

基于 CAN 总线分布式温室监控系统的设计与实现

祁睿,秦琳琳,孙德敏

(中国科学技术大学 自动化系,安徽 合肥 230027)

摘要:说明了利用 CAN 总线设计分布式温室监控系统的优点,阐述了系统的结构和 CAN 节点的软硬件设计方法与实现,给出了系统在一小型温室的运行效果。

关键词:CAN 总线;CAN 节点;温室;监控系统;SJA1000

中图分类号:TP336;TP273 文献标志码:A

Design and Realization of the Distributed System on Greenhouse Based on CAN Bus

QI Rui, QIN Lin-lin, SUN De-min

(Department of Automation Engineering, Univ. of science & Technology of China, Hefei 230027, China)

Abstract: Advantage to use CAN-bus in system construction is introduced. Architecture of the system and hardware & software designs of each CAN-node are described in details. Application of the system on a small greenhouse is described.

Key words: CAN-bus; CAN-node; greenhouse; control system; SJA1000

1 引言

目前温室现场使用的控制系统普遍为集中式控制系统,这种结构中的现场设施和通信接口距离较远,已经不能顺应温室大型化的发展趋势。另外,集中式控制系统多采用 RS485 通信协议,后者只能代表通信的物理介质层和链路层,所编写的通信程序多数不能符合 ISO/OSI 规范,只适用于单一设备类型,程序不具备通用性,系统的可扩充性差。

采用 CAN 总线设计了一种分布式温室监控系统。该系统的通信接口模块布置在温室现场,调试方便,CAN 总线基于报文编码,设备具有可互换性,系统的扩充性好。该系统在一小型温室应用后,求得了比较满意的监控效果。

2 整体方案

整个系统为分布式网络结构,如图 1 所示。PC 通过总线适配卡与 CAN 总线相连,从而成为总线上的监控节点。传感器通过输入接口模块与 CAN 总线相连,每个输入模块有 8 个通道,可以连接 8 个传感器,执行机构通过继电器输出模块与 CAN 总线相连,每个输出模块有 4 个通道,可以连接 4 个继电器。每个模块被视作 CAN 总线上的 1 个节点。模块节点的数量取决于控制现场的规模,最多可以挂接 110 个^[1]。

3 模块节点的设计

3.1 硬件设计

模块节点的结构如图 2 所示,它由微控制器

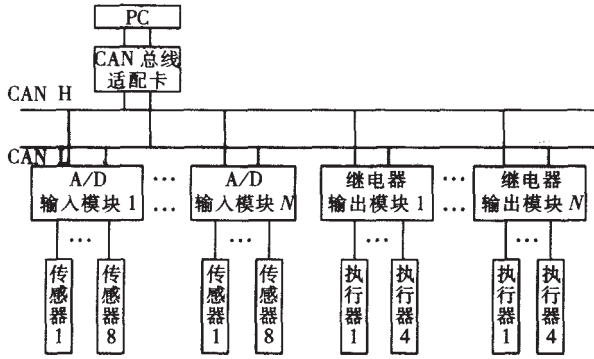


图1 系统整体结构图

AT89C52、Philips 总线控制器 SJA1000 和总线收发器 82C250 组成。模块的核心是 AT89C52，它完成 CAN 总线应用层的功能。82C250 是 SJA1000 和物理总线间的接口，它提供对总线的驱动发送功能和对 SJA1000 的差动发送与差动接收功能^[2]。SJA1000 承担着完成 CAN 协议的任务，可完成物理层和数据链路层的所有功能，如发送缓冲、接收缓冲、接收滤波、错误处理等^[3]。A/D 输入模块中，A/D 转换器 AD7703 连接在 AT89C52 的 P₀ 口，继电器输出模块中连接的是功率开关管 TW8751，后者可以控制步进电机。

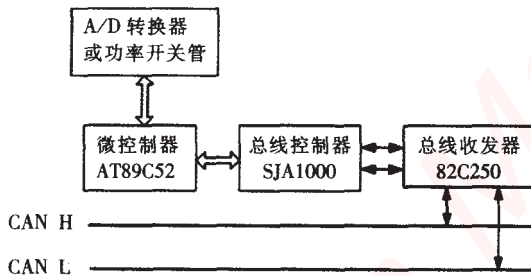


图2 模块节点结构框图

3.2 软件设计

模块软件包括 4 个部分：主程序、CAN 总线通信中断子程序、命令解释和 I/O 管理。软件采用 C 语言和汇编语言混合编制，涉及到硬件控制的部分用汇编语言编写，整体程序由 C 语言实现。

主程序对 CPU 及模块的一些端口进行初始化，主要包括预设 I/O 端口（如设定 A/D 的放大倍数、继电器初始通断状态等）、设定计数器和中断资源、变量赋初值等。设置完成后，主程序进入循环状态，执行一定工作并等待中断。图 3 以 A/D 模块为例给出了模块节点主程序的流程，继电器模块的主程序与之类似，区别在于在初始化 CPU 之前先要使各通

