

Application Design of NAND FLASH in WINCE. NET System

ZHANG Wei , HU Chen , ZHANG Zhe

(ASIC Engineering Center , Dept. of Electronic Engineering Southeast University , Nanjing 210096 , China)

Abstract : This paper presents an application design of NAND Flash in WINCE. net system. The principle and the differences of NAND Flash and NOR Flash were introduced and the hardware connection design and the implementation of flash media driver in Windows CE. net system and how to adjust the register of memory controller to control the timing in order to optimize the read and write operation were described. After the optimization , the average speed of reading NAND Flash is about 1.3 Mbyte/ s and speed of writing is about 0.8 Mbyte/ s. The NAND Flash driver has been tested by Microsoft 's Windows CE test kit - CETK and runs well on this PDA system.

Key words : NAND Flash ; embedded system ; BINFS ; storage management ; block
EEACC : 6150P

NAND FLASH在 WINCE. NET 系统中的应用设计

张 伟,胡 晨,张 哲

(东南大学电子工程系 ASIC 中心,南京 210096)

摘 要 : 提出了一种 NAND Flash 在 WINCE. net 系统中的应用方案设计。首先介绍了 NAND Flash 原理及与 NOR Flash 的区别,接着介绍了系统硬件设计方案和 WINCE 系统下 NAND Flash 驱动的设计与实现,并且详细描述了如何调整处理器存储控制器的寄存器来控制 NAND Flash 的读写时序,以达到对其读写速度进行优化的目的。经过优化后系统读取 NAND Flash 的平均速度可以达到约 1.3 Mbyte/ s,写入速度可以达到约 0.8 Mbyte/ s。此驱动通过了微软的测试工具 CETK 的测试,在实际的系统环境中运行稳定。

关键词 : NAND Flash ; 嵌入式系统 ; BIN 文件系统 ; 存储管理 ; 块

中图分类号 : TP331.2

文献标识码 : A

文章编号 : 1005-9490(2006)02-0573-04

随着嵌入式系统产品的发展,对大容量低功耗存储需求日益增强。目前,用于嵌入式产品中的非易失性存储介质^[1]主要有 NOR Flash 和 NAND Flash。NOR Flash 的读取速度快,而且具有 XIP (eXecute In Place) 特性,多用于小容量的代码存储。而 NAND Flash 相对于 NOR Flash 来说具有容量大、价格便宜、写入和擦除速度快等优点,因而在各种嵌入式产品中被广泛用作大量的数据存储。

本文采用 INTEL 的 PXA255 处理器,32M 的 SDRAM,使用 1M 的 NOR Flash 作为启动代码存储,32M 的 NAND Flash 作为系统和数据存储,并和液晶显示屏,音频触摸系统等一起构成一个功能

强大的嵌入式硬件系统,软件系统采用微软的嵌入式 Windows CE。此系统可以用于掌上电脑等电子消费用品或其它工业控制系统当中,具有广阔的市场前景。

1 NAND flash 介绍

NAND 和 NOR 是目前市场上两种主要的非易失性闪存技术。1988 年,Intel 首先开发出 NOR flash 技术,彻底改变了原来由 EPROM 和 EEPROM 一统天下的局面。紧接着,在 1989 年,东芝公司发展了 NAND flash 的结构。NAND flash 的单元尺寸几乎是 NOR 器件的一半,由于生产过程

更为简单,NAND 结构可以在给定的模具尺寸内提供更高的容量,也就相应地降低了产品的价格。而且,它的写入和擦除速度很快,因此,其主要功能是大容量的数据存储。

NAND 器件使用复杂的 I/O 口来串行地存取数据,各个产品或厂商的方法可能各不相同。8 个引脚用来传送控制、地址和数据信息。NAND 读和写操作采用以块为单位,这一点有点像硬盘管理此类操作,很自然地,基于 NAND 的存储器就可以取代硬盘或其它块设备。在 NAND 闪存中每个块的最大擦写次数是一百万次,而 NOR 的擦写次数是十万次。NAND 存储器除了具有 10 比 1 的块擦除周期优势,典型的 NAND 块尺寸要比 NOR 器件小 8 倍,每个 NAND 存储器块在给定的时间内的删除次数要少一些。

2 硬件方案设计

本文以韩国三星公司的 K9F5608U0X 系列 NAND Flash 为例说明 NAND Flash 在嵌入式 WINCE.NET 系统中的使用方案。

系统平台

硬件: Intel 公司 XSCALE 架构的 PXA255 处理器, 400 MHz, Intel 公司 1MByte 的 NOR Flash, 32 Mbyte SDRAM, 32 Mbyte eSamsung K9F5608U0C, NAND Flash

