

基于 ARM 与 WinCE 的掌纹鉴别系统*

竺乐庆^{1,2}, 张三元², 幸锐²

(1 浙江工商大学计算机与信息工程学院 杭州 310018;

2 浙江大学计算机科学与技术学院 杭州 310027)

摘要: 掌纹识别是个人身份识别的一种有效手段, 而识别设备的小型化则将掌纹鉴别推向更广阔的应用领域。实现了一种基于 ARM 和 WinCE 的掌纹鉴别系统方案, ARM 处理器从数字摄像头获取掌纹图像, 提取特征, 与掌纹特征库中的对应模板比对, 根据匹配的结果给出一个开关信号量。实验证明该系统能以较高精度鉴别掌纹, 软件采用的算法具有平移、旋转不变, 光照与仿射部分不变等优点, 对手掌的姿态、距离、位置变化具有较高的容纳能力, 用非接触式的掌纹采集方式, 不需要定位装置, 充分体现该系统的用户亲和力。此外, 该系统还具有体积小、成本低、低功耗等优点, 适合应用于成本和功耗敏感的民用系统中。

关键词: 掌纹鉴别; ARM; WinCE; 角点检测; 特征描述子

中图分类号: TP391.41 **文献标识码:** A **国家标准学科分类与代码:** 520.6040

Palmprint identification system based on ARM and WinCE

Zhu Leqing^{1,2}, Zhang Sanyuan², Xing Rui²

(1 College of Computer Science & Information Engineering, Zhejiang Gongshang University, Hangzhou 310018, China;

2 College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310027, China)

Abstract: Palmprint recognition is an efficient method to identify a person. The small size of palmprint identification equipment will facilitate applications and extend application scope. This paper implements a practical schema of the palmprint identification system based on ARM and WinCE. The ARM processor acquires the palm image from a digital camera, extracts the features from the palm image and matches the feature with corresponding template in the database, finally gives out the identification result. Experimentations proved that the proposed system could identify palmprints with high accuracy. Furthermore, the proposed algorithm is invariant to image translation and rotation, and is partially invariant to affine distortion, image scale, changes in 3D viewpoint and illumination. The palmprint could be captured in contactless manner and does not need any fixing facility, which is much friendly to the users. Besides, the proposed system has the merits of small size, cost-effective and low-power, which are appropriate to be adopted in power and cost sensitive civilian applications.

Key words: palmprint identification; ARM; WinCE; corner detector; feature descriptor

1 引言

掌纹皮肤模式与生俱来且一生不变, 可以作为个人身份鉴别的依据。掌纹鉴别技术可广泛应用于管理、门禁、金融、公安和网络安全等领域^[1]。上述应用场合除了要求本身算法的可靠性外, 还要求识别设备小型化、便携化以及可升级性, 所以摆脱 PC 的束缚, 在嵌入式系统上实现掌纹鉴别更具有实用价值, 从而将掌纹鉴别推向

更广阔的应用领域。

本文提出了一种基于 ARM 和 WinCE 的掌纹鉴别系统, 采用的 ARM920T 处理器具有低价、低能耗、高性能等特征; WinCE 是微软推出的嵌入式实时多任务操作系统, 它延伸了台式机 Windows 操作系统的外部特征, 在内部用嵌入式实时操作系统的技术来实现 Win32 API 的子集, 以简捷、高效的完全抢占式多任务为核心, 支持强大的通信和图形显示功能^[2]。

收稿日期: 2008-04 Received Date: 2008-04

*基金项目: 国家自然科学基金(60473106)、国家 863 项目 (2007AA01Z311, 2007AA04Z1A5)、教育部博士学科点基金 (20060335114)、浙江省科技计划(2007C21006)资助项目

2 ARM 掌纹鉴别系统的总体设计

作为一个完整的掌纹鉴别系统应该具备如下 2 个基本功能：鉴别与注册。鉴别功能即根据用户的 ID 和采集的掌纹图像判定用户身份是否与声明的 ID 相符。注册功能即由用户指定一个 ID 并将该用户的掌纹特征添加到掌纹特征数据库。

为了实现鉴别和注册功能，将系统分为以下几个模块：图像采集模块、鉴别处理模块、输入输出模块和外部存储模块。其中，鉴别处理模块是整个系统的核心，它既要完成掌纹鉴别算法的运算，还要对其他的模块进行控制和监测。系统的结构框图见图 1。

