

# 基于 PowerPC 的嵌入式系统中通用 IO 口的扩展方法

陈志强 王涛 张传浩 刘海  
(华中科技大学光电子工程系 武汉 430074)

**摘要** 介绍了在 MPC8241 组成的嵌入式系统中采用内存接口扩展通用 IO 口的方法,详细描述了硬件的组成以及底层软件驱动的实现,并讨论了调试中发现问题。

**关键词** MPC8241 PowerPC 嵌入式系统 Linux 驱动

**中图分类号** TP393

## A Method and Implementation of Expanding General IO in Embedded System Based on PowerPC

Chen Zhiqiang Wang Tao Zhang Chuanhao Liu Hai  
(Dept. of Optoelectronic Engineering, HUST, Wuhan 430074)

**Abstract** A method of how Expanding general IO in embedded system based on MPC8241 is described in this paper, with the details of hardware design and implementation of software driver based on embedded linux system, and discussion of the problems founded during debugging.

**Key words** MPC8241, PowerPC, Embedded system, Linux, Driver

**Class number** TP393

## 1 引言

在嵌入式系统中,我们经常要利用 CPU 去读取某些状态信息或控制外围设备的开关,而嵌入式 CPU 一般不会提供很多的通用 IO 端口,这时,就需要把系统已有的资源扩展为通用 IO 端口。讨论了以 MPC8241 为 CPU 的嵌入式系统中利用 MPC8241 的内存接口扩展通用 IO 端口的方法,并讨论了基于嵌入式 Linux 操作系统的底层驱动的实现,最后,讨论了调试中发现问题。

## 2 系统硬件的组成

MPC8241 是 Motorola 公司的基于 PowerPC 架构的微处理器,其内核为 166 - 266MHz 的 MPC603e, 32 位 PCI 接口可运行于 66MHz,内存接口支持最大 2G 的 SDRAM、133MHz。

对通用 IO 口的访问采用 Linux 内核中对 Flash 操作的读写控制程序,因此,硬件上要依据 Flash 的读写控制时序来控制,对 IO 口的访问时序参照

Flash 读写操作时序。

MPC8241 中 Flash 读写时序如图 1 所示:

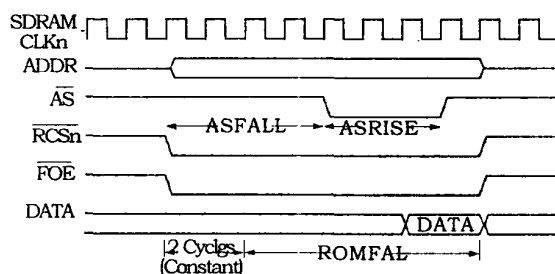


图 1 MPC8241 中 Flash 的读时序图

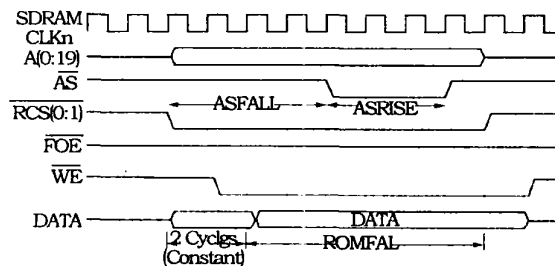


图 2 MPC8241 中 Flash 写时序图

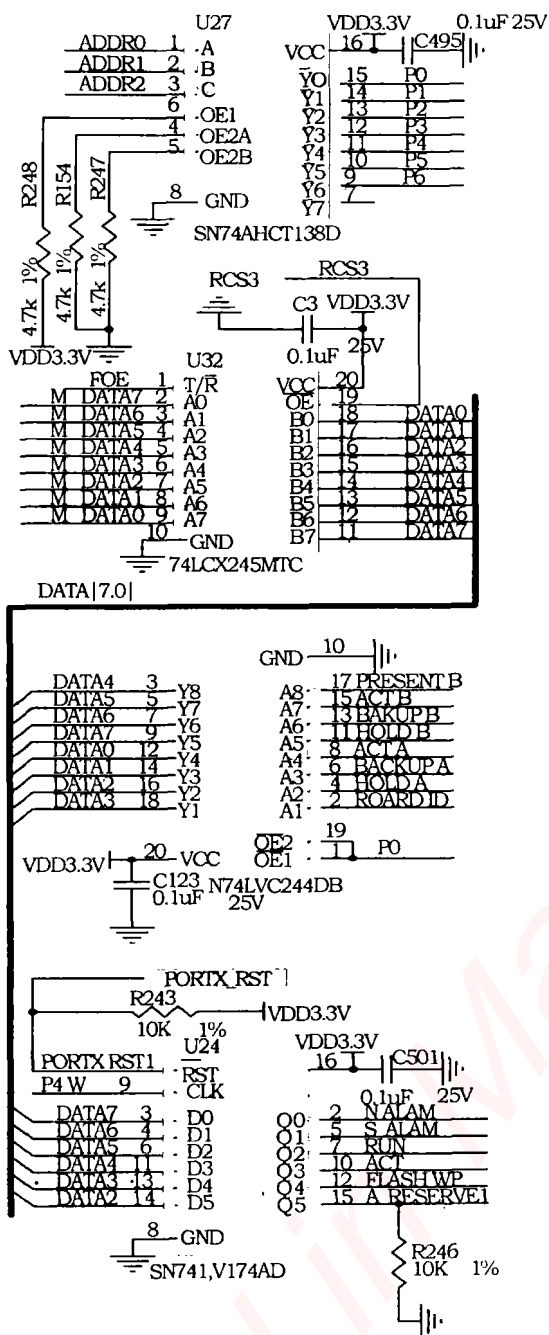


图3 扩展 IO 口电路原理图

分析上面的时序图可知,控制信号由地址总线、RCSn、FOE、WE 等组成。RCSn 是 ROM/BANK 的片选信号,不同的 RCS 有不同的地址区间映射,即不同的基地址。FOE 是 Flash 的读指示信号,当读取 Flash 时,FOE 则有效。WE 是 Flash 的写指示信号,当 MPC8241 通过 MEMO 接口写入数据到 Flash 中时,WE 信号有效。

设计中利用上面控制信号的逻辑组合即可以控制通用 IO 口的读写访问。首先采用 38 译码器把低三位地址 ADDR0、ADDR1、ADDR2 编址,则有 8

个地址线。设计中采用 8 位数据总线,这样最多就有 64 位输出和 64 位输入。当然,如果系统还需要更多的通用 IO 口,可通过编址更多地址总线得到。本次设计中为了逻辑设计方便,读和写采用不同的地址寻址。

考虑到 CPU 写的时隙非常短,只有 10ns 左右,要把写出的数据保存,需要采用触发器电路,本次设计所采用的芯片为 SN74LV174AD。

图 3 为扩展 IO 口的电路原理图,从系统原理图中节选出来的,可以正常工作并已通过调试验证。

### 3 底层驱动的实现

底层驱动是在嵌入式 Linux 环境下采用 C 语言实现的。Linux 驱动分为三种:字符型设备、块设备、网络设备,本设计中涉及资源相对简单,故采用字符型设备驱动为模型。

本设计中读的信号需要上报给上层软件,写的信号需要上层软件下达指令。而 C 语言一般只能对字节或字操作,对于位操作较弱,因此底层软件驱动分为两层结构。低层实现最基本的读写操作,包括寻址、读写、提取字节数据中的位,上一层则是驱动和用户层的接口,把读的信号包装成有意义的位图上报,接收用户层下达的位图指令,解析为简单操作,包含对错误的处理以及误操作的保护。

扩展 PortX 采用的是 Flash 的片选信号 RCS3,根据 MEMO 接口的映射关系设定基地址和宽度:

```
# define PORTX BASE 0x71000000
# define PORTX LEN 0x00000100
```

然后获得 IO 映射内存区基地址:

```
pbase = ioremap (PORTX BASE, PORTX
LEN);
```

再调用 Linux 内核中的函数 readb(pbase + offset) 和 writeb(val, pbase + offset),读取 IO 状态值或写入数据,其中 offset 为地址偏移量,对应地址 ADDR0、ADDR1、ADDR2 编址。当然,读出来的和写到 IO 口的数据都是字节格式,要把其中的位信息取出来,我们采用掩码的方法:

```
# define BIT1READMASK 0x01
# define BIT2READMASK 0x02
....
# define BIT8READMASK 0x80
# define BIT1WRITE0MASK 0xfe
# define BIT2WRITE0MASK 0xfd
....
```

```
# define BIT8WRITE0MASK 0x7f
```

读出来的值与 BITREADMASK 相与,就可以把相应的位的值取出来,大于 0 则为 1,等于 0 则为 0;同样,写入 1 则把相应位的 BITREADMASK 与原状态值相或,再写入映射内存区域,写入 0 则把相应位的 BITWITEMASK 与原状态值相与,再写入映射内存区域,这样就不会改变其他各位的状态值。

## 4 调试中的问题

在调试中,此部分电路发现两个比较重要的问题:

扩展 IO 口时要仔细考虑好时序的配合问题。本单板开始设计时,图 3 所示电路图中 U32 的 74LCX245 中的 OE 片选信号为下拉一直有效,上电后,CPU 一直不能正常启动。把 U32 取下则可以正常启动,可以确定是 74LCX245 导致不能正常启动。分析可知,CPU 的内存接口是一个双向 IO 口,其内部会根据外部时序切换 I/O,如果外部电路不能配合时序同步切换 I/O,就会导致冲突。本单板中,当 CPU 访问 SDRAM 时,没有用到 FOE 控制信号,故 FOE 一直无效,导致 74LCX245 一直为从左至右,但是 CPU 的内存接口会根据 SDRAM 外围电路决定其 IO 方向,此时肯定会引起 IO 冲突。找到问题后,跳线把 74LCX245 的片选信号 OE 接在 RCS3

(上接第 12 页)

表 1 免疫粒子群优化算法求解 TSP 结果

TSP	已知最优解	PSO 算法平均解	本文算法最优解
gr24	1272	1301	1278
bayes29	2020	2096	2028
gr48	5046	5512	5046

由表 1 可以看出,免疫粒子群优化算法对 TSP 问题的求解结果均优于粒子群优化算法的求解结果(50 次独立运行的平均)。

## 5 结论

粒子群优化算法是一类简单的随机全局优化技术。作者把免疫系统的免疫信息处理机制(多样性、免疫自我调节、免疫记忆等)引入到粒子群优化算法中,在粒子群优化算法的基本框架上,结合免疫系统的免疫信息处理机制给出了免疫粒子群优化算法。免疫粒子群优化算法不仅基本保持了粒子群优化算法简单、容易实现的特点,而且增强了

上,这样,当没有访问 IO 口时,74LCX245 处于高阻态,不会引起 IO 冲突,系统工作正常。

另一个问题是通过 Linux 底层函数 readb 读出来的 IO 端口状态值和硬件连接的 Data0...Data7 的顺序是相反的,读出字节的第 1 为对应的是 Data7,而第 8 位对应的是 Data0,writeb 写入的值也是一样,第 1 位写到 Data7,第 8 位写到 Data0。出现这种现象经分析是 CPU 本身的架构问题,解决办法有两种,一种是在硬件连接上改,把 8 个数据线的顺序调换一下即可;一种是在软件上改,只需改变读出写入的数据每位的定义就可以了。

## 5 总结

在基于 PowerPC 的嵌入式系统中,提出了利用 CPU 的内存接口扩展通用 IO 口的实现方法,在实际系统中运行稳定可靠。本文提出的扩展 IO 的方法,所需器件简单,使用方便、灵活,特别在需要较多 IO 口的嵌入式系统中较大的应用。

### 参考文献

- [1] Motorola Semiconductors, MPC8241 Integrated Processor User's Manual, <http://www.freescale.com>, 2003
- [2] Alessandro Rubini, Jonathan 等, linux 设备驱动程序[M]. 北京:中国电力出版社 2004
- [3] 怀石工作室, linux 上的 C 编程[M]. 北京:中国电力出版社 2000

粒子群优化算法的全局寻优能力,加快了算法的进化速度,提高了收敛精度。对 TSP 问题的仿真实验表明该算法的性能优于粒子群优化算法。

### 参考文献

- [1] 王煦法等. 一种基于免疫原理的遗传算法[J]. 小型微型计算机系统, 1999, 2(2): 117 ~ 120.
- [2] 王亚辉. 分子免疫学[M]. 北京:科学出版社, 1982; 286 ~ 319
- [3] 张素兵. 基于蚂蚁算法的 QoS 路由调度方法[J]. 电路与系统学报, 2000, 5(1): 1 ~ 5
- [4] Awatkins, L Boggess. A New Classifier Based on Resource Limited Artificial Immune Systems [C]. Proceedings of the 2002 Congress on Evolutionary Computation CEC2002 [EC], 1546 ~ 1551.
- [5] 莫宏伟. 人工免疫系统原理与应用[M]. 哈尔滨:哈尔滨工业大学出版社, 2002 - 11. 187 ~ 236.
- [6] S Zhang, ZLiu. A QoS Routing Algorithm Based on Ant Algorithm[J]. IEEE ICC 2001, 1(5): 1581 ~ 1585.
- [7] 黄岚,王康平等. 粒子群优化算法求解旅行商问题[J]. 吉林大学学报, 2004, (4): 477 ~ 480.

# 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](#)

## 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](#)

## 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 CC++ 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](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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](#)