

基于图像能量的布匹瑕疵检测方法

李 鑫, 许增朴, 于德敏, 王永强

(天津科技大学 机械工程学院, 天津 300222)

摘要: 为了满足布匹瑕疵检测的准确性和实时性要求, 通过对几种纹理分析方法的讨论, 提出了一种基于能量的瑕疵检测方法; 该方法利用图像极坐标系下的傅立叶频谱, 得到图像纹理频谱能量的分布情况; 由于纹理的空间周期性, 其图像的能量在对应的频率处会有峰值出现; 如果将这些频率处集中的能量置零, 通过傅立叶逆变换得到的图像纹理会被模糊甚至去除, 瑕疵与纹理的对比度得到增强; 这时再进行边缘检测和二值化处理, 即可将瑕疵从背景中提取出来, 从而完成瑕疵的检测; 实验证明, 该方法检测速度快, 准确率高, 能够满足检测要求。

关键词: 纹理; 频谱; 能量; 边缘检测; 瑕疵检测

Fabric Defect Detection Method Based on Image Energy

Li Xin, Xu Zengpu, Yu Demin, Wang Yongqiang

(School of Mechanical Engineering, Tianjin University of Science & Technology, Tianjin 300222)

Abstract: To meet accuracy and real-time requirements of the fabric defect detection, this article proposed a detection method based on image energy, through discussions of several texture analysis methods. The distribution of texture spectrum energy can be obtained, using Fourier spectrum under polar coordinate. And there are peaks in corresponding frequencies due to the spatial period of texture. If resetting energy values in the peaks, the image texture from IFFT will be blurred even removed. Consequently, the contrast of texture and defect will be strengthened. Then edge detection and binary process are successive and defects can be detected. Experiments showed that the method is fast, accurate and can meet the detection requirements.

Key words: texture; spectrum; energy; edge detection; defect detection

0 引言

布匹瑕疵检测是纺织品质量控制和管理的主要环节之一。长期以来, 国内的大多数织布厂主要依靠人工来对其进行检测。这种传统的检测方法不仅速度慢, 劳动强度大, 而且易受人为因素影响, 误检率和漏检率高。为了解决这些问题, 基于机器视觉的瑕疵检测方法研究成为该领域研究的热点。

1 布匹纹理特征及其分析方法

纹理是布匹的重要特征, 正常的织物表面纹理有序, 结构基元简单, 排列规律, 而疵点则破坏了纹理的周期性。对正常布匹纹理进行分析描述, 获得特征参数, 就可以利用这些参数消除待检测布匹图像中纹理的影响, 从而完成检测。因此, 纹理分析就成为采用机器视觉对布匹进行瑕疵检测的重要内容。常用的纹理表达和描述方法主要有 3 种: 统计法、结构法和频谱法。

(1) 统计法。最简单的统计法借助灰度直方图的矩来描述纹理。利用求取到的统计特征量找到疵点。这种方法简单易行, 但对图像质量要求较高, 易受噪声的影响。

(2) 结构法。这种方法是通过确定纹理基元, 提取正常纹理中的少量特征参数, 建立相应的纹理模型, 进而分析待测图像找到异常信息来断定疵点是否存在。这种方法容易从整体上检测出有无疵点, 但是难以对其进行精确分类。

(3) 频谱法。这种方法一般利用傅立叶频谱 (傅立叶变换) 的分布来描述纹理中的全局周期性, 如图像模式的方向性^[1]。

通过对上述几种方法的研究, 本文提出了一种基于图像能量的瑕疵检测方法。该方法通过图像的傅立叶频谱对无瑕疵图像的纹理进行描述, 找到纹理的主方向。将这些频率处的能量置零, 通过反傅立叶变换得到的图像纹理会被模糊甚至去除, 瑕疵与纹理的对比度增强。这时再进行边缘检测和二值化处理, 即可将瑕疵从背景中提取出来, 从而完成瑕疵的检测。

2 检测原理

2.1 通过傅立叶变换的频谱寻找纹理主方向

通过傅立叶变换, 可以获得图像信号的频域分布情况。频域上的高频信息对应着空间域上变化比较剧烈的信号, 而低频信号对应着空间域上变化比较缓慢的信号。对于周期的或者近乎周期的图像, 其傅立叶频谱中能量集中的峰值对应纹理模式的主方向, 因此描述纹理的频域法常借助傅立叶频谱的频率特性来描述周期或近乎周期的图像模式的方向性。获取图像纹理主方向的步骤如下:

首先, 对图像进行傅立叶变换, 得到图像的傅立叶频谱。令 $f(x, y)$ 表示一幅大小为 $M \times N$ 的图像, 其中 $x = 0, 1, 2, \dots, M-1, y = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 。 $f(x, y)$ 的二维离散傅立叶变换表示为 $F(u, v)$, 如式 (1) 所示:

$$F(u, v) = \sum_{x=0}^{M-1} \sum_{y=0}^{N-1} f(x, y) e^{-j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (1)$$

