

嵌入式 Linux 下 Qt/Embedded 的应用

王存健, 张建正

(华东理工大学 信息科学与工程学院, 上海 200237)

摘要:随着嵌入式系统的发展,用于实现与用户交流功能的嵌入式 GUI 成为研究中的一个重点。嵌入式 Linux 下,如果图形界面接口采用的是 Qt/Embedded,则必须采用 Linux 的帧缓冲设备来处理相关的底层命令。帧缓冲是 Linux 为图形设备提供的一个抽象接口,是 Qt/Embedded 的底层图形引擎。文中介绍了 Linux 帧缓冲设备驱动程序框架,基于三星公司的 S3C2410x 处理器的开发平台,系统给出了嵌入式图形界面 GUI 的移植,包括编译环境的建立,编译参数的设置等。

关键词:嵌入式 Linux; Qt/Embedded; 帧缓冲

中图分类号: TP39

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2006)11-0179-03

Application of Qt/Embedded on Embedded Linux

WANG Cun-jian, ZHANG Jian-zheng

(College of Information Science and Engineering, East China University
of Science and Technology, Shanghai 200237, China)

Abstract: With the development of embedded system, embedded GUI which is used to communicate with users has become a key in researching the embedded system. If GUI such as Qt/Embedded is used, the Linux framebuffer device must be implemented to process low level commands. The framebuffer device provides an abstract interface for the graphics hardware, which is the foundation of Qt/Embedded graphics engine of low level. Introduces the framework of the Linux framebuffer device drivers and the transplantation of embedded GUI under the platform of Samsung's S3C2410x processor, including the establishing of compiling environment, configuring and modifying of compiling parameters.

Key words: embedded Linux; Qt/embedded; framebuffer

0 引言

嵌入式操作系统是目前比较流行的操作系统,以其小巧、操作简单、便于携带而深受消费者的欢迎。在当今流行的嵌入式操作系统当中, Linux 深受开发者的青睐。Qt^[1]是 Trolltech 公司推出的一个多平台的 C++ 图形用户界面应用程序框架。它给应用程序开发者提供建立图形用户界面所需的所用功能。Qt 是完全面向对象的,很容易扩展,并且允许真正的组件编程。

Qt 是由 Trolltech 这家公司所开发的一套开源的 C++ 图形用户界面库。在 XWindow 上 KDE 桌面环境就是用这套图形界面库所建立。它采用 C++ 的语法,有各式各样的图形对象可供使用,采用 signal/slot 信号的事件信号传递机制。Qt/Embedded 则是在嵌入式环境下所使用的 Qt。目前市面上所有上市的 Linux PDA 都是采用 Qt/Embedded 作为图形接口的函数库。Qt/Embedded 的特性是可以直接在 Framebuffer 上显示图形接口,反应的速度

更快了,这对硬件与容量都有限制的嵌入式环境来说非常重要。图 1 为 Qt/Embedded 的实现结构^[2]。

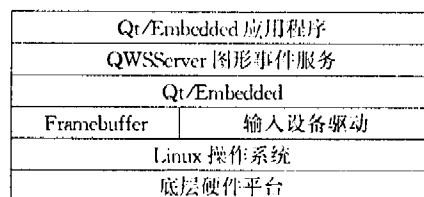


图 1 Qt/Embedded 的实现结构

笔者参与了一个基于 ARM9 的嵌入式 Linux 下的 GUI 的移植及应用程序开发,所用处理器是三星公司的 S3C2410X^[3],操作系统为 Linux 2.4.18,应用 GNU GCC 交叉编译器。

1 硬件平台

S3C2410X 是三星公司的基于 ARM920T 的 S3C2410X 芯片。S3C2410X 集成了一个 LCD 控制器(支持 STN 和 TFT 带有触摸屏的液晶显示屏), SDRAM, 触摸屏、USB、SPI、SD 和 MMC 等控制器, 4 个具有 PWM 功能的计时器和 1 个内部时钟, 8 通道的 10 位 ADC, 117 位通用 I/O 口和 24 位外部中断源, 8 通道 10 位 AD 控制器, 处理器工作频率最高达到 203MHz。

