

# MVB类设备控制器的 FPG设计

张大波 李红 邱志坚

大连理工大学 电子与信息工程学院 辽宁 大连 116023)

摘要 以 Xilinx公司的 IS为开发平台 采用 Xilinx Spartan2e XC2S200- 5PQ208芯片 实现了 MVB类设备控制器的功能 并搭建了测试模型 在 Modelsim仿真了其收发帧及报文分析等功能 , 得到了符合 IEC61376协议的帧波形。

关键词 : MV控制器专用芯片 FPGA MVB类设备控制器

MVB多功能车辆总线 控制器是 MVB的核心处理器 它独立于物理层和功能设备 为在总线上的各个设备提供通讯接口和通讯服务。在 MVB协议结构层次中 , MV控制器完成链路层的功能 依靠物理层发送和接收具有电气特征的电信号 同时为网络层提供过程数据 (包括监视数据 )、消息数据的变量接口。该接口采用 TM帧享通讯存储器 实现 即应用层的 CP和链路层的 MV控制器一致地访问 TM即对端口中所有数据的读和写在一次不可分割的操作中完成 [1-2]

目前国外厂商垄断着对 MV控制器芯片的制造 , 致使在国内购买 MV控制器芯片价格昂贵。用 FPGA替代 MV控制器专用芯片 ,是一个很好的解决方案。

FPGA作为一种可编程逻辑器件 ,可以完成数字集成电路的大多数功能 ,由于其内部有丰富的可编程资源 使模块的修改、验证、功能扩展都十分方便。应用 FPGA还可以在内部实现与应用处理器的接口转换 简化外围电路 [3] 另外 ,FPGA低廉的价格也是其替代专用集成电路的一大优势。

在 MVB中大量应用具有过程数据传输和设备状态数据传输能力的 类设备。类设备逻辑不支持 CP或微处理器的操作。它主要作为传感器执行单元 只进行数据的采集和传输 不进行处理 因此可以单独用 FPGA和简单外围电子电路实现网络传输和控制功能 不需要 CPU [4] 在设计好 MVB类设备控制器的基础上 可根据需要采用模块复用技术把 MVB1类设备控制器扩展为 MVB2、3或 类设备控制器 [5]

总体结构

设计中采用自顶向下的方法。自顶向下的设计是从系统级开始 把系统划分为若干个基本单元 然后再把每个单元划分为下一层次的基本单元 ,

直到可以直接用 ED元件库中的基本元件实现为止。

MVB类设备控制器的顶层结构主要包括发送模块、接收模块和 MVB类模式控制模块 [7-8] 如图 所示。当 MVB类设备被 1位主帧轮询时 ,类设备控制器先判断该主帧的 第 1至 1位 是否与设备所配置的设备地址相同 如果相同则表明该设备被寻址 需响应从帧或接收其他从设备响应的从帧。

## 1. 发送模块

发送模块实现的功能是把 MVB类设备控制器从 TM中提取的数据进行并串转换 ,加上帧头、起始位和 CR校验后再经过曼彻斯特编码发送到 MVB。

## 1. 接收模块

接收模块的功能主要有两部分 :译码 ,即对 MVB1类设备控制器从 MVB检测到的曼彻斯特码进行解码 串并转换后存储在缓冲区中 线路检测 主要检测线路上的各种错误 (包括 CR校验、帧长检测、曼彻斯特码违规等 )并向 MVB类模式控制模块提交错误报告。

