

## 基于 SJA1000 的 CAN 网桥设计

张小鸣<sup>1,2</sup>, 李永新<sup>1</sup>

(1. 南京理工大学机械工程学院, 江苏南京 210094; 2. 江苏工业学院信息科学与工程学院, 江苏常州 213164)

**摘要:**针对矿井变电所分布广、线路长等特点,设计出一种基于单片机 89C54RD +、CPLD 芯片和 CAN 控制器芯片 SJA1000 为核心的 CAN 网桥,连接不同区域的变电所 CAN 子网,实现基于 CAN 总线的分布式矿井电力监控系统网络通信。利用 SJA1000 的验收滤波器原理,完成双端口 CAN 网桥的滤波转发、广播通信等基本功能。实践表明:CAN 网桥具有良好的广播与转发功能,通信可靠性高,有效扩展了 CAN 网络的通信距离,值得推广应用。

**关键词:** CAN 总线;网桥;SJA1000

**中图分类号:** TP393      **文献标识码:** A      **文章编号:** 1002 - 1841(2007)11 - 0022 - 03

## Design of CAN Network Based on SJA1000

ZHANG Xiao-ming<sup>1,2</sup>, LI Yong-xin<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China;

2. College of Information Science and Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** For mine substations that distribute over a wide area and long lines, a CAN bridge module with microcontroller 89C54RD +, CPLD chip and CAN controller chip SJA1000 was designed to link the substation CAN subnets in areas, so that the network communications of mine distributed monitoring system were realized. Using the principle of acceptance filter of SJA1000, the basic functions of the first filtering last forwarding, broadcast communication of the CAN bridge with two CAN ports were performed. The results of experiments show the CAN bridge has a good function of broadcasting and forwarding, high communication reliability, extending transmission distances of CAN network effectively, and is worth popularizing.

**Key words:** CAN bus; network bridge; SJA1000

### 0 引言

矿井电力监控系统一般由监控主机、传输信道、分站以及高压开关智能保护器等组成,分站设在井下变电所,一般离主机较远(几 km 以上),主机到分站之间的主传输信道大多采用光缆通信<sup>[1]</sup>。分站与智能综保器在一个变电所内,两者距离较近(几百 m 以内),一般采用 RS-485 或 CAN 现场总线通信。主传输信道约占系统总信道的 1/2 以上,光缆成本是电缆的 2~3 倍,还要使用光端机,仅光缆铺设一项就占矿井电力监控系统总投资的 1/3 以上,这对尚未敷设过光缆的矿井是很大的负担。用信号电缆取代光缆,可使矿井电力监控系统的投资大大减少,有利于系统的推广。与 RS-485 协议构成的变电所监控系统<sup>[2]</sup>相比,基于 CAN 总线<sup>[3]</sup>的电力监控系统不会出现像 RS-485 传输线因故障短路无法自恢复的严重情况,CAN 节点在错误严重的情况下具有自动关闭输出功能,不影响总线上其他节点的操作。另外,CAN 总线为多主方式,网络中各节点都可根据总线访问优先权,采用无损结构的逐位仲裁的方式竞争向总线发送数据,通过验收滤波,可使不同的节点同时接收到相同的数据。这些特点使得 CAN 总线构成的网络数据通信实时性强,克服了 RS-485 只能构成主从式结构系统、通过主站轮询的方式进行通信的实时性可靠性较差、智能保护器不能实时快速上传故障保护信息等缺点。

但是,当 CAN 总线上的设备超过 110 个或者通讯距离超过 10 km 时,CAN 总线通信就会失败<sup>[4]</sup>,因此,一个 CAN 网络负荷

不宜过大,传输距离不宜过长。把一个较大的 CAN 网络按区域划分成几个较小的子网,用 CAN 网桥进行桥接,不仅可以减轻每个 CAN 子网络的负荷,而且可以扩展整个 CAN 网络的传输距离。虽然,CAN 网桥存储转发会产生一些延时,但却能避免一个子网发生的故障影响其他子网,提高了系统的可靠性。除此之外,CAN 网桥还允许桥两端子网的传输速率不同,通过 FIFO(先进先出)存储,保证较高速子网的数据能可靠地转发到较低速子网。

矿井变电所在地理上是纵向分布的,CAN 网络属于树型结构,只要将 CAN 网桥设计成两端口即可。CAN 网桥硬件系统使用 2 片独立 CAN 控制器 SJA1000、1 片 89C54RD + 单片机、1 片 EPM7128TC100 以及 1 片 32 K SRAM 存储器等芯片,软件系统用 C51 和 VHDL 语言设计。构造出的 CAN 总线通信网络具有较高的可靠性、较好的经济性和较强的实时性。

