

基于计算机图像处理的电路板非接触式检测研究

王孝平, 董秀成, 谢维成

(西华大学电气信息学院, 四川 成都 610039)

摘要: 针对电路板尺寸小、器件多、质量要求高且不适合频繁接触检测的现状, 提出了一种基于计算机图像处理的非接触式检测方案。该方案主要包括图像获取、算法处理和结果显示3部分。采用TWAIN协议获取电路板图像; 在RGB色彩空间使用改进的轮廓提取算法获取元器件的轮廓; 利用色彩空间的区分度, 对电路板上的器件缺失和器件缺陷进行检测。相对于传统的人工检测, 该方案在检测效率和检测准确性上, 都有较大的提高。

关键词: 质量检测; 计算机视觉; OpenCV

中图分类号: TP391.41; TN407

文献标志码: A

Study on No-contact Inspection of Circuit Board Based on Computer Image Processing

WANG Xiao-ping, DONG Xiu-cheng, XIE Wei-cheng

(School of Electrical and Information Engineering, Xihua University, Chengdu 610039 China)

Abstract: According to the size of circuit board is getting smaller, electronic components are getting more and more, quality requirements of circuit board are getting higher and higher and be suitable for frequent contact inspection. This paper provides a solution to the no-contact inspection for circuit boards based on computer image processing. The study mainly refers to image acquisition, processing and display of the results. Using TWAIN protocol circuit board image is obtained. According to RGB color space, the authors adopted the algorithm of image contour. Taking advantage of color space division, the components deletions and the components defects are inspected. Compared with the traditional manual detection, the design has better efficiency for the inspection of components deletions and components defects.

Key words: quality inspection; computer vision; OpenCV

电路板作为电子系统的基本组成部分,其功能越来越强大,其集成度也越来越高;因此,在大容量和高密度元器件混合制造环境中,要求电路板检测能起到防止缺陷遗漏和改善产品质量的作用。其检测结果最重要的要素是精确性和可靠性。实际生产中,一般的检测就是检测电路板表层是否有元器件缺损、错贴或焊膏缺陷。常规的检测办法是检测人员利用显微镜逐个检测元器件。这种检测不仅效率低下,容易错检漏检,而且容易对电路板带来损害。

计算机视觉研究的主要目的就是充分利用计算机,对视频图像进行分析和处理,并从中提取有

用的信息^[1-3]。自动光学检测是一种自动光学检查机制,在非接触式的基础上可有效地检测印刷质量、贴装质量和焊点质量^[4-5]。本文利用光学成像技术和计算机视觉技术,设计了一种自动光学检测系统。它的主要特点是:高速检测系统不受PCB贴装密度影响;快速便捷的编程系统和图形化界面,所见即所得;针对不同的检测项目,结合光学成像处理技术,分别有不同的检测方法(检测算法);显示实际错误图像,方便工人进行最终的目视核对;统计不良数据,分析导致不良原因,实时反馈工艺信息。

收稿日期: 2012-03-30

基金项目: 四川省信号与信息处理重点实验室基金(SZJJ2011-009)

作者简介: 王孝平(1977-),男,讲师,硕士,主要研究方向为计算机视觉处理。

1 电路板检测整体方案设计

电路板质量检测方案主要包括图像获取、算法处理和结果显示 3 部分,如图 1 所示。

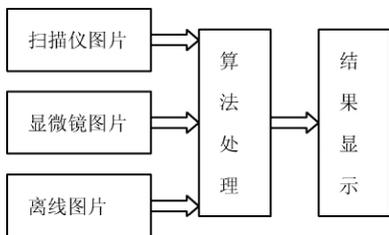


图 1 整体方案图

图像获取部分是整个系统的基础。有 3 种不同途径获取的图像图片:第 1 种是扫描仪获取的图片,能够取得电路板的整体高清晰图片;第 2 种是显微镜获取的图片,能够获得单个元器件的放大图片;第 3 种是离线图片,是从图片库获取的图片。

