

基于 Qt/Embedded 的数码一体机图形界面设计与实现

赵辛晨, 吴仲光, 唐建兵

(四川大学 计算机学院, 四川 成都 610065)

摘要: 以数码一体机用户图形操作界面设计与实现为例, 阐述了嵌入式 Linux 下 Qt/Embedded 的移植。设计、开发并移植了符合要求的 GUI 应用程序, 介绍了在嵌入式 Qt/Embedded 中如何解决中文显示的问题, 同时对系统的设计和实现做了详细说明。

关键词: 嵌入式 Linux; Qt/Embedded; 图形界面; 中文显示; Davinci

中图分类号: TP311

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2011)07-0009-04

Design and implementation of graphical interface for all-in-one machine based on Qt/Embedded

Zhao Xinchen, Wu Zhongguang, Tang Jianbing

(Dept. of Computer, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: Take design and implementation of user graphical for all-in-one-machine as a example, describe the transplant of Qt/Embedded based on Linux embedded. Design and development GUI application program which in accordance with requirements and introduce how solve the issue of Chinese display in Qt/Embedded. Meanwhile the main method of design and development of application based on Qt/Embedded is described in detail.

Key words: Linux embedded; Qt/Embedded; graphical interface; Chinese display; Davinci

随着办公电子设备的不断开发和应用, 良好的用户图形接口成为现代数码办公设备的重要指标, 液晶屏和触摸屏越来越广泛地应用在办公电子设备中。数码一体机作为一种高速办公印刷设备, 需要提供方便简洁的 GUI 界面接口以及中文等多种语言的支持, 以便用户的操作和使用。

1 系统平台

1.1 系统硬件平台

本系统采用 TI 公司 Davinci 系列的 TMS320DM6446 芯片为 CPU, 并由 DSP 内核与 ARM926EJ-S 微处理器组成双核处理器^[1]。该芯片目前已广泛应用于工业系统, 其 DSP 模块可满足图像处理 and 接口方面的需要。ARM9 系列微处理器还具有低功耗、高性能的特点。考虑市场需求, 本系统采用电阻触摸屏作为输入设备, 夏普 LCD 液晶屏作为输出显示。USB2.0 接口在保证良好的兼容性和稳定性的同时, 提供了移动存储设备和 PC 机打印功能, 而网络接口则作为扩展提供了网络打印功能。

1.2 系统软件平台

该操作系统采用目前广泛应用于开发的嵌入式 Linux2.6, 其核心功能是根据需要进行配置和剪裁, 并采用微内核构架在内存管理单元采取保护措施, 以限制应用程序访问其地址空间之外的数据。在 Linux2.6 内核中, 对实时性技术进行了部分改进, 如添加死锁检测、抢占延迟跟踪等技术手段^[2], 使各种效率得以优化。嵌入式 Linux2.6 支持多种硬件平台, 其系统已高度模块化, 能方便开发人员加载触摸屏、液晶屏等外设驱动。

基于 Linux Embedded 常见的 GUI 系统有 MiniGUI、Micro Windows、OpenGUI 和基于 Framebuffer 的 Qt/Embedded^[3]。考虑到软件开发的简便和良好的可移植性, 该系统采用挪威 Trolltech 的 Qt/Embedded 为开发平台。

Qt/Embedded 是专门为小型设备提供图形用户界面的应用框架和窗口系统。它不仅提供丰富的窗口小部件 (Widgets), 而且支持窗口部件的定制, 因此可为用户提供漂亮的图形界面。

Qt/Embedded 的底层图形引擎基于 FrameBuffer, 该接

口采用 mmap 系统调用,将显示设备抽象为帧缓冲区。Qt/Embedded 在体系上实际为 C/S 结构,任何一个 Qt/Embedded 程序都可以作为系统中唯一的 GUI Server 存在。当应用程序首次以系统的 GUI Server 方式加载时,将建立 QWSServer 实体。

2 用户图形界面开发过程

2.1 Qt/Embedded 的移植

Qt/Embedded 能较好地根据系统已有的 FrameBuffer 驱动接口构建上层图形引擎,并采用 QVFB,通过 Linux 的 Frambuffer 驱动显示在液晶屏上,同时还能提供键盘、鼠标的外设仿真。用户可利用此特性在上位机完成应用程序的调试,以提高工作效率。为了节省开发时间和减小复杂程度,本系统采用上位机和目标板的开发模式。上位机安装 Linux9.0 系统和 QT-X11,利用 QVFB 在 X 下对应用程序进行运行和测试,成熟后再移植至目标板。

