



高等学校计算机教材建设立项项目

高等院校信息技术规划教材

# 基于项目驱动的嵌入式 Linux应用设计开发

刘志强 主 编  
李文静 副主编  
王晓强 庄旭菲

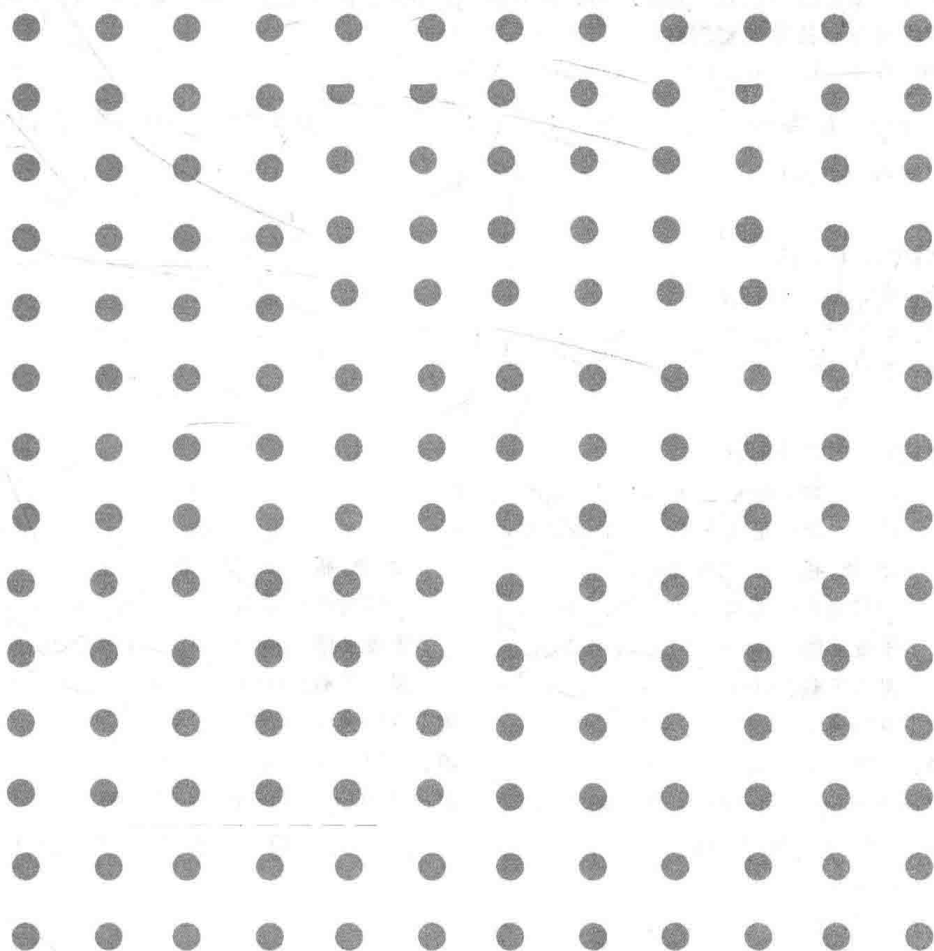


清华大学出版社

高等院校信息技术规划教材

# 基于项目驱动的嵌入式 Linux应用设计开发

刘志强 主 编  
王晓强 庄旭菲 李文静 副主编



清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书围绕一个典型的嵌入式系统项目——农业信息采集控制系统的设计过程展开介绍,首先进行系统整体的软硬件设计,然后分嵌入式 Linux 系统移植和嵌入式 Linux 的应用开发两大部分对系统进行详细设计。嵌入式 Linux 系统移植讲述了嵌入式 Linux 开发环境、开发工具的使用、嵌入式 Linux 系统移植及驱动程序开发等。嵌入式 Linux 的应用开发部分讲述了文件编程、进程控制、进程间通信、多线程技术、网络应用及基于 Qt 的图形界面的开发等内容。

本书完整地介绍了嵌入式系统的设计开发过程,并且结合了丰富的项目案例程序与课后实践,使读者能够边学边用,更好更快地掌握嵌入式系统开发的主要知识点。

本书既可作为高等院校计算机类、电子类、电气类、控制类专业本科生、研究生学习嵌入式 Linux 系统开发的教材,也适合广大嵌入式 Linux 系统开发人员以及嵌入式 Linux 系统开发爱好者作为自学参考图书。