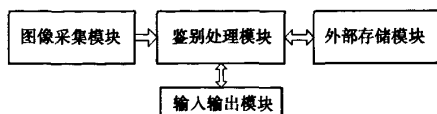


图 1 ARM 掌纹鉴别系统总体设计
Fig.1 General architecture of the system

图像采集模块主要包括数字摄像头、外接补偿光源、手掌位置传感器。本文采用了 OmniVision 公司的 OV511 网络摄像头作为图像采集设备。同时，为了保证所采集的掌纹图像质量，采集模块中还包含了外接补偿光源，本文中采用照明 LED 作光源，用照明 LED 排列的分布阵列具备平行光源的特征，从而使得被采集的手掌得到均匀光照，保证了所采集图像的质量。位置传感器采用 URM37 V3.2 超声波测距模块，当该传感器在一定距离范围内检测到障碍物时，便输出一个开关量启动图像采集设备工作。图像采集模块如图 2 所示。

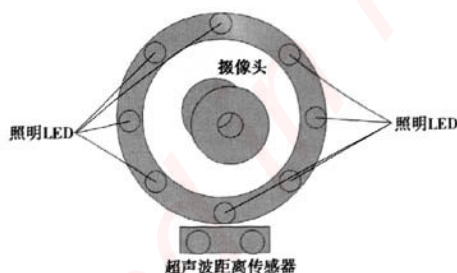


图 2 图像采集模块
Fig.2 Image acquisition module

鉴别处理模块采用的处理器选用了 SAMSUNG 公司的 S3C2440A，外接了 64 MB 的 SRAM 及 64 MB 的 Flash，Flash 上固化了嵌入式操作系统 WinCE 以及必要的应用软件如摄像头驱动和相关的图像处理软件，SDRAM 则用于运行操作系统及应用软件。

输入输出模块包括 1 块图像 LCD、触摸屏与按键，用

来控制系统运行并提示用户操作和显示系统相关信息。

外接存储模块则使用 SD 卡，或者通过网络接口连接更大的数据库。目前 SD 卡最大容量可达 32 GB，对小数据库的掌纹鉴别系统来说已足够，假如一个手掌的特征数据大小为 100 KB，则 2 GB 的 SD 卡可以存储 20 000 个手掌的特征数据。对大型数据库而言，可以通过网络连接数据库服务器，从服务器上调用相应的特征数据并进行匹配鉴别。本文中的网络接口采用的是以太网接口实现，以太网控制器是 Cirrus logic 公司的低功耗的 CS8900A。

3 ARM 掌纹鉴别系统的硬件设计

系统的硬件结构如图 3 所示。本文的掌纹图像处理及输入输出控制由 SAMSUNG 公司的 S3C2440 处理器完成。手掌到位开关通过 GPIO 口发送开启信号给 ARM 处理器。处理器在接收到该信号后开启光源并启动 CMOS 数字摄像头进行掌纹图像采集。NAND Flash 采用 64M 的 K9F1208UOM，系统启动时，由 bootloader 从 Flash 装载操作系统和应用程序文件入内存，并运行操作系统。SDRAM 采用了 2 片 32M 的 SDRAM 芯片 HY57V561620BT-H，共 64M 内存供系统使用。

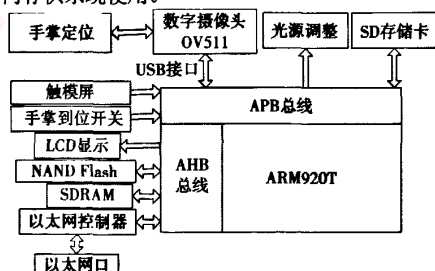


图 3 ARM 掌纹鉴别系统硬件架构

Fig.3 Hardware architecture of the system

4 ARM 掌纹鉴别系统的软件设计

本系统软件是在 windows CE 操作系统上用 EVC4.0 开发环境开发的。图 4 为该系统的主界面设计，图 4(a)为用户输入 ID 界面，图 4(b)是鉴别状态下输入无效 ID 的提示，图 4(c)为输入有效 ID 时进入掌纹采集界面，图 4(d)为匹配过程等待界面。