实现 Qt/Embedded 系统需要安装的软件包有: e2fsprog (提供 Redhat 缺少的 libuuid 库)、arm_v5t_le-gcc (MontaVista 提供的交叉编译器)、Qt-embedded-linux-opnsource-4.5.2 和 Qt-x11-opnsource-4.5.2 (提供 QT 应用程序所需库)。为了使触摸屏驱动获得的采样能提供诸如滤波、去抖、校准等功能,使用 tslib 为 Qt4 开发的程序提供准备的触摸屏数据,利于触摸屏的定位。

Qt/Embedded 移植过程的步骤如下:

(1) 配置编译、安装 tslib

先安装交叉编译环境及编译器,然后下载获取 tslib 的源代码,解压至指定文件夹,进行配置、编译安装。

配置成功后便可进行安装,而 tslib 会自动地安装在指定的 tslib 目录中。如果希望指定安装目录,可在 prefix 参数后修改安装目录。

(2) 配置编译 Qt/Embedded

完整的 Qt/Embedded 图形库对于嵌入式设备资源的要求很高,因此应根据项目需求在安装过程中利用参数进行配置和裁剪。打开源文件中的 qmake.conf 文件,在文件中配置选择交叉工具链,将所有的 arm-linux- 改为 arm_v5t_le-gcc,并指定成 Davinci 平台的交叉工具链。根据需要选择参数后,便可进入源代码解压目录进行配置。在参数选择中,对于触摸屏应选择 tslib,并指定 tslib 的头文件和库文件目录,同时考虑对中文字体的支持,添加对 FreeType2 的支持。

(3) 移植 Qt/Embedded

配置完毕后,可编译 Qt/Embedded,其编译时间的长短,由编译机器的性能和配置参数决定。当编译完成后,应在 PC 机上也安装 Qt 和 Qt/Embedded,这样即可获得 Qt/Embedded 的 qmake 和 qvfb 工具和相关文档。由于在开发板上要运行 Qt/Embedded 的程序,应

有相应的库文件,而移植的过程是把已交叉编译好的库文件移植到开发板上。由于开发板使用 NTFS 共享根文件系统启动,因此,应先将库文件拷贝到共享的根文件系统进行测试。当测试完成后,再将库文件拷贝到开发板上。要注意,移植时应采用 Qt/Embedded 的默认目录,这样可避免因路径的不同而产生不必要的问题。

(4) 设置环境变量

将根目录文件拷贝到指定位置后,为使系统能在运行时获取 Qt/Embedded 库文件位置,应设置系统环境变量。设置系统环境变量的步骤如下(安装时使用默认路径安装):

```
export QTEDIR=/usr/local/Trolltech/QtEmbedded-4.5.0
export PATH=/usr/local/Trolltech/QtEmbedded-4.5.0/bin:$PATH
export QWS_DISPLAY = "LinuxFb:mmWidth640:mmHeight480:0"
```

其中,QTEDIR 指定了 Qt/Embedded 所在目录,PATH 是将 Qt/Embedded 所在目录导入环境变量,QT_QWS 等参数指定了 Qt/Embedded 的绘制设备。

系统环境变量安装完毕后,在上位机终端输入 qvfb &,便可运行 Qt 的虚拟缓冲帧。如果这时利用 qvfb 在上位机进行测试,且在运行应用程序时在程序名后加上 -qws 选项,其应用程序便能显示结果,并输出到虚拟缓冲帧,缩短应用程序的开发周期。

2.2 GUI 应用程序设计和实现

2.2.1 应用程序开发

由于数码一体机的应用程序需要大量交互部件,本系统采用 QT 的 Designer 设计窗口布局,利用 uic 工具和 qmake 工具得到对应的 *_ui.h 和 *.pro 文件,并编写对应类的 *.h 和 *.cpp 文件^[5],用于控制各个按键和部件之间的配合与显示。同时应用程序也涉及各种操作的控制流程,其应用设计流程如图 1 所示。