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

### 图书在版编目(CIP)数据

基于项目驱动的嵌入式 Linux 应用设计开发/刘志强主编. --北京:清华大学出版社,2016

高等院校信息技术规划教材

ISBN 978-7-302-43562-4

I. ①基… II. ①刘… III. ①Linux 操作系统—程序设计—高等学校—教材 IV. ①TP316.89

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 081944 号

责任编辑:张 玥 战晓雷

封面设计:常雪影

责任校对:时翠兰

责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社总机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质量反馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课件下载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:清华大学印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:28.5 字 数:656 千字

版 次:2016 年 7 月第 1 版 印 次:2016 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:59.50 元

产品编号:067344-01

嵌入式系统是计算机应用领域最重要的发展方向之一,其应用领域相当广阔,包括消费类电子、家用电器、安全系统、汽车工业、计算机外围设备、医疗保健、仪器与仪表、军事国防等,嵌入式系统的产品可以说无处不在。

伴随着巨大的产业需求,我国嵌入式系统产业人才需求量也一路高涨,嵌入式开发将成为未来几年最受欢迎的职业之一。

## 本书写作的目的

同嵌入式技术的快速发展相比,我国教育机构和培养则相对滞后,一方面有些学生毕业就面临失业;另一方面一些嵌入式企业却有项目没人做。造成这一现象的原因主要是一些学校的高等教育和产业发展相脱节;目前,国内的高等教育中不是偏向硬件,就是偏向软件,硬件设计人员通常比较缺乏系统全面整合设计能力,而软件开发人员则相对缺乏硬件观念。这样的学生到企业后都不能较快地满足企业的需求。因此,我们专门为那些有了一定的计算机或电子知识,而又希望从事嵌入式 Linux 相关行业应用开发的人编写了此书,希望能帮助读者快速跨入嵌入式开发的门槛。

## 本书的中心内容

本书围绕一个典型的嵌入式系统项目——农业信息采集控制系统的设计展开。该系统的设计主要分为两个部分:农业信息采集控制系统软硬件平台的搭建和农业信息采集控制系统软件的设计。

第1~4章主要介绍农业信息采集控制系统硬件与软件平台的搭建。

第1章主要介绍核心板的主要资源及农业信息采集接口电路的设计。第2章介绍嵌入式 Linux 开发环境,主要包括 Linux 系统常用命令、Linux 文本编辑器 vi、Shell 脚本编程、嵌入式 Linux 开发工具、嵌入式 Linux 开发环境搭建。第3章介绍嵌入式 Linux 系统移植,主要包括 Bootloader 移植、嵌入式 Linux 内核移植和嵌入式 Linux 文件系统移植。第4章介绍嵌入式 Linux 驱动开发,主要包



括 Linux 设备驱动程序概述、模块的构造与运行、内核调试技术、字符设备驱动、项目驱动开发实例等。

第 5~11 章主要介绍农业信息采集控制系统软件开发用到的相关技术。

第 5 章介绍文件编程,主要包括文件编程概念、文件读写操作、嵌入式 Linux 串口应用编程、GPS 位置信息的获取等。第 6 章介绍时间编程。第 7、8 章介绍进程控制及进程间通信技术,主要包括进程控制编程、Linux 守护进程设计、农业信息采集控制系统主程序设计、管道通信、信号通信、信号量通信、共享内存、消息队列、农业信息采集控制系统中进程间通信的应用等。第 9 章介绍多线程编程,主要包括 Linux 多线程编程、线程的并发访问、农业信息采集控制系统多线程应用等。第 10 章介绍嵌入式 Linux 网络编程,主要包括 Linux 网络编程概述、TCP Socket 编程、UDP Socket 编程、农业信息采集控制系统数据上传的实现等。第 11 章介绍嵌入式 GUI 程序开发,主要包括 Qt 编程基础、QT/Embedded 环境配置、QT Designer 介绍、基于 GUI 的农业信息采集控制终端软件设计等。

### 本书的特点

本书以农业信息采集控制系统设计开发过程为主线,对项目开发中不同阶段所需要的相关技术进行详细讲解。首先设定了项目的开发目标,按照项目设计的步骤展开讲解,把嵌入式开发的主要知识点贯穿于设计步骤中,通过一步一步设计开发,使读者掌握嵌入式 Linux 开发中的关键技术。另外,农业信息采集控制系统是一个软硬件相结合的系统,通过本书的学习,读者可以对软硬件的嵌入式系统设计有深入的理解。