式中, $u = 0, 1, 2, \dots, M-1, v = 0, 1, 2, \dots, N-1$ 。

其次, 为了便于统计, 将傅立叶变换的频谱 $F(u, v)$ 转

收稿日期: 2007-12-10; 修回日期: 2008-01-22。

基金项目: 天津市科技攻关计划项目 (0131084111)。

作者简介: 李 鑫 (1983-), 女, 河南人, 硕士研究生, 主要从事机械参数测量、图像处理等方向的研究。

化到极坐标系下。这时频谱可用函数 $S(r, \theta)$ 表示。其中

$$\begin{aligned} r &= \sqrt{u^2 + v^2} \\ \theta &= \arctan(v/u) \end{aligned} \quad (2)$$

对每个确定的方向 θ , $S(r, \theta)$ 是一个 1-D 函数 $S_\theta(r)$; 对每个确定的频率 r , $S(r, \theta)$ 是一个 1-D 函数 $S_r(\theta)$ 。因此, 对于给定的 r , 分析 $S_r(\theta)$ 可以得到频谱在以原点为中心的圆上的行为特征。将此函数对下标求和, 即可得到全局性的描述:

$$S(\theta) = \sum_r S_r(\theta) \quad (3)$$

最后, 求取各 θ 角方向处的能量和, 得到纹理的主要方向。能量有限信号的能谱为 $\varepsilon(\omega) = |F(\omega)|^2$, 因此各 θ 角方向处的能量和 $\varepsilon(\theta)$ 为:

$$\varepsilon(\theta) = \sum_r S_r^2(\theta) \quad (4)$$

$\varepsilon(\theta)$ 是对整个图像或区域的纹理频谱能量的描述。如果纹理具有空间周期性, 或具有确定的方向性, 则能量在对应的频率处会有峰值出现。根据式 (4) 求各 θ 角方向下的 $\varepsilon(\theta)$, 做直方图即可得到纹理的主要方向。

图 (1) (a) 和 (b) 给出的即为纹理区域和通过上述方法获取的频谱能量图 $\varepsilon(\theta)$ 。从图中可以得到两种纹理的主方向。

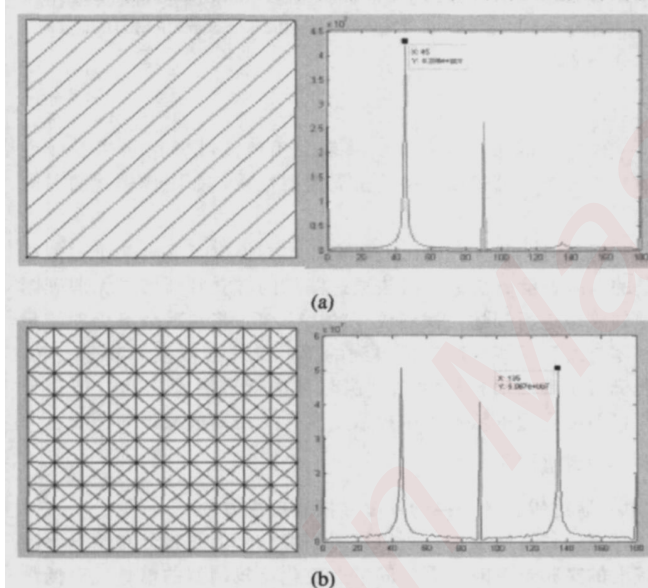


图 1 纹理和对应的能量图

对于本文的瑕疵检测来说, 布匹的纹理较为复杂, 其能量可能在多个频率处集中。如图 2 所示, 左图布匹纹理在 4 个方向上的能量相对较大 (0° , 72° , 90° 和 95°)。

2.2 滤去主方向上的能量后重建图像

检测出图像纹理的主方向, 即图像的周期性成分后, 将该频率处的能量置零得到 $F_r(u, v)$ 。通过这样一个滤波过程, 纹理会被模糊甚至完全滤去。这时, 通过反傅立叶变换重建图像 f_r , 如式 (5) 所示:

$$f_r(x, y) = \frac{1}{MN} \sum_{u=0}^{M-1} \sum_{v=0}^{N-1} F_r(u, v) e^{j2\pi(ux/M + vy/N)} \quad (5)$$