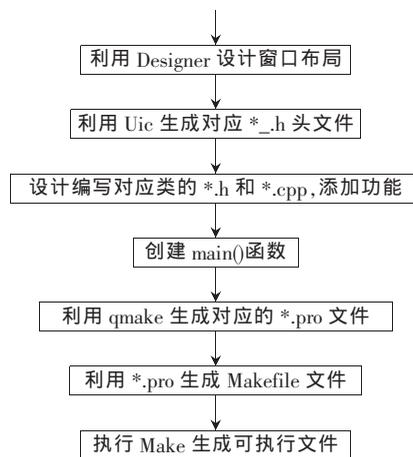


图 1 应用程序设计流程

2.2.2 控制平台的设计

数码一体机图形界面的 GUI 基于 QT/E 的用户进程, 主要为用户提供友好的操作界面。在界面上的控制主要有测试界面、操作控制界面和故障显示界面三部分。测试界面主要提供测试数码一体机的测试接口。在设备启动过程中, 按下触控屏上指定按键进入测试界面后, 可显示供用户选择需要测试的单元。当用户退出测试界面时, 系统直接进入操作控制界面, 用户可根据需求进行制版印刷、适应等操作。若机器运行过程中出现故障, 则进入故障检测界面。该界面可根据故障号显示机器故障位置, 提示用户检查和消除故障。流程如图 2 所示。

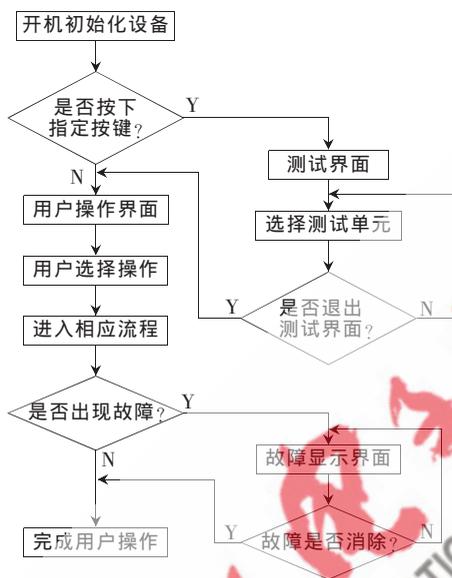


图 2 图形界面运行流程图

图 2 表示用户界面各窗口间使用 SIGNAL/SLOTS 机制进行通信。信号和槽是一种高级接口, 可用于对象之间的通信, 既是 QT 的核心特性, 又是 QT 区别于其他工具包的重要特征。它独立于标准的 C/C++ 语言, 要正确地处理信号和槽, 必须借助 MOC (Meta Object Compiler) 工具。该工具是一个 C++ 预处理程序, 为高层次事件处理自动生成所需要的附加代码。

2.2.3 控制平台的实现

数码一体机的工作模式按印刷方式可分为扫描制版打印、网络打印和 USB 主从设备打印。利用 QTabWidget 类构建基本页、设置页、外部存储设备显示页等, 基本显示页面如图 3 所示。基本页主要用于用户的选择操作, 包括打印、制版、印刷页数等。设置页主要用于设置设备的运行参数, 包括制版浓度、打印浓度、原稿纸型、打印纸型、缩放比例和印刷速度, 同时还包括设备 IP 设置、系统时间设置等。外部存储设备显示页主要用于显示移动存储设备中的文件, 并提供接口便于用户印刷所需文件。按不同工作模式, 界面可为用户提供不同窗口。下面

对每个窗口做简单介绍。

(1) 扫描制版打印

扫描制版时, 用户可根据不同需求和稿件内容设置各种参数。当用户点击制版时, 界面弹出显示制版状态的窗口; 点击打印时, 界面弹出显示剩余页数的窗口并实现动态改变。若设备运行过程中机器出现故障, 界面则弹出显示故障界面的窗口。

(2) 网络打印

收到网络端的打印文件请求后, 界面会提示有网络文件传入, 同时设置内置定时器。若用户选择接收或定时器超时, 系统进入打印流程。若系统忙则缓存数据, 并等待设备空闲时打印文件。

(3) USB 主从设备打印

收到 PC 端的打印文件请求后, 需要在外部存储设备显示页中显示存储设备中的文件, 并供用户选择打印。当检测到移动设备插入时, 系统会调用和配置对应的 USB 驱动。同时根据设置的路径, 刷新界面中文件显示的 QTreeWidget 类, 以树形结构显示移动设备中可打印的文件和文件夹并提供按键, 让用户能根据需求点击按键, 上下选择显示条目, 选择打印的文件。