道的继电器复位。另外，继电器模块的主程序没有图 3 中与 A/D 有关的部分。

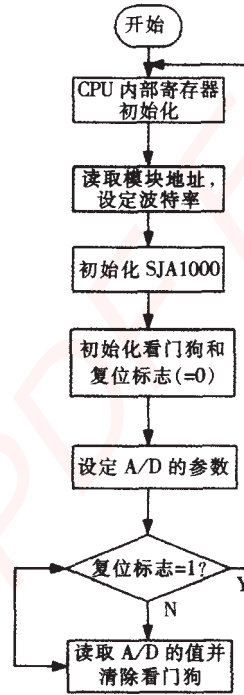


图3 模块主程序流程图

CAN 总线通信中断子程序包括发送报文中断和接收报文中断二个部分，完成报文的收发功能。报文采用 CAN 2.0A 格式，自拟应用层协议。发送部分定时将报文送入数据送入发送缓冲区，供计算机读取；接收部分实时响应总线上发来的数据，将其读入接收缓冲区。

命令解释首先对模块收到的报文进行分析，分解出其中的命令标志并对其进行解释。然后根据解释设置一定的标记，使模块能够按照收到的命令完成相应的操作，实现远程控制。

I/O 管理针对不同模块的设计要求，完成 A/D 输入、继电器控制等功能的部分。各功能由相应的函数实现。

4 计算机监控节点的设计

4.1 硬件设计

CAN 总线适配卡主要包括 SJA1000、82C250 和一些辅助电路。PC 通过 EPP 接口与 SJA1000 相连，经 82C250 挂接在总线上。监控节点实现的关键在于通过 EPP 接口实现 PC 对 SJA1000 的控制。

EPP 并行口具有 8 位双向数据端口、状态端口

和控制端口,辅以适当定义,可作为8位总线灵活使用。EPP与SPP兼容,因此有二种工作方式:只使用与SPP兼容的3个寄存器的双向I/O端口方式;利用EPP特有寄存器的EPP方式^[4]。在此采用后者。

EPP方式下SJA1000与PC的接口电路图如图4所示。其中AddStrobe为地址选通信号(低有效);DataStrobe(低有效)为数据选通信号;nWrite(低电平写,高电平读)为读写控制信号;nWait(低有效)为握手信号;AD0—AD7为双向地址/数据线。

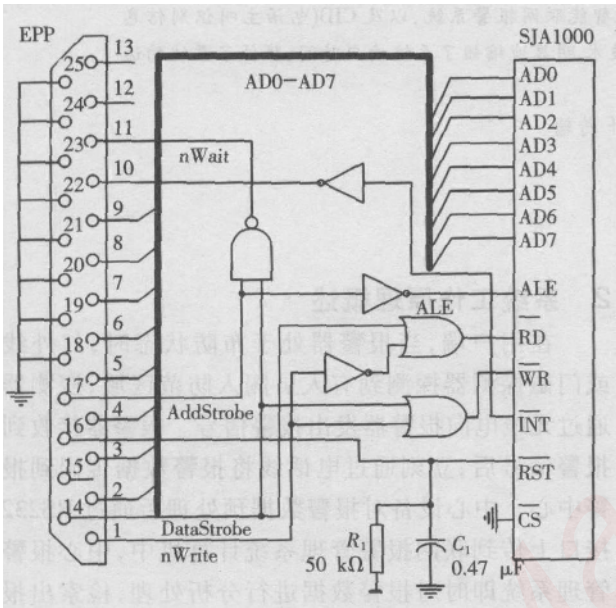


图4 SJA1000和PC的接口电路

利用EPP作为PC与SJA1000的接口时,有二个关键问题:当利用EPP的地址周期和数据周期向SJA1000发送地址和数据时,产生一个握手信号;SJA1000读写时序的产生。握手信号nWait等价于数据选通DataStrobe或地址选通信号AddStrobe取反后延迟一段时间。读写时序包括地址锁存和数据读写二个部分,分别在EPP口的地址写周期和数据读写周期由软件中的相应函数完成。

4.2 软件设计

监控节点软件为基于Windows 9x操作系统的图形界面应用程序,包括3个部分:VxD(虚拟设备驱动)模块、服务函数的静态链接库模块、监控程序模块。

VxD模块以DLL的形式嵌入到Windows9x操作系统的核心层(ring0),用于解决不能被ring3层应用程序处理的一些问题。VxD模块用Vireo公司的

QuickVxd编写,它负责初始化EPP和监视EPP的中断。当中断来到时,它使标志事件置位,以此通知静态链接库模块中的相应函数到SJA1000的接收缓冲区中去读取数据,或者将计算机要发送的报文存储到SJA1000的发送缓冲区中等待发送到总线。

静态链接库模块封装了与硬件通信所需要用的函数,完成总线通信功能,如SJA1000通信方式的设置,SJA1000的数据读写时序的产生等等。这些函数用标准的C++语言编写,供上层的应用程序调用,以避免上层应用程序直接同硬件打交道。

监控程序模块用VC++6.0实现,它有二个功能:将接收的报文转换成对应的温室环境因子的实时值,保存到文件并打印输出到监控界面;根据专家设定值控制温室现场的各个设备,以保证环境因子在作物生长要求的范围内。

