

# 基于 PowerPC 的单板计算机的设计

Design of the Single Board Computer based on PowerPC

(1.中国科学院沈阳自动化研究所 2.北京中国科学院  
研究生院 3.北京新松佳和电子系统股份有限公司)

刘红甫<sup>1,2,3</sup> 樊双丽<sup>3</sup> 曲道奎<sup>1,3</sup>

L I U H o n g - f u F A N

**摘要:** 本文主要介绍了基于 PowerPC G4 系列的低功耗、多数据并行处理的单板机的设计方法,讨论了硬件设计中需要注意的事项和 VxWorks 环境下 BSP 的调试方法,高度的扩展性和丰富的接口设计使得系统有较好的应用价值。

**关键词:** PowerPC; PCI 总线; VxWorks; BSP; SBC

中图分类号: TP368

文献标识码: A

**Abstract:** This paper introduce us the method of the SBC design based on PowerPC G4 processor, which has low power dissipation and multi data parallel Processing. And talk about the notice during hardware design and the debug method of the BSP in VxWorks. In the same time high expansibility and multi interface design make the system has good applications.

**Key words:** PowerPC; PCI Bus; VxWorks; BSP; SBC

## 1 引言

随着科学技术的发展,嵌入式处理器在通信设备、消费电子、军用电子等领域有了广泛的应用,而且对处理器的处理速度、功耗及工作温度都有了更加严格的要求,尤其在汽车电子、军用电子等方面的应用。

PowerPC 体系结构是一种精简指令集计算机(Reduced Instruction Set Computer, RISC)体系结构,具有高性能和低功耗的特点,主要应用在嵌入式系统中,可以作为单板计算机,进行高性能计算和图像处理。

在 PowerPC 家族中,现在应用最为广泛的是 G4 系列, G4 对 G3 的重大改进有两个,第一是支持对称多处理器(SMP)结构,第二是 G4 引入了一流的 AltiVec 技术来处理矢量运算。AltiVec 技术是一个 128 位的 SIMD 矢量处理引擎,据 Motorola 评估可以使性能提升到原来的 4.3 倍。

本文以 PowerPC G4 主机处理器为例,介绍标准 6U 高度 CompactPCI 单板计算机的硬件设计以及实时操作系统 VxWorks 的 BSP 开发过程。

## 2 单板计算机硬件开发

单板计算机的整体框图如图 1 所示。

整个单板的设计分为三个部分:电源模块,PowerPC 部分和通信接口部分。其中 PowerPC 部分和外围接口以 PCI 总线为分界线,PowerPC 部分包括 PowerPC、host bridge、SDRAM 和 FLASH。外围接口包括网口、串口、通过 PCI 总线扩展的接口和扩展的二级 PCI 总线。网口和串口在开发阶段用于单板和开发

主机通信,并能在单板嵌入操作系统后作为多个单板之间的通信接口。框图中 PowerPC 没有指定具体的型号,可以选择 IBM 的如 PPC750,也可以选择 Freescale 的如 PowerPC G4 系列的 MPC74XX, host bridge 可以选择 MARVELL 公司的 MV64360 或 MV64460。用户可以根据的不同需要选择相应的组合。

### 2.1 电源模块的设计

电源是任何一个电路系统至关重要的部分,所有的信号传输都是基于准确而稳定的电源基础上的。CPCI 连接器提供的电源有 5V、3.3V、12V 和 -12V,整个单板上需要的电源有多种:主电源 5V、PowerPC 的内核电源、host bridge 内核电源、DDR SDRAM 电源和其余 I/O 总线电源 3.3V。对电流需求大,电源稳定性要求高的,应采用可编程的 DC/DC 控制芯片完成电源的转换。

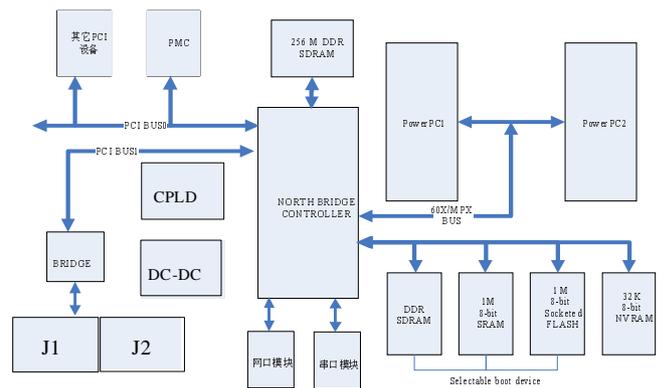


图 1 整体框图

电源模块的 PCB 布板也要进行小心处理,主要有以下几个方面需要注意。

a) 放置去耦电容:随着一定数量的去耦电容被放置在板上,电路板本身特有的谐振可以被抑制掉,从而减少噪声的产生,还可以降低电路板边缘辐射以缓解电磁兼容问题。为了提高电源供电系统的可靠性和降低系统的制造成本,应考虑如何

