

# Linux 平台下支持触摸屏的 Qt/Embedded 移植

张 敏, 张井岗

(太原科技大学 电子信息工程学院, 山西 太原 030024)

**摘 要:**随着嵌入式的发展, 触摸屏以友善的人机交互性、操作简单灵活、输入速度快, 已逐渐取代键盘, 成为嵌入式系统的主流输入设备; 而 Qt 作为跨平台的图形用户界面工具包诞生以后, 已经扩展到了包括便携式设备在内的几乎当今程序设计的所有领域。以 S3C2416 为例, 介绍了在 Linux 平台下支持触摸屏的 Qt/Embedded 移植的详细过程, 包括系统环境介绍、带触摸屏库的 Qt/Embedded 的编译、Linux 文件系统设置等, 并挑选了一个 demo 程序对移植情况进行了检验。最后对支持触摸屏的嵌入式系统作了初步展望。

**关键词:**Linux; 触摸屏; Qt/Embedded; 文件系统

**中图分类号:**TP39

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2011)10-0154-03

## Qt/Embedded Transplant Supporting Touch Screen on the Linux Platform

ZHANG Min, ZHANG Jing-gang

(College of Electronic and Information Engineering, Taiyuan University of Science  
and Technology, Taiyuan 030024, China)

**Abstract:** Along with the fast development of embedded system, touch screen has gradually replaced the keyboard and becomes the main input device in embedded systems. QT invented as a cross-platform GUI (graphical user interface) toolkit has extended to many fields of program design including portable devices. In this paper S3C2416 is exemplified to introduce the process of Qt / Embedded transplant supporting touch screen, which includes the system environment introduction, Qt / Embedded compiler with touch screen library, file system settings and so on. Then a demo program is selected to test the transplant. At last an outlook is made for the embedded system supporting touch screen.

**Key words:** Linux; touch screen; Qt/Embedded; file system

## 0 引 言

近年来随着嵌入式设备与市场的广泛结合<sup>[1]</sup>, 手机、平板电脑等消费类产品以及工业控制类产品对可视化操作界面的便捷以及开发难易程度提出了更高的要求, 需要一个易开发、稳定可靠的高性能图形用户界面(Graphic UserInterface, GUI<sup>[2]</sup>)系统来提供支持。而具有优良的跨平台特性、面向对象 QT 具有非常丰富的 API、完善的开发文档, 能够大大简少工程师们的开发周期, 并且界面十分友好, 得到了广大工程师的青睐(在 2010 年, 从 qt.nokia.com 上 QT 产生了超过一百

五十万次下载量<sup>[3]</sup>), 其支持的触摸屏技术已应用于许多大型的的实际的产品和项目。

## 1 系统环境

上位机操作系统采用当前较流行的 ubuntu-10.04-desktop<sup>[4]</sup>, 其中编译嵌入式版的 QT 所采用的交叉编译器为对 Linux 支持性能较好的 arm-linux-gcc 4.2.2; 目标机采用最具性价比优势的采用 S3C2416 (ARM 926EJ) 芯片的 UT2416 开发板, 其主频 400MH, 可以完美地支持 VGA 格式的 MPEG4/AVI/DIVx/MPEG1/MPEG2 等多种格式的视频文件, 播放率达到 25FPS; 支持 2D 图形加速, 最高分辨率可以支持 1024x768, 24 位真彩; 支持 4 个高速异步串行、2 路高速 SD、MMC 卡, 支持 USB 2.0 高速接口, 最高速度达 480Mbps<sup>[5]</sup>。

在实现移植之前, 笔者已实现了 u-boot<sup>6</sup> 和内核已烧写并且正确执行, 基本的文件系统可加载(说明: 文

收稿日期: 2011-02-28; 修回日期: 2011-05-28

基金项目: 山西省研究生创新项目 (20103095)

