

基于双核 MPC8641D 处理器的计算机模块设计

刘宝明, 郑波祥, 何海波

(中国船舶重工集团公司 江苏自动研究所, 江苏 连云港 222006)

摘要: 双核或多核处理器能够在不大幅度提高计算机功耗的前提下提升计算机的性能; 文章介绍了基于双核 MPC8641D 处理器的计算机模块设计, 详细介绍了计算机的硬件功能电路设计, 基于 VxWorks6.6 操作系统下的 BSP 开发和系统移植, 通过双核对称多处理机验证了双核多处理的高效性; 计算机模块能够工作于 CPCIE 总线计算机系统中, 可作为主控模块或从处理功能模块进行高性能计算与处理, 模块具有广泛的应用前景。

关键词: 双核处理器; MPC8641D; VxWorks6.6; 计算机模块

Design of Computer Module Based on Dual Core Processor MPC8641D

Liu Baoming, Zheng Boxiang, He Haibo

(Jiangsu Automation Research Institutes of CSIC, Lianyungang 222006, China)

Abstract: The dual core or multi-core processors can improve the computer performance while not greatly increasing the system power dissipation. The paper introduced the design of the computer module based on dual core MPC8641D processor, stressed the design of hardware circuit particular, realized the OS and BSP transplanting based on VxWorks6.6, verified the high efficiency by SMP. The computer can be applied during the CPCIE bus system as master or slave function for computing and processing, and the application foreground are comprehensive.

Key words: dual core processor; MPC8641D; VxWorks6.6; computer module

0 引言

当前, 为了更好地解决性能与功耗问题, 满足日益增长的计算和处理性能要求, 各种双核或多核处理器应运而生。飞思卡尔半导体公司推出的双核处理器 MPC8641D 采用 SOC 设计, 集成两个 e600 核心和高速串行 SerDes 接口, 配合风河公司推出的开发套件和支持多处理的 VxWorks6.6 操作系统, 能够为高性能嵌入式应用提供一种完美的解决方案。

文章分析了双核 MPC8641D 处理器的功能特点和接口资源, 以此为基础设计了一种高性能的嵌入式计算机模块, 着重从硬件设计和软件移植两个方面进行了阐述, 通过两个核心的对称处理 (Symmetric multiprocessing, SMP) 工作机制, 验证了双核多处理的高效性。

1 MPC8641D 处理器简介

MPC8641D 处理器内部集成两个 e600 内核和高速 SerDes 接口以获取高的处理性能和数据传输, 满足设计人员对嵌入式设计更高水准的要求^[1]。每个内核的工作主频最高为 1.5GHz, 而两个内核结合后性能又提高了一倍, 每个内核配备了 1MB 的二级缓存; 同时, MPC8641D 配备有两个 AltiVec 矢量处理引擎, 可带来的额外性能提升。处理器内部通过高带宽 MPX 总线互连, 其最高带宽可达 667MHz, 通过这一总线, 可以实现对两个 e600 内核进行低延迟的访问, 集成的双内存控制器, 可实现对 DDR 或 DDR2 内存的低延迟、高带宽访

问^[2]。双核 PowerPC MPC8641D 处理器的内部组成框图见图 1。

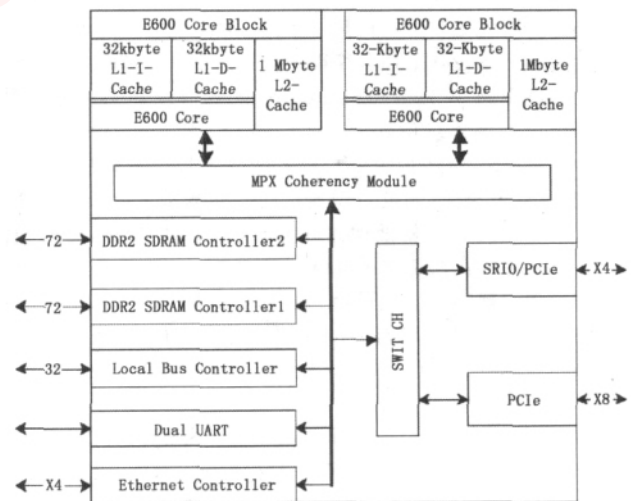


图 1 双核 MPC8641D 处理器内部框图

2 总体设计原理

双核 MPC8641D 处理器在设计上体现了 SOC 理念, 基于双核 MPC8641D 处理器的计算机模块硬件功能设计充分利用处理器片上集成的接口资源, 通过可编程器件 CLPD 实现 MPC8641D 处理器的上电时序控制, 通过 MPC8641D 片上集成的两个 DDR2 控制器设计 72 位 (8 位 ECC) 内存功能, 通过本地总线 LBC 接口设计 16MB 具有写保护的 Flash 存储器、