### 读者对象

本书可作为高等院校计算机类、电子类、电气类、控制类专业本科生、研究生学习嵌入式 Linux 系统开发的教材。也适合广大嵌入式 Linux 系统开发人员以及嵌入式 Linux 系统开发爱好者自学参考。

### 作者分工

全书由内蒙古工业大学刘志强主编并编写第 1、3、5 章,内蒙古工业大学庄旭菲编写第 2、4 章,内蒙古工业大学王晓强编写第 6~9 章,内蒙古工业大学李文静编写第 10、11 章。研究生王瑞、沈迺桐也参与了本书的编写与校稿。

由于嵌入式系统发展迅速,加上作者水平有限与时间仓促,书中难免有疏漏和错误之处,希望读者不吝赐教,以便我们在改版或再版的时候及时修正与补充。

作者

2016 年 4 月

<b>第 1 章 嵌入式系统概述及项目分析</b> .....	1
1.1 嵌入式 Linux 系统概述 .....	1
1.1.1 嵌入式 Linux 简介 .....	1
1.1.2 嵌入式系统中使用 Linux 的优势 .....	1
1.2 农业信息采集控制系统总体分析设计 .....	2
1.2.1 农业信息采集控制系统介绍 .....	2
1.2.2 农业信息采集控制系统硬件设计 .....	3
1.2.3 农业信息采集控制系统软件设计 .....	9
习题 1 .....	11
<b>第 2 章 嵌入式 Linux 开发环境</b> .....	12
2.1 项目目标 .....	12
2.2 Linux Shell 与常用命令 .....	12
2.2.1 Linux Shell 简介 .....	12
2.2.2 Linux 常用命令与使用 .....	14
2.3 Linux 文本编辑器 vi .....	37
2.3.1 vi 编辑器简介 .....	37
2.3.2 vi 的操作模式 .....	38
2.3.3 命令模式命令 .....	39
2.3.4 底行模式命令 .....	40
2.4 Shell 脚本编程 .....	41
2.4.1 Shell 脚本的建立与执行 .....	41
2.4.2 变量 .....	41
2.4.3 命令的执行顺序 .....	44
2.4.4 命令替换 .....	45
2.4.5 算术运算 .....	45
2.4.6 Shell 特殊字符 .....	46

2.4.7	位置参数 .....	47
2.4.8	条件测试 .....	48
2.4.9	控制流结构 .....	50
2.5	嵌入式 Linux 开发工具 .....	56
2.5.1	编译工具 gcc .....	56
2.5.2	工程管理 Makefile .....	62
2.5.3	调试工具 gdb .....	66
2.5.4	交叉编译工具链 .....	70
2.6	嵌入式 Linux 开发环境搭建 .....	71
2.6.1	安装 Linux 操作系统 .....	71
2.6.2	超级终端 minicom .....	89
2.6.3	网络文件系统 NFS .....	90
2.6.4	简单文件传输协议 TFTP .....	92
2.6.5	安装交叉编译工具 .....	94
习题 2	.....	96
<b>第 3 章</b>	<b>嵌入式 Linux 系统移植</b> .....	<b>97</b>
3.1	项目目标 .....	97
3.2	Bootloader 移植 .....	97
3.2.1	Bootloader 简介 .....	97
3.2.2	Bootloader 启动流程 .....	98
3.2.3	Bootloader 的工作模式 .....	98
3.2.4	常用 Bootloader 介绍 .....	99
3.2.5	U-Boot 工程简介 .....	100
3.2.6	U-Boot 源码结构 .....	100
3.2.7	U-Boot 的编译 .....	101
3.2.8	U-Boot 的移植 .....	104
3.2.9	U-Boot 的使用 .....	112
3.3	嵌入式 Linux 内核移植 .....	113
3.3.1	Linux 内核结构 .....	113
3.3.2	Linux 内核配置 .....	116
3.3.3	嵌入式 Linux 内核移植 .....	123
3.4	嵌入式 Linux 文件系统移植 .....	136
3.4.1	Linux 文件系统介绍 .....	136
3.4.2	常见的嵌入式文件系统 .....	138
3.4.3	嵌入式系统存储设备及其管理机制 .....	140
3.4.4	Busybox .....	141
3.4.5	嵌入式 Linux 文件系统移植 .....	142