作者简介: 张 敏 (1986-), 男, 硕士研究生, 研究方向为嵌入式系统及其应用; 张井岗, 博士, 教授, 研究领域为先进控制技术、智能控制、鲁棒控制。

中 \$ 指令为对上位机操作, # 指令为对目标机操作)。

## 2 编译

### 2.1 设置环境变量

环境变量一般是指在操作系统中用来指定操作系统运行环境的一些参数<sup>[7]</sup>, 比如临时文件夹位置和系统文件夹位置等。当运行某些程序时除了在当前文件夹中寻找外, 还会到设置的默认路径中去查找。

将解压好的交叉编译工具 (/usr/local/arm 目录下) 添加到 PATH 环境变量中, 编译 Qt/Embedded 时可直接调用该编译器:

```
$ export PATH = $ PATH : /usr/local/arm/4.2.2-eabi/usr/bin
```

### 2.2 编译 tslib

tslib 是触摸屏应用级的一个程序库<sup>[8]</sup>, 用来封装底层的触摸屏驱动的操作, 以一个统一接口来给其它应用程序使用, 从驱动处获得原始的设备坐标数据, 通过一系列的去噪、去抖、坐标变换等操作, 去除噪声并将原始的设备坐标转换为相应的屏幕坐标的影响。

解压 tslib1.4.tar.gz 执行以下操作:

```
$ ./autogen.sh
$ ./configure --prefix=/usr/local/tslib/ --host =
arm-linux ac_cv_func_malloc_0_nonnull=yes
$ make
$ make install
```

这样 tslib 被安装到 /usr/local/tslib 目录下。

### 2.3 编译 Qt/Embedded

Qt/Embedded 是 Qt 的嵌入式版本<sup>[9]</sup>, 通过 Qt 的 API 与 Linux I/O 以及 Framebuffer 直接交互, 拥有较高的运行效率, 而且整体采用面向对象编程, 拥有良好的体系架构和编程模式。解压 qt-everywhere-opensource-src-4.6.0 执行:

```
$ ./configure -opensource -confirm-license -release -shared -embedded arm -xplatform qws/linux-arm-g++ -depths 16,18,24 -fast -optimized-qmake -pch -qt-sql-sqlite -qt-libjpeg -qt-zlib -qt-libpng -qt-freetype -little-endian -host-little-endian -no-qt3support -no-libtiff -no-libmng -no-opengl -no-mmx -no-sse -no-sse2 -no-3dnow -no-openssl -no-webkit -no-qvfb -no-phonon -no-nis -no-opengl -no-cups -no-glib -no-xcursor -no-xfixes -no-xrandr -no-xrender -no-separate-debug-info -nomake examples -nomake tools -nomake docs -qt-mouse-tslib -I/usr/local/tslib/include -L/usr/local/tslib/lib -prefix /opt/QtPalmtop
```

其中 “-I/usr/local/tslib/include” 指定了链接时查找 tslib 的头文件路径; “-L/usr/local/tslib/lib” 指定

了动态库的路径; “-qt-mouse-tslib” 表明了点击工具是触摸屏; “-prefix /opt/QtPalmtop” 指定了安装后的路径为 /opt/QtPalmtop。

为支持触摸屏还需修改 mkspecs/qws/linux-arm-g++/qmake.conf 文件, 在 arm-linux-\* 后面加上 -lts 即可。

然后编译安装:

```
$ make
$ make install
```

经过半个小时的等待后, 编译安装完成。至此, 编译工作结束。

## 3 移植

移植<sup>[10]</sup>原意是将植物移动到其他地点种植; 而在嵌入式中是指将源代码从一种环境下放到另一种环境下运行。支持触摸屏的 Qt/Embedded 的移植仅仅将编译好的可运行的程序拷贝到目标机中是无法运行的, 需要在文件系统中添加必需的资源以及相关的设置。

