

嵌入式系统中热备份双机切换技术研究

Study on thermal back-up machine switching technology in embedded system

渭南师范学院 索红军
SUO HONGJUN

摘要 由于实时系统对可靠性的要求十分严格 在一些特殊行业中为了保证系统的可靠运行而对系统或系统某些部分采用热备份。文章简要介绍了在采用双机热备份实时控制系统中以数据选择芯片为主 为系统热备份的两套控制机器进行切换选择的切换电路设计方案。

关键词 实时控制 双机 热备份 切换 方案

中图分类号 :TP273.5 文献标识码 :A

Abstract: Since a real-time system is strict with reliability, thermal back-up is adopted to ensure a system run reliably by the system or some parts of the system in some special business. The scheme of circuit switching of two control machines in real-time control system that adopted dual machine thermal back-up and give priority to data choice chip are introduced simply.

Key words: real-time control, double-unit, thermal back-up, switch, scheme

概述

随着计算机及互联网应用的迅速发展 嵌入式系统的应用日益广泛 无处不在 从航天事业的卫星发射到家用电器等处处都涉及到嵌入式系统。在嵌入式系统中 由于对系统响应时间的要求不同而又可分为非实时性嵌入式系统和实时性嵌入式系统。非实时性嵌入式系统对系统的响应时间要求不高 有的甚至对响应时间没有要求 因此在系统发生故障时一般都有足够的时间进行故障恢复。而实时性嵌入式系统对响应时间的要求非常高 当系统发生故障时要从故障的系统中恢复是没有时间的 必将导致控制系统失效 产生严重的后果。特别是所谓的安全关键系统 SCS(Safety Critical System)这类系统失效 将带来灾难性的后果。这就要求实时性嵌入式系统必须具有高可靠性 对系统可靠性的要求十分严格。但是在这类系统中 由于各个部分的设计和理性、硬件可靠性等原因 又不可能保证系统的绝对稳定可靠 不出现任何问题。比如在航天测量控制这类实时系统中 一旦控制系统出现问题将导致整个试验任务的失败 造成无可挽回的严重后果。因此在这样的系统中 除了采用合理优化的设计、性能可靠的器件之外 进行控制系统的备份是通常选用的方案之一。而系统的冷备份又存在切换时间太长、延误任务时机等问题 不符合控制实时性要求。因此在这样的实时系统中 备份必须采用热备份。在热备份实时双机控制系统中 一套控制系统出现问题而向另一套控制系统切换的切换电路将成为整个控制系统的重要组成部分 必须设计一套行之有效的双机切换技术方案来保证整个控制系统的可靠、稳定运行。

该双机切换电路在不影响原控制系统的正常运行下 应该能够完成 :

1) 一套控制系统出现故障时 可以切换到另一套控制系统上 ;

2) 切换的方式可以自动、也可以手动强制切换 ;

3) 相关的显示信息、报警信号等。

在整个控制系统中 该切换电路将成为系统的一个关键部件 是系统各种信息的必经之路 必须保证自身的安全、稳定、可靠 否则该切换电路出现故障 会切断系统各种信息的传输 同样也将会导致灾难性后果。

双机切换方案设计

2.1 方案设计思想

在实时控制系统中 为了保证系统的可靠运行 可以采用两套完全相同的控制系统 两套系统同时运行 但只有一套系统真正参与控制 而另一套系统同步运行 作为热备份 随时准备替代出现故障的另一套控制系统。这就要求设计一套为热备份双机进行切换的电路来实施两套系统的切换。由于控制系统要向受控系统发送控制数据 同时还要接受来自受控系统的反馈数据 又要保证两套控制系统切换时间尽可能短 我们分析 用最简单的电路将受控系统发送来的数据一分为二 分别同步发送给两套控制系统完成控制系统接收受控系统发送来的反馈数据信息。同时选择两套控制系统之一 将其控制数据发送给受控系统 完成对受控系统的控制。鉴于此 我们设计了一套控制系统选择切换技术方案。在该方案中 设计一个切换电路系统 该切换电路连接在控制系统和受控设备之间 如图 所示。