习题 3 .....	149
<b>第 4 章 嵌入式 Linux 驱动开发</b> .....	<b>150</b>
4.1 项目目标 .....	150
4.2 Linux 设备驱动程序概述 .....	150
4.2.1 驱动程序介绍 .....	150
4.2.2 内核态和用户态 .....	151
4.2.3 设备文件 .....	151
4.3 模块的构造与运行 .....	153
4.3.1 Linux 的模块化机制 .....	153
4.3.2 模块操作相关命令 .....	153
4.3.3 内核模块的程序结构 .....	155
4.3.4 内核模块编译和运行 .....	155
4.4 内核调试技术 .....	157
4.4.1 打印调试 .....	157
4.4.2 查询调试 .....	158
4.4.3 使用 strace 命令进行调试 .....	158
4.5 字符设备驱动 .....	160
4.5.1 确定设备号 .....	160
4.5.2 字符设备的注册与注销 .....	161
4.5.3 cdev 结构体 .....	163
4.5.4 创建字符设备节点 .....	164
4.5.5 设备驱动程序接口 .....	165
4.5.6 交互数据 .....	169
4.5.7 一个简单的字符设备驱动实例 .....	169
4.5.8 设备 I/O 端口和 I/O 内存的访问 .....	175
4.6 项目驱动开发实例 .....	177
4.6.1 LED 设备驱动开发 .....	177
4.6.2 矩阵键盘驱动开发 .....	183
4.6.3 温湿度传感器驱动开发 .....	192
4.6.4 大气压力传感器应用程序 .....	202
4.6.5 直流电机驱动开发 .....	206
4.6.6 继电器开关驱动开发 .....	212
习题 4 .....	216
<b>第 5 章 嵌入式 Linux 文件编程</b> .....	<b>217</b>
5.1 项目目标 .....	217



5.2	文件编程概述 .....	217
5.2.1	文件描述符 .....	217
5.2.2	系统调用 .....	217
5.2.3	应用程序编程接口 .....	218
5.3	基于文件描述符的文件 I/O 操作 .....	218
5.3.1	文件的创建、打开和关闭 .....	218
5.3.2	文件的读写操作 .....	222
5.3.3	文件定位 .....	225
5.3.4	设备控制接口函数 ioctl .....	227
5.4	嵌入式 Linux 串口应用编程 .....	228
5.4.1	串口概述 .....	228
5.4.2	串口属性设置 .....	230
5.4.3	串口的使用 .....	240
5.5	农业信息采集控制系统 GPS 通信 .....	242
5.5.1	GPS 概述 .....	242
5.5.2	GPS 通信实现 .....	243
	习题 5 .....	249
<b>第 6 章 嵌入式 Linux 时间编程</b> .....		<b>250</b>
6.1	项目目标 .....	250
6.2	时间类型 .....	250
6.3	常用时间函数 .....	251
6.3.1	返回时间函数 .....	251
6.3.2	时间转换函数 .....	251
6.3.3	时间格式化函数 .....	252
6.3.4	获取精确时间函数 .....	253
6.4	农业信息采集控制系统中时间的应用 .....	255
	习题 6 .....	255
<b>第 7 章 进程控制程序设计</b> .....		<b>256</b>
7.1	项目目标 .....	256
7.2	进程控制概述 .....	256
7.2.1	进程及相关概念 .....	256
7.2.2	进程控制块和标识符 .....	257
7.2.3	进程调度 .....	258
7.2.4	进程同步互斥 .....	258
7.2.5	Linux 下的进程管理常用命令 .....	259