### 3.1 文件系统介绍

操作系统中负责管理和存储文件信息的软件机构称为文件管理系统, 简称文件系统<sup>[11]</sup>。文件系统由三部分组成: 与文件管理有关的软件、被管理的文件以及实施文件管理所需的数据结构。从系统角度看, 文件系统是对文件存储器空间进行组织和分配, 负责文件的存储并对存入的文件进行保护和检索的系统。具体说, 它负责为用户建立文件, 存入、读出、修改、转储文件, 控制文件的存取, 当用户不再使用时撤销文件等。

### 3.2 移植过程

#### 3.2.1 拷贝资源

为方便嵌入式 Linux 系统开发, 文件系统除了烧写以外全部都在上位机中进行操作。

将必需的 QT 及 tslib 拷贝到 ~ /rootfs 目录中, 为减少文件系统空间, 可只拷贝 /opt/QtPalmtop/lib/\*、rootfs/opt/QtPalmtop/lib/fonts、/opt/QtPalmtop/lib/fonts/fontdir /opt/QtPalmtop/lib/fonts/wenquanyi\_120\_50.qpf /opt/QtPalmtop/plugins/rootfs/opt/QtPalmtop 到 ~ /usr/local/tslib1.4/\* 目录下。

#### 3.2.2 设置嵌入式的环境变量

如同上位机中的环境变量, 嵌入式系统也需要设定环境变量才能找到头文件、动态库、设备等资源。

进入 rootfs/etc 目录下, 编辑 profile 文件 (启动文件系统时系统自动加载该文件), 增加如下命令:

```
export TSLIB_ROOT=/
#取决具体的设备驱动, 事件驱动中使用
export TSLIB_TSDEVICE=/dev/input/event1
#触摸屏配置文件
```

```
export TSLIB_CONFFILE = $ TSLIB_ROOT/etc/ts.
conf
#tslib 插件目录
export TSLIB_PLUGINDIR = $ TSLIB_ROOT/lib/ts
#触摸屏定位文件保存位置
export TSLIB_CALIBFILE = /mnt/pointercal
export QWS_MOUSE_PROTO = Tslib:/dev/input/e-
vent1
#QT 文件目录
export QTDIR = /opt/QtPalmtop
#把 libs. so 加入动态搜索路径
export LD_LIBRARY_PATH = $ QTDIR/lib: $ TSL-
IB_ROOT/lib: $ LD_LIBRARY_PATH
#QT 字体路径
export QT_QWS_FONTDIR = $ QTDIR/lib/fonts
#QTplugins 路径
export QT_PLUGIN_PATH = $ QTDIR/plugins/
export TSLIB_CONSOLEDEVICE = none
#LCD 设备结点
export TSLIB_FBDEVICE = /dev/fb0
```

### 3.2.3 配置 tslib

除了环境变量以外,tslib 的配置文件 ts.conf 同样是个十分重要的部分,在 ts.conf 中配置了需要加载的插件、插件加载顺序以及插件的一些约束参数,这些配置参数对触摸屏的触摸效果具有十分重要的作用。

下面是 Tslib 1.4 中的 ts.conf 的参考配置:

```
module_raw input
modulepthres pmin = 1
module variance delta = 30
moduledejitter delta = 100
module linear
```

其中 pthres 为 Tslib 提供的触摸屏灵敏度门槛插件;variance 为 Tslib 提供的触摸屏滤波算法插件;dejitter 为 Tslib 提供的触摸屏去噪算法插件;linear 为 Tslib 提供的触摸屏坐标变换插件。

### 3.3 烧写文件系统

在嵌入式环境中,内存和外存资源都十分紧张,需要节约使用。cramfs 文件系统并不需要一次性地将文件系统中的所有内容解压到 ram 中,而只是系统需要访问某个位置的数据时,马上计算出该数据在 cramfs 中的位置,将其解压到 ram 中,然后通过内存访问来获取数据,cramfs 中的解压缩之后的内存中的数据存放位置都是由 cramfs 文件系统本身来管理,用户并不需要实现过程,因此增加了透明度,给开发人员节约了时间<sup>[12]</sup>。本项目中采用 cramfs 文件系统。

```
$ cd ~
```

```
$ mkcramfs rootfs rootfs. cramfs
```