### 1 CAN 网桥拓扑结构

网桥是连接两个以上局域网的一种存储转发设备,工作于 ISO/OSI 参考模型的物理层和数据链路层。数据链路层可细分为逻辑链路控制子层(LLC, Logical Link Control)和介质访问控制子层(MAC, Medium Access Control)。局域网结构上差异体现在 MAC 层,故网桥主要完成 MAC 层的转换。CAN 总线层次结构分为物理层、数据链路层和应用层。CAN 网桥在 MAC 层完成 2 个以上 CAN 网络的互连。

根据互连方式的不同,网桥可分为透明网桥和源路由选择网桥。透明网桥不修改帧结构,完全按 MAC 帧格式转发,用户不可见,不需要用户提供任何信源到信宿的路由信息。源路由

选择网桥要求信源提供到达信宿的路由信息。显然,CAN网桥属于透明网桥,透明网桥的主要特点是自动滤波转发,不受桥两边子网拓扑结构变动的影 响。

矿井电力监控系统的监控主机作为根节点,通过CAN网桥将不同区域的变电所分站桥接起来,形成树型结构,如图1所示。CAN网桥的主要功能包括3个方面:过滤转发一个CAN报文;延展传输距离;缓冲转发不同速率子网的报文。

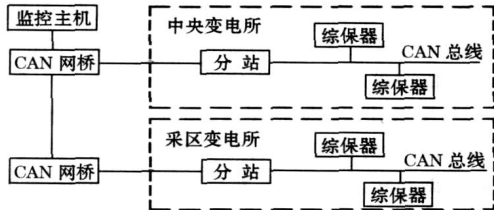


图1 矿井电力监控系统 CAN 树型网络

## 2 CAN网桥硬件系统设计

使用2片独立CAN控制器芯片SJA1000和2片CAN收发器PAC82C250作为CAN网桥核心,用89C54RC+/89C54RD+单片机控制SJA1000的MAC帧拆封和封装,用EPM7128TC100实现单片机的I/O接口和地址译码电路,并扩展一片32K的RAM作为转发数据缓冲器。由此,设计出的CAN网桥硬件系统框图如图2所示。

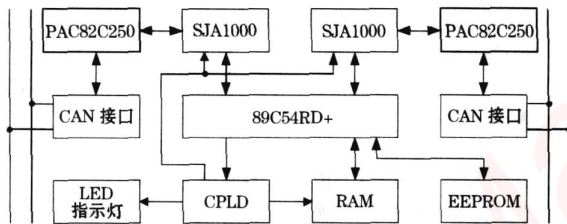


图2 CAN网桥硬件系统框图

SJA1000芯片支持CAN2.0A和CAN2.0B协议,有BasicCAN(标准帧)和PeliCAN(扩展帧)工作模式供用户选择,给用户制定应用层协议带来很大灵活性。

LED指示灯用于指示CAN网桥的正常收发状态和故障状态。EEPROM用于存放网桥验收代码、屏蔽代码以及波特率等设置参数。为了提高单片机控制实时性,将2个SJA1000的中断请求线分别接到单片机的INT0和INT1上,通过中断服务程序来处理CAN发送帧和接收帧。

SJA1000的TX0和RX0不直接与82C250的TXD和RXD相连,而是通过高速光耦6N137与PAC82C250相连,因此CAN网桥使用2路隔离电源,其中一路为CAN网桥的单片机、SJA1000、CPLD、RAM、EEPROM等主控模块供电,另一路单独为PAC82C250供电,从而实现了总线上各个子网间的电气隔离,提高了CAN总线的抗干扰性能。

## 3 CAN网桥软件系统设计

CAN网桥由单片机89C54RD+控制SJA1000的MAC数据帧发送和接收,用户应用程序是封装在MAC子层的,通过访问SJA1000的发送和接收缓冲器进行封装和拆封。用户的应用层协议是定义在SJA1000的MAC子层的仲裁域、控制域、数据域。

### 3.1 CAN应用层协议

当SJA1000被设置为PeliCAN模式时,标识码为29位,占据仲裁域,发送数据字节长度占据控制域,被发送的数据字节占据数据域,MAC子层的帧格式如图3所示。CAN总线废除了传统的站地址编码概念,用标识码来标识数据,而且使用位仲裁技术根据标识码的优先级(标识码的值越小,优先级就越高)对总线进行访问,使得在系统中增删节点时不会涉及到软件的修改,但在实际应用中,为了实现点对点及点对多点的数据传送,有必要在标识码中定义数据的源地址、目的地址以及帧序号<sup>[5]</sup>。系统对29位标识码重新定义,变成类似于异步通信协议的地址码和控制码,如表1所示。