收稿日期: 2006-03-07

作者简介:王存健(1979-),男,安徽泗县人,硕士研究生,研究方向为嵌入式系统;张建正,副教授,硕士生导师,研究方向为数字图像图形和多媒体在检测中的应用研究、仪器仪表智能化。

S3C2410 中的 LCD 控制器可支持单色/彩色 LCD 显示器。支持彩色 TFT 时,可提供 4/8/12/16 位颜色模式,其中 16 位颜色模式下可以显示 65536 种颜色。配置 LCD 控制器重要的一步是指定显示缓冲区,显示的内容就是从缓冲区中读出的,其大小由屏幕分辨率和显示颜色数决定。文中采用的是台湾元太 V16C6448AC TFT 显示模块,在 640 * 480 分辨率下可提供 16 位彩色显示。

2 Qt/Embedded 底层支持分析

Qt/Embedded 的底层图形引擎是基于帧缓冲(Frame-Buffer),帧缓冲是出现在 2.2.x 以上内核的版本当中的一种驱动程序接口。这种接口采用 mmap 系统调用,将显示设备抽象为帧缓冲区。用户可以将它看成是显示内存的一个映像,将其映射到进程地址空间以后,就可以直接进行读写操作了,而写操作可以立即反映在屏幕上。帧缓冲驱动程序是最重要的驱动程序之一,正是这个驱动程序才能使系统屏幕显示内容,其实现分为两个方面:一是对 LCD 及其相关部件的初始化,包括画面缓冲区的创建和对 DMA 通道的设置;二是对画面缓冲区的读写,具体到代码为 read,write 等系统调用接口。

帧缓冲是 Linux 为图形设备提供的一个抽象接口,它允许上层应用程序在图形模式下直接对显示缓冲区进行读写操作。这种操作是抽象的,统一的。应用程序不必关心物理显存的位置、换页机制等等具体细节。这些都是由帧缓冲设备驱动来完成的。帧缓冲设备对应的设备文件通常为 /dev/fb031, Linux 的帧缓冲设备的驱动主要基于两个文件:

- 1) linux/include/linux/fb.h;
- 2) linux/drivers/video/fbmem.c。

帧缓冲设备属于字符设备,采用“文件层-驱动层”的接口方式^[4,5]。

帧缓冲设备在驱动层所要做的工作仅仅是对 Linux 为帧缓冲的驱动层接口 fb_info 进行初始化,然后调用这两个函数对其注册或注销。帧缓冲设备驱动层接口直接对 LCD 设备硬件进行操作,而 fbmem.c 可以记录和管理多个底层设备驱动。

文件 fbmem.c 中定义了帧缓冲设备的文件层接口 file_operations 结构体,它对应用程序可见,该结构体的定义如下:

```
static struct file_operations fb_fops =
```

```
{
    owner: THIS_MODULE,
    read: fb_read, /* 读操作 */
    write: fb_write, /* 写操作 */
    ioctl: fb_ioctl, /* 控制操作 */
    mmap: fb_mmap, /* 映射操作 */
    open: fb_open, /* 打开操作 */
    release: fb_release, /* 关闭操作 */
};
```

在这个结构体中功能函数 open() 和 release() 不需要底层的支持,而 read(), write(), mmap() 则需要调用 fb_get_fix(), fb_get_var(), fb_set_var() (这些函数位于结构体 fb_info 中指针 fbops 指向的结构体变量中) 等与底层 LCD 硬件相关的函数的支持。另一个功能函数是 ioctl(), ioctl() 是设备驱动程序中对设备的 I/O 通道进行管理的函数,应用程序应用 ioctl() 系统调用来调用 fb_get_fix(), fb_get_var(), fb_set_var() 等方法来获得和设置结构体 fb_info 中 var, fix 和 cmap 等变量的信息。在 fbmem.c 中给出了 ioctl() 命令和 fb_info 中结构体 fb_ops 的成员函数的对应关系如下:

```
FBIOGET_VSCREENINFO fb_get_var
FBIOPUT_VSCREENINFO fb_set_var
FBIOGET_FSCREENINFO fb_get_fix
FBIOPUTCMAP fb_set_cmap
FBIOGETCMAP fb_get_cmap
FBIOPAN_DISPLAY fb_pan_display
```