5 运行效果

图5为在一小型温室中应用的控制系统监控界面演示。该温室配备了6个温湿度传感器、2个照度传感器、1个CO₂传感器、1个风速传感器,传感器共计16个;控制设备包括天窗、遮阳网、湿帘-风机、热风炉、喷雾机、钠灯和CO₂钢瓶,执行机构有三相电机、单相电机、开关和电磁阀,共使用28个继电器。因此,为该温室设计的控制系统包括2块8通道A/D输入模块和7块继电器输出模块。系统在线监视温室内外温湿度、室外风速和湿度以及室内的照度和CO₂浓度,同时根据专家设定值控制这些设备。从该界面上可以在线监视每个传感器采集的环境因子实时值、记录每个继电器的工作状态以及打印要求输出的曲线。

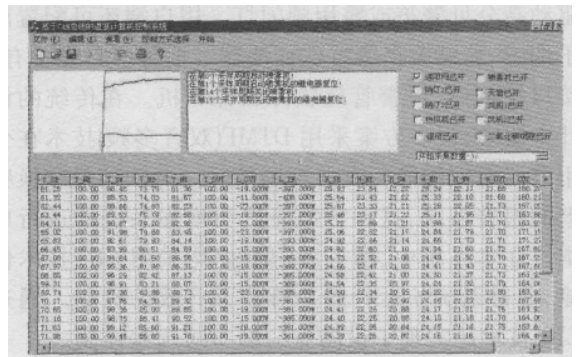


图5 控制系统的监视界面

图6为根据专家设定值分别设定温度和湿度的控制目标上下限得到的控制效果曲线。(下转第36页)

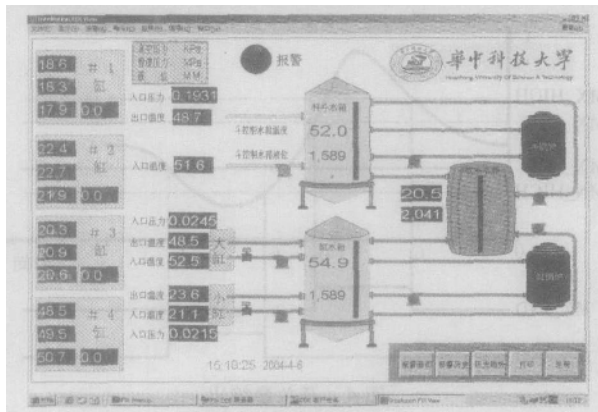


图5 监控程序主页面

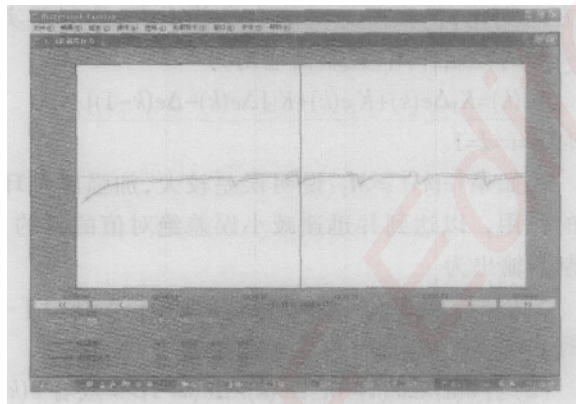


图6 历史数据

5 结束语

化工生产过程对温度的要求很高也很普遍。恒温控制方法和智能数字 PID 控制算法具有一定的通用性,经过实际生产检验能够达到工艺要求,控制精度高,稳定性强,保证了控制设备使用寿命,适合一般的化工生产过程。

(上接第 23 页)温度控制设备有热风炉、湿帘-风机和天窗,湿度控制的设备有喷雾机、风扇和天窗^[5]。程序运行时,天窗关闭。温度要求控制在 $(28 \pm 1)^\circ\text{C}$,湿度要求控制在 $(65 \pm 2)\% \text{RH}$ 。由于每个设备对其影响因子的作用都有延时,所以设定温度控制上限为 $(28 + 0.5)^\circ\text{C}$,下限为 $(28 - 0.5)^\circ\text{C}$;湿度控制的上限为 $(65 + 1)\% \text{RH}$,下限为 $(65 - 1)\% \text{RH}$ 。由图可见温度和湿度均控制在要求的范围内。

6 结束语

温室监控系统是以 CAN 总线为通信平台的分布式控制系统,实践证明该系统性能稳定、结构灵活、调试方便、经济实用,具有广阔的推广空间。

参考文献:

- [1] 邬宽明. CAN 总线原理和应用系统设计[M]. 北京:北京航空航天大学出版社,1996.
- [2] Phillips Semiconductor. Data Sheet PC82C250 [Z]. 1997.
- [3] 广州周立功单片机发展有限公司 CAN-Bus 实验室. CAN 的基本知识 [DB/OL]. <http://www.zlgmcu.com/philips/philips-can.asp>, 2003-09.
- [4] 符冬阳, 贺贵明. 增强并行口 EPP 协议及其应用[J]. 计算机应用, 2001, 21(10).

参考文献:

- [1] 威廉斯 F A, 黄 N C, 巴雷尔 M. 固体推进剂火箭发动机的基本问题[M]. 京固群, 译. 北京: 国防工业出版社, 1976.
- [2] 王成刚. 大型混合设备监视系统的研究[D]. 武汉: 华中科技大学, 2001.
- [3] 章卫国. 先进控制理论与方法导论[M]. 西安: 西北工业大需出版社, 2000.
- [4] Intellution 公司. FIX 使用手册[Z].