生成 rootfs.cramfs 文件后通过 minicom 将其烧入开发板中。

## 4 测试

重启开发板,文件系统加载成功后,在命令行中输入命令获取需要的信息。

### 4.1 测试 tslib

软件判断位置最常采用是鼠标的坐标体系,它是采用相对位移来判断,但触摸屏采用绝对定位坐标。为了让程序响应触摸屏的点击,要把触摸屏的坐标换算成软件识别的相对坐标。因此要有一组参数来做换算。换算的参数来自于触摸屏定位程序,如果参数不对,最明显的结果就是定位不准。

开发板一般需要自己手动设置,tslib 自带一个 ts\_calibrate 有这样功能。

当界面出一个小十字时,点击交叉点即可,设置分别会在左上,左下,右上,右下和中心依次出现 5 个小十字。

```
#cd bin
#./ts_calibrate
```

此时会依次出现 5 个点,一个一个点击。这一步称作“定位”,触摸屏会根据这 5 个点,通过某种算法给接下来的点击定位。

接下来可以输入如下命令来测试触摸屏效果:

```
#./ts_test
```

在出现的界面中,点击“draw”,直接在触摸屏上写“测试”,成功!

### 4.2 测试 QT

在已编译的/usr/local/QT-ARM/demos/目录下拷贝一个 demo 程序到 NFS 共享目录(~/nfsrootfs),在 PC 机中执行如下命令:

```
$ cp /usr/local/Qt-ARM/demos/composition/com-
position /home/zhangmin/nfsrootfs
```

在超级终端(minicom)中运行该程序(开发板中共享目录位于/mnt/zhangmin目录下):

```
#cd /mnt/zhangmin
#./composition - qws
```

运行后,程序在触摸屏中显示出来!点击触摸屏,光标会随着点击而移动,拖动 slider,slider 移动;与鼠标的作用一致,测试成功!

## 5 结束语

当前触摸屏的应用领域已从以往的银行自动柜员机、工控计算机等小众商用市场,迅速扩大到 PMP

(下转第 160 页)

从而减少了热量的损耗,使供暖收费更加合理,并且通过通信实现远程抄表功能,提高了能源的利用率。在当今资源匮乏的形势下,具有良好的使用价值和应用前景。

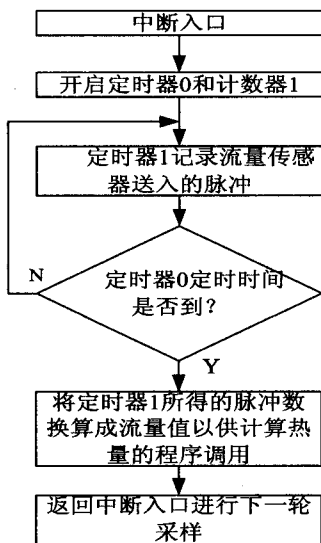


图 6 流量计算流程图

#### 参考文献:

- [1] 陈子骞.我国热计量表发展存在的问题及对策[J].科技咨询导报,2007(28):154-154.
- [2] 张勇强,肖 军,付秋峰.基于 ARM 的供热计量和智能温控的应用研究[J].工业仪表与自动化装置,2010(1):68-70.