引脚功能说明

K9F5608U0C(结构见图 1)是 Samsung 公司生产的 32M ×8 bit 的 NAND Flash 存储器,它的工作电压为 3.3 V,内部存储结构为 528 byte ×32 Pages ×2 048 Blocks^[2]。页大小为 528 byte,块大小为 (16 k + 512) byte。

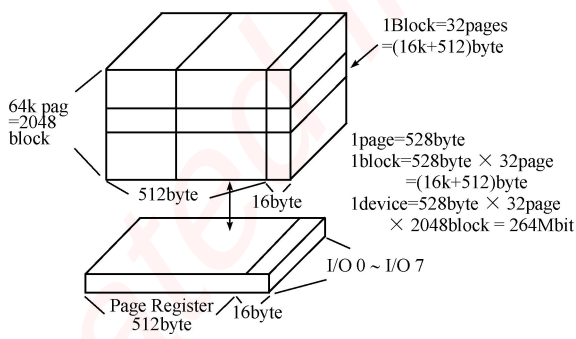


图 1 K9F5608U0C 存储器结构图

其各主要引脚如下:

I/O1~I/O8:数据输入输出, I/O 口常用于指令和地址的输入以及数据的输入/输出,其中数据在读的过程中输入。当芯片没有被选中或不能输出

时, I/O 口处于高阻态;

/CE:片选信号,低电平有效,用于控制设备的选择。当设备忙时,/CE 为高电平而被忽略,此时设备不能回到备用状态;

/WE:写使能信号,用于控制 I/O 口的指令写入,同时,通过该端口可以在/WE 脉冲的上升沿将指令、地址和数据进行锁存;

/RE:读使能信号,用于控制数据的连续输出,并将数据送到 I/O 总线,在/RE 的下降沿时,输出数据才有效;

CLE:命令锁存信号,在/WE 的上升沿且 CLE 为高电平时将指令锁存;

ALE:地址锁存信号,在/WE 的上升沿且 ALE 为高电平时将地址锁存;

WP:写保护信号,低电平有效;

RY/BY:就绪/忙输出, RY/BY 的输出能够显示设备的操作状态。RY/BY 处于低电平时,表示有编程、擦除或随机读操作正在进行。操作完成后, RY/BY 会自动返回高电平。

与处理器的连接

本文采用 GPIO 口方式来控制 NAND Flash,具体的读写操作要通过驱动程序来实现。

由于 NAND Flash 考虑到除了读写以外还有命令操作,所以 NAND Flash 的使能信号/CE 由单独的 GPIO 口由驱动控制,而不直接由处理器的片选信号/CS 来控制,这样加上 ALE、CLE 和 R/B 信号总共要用四个 GPIO 口。而读写信号则由 PXA255 的读写信号和片选信号/CS 经或门得到。NAND Flash 的八个 I/O 口接在数据总线的低 8 bit 上。这样就实现了 NAND Flash 同 PXA255 的连接。具体的读写操作要通过驱动程序来实现。图 2 是 NAND Flash 与处理器的硬件连接示意图。其中 CLE、ALE、/CE、R/B 直接连到 PXA255 的

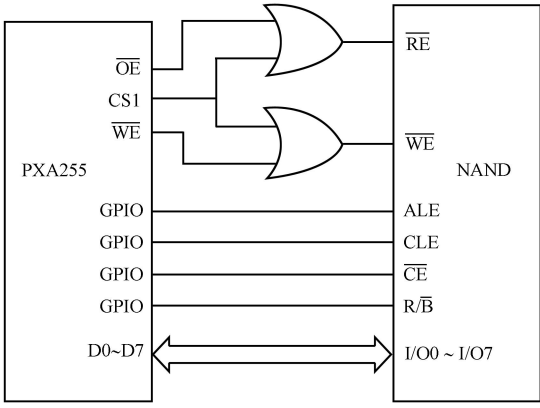


图 2 硬件连接图

GPIO 口。而/ RE 和/ WE 则是 PXA255 的读写信号和片选信号经过或门而得到的。

3 软件实现

WINCE 的存储管理器^[5] (Storage Manager) 负责管理外围存储设备所使用的文件系统和块设备驱动程序^[5] (Block drivers), 它由三部分组成, 包括块设备驱动管理器(Block Driver Manager)、分区驱动管理器(Partition Manager)和文件系统驱动管理器 (File System Driver Manager)。外围的存储设备包括 FLASH、硬盘、CD - ROM 和 CF 存储卡等存储介质, 它们通过块设备驱动程序向上提供统一的流驱动^[7]接口。

WINCE.NET 系统将 Flash 的驱动分为 FAL 层(flash abstraction layer)和 FMD 层(flash media driver)。FMD 层包括与芯片相关的操作代码如读、写和擦除等, FAL 层包括对 flash 的管理和使用机制的实现。这两部分链接得到 flash 的完整的块设备驱动, 提供给上层的文件系统使用。

