

# 基于 Windows CE 的数控软件开发与实现

CNC Software development based on Windows CE

(华南理工大学) 雷鸣 刘其洪 黎鹏 徐文斌  
LEI Ming LIU Qi-hong LI Peng XU Wen-bin

摘要: 本文介绍了嵌入式 Windows CE 系统在数控加工应用领域的平台定制,提出了在 Windows CE 下的嵌入式数控加工系统的软件架构,探讨了嵌入式数控软件主要功能模块及其关键实现技术。

关键词: 嵌入式系统; 数控系统; Windows CE  
中图分类号: TP302 文献标识码: A

Abstract: This paper makes a brief introduction of the customization of Windows CE system oriented to CNC, presents the software structure of embedded CNC based on Windows CE, discusses main function modules of embedded CNC and the key points of their achievement.

Key words: Embedded OS; CNC; Windows CE

## 引言

传统的数控系统是一种专用的、封闭体系结构的 CNC 系统。各数控厂家出于商业利益的需要,在数控系统的设计上形成各自独立的标准和体系,造成数控系统硬件平台的专用性,软件结构的不可移植性。这种封闭型和单一性严重影响了数控技术的发展和普及。

嵌入式设备及其操作系统的出现,有利于打破现有数控系统的封闭性,形成开放式数控系统设计模式。嵌入式系统的种类有很多,应用较广的有 Windows CE、Linux 等。WinCE 是一种为多种嵌入式系统和产品设计的紧凑、高效、可升级的操作系统。WinCE 采用标准模式,其最主要的特征是为有限的硬件资源提供了多线程、多任务和完全优先级的计算环境。本文探讨了在 Windows CE 系统下,如何开发高效稳定的嵌入式数控系统。

## 1 Windows CE 系统内核的定制

嵌入式系统上应用软件的开发离不开底层系统的支持,Windows CE 系统下应用程序架构如图 1 所示。

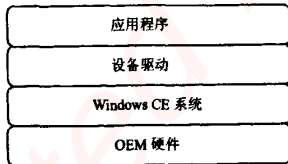


图 1 Windows CE 系统下应用程序架构

Fig1 The Structure Of Application Software In Windows CE System

由于应用环境的多样性,需要对 Windows CE 系统做不同的内核定制。可采用微软公司的 Platform Builder 集成开发环境,针对数控加工应用的特点,添加、删除和修改某些系统模块,包括添加串口通信支持, FAT 文件支持(以支持 U 盘快速传送 G 代码文件), ActiveSync 支持(与 PC 宿主机的通信支持)

雷鸣: 硕士

等。此外,还应将注册表模式修改为 HIVE 模式,以备掉电后将数据存放到 FLASH 中保存。

## 2 嵌入式数控系统软件结构

采用模块化设计有助于构建清晰的程序框架,提高协同开发能力和编程效率,增强代码的复用率。嵌入式数控系统软件模块划分如图 2 所示。

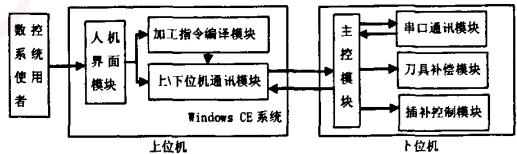


图 2 上/下位机软件模块划分

Fig2 The Division Of Software Modules In Upper/Down monitors

数控系统使用者首先在 PC 机上完成零件模型建立和编辑,生成加工代码文件。然后将 NC 代码文件传输至嵌入式数控平台。在嵌入式平台上完成对 NC 代码的数据挖掘,提取数控加工信息并传送到下位机处理器。下位控制器利用其高速运算的能力,完成插补运算和伺服电机控制。

Windows CE 系统在上位机运行。Windows CE 系统非强实时性系统,因此实时性要求较高的任务(如刀补运算,插补运算),均放在下位机运行。而像人机交互这种实时性要求不高,但事件机制较复杂的任务,则放在上位机实现,以 Windows CE 系统的内核支持来降低交互式操作开发的难度。