- [3] Pradhan S. An improved lead compensation technique for three-wire resistance temperature detectors[J]. IEEE Trans on Instrumentation and Measurement,1999,48(5):903-905.
- [4] 刘晓明,程铁汉,邵 敏,等.基于 ARM7 的便携式工业打印机[J].计算机技术与发展,2008,18(7):187-189.
- [5] 常国祥,王成元,孙永刚.基于模糊控制的智能供热系统[J].黑龙江科技学院学报,2006,16(1):56-60.
- [6] 周立功.ARM 嵌入式系统实验教程(一)[M].北京:北京航空航天大学出版社,2004:116-119.
- [7] 刘慧玲,杨 丽.户用热量表应用现状的探讨[J].内蒙古科技与经济,2009,7:209-209.
- [8] Usui S, Nagai T. An electronic integrating heat meter[J]. IEEE Transaction & Measurement,1990,39(5):785-789.
- [9] 龚炳江,刘 艳.新型智能低功耗热量表的设计与实现[J].机械设计与制造,2008(10):42-43.
- [10] 付家才.传感器与检测技术原理及实践[M].北京:中国电力出版社,2008:236-238.
- [11] Hoffmann L. Heat meter test programme findings from current surveys[J]. Femwaerme International, 1998, 17(3):183-188.
- [12] 王永青,罗剑秋.DS18B20 在供暖系统热量测量中的应用[J].电子测量与仪器学报,2006(增刊):569-571.
- [13] 徐科军.传感器与检测技术[M].第2版.北京:电子工业出版社,2008:208-211.
- [14] 韩树人,周贤娟,鄢化彪,等.基于嵌入式 Web 服务器的远程实时数据采集[J].计算机技术与发展,2008,18(1):206-208.

(上接第 156 页)

(MP3,MP4 等)、PDA、GPS(全球定位系统)、手机,甚至平板电脑(Tablet PC)等大众消费电子领域。展望未来,触控便捷、人性化的触摸屏有望成为人机互动的最佳界面而迅速普及;而随着 Qt Quick 的问世、Qt 研究项目所取得的结果(例如拟作为 Qt for Embedded Linux 的升级和替代品的 Lighthouse)以及为了获得更好的互联网体验而在 Qt WebKit 中所做的各种改进,将使 Qt 在未来几年,特别是对于 Linux 设备的开发者而言,成为一个越来越有吸引力的选择<sup>[12]</sup>。

#### 参考文献:

- [1] 任 强,彭 瑞.嵌入式 Linux 下 MiniGUI 的编译、移植与实现[J].计算机技术与发展,2010,20(3):13-16.
- [2] 隋 颖,于秀山,杨 豹.GUI 软件测试文档辅助工具的设计与实现[J].计算机技术与发展,2009,19(12):146-149.
- [3] Kihlberg D. Nokia new strategic direction. What is the future for Qt? [EB/OL]. 2011-02-12. <http://blog.qt.nokia.com/2011/02/12/nokia-new-strategic-direction-what-is-the-future-for-qt/>.

- [4] 何晓龙,李 明.完美应用 Ubuntu[M].第2版.北京:电子工业出版社,2010.
- [5] USER'S MANUAL of S3C2416[S]. 2008.
- [6] 孟 雷,忽海娜.ARM-Linux 嵌入式系统 BootLoader 的配置与移植[J].计算机技术与发展,2008,18(10):204-206.
- [7] 梁联冠,冯太合.嵌入式 Linux 文件系统的研究与应用[J].信息技术,2009(11):158-164.
- [8] 清水湾 tslib 校准原理[EB/OL]. 2009-05. <http://www.cnblogs.com/wangtianxj/archive/2009/05/12/1454729.html>.
- [9] Blanchette J. C++ GUI Programming with Qt4[M]. 2nd ed. [s. l.]:prentice hall,2008.
- [10] 杨水清.ARM 嵌入式 Linux 系统开发技术详解[M].北京:电子工业出版社,2010.
- [11] 李善平,刘文峰,王焕龙.Linux 与嵌入式系统[M].北京:清华大学出版社,2006.
- [12] Kihlberg D. Qt Quick is here, with community driven Qt ports for Android and Integrity RTOS and an exciting Qt roadmap [EB/OL]. 2011-03-01. <http://blog.qt.nokia.com/2011/03/01/qt-quick-is-here/>.