7.3	Linux 进程控制编程 .....	261
7.3.1	获取进程 ID .....	261
7.3.2	进程的创建 .....	261
7.3.3	进程终止 .....	264
7.3.4	进程等待 .....	265
7.3.5	exec 函数族 .....	268
7.4	Linux 守护进程 .....	270
7.4.1	守护进程的编写 .....	271
7.4.2	守护进程实例 .....	272
7.5	农业信息采集控制系统主程序设计 .....	273
7.5.1	农业信息采集控制系统主程序流程 .....	273
7.5.2	农业信息采集控制系统主程序 .....	274
	习题 7 .....	277
<b>第 8 章</b>	<b>进程间通信 .....</b>	<b>278</b>
8.1	项目目标 .....	278
8.2	进程间通信概述 .....	278
8.3	管道通信 .....	279
8.3.1	无名管道 .....	279
8.3.2	命名管道 .....	282
8.4	信号通信 .....	286
8.4.1	信号的定义 .....	286
8.4.2	信号来源 .....	287
8.4.3	信号的种类 .....	287
8.4.4	信号的处理 .....	288
8.4.5	信号的安装 .....	288
8.4.6	信号发送 .....	293
8.4.7	信号通信总结 .....	299
8.5	信号量通信 .....	300
8.5.1	信号量概述 .....	300
8.5.2	信号量的使用 .....	300
8.5.3	信号量控制函数 .....	301
8.5.4	信号量应用举例 .....	304
8.6	共享内存 .....	309
8.6.1	共享内存概述 .....	309
8.6.2	共享内存的操作 .....	309
8.6.3	共享内存应用 .....	311
8.7	消息队列 .....	315



8.7.1	消息队列概述 .....	315
8.7.2	消息队列操作 .....	315
8.8	农业信息采集控制系统中进程间通信的应用 .....	321
8.8.1	信号通信在农业信息采集系统中的应用 .....	321
8.8.2	管道在农业信息采集系统中的应用 .....	322
习题 8	.....	324
<b>第 9 章</b>	<b>多线程编程</b> .....	<b>325</b>
9.1	项目目标 .....	325
9.2	Linux 多线程概述 .....	325
9.3	Linux 多线程编程 .....	326
9.3.1	Linux 线程的基本函数 .....	327
9.3.2	多线程实例分析 .....	328
9.3.3	修改线程的属性 .....	330
9.4	线程的并发访问 .....	333
9.4.1	互斥锁 .....	333
9.4.2	信号量线程控制 .....	335
9.5	农业信息采集控制系统多线程应用 .....	339
习题 9	.....	341
<b>第 10 章</b>	<b>嵌入式 Linux 网络编程</b> .....	<b>343</b>
10.1	项目目标 .....	343
10.2	TCP/IP 概述 .....	343
10.2.1	OSI 网络模型 .....	343
10.2.2	TCP/IP 概述 .....	346
10.3	Linux 网络编程概述 .....	356
10.3.1	套接字基础 .....	356
10.3.2	网络字节顺序转换 .....	358
10.3.3	多字节数据处理 .....	360
10.3.4	IP 地址格式转换 .....	362
10.3.5	端口 .....	364
10.4	TCP socket 编程 .....	365
10.4.1	常用函数介绍 .....	365
10.4.2	TCP 网络编程流程 .....	373
10.5	UDP socket 编程 .....	375
10.5.1	UDP socket 编程主要函数 .....	376
10.5.2	UDP socket 编程流程 .....	378

10.6 农业信息采集控制系统数据上传的实现 .....	379
10.6.1 基于 TCP 协议的农业信息采集控制系统数据上传 .....	379
10.6.2 基于 UDP 协议的农业信息采集控制系统数据上传 .....	386
习题 10 .....	389
<b>第 11 章 嵌入式 GUI 程序开发 .....</b>	<b>390</b>
11.1 项目目标 .....	390
11.2 Qt 编程基础 .....	390
11.2.1 Qt 对象模型 .....	390
11.2.2 事件系统 .....	397
11.2.3 一个完整的 Qt 程序 .....	405
11.3 Qt/Embedded 环境配置 .....	407
11.3.1 获得源码 .....	408
11.3.2 编译 Qt-X11 环境 .....	408
11.3.3 安装 Qt/Embedded 环境 .....	409
11.4 Qt Designer 介绍 .....	411
11.5 农业信息采集控制系统设计 .....	415
11.5.1 窗口部件 .....	415
11.5.2 布局管理 .....	418
11.5.3 农业信息采集控制系统终端 GUI 设计 .....	420
11.5.4 农业信息采集控制系统 GUI 显示与控制的实现 .....	421
习题 11 .....	426
<b>附录 A 农业信息采集控制系统源程序 .....</b>	<b>428</b>
<b>参考文献 .....</b>	<b>441</b>