## 3 主要功能模块及其关键实现技术

### 3.1 人机界面模块

人机界面模块是用户与数控加工平台交互的接口。人机界面包括如下操作:加工代码的编辑和保存;各种系统参数的设定;加工过程的同步动态仿真;获取数控设备的位置,速度,故障信息,反馈给用户;文件操作等。

Windows CE 出于精简内核的需要,对传统的 WIN32 图形

技术创新

库改动较大,较多图形类 API 被移除。在实际开发中为满足图形显示需要,需要自写绘图函数。数控仿真用到的绘图函数主要有:曲线绘图类(圆弧,抛物线绘制)、绘图区动态缩放、图形的保存与重绘。可将以上函数通过测试后封装成库,在主程序中调用。

### 3.2 加工指令编译模块

数控加工指令主要是由完成各种准备功能的 G 代码和辅助功能的 M 代码组成。译码器的作用是读入已编辑好的数控代码,对指令进行词法和语法检查,提取刀位特征,生成刀位文件,最终转换为驱动加工模型运动的数据。

译码的方式可分为两类:解释模式和编译模式。

**解释模式:**将 G 代码分割为若干小段,每段包括 3~4 行。以段为单位,解释完本段 G 代码后,随即调用刀具补偿模块,完成刀具补偿。之后把这段经过处理的代码发送下位机,进行插补控制。解释模式具有简单、易行的特点,能够方便地在加工过程中动态插入指定代码。其不足之处在于译码效率较低,代码的串行发送又极大地限制了加工效率,而且人为地分割 G 代码也破坏了代码原有的统一性。

**编译模式:**预先对整个 G 代码文件进行编译,生成临时代码文件。之后将整个代码文件发送到下位机。在下位机上调用刀具补偿模块,对代码进行刀具补偿。编译模式能够较好地解决固定循环指令,子程序以及各种跳转指令的问题,维护代码自身的统一性。由于是统一编译,统一执行,加工效率也比解释模式高,故译码器的设计上采用编译模式。译码器的编译流程如图 3 所示。

(1)词法分析:扫描 NC 程序,判别是否有不可识别字符。如果有,则给出错误信息。

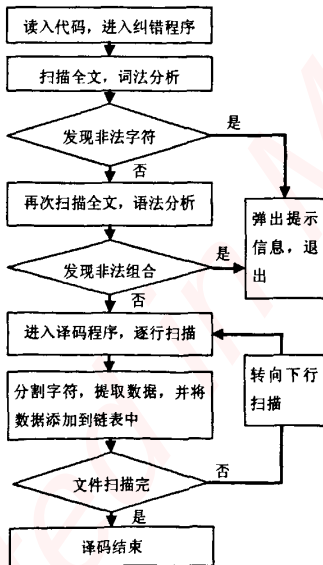


图 3 译码器编译流程图

Fig3 The Compiling Flow Figure Of Encoder

(2)语法分析:规则与匹配的问题。针对数控程序特点,检查输入代码合理性。若检查出错误组合,则给出错误信息。若检查出无效组合,则设定其无效。例如:F 指令只对 G01,G02,G03 有效,对 G00 无效。

(3)语义分析和译码:设计一个加工信息类 CDrawInfo,用

于保存译码得到的数据。为了保存整个代码信息,还需要设计一个链表类 CListInfo。CDrawInfo 类的设计如下:

```
class CDrawInfo: public CObject{
public:
    CDrawInfo();
    virtual ~CDrawInfo();
    UINT m_SerialNum; //加工序号
    CPoint m_ptPrev; //前一点坐标
    CPoint m_ptNext; //后一点坐标
    CPoint m_ptCenter; //圆心坐标
    UINT m_gcodeFun; //G 代码类型
    CDrawInfo& operator=(CDrawInfo&); //赋值运算符重载
};
```

译码程序执行时,首先建立一个 CDrawInfo 类的临时对象 drawtemp。而后逐行提取代码的数据信息,并将其赋值到 drawtemp 对象中。本行读取完毕,再把 drawtemp 保存到链表 CListInfo。CListInfo 的声明如下:

```
CList <CDrawInfo,CDrawInfo&> listinfo;
```