8 位 32kB 的 NvRAM，其中 Flash 用于存放 BootRom 程序和系统映像文件，NvRAM 用于存放系统启动配置信息；通过片上集成的 SerDes 接口扩展 8xPCIe (2.0Gbps/通道) 接口，可配置为 root 模式或 endpoint 模式；同时设计了四路千兆以太网接口、2 路 RS232 串行接口，以及可灵活配置的功能互相独立的 GPIO。基于双核 MPC8641D 处理器的计算机模块硬件组成框图见图 2。

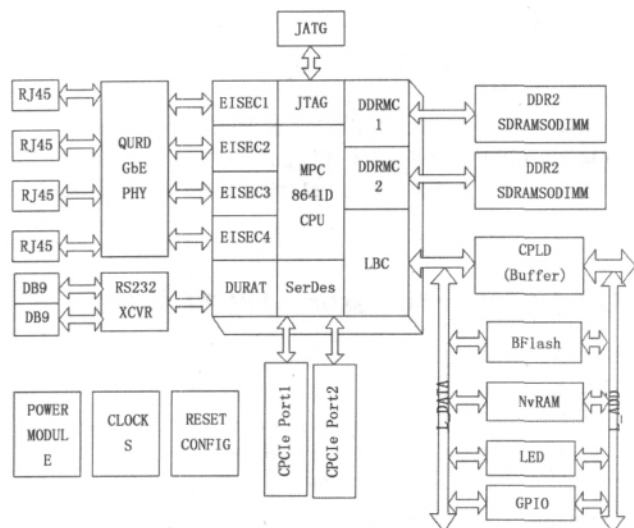


图 2 双核 MPC8641D 计算机模块组成框图

3 硬件电路设计

3.1 上电功能设计

双核 MPC8641D 处理器作为 SOC 功能器件，集成诸多的功能接口，因此工作电压种类较多，每种电压之间有严格的上电顺序要求，本设计采用可编程逻辑器件 CPLD 编程实现一个上电控制器 POC (Power On Controller)，通过 POC 实现多种电压的时序控制、复位管理和时钟控制。实现了在模块加电时，POC 首先工作运行逻辑指令，按要求规定的时序要求开启相应的电压、时钟和复位功能，同时检测每个电压的状态，一旦有异常则进行复位处理。由于 MPC8641D 处理器的功耗较大，双核心满负荷工作下电流超过 18A，在进行电源设计时要考虑电源转换芯片的负载能力，选择满足条件的阻容器件，进行电源部分的 PCB 布局布线时要充分考虑散热处理和回路控制^[3]，计算机模块的电源功能实现原理框图见图 3。

3.2 DDR2 内存设计

双核 MPC8641D 片上集成了两个可编程的 72 位 (8 位校验) DDR 内存控制器，符合 JEDEC 标准 x8、x16、x32 或 x32 的 DDR 和 DDR2 存储器类型，同时支持内存颗粒和 DIMM 式内存条，最高支持 533Mb/s 数据传输率的 DDRII SDRAM。本设计时选用了 400MB/s 数据传输率的 DDR2 SDRAM 进行设计，与处理器之间的信号线主要分为 4 组，分别为：

数据组：MDQS/MDQS# [8: 0]、MDM [8: 0]、MDQ [63: 0]、MECC [7: 0]

地址组：MBA [2: 0]、MA [15: 0]、MRAS#、MCAS#、MWE#

命令组：MCS# [3: 0]、MCKE [3: 0]、MODT [3: 0]

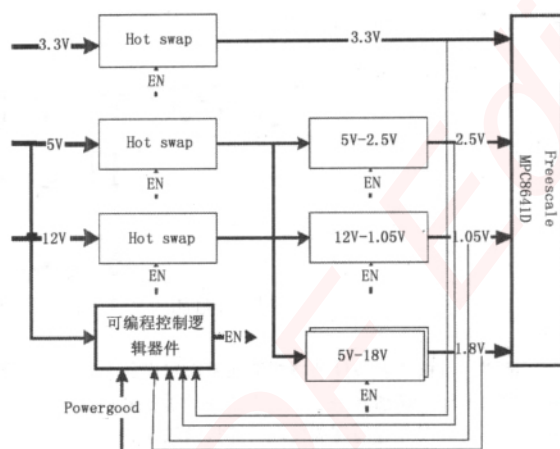


图 3 计算机模块的电源功能实现原理

时钟组：MCK/MCK# [5: 0]