算法处理部分是该系统的核心部分,主要利用 sRGB 色彩空间,对电路板进行区间标定,对标定区间内的元器件进行识别,并以元器件的轮廓面积与整个标定区域面积之比作为考核参数,对元器件进行定量检测。同时,对标定区域放大,进行人眼判别。

结果显示部分进行了友好的人机交互设计。检测的结果分为 2 部分:一部分是量化元器件的测量结果;另一部分是局部可调放大图像显示。如图 2 所示。

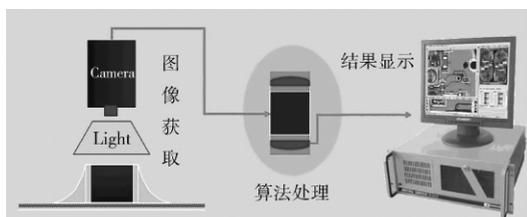


图 2 方案效果图

2 方案关键技术研究

在电路板质量检测方案中,图像获取和算法处理是整个系统的关键部分。在图像获取中,采用 TWAIN (toolkit without an interesting name ,TWAIN) 协议,使用统一的接口从扫描仪和显微镜获取图像。在算法处理部分,主要涉及到 RGB 色彩空间和轮廓提取算法。

2.1 TWAIN 技术

TWAIN 是一项重要的接口标准,为软件开发者和硬件设备生产厂商之间提供了一个统一的规范,有效地避免系统及设备之间的不兼容问题。

TWAIN 协议为操作系统提供了软件支持,使得符合 TWAIN 协议的软件通过调用 TWAIN 协议接口就能从兼容 TWAIN 协议的外设上获取静态图像,而不必考虑外设的功能差别^[7]。目前 TWAIN 协议覆盖的外设范围包括扫描仪、数码相机、数字音频和图像数据库(作为虚拟外设)等。

TWAIN 协议是一个开放协议,符合 TWAIN 协议的设备都可以向调用 TWAIN 接口的软件提供数据。如图 3 所示,它主要由 3 部分组成:1) 应用软件,它在开发时要遵循 TWAIN 协议;2) 数据源管理器,管理应用软件和数据库之间的信息交互,由 TWAIN 组织开发并免费提供给设备开发商和应用开发商;3) 数据源,设备开发商开发的符合 TWAIN 协议的设备驱动程序。

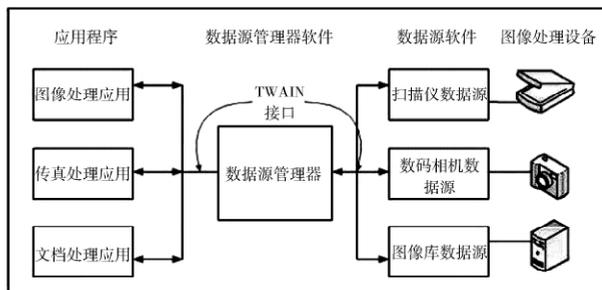


图 3 TWAIN 的组成

为了便于使用,TWAIN 提供了如图 4 所示的 4 层应用体系结构。

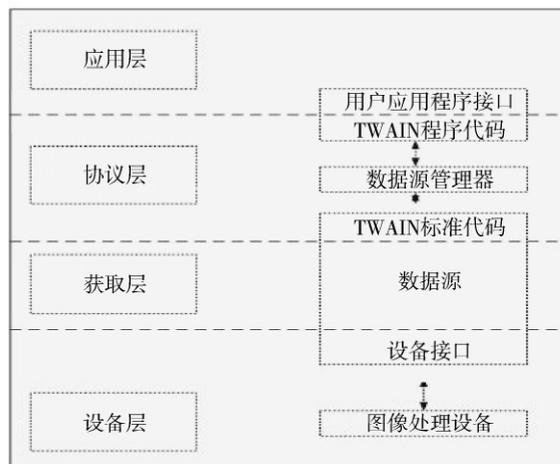


图 4 TWAIN 应用体系结构

应用程序层。用户应用程序在这个层次执行以实现 TWAIN 的使用、数据源的选择。

协议层。其实协议是规定了各个层次之间如何进行交互的语言和语法。协议层包括 3 个部分:作为应用软件一部分的应用程序与 TWAIN 之间的接口;TWAIN 提供的源管理;源设备接收的数据源指令、返回的图像数据,以及进行相关处理的代码