刘红甫:在读硕士

基金项目:国家项目号超大规模集成电路制造装备重大专项

项目名称:12 吋硅片智能机械手关键技术与样机研制

经济有效地选择去藕电容的系统布局。

b) 降低电源供电系统的阻抗：一个低阻的电源供电系统(从直流到交流)是获得低电压波动的关键。减少电感作用,增加电容作用,消除或降低那些谐振峰是设计目标。为达到此目标应降低电源和地板层之间的间距;增大平板的尺寸,提高填充介质的介电常数;采用多对电源和地板层。

## 2.2 PowerPC 部分

PowerPC 部分包含 PowerPC1&2, host bridge, DDR SDRAM, SRAM 和 FLASH。此部分是整个单板计算机的核心,电路设计调试难度也最大。PowerPC1&2 和 DDR SDRAM 部分速度较快,电路设计要注意 PCB 布线选择合适的拓扑结构和布线策略,以保证信号完整性。

### a) 拓扑结构的灵活应用

在 PCB 设计中常用的拓扑结构有菊花链拓扑和星形拓扑。要根据不同的情况采用不同的拓扑结构。

一般而言,对于多负载的总线系统常采用菊花链拓扑,并在最远端的负载处进行适当的终结。菊花链拓扑的优势在于易于进行阻抗控制,端接简单,网络的布线长度短,布线较为方便,只要各个接收器在接收信号时间上的差别在允许的范围内就可以采用菊花链拓扑进行布线(这也说明菊花链拓扑不适用于高速系统),注意要让菊花链的分支线尽量短。

Local bus 上的外设我们是用的此种拓扑结构,local bus 上有 Flash、DDR SRAM、SRAM 等外设。

星形拓扑一般在时钟网络或对信号同步要求高的网络中应用,其共同点就是要求各接收器在同一时刻收到驱动端发来的信号,星形拓扑的布线难度比菊花链拓扑的要大,占用空间也大。实际的星形拓扑会存在端接传输线分支,驱动器与公共节点间存在传输线分支,这些都会劣化信号,所以在设计星形拓扑一般需要仿真,以保证信号的完整性。

PowerPC1&2(U1、U2)和 host bridge(U3)采用星形拓扑结构,其后仿真图形如图 2 所示,基本满足信号完整性。时钟电路采用星形拓扑结构,一个晶振作为 host bridge 的输入基准时钟,其余时钟都由 host bridge 来提供。另外 PLL 要选择合适的参数配置,使得芯片和电路稳定运行。

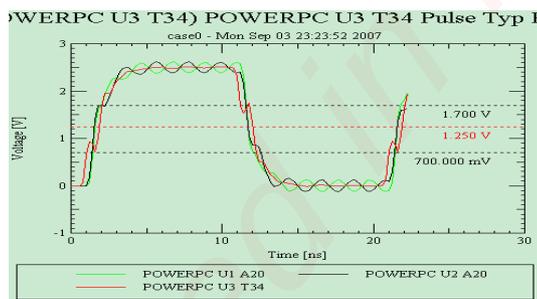


图 2 仿真结果图

### b) 严格的等长布线要求

在 SDRAM 设计时,要注意调整管脚 SDRAM\_SYNC\_OUT 和 SDRAM\_SYNC\_IN 之间的布线长度,使得 SDRAM 数据相对时钟的建立时间和保持时间得到很好的满足。PCI 部分的时钟要注意管脚 PCI\_SYNC\_OUT 和 PCI\_SYNC\_IN 之间的布线长度和 PCI\_CLK 相同。

## 2.3 通信接口部分:

通信接口实现人-机、机-机之间的信息交互和数据的传

输,无论是在系统调试,还是在系统应用中都非常重要。如图 1 所示,host bridge 集成了两个串口和 3 个千兆网控制器,通过外接串口和网口的收发器设计用户所需的通讯接口。

串口和网口在开发过程中起着重要的作用。利用串口,通过超级终端或其它终端软件,可以看到调试过程中的打印的信息,以帮助调试;利用网口,可以通过网络下载文件或者挂载文件系统。