这时得到的图像, 瑕疵与纹理的对比度得到增强。

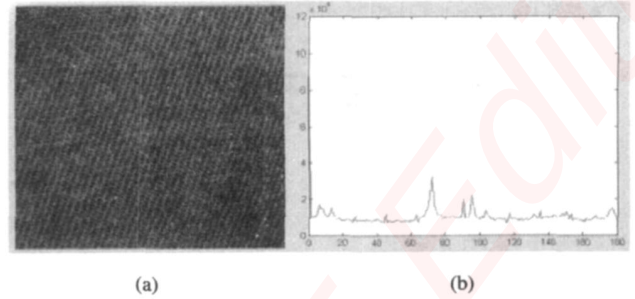


图 2 布匹纹理和对应的能量图

2.3 对重建的图像进行增强

为了进一步增强瑕疵与纹理的对比度, 本文采用拉普拉斯算子对图像进行增强。拉普拉斯算子能够强调图像中灰度的突变区域。一个二元图像函数 $f(x, y)$ 的拉普拉斯变换定义为:

$$\nabla^2 f = \frac{\partial^2 f}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 f}{\partial y^2} \quad (6)$$

其在数字图像处理中的实现定义为:

$$\nabla^2 f = [f(x+1, y) + f(x-1, y) + f(x, y+1) + f(x, y-1)] - 4f(x, y) \quad (7)$$

利用拉普拉斯算子对图像进行锐化, 产生一幅把图像中的浅灰色边线和突变点叠加到暗背景中的图像, 将原始图像和锐化后的图像叠加在一起既可以保护拉普拉斯锐化处理的效果, 又能够复原背景信息。对于布匹的瑕疵检测来说, 利用拉普拉斯算子进行图像锐化后, 得到瑕疵边缘的同时, 还有很多影响检测的纹理突变点。将上步重建的图像与锐化后的图像相加, 不仅能强化瑕疵的边缘, 还能够使纹理突变点重新回归背景, 有助于后续的检测^[2-3]。

根据采用拉普拉斯掩模的不同, 使用拉普拉斯变换对图像增强的基本方法为:

$$f_g(x, y) = \begin{cases} f(x, y) - \nabla^2 f(x, y) & k < 0 \\ f(x, y) + \nabla^2 f(x, y) & k > 0 \end{cases} \quad (8)$$

式中, k 为掩模的中心系数。在本文的检测过程中, 式 (8) 中的 $f(x, y)$ 即为上步中得到的 $f_r(x, y)$ 。

2.4 利用直方图进行图像分割

瑕疵和纹理的对比度得到增强后, 就可以进行图像分割了。本文采用基于图像灰度分布的阈值分割方法, 将瑕疵从图像中提取出来。阈值方法的数学模型如下:

设原图像为 $f(x, y)$, 经过分割处理后的图像记为 $g(x, y)$, $g(x, y)$ 为二值图像, 则有

$$g(x, y) = \begin{cases} 1, & f(x, y) \geq Th \\ 0, & f(x, y) < Th \end{cases} \quad (9)$$

式中, Th 为选出的阈值。显然, 阈值方法的核心就是 Th 的确定。对于图像中包含目标物和背景的情况, 理论上在灰度直方图中, 每一部分都有相应的波峰, 这时在波峰之间选择合适的阈值即可完成图像的分割。但是在本文所进行的瑕疵检测中, 目标物 (瑕疵) 所占的比例比较小, 其代表的峰在直方图中很不明显, 甚至可能呈现为背景峰边上的水平线或微斜线, 这时用经典阈值分割算法, 很难得到满意的分割效果^[4]。如图 3 (a) 是经过增强处理的有瑕疵布匹图像, 图 3 (b) 是其灰

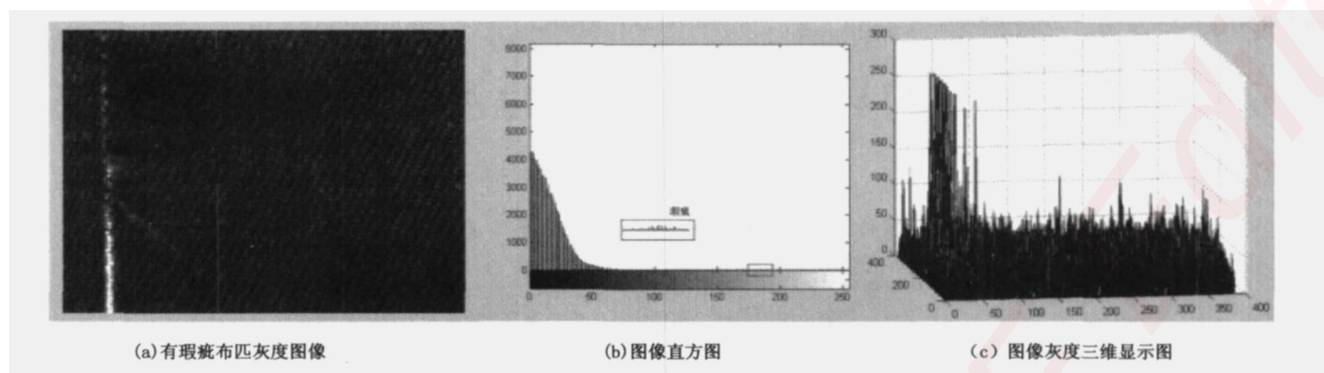


图3 利用直方图进行图像分割

度直方图 H ，其中被圈住的部分即为瑕疵峰和部分背景峰的边缘。另外，对于较复杂的图像，滤波后重建，纹理并未完全被滤掉。如图 3 (c) 所示的情况，这也给阈值的选择增加了难度。