接口。

图像获取层。通常这个层次是以一个标准的接口展现在应用程序面前,由图像处理设备厂商开发完成,用户使用该接口来获取图像数据。当然如果客户端需要,也可以修改该接口。

物理设备层。这属于最底层的硬件设备驱动,它完成将用户动作转换成设备可以识别的指令,完成原始数据的采集。在使用 TWAIN 的应用程序中,不再要求直接与设备驱动交互,因为在这种模式中,设备驱动已经成为数据源的一部分,用户直接使用数据源即可。

2.2 RGB 色彩空间

颜色空间是一系列颜色的数学表现形式。3 种最流行的颜色模型是: RGB,用于计算机图形;YIQ, YUV 或 YcbCr,用于视频系统;CMYK,用于彩色打印。所有的颜色空间都能由照相机、扫描仪等仪器所提供的 RGB 信息得到。

在计算机图形中广泛使用红绿蓝(RGB)颜色空间。RGB 是 3 种主要的相加色,不同的颜色加在一起形成所需的颜色,用一个三维笛卡尔坐标系统来表示^[8],如图 5 所示。图中所示的立方体对角线(到三基色的距离相等)代表了不同的灰阶。

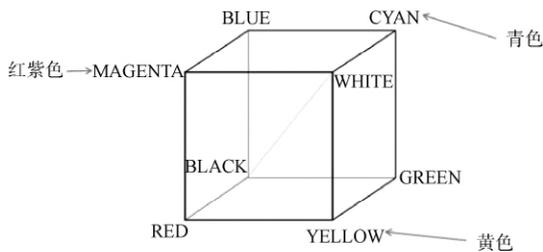


图 5 RGB 色彩空间

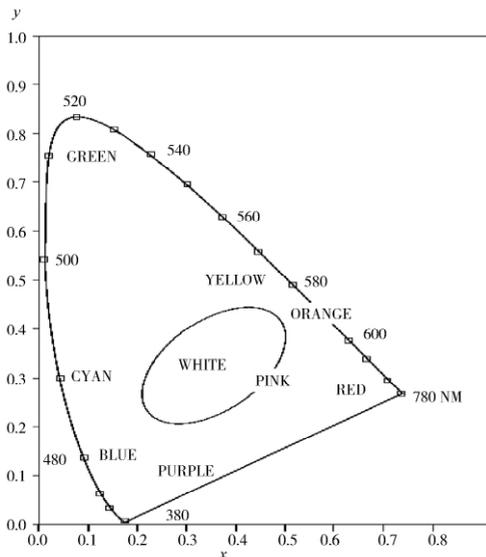


图 6 CIE 颜色坐标系

RGB 定义了红色、绿色与蓝色三原色的颜色,即在其他 2 种颜色值都为零时该颜色的最大值。在如图 6 所示的 CIE 颜色坐标系中,红色位于 [0.640 0, 0.330 0],绿色位于 [0.300 0, 0.600 0],蓝色位于 [0.150 0, 0.060 0],白色是位于 [0.312 7 0.329 0]。对于任何的 RGB 色彩空间来说,非负的 R、G、B 都不可能表示超出原色定义的三角形即色域范围,它刚好在人眼的色彩感知范围之内^[6]。