DDR2 信号完整性设计是关键点，在进行 PCB 设计时，按照数据组、地址组、控制组、时钟组、电源顺序进行布线依，对于单端信号线阻抗控制在 50~60 欧姆内，对于差分信号线阻抗控制在 100~120 欧姆内。布线完成需要进行信号完整性的分析，利用 Hyperlynx 仿真工具对 DDR2 部分的地址线、数据线和时钟线进行仿真，根据仿真结果调整走线的拓扑结构和端接阻抗的大小，以满足规定的信号特性。例如，布线仿真结果满足要求的一组时钟信号 D1 _MCK4P/N 的波形和眼图分别见图 4 和图 5。

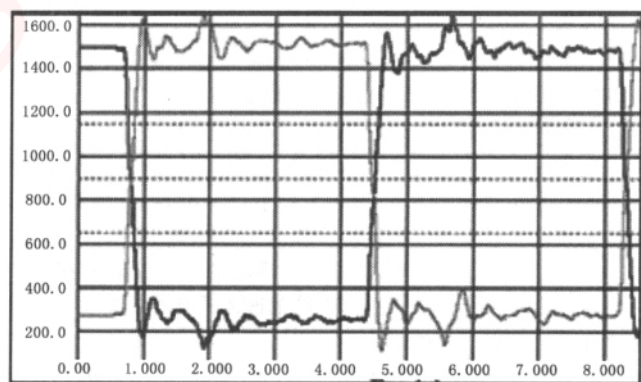


图 4 时钟信号的波形

3.3 网络与本地总线接口设计

双核 MPC8641D 处理器片上集成有 4 个增强型的三速以太网控制器接口 eTSEC (Ethernet; Enhanced Three-Speed Ethernet)，通过外接网络物理芯片即可实现以太网接口。本设计中采用一片集成四路以太网物理层芯片 BCM5464SKRB 设计四路独立的自适应的千兆以太网接口，在模块调试初期，需要通过网络进行 VxWorks 系统映像的下载，该模块通过 4 个网络接口可实现与外部系统的互连。

双核 MPC8641D 处理器的 LBC 本地总线接口功能强大、使用灵活，本设计利用该接口设计了 Flash 和 NvRAM 存储器，设计原理见图 5。采用可编程器件 FPGA 实现地址锁存和控制信号驱动，在模块底层软件和操作系统调试、编译好后，通过仿真器将其生成的 Bootrom 和 VxWorks 系统映像烧写到

Flash 中；NvRAM 存放了模块的启动时所需的引导参数。

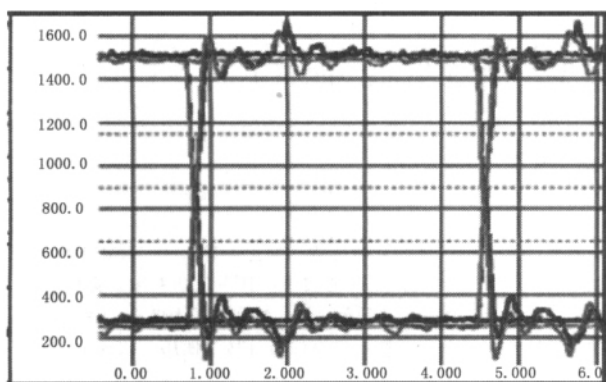


图 5 时钟信号的眼图

3.4 CPCle 总线扩展设计

ComapctPCI Express 技术是 ComapctPCI 技术的升级，具有高带宽、高速度、高性能的特点。双核 MPC8641D 处理器片上集成的 SerDes 接口可设计两个 8xPCIe (2.0Gbps/通道) 接口，同时可配置为 root 模式或 endpoint 模式，为了兼容 CPCle 计算机系统应用，本文中在基于双核 MPC8641D 处理器计算机模块上实现两路 x8 的 PCIe 接口，在计算机系统中能够实现对其他功能模块的初始化，并进行高速的数据交互。

4 系统移植与性能测试

4.1 VxWorks 系统移植

MPC8641D 处理器完全的支持多处理，包括硬件 Cache 一致性的支持、基于 OpenPIC 的中断控制等，处理器中的两个核心可以配置为对称多处理 SMP 和非对称多处理 AMP 两种模式^[5]。VxWorks 提供了多种用于 AMP 和 SMP 的多处理技术，包括 VxWorks AMP、VxWorks SMP、VxMP、MIPC、DSHM、TIPC over DSHM 和消息通道等，本设计完成了计算机模块基于 VxWorks 6.5/6.6 操作系统的开发和移植。

4.2 性能测试

基于双核 PowerPC MPC8641D 处理器计算机模块运行在 SMP 工作模式，进行“圆周率计算”测试计算的结果见图 6，每个 CPU 执行的数值计算是通过一个简单的方程使用浮点算法计算 π (圆周率)，性能通过每秒的 π 计算次数来表示（数值最大性能越好）。在 10 秒之内每一秒计算圆周率的次数，前