## 嵌入式系统概述及项目分析

### 1.1 嵌入式 Linux 系统概述

#### 1.1.1 嵌入式 Linux 简介

什么是嵌入式系统呢？不同的人会有不同的答案。简单来说，嵌入式系统 (Embedded Systems) 是指“嵌入到对象体系中的、用于执行独立功能的专用计算机系统”。根据 IEEE (国际电气和电子工程师协会) 的定义：嵌入式系统是“用于控制、监视或者辅助操作机器或设备的装置” (原文为 devices used to control, monitor, or assist the operation of equipment, machinery or plants)。而更为通用的定义为“以应用为中心，以计算机技术为基础，软件和硬件可裁剪，功能、可靠性、成本、体积、功耗有严格要求的专用计算机系统”。嵌入式系统的主要特点是嵌入、专用。

嵌入式 Linux 是将 Linux 操作系统进行裁剪修改，使之能在嵌入式计算机系统上运行的一种操作系统。嵌入式 Linux 既继承了 Internet 上无限的开放源代码资源，又具有嵌入式操作系统的特性，Linux 正在嵌入式开发领域迅速发展。嵌入式 Linux 版权免费，全世界的自由软件开发者为其提供技术支持，而且它性能优异，软件移植容易，代码开放，有许多应用软件支持，应用产品开发周期短，新产品上市迅速。Linux 使用 GPL，所有对嵌入式 Linux 感兴趣的人都可以从因特网上免费下载其内核和应用程序，并开始移植和开发。许多 Linux 改良品种迎合了嵌入式市场，它们包括 RTLinux、 $\mu$ CLinux、Montavista Linux、ARM-Linux 等。

数年来，Linux 标准库组织一直在从事对在服务器上运行的 Linux 进行标准化的工作，现在，嵌入式计算领域也开始了这一工作。嵌入式 Linux 标准吸收了 Linux 标准库以及 UNIX 组织中有益的元素。

#### 1.1.2 嵌入式系统中使用 Linux 的优势

Linux 是开放源代码的，不存在黑箱技术，遍布全球的众多 Linux 爱好者又是 Linux 开发者的强大技术支持。

Linux 的内核小、效率高，内核的更新速度很快，Linux 是可以定制的，一个功能完备



的 Linux 内核要求大约 1MB 内存,而 Linux 微内核只占用其中很小一部分内存,包括虚拟内存和所有核心的操作系统功能在内,只需占用系统约 100KB 内存。只要有 500KB 的内存,一个有网络栈和基本实用程序的 Linux 系统就可以在一台 8 位总线的 Intel 386 微处理器上运行得很好了。

Linux 是免费的操作系统,在价格上极具竞争力。

Linux 还有着嵌入式操作系统所需要的很多特色,最突出的就是 Linux 适用于多种 CPU 和多种硬件平台,是一个跨平台的系统。到目前为止,它可以支持二三十种 CPU。而且性能稳定,裁剪性很好,开发和使用都很容易。很多 CPU 包括家电业芯片,都开始做 Linux 的平台移植工作。同时,Linux 内核的结构在网络方面是非常完整的,Linux 对网络中最常用的 TCP/IP 协议有最完备的支持。

核心 Linux 操作系统本身的微内核体系结构相当简单。网络和文件系统以模块形式置于微内核的上层。驱动程序和其他部件可在运行时作为可加载模块编译到或者添加到内核。这为构造定制的可嵌入系统提供了高度模块化的构件方法。

Linux 的大小适合嵌入式操作系统,Linux 固有的模块性、适应性和可配置性使得这很容易做到。另外,Linux 源码的实用性,以及成千上万的程序员热切期望它用于无数的嵌入式应用软件中,导致很多嵌入式 Linux 的出现,包括 Embedix, ETLinux, LEM, Linux Router Project, LOAF,  $\mu$ CLinux, muLinux, ThinLinux, FirePlug, Linux 和 PizzaBox Linux。

嵌入式系统也常常要求通用的功能,为了避免重复劳动,这些功能的实现运用了许多现成的程序和驱动程序,它们可以用于公共外设和应用。Linux 可以在外设范围广泛的多数微处理器上运行,并早已经有了现成的应用库。Linux 用于嵌入式的因特网设备也是很合适的,原因是它支持多处理器系统,该特性使 Linux 具有了伸缩性。因而设计人员可以选择在双处理器系统上运行实时应用,提高整体的处理能力。

## 1.2 农业信息采集控制系统总体分析设计

本书的撰写是基于项目驱动方式展开的,以农业信息采集控制系统作为项目开发目标,按照项目设计的步骤展开叙述,通过项目开发过程讲解嵌入式 Linux 应用设计开发中的知识点,从而使读者掌握嵌入式 Linux 开发中的关键技术。