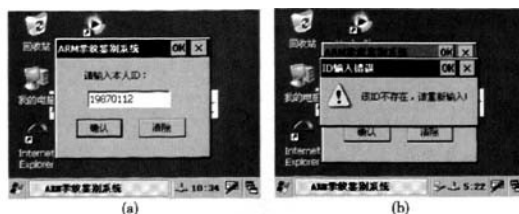


图 4 主界面设计
Fig.4 Design of the main interfaces



图4 主界面设计

Fig.4 Design of the main interfaces

本系统的软件流程图如图5所示。当需要用本系统进行掌纹鉴别时,先启动操作系统,用户从可视化界面输入相应的ID,并读取鉴别/注册开关状态,如果是注册状态,须检查该ID是否已在库中存在,如果已经存在该ID的掌纹特征数据,则需要选择是覆盖特征数据还是重新输入ID;如果是鉴别状态,也需要判断库中是否存在该ID的掌纹特征数据,如果存在,则继续进行下一步的处理,否则要求用户重新输入ID。ID数据输入结束,继续判断手掌到位开关,如果手掌已到位,开启光源并启动摄像头工作,开始采集图像,接下去的图像预处理、特征提取,特征匹配过程是本系统软件的核心部分,下面加以详细介绍。

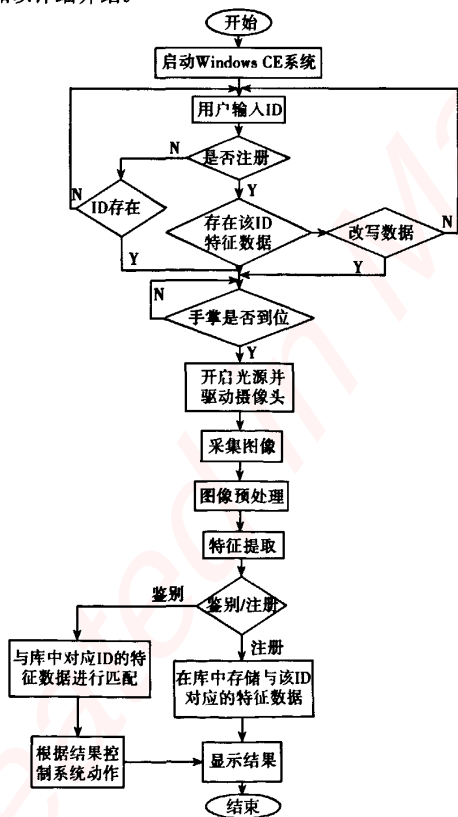


图5 ARM掌纹鉴别系统软件流程图
Fig.5 Software flow chart

4.1 图像预处理

本文的手掌图像是用非接触方式采集的,通常包含复杂的背景信息,如果直接进行灰度化并用固定阈值分割方法,很难得到普遍理想的分割效果。为了提高手掌分割的鲁棒性,本文先用均值平移(Meanshift)方法^[3],对采集的RGB图像先进行聚类,再灰度化;二值化则采用最大类间方差法(Ostu二值化)^[4];并用最大内切圆的70%半径的同心圆内部分代表有效掌纹特征区域,结果见图6。

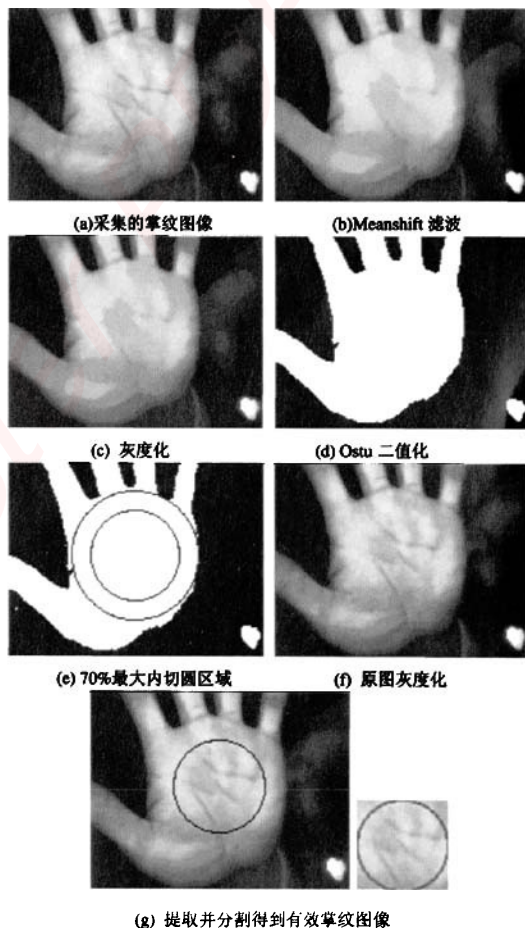


图6 掌纹图像预处理各步骤结果

Fig.6 Middle results of palm print image preprocessing

4.2 特征提取

本文用关键点与局部区域描述子的方法来描述掌纹特征,由于采集的掌纹分辨率较低。用其他的角点检测算法如 DoG(difference of gaussian)或 Harris 算法都很难提取出足够丰富和稳定的关键点。本文采用文献[5]介绍的强角点检测算法来提取关键点。图7为提取到的关键点样例。