此外,host bridge 提供两组 PCI 总线,可以通过 PCI 扩展一些外设接口如 IDE、USB、网络等,可以根据需要进行相应的扩展。同时可以扩展出 PMC 接口,连接标准的 PMC 设备。另外,选择一组 PCI 总线,通过 PCI to PCI bridge 将其引到 J1 和 J2,可以与外设板相连,便于系统的扩展,或者在对系统运算处理能力要求较高而希望功耗在比较理想范围内的高端应用场合,可以让两个或者两个以上的处理器以多处理器的方式协同工作,组成不同的多机系统。

## 3 VxWorks BSP 开发

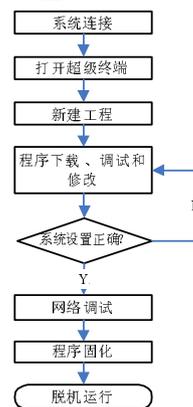
嵌入式系统的开发,需要在硬件设计完成后嵌入操作系统才能进行上层程序的开发。VxWorks 是美国风河公司推出的一个实时操作系统,它是专门为实时嵌入式系统设计开发的操作系统内核,它强大而且比较复杂的操作系统,包括了进程管理,存储管理,设备管理,文件系统管理,网络协议及系统应用等几个部分,但只占用了很小的存储空间,并可高度裁减,保证了系统能以较高的效率运行。在系统开发过程中一项重要的工作内容是开发板级支持包 BSP(Board Support Package)。

### 3.1 BSP 的概述

BSP 由头文件、源文件、makefile 文件和派生文件组成。它集成了与硬件相关的软件和部分硬件无关的软件,提供 VxWorks 访问硬件的驱动程序和相关设备的初始化操作,能对 CPU、目标机和系统资源等进行初始化。在初始化过程中,不但对 CPU 内部状态寄存器、控制寄存器、高速缓存进行设置,为上层软件系统提供硬件环境的支持,而且为操作系统正常运行进行资源初始化。

### 3.2 调试过程

系统设计时采用 Bootrom 加 VxWorks 的方式,这种启动形式有其独特优点,如适应硬件、方便现场调试等。系统采用的调试工具是 Wind River 公司的调试软件 visionCLICK 及仿真器 Wind River ICE。具体步骤如下图 所示:



#### (1)系统连接

连接好仿真器和目标板。主要是电源、串口、JTAG 口。

### (2)打开超级终端

上电后,用仿真器的串口连接电脑的 RS 232 串口,打开超级终端,按下仿真器的复位键,在超级终端可看到仿真器的相关信息。主要看 IP Address,主机(host)的 IP 的地址要和仿真器的 IP 地址在同一 IP 段,在超级终端可运行 help 命令,可看到各种命令,均可运行。运行"eth-setup"命令可更改仿真器的 IP 地址。

### (3)新建工程

打开 visionCLICK,新建工程,按照提示设置,主要有 configuration file, symbol file, download file 和 sourcepath,其他的选项默认,生成 bootrom uncmp.ab

### (4)程序下载、调试和修改

连接仿真器,下载,运行。提示无误后,可观察各窗口的寄存器,内存等单元的值,进试,如有错误,修改源代码,重新开始编译、下载,直到完全正确为止。

### (5)网络调试

BootROM 调试完后,把目标板的以太网口和主机的网口相连,VxWorks 会自动从网口引导,把编译好的 VxWorks 加载到目标板,进行调试。

### (6)程序固化和脱机运行

最后全部完成后,把 BootROM 和 VxWorks 都固化到目标板上,以便脱机运行。

## 4 结束语

本文作者创新点:选择 PowerPC G4 系列开发单板机,易于控制整板的低功耗,实现多数据流并行处理;同时系统丰富的接口设计和标准的 CPCI 结构,便于系统的扩展和组建多机系统。随着科技的发展,该种计算机在消费电子、通信设备、工业控制和军用电子等领域均有良好的应用前景。

### 参考文献

- [1] 韩雪琴,丁汉清.基于 MPC860VxWorks 的嵌入式系统开发.微计算机信息,2007,6-2
- [2] 王金刚等.基于 VxWorks 的嵌入式实时系统设计.清华大学出版社,2004-10.
- [3] 王学龙.嵌入式 VxWorks 系统开发与应用.
- [4] 周启平,张扬.VxWorks 下设备驱动程序及 BSP 开发指南.中国电力出版社,2004-09.
- [5] <http://www.freescale.com.cn/>