### 1.2.1 农业信息采集控制系统介绍

农业信息采集控制系统如图 1-1 所示,在 ARM 的硬件平台上,移植 Linux 嵌入式操作系统,利用 QT 开发采集控制器的图形界面;用空气温湿度传感器模块、土壤温湿度模块、光照传感器模块、GPS 模块、大气压强模块等来采集农田的空气温湿度、土壤温湿度、光照强度、位置信息、大气压强等相关信息;用直流电机、继电器等来控制农田大棚卷帘的升降、水管的灌溉、风扇等;通过网络来实现农田信息上传;通过 LCD、触摸屏、LED、键盘、手机等实现人机交互。系统最终实现农田信息的控制和采集。

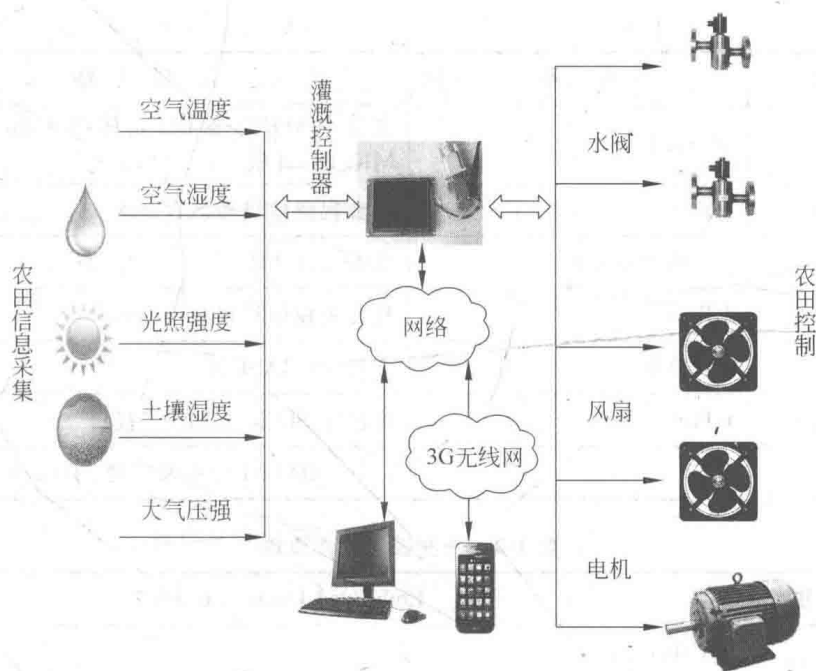


图 1-1 农业信息采集控制系统总体框图

## 1.2.2 农业信息采集控制系统硬件设计

农业信息采集控制系统由采集传感器、灌溉控制器、控制端与上位机组成。由于采集与控制端的设备较多,而对这些采集与控制端设备的访问方法相似,因此在下面的硬件与软件设计中只抽取了部分典型设备进行设计。

### 1. 采集控制终端开发板选择

#### 1) 开发板简介

采用基于 Samsung 公司最新的 S5PV210 嵌入式微处理器为核心的开发板。开发板硬件资源如表 1-1 所示,软件资源如表 1-2 所示。

表 1-1 开发板的硬件资源

配置名称	型号	说明
CPU	S5PV210	Cortex-A8 Core 800/1000MHz UFP/SIMD
DRAM	Mobile DDR	128MB,32 位存取,时钟速度 266MHz
NAND Flash	HXB18T2G160AF(L)-25D	DDR2 内存,1GB
图像	2D、3D、MJPEG/H. 264	OpenGL 2D/3D 图形加速器、编解码器
USB 接口	1+1 Port	主 USB 2.0 OTG(Host,Client) 1 个 USB Host 1.1(Hub 扩展)
UART	4 Port	UART0;Debug 口由 MiniUSB 口转出 UART1;由底板 RS232 引出

续表

配置名称	型号	说明
Audio CODEC	WM9713	支持 WM9713 解码, 立体声 400mW 语音输出 MIC IN, 耳机
Video(TV-out)	1 Port	复合视频信号和 S-Video
LCD	3.5 英寸夏普屏	320×240 16b
Video(TV-in)	2 Port	复合视频信号和 S-Video
以太网	DM9000	支持 100BASE-T
SD/MMC 卡接口	1 Port	高速主 SD 卡、MMC 卡接口
按键和 LED		4 个 LED 和 1 个中断按键 Joystick