帧起始 仲裁 控制域 数据域 CRC域 应答域 帧结束

图3 CAN总结MAC帧格式

表1 CAN扩展帧29位标识码重定义表

SJA1000 偏移地址	标识码字节	重定义	说明
+17	ID. 28 ~ ID. 21	ADR	综保器地址码
+18	ID. 20 ~ ID. 13	CID1	分站地址码
+19	ID. 12 ~ ID. 5	CID2	命令码/返回码
+20	ID. 4 ~ ID. 0XXX	CMD. INFO	命令码组合信息

下行命令基本上为远程扩展帧,需向SJA1000的仲裁域和控制域写5个字节。上行响应帧基本上为数据扩展帧,除写仲裁域和控制域外,还要写数据域。

### 3.2 CAN网桥滤波转发和广播通信

CAN网桥只滤波、接收需要转发到桥另一端子网的报文并转发。CAN总线的报文滤波由LLC控制子层承担。SJA1000内部设有4个验收码寄存器ACR0~ACR3和4个验收屏蔽寄存器AMR0~AMR3,其中ACR0~ACR3存放29位标识码,AMR0~AMR3与ACR0~ACR3呼应,用于决定是否屏蔽ACR0~ACR3与接收的29位标识码的比较。图4为SJA1000扩展帧单滤波方式的一个验收码寄存器和一个验收屏蔽寄存器的验收屏蔽逻辑原理图。当AMR0(对应ID.28~ID.21)的某位为'1'时,对应的标识码位直接接收,不论ACR0(对应ID.28~ID.21)中对应位与接收的ID.28~ID.21对应位比较是否相等;当AMR0的某位清'0'时,ACR0中对应位与接收的ID.28~ID.21对应位只有相等时该位才接收。AMR1~AMR3的原理相同。

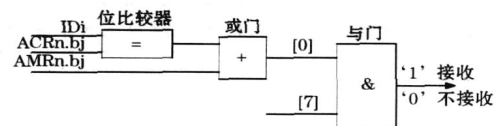


图4 单滤波方式验收屏蔽原理图

由图4可见,当某个验收屏蔽寄存器所有全部置1或部分置1时,对应段的标识码不比较、不验收,直接接收,这为CAN网桥滤波转发创造了非常有利的条件。

当监控主机向所有子网CAN节点广播通信时,只要约定CAN网桥上行端口包括子网所有CAN节点的某段标识码均屏蔽验收,则CAN网桥就能透明转发下行命令<sup>[6]</sup>。同理,各子网CAN节点向主机发送信息时,将主机的标识码设置为最小,同时,所有CAN网桥的下行端口也设置成主机的ID号,则CAN网桥能逐级滤波转发信息到主机。根据CAN总线协议,ID值

越小仲裁优先级越高,有利于综保器在故障跳闸保护时,抢先将故障信息尽快传送到主机。

### 3.3 CAN 网桥软件系统

CAN 网桥滤波接收一帧数据时,首先从 SJA1000 的 FIFO 接收缓冲器读取,相当于从 MAC 层中解析数据,然后再把该数据封装成转发的报文,装载到网桥的另一个 SJA1000 的发送缓冲器,完成透明转发。完整的转发流程如图 5 所示。

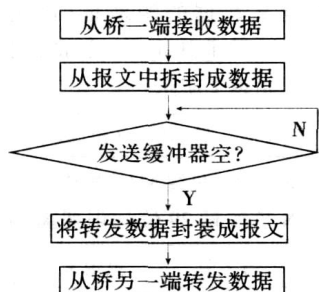


图 5 CAN 网桥转发流程图

CAN 网桥全部采用 Keil C51 编程<sup>[7]</sup>,缩短开发周期。单片机在中断服务程序中接收一帧数据,这很重要,因为 CAN 总线传输速率比较高,最高为 1 Mbit/s,最低一般取 5 kbit/s,只有中断接收才能保证不丢帧,图 6 为 CAN 网桥中断服务程序流程图。

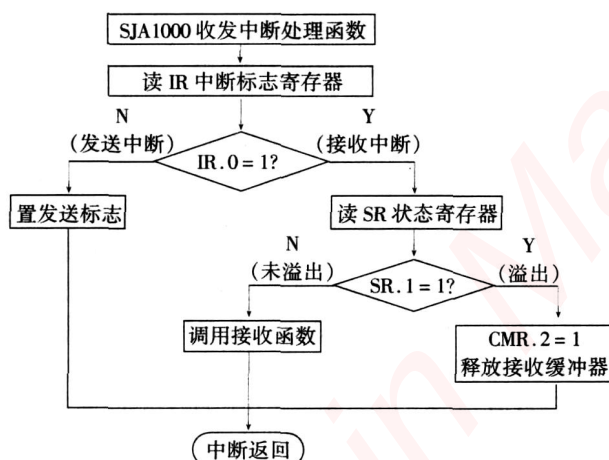


图 6 CAN 网桥中断服务程序流程图

CAN 总线是短帧发送,一次最多只能发送 8 个字节,若

(上接第 14 页)