图 3 是 flash 驱动的软件结构图。微软提供了 FAL 层的实现, 我们的主要工作是实现 FMD 层, 提供芯片的操作接口函数。时序分析和函数实现。

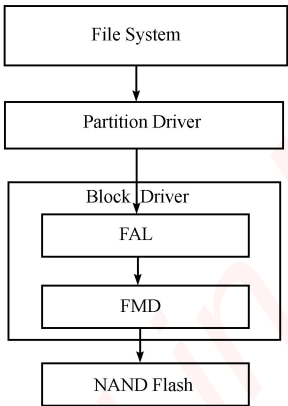


图 3 软件结构图

要对 NAND Flash 进行操作, 首先必须确定它的地址。根据硬件的连接方式, 从处理器用户手册可以确定片选/ CS 对应的物理地址, 在 WINCE 系统用户模式下使用的地址是经过 MMU 转换后的虚拟地址。在初始化函数 FMD_Init 中, 通过 VirtualAlloc 和 VirtualCopy 两个系统函数, 将对物理地址的操作转换为对虚拟地址的操作, 这个函数还完成对其它几个 GPIO 口的配置。得到 NAND Flash 的入口地址后, 就可以对它进行读写等操作了。

由于 NAND Flash 在读写时可能会出现位翻转^[8]的错误, 所以读写时需要进行数据的校验。目前

NAND Flash 中多采用 ECC 算法^[3]来校验和纠错, 能发现并纠正数据中 1 bit 数据的错误。

读操作

图 4 是 NAND Flash 的读操作时序图。NAND Flash 的读操作是以 page 为单位进行的, 每次读取 528 byt ,512 byt 为基本数据, 16 byt 的附加信息。

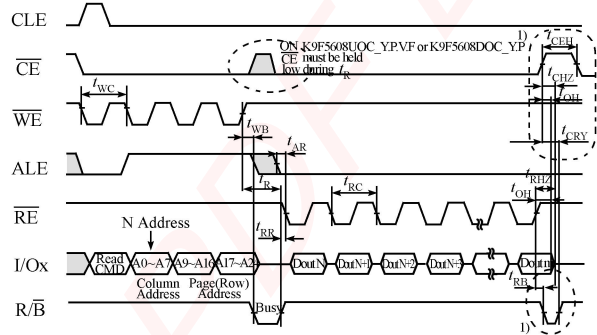


图 4 读操作时序

由图 4 可知, CLE 信号有效时通过 IO 口向命令寄存器发送读命令 00H。此时 NAND Flash 处于写状态, 因此 WE 有效, RE 无效。发送命令后, 接着发送要读的地址, 该操作将占用/ WE 的 1、2、3 个周期。注意, 此时发送的是地址信息, 因此 CLE 为低, 而 ALE 为高电平。当信息发送完毕后, 不能立刻读取数据, 因为芯片此时处于 BUSY(忙)状态, 需要等待 2~20 ms。之后, 才能开始真正的数据读取。此时/ WE 为高电平而处于无效状态, 同时 CE 片选信号也始终为低以表明选中该芯片。

每读出一个扇区的数据后, 需要计算 ECC 校验和, 再跟从附加块里面读出来的校验和比较, 如果不一样则说明出现了错误, 需要进行修复。

写操作

写操作流程与读操作基本类似。写操作时, CLE 信号有效时通过 IO 口向命令寄存器发送写命令 80H。接着发送写操作的地址, 该操作同样占用三个/ WE 周期, 地址信息输入完后, 等待芯片就绪时再发送数据, 数据写入时芯片处于 BUSY 状态, 等芯片再次处于就绪态时, 写操作就完成了。

每次写完一个扇区的数据, 同样需要计算 ECC 校验和并写到 NAND Flash 每页的附加字节区, 以供读数据的时候校验用。

擦除

擦除操作和读写不同, 是以 Block 为单位进行的。擦除时先在 CLE 信号有效时通过 IO 口向命令寄存器发送 Erase 命令 60H, 然后发送 Block 序号, 接着是 Erase 的确认信号 D0H, 在确认后芯片开始擦除, 这时芯片处于 Busy 态, 等芯片重新处于就绪

态时,可以读芯片状态,如果输出为 70 H,则说明擦除成功。

4 时序调整和优化

Nand Flash 是直接接在总线上的高速存储设备,操作时序对数据读写速度和正确性有非常重要的影响。前面主要讨论了各个操作的流程,下面对总线的读取时序调整作一些说明。

在 PXA255 平台上,对于静态存储器^[4] (Static Memory),其静态存储器的分区上的存储芯片的读写延时都由存储控制器的 MSC 寄存器设置。根据本文的硬件连接方案,Nand Flash 的时序由 MSC0 寄存器的高 16 bit 控制^[4]。MSC 寄存器的结构见图 5。