该部分可分为文件显示模块和打印控制模块。文件显示模块主要使用 QTreeWidget、QStringList、QDir、QFileInfo 和 QTreeWidgetItem 等类显示文件名。打印控制模块主要由 QPushButton 实现, 以方便用户选择需要打印的文件。若当前条目显示的类型为文件夹, 则递归显示文件夹的内容和文件夹内存的释放。若当前条目显示的类型为可打印文件, 则会弹出询问窗口, 以确定用户是否需要打印该文件, 并在用户点击确定后进入打印文件流程。



图 3 基本显示页面

3 中文界面实现

由于中文平台能提高人机对话的交互性, 所以在嵌入式 GUI 系统对中文的支持显得非常重要。QT/Embedded 使用 Unicode 为内部编码标准, 可同时支持多

种编码,目前的版本对国际化标准的支持非常完备,为该系统的中文显示提供了很好的支持^[6]。

嵌入式 QT/Embedded 可支持 PFA/PFB、BDF、QPF、TFT 四种格式。其中常用的是 TTF 和 QPF 格式。QPF 是 QT/Embedded 专用的一种适合嵌入式应用的字体,是一种经济的字体存储格式。随着 Windows 的流行,TFT 在 Windows 上已成为最常用的一种字体文件表示方式。因为 TFT 格式的中文字体种类较多,也较易获得,故此系统采用该方案。

QT/Embedded 编译安装完成后,在 lib/font 文件下没有 fontdir 的文件。本系统采取的方法是:先设置 QT_QWS_FONT 的环境变量,再在程序中做如下处理:

(1) 设置处理语系的 codec 引擎

由于 QT/Embedded 支持 Unicode 编码标准,所以处理语系的编码变得很重要,而中文显示必须依靠 Unicode 编码标准,因此在程序中应设置字符串的编码如下:

```
QTextCodec::setCodecForTr (QTextCodec::codecForName
("UTF-8"));
```

(2) 在程序中标注待显示的字符串

在 QString 中做以下处理,为 QT 国际化编程做好准备:

```
configLabel->setText(tr("请输入所需本机信息:"));
```

(3) 选择适当字体

在 Qt/Embedded-4.5.2 中可直接选择 Windows 系统中的 ttf 字体。本系统选择了 Windows 的黑体。将 simhei.ttf 复制到 Qt/Embedded 的 font 文件下,并在程序中使用样式表。如:

```
configLabel->setStyleSheet("font: 16pt\simhei");
```

当设置完成后,运行程序便可实现中文显示,并根据需要修改样式表。

因为图形用户界面(GUI)友好、方便、快捷的特性,使其在嵌入式系统中得到了广泛应用和快速发展。由于

QT/Embedded 能为系统用户提供良好的使用和交互环境,所以以嵌入式 Linux 和 QT 为平台,实现可视化应用程序开发,将成为主流嵌入式 GUI 开发方法。

本系统在 Davinci 系列 TMS320DM6446 芯片的嵌入式 Linux 平台上成功地移植了 QT-Embedded-4.5,实现了中文平台的搭建,构建了符合应用要求的中文环境,初步实现了基于数码一体机的人机界面,为用户提供了友好的界面及人性化的操作。

参考文献

- [1] TI Corporation. TMS320DM6446 digital media system-on-chip [EB/OL], [2008-03-31]. <http://www.ti.com/lit/gpn/tms320dm6446>.
- [2] 李晓宁,李晓峰.基于嵌入式 Linux 操作系统的研究[N].长春师范学院学报(自然科学版),2010,29(1):48-49.
- [3] 倪继利.QT 及 Linux 操作系统窗口设计[M].北京:电子工业出版社,2006:217-219.
- [4] 吴伟清,王磊,吴朝晖.基于 QTE 的嵌入式 Linux 中文环境解决方案[J].计算机工程,2005,31(2):87-93.
- [5] 曹林,童维勤.Qtopia Core 在嵌入式 Linux 上的移植及应用[J].微计算机信息,2009(20):35-37.
- [6] 师晓敏,朱名日,葛清志.嵌入式中文 GUI 控制平台的设计与实现技术[J].计算机应用研究,2009,26(4):1436-1437.
- [7] 吴勇,鲍可进.嵌入式 Linux 字符设备驱动的设计与应用[J].微计算机信息,2010(1-2).

(收稿日期:2010-11-09)

作者简介:

赵辛晨,女,1987年生,硕士研究生,主要研究方向:嵌入式系统软件设计。

吴仲光,男,1953年生,副教授,主要研究方向:嵌入式系统软硬件设计。

唐建兵,男,1986年生,硕士,主要研究方向:嵌入式系统软硬件设计。