表 1-2 开发板的软件资源

操作系统	Embedded Linux 2.6.35.7
Boot loader	U-boot. 1.3.4
文件系统	Cramfs+Yaffs2(NAND Flash)
Image Download	USB 2.0 OTG(主/从)或 DM9000(10/100Mb/s 以太网)
驱动程序	TFT 320×240/800×480 LCD 液晶 四线电阻式触摸屏 AC97 音频接口(音频输入/输出) USB 2.0(主) USB 集线器, USB 存储/鼠标/键盘/摄像头/蓝牙/WiFi Debug UART 串口 1 IRDA 红外 RS485 串口通信 Can 总线 I <sup>2</sup> C 总线 SPI 总线 Nandflash MMC/SD 存储卡 数字视频输入 CMOS 摄像头 模拟视频输入(选配) TV-out 输出 1 路中断按键 LED1~LED5

## 2) S5PV210 芯片介绍

S5PV210 芯片集成了大量的功能单元, 包括:

- 采用 Cortex-A8 的核, 包含 32KB/32KB I/D Cache 和 512KB 的 L2 Cache, ARM Core 电压为 1.1V 的时候, 可以运行到 800MHz; 在 1.2V 的情况下, 可以运行到 1GHz。

- 内置外部存储器控制器(SDRAM 控制和芯片选择逻辑)。
- LCD 控制器(最高 4K 色 STN 和 256K 彩色 TFT),一个 LCD 专用 DMA。
- 24 通道 DMA 控制。
- 3 个通用异步串行端口、3 个多主 I<sup>2</sup>C 总线、3 个 IIS 总线控制器。
- SD 主接口版本 1.0 和多媒体卡协议版本 2.11 兼容。
- 1 个 USB Host 2.0,4 个 USB Device(ver 2.0)。
- 4 个 PWM 定时器。
- 看门狗定时器。
- 237 个通用 I/O。
- 支持 4×4 矩阵键盘。
- 可支持使用 93 个中断源。
- 电源控制模式:标准、慢速、休眠、掉电。
- 10 通道 10 位/12 位 ADC 和触摸屏接口。
- 带日历功能的实时时钟。
- 芯片内置 PLL。
- 32 位 RISC 体系结构,使用 Cortex-A8 CPU 核的强大指令集。
- ARM 带 MMU 的先进的体系结构支持 WinCE、EPOC32、Linux。
- 指令缓存(cache)、数据缓存、写缓冲和物理地址 TAG RAM,减小了对主存储器带宽和性能的影响。
- Cortex-A8 CPU 核支持 ARM 调试的体系结构。
- 内部先进的位控制器总线(AMBA 3.0, AHB/APB)。
- 存储器子系统,两个独立的端口(SROM 端口和 DRAM 端口)。

## 2. 温湿度传感器的选择及使用

### 1) 温湿度传感器选择

本系统的温湿度传感器选择 SHT11,它是一款高度集成的温湿度传感器芯片,采用专利的 CMOSens 技术,提供全量程标定的数字输出,且由于采用了优化的集成电路形式,使其具有极高的可靠性与卓越的长期稳定性。传感器包括一个电容性聚合体湿度敏感元件和一个用能隙材料制成的温度敏感元件,并在同一芯片上与 14 位的 A/D 转换器以及串行接口电路实现无缝连接,芯片与外围电路采用两线制连接;而且每个传感器芯片都在极为精确的恒温室中以镜面冷凝式湿度计为参照进行标定,校准系数以程序形式存储在 OTP 内存中,在校正的过程中使用。

SHT11 的结构特点和制造工艺使其具有以下优点:①防浸泡,即使被浸湿了,只要让其自然晾干后即可恢复正常性能,不会因为曾经被浸泡而失灵或出现超出允许范围的误差;②高可靠性,采用优化的集成电路,大大降低了元件失效的风险并减少受外界电子信号的干扰,且由于传感器输入的模拟信号及时转化为数字信号输出,从而比靠外围模拟电路处理后输出的模拟信号精确度高得多;③测量精度高,采用片内稳压电路使得测量精度不受电压不稳定影响,温度测量精度为 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ ,湿度在 0%~100% RH 测量范围