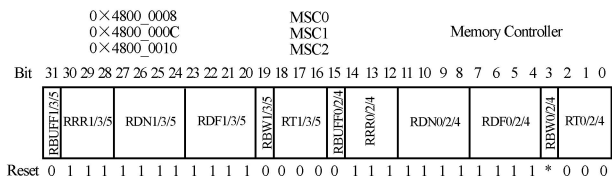


图 5 MSC 寄存器的结构

这里最主要的是 RDN (ROM delay next access) 域的配置,RDN 表示连续访问的时间延迟。该参数对于数据的读取影响最大。按照 Nand Flash 的数据输入时序可知连续读取的延迟是 t_{wc} ,读取时序中是 t_{rc} ,对于 RDN 域应该选用这两者的较大者。由 Nand Flash 用户手册可知,两者都应大于 50 ns^[2]。

RDN 域的设置是以 memclk (存储时钟信号) 为单位的,在此系统中 memclk 设置为 99M,一个 memclk 大约为 10 ns。所以, t_{wc}/t_{rc} 应该是 5 个 memclk。按照寄存器定义,RDN 设置的值加上一个 memclk 为延迟时间,所以我们在这里应该设 4。在硬件连接上/CS 片选和读写信号经过了一个或门,所以信号被延迟了,最终调整为 5。

经过时序的调整后,此 NAND Flash 驱动完全通过了微软的 Windows CE 系统测试工具 CETK^[5]

的存储设备驱动测试 (Storage Device Block Driver Test)。测试结果见表 1。

表 1 测试结果

时间	测试项目				平均速度 / kbyte
	16 sector	32 sector	64 sector	128 sector	
读取/ ms	5	11	23	49	~1337
写入/ ms	9	19	39	81	~855

上表中的 sector 为 512 byte 大小,表中的时间是用 api 直接访问 Nand Flash 的平均时间,经过上层文件系统的封装后,访问速度比上表中的平均速度要小。

5 结束语

本文介绍了在嵌入式 WINCE. NET 系统平台上,使用 NAND Flash 作为存储设备的一种方案,详细介绍了硬件连接方案和软件接口的实现。使用该方案的 Wince 系列产品系统运行稳定,并且成本也有所降低。此方案已经在江苏东大集成电路系统工程技术有限公司 Wince 系统的 PDA 产品中投入使用,并取得良好效果。该方案可以在同类嵌入式产品中推广使用,具有广阔的应用前景。

参考文献:

[1] 陈向群 王雷等编著. Windows CE. NET 系统分析及实验教程 [M]. 机械工业出版社

[2] Samsung NAND Flash Memory[S],Memory Product & Technology Division, March 2000.

[3] NAND Flash ECC Algorithm[S], Samsung Electronics Co., LTD, June 2004.

[4] Intel PXA255 Processor Developer's Manual[S], Intel Corporation, March 2003.

[5] Microsoft Windows CE. NET Help[S].

[6] 骆丽 译. 嵌入式系统设计[M], 北京航空航天大学出版社.

[7] Programming Microsoft Windows CE . NET[M], Third Edition, Douglas Boling, Microsoft Press ©2003.

[8] Seiichi Aritome, Riichiro Shirota, Gertjan Hemink. Reliability Issues of Flash Memory Cells, [J]. IEEE. May 1993. 81 (5).

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)
92. [具有 VME 总线的车载安全计算机 MVB 通信板卡](#)
93. [SD 卡的传输协议和读写程序](#)
94. [基于 SCTP 的 TLS 应用](#)
95. [基于 IPv6 的静态路由实验设计](#)
96. [基于 MVB 的地铁列车司机显示系统研究](#)
97. [基于参数优化批处理的 TLS 协议](#)
98. [SSD 数据结构与算法综述](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)
69. [基于 VxWorks 平台的 SCTP 协议软件设计实现](#)
70. [VxWorks 快速启动的实现方法\[上电到应用程序 1 秒\]](#)

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)
33. [基于双核 MPC8641D 处理器的计算机模块设计](#)
34. [基于 MPC8641D 处理器的对称多处理技术研究](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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 CPUGPU 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](#)
41. [EFI-Tiano 环境下的 AES 算法应用模型](#)
42. [EFI 及其安全性研究](#)
43. [基于 UEFI Shell 的 PreOS Application 的开发与研究](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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. [用 IPv6 编程接口实现有连接通信的方法](#)

邀请注册码



关注论坛公众号

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. [FPGA 的 VHDL 设计策略](#)
16. [用 FPGA 实现串口通信的设计](#)
17. [GPIB 接口的 FPGA 实现](#)

邀请注册码



关注论坛公众号