

PCB 板检测中的定位研究

张利 高永英 汪浩 吴国威

(清华大学电子工程系图象教研组, 北京 100084)

摘要 对 PCB 的自动检测在信息化时代显得更为重要, 该文对检测的关键步骤探针定位进行了研究。其基本原理是利用 Hough 变换将边缘检测后的不连续边缘象素连接起来, 最后达到判断出标志形状和位置的目的。

关键词 PCB 板 检测 定位

0 引言

随着电子技术的不断发展, 电子产品日益普及, 如电视机、VCD 机、计算机等已进入千家万户。如此相对应, PCB 板 (Printed Circuit Board, 印刷电路板) 的生产也被带动起来。然而, 在 PCB 板的大批量生产过程中, 难免会出现质量问题, 如焊盘或过孔不通, 过线因腐蚀过度而断路或腐蚀不到位而短路等等。如果不将这些疵病及时地检查出来, 势必在元器件安装与调试过程中留下隐患, 造成更大的损失。但是, 由于 PCB 板批量大, 单靠人工检测是不现实的, 因此只能借助计算机来实现。从原理上讲计算机自动检测较为简单, 给定两根探针, 对印刷电路板上的过孔、焊盘等两两进行测试, 看其是否导通, 然后将此结果与产生 PCB 板的计算机 CAD 文件进行比较, 就能判断出正确与否。问题的关键是怎样使探针找到焊盘或过孔的位置。

实际坐标与 CAD 坐标的比例关系 K 。最后根据这一比例 K 和 CAD 文件中各过孔或焊盘的坐标 (X'_n, Y'_n) 就能确定出它们的实际位置 (X_n, Y_n) :

$$X_n = \frac{(X_{P_2} - X_{P_1})(X'_n - Y'_{P_1})}{X'_{P_2} - X'_{P_1}} + X_{P_1}$$

$$Y_n = \frac{(Y_{P_2} - Y_{P_1})(Y'_n - Y'_{P_1})}{Y'_{P_2} - Y'_{P_1}} + Y_{P_1}$$

有了以上的具体坐标, 检测探针在步进电机的带动下就能找到相应的过孔或焊盘, 继而进行检测。

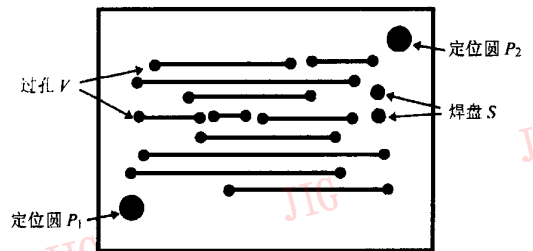


图 1 PCB 板图示

1 PCB 板检测过程

1.1 检测基本原理

检测所采用的方法是计算机视觉定位。基本过程是在设计制造 PCB 板的同时, 在 PCB 板上设置两个定位标志, 如图 1 所示的圆型定位标志 P_1 、 P_2 。计算机通过步进电机带动摄像机将这两个标志分别摄入, 然后经图象处理找到两标志圆中心位置 (X_{P_1}, Y_{P_1}) 和 (X_{P_2}, Y_{P_2}) , 再根据 CAD 文件中这两个标志圆的坐标 (X'_{P_1}, Y'_{P_1}) 和 (X'_{P_2}, Y'_{P_2}) , 就可确定出

从上面的分析来看, 识别的关键步骤是怎样找到定位标志。图 2(a) 是一幅摄像机所拍摄的定位标志内容, 本文的目的就是找到该定位圆的圆心。要找到圆心, 首先要找到圆的边缘, 常用的方法是图象处理中的边缘检测, 例如 SOBEL 算子等。本文讨论的重点是 Hough 变换的应用, 故对边缘的求取过程从略。但是, 在本文的边缘处理过程中, 由于定位标志的周围有阻焊剂形成的圆, 如图 2(a) 所示, 因此不应直接进行边缘检测, 而应先通过二值化将该圆屏蔽掉后再进行边缘检测。图 2(b) 给出了对图 2(a) 进行边缘检测的结果。从图 2(b) 中可以看出, 由于定位标志由金属镀膜组成, 在点光源下其表面反射光

极不均匀,经边缘检测后形成的图象并非只是圆的边缘,还有光照不均所造成的亮斑边缘。于是问题的焦点又变为怎样确知哪些点是圆上像素,哪些像素共同构成了圆。易想到的方法是几何法:已知平面上的三个点,则这三点共圆时,可以决定一个圆,且是唯一的。但是,图 2(b)中的边缘像素点多达几百个,

怎样从中选取三个点又是问题。当然,我们可以随机选取三个点求圆心,然后再对求出的圆心坐标进行统计,这样做的工作量是非常大的,而且因像素点并非共圆,因而圆心也不准。为此,我们采用 Hough 变换来求圆心。