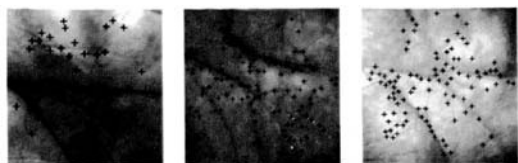


图7 提取的强角点样例

Fig.7 Examples of the extracted strong corners

由于手掌的位置和方向在一定范围内可变。因此这里引入了一种方向不变、尺度和仿射部分不变的局部区域描述子。首先为用上一步提取到的关键点赋以方向值：对 $m \times m$ 大小的高斯加权窗计算其梯度方向直方图， m 的取值与提取的有效掌纹区域大小成正比。坐标为 (x,y) 处梯度的模值和方向公式如下：

$$m(x,y) = \sqrt{(L(x+1,y) - L(x-1,y))^2 + (L(x,y+1) - L(x,y-1))^2} \quad (1)$$

$$\theta(x,y) = a \tan[(L(x+1,y) - L(x-1,y)) / (L(x,y+1) - L(x,y-1))] \quad (2)$$

每个邻域内像素的贡献由梯度幅值及与图像大小成正比的系数 σ 的高斯窗加权得到。梯度直方图的范围是 $0^\circ \sim 360^\circ$ ，其中每 10° 一个柱，总共36个柱。直方图的峰值对应为主方向，在直方图的最大值，以及大于最大值的80%的方向处创建分离的特征点。当特征点方向确定后，可以由一组 $4m \times 4m$ 像素邻域内的方向直方图集合生成特征描述子，方向直方图是相对于特征点方向的，方向数据从灰度图像计算得到；与前面计算特征点方向类似，每个像素的贡献由梯度幅值及高斯窗加权得到。直方图包括8个量化等级，而每个描述子包含关键点周围4行4列的数组，数组中每个元素即上述 $m \times m$ 像素方向直方图。这意味着每个特征点将生成 $4 \times 4 \times 8 = 128$ 个元素的特征向量。该向量经归一化后，可以增强对亮度变化的不变性。

4.3 特征匹配

首先对测试手掌的每个关键点在模板上搜索最近邻。为获得可靠的匹配，正确的匹配点应该比最接近的不正确的匹配点在特征向量欧氏距离上显著地接近，因此，一种更有效的方法是比较最近邻欧氏距离与次近邻距离比值。当最近邻与次近邻的距离比值大小为0.8时，可以去除90%的错误匹配，而只有5%的正确匹配被丢弃^[6]。一种改进的k-d树算法——最佳区间优先(best-bin first, BBF)搜索法^[6]——能以有限计算量和较高概率找到最近邻。最后用RANSAC(Random sample consensus)^[7]消除外点，查找匹配特征点之间最大一致集，与用PROSAC(PROgressive sample consensus)算法^[8]计算得到的最小内点个数比较，根据最大一致集特征点个数是否

大于最小内点个数来判断两图像是否匹配。

5 实验结果

本文用174个手掌的共348个样本（每个手掌2个样本）对系统进行了测试。用验证精度、辨识精度，平均匹配时间来评价本算法的性能。验证时，每个手掌任取一个样本作模板，另一个样本作为测试样本，共进行了174次匹配；辨识时，每个手掌的1个测试样本与其他手掌模板进行匹配，共进行了 $174 \times 173 = 30102$ 次匹配；精度定义为得到正确结果次数与总实验次数的比值。得到的结果见表1，99.94%的辨识精度表明用本文介绍的掌纹鉴别系统具有极佳的区分性能。鉴于ARM的运算能力限制，本文在掌纹识别时把捕获的 320×240 分辨率的图像帧降采样为原图像的1/4，即图像分辨率为 160×120 ，表2为二种图像分辨率模式下的性能比较。

表1 本系统掌纹鉴别性能测试

Table 1 Performance of the proposed system

测试项目	掌纹验证	掌纹辨识
测试次数	174	30102
正确响应	169	30085
精度(%)	97.13	99.94
最短响应时间/s	5.679	4.991
最长响应时间/s	81.060	71.563
平均响应时间/s	14.174	12.964

从表2可知，提高图像采样率可以一定程度提高掌纹的验证精度，然而系统的运算时间将成倍增加。通常情况下2.87%的FRR和0.06%的FAR对掌纹鉴别系统来说是可以接受的。