图 1 双机切换电路连接图

切换电路将受控系统发送来的数据直接分为两路 同时向两套控制系统发送 两套控制系统各自都将控制数据信息发向切换电路 切换电路利用数据选择芯片加上一些辅助电路选择其中的一路控制数据转发至受控设备。另外给控制系统设计故

故障输出信号 由故障输出信号控制切换电路选择控制系统 或控制系统。2同时给切换电路设计选择控制系统 或控制系统按钮进行人工切换选择 即控制系统选择的切换方式可以是自动切换方式 也可以是手动强制切换方式。

2.2 方案具体设计

根据方案的设计思想 我们设计了一套切换电路系统 如图 所示。首先 将受控设备发送来的数据信号一分为二 直接同步转发给两套控制系统。其次设计控制数据选择部分。电路的设计主要在控制数据选择部分。给两套控制系统分别设计故障输出端 若控制系统工作正常 故障输出端低电平 否则 当控制系统出现故障时 故障输出端高电平。这里以 74157 TTL 四相输出四选数据选择器 数据选择芯片为例设计。将两套控制系统发送的数据信号 对于受控设备是控制信号 发送给数据选择器 控制系统的故障输出信号反相后与控制系统 的故障输出信号相与 将结果连接至数据选择器信号输入选择端 即 74157 TTL 芯片的 select 端 (图中位置 为低电平 选择控制系统 2 为高电平 选择控制系统 1。1 正常工作时 74157 TTL 芯片 strobe 端一直处于低电平 图中未画。) 的自动手动切换开关 当 置于手动状态时 即图中位置 通过触发器改变数据选择芯片信号输入选择端 的电平而选择不同的控制系统数据信号。显示部分显示自动手动状态、目前使用哪套控制系统等信息 可用发光管等实现。告警部分通过检测两套控制系统故障输出端的电平而判断控制系统的故障情况 当发生故障时要及时告知操作员 可用蜂鸣器、闪光器件等完成控制系统 故障的告警、控制系统 故障的告警及两套系统都故障的告警。不同故障可用不同告警信号 比如蜂鸣器的频率差异 或者加上语音芯片等。当两套系统都故障时还可以将 74157 TTL 芯片 strobe 端置高电平而使 74157 TTL 芯片数据输出一直低电平 (图中未画) 此时切断了两套控制系统的错误控制数据 可以为受控设备增加相应判断处理 当受控设备长时间接收到低电平时可以认为两套控制系统都发生了故障 应自身进行相应处理。数据转发芯片 74157 TTL 的输出数据发送至受控设备 当驱动能力不足时还可以再增加信号放大器对数据选择芯片输出的控制数据进行放大处理。

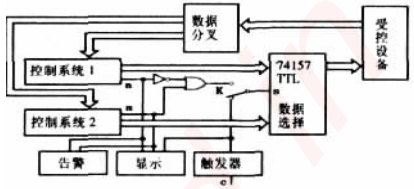


图 2 双机切换电路原理图

- 图 说明 :数据信息流
- 控制信息流
- 故障输出信号
- 手动触发按钮
- 信号输入选择
- 自动手动切换开关

2.3 特殊问题考虑

当两套控制系统都工作正常时 数据选择芯片 74157 TTL 的 端被置为低电平 选择控制系统 2 (切换选择电路认为控制系统 故障。)当有一套控制系统出现故障时 选择切换电路可选择不同控制系统。但是当两套控制系统同时出现故障时 此

时说明主、备控制系统都无法正常工作 数据选择芯片 74157 TTL 的 端也被置为低电平 切换电路会误认为控制系统 出现故障而选择控制系统 显然不正确。该方案没有恢复控制系统故障的能力 只能通过人工方法解决故障。因此 当出现这种故障现象时 切换电路系统应当及时通过蜂鸣器、指示灯等向监控人员发出不同于一套控制系统故障时的特殊告警信号 以提示监控人员尽快进行人工故障处理。