用户应用程序只需要调用 FBIOXXXX 来操作 LCD 硬件。

3 嵌入式图形界面 GUI 的移植

3.1 交叉编译和移植 Qt/Embedded

文中采用了 Trolltech 公司的 Qt/Embedded 2.3.6^[1] 免费版作为目标板 Linux 图形界面库。在交叉编译^[5]前需要先修改 Qt/Embedded 的配置文件,将 GCC, G++ 编译器和链接器设置为前文编译安装的交叉编译工具链。

接着是设置环境变量,如下:

```
export PATH = /opt/host/armv4l/bin: $PATH
export QTDIR = $PWD
export QTDIR = $QTDIR
export LD_LIBRARY_PATH = $QTDIR/lib: $LD_LIBRARY_PATH
```

然后配置 Qt/Embedded 将 Qt/Embedded 配置为动态链接库,并支持 JPEG, JIF 图像格式,像素位数支持 4, 8, 16, 24。

```
./configure -xplatform linux-arm-g++-shared -system-
jpeg -gif -qvf -depths 4,8,16,24
```

最后交叉编译后, \qt-2.3.6\lib 路径下的生成 Embedded Qt 的 3 个动态 SO 库, 分别是 libqte.so.2, libqte.so.2.3, libqte.so.2.3.6, 将这些库文件拷贝到目标板文件系统中 (/s3c2410pro/root/usr/qt/lib)。与此同时在 \qt-2.3.6\examples 生成了 Qt/Embedded 的一些示例应用程序 (/s3c2410pro/root/usr/qt/examples/)。可以将一部分或全部程序拷贝到目标板文件系统。

这样当开发板启动以后,就可以在嵌入式系统下运行基于 Qt/Embedded 的应用程序了。

3.2 交叉编译和移植 Qtopia

Qtopia 是 Trolltech 为采用嵌入式 Linux 操作系统的

消费电子设备而开发的综合应用平台,它是基于 Qt/Embedded 图形界面库。Qt/Embedded 包括了窗口操作系统、游戏和多媒体、输入法、工作辅助应用程序等特性。

同 Qt/Embedded 交叉编译一样,首先需要先修改 Qt/Embedded 的配置文件,将 GCC、G++ 编译器和链接器设置为前文编译安装的交叉编译工具链。

接着是设置 Qt/Embedded 环境变量,因为 Qt/Embedded 是基于 Qt/Embedded 库的,因此需要交叉编译的动态链接库的支持,需要同时设置 Qt 的环境变量。

```
export QTDIR=/linuette/host/Qt/embedded/qt-2.3.6
export LD_LIBRARY_PATH=/usr/lib:/lib:$QTDIR/lib:
$LD_LIBRARY_PATH
export QPEDIR=/linuette/host/Qt/qpe/qpe-1.6.2
export PATH=/opt/host/armv4l/bin:$PATH
export TMAKEPATH=/usr/lib/tmake/lib/qws/linux-linuette-
g++
```

最后配置 Qt/Embedded 将 Qt/Embedded 配置为动态 SO 库形式:

```
./configure -xplatform linux-arm-g++-shared
编译 make
```

此时会出现/bin/uic: Command not found 的错误,这是因为没有指定 Qt/Embedded 的 uic 工具,uic 的工具是 Qt 专门用来将 ui(ui 文件是 Qt 图形界面文件,支持所见即所得)文件生成 .h 和 .cpp 文件的。这里可以直接使用 Qt/X11 的 uic 工具,方法如下:在/qt-2.3.6/bin 目录下建立到 Red Hat 9.0 自带的 Qt X11 的 uic 工具的链接。可以使用 Red Hat 9.0 下 Qt designer(界面与 Delphi 相类似)的应用程序开发嵌入式系统下的所见即所得的图形界面应用程序。