作者简介:刘红甫(1979-),女(汉),河北保定人,中国科学院沈阳自动化研究所,在读硕士,研究方向:计算机应用。

**Biography:** LIU Hong-fu (1979-), female (Han), Shenyang Institute of Automation, majoring in computer applications (110016 沈阳中国科学院自动化研究所)刘红甫 曲道奎 (100039 北京中国科学院研究生院)刘红甫 (100038 北京新松佳和电子系统股份有限公司)刘红甫 樊双丽 曲道奎

(Shenyang Institute of Automation, Chinese Academy of Science, Shenyang 110016, China) LIU Hong-fu QU Dao-kui (Graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100039, China) LIU Hong-fu (Beijing Siasun Control System Co., Ltd, Beijing 100038, China) LIU Hong-fu FAN Shuang-li QU Dao-kui 通讯地址:(110016 沈阳中国科学院自动化研究所 刘红甫

### (上接第 64 页)

#### 3.4 用 BusyBox 建立 RAMdisk 根文件系统

BusyBox 是一个很成功的开源软件,它集成了一百多个最常用的 Linux (如 cp, sh, ls, init, gzip 等)和工具软件,甚至集成了一个 http 服务器和一个 telnet 服务器,并且支持 Glibc 和 uGlibc,用户可以非常方便地在 BusyBox 中定制所需的应用程序。几乎所有的嵌入式 Linux 都使用 BusyBox 作为工具。

RAM disk 是存在于 RAM 中并且功能犹如块设备,由于其上的内容断电不保护,所以 RAM disk 通常会从经压缩的磁盘文件系统(例如 ext2)加载其内容。具体的创建过程如下:为根文件系统建立一个空的文件系统映像并对其初始化,建立文件系统并且安装它,将根文件系统复制到 RAM disk 后卸载它,使用 gzip 命令压缩文件系统产生一个经压缩的 RAM disk。

## 4 结束语

本文给出了一种基于 ARM9 处理器的 PC/104 总线解决方案,硬件采用以 ATMEL 公司的 AT91RM9200 为核心的处理器模块很好地实现了 PC/104 总线接口,软件上完成了 Linux 操作系统的移植。该方案完全符合 PC/104 规范,充分体现了模块化、标准化、小型化和低功耗等特性,与传统 X86 为核心的 PC/104 模块相比,突出的特点是低成本、散热小和灵活性好。目前该模块在智能控制预测工程应用中运行稳定,可以完全取代传统的 PC/104 处理器模块,并且经过进一步的模块扩展即可以完成特殊场合的定制需要。

本文作者创新点:本文给出了一种以 ARM9 为核心的 PC/104 处理器模块完整解决方案,为其他的应用 PC104 处理器的场合提供了可选方案。

项目经济收益:本项目研究形成的网络流量控制算法可应用于网络视频领域及路由器,预期年经济效益 200 万元。根据赛迪顾问最新推出的《2006 年第二季度中国路由器市场分析报告》表明,2006 年第二季度中国路由器市场快速增长,出货量达到 10.09 万台,同比增长率达到了 16.8%。如果每套设备应用该技术收取 50 元专利费计算,在路由器市场每年有 30000 套使用该技术,年经济效益可达 150 万元;网络视频领域有 10000 套使用该技术,年经济效益 50 万。

### 参考文献

- [1] PC/104 Specification [M]. Version 2.5. PC/104 Embedded Consortium, November 2003
  - [2] AT91RM9200 datasheet[M]. Atmel Corporation, 2005.
  - [3] Alessandro Rubini. Linux 设备驱动程序[M]. 第 2 版. 北京:中国电力出版社,2003.
  - [4] 喻强,戴晓明,徐峥.基于 Intel815E 芯片组的 PCI-104CPU 模块设计[J].微计算机信息,2006,14: 35-36
- 作者简介:赵捷(1957-),男,天津市人,天津工程师范学院计算机系副教授,主要从事计算机应用研究。

**Biography:** ZHAO Jie, male, born in 1957, Tian Jin, Department of Computer, Technology and Education Institute of Tian Jin, adjunct professor, mostly research computer application.

(300222 天津 天津工程师范学院计算机系)赵捷 张兴会 (100876 北京 北京邮电大学电信工程学院)肖珂 通讯地址:(300222 天津 天津市河西区柳林东天津工程师范学院计算机系)赵捷

# 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](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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\[可实现读写的源码\]](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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](#)