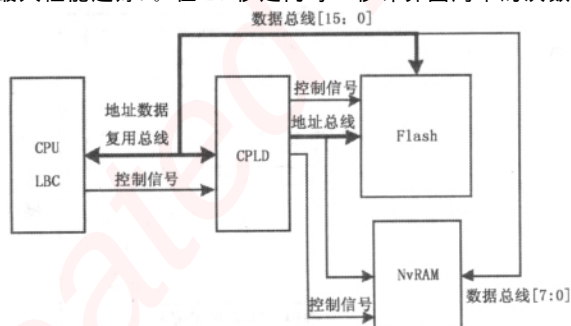


图 6 本地总线功能扩展设计

5 秒只使用一个 CPU (另一个 CPU 处于 Idle 状态) 来计算圆周率，后 5 秒使用 2 个 CPU 来计算圆周率，并将两者计算次数相加得到相应的每秒计算次数。从图上可以看出，后 5 秒执行效率是前 5 秒执行效率的两倍左右。

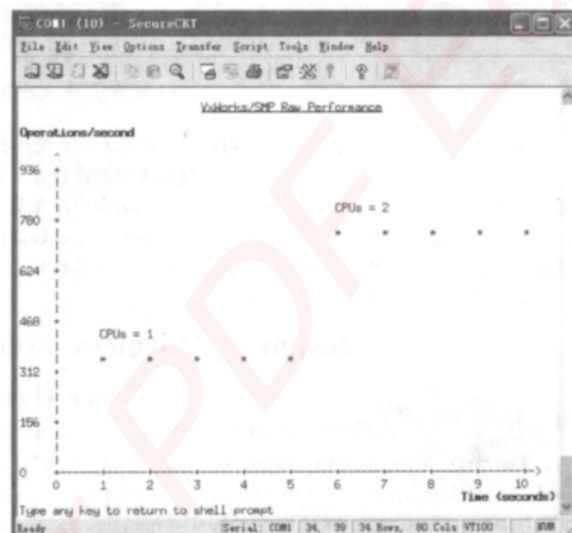


图 7 圆周率计算结果图

5 结束语

采用双核 PowerPC MPC8641D 处理器设计的嵌入式计算机模块，能够实现不大幅度提高系统功耗的情况下，实现了计算性能的大幅提升；通过 Vxworks6.6 的双核对称多处理机制，实现两个核心的对称多处理，并以典型示例验证了双核计算的高效性；该模块支持 CPCle 总线架构，能够在基于 CPCle 总线计算机系统中灵活应用，可应用于各种嵌入式计算机系统领域。

参考文献：

- [1] MPC8641D Integrated Host Processor Family Reference Manual [Z]. Freescale, 2008.
- [2] MPC8641 and MPC8641D Integrated Host Processor Hardware specifications [Z]. Freescale, 2008.
- [3] Power Supply Design Guidelines for the MPC8641and MPC8641D [Z]. Freescale, 2008.
- [4] Power QUICC™ DDR2 SDRAM Controller Register Setting Considerations [Z]. Freescale, 2008.
- [5] Wind River ICE SX for Wind River Workbench Hardware Reference3.0 [Z]. Wind River.
- [6] Workbench VxWorks User's Guide 3.0 [Z]. Wind River.
- [7] General Purpose Platform, VxWorks Edition Migration Guide 3.6 [Z]. Wind River.
- [8] 单惠平, 杨树元. 基于 PowerPC 主机处理器的单板计算机设计开发 [D]. 北京: 中科院声学所, 中科院研究生院, 2005.
- [9] 周启平, 张 杨. VxWorks 下设备驱动程序以 BSP 开发指南 [M]. 北京: 中国电力出版社, 2004.

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](#)
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](#)
86. [MVB1 类设备控制器的 FPGA 设计](#)
87. [MVB 接口彩色液晶显示诊断单元的显示应用软件设计](#)
88. [IPv6 新型套接字的网络编程剖析](#)
89. [基于规则的 IPv4 源程序到 IPv6 源程序的移植方法](#)
90. [MVB 网络接口单元的 SOC 解决方案](#)
91. [基于 IPSec 协议的 IPv6 安全研究](#)

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. [Freescall 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](#)
69. [基于 VxWorks 平台的 SCTP 协议软件设计实现](#)

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 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](#)
54. [路由信息协议在 Linux 平台上的实现](#)
55. [Linux 下 IPv6 高级路由器的实现](#)

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](#)
32. [基于 MPC8640D 处理系统的技术研究](#)

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 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 技术研究与实现](#)
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.