在不同的实时系统中 由于控制系统发送和接收的数据信号频率、幅度等的差异 设计切换电路时芯片的选择、是否需要电平转换器件、信号放大器件等都应该根据具体的控制系统而考虑。

由于在控制系统和受控设备之间增加了切换电路 需要考虑切换时间问题以及由于切换瞬间的脉冲等而可能使数据产生畸变或给其它设备所带来负面影响 并根据具体控制系统考虑是否需要采取有效地措施来消除这些负面影响。

该切换电路系统中 由于受控设备发送的反馈数据和控制系统发送的控制数据都要经过该切换电路 该切换电路自然成为整个控制系统的关键部件 因此切换电路的设计必须考虑自身的稳定、可靠 要保证切换电路自身不能出现问题 当其出现问题时 可以考虑通过继电器等部件抛开切换电路而直接选择一路控制系统 同时告警。另外还应考虑切换电路的数据转发率 不能使该切换电路成为整个控制系统的瓶颈。

根据该切换电路的设计思想 也可以设计三路甚至四路等多路数据选择而开发设计多路控制系统。

3 方案使用情况

在航天测控系统中 作者曾使用了该技术方案进行了两台热备份计算机的数据处理与转发切换。在航天测控基层测控站 由一台计算机接收、处理测控设备雷达发送来的外测数据和 YQ-3 储备发送来的火箭遥测数据 数据进行处理后要转发至上级控制中心。同时该计算机还要接收中心的引导数据并向这两套测控设备发送引导数据。由于该计算机是基层测控站和上级中心的信息交换枢纽 为了确保数据处理与转发不出现任何问题 采用了两台计算机互为热备份 实战任务中采用了三台计算机 还有一台计算机待命 进行冷备份 只能通过手工插、拔通信电缆插头切换 任务中并未使用到 应用该方案为这两台计算机设计开发了一套切换电路。由于每次实战任务时间较短 且必须人工监视 切换电路的切换方式采用人工切换方式。任务中该切换电路工作非常好 数据能够无丢失、准确无误地转发 而且切换电路简单 数据延时小 可以忽略 制作简单、费用低廉 故障率极低 为我国的航天测控事业做出了贡献 得到了上级的肯定 充分验证了该方案的可行性 并为该方案的改进提供了实践借鉴和依据。

4 结论

随着实时系统越来越多的应用 可靠性已经成为衡量系统优劣的重要因素之一。在一些特殊的行业中 为了确保系统工作的可靠性 很多实时控制系统中都采用双机热备份以确保系统的可靠性 对互为备份的两套控制系统切换选择的方案有不少 这里介绍的方案由于电路非常简单 而且不需要设计软件 成本低廉 制作方便 故障率极低 使用时操作也极为简单 是实时控制系统热备份双机切换技术方案中的可选方案之一。

```
byte [] b = new byte [ a . L e n g ( t h e n e w a r r a y < b y t e > ( a ) {
for : i n t i = 0 ; i < a . L e n g ( t h e n e w a r r a y < b y t e > ( a )
b [ i / 2 ] = C o n v e r t . T o B y t e ( ( i % 2 == 0 ? a [ i / 2 ] : a [ i / 2 + 1 ] )
i f : ! C h e c k C R C : b ) ) / / ( 1 < i < a . L e n g ( t h e n e w a r r a y < b y t e > ( a )
return ;
for : i n t i = 5 ; i < b . L e n g ( t h e n e w a r r a y < b y t e > ( b ) {
{
i f : ( i - 1 ) % 4 == 0 )
{
float t = BitToFloat ( a [ i - 1 ] , a [ i ] ) ;
SaveData ( i , t ) ;
}
}
}
```