如此循环操作,直至所有的 NC 代码都被提取出来并添加到链表 listinfo 中。

### 3.2 刀具补偿模块

单纯经过译码处理之后的加工代码,并不能直接用作插补加工,还需要经过刀具补偿计算。刀具补偿包括刀具长度补偿和刀具半径补偿。刀具长度补偿是为了使刀具顶端到达编程位置而进行的刀具位置补偿。刀具半径补偿是因为数控加工代码通常是按照刀具中心轨迹编辑的,但在实际加工中参与切削的是刀具的外缘,为此需要补偿一个半径值。

### 3.3 插补模块

无论选用哪种控制芯片做插补器,插补的原理都是相同的。为满足实时、动态输出控制脉冲的需要,一般都是利用硬件定时器做定时中断,中断后即输出控制脉冲。通过修改定时寄存器数值,即可改变输出脉冲频率,实现转速控制。再通过对输出脉冲个数的计数,实现位移控制。以椭圆插补为例,采用逐点比较插补法。该方法的核心是通过逐点地比较刀具与所需插补曲线的相对位置,确定刀具的坐标进给方向,从而加工出零件的轮廓。插补循环包括如下四步:偏差判别、进给、新偏差计算和终点判别。

选取偏差判别式  $F=b^2x^2+a^2y^2-d^2b^2$ ,插补点坐标  $x_{i+1}=x_i+r_x \cdot t_i \cdot \delta$ ,  $y_{i+1}=y_i+r_y \cdot t_y \cdot \delta$ 。其中, $r_x, t$  为开关变量。 $r$  为正负进给量判断,只取 1 或 -1 值; $t$  为进给与否判断,只取 0 或 1。对于不同象限,进给方向及进给轴的选取都不一样。通过设定进给开关量,即可控制插补点位置。单一象限内插补运算较容易实现。对于多象限插补,需要在过象限时做特殊处理。相应的算法处理如下:

- (1)判断起始点、终止点所在象限。
- (2)结合转向(顺/逆时针),规划进给路径,即穿越象限编号。
- (3)结合路径中的象限编号,逐象限插补运算。

程序实现部分源代码如下:

//路径规划函数

```
bool CrossQuadrant(int quad_bgn, int quad_end, int direction,
int x_s, int y_s, int x_e, int y_e,
int* pCrossQuad){
```

技  
术  
创  
新

```
int CrossPart[5]; //穿越象限编号数组
.....
for(i=0;i<5;i++){ //初始化为-1
CrossPart[i]= -1; }
nCurPart= quad_bgn; //起始象限编号
if(nCurPart== quad_end){ //起始点、终止点在同一象限
if((nCurPart==0) || (nCurPart==2)){ //若在第 1,3 象限
if(fSlope_bgn>fSlope_end){ //斜率判断
if(direction== ClkWs){ //这种情况下,只走过本象限
blnCross= FALSE; //置标志位
}}}
.....
else{ //起始点在不同象限
do{
j++;
if(direction== ClkWs){ //顺时针
nCurPart--;}
else{ //逆时针
nCurPart++; }
if(nCurPart <0){ //若前一象限为第一象限,且顺时针转
nCurPart=3; } //则后一象限换为第四象限
if(nCurPart >3){ //若前一象限为第四象限,且逆时针转
nCurPart=0; } //则后一象限换为第一象限
CrossPart[j]= nCurPart;
}while(nCurPart != quad_end); }
```

## 4 小结

本文介绍的嵌入式数控软件已成功应用于数控玻璃雕刻机系统中,现场生产试验表明,系统运行效果良好。Windows CE 嵌入式操作系统的出现为数控系统的应用开辟了新的领域,但由此也带来了软件开发上的复杂性。在嵌入式数控系统软件的开发过程中,必须针对数控加工的特点,对 Windows CE 系统内核进行裁减定制,同时结合嵌入式硬件的具体情况,对代码进行合理优化,减少内存开支和不合理的 CPU 占用,完成在嵌入式硬件上的编程。本论文在数控软件结构的合理构建以及开发的关键实现技术上做了有益的探讨。