## 1.3 MVB类设备控制模块

MVB类设备控制模块包括报文超时单元、报文错误处理单元、主帧寄存器单元、TM控制单元和主控单元 如图 所示。

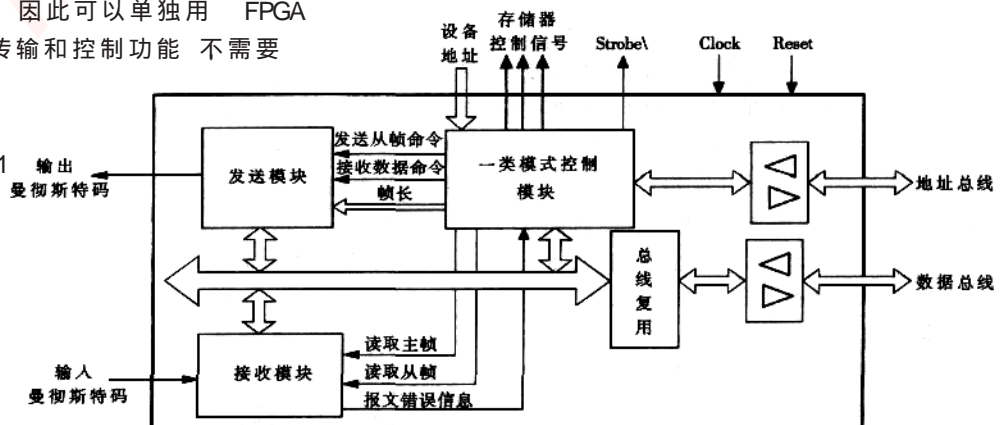


图 1 MVB1 类设备控制器结构

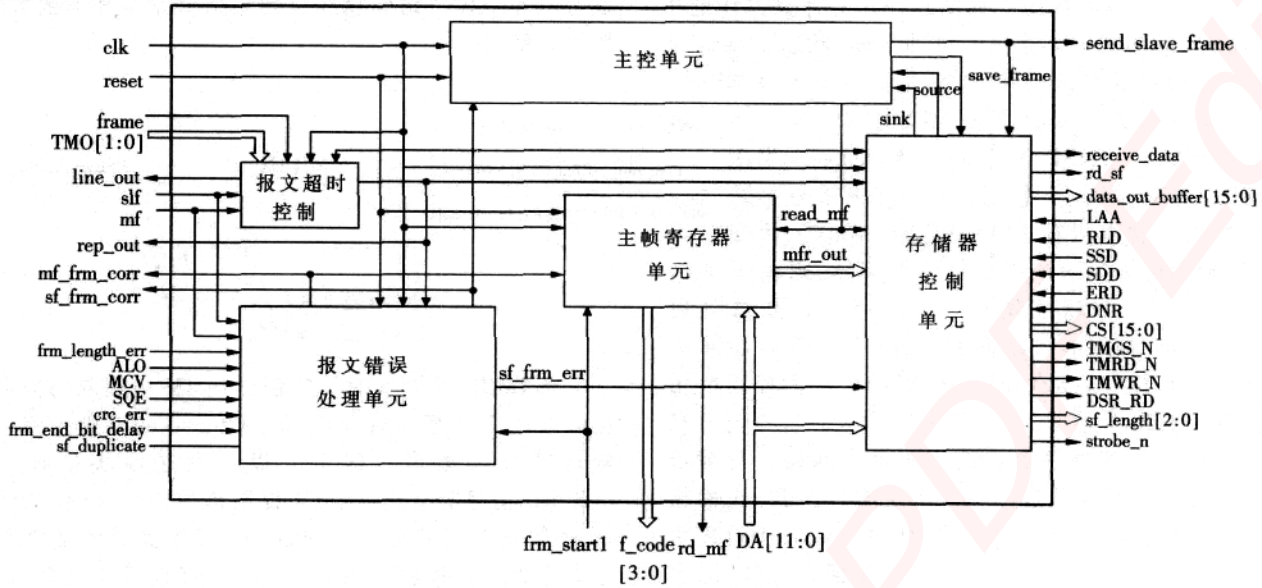


图2 MVB1类模式控制模块内部结构图

### 1.3. 报文超时单元

在主帧结束后的一定时间 接收模块没有报告收到正确的从帧 本单元产生应答超时信号 接收模块没有报告接收到正确的主帧 本单元产生线路超时信号。

### 1.3. 报文错误控制单元

接收模块报告收到正确主帧时 请求主帧寄存器单元向接收模块发读主帧命令 对错误主帧不处理。收到正确的从帧时 请求主控单元发存储从帧命令 对错误从帧不处理。无应答超时下收到多个主帧 只应用最后一个。两个主帧间有多个从帧 只对第一个从帧处理。

### 1.3. 主帧寄存器单元

当报文分析单元收到正确的主帧后产生读取主帧 rd\_n信号 通知接收模块把缓冲区的主帧数据送入数据总线供本单元读入到 MFR(主帧寄存器)中 比较 MFR与设备地址 如果相同则产生设备寻址信号 device\_sel送往主控单元 表示选中该设备以期进行下一步操作。

