

基于 FPGA 的 SOPC 设计

王培元

(襄樊学院 物理与电子工程学院, 湖北 襄樊 441053)

摘要: 本 SOPC 系统在 Altera 公司 Cyclone 系列芯片 EP1C6Q240 中移植 Nios II 嵌入式处理器, 作为核心控制电路; 利用 FPGA 丰富的可编程逻辑资源和 IP 软核构成嵌入式处理器的接口模块, 实现对 SDRAM 存储器、FLASH 存储器、LCD 液晶显示器、独立键盘、LED 等硬件的控制; 软件设计采用开源的 uC/OS-II 嵌入式实时操作系统, 完成一个嵌入式系统硬件设计. 经调试运行, 在该系统上成功进行了推箱子游戏, 验证了基于 FPGA 硬件设计的可行性, 实现嵌入式实时多任务软件的开发.

关键字: FPGA; SOPC; Nios II; uC/OS-II

中图分类号: TN47

文献标志码: A

文章编号: 1009-2854(2010)08-0042-03

SOPC(System-on-a-Programmable-Chip), 全称是可编程片上系统. 首先它是片上系统(SOC), 即由单个芯片完成整个系统的主要逻辑功能; 其次, 它是可编程系统, 具有灵活的设计方式, 可裁减、可扩充、可升级, 并具备软硬件在系统可编程的功能^[1]. 随着 FPGA 芯片的发展, SOPC 技术的得到了飞速发展, 利用 FPGA 设计 SOPC, 为现在越来越复杂的产品所带来的竞争压力提供了高效的解决方案, 在高速等高端产品中应用越来越广泛.

SOPC 设计是 nios 系统+硬实时部分+逻辑电路的一个组合体. 其中硬实时部分和逻辑电路在 FPGA 芯片内可以完美的得到实现. 本设计采用 ALTERA 公司的 Nios II 软核和 FPGA 芯片 EP1C6Q240 实现了一个 SOPC 的设计.

1 系统总体设计

本 SOPC 系统主要实现推箱子游戏, 系统由一个 32bit NiosII 软核处理器、液晶显示器、SDRAM、FLASH、键盘等组成. 设计的关键是定制 Nios II 软核处理器以及处理器与外围器件的接口电路.

1.1 系统总体结构

系统总体硬件结构如图 1 所示. 整个系统由 FPGA 的片上系统和片外硬件电路构成^[5]. FPGA 片外电路包括 LCD 液晶显示电路、独立键盘电路、系统运行指示电路、SDRAM 存储器电路、FLASH 存储器电路、EPCS 存储器、复位电路及时钟源电路、调试接口及所需要的电源电路等. FPGA 片上系统包括 Nios II 软核处理器、延迟复位模块、PLL 锁相环模块、键盘消抖模块等^[2-4].

1.2 Nios II 软核处理器的定制

系统中的 Nios II 软核处理器作为核心控制器件, 连接了键盘和液晶屏等输入输出设备及 FLASH、SDRAM、EPCS 等存储器, 控制着整个系统. Nios II 软核处理器的定制是通过 ALTERA 公司的 SOPC Builder 系统综合软件来完成的. 在定制中要注意处理器的时钟频率, 外部 RAM 总线(Avalon 三态桥)、外部 RAM 接口、外部 Flash 接口、键盘 PIO、LCD 数据线及控制信号线、LED PIO、定时器、System ID 的参数设置.

1.3 液晶显示器接口

液晶显示器以其低功耗、体积小、显示内容丰富、模块化和接口电路简单等优点在各个领域得到广泛的应用. 本系统液晶显示规格为 320*240, 接口如图 2 所示, LCD_WR、LCD_RD、LCD_CD、LCD_RST 分别为液晶显示器的写、读、命令/数据选择和复位等端口, LCD_D0~LCD_D7 为 8bit 数据端口, 这些端口都与 FPGA 连接. FPGA 与液晶之间通过电阻实现 3v 与 5v 电平匹配.

1.4 SDRAM 存储器

系统使用的 SDRAM 是 HYNIX 公司的 HY57V641620, 这是一款具有 64Mbit 容量 16 位宽的 SDRAM, 最高工作时钟可达 200M. 设计中建立了一个 SDRAM 与 Avalon 总线的结合体, 对 Avalon 端的地址、数据线操作, Avalon 总线便会完成对 SDRAM 的读写. FPGA 与 SDRAM 连接图如图 3 所示.