点数

存数据

结束语

经过实验证明 基于本文方案可以快速有效的部署一个数据采集系统 ,比传统的串口数据采集方法有很多优越性 ,扩展维护方便 由于上位机基于动态网页技术 只需编写数据处理和保存程序 使得系统的开发工作主要放在下位机和仪表的通信上 需要说明的是 该方案中使用 Z N E评估板和下位机通过 4 串行总线相连 下位机向网络模块发送的有效数据需要加入 C 校验防止在 4 总线数据出现错误引起 W 服务器采集到错误数据 另外一个解决方案是把 Z N E模块集成在下位机 这样可以取消校验 不过前者有个优点就是如果下位机距离交换机很远 可以近距离用网线把交换机和网络模块连接 用 4 线把网络模块和下位机连接 实现了长距离数据传输 由此可看出 利用嵌入式网络模块实现基于 H 协议的数据采集系统确是一个非常灵活的方案 .

本文作者创新点 提出了一种在单片机系统中利用嵌入式网络模块实现简化的 H 协议的方法 通过 H 协议和 P W 服务器交互信息 基于此方法提出一种灵活的、扩展性好、便于维护的数据采集方案.通过查阅资料 尚没有发现与此类类似的解决方案 关键是没有在单片机中的此类实现方法.

参考文献

杨健 基于嵌入式系统的数据采集系统网络接入的设计与实现 [仪器仪表学报 , 增刊 : 2 9 0 - 2 9 2 .
游雪峰 以太网分布式数据采集同步和实时传输研究 [仪器仪表学报 , 2 7 : 4) : 3 8 4 - 3 8 7 .
张曦焯 基于嵌入式 W 的远程仪表接口 微计算机信息 , 2 0 0 6 : 0 1 S) : 1 4 7 - 1 4 9 .
[4] I n t e r n e t R F C / S T D / F Y I / B C P A r c h i v e s . R F C 2 6 1 6 - - H T T P / 1 . 1 [E B / O L] . <http://rfc2616.html> .
[5] H a r 大学教程M [电子工业出版社 , 1 2 . 0 0 # 4 . 1 .
作者简介 刘猛 (1 男 山东兖州人 山东大学威海分校助教 硕士 主要研究方向为计算机网络、网络信息安全、数据库应用. 刘冰 (1 男 助理实验师) 主要研究方向为网络与数据库 刘杰 (1 男 山东高密人) 助理实验师 主要研究方向为网络信息安全、数据库应用 翟征德 (1 男 山东淄博人) 博士研究生 主要研究方向为信息与系统安全 .

上接第 3 页)

本文作者创新点 在众多自动控制技术中 提出一种为互为热备份的两台控制设备进行控制选择切换的技术方案.该方案关键部件只用一个 7 4 1 芯片 或相同功能芯片 和几个门电路 不用编写软件控制程序 仅制作一个电路板即可完成两台控制设备的切换 切换方式可以选择自动也可以选择手动 具体实现非常容易 费用低廉 故障率低.

参考文献

李勇 董永忠 陈海勇 一种嵌入式系统通信中间件的设计 [J] 微计算机信息 , 2 0 0 6 . 1 , 2 : 4 8 - 5 0
张军 彭宣戈 嵌入式系统硬件抗干扰技术 微计算机信息 , 2 0 0 6 . 5 , 2 : 1 6 - 1 7
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 , 2 0 0 5 , 1
作者简介 索红军 (4 — 9 男 陕西白水人 渭南师范学院讲师 , 现西安电子科技大学研究生. 主要研究方向 嵌入式技术。
B i o g r a p h y : g - j u n , (1 9 7 1 e r o f W e i n a n T e a c h e r s U i a n U n i v e r s i t y . R e s e a r c (7 陕西渭南 渭南师范学院计算机科学系 索红军 (D e p a r t m e n t o f C o m p u t s i t y , 7 1 4 0 0 0 W e i n a n C h 通讯地址 : (7 陕西渭南 渭南师范学院计算机科学系) 索红军

收稿日期 : 2 0 修稿日期 0 : 1 2 . 0 1 0 3 8) .

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. [基于磁盘异或引擎的 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](#)

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](#)

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 定制嵌入式 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 IO 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 COMExpress 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 CPUGPU 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](#)

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](#)

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.