从 CIE 坐标系计算 RGB 中的三原色,首先需要将它变换为 CIE 三值模式,如式(1)所示。

$$\begin{aligned} X &= Yx/y \\ Z &= Y(1-x-y)/y \end{aligned} \quad (1)$$

这样,使用式(2),XYZ 值就可以用矩阵转换为线性的 RGB 值。

$$\begin{pmatrix} R_{\text{linear}} \\ G_{\text{linear}} \\ B_{\text{linear}} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 3.241 0 & -1.537 4 & -0.498 6 \\ -0.969 2 & 1.876 0 & 0.041 6 \\ 0.055 6 & -0.204 0 & 1.057 0 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} \quad (2)$$

$$R_{\text{linear}}, G_{\text{linear}}, B_{\text{linear}} \subseteq [0, 1]$$

RGB 是反映真实世界 gamma 为 2.2 的典型显示器的效果,因此使用变换公式将线性值转换为 RGB。设 C_{linear} 为 $R_{\text{linear}}, G_{\text{linear}}$ 或者 B_{linear} , 设 C_{rgb} 为 $R_{\text{rgb}}, G_{\text{rgb}}$ 或者 B_{rgb} :

$$\text{如果 } C_{\text{linear}} < = 0.003 04, \text{ 则 } C_{\text{rgb}} = 12.92 C_{\text{linear}};$$

$$\text{如果 } C_{\text{linear}} > = 0.003 04, \text{ 则 } C_{\text{rgb}} = (1 + \alpha)$$

$$C_{\text{linear}}^{1/2.4} - \alpha, \alpha = 0.055.$$

这些经过 gamma 校正的值范围为 0 到 1。如果需要 0 到 255 的取值范围,如用于视频显示或者 8 位图形,通常将它乘以 255 然后取整。这个非线性变换意味着 RGB 非常高效地使图像文件中的整数表示了人眼可以分辨的颜色。

2.3 轮廓算法研究

对电路板上的元器件进行 RGB 色彩空间分析,提取二值图像的轮廓,对目标区域做进一步处理。轮廓区域有许多特征:轮廓长度、面积、重心、方向角度等可以使用,可以进行特征提取和图像识别等。

如图 7 所示,采用此流程提取元器件轮廓,主要包括获取图像、通道分解、二值化处理、膨胀处理、腐蚀处理和选取轮廓。整个处理结果如图 8 所示。

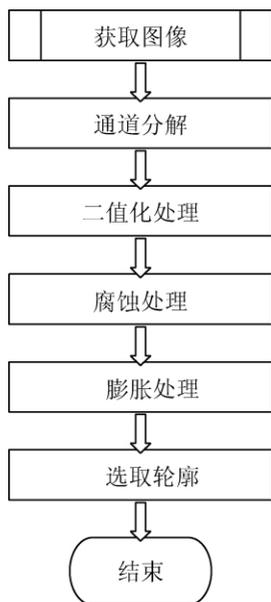


图 7 元器件轮廓提取流程

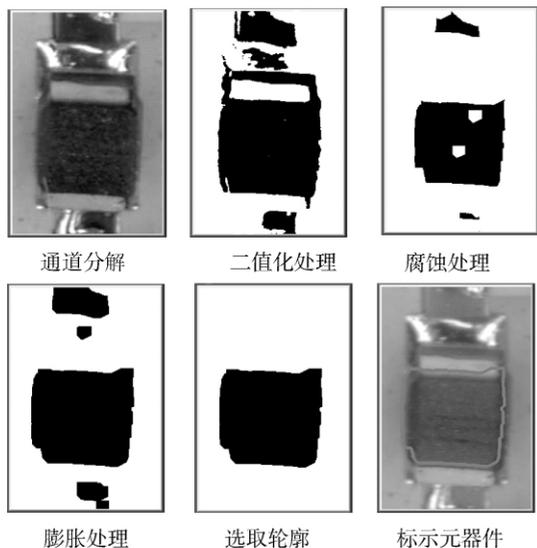


图 8 提取元器件轮廓

获取 RGB 色彩模式的图像后, 需要把该图像分解到单个色彩通道上, 以便于处理。对于电路板上的不同元器件, 其 RGB 色彩空间分布有较明显的区分度。按照统计数据, 把彩色图像分解为红、绿、黄 3 个单色通道数据, 以便于处理。