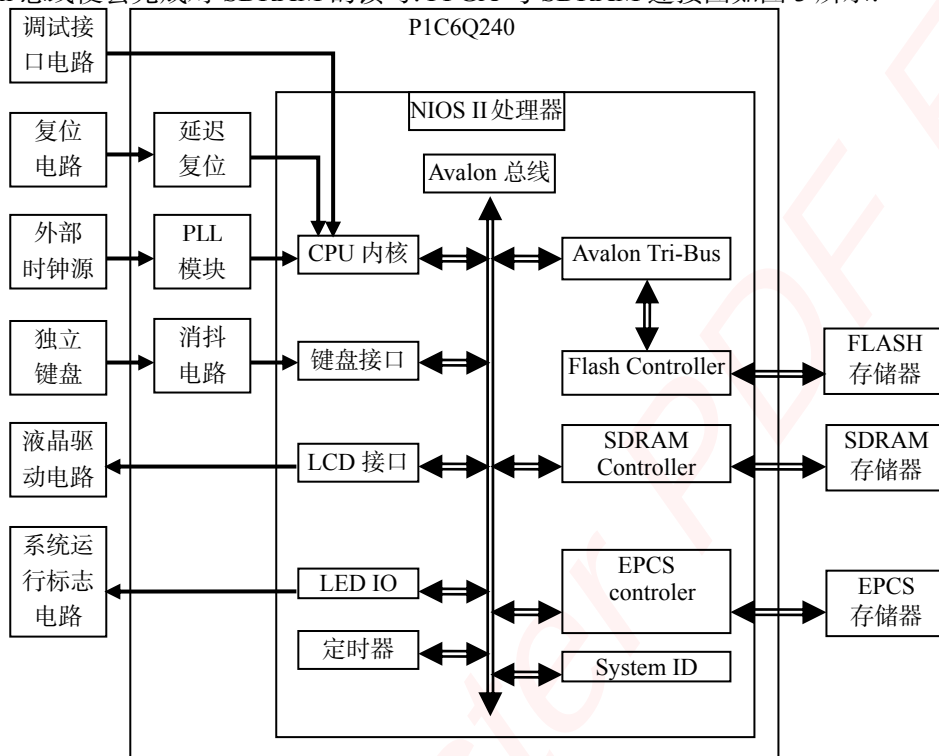


图 1 系统总体结构

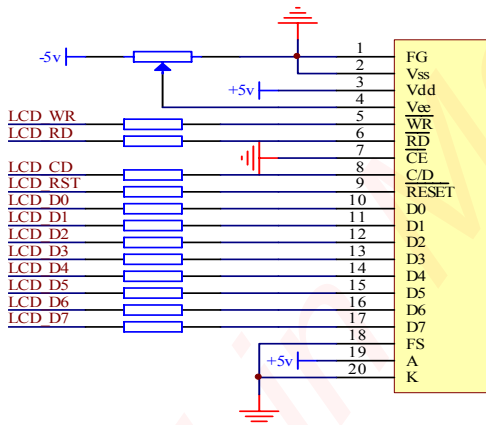


图 2 液晶显示电路

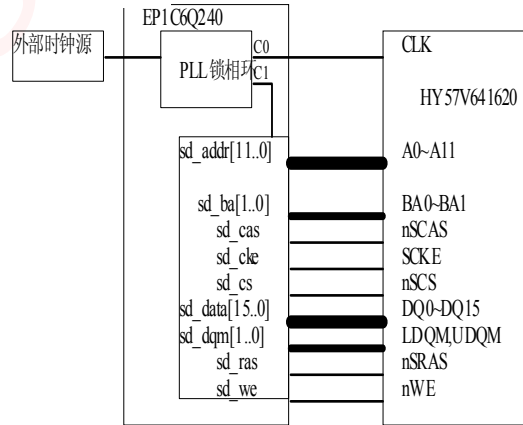


图 3 SDRAM 与 FPGA 连接图

1.5 FLASH 存储器

本设计中采用的 FLASH 是 Intel 公司的 JS28F640, 具有 8MByte 容量, 其数据线可以 8bit 或 16bit 方式连接到处理器上, 兼容 32MByte. 系统中用一个 Avalon 三态桥和 FLASH 控制器实现 Nios II 处理器与 FPGA 片外的 FLASH 读写操作. FPGA 与 FLASH 连接图如图 4 所示.

