);
```

以上代码实现打开串口, 设置串口波特率、数据位、停止位等参数, 读写串口, 关闭串口; 上述函数都可在 windows 下执行并可通过计算机的 COM 口进行通讯。

1.2.4 网络的实现

使用 C 标准库函数即可实现基于 TCP/IP 的 socket 通信, 通过 socket 创建句柄, 使用 setsockopt 设置参数, 使用 ioctl 进行控制, 使用 read/write 进行读写, 使用 close 关闭句柄^[8], 此类函数在 windows 的下对网络的操作是完全一致的。

1.2.5 Linux 代码编译

当利用此平台调试完毕代码后, 最终需要在 Linux 环境下编译成可在 Linux 环境下执行的目标文件, 在 Linux 环境下需要采用编写 makefile 文件的方式来实现在整个工程的文件编译关联, 通过在根目录以及各个子目录下建立相应的 makefile, 将需要的文件加入到 makefile 中。在 Linux 环境下, 在根目录下直接调用 make 命令即可编译成可实际运行的目标文件^[9,10]。

2 电网智能用电设备开发的实际应用

在基于嵌入式 Linux 的智能用电设备的开发过程中, 对于用电设备需要的外部通道, 比如 GPRS、载波、RS485 都是采用打开串口的方式进行通讯, 此类通道都可以在 windows 下的 VC++6.0 开发环境中通过打开计算机的 COM 口来进行单步调试和代码跟踪; 对于液晶的人机界面和按键输入可以通过 VC++6.0 的 CEdit 和 CButton 得以仿真。上行通道 GPRS 可通过 GPRS 工装进行 GPRS 通信, 下行采集通道 RS485 可以通过 RS232-485 转换器直接连接电能表, 载波通道通过载波工装直接和载波表进行通信, GPS 通过 GPS

工装实现 GPS 规约通讯,从而实现在 VC++6.0 的开发环境下通过工装直接连接外部设备进行仿真调试。

工装的制作一般模块厂家都会有相应的方案或成品开发板,所以当项目进入软件详细设计和硬件详细设计的阶段时,软件的应用层面的开发调试不再受制于硬件的开发进度,应用软件和硬件可以并行开发调试。因为嵌入式 Linux 的驱动和应用层的接口都已标准化,所以当硬件详细设计出炉以后,驱动程序的开发可实现应用层和硬件的对接。实践证明,此技术的应用大大加快了项目的进度,方便了编码人员的代码调试,改善了代码质量,提高了智能用电设备的最终产品质量。

图 3 为整个应用框架示意图。

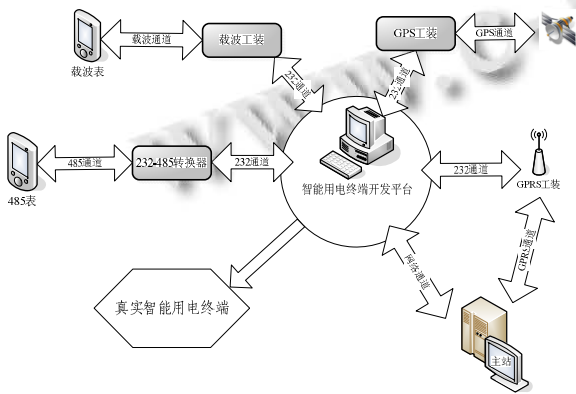


图 3 整个应用框架示意图

图 4-7 列举了几种在实际应用的图片:



图 4 GPS 工装实物图



图 5 GPRS 工装实物图



图 6 自制载波工装实物图 图 7 通过工装读取数据显示

最后调试完毕的代码,可以在 windows 下安装 VMware 虚拟机 Linux 系统或者直接使用 Linux 工作站,用 make 命令进行 Linux 目标代码的编译,将最终目标文件并入 Linux 文件系统中,在系统启动后自动运行目标文件。

3 结语

随着 Linux 的广泛应用,嵌入式 Linux 开发越来越受到人们的关注,但基于 Linux 的开发手段和调试手段还没有被广大软件开发人员熟练掌握,通过智能用电终端研发仿真平台开发调试环境可以使软件开发人员在熟悉的 windows 和 VC++6.0 的开发环境中去进行 Linux 系统下的代码开发和调试,在 windows 下调试过的代码能很快的转换为 Linux 实际运行的目标文件。实际应用表明,利用此仿真系统进行智能用电终端开发,加快了代码的调试速度、查错速度和错误定位速度,缩短了项目开发周期,提高了产品质量。

参考文献

- 1 刘振亚.智能电网知识读本.北京:中国电力出版社,2010. 20-38.
- 2 华清远见嵌入式培训中心.嵌入式 Linux 应用程序开发标准教程.第 2 版.北京:人民邮电出版社,2009.
- 3 侯俊杰.深入浅出 MFC.武汉:华中科技大学出版社,2008.
- 4 Kruglinski DJ.希望图书创作室译 MICROSOFT VISUAL C++ 6.0 技术内幕.北京:北京希望电子出版社,1999.
- 5 Wall K.张辉译.GNU/Linux 编程指南.第 2 版.北京:清华大学出版社,北京:科海电子出版社,2002.
- 6 Corbet J, Kroah-Hartman ARG 魏永明,耿岳,钟书毅译.LINUX 设备驱动程序.第 3 版.北京:中国电力出版社,2006.
- 7 韦东山.嵌入式 Linux 应用开发完全手册.北京:人民邮电出版社,2008.
- 8 Stevens WR.施振川,等译.UNIX 网络编程.第 2 版.北京:清华大学出版社,2001.
- 9 施威铭研究室.Linux 命令详解词典.北京:机械工业出版社,2008.
- 10 Steven WR, Rago SA.尤晋元,张亚英,戚正伟译.UNIX 环境高级编程.第 2 版.2006.