本文作者创新点:在对数控平台应用进行 Windows CE 系统定制的基础上,提出了嵌入式数控开发的软件架构。并对传统插补算法加以改进,解决插补数据过象限突变问题。

本系统已成功应用于作者所在数控实验室的玻璃雕刻机中。与传统雕刻系统相比,本系统能节省设备成本 30%~40%,加工时间缩短 20%左右,已累计产生经济效益数十万元。

### 参考文献

- [1]王典洪.基于 WinCE 的步进电机驱动程序设计[J].微计算机信息.2007(6):62-64
  - [2]陆巍,傅建中.嵌入式数控系统图形用户界面开发研究[J].机床与液压.2006(9):219-221
  - [3]袁峰.基于 UC 的产品数字化设计与制造[J].机械工程师.2006(2):103-105
  - [4]李郝林.方键.机床数控技术[M].机械工业出版社.2002:168-180
- 作者简介:雷鸣(1985-),男(汉族),河南省信阳市人,华南理工大学机械工程学院硕士研究生,研究方向为数字制造及计算机应用。

**Biography:** LEI Ming (1985-), male (Han nationality), Henan province, School of Mechanical Engineering, South China University of Technology, graduate student, main research in numerical manufacture and its computer application.

(510641 广州 华南理工大学机械工程学院)雷鸣 刘其洪 黎鹏 徐文斌

(School of Mechanical Engineering, South China University of Technology, Guangzhou 510641)LEI Ming LIU Qi-hong LI Peng XU Wen-bin

通讯地址:(510641 广州 华南理工大学机械工程学院)雷鸣

(收稿日期:2008.09.03)(修稿日期:2008.10.15)

(上接第 210 页)

比较高的高压运放,因此本系统纹波抑制比高,系统稳定性好。实验和应用证明,该电源在电压 0~180V 可调范围内,输出电压稳定,线性度好,静态纹波小,动态性能好,可靠性高,能满足微操作系统中微动工作台的要求,同时也适用于其他不同场合的要求。该系统结构简单,易于实现,性价比高,在实际使用中创造出良好的经济效益。

### 参考文献

- [1]周亮,姚英学,张宏志.低纹波快速响应压电陶瓷驱动电源的研制[J].压电与声光,2000,22-4:237-239
- [2]赵东方,唐红雨,朱伟兴.基于 FPGA 的  $\Sigma$ - $\Delta$ D/A 转换器设计与实现[J].微计算机信息,2005,21-7:99-100
- [3]李雄,段吉海,胡媛媛等.基于 VerilogHDL 的 UART 设计[J].微计算机信息,2006,22-6:230-232
- [4]李福良.基于 PA85 的新型压电陶瓷驱动电源[J].压电与声光,2005,27-4:392-394

[5]Apexmicrotech 公司技术手册, <http://www.Apexmicrotech.com>  
作者简介:杨雪峰(1979-),男(汉族),山西省临汾市人,中国矿业大学机电工程学院博士,主要从事微机电系统设计。

**Biography:** YANG Xue-feng (1979-), male, China University of Mining and Technology, Doctor, Mechanical Design and Theory, research orientation: Micro Electro mechanical system (MEMS).

(221008 江苏 徐州 中国矿业大学机电工程学院)杨雪峰 李威 王禹桥

(China University of Mining & Technology, Mechatronics Engineering College, Xuzhou 221008, China)YANG Xue-feng LI Wei WANG Yu-qiao

通讯地址:(221008 江苏省徐州市 中国矿业大学机电工程学院博研 2006)杨雪峰

(收稿日期:2008.09.03)(修稿日期:2008.10.15)

## 书 讯

《现场总线技术应用 200 例》  
55 元 / 本 (免邮资) 汇至

《PLC 应用 200 例》  
110 元 / 本 (免邮资) 汇至

地址:北京海淀区皂君庙 14 号院鑫雅苑 6 号楼 601 室  
微计算机信息 邮编:100081  
电话:010-62132436 010-62192616 (T/F)

# 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](#)
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](#)

## 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. [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.

## 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](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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](#)

## 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 技术研究与展望](#)
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](#)

## 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](#)



RT Embedded <http://www.kontronn.com>

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.