为了解决这些问题，经过多次实验，本文基于避免瑕疵漏检的思想，提出了如下的阈值选取方法：(1) 将直方图中小于一定数量的灰度等级处的值忽略不计，重新拟合直方图；(2) 确定背景峰顶的灰度值 $h_{\max}$ ；(3) 从 $h_{\max}$ 开始往灰度等级大的方向搜索极小值点 Th ，此点即为本文选用的阈值。

根据极值点的判定定理，若 $f(x)$ 在 x_0 处连续且在邻域 $U(x_0, \delta)$ 内可导，当 $x \in (x_0 - \delta, x_0)$ 时， $f'(x_0) \leq 0$ ，且 $x \in (x_0, x_0 + \delta)$ 时， $f'(x_0) \geq 0$ ，则 $f(x)$ 在 x_0 处取得极小值。由于这里是灰度直方图的离散序列，极小值点即为满足 $H(x-1) - H(x) \geq 0$ 且 $H(x) - H(x+1) \leq 0$ 的点。由于瑕疵和少数纹理混杂且部分灰度等级处的 $H(x)$ 被置零，本文的检测算法中，选取第一个符合条件点处的灰度值为图像分割的阈值 Th 。实验证明，这时可最大限度地避免瑕疵的漏检。

阈值选出后，即可根据式 (7) 对图像 f_g 进行二值化处理得到 f_b 。

2.5 消除噪声

由于 Laplacian 变换和阈值选择的影响，二值化之后得到的图像 f_b 中不可避免地含有一些噪声。中值滤波不仅能够抑制噪声，而且克服了均值滤波导致图像模糊的缺点。本文中采用这种方法消除噪声得到图像 f_m 。

为了在保持瑕疵大小不变的情况下，进一步除去小噪声颗粒，断开瑕疵间的粘连，最后再对图像进行开运算，即先腐蚀再膨胀，如式 (10) 所示。

$$R = P \cdot S = (P \odot S) \oplus S \quad (10)$$

式中， R 为最终得到的结果 f_{result} ， P 为 f_m ， S 为结构因子。为了尽量避免改变瑕疵的大小， S 选择 2×2 单位矩阵^[5-6]。

3 实验结果及结论

为了验证本文提出的检测算法，进行了一系列验证实验。实验选用的图像如图 3 (a) 所示，大小为 384×384 。其无瑕疵模板如图 2 (a) 所示，其主能量集中在 0° 、 72° 、 90° 和 95° 四个方向。按照图 4 所示的流程，即可完成图像的分割，将瑕疵提取出来，检测的最终结果如图 5 所示。

依据得到的处理结果，用户即可对瑕疵进行定位并确定其

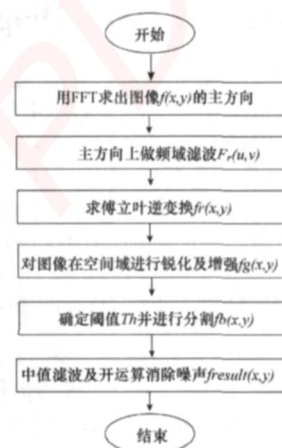


图4 瑕疵检测流程图



图5 分割后的图像

大小。实践证明，这种检测方法速度快，准确率高，具有良好的检测效果。

参考文献：

- [1] 章毓晋. 图象分析 (第二版) [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] 朱虹. 数字图像处理基础 [M]. 北京: 科学出版社, 2005.
- [3] 冈萨雷斯. 数字图像处理 (第二版) [M]. 北京: 电子工业出版社, 2005.
- [4] 尹立平, 于德敏, 等. 小目标玻壳缺陷检测中图像分割问题的研究 [J]. 计量与测试技术, 2005, 32 (12): 7 - 12.
- [5] Escofet J, Navarro R. Detection of local defects in textile webs using Gabor filter [J]. SPIE, 1996, 2785: 163 - 170.
- [6] 张轶. 实时布匹瑕疵检测技术研究 [D]. 天津: 天津工业大学, 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](#)

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](#)

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 CC++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](#)

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](#)

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 技术研究与发展](#)
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](#)

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.