编译通过后会 Qt/Embedded 的路径/qt-2.3.6/lib 下生成 libqpe1.6.2 的动态链接库,同样将这些库文件拷贝到目标板文件系统中(/s3c2410pro/root/usr/qt/lib)。在目标板文件系统目录/s3c2410pro/root/usr 下新建 qpe 文件夹,将/qpe-1.6.2/apps,/qpe-1.6.2/pics,/qpe-1.

6.2/docs,/qpe-1.6.2/sounds 复制到该文件夹下。

最后修改目标板 Linux 的/profile 文件,设置 Qt/Embedded 的环境变量:

```
export PATH=/usr/qpe/bin:$PATH
export QWS_SIZE=640*480
export PATH=/usr/qpe/bin:$PATH
```

开发板启动后就会运行 Qt/Embedded 图形界面了。

4 总 结

目前越来越多嵌入式系统要求图形显示界面,特别是在一些工业控制领域,嵌入式 Linux 系统的应用也逐渐增多。Qt/Embedded 延续了 Qt 在桌面系统的所有功能,丰富的 API 接口和基于组件的编程模型使得嵌入式 Linux 系统中的应用程序开发更加便捷。由于 Qt/Embedded 本身面向高端的手持设备和移动设备,将成为未来嵌入式系统的主流 GUI。

参考文献:

- [1] Qt Reference Documentation (Open Source Edition). Trolltech [EB/OL]. 2006. <http://doc.trolltech.com/4.1/index.html>.
- [2] 徐广毅,张晓林,崔迎伟,等. 嵌入式 Linux 系统中 GUI 系统的研究与移植[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2004(12): 14-17.
- [3] SAMSUNG ELECTRONICS. USER'S MANUAL S3C2410 X32-Bit RISC Microprocessor [EB/OL]. 2001-05. <http://www.Samsung.com/Products/Semiconductor/SystemLSI/MobileSolutions/MobileASSP/MobileComputing/S3C2410/S3C2410.htm>.
- [4] Rubini A. LINUX 设备驱动程序[M]. 北京:中国电力出版社,2004.
- [5] 孙天泽,袁文菊,张海峰. 嵌入式设计及 Linux 驱动开发指南——基于 ARM9 处理器[M]. 北京:电子工业出版社,2005.

(上接第 147 页)

4 结 论

文中提出了计算旋转 Harr 型特征积分图像的改进算法。通过算法的改进,降低了其计算复杂度,并实现了遍历原图像一次即可同时获得计算图像直立矩形窗口和 45° 旋转矩形窗口的积分图像。实验结果证明算法改进是有效的,可用于提高对 boosting 统计学习算法中大量样本及测试集的积分图像计算速度。

参考文献:

- [1] Crow F. Summed-area tables for texture mapping[J]. SIGGRAPH, 1984,18(3):207-212.
- [2] Viola P, Jones M. Rapid object detection using a boosted cas-

cade of simple features[C]//In Proc. of the IEEE Computer Vision and Pattern Recognition. Cambridge, Britain: [s. n.], 2001:511-518.

- [3] Lienhart R, Kuranov A, Pisarevsky V. Empirical Analysis of Detection Cascades of Boosted Classifiers for Rapid Object Detection[C]//In Proc. 25th German Pattern Recognition Symposium. Magdeburg, Germany: [s. n.], 2003:297-304.
- [4] Lienhart R, Maydt J. An Extended Set of Haar-like Features for Rapid Object Detection[C]//In Proc. of the IEEE Conf. on Image Processing. New York, USA: [s. n.], 2002: 155-162.
- [5] 武勃,黄畅,艾海舟,等. 基于连续 Adaboost 算法的多视角人脸检测[J]. 计算机研究与发展, 2005,42(9):1612-1621.