二值化的原理是通过设定阈值, 把源图像变换成仅用 2 个值分别表示目标和背景。对于获取到的单通道数据, 首先进行二值化处理。依据 RGB 色彩空间, 电路板图像中的元器件亮度对比度明显, 通过二值化可将不同元器件进行区分。

腐蚀是将图像(或图像区域)与核进行卷积运算, 取最小值。这样会使图像中的阴暗区域逐渐扩大。腐蚀则能缩小区域, 消除细小的凸起。对于电路板中的元器件, 采用腐蚀操作, 消除图像中的“斑

点”噪声, 确保图像内较大的区域依然存在。

膨胀是将图像(或图像区域)与核进行卷积运算, 取最大值。这样会使图像中的高亮区域逐渐扩大。对于电路板中的元器件, 在大多数情况下, 一个大的区域可能被噪声、阴影等类似的东西分割成多个部分, 而膨胀能使这些部分“融合”在一起。膨胀扩展了区域, 填补了凹洞。通过膨胀操作, 就能排除干扰, 找到元器件所在的区域。

经过前面一系列的处理, 就可以获取元器件的轮廓了。一个轮廓一般对应一系列的点, 也就是图像中的一条曲线。采用序列来存储轮廓信息, 而序列中的每一个元素依次对应曲线中的每一个点。同时, 把获取到的轮廓聚合成一个轮廓树, 便于对所有的轮廓进行策略处理。

3 检测过程和结果

在系统开发过程中, 笔者对电路板质量检测的方案进行了详细的设计, 对其中的关键技术进行了深入研究。

为了保证系统的性能, 笔者对具体的问题进行了具体的分析。对于电路板本身尺寸小的问题, 采用拉普拉斯金图像金字塔, 从底层图像中向上采样重建一个图像, 从而实现图像的放大。对于元器件种类较多的问题, 采用分类标定的办法。如图 9 所示, 首先创建一个模板, 在模板上对元器件进行区域标定, 对标定区域内的元器件进行 RGB 色彩空间分析, 从而实现行轮廓的提取。在图 9 中, 左半部分显示的是放大后的部分电路板, 对其中的电感进行了标定; 右半部分显示的是经过轮廓提取算法处理后圈定的单个电感。

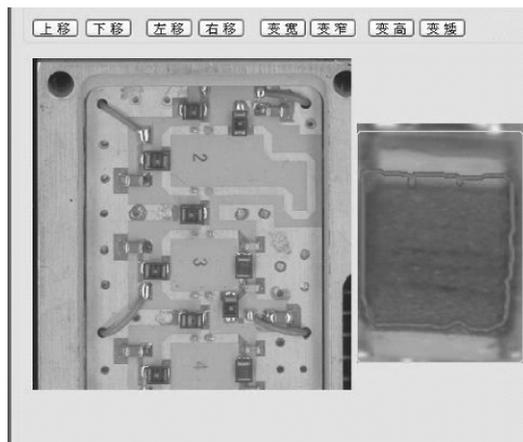


图 9 元器件的区域标定和轮廓提取

电路板的模板标定完毕会使其余的目标板的检测效率和质量都大大提高。如图 10 所示, 左半部

分是待检目标板,右半部分是分类的元器件种类,包括导线、电阻、电容、电感、管芯和金丝等。点击“开始检测”按钮后,检测系统就会依据标定的模板对目标板进行检测,并给出检测数据,生成检测报告。对于可疑的元器件,可以单击相关数据项,对应的元器件就会显示在图10的中部,进行人眼审核。