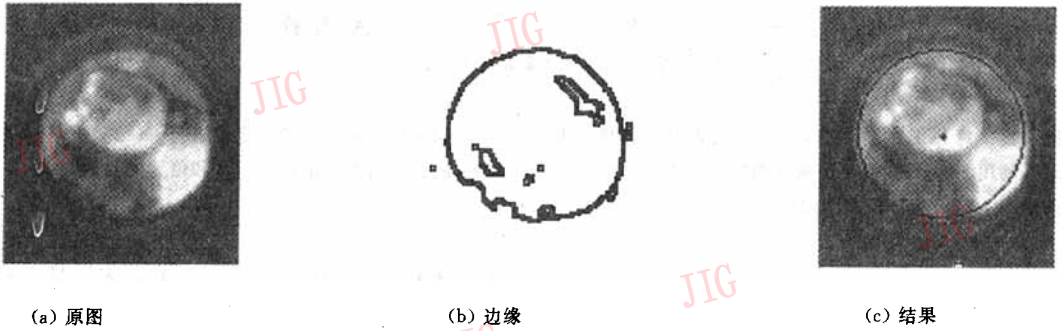


图 2 实测图例及其检测结果

1.2 Hough 变换的基本原理

Hough 变换是利用图象全局特征而将边缘像素连接起来组成区域封闭边界的一种方法^[1]。在预知区域形状的条件下,利用 Hough 变换可以很方便地得到边界曲线而将不连续的边缘像素连接起来。因此 Hough 变换可以快速直接地检测某些已知形状的目标。此外,Hough 变换具有受噪声和曲线间断的影响小、大大降低计算量的优点。

Hough 变换的原理是利用图象空间与参数空间的对应关系,将图象空间的检测问题转化到参数空间,通过在参数空间进行简单的累加统计来完成检测任务。Hough 变换可以检测满足解析式 $f(x, c)=0$ 形式的曲线。这里 x 是一个坐标矢量, c 是一个系数矢量。从理论上讲,Hough 变换的计算量和累加器尺寸随参数的个数呈指数增加,所以实际中 Hough 变换最适于检测较简单(即解析表达式只含有较少参数)的曲线上的点。

PCB 板上的定位标志是较为简单的图形,而且我们事先已知道它的形状为圆,它满足 Hough 变换的要求。因此,用 Hough 变换来检测目标是适宜的。

1.3 基于 Hough 变换的圆形目标的检测

圆的方程可以表示如下:

$$(x - a)^2 + (y - b)^2 = r^2$$

式中有三个参数 a, b, r ,所以需要在参数空间建立一个三维的累加数组 $A(a, b, r)$,根据具体图

象计算出的每一个三元组 (a, b, r) ,对 A 累加:

$$A(a, b, r) = A(a, b, r) + 1$$

如何计算三元组 (a, b, r) 是实现该算法的关键所在。已知,Hough 变换的实质是把图象空间中的检测问题转换到参数空间。如果固定 r ,则参数空间与图象空间的对应可以用图 3 来说明。图 3 所示的是圆的参数空间,图中的黑色小方块对应图象空间中的圆周上的点;而圆周则为可能的圆心位置。由此可见,在图象空间中共圆的点在参数空间中对应同一个点。从另一个方面来说,图象空间中的点对应参数空间中的圆;参数空间中的点对应图象空间中的圆。也可称之为点-圆对偶性。在具体实现该算法时,正是利用了上述性质。

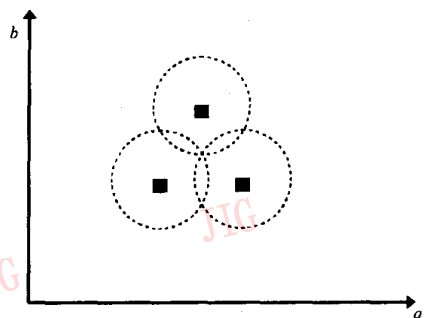


图 3 Hough 变换的参数空间

算法流程如下(设图象的空间尺寸为 $W \times H$):

step0: 确定半径 r 的取值范围: $r_{max} = \frac{1}{2} \min$

$$(W, H), r_{\min} = \max\left(\frac{1}{3}r_{\max}, 2\right)$$

step1: 令 $r=r_{\min}$;

step2: 令 $y=0$;

step3: 令 $x=0$;

step4: 若象点 (x, y) 非目标象素, 则转到 step9 执行;

step5: 令 $\alpha=0$;

step6: $a=x-r \times \cos(\alpha)$

$$b=y-r \times \sin(\alpha)$$

step7: 若 $a \in (0, W-1), b \in (0, H-1)$, 则

$$A(a, b, r) = A(a, b, r) + 1;$$

step8: $\alpha = \alpha + 1$, 转到 step6, 直到 $\alpha = 360$;

step9: $x = x + 1$, 转到 step4, 直到 $x = W$;

step10: $y = y + 1$, 转到 step3, 直到 $y = H$;

step11: $r = r + 1$, 转到 step2, 直到 $r = r_{\max}$;

step12: 对 $A(a, b, r)$ 进行搜索, 找到一个三元组 (a_0, b_0, r_0) , 使得在所有的 $A(a, b, r)$ 中 $A(a_0, b_0, r_0)$ 最大。

经过以上运算得到的三元组 (a_0, b_0, r_0) 即认为是指定区域内存在的圆形目标。

需要说明的是半径 r 取值范围的确定。从理论上讲 r 的取值应该满足:

$$1 \leq r \leq \frac{1}{2} \min(W, H)$$

但从计算量和实际应用的角度考虑, 这样的取值范围过大, 因为在给定区域内, 圆基本上要占据大部分面积, 为此 r 的取值范围: $r_