表2 两种图像分辨率下鉴别系统性能比较

Table 2 Comparison of system performance under different image resolutions

	图像大小/pixels	
	320×240	160×120
验证精度(%)	98.28	97.13
辨识精度(%)	99.94	99.94
平均特征提取时间/s	39.857	12.911
平均匹配时间/s	1.261	0.658
平均鉴别时间/s	41.118	13.569

另外，本系统所采用的掌纹鉴别算法具有旋转不变、平移不变、亮度和仿射部分不变等优点。在保证采集的手掌完整性的情况下，侧向的平移和旋转没有限制，尺度的允许变化范围为75%~135%，允许的视角变化范围为

±15%，弹性畸变允许范围为10 pixels。

6 结 论

本文设计并实现了一套基于ARM硬件处理器和Windows CE嵌入式操作系统的掌纹鉴别系统方案。实验表明，该掌纹鉴别系统可以实现较高验证精度和辨识精度，与基于PC的掌纹鉴别系统相比，具有成本低、体积小、重量轻、易于移动与操作、易于集成等优点。

由于ARM处理器运算能力的限制，如ARM处理器不具备浮点运算功能，203 MHz的主频决定了其运算速度远低于PC。然而本文实验所得结果十几秒的数量级也能满足实际身份鉴别系统的需要。下一步打算对系统作全面的优化处理，以进一步提高该基于ARM的掌纹鉴别系统的性能。

参考文献

- [1] 杨帆,杨瑞霞,赵玉刚,等. 基于模糊神经网络的指纹与掌纹信息融合技术[J]. 仪器仪表学报, 2006,27(6): 2313-2314.
YANG F, YANG R X, ZHAO Y G, et al. Fusion technology from fingerprints and palm-shape based on fuzzy nerve net[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument. 2006,27(6):2313-2314.
- [2] 罗毅,谭增显,吕跃刚,等. 基于WinCE的控制系统优化整定仪的设计与开发[J]. 仪器仪表学报, 2003,24(增刊1):519-521.
LUO Y, TAN Z X, LV Y G, et al. Design and development of optimizing and tuning instrument for control systems based on WinCE embedded operation system[J]. Chinese Journal of Scientific Instrument. 2003,24(suppl.1): 519-521.
- [3] COMANICIU D, MEER P. Mean shift: A robust approach[J]. IEEE Trans. Pattern analysis and Machine Intelligence, 2002,24(5):603-619.
- [4] OSTU N. A Threshold selection method from gray-level histograms[J]. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, 1979,9(1):62-66.
- [5] SHI J, TOMASI C. Good features to Track[C]. IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1994. Seattle, 1994:593-600.

- [6] LOWE D G. Distinctive image features from scale-invariant keypoints[J]. International Journal of Computer Vision, 2004,2(60):91-110.
- [7] FISCHLER M A, BOLLES R C. Random sample consensus: A Paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography[J]. Communications of ACM, 1981,24(6):381-389.
- [8] CHUM O, MATAS J. Matching with PROSAC-progressive sample consensus[C]. Proceedings of the 2005 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR'05), 2005:220-226.

作者简介



竺乐庆, 1993年于北京理工大学获得学士学位, 2006年于杭州电子科技大学获得硕士学位, 现为浙江大学图形图像实验室博士研究生, 浙江工商大学讲师, 主要研究方向为图像处理与嵌入式系统。

E-mail: zlq_26@163.com

Zhu Leqing received bachelor degree in electronics from Beijing Institute of Technology, China in 1993. In 2006 she received master degree in automation from Hangzhou Dianzi University. She is currently a PhD student in College of Computer Science and Technology, Zhejiang University, and a lecturer in Zhejiang Gongshang University. Her current research interests include pattern recognition, image processing, biometrics and embedded system.



张三元, 1986年于浙江大学获得学士学位, 1989年于浙江大学获得硕士学位, 1992年于浙江大学获得博士学位, 现为浙江大学教授、博士生导师, 研究方向为计算机辅助设计、计算机图形学、网络图论等。

E-mail: syzhang@cs.zju.edu.cn

Zhang Sanyuan received his BSc, MSc and Doctor degrees all from Zhejiang University, China in 1986, 1989 and 1992, respectively. He is currently a professor and doctorate students supervisor in Zhejiang University. His research interests include CAD, computer graphics network graphics, and etc.

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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](#)

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 COM Express 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](#)

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

16. [基于 UEFI 的 Application 和 Driver 的分析与开发](#)

Programming:

1. [计算机软件基础数据结构 - 算法](#)