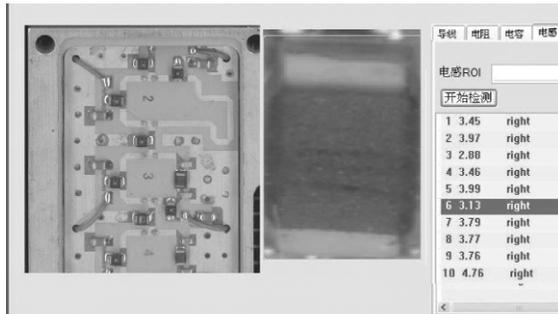


图10 元器件检测

本文设计的电路板质量检测系统采用计算机图像处理技术,利用TWAIN协议获取图像,根据RGB色彩空间进行轮廓算法处理,能对电路板上的各种元器件进行非接触式检测。相对于传统的人工检测,本检测系统在检测效率和检测准确性上,都有了大大的提高。

4 未来工作

针对电路板尺寸小、器件多、质量要求高且不适合频繁接触式检测的现状,本文设计了一种基于计算机图像处理的解决方法,对电路板及其元器件进行了检测。同时,对图像的轮廓算法进行了一定改进处理,利用色彩空间的区分度,对电路板上的

器件缺失和器件缺陷进行了有效的检测。

工作还存在很大的改进空间:首先是图像的获取速度较慢,对电路板所在位置有较严格要求;其次是RGB色彩空间本身的局限性,容易受到光线的影响。后继的工作,可以考虑更好的电路板图像提取技术,如视频提取。另外,元器件的检测,可以考虑从元器件的固有形状属性出发,实现更准确地自动提取元器件。

参 考 文 献

- [1] Qi Xin, Xing Fuyong. Comparative Performance Analysis of Stained Histopathology Specimens using RGB and Multispectral Imaging [C]//Progress in Biomedical Optics and Imaging. [S. l.]: [s. n.], 2011, 7963: 79633B-9.
- [2] HAN H L, LI J ZH, FENG G. Online Classification and Identification of Glass Based on Computer Vision [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument 2006, 12(6): 24-29.
- [3] 段汝娇, 赵伟, 黄松岭, 等. 基于计算机视觉的接触网定位器倾斜度自动测量方法[J]. 中国铁道科学, 2011, 32(4): 82-87.
- [4] 罗武胜, 李沛, 李冠章, 等. 基于计算机视觉的尾旋运动姿态测量方法[J]. 兵工学报, 2009, 30(6): 820-824.
- [5] 陈东祥, 刘磊, 韩鸿志, 等. 汽车车身涂膜缺陷的计算机视觉检测方法[J]. 天津大学学报, 2009, 42(12): 1130-1134.
- [6] 董俊, 谭业双, 蒲秀英, 等. 基于功能模型的智能电路板检测诊断方法研究[J]. 信息技术, 2011, 35(1): 31-35, 39.
- [7] 周文, 卢章平. 基于TWAIN技术的图像获取应用程序设计[J]. 微型电脑应用, 2000, 16(5): 47-48.
- [8] Byung Cheol Song, Yun Gu Lee, Nak Hoon Kim, et al. Block Adaptive Inter-Color Compensation Algorithm for RGB 4:4:4 Video Coding[J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008, 18(10): 1447-1451.

(编校: 饶莉)

(上接第13页)

[4] 彭木根, 王文博. TD-SCDMA移动通信系统[M]. 3版. 北京: 机械工业出版社, 2009: 269-275.

[5] 李小文, 李贵勇, 陈贤亮, 等. TD-SCDMA第三代移动通信系统、信令及实现[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 33-38.

[6] UMTS 30.03 version 3.2.0. Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Selection Procedures for the Choice of Radio

Transmission Technologies of the UMTS [S]. Sophia Antipolis Valbonne, 1998: 31-65.

[7] 李世鹤. TD-SCDMA第三代移动通信系统标准[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2003: 65-75.

[8] 康绍莉, 裴正定, 李世鹤, 等. 线性联合检测算法在TD-SCDMA系统中的性能分析与比较[J]. 通信学报, 2002, 23(6): 74-81.

(编校: 饶莉)