### 1.3.4 TM访问控制单元

TM访问控制单元的功能包括：产生对 TM的读写控制和片选信号 判断 f\_code(帧高四位)如果在 0-4之间 表明该主帧是过程数据请求 如果为 15表明该主帧是设备状态请求。当主帧是过程数据请求时 如果主帧的低四位在 0-7之间,表明主帧访问的是源端口(产生 source信号) 控制器从 TM中提取从帧经发送模块发送出去 如果是在 8-15之间 表明主帧访问的是宿端口(产生 sink信号) 控制器等待接收其他从设备发送的从帧数据。对端口 1的写操作将触发同步信号 strobe有效。当主帧是设备状态请求时 由本单元内部产生设备状态报文响应从帧数据 经发送模块发送。状态机如图 所示。

状态机在 IDL状态且 read\_n信号有效时 跳转到

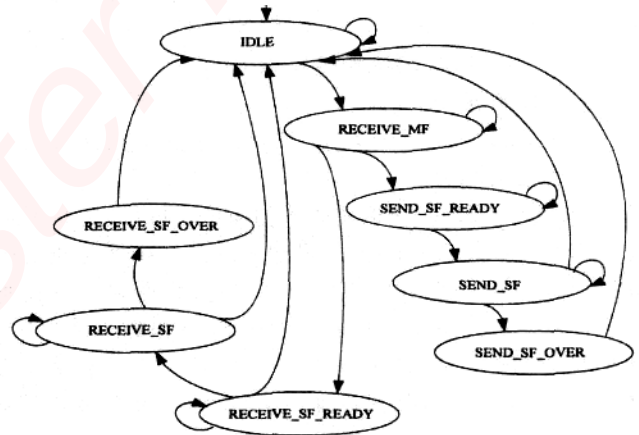


图3 收发帧控制状态机

RECEIVE\_MF状态。此时若收到 source信号 则跳转到 SEND\_SF\_READY状态 准备发送从帧 如果收到 sink信号 则跳转到 RECEIVE\_SF\_READY状态 准备接收从帧。状态机在 SEND\_SF\_READY状态 收到 send\_slave\_frame信号 跳转到 SEND\_SF发送从帧。此时 TM访问控制单元实现两种功能：f\_code为 0时对外部 TM发出读请求；f\_code为 1时产生 DSR\_R响应设备状态请求。对 TM的读请求包括 TMCS\_N, TMRD\_N,如图 所示当 f\_code为 0-7之间时, TM有效,表示对外部 TM中进行读写操作。本单元定义了计数器 count用来产生读请求 TMRD\_N,如图 中当 f\_code为 001时 要从 TM读取 4个 word的从帧 计数器从此状态初计数 计到 1、3、5时 TMRD\_N为低电平。外部 TM每得到一个 TMRD\_N



图4 TM控制单元对TM读(写)访问请求(f\_code=0010)

信号 提取一个字的数据到数据总线。当计数器计到 7 阻态。各个模块访问总线机制采用多路选择器的方式，时 已经从 TMRD 提取了正确长度的从帧 状态机跳转到 如图 所示。

SEND\_SF\_OVE状态 表示读从帧结束。 f\_cod为 1时，count计数到 产生低脉冲信号 DSR\_RD,同时产生设备状态响应。 TMRD 有效时 本单元将向发送模块发送 receive\_data信号 通知它准备接收数据总线上的数据。状态机在 RECEIVE\_SF\_READ状态时 如果收到应答超时或者从帧错误信号 则跳回到 IDLE状态，准备重新接收下一主帧请求；如果收到 save\_slave\_frame信号 则跳转到 RECEIVE\_SF状态准备接收从帧。状态机在 RECEIVE\_SF时，TM访问控制单元向外部 TM发出写请求。写请求信号包括 TMCS和 TMWR 信号，其时序图如图 所示。同样，写请求 TMWR 的产生与读请求类似。当向 TM写入正确长度的从帧数据时，状态机跳转到 RECEIVE\_SF\_OVE状态 表示写从帧操作结束。当 TMWR 信号有效时 本单元向解码模块发送 rd 信号，表示要从该模块提取从帧到数据总线上。在 SEND\_SF\_OVE或 RECEIVE\_SF\_OVE状态将直接跳回 IDLE

### 1.3.5 主控单元

产生 read\_n信号 作为 TM访问控制单元读取主帧寄存器的使能信号。

如果收到 TM控制单元送来的 source信号 则在本单元内产生 send\_slave\_frame信号送往 TM控制单元和发送模块，通知 TM控制单元从 TM提取数据到数据总线上，再由发送模块提取数据到发送 FIFO以发送；如果收到 TM控制单元送来的 sink信号 并且报文错误 处理单元报告收到正确的从帧 在本单元内部将产生 save\_slave\_frame信号送往 TM控制单元 通知 TM控制单元准备接收从帧并存储到 TM中。主控单元各个信号的产生时序图如图 所示。