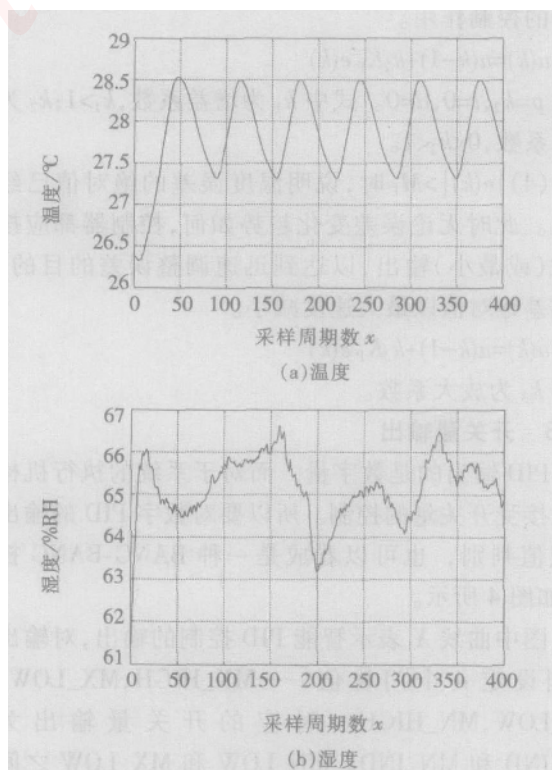


图6 温度、湿度控制曲线

嵌入式资源免费下载

总线协议:

1. [基于 PCIe 驱动程序的数据传输卡 DMA 传输](#)
2. [基于 PCIe 总线协议的设备驱动开发](#)
3. [CANopen 协议介绍](#)
4. [基于 PXI 总线 RS422 数据通信卡 WDM 驱动程序设计](#)
5. [FPGA 实现 PCIe 总线 DMA 设计](#)
6. [PCI Express 协议实现与验证](#)
7. [VPX 总线技术及其实现](#)
8. [基于 Xilinx FPGA 的 PCIE 接口实现](#)
9. [基于 PCI 总线的 GPS 授时卡设计](#)
10. [基于 CPCI 标准的 6U 信号处理平台的设计](#)
11. [USB30 电路保护](#)
12. [USB30 协议分析与框架设计](#)
13. [USB 30 中的 CRC 校验原理及实现](#)
14. [基于 CPLD 的 UART 设计](#)
15. [IPMI 在 VPX 系统中的应用与设计](#)
16. [基于 CPCI 总线的 PMC 载板设计](#)
17. [基于 VPX 总线的工件台运动控制系统研究与开发](#)
18. [PCI Express 流控机制的研究与实现](#)
19. [UART16C554 的设计](#)
20. [基于 VPX 的高性能计算机设计](#)
21. [基于 CAN 总线技术的嵌入式网关设计](#)
22. [Visual C 串行通讯控件使用方法与技巧的研究](#)
23. [IEEE1588 精密时钟同步关键技术研究](#)
24. [GPS 信号发生器射频模块的一种实现方案](#)
25. [基于 CPCI 接口的视频采集卡的设计](#)
26. [基于 VPX 的 3U 信号处理平台的设计](#)
27. [基于 PCI Express 总线 1394b 网络传输系统 WDM 驱动设计](#)
28. [AT89C52 单片机与 ARINC429 航空总线接口设计](#)
29. [基于 CPCI 总线多 DSP 系统的高速主机接口设计](#)
30. [总线协议中的 CRC 及其在 SATA 通信技术中的应用](#)
31. [基于 FPGA 的 SATA 硬盘加解密控制器设计](#)
32. [Modbus 协议在串口通讯中的研究及应用](#)
33. [高可用的磁盘阵列 Cache 的设计和实现](#)
34. [RAID 阵列中高速 Cache 管理的优化](#)