### 5 结论

基于虚拟仪器和 ARM 的列车冲动检测仪具有操作简单、稳定性好、分析精度高等特点,极大地提高了自动化程度,实现了在线或离线数据分析,自动评分、打印报表等功能,克服了木棒测试法中木棒倾倒的干扰因素太多,不能准确检测列车冲动,不能量化列车冲动,延误测试时机的缺点,而且功能完备、价格低廉,十分适合现场测试,为列车冲动等级评价提供了一种科学有效的方法。

#### 参考文献:

[1] 田泽. 嵌入式系统开发与应用. 北京:北京航空航天大学出版社,

CAN 网桥要转发超过 8 个字节的消息时,只能分多帧转发,这时,将同一标识码下接收的报文顺序拆封缓存,然后再把该标识码和拆封的数据帧重新封装转发出去。当网桥两端的传输速率不相等时,从速率较高子网的接收的数据需要在 CAN 网桥中缓存,防止接收数据溢出,然后再转发到较慢的子网中。为此,在 CAN 网桥硬件系统中,设计一定长度的 FIFO RAM 环形队列,用于存储转发数据。设置 1 个头指针和 1 个尾指针,初始化均指向环形队列首地址,再设置一个长度计数器,初始化清 0。CAN 网桥从桥一端接收一帧数据后,长度计数器加接收字节数,接收字节依次存入尾指针指向的缓冲器,每存 1 个字节,尾指针加 1。当尾指针加到队列尾时,按队列长度取模,返回队列首。CAN 网桥转发时首先判断长度计数器是否大于零,若大于零,表示有数据要转发,则从当前头指针指向的缓冲器依次取出一帧数据,每取一个字节,头指针加 1,同时,长度计数器减 1。当头指针加到队列尾时,按队列长度取模,返回队列首。

### 4 结束语

将 CAN 网桥应用到基于 CAN 总线的矿用电力监控系统中,可以充分利用电话双绞线或信号电缆作为传输线,性价比高,同时,CAN 总线可靠性高,实时性好,满足电力监控系统要求(及时快速传输开关柜的故障跳闸信号)。运行表明:CAN 网桥转发功能正常,效果良好,可以应用到其他监控系统中。

#### 参考文献:

[1] 张小鸣. 新型矿用变电所远程监控系统设计. 工矿自动化, 2003 (6): 24 - 26.  
 [2] 李红月, 吴永祥. 变电所监控及其网络系统的设计. 工矿自动化, 2005 (3): 27 - 28.  
 [3] 王可宁, 辛维娟, 杨宇祥, 等. 电力远程监测系统中的 CAN 总线通信技术研究. 仪表技术与传感器, 2005 (6): 29 - 34.  
 [4] 饶运涛, 邹继军, 郑勇云. 现场总线 CAN 原理与应用技术. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003 (6): 19.  
 [5] 邹加勇, 荣命哲, 王小华, 等. 基于 CAN 总线的高压开关柜状态监测单元通讯模块的设计. 高压电器, 2004, 40 (3): 210 - 212.  
 [6] 孙立辉, 和志强. 基于 SJA1000 的 CAN 总线系统中广播和组播的实现. 仪表技术与传感器, 2003 (6): 28 - 30.  
 [7] 马忠梅, 刘滨, 戚军, 等. 单片机 C 语言 Windows 环境编程宝典. 北京:北京航空航天大学出版社, 2003 (6): 221 - 321.

作者简介:张小鸣(1958—) 硕士,教授,研究方向为嵌入式系统应用及电力监测系统. E-mail: xm0298@163.com

2005.  
 [2] 雷振山. LabVIEW7 Express 实用技术教程. 北京:中国铁道出版社, 2004.  
 [3] 莫易敏, 赵刚. 基于 USB 接口的智能列车冲动检测仪研制. 武汉理工大学学报, 2004 (11): 91 - 93.  
 [4] 纽瑞萍, 蔡伯根. 加速度计 ADXL105 的性能测试. 电子产品世界, 2002 (21): 40 - 43.  
 [5] 潘运平, 解金芳, 莫易敏, 等. 列车纵向冲动的判定和检测仪标准的探讨. 机车车辆工艺, 2005 (2): 15 - 17.  
 [6] CAIB G. Position Estimation via Fusion and Integration of GPS and Inertial Sensors. Report of CITR, the Ohio State University, 1999.

# 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 技术研究与发展](#)
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.