### 1. 总线复用器

为了节省资源 在 MVB类设备控制器顶层模块定义了总线复用器 用来实现各个模块的总线共享。为了避免总线冲突 同一时刻只能有一个模块向总线发送数据以供其他模块接收 总线在空闲时呈高

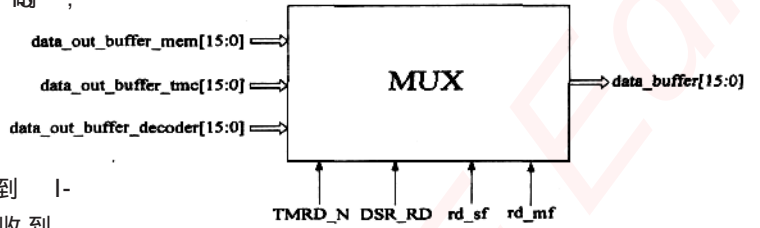


图 6 总线共享机制

当 TMRD 有效时 控制器从 TM提取的数据经存储器输出数据总线 data\_out\_buffer\_mem被输入到控制器内部公共数据总线上，以供发送模块接收。当 DSR\_RD信号有效时 由 TM控制模块产生 1位 从帧数据 经数据总线 data\_out\_buffer\_tm发送到公共数据总线上 以供发送模块接收。当 rd或 rd\_n信号有效时 接收模块 FIFO中的数据经数据总线 data\_out\_buffer\_decoder被送至公共数据总线上 以供 TM或 TM控制模块接收。

### 测试

MVB类设备控制器的测试模型如图 所示。测试 MVB类设备控制器的功能包括 测试是否能收到正确的主帧 收到正确主帧后 如果主帧是过程数据请求 并且访问的是源端口 能否从 TM提取数据发送到 MVB；如果访问的是宿端口 能否正确接收其他从设备发送到 MVB的从帧 再发送到 MVB总线上。为了进行有效测

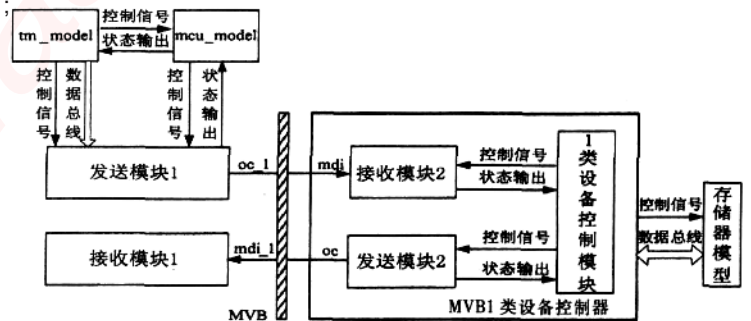


图 7 MVB1 类设备控制器测试模型

试 如图 所示定义了可以调用发送主从帧命令的测试模型 mcu\_model 提供发送主从帧数据的模型 tm\_model 为 MVB类设备外部 TM模型。

图 8 部分仿真波形。发送模块 发送主帧 Oc50由图 可知，MVB类设备控制器检测到发送模块 发送的主帧后 通过总线 data\_out\_buffer\_mem从外