35. [一种新的基于 RAID 的 CACHE 技术研究与实现](#)
36. [基于 PCIE-104 总线的高速数据接口设计](#)
37. [基于 VPX 标准的 RapidIO 交换和 Flash 存储模块设计](#)
38. [北斗卫星系统在海洋工程中的应用](#)
39. [北斗卫星系统在远洋船舶上应用的研究](#)
40. [基于 CPCI 总线的红外实时信号处理系统](#)
41. [硬件实现 RAID 与软件实现 RAID 的比较](#)
42. [基于 PCI Express 总线系统的热插拔设计](#)
43. [基于 RAID5 的磁盘阵列 Cache 的研究与实现](#)
44. [基于 PCI 总线的 MPEG2 码流播放卡驱动程序开发](#)
45. [基于磁盘阵列引擎的 RAID5 小写性能优化](#)
46. [基于 IEEE1588 的时钟同步技术研究](#)
47. [基于 Davinci 平台的 SD 卡读写优化](#)
48. [基于 PCI 总线的图像处理及传输系统的设计](#)
49. [串口和以太网通信技术在油液在线监测系统中的应用](#)
50. [USB30 数据传输协议分析及实现](#)
51. [IEEE 1588 协议在工业以太网中的实现](#)
52. [基于 USB30 的设备自定义请求实现方法](#)
53. [IEEE1588 协议在网络测控系统中的应用](#)
54. [USB30 物理层中弹性缓冲的设计与实现](#)
55. [USB30 的高速信息传输瓶颈研究](#)
56. [基于 IPv6 的 UDP 通信的实现](#)
57. [一种基于 IPv6 的流媒体传送方案研究与实现](#)
58. [基于 IPv4-IPv6 双栈的 MODBUS-TCP 协议实现](#)
59. [RS485CAN 网关设计与实现](#)
60. [MVB 周期信息的实时调度](#)
61. [RS485 和 PROFINET 网关设计](#)
62. [基于 IPv6 的 Socket 通信的实现](#)
63. [MVB 网络重复器的设计](#)
64. [一种新型 MVB 通信板的探究](#)
65. [具有 MVB 接口的输入输出设备的分析](#)
66. [基于 STM32 的 GSM 模块综合应用](#)
67. [基于 ARM7 的 MVB CAN 网关设计](#)
68. [机车车辆的 MVB CAN 总线网关设计](#)
69. [智能变电站冗余网络中 IEEE1588 协议的应用](#)
70. [CAN 总线的浅析 CANopen 协议](#)
71. [基于 CANopen 协议实现多电机系统实时控制](#)
72. [以太网时钟同步协议的研究](#)
73. [基于 CANopen 的列车通信网络实现研究](#)
74. [基于 SJA1000 的 CAN 总线智能控制系统设计](#)
75. [基于 CANopen 的运动控制单元的设计](#)
76. [基于 STM32F107VC 的 IEEE 1588 精密时钟同步分析与实现](#)

77. [分布式控制系统精确时钟同步技术](#)
78. [基于 IEEE 1588 的时钟同步技术在分布式系统中应用](#)
79. [基于 SJA1000 的 CAN 总线通讯模块的实现](#)
80. [嵌入式设备的精确时钟同步技术的研究与实现](#)

VxWorks:

1. [基于 VxWorks 的多任务程序设计](#)
2. [基于 VxWorks 的数据采集存储装置设计](#)
3. [Flash 文件系统分析及其在 VxWorks 中的实现](#)
4. [VxWorks 多任务编程中的异常研究](#)
5. [VxWorks 应用技巧两例](#)
6. [一种基于 VxWorks 的飞行仿真实时管理系统](#)
7. [在 VxWorks 系统中使用 TrueType 字库](#)
8. [基于 FreeType 的 VxWorks 中文显示方案](#)
9. [基于 Tilcon 的 VxWorks 简单动画开发](#)
10. [基于 Tilcon 的某武器显控系统界面设计](#)
11. [基于 Tilcon 的综合导航信息处理装置界面设计](#)
12. [VxWorks 的内存配置和管理](#)
13. [基于 VxWorks 系统的 PCI 配置与应用](#)
14. [基于 MPC8270 的 VxWorks BSP 的移植](#)
15. [Bootrom 功能改进经验谈](#)
16. [基于 VxWorks 嵌入式系统的中文平台研究与实现](#)
17. [VxBus 的 A429 接口驱动](#)
18. [基于 VxBus 和 MPC8569E 千兆网驱动开发和实现](#)
19. [一种基于 vxBus 的 PPC 与 FPGA 高速互联的驱动设计方法](#)
20. [基于 VxBus 的设备驱动开发](#)
21. [基于 VxBus 的驱动程序架构分析](#)
22. [基于 VxBus 的高速数据采集卡驱动程序开发](#)
23. [Vxworks 下的冗余 CAN 通讯模块设计](#)
24. [WindML 工业平台下开发 S1d13506 驱动及显示功能的实现](#)
25. [WindML 中 Mesa 的应用](#)
26. [VxWorks 下图形用户界面开发中双缓冲技术应用](#)
27. [VxWorks 上的一种 GUI 系统的设计与实现](#)
28. [VxWorks 环境下 socket 的实现](#)
29. [VxWorks 的 WindML 图形界面程序的框架分析](#)
30. [VxWorks 实时操作系统及其在 PC104 下以太网编程的应用](#)
31. [实时操作系统任务调度策略的研究与设计](#)
32. [军事指挥系统中 VxWorks 下汉字显示技术](#)