2 软件设计与实现

Nios II 系统支持 uC/OS-II、uCLinux、eCOS 等嵌入式实时操作系统, 其中 Altera 提供对 uC/OS-II 的完整支持. uC/OS-II 是一个完整的、可移植、固化和裁减的占先式实时多任务内核.

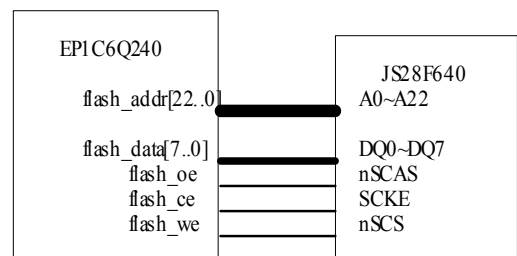


图 4 FLASH 与 FPGA 连接图

2.1 任务划分

按照系统所要求实现的功能, 将整个系统划分为几个并行存在的任务, 系统创建了 4 个任务. 分别实现系统初始化任务、键盘处理、系统运行标志处理等.

系统初始化任务主要用来对系统中所使用的 I/O 端口、LCD 液晶、外部按键中断、任务创建的进行初始化设置; 键盘处理任务是根据外部键盘中断产生的按键值, 以信号量的方式发送出去, 实现简单的通信; 系统运行标志处理任务, 主要标志 uC/OS-II 时刻都在运行着. 系统软件设计流程图如图 5 所示.

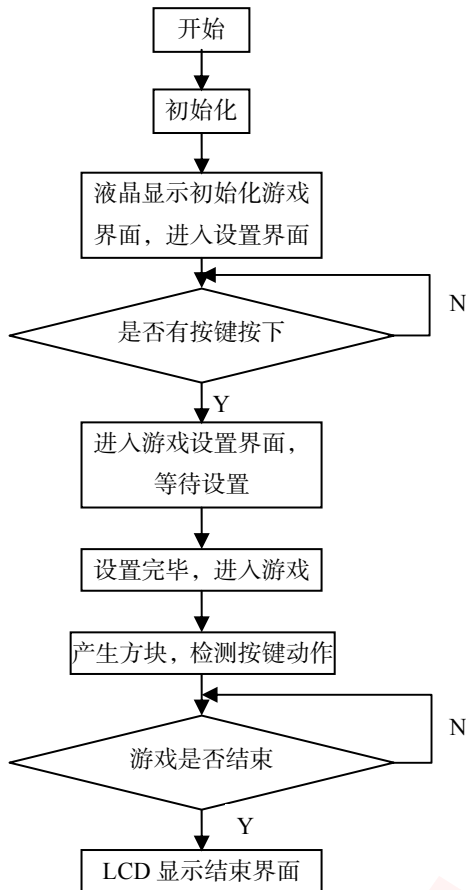


图 5 系统软件设计流程图

参考文献:

- [1] 周立功. SOPC 嵌入式系统实验教程(一)[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 2007.
- [2] 怯肇乾. FPGA-SOPC 软硬件协同设计纵横谈[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2008(9): 8-11.
- [3] 杨志坤, 曾 博, 汤国文. 基于 FPGA 的嵌入式系统 USB 接口设计[J]. 电子设计工程, 2010(01): 30-34.
- [4] 利剑清, 宋 跃, 林明仁, 等. 基于 FPGA/SOPC-Nios II 的频率计数器设计[J]. 东莞理工学院学报, 2008, 15(3): 53-57.
- [5] Altera Corporation. Nios II Hardware Development Tutorial[M/OL]. Version 6.0. [S.l.]: [s.n.], 2006[2010-05-05]. <http://www.Docin/p-35566317.html>.

Design for Embedded System Based on FPGA

WANG Pei-yuan

(School of Physics and Electronic Engineering, Xiangfan University, Xiangfan 441053, China)

Abstract: In the system of SOPC, Nios II embedded processor as the controlling core is embedded into a EPIC6Q240 of Altera Cyclone series. And the abundant programmable logical resources and IP core make up of the processor of peripheral interface controlling circuit, which provide SDRAM controlling, FLASH controlling, LCD display controlling, keyboard controlling, LED controlling, and so on. The system of the hardware design is realized and validated successfully by the result of testing that the game can play in the system and the software design of embedded multi-tasking operating system is realized, too.

Key words: FPGA; Embedded; Nois II; IP core; uC/ OS-II

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

Created in Master PDF Editor