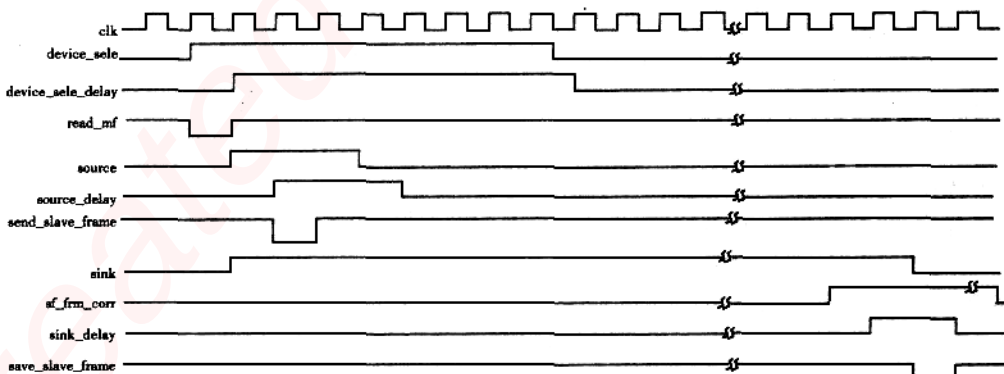


图 5 主控单元各个信号产生时序图

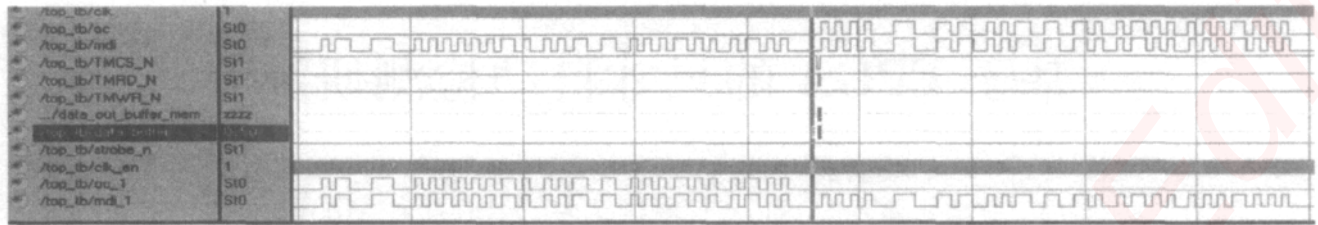


图 8 访问 MVB1 类设备源端口

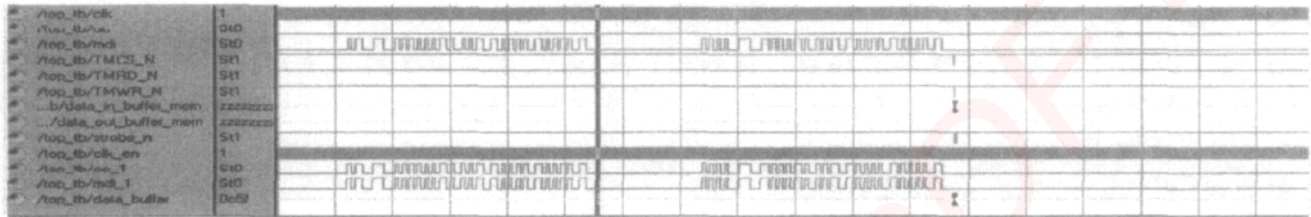


图 9 访问 MVB1 类设备宿端口及 MVB1 类设备控制器同步机制

部 TTP 提取一个字长的数据到数据总线上经发送模块 2 发送。由仿真图可以看出 TMCS 及 TMRD 有效。

发送模块 发送主帧 0c 后再发送 1 位从帧数据。由图 可知控制器检测到发送模块 发送的主帧后 又收到 1 位的从帧数据 并通过总线 data\_in\_buffer\_mem 数据送到 TTP。由于是对端口 1 的操作 由图中可以看出 TMCS\_N TMWR 及同步信号 strobe 有效。

本文在研究 MV 的基础上用 FPGA 实现了 MVB 类设备控制器的设计 具体描述了 类设备控制器各个模块的功能及设计方法。经过仿真验证 该 类设备控制器能够成功收发帧数据 对报文进行分析 并且由于该 类设备控制器采用了自顶向下的设计原则 设计的各个子模块功能相互独立 因此易于扩展。当设计 MVB2、3 或 类设备控制器时 可以在本设计的基础上采用模块 发送模块、接收模块 复用的方法 从而有效地节省资源。经过实践证明使用该设计比购买专用处理芯片 MV 控制器大大节省了成本。

#### 参考文献

[1] ADTRANZ. Multifunction vehicle bus controller data sheet (Revision)[Z]. Switzerland: Adtranz.1997.

[2] IEC61357- 1 Part 1. Train communication network[S],1999.  
 [3]蔡颖 .MV 网络接口单元的 SO 解决方案 沿海企业与科技 , 2005, (4): 139- 140.  
 [4] JIMENEZ J, JOSE M. Comparison of two designs for the multifunction vehicle bus IEEE transactions on computer-aided design of integrated circuits and systems : accepted for future publication. Volume PP, Issue 99, 2005:1- 1.  
 [5]王锋 基于 FPGA 的 MVB 类设备网卡的设计 [J]机车电传动 , 2004, (6): 21- 23.  
 [6] BONSEN, G A. The multifunction vehicle bus (MVB) factory communication systems. 1995.WFCS 95, Proceedings., 1995 IEEE International Workshop on 4- 6 Oct. 1995 Page(s):27- 34.  
 [7] JIMENEZ J, MARTIN J L, CUADRADO C et al. A top-down design for the train communication network industrial technology.2003 IEEE International Conference on Volume 2,10- 12 Dec. 2003 Page(s):1000- 1005.  
 [8] International electrotechnical commission, IEC 61375- 3, Clause 3: Multifunction Vehicle Bus, 1999.