33. [基于 VxWorks 实时控制系统中文交互界面开发平台](#)
34. [基于 VxWorks 操作系统的 WindML 图形操控界面实现方法](#)
35. [基于 GPU FPGA 芯片原型的 VxWorks 下驱动软件开发](#)
36. [VxWorks 下的多串口卡设计](#)
37. [VxWorks 内存管理机制的研究](#)
38. [T9 输入法在 Tilcon 下的实现](#)
39. [基于 VxWorks 的 WindML 图形界面开发方法](#)
40. [基于 Tilcon 的 IO 控制板可视化测试软件的设计和实现](#)
41. [基于 VxWorks 的通信服务器实时多任务软件设计](#)
42. [基于 VXWORKS 的 RS485MVB 网关的设计与实现](#)
43. [实时操作系统 VxWorks 在微机保护中的应用](#)
44. [基于 VxWorks 的多任务程序设计及通信管理](#)
45. [基于 Tilcon 的 VxWorks 图形界面开发技术](#)
46. [嵌入式图形系统 Tilcon 及应用研究](#)
47. [基于 VxWorks 的数据采集与重演软件的图形界面的设计与实现](#)
48. [基于嵌入式的 Tilcon 用户图形界面设计与开发](#)
49. [基于 Tilcon 的交互式多页面的设计](#)
50. [基于 Tilcon 的嵌入式系统人机界面开发技术](#)
51. [基于 Tilcon 的指控系统多任务人机交互软件设计](#)
52. [基于 Tilcon 航海标绘台界面设计](#)
53. [基于 Tornado 和 Tilcon 的嵌入式 GIS 图形编辑软件的开发](#)

Linux:

1. [Linux 程序设计第三版及源代码](#)
2. [NAND FLASH 文件系统的设计与实现](#)
3. [多通道串行通信设备的 Linux 驱动程序实现](#)
4. [Zsh 开发指南-数组](#)
5. [常用 GDB 命令中文速览](#)
6. [嵌入式 C 进阶之道](#)
7. [Linux 串口编程实例](#)
8. [基于 Yocto Project 的嵌入式应用设计](#)
9. [Android 应用的反编译](#)
10. [基于 Android 行为的加密应用系统研究](#)
11. [嵌入式 Linux 系统移植步步通](#)
12. [嵌入式 C++ 语言精华文章集锦](#)
13. [基于 Linux 的高性能服务器端的设计与研究](#)
14. [S3C6410 移植 Android 内核](#)
15. [Android 开发指南中文版](#)

16. [图解 Linux 操作系统架构设计与实现原理（第二版）](#)
17. [如何在 Ubuntu 和 Linux Mint 下轻松升级 Linux 内核](#)
18. [Android 简单 mp3 播放器源码](#)
19. [嵌入式 Linux 系统实时性的研究](#)
20. [Android 嵌入式系统架构及内核浅析](#)
21. [基于嵌入式 Linux 操作系统内核实时性的改进方法研究](#)
22. [Linux TCP IP 协议详解](#)
23. [Linux 桌面环境下内存去重技术的研究与实现](#)
24. [掌握 Android 7.0 新增特性 Quick Settings](#)
25. [Android 应用逆向分析方法研究](#)
26. [Android 操作系统的课程教学](#)
27. [Android 智能手机操作系统的研究](#)
28. [Android 英文朗读功能的实现](#)
29. [基于 Yocto 订制嵌入式 Linux 发行版](#)
30. [基于嵌入式 Linux 的网络设备驱动设计与实现](#)
31. [如何高效学习嵌入式](#)
32. [基于 Android 平台的 GPS 定位系统的设计与实现](#)
33. [LINUX ARM 下的 USB 驱动开发](#)
34. [Linux 下基于 I2C 协议的 RTC 驱动开发](#)
35. [嵌入式下 Linux 系统设备驱动程序的开发](#)
36. [基于嵌入式 Linux 的 SD 卡驱动程序的设计与实现](#)
37. [Linux 系统中进程调度策略](#)
38. [嵌入式 Linux 实时性方法](#)
39. [基于实时 Linux 计算机联锁系统实时性分析与改进](#)
40. [基于嵌入式 Linux 下的 USB30 驱动程序开发方法研究](#)
41. [Android 手机应用开发之音乐资源播放器](#)
42. [Linux 下以太网的 IPv6 隧道技术的实现](#)
43. [Research and design of mobile learning platform based on Android](#)
44. [基于 linux 和 Qt 的串口通信调试器调的设计及应用](#)
45. [在 Linux 平台上基于 QT 的动态图像采集系统的设计](#)
46. [基于 Android 平台的医护查房系统的研究与设计](#)
47. [基于 Android 平台的软件自动化监控工具的设计开发](#)
48. [基于 Android 的视频软硬解码及渲染的对比研究与实现](#)
49. [基于 Android 移动设备的加速度传感器技术研究](#)
50. [基于 Android 系统振动测试仪研究](#)
51. [基于缓存竞争优化的 Linux 进程调度策略](#)

Windows CE:

1. [Windows CE.NET 下 YAFFS 文件系统 NAND Flash 驱动程序设计](#)
2. [Windows CE 的 CAN 总线驱动程序设计](#)
3. [基于 Windows CE.NET 的 ADC 驱动程序实现与应用的研究](#)
4. [基于 Windows CE.NET 平台的串行通信实现](#)
5. [基于 Windows CE.NET 下的 GPRS 模块的研究与开发](#)
6. [win2k 下 NTFS 分区用 ntldr 加载进 dos 源代码](#)
7. [Windows 下的 USB 设备驱动程序开发](#)
8. [WinCE 的大容量程控数据传输解决方案设计](#)
9. [WinCE6.0 安装开发详解](#)
10. [DOS 下仿 Windows 的自带计算器程序 C 源码](#)
11. [G726 局域网语音通话程序和源代码](#)
12. [WinCE 主板加载第三方驱动程序的方法](#)
13. [WinCE 下的注册表编辑程序和源代码](#)
14. [WinCE 串口通信源代码](#)
15. [WINCE 的 SD 卡程序\[可实现读写的源码\]](#)
16. [基于 WinCE 的 BootLoader 研究](#)
17. [Windows CE 环境下无线网卡的自动安装](#)
18. [基于 Windows CE 的可视电话的研究与实现](#)
19. [基于 WinCE 的嵌入式图像采集系统设计](#)
20. [基于 ARM 与 WinCE 的掌纹鉴别系统](#)
21. [DCOM 协议在网络冗余环境下的应用](#)
22. [Windows XP Embedded 在变电站通信管理机中的应用](#)
23. [XPE 在多功能显控台上的开发与应用](#)
24. [基于 Windows XP Embedded 的 LKJ2000 仿真系统设计与实现](#)
25. [虚拟仪器的 Windows XP Embedded 操作系统开发](#)
26. [基于 EVC 的嵌入式导航电子地图设计](#)
27. [基于 XPEmbedded 的警务区 SMS 指挥平台的设计与实现](#)
28. [基于 XPE 的数字残币兑换工具开发](#)

PowerPC:

1. [Freescale MPC8536 开发板原理图](#)
2. [基于 MPC8548E 的固件设计](#)
3. [基于 MPC8548E 的嵌入式数据处理系统设计](#)
4. [基于 PowerPC 嵌入式网络通信平台的实现](#)
5. [PowerPC 在车辆显控系统中的应用](#)
6. [基于 PowerPC 的单板计算机的设计](#)
7. [用 PowerPC860 实现 FPGA 配置](#)

8. [基于 MPC8247 嵌入式电力交换系统的设计与实现](#)
9. [基于设备树的 MPC8247 嵌入式 Linux 系统开发](#)
10. [基于 MPC8313E 嵌入式系统 UBoot 的移植](#)
11. [基于 PowerPC 处理器 SMP 系统的 UBoot 移植](#)
12. [基于 PowerPC 双核处理器嵌入式系统 UBoot 移植](#)
13. [基于 PowerPC 的雷达通用处理机设计](#)
14. [PowerPC 平台引导加载程序的移植](#)
15. [基于 PowerPC 嵌入式内核的多串口通信扩展设计](#)
16. [基于 PowerPC 的多网口系统抗干扰设计](#)
17. [基于 MPC860T 与 VxWorks 的图形界面设计](#)
18. [基于 MPC8260 处理器的 PPMC 系统](#)
19. [基于 PowerPC 的控制器研究与设计](#)
20. [基于 PowerPC 的模拟量输入接口扩展](#)
21. [基于 PowerPC 的车载通信系统设计](#)
22. [基于 PowerPC 的嵌入式系统中通用 I/O 口的扩展方法](#)
23. [基于 PowerPC440GP 型微控制器的嵌入式系统设计与研究](#)
24. [基于双 PowerPC 7447A 处理器的嵌入式系统硬件设计](#)
25. [基于 PowerPC603e 通用处理模块的设计与实现](#)
26. [嵌入式微机 MPC555 驻留片内监控器的开发与实现](#)
27. [基于 PowerPC 和 DSP 的电能质量在线监测装置的研制](#)
28. [基于 PowerPC 架构多核处理器嵌入式系统硬件设计](#)
29. [基于 PowerPC 的多屏系统设计](#)
30. [基于 PowerPC 的嵌入式 SMP 系统设计](#)

ARM:

1. [基于 DiskOnChip 2000 的驱动程序设计及应用](#)
2. [基于 ARM 体系的 PC-104 总线设计](#)
3. [基于 ARM 的嵌入式系统中断处理机制研究](#)
4. [设计 ARM 的中断处理](#)
5. [基于 ARM 的数据采集系统并行总线的驱动设计](#)
6. [S3C2410 下的 TFT LCD 驱动源码](#)
7. [STM32 SD 卡移植 FATFS 文件系统源码](#)
8. [STM32 ADC 多通道源码](#)
9. [ARM Linux 在 EP7312 上的移植](#)
10. [ARM 经典 300 问](#)
11. [基于 S5PV210 的频谱监测设备嵌入式系统设计与实现](#)
12. [Uboot 中 start.S 源码的指令级的详尽解析](#)

13. [基于 ARM9 的嵌入式 Zigbee 网关设计与实现](#)
14. [基于 S3C6410 处理器的嵌入式 Linux 系统移植](#)
15. [CortexA8 平台的 \$\mu\$ C-OS II 及 LwIP 协议栈的移植与实现](#)
16. [基于 ARM 的嵌入式 Linux 无线网卡设备驱动设计](#)
17. [ARM S3C2440 Linux ADC 驱动](#)
18. [ARM S3C2440 Linux 触摸屏驱动](#)
19. [Linux 和 Cortex-A8 的视频处理及数字微波传输系统设计](#)
20. [Nand Flash 启动模式下的 Uboot 移植](#)
21. [基于 ARM 处理器的 UART 设计](#)
22. [ARM CortexM3 处理器故障的分析与处理](#)
23. [ARM 微处理器启动和调试浅析](#)
24. [基于 ARM 系统下映像文件的执行与中断运行机制的实现](#)
25. [中断调用方式的 ARM 二次开发接口设计](#)
26. [ARM11 嵌入式系统 Linux 下 LCD 的驱动设计](#)
27. [Uboot 在 S3C2440 上的移植](#)
28. [基于 ARM11 的嵌入式无线视频终端的设计](#)
29. [基于 S3C6410 的 Uboot 分析与移植](#)
30. [基于 ARM 嵌入式系统的高保真无损音乐播放器设计](#)
31. [UBoot 在 Mini6410 上的移植](#)
32. [基于 ARM11 的嵌入式 Linux NAND FLASH 模拟 U 盘挂载分析与实现](#)
33. [基于 ARM11 的电源完整性分析](#)
34. [基于 ARM S3C6410 的 uboot 分析与移植](#)
35. [基于 S5PC100 移动视频监控终端的设计与实现](#)