收稿日期 : 2006- 09- 28)

上接第 8 页 )

RS- 485 线而言 网络节点数、传输距离、波特率都会影响网络的误码率 实际应用中波特率的选择还要在吞吐量与误码率中做出权衡。

本文通过 Modbus 通讯实验对其性能进行测试并将测试结果运用于仿真分析 指出了网络时延对系统稳定性造成的影响 给出了一种解决方法。根据本文给出的时间常数 可以看出 Modbus 其适用于温度、压力、流量等时间常数较大的缓变过程控制行业 ,如发酵控制、水处理等。

#### 参考文献

[1] CHARLES L, PHILLIPS, HENTRY T, Nagle: Digital

control system analysis and design. 2<sup>nd</sup> ed,Printice- Hall, Inc., 1990, chapter 3,4,5.

[2] GHAFFAR H F, MAGIED M F, FIKRI M et al. Performance analysis of fieldbus in process control systems. Proceedings of the American Control Conference Denver, Colorado June 4- 6,2003.  
 [3] Modicon modbus protocol reference guide. Industrial automation systems. Modicon,Inc., June 1996.  
 [4]尉亚斌 采用串口通信技术实现 Modbus 数据通信 [J]. 自动化仪表 , 2004, (10).

# 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](#)
81. [基于 SJA1000 的 CAN 网桥设计](#)
82. [基于 CAN 总线分布式温室监控系统的设计与实现](#)
83. [基于 DSP 的 CANopen 通讯协议的实现](#)
84. [基于 PCI9656 控制芯片的高速网卡 DMA 设计](#)
85. [基于以太网及串口的数据采集模块设计](#)

## 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](#)
54. [VxWorks 环境下内存文件系统的应用](#)
55. [VxWorks 下的多重定时器设计](#)
56. [Freescale 的 MPC8641D 的 VxWorks BSP](#)
57. [VxWorks 实验五\[时间片轮转调度\]](#)
58. [解决 VmWare 下下载大型工程.out 出现 WTX Error 0x100de 的问题](#)
59. [基于 VxWorks 系统的 MiniGUI 图形界面开发](#)
60. [VxWorks BSP 开发中的 PCI 配置方法](#)
61. [VxWorks 在 S3C2410 上的 BSP 设计](#)
62. [VxWorks 操作系统中 PCI 总线驱动程序的设计与实现](#)
63. [VxWorks 概述](#)
64. [基于 AT91RM9200 的 VxWorks END 网络驱动开发](#)
65. [基于 EBD9200 的 VxWorks BSP 设计和实现](#)
66. [基于 VxWorks 的 BSP 技术分析](#)
67. [ARM LPC2210 的 VxWorks BSP 源码](#)
68. [基于 LPC2210 的 VxWorks BSP 移植](#)



## 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](#)
52. [Linux 基于 W83697 和 W83977 的 UART 串口驱动开发文档](#)
53. [基于 AT91RM9200 的嵌入式 Linux 系统的移植与实现](#)

## 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](#)
29. [Windows CENET 下 ADC 驱动开发设计](#)
30. [Windows CE 下 USB 设备流驱动开发与设计](#)
31. [Windows 驱动程序设计](#)
32. [基于 Windows CE 的 GPS 应用](#)
33. [基于 Windows CE 下大像素图像分块显示算法的研究](#)
34. [基于 Windows CE 的数控软件开发与实现](#)

## 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](#)
31. [基于 MPC850 的多功能通信管理器](#)

## 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](#)
36. [UBoot 在 AT91RM9200 上的移植简析](#)
37. [基于工控级 AT91RM9200 开发板的 UBoot 移植分析](#)

## 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. [应用分布式算法在 FPGA 平台实现 FIR 低通滤波器](#)
10. [流水线技术在用 FPGA 实现高速 DSP 运算中的应用](#)
11. [基于 FPGA 的 CAN 总线通信节点设计](#)
12. [基于 FPGA 的高速时钟数据恢复电路的实现](#)
13. [基于 FPGA 的高阶高速 FIR 滤波器设计与实现](#)
14. [基于 FPGA 高效实现 FIR 滤波器的研究](#)
- 15.