Hardware:

1. [DSP 电源的典型设计](#)
2. [高频脉冲电源设计](#)
3. [电源的综合保护设计](#)
4. [任意波形电源的设计](#)
5. [高速 PCB 信号完整性分析及应用](#)
6. [DM642 高速图像采集系统的电磁干扰设计](#)
7. [使用 COM Express Nano 工控板实现 IP 调度设备](#)
8. [基于 COM Express 架构的数据记录仪的设计与实现](#)
9. [基于 COM Express 的信号系统逻辑运算单元设计](#)
10. [基于 COM Express 的回波预处理模块设计](#)
11. [基于 X86 平台的简单多任务内核的分析与实现](#)
12. [基于 UEFI Shell 的 PreOS Application 的开发与研究](#)
13. [基于 UEFI 固件的恶意代码防范技术研究](#)

14. [MIPS 架构计算机平台的支持固件研究](#)
15. [基于 UEFI 固件的攻击验证技术研究](#)
16. [基于 UEFI 的 Application 和 Driver 的分析与开发](#)
17. [基于 UEFI 的可信 BIOS 研究与实现](#)
18. [基于 UEFI 的国产计算机平台 BIOS 研究](#)
19. [基于 UEFI 的安全模块设计分析](#)
20. [基于 FPGA Nios II 的等精度频率计设计](#)
21. [基于 FPGA 的 SOPC 设计](#)
22. [基于 SOPC 基本信号产生器的设计与实现](#)
23. [基于龙芯平台的 PMON 研究与开发](#)
24. [基于 X86 平台的嵌入式 BIOS 可配置设计](#)
25. [基于龙芯 2F 架构的 PMON 分析与优化](#)
26. [CPU 与 GPU 之间接口电路的设计与实现](#)
27. [基于龙芯 1A 平台的 PMON 源码编译和启动分析](#)
28. [基于 PC104 工控机的嵌入式直流监控装置的设计](#)
29. [GPGPU 技术研究与实现](#)
30. [GPU 实现的高速 FIR 数字滤波算法](#)
31. [一种基于 CPU/GPU 异构计算的混合编程模型](#)
32. [面向 OpenCL 模型的 GPU 性能优化](#)
33. [基于 GPU 的 FDTD 算法](#)
34. [基于 GPU 的瑕疵检测](#)
35. [基于 GPU 通用计算的分析与研究](#)
36. [面向 OpenCL 架构的 GPGPU 量化性能模型](#)
37. [基于 OpenCL 的图像积分图算法优化研究](#)
38. [基于 OpenCL 的均值平移算法在多个众核平台的性能优化研究](#)
39. [基于 OpenCL 的异构系统并行编程](#)
40. [嵌入式系统中热备份双机切换技术研究](#)

Programming:

1. [计算机软件基础数据结构 - 算法](#)
2. [高级数据结构对算法的优化](#)
3. [零基础学算法](#)
4. [Linux 环境下基于 TCP 的 Socket 编程浅析](#)
5. [Linux 环境下基于 UDP 的 socket 编程浅析](#)
6. [基于 Socket 的网络编程技术及其实现](#)
7. [数据结构考题 - 第 1 章 绪论](#)
8. [数据结构考题 - 第 2 章 线性表](#)

9. [数据结构考题 - 第 2 章 线性表 - 答案](#)
10. [基于小波变换与偏微分方程的图像分解及边缘检测](#)
11. [基于图像能量的布匹瑕疵检测方法](#)
12. [基于 OpenCL 的拉普拉斯图像增强算法优化研究](#)
13. [异构平台上基于 OpenCL 的 FFT 实现与优化](#)
14. [数据结构考题 - 第 4 章 串](#)
15. [数据结构考题 - 第 4 章 串答案](#)
- 16.

FPGA / CPLD:

1. [一种基于并行处理器的快速车道线检测系统及 FPGA 实现](#)
2. [基于 FPGA 和 DSP 的 DBF 实现](#)
3. [高速浮点运算单元的 FPGA 实现](#)
4. [DLMS 算法的脉动阵结构设计及 FPGA 实现](#)
5. [一种基于 FPGA 的 3DES 加密算法实现](#)
6. [可编程 FIR 滤波器的 FPGA 实现](#)
7. [基于 FPGA 的 AES 加密算法的高速实现](#)
8. [基于 FPGA 的精确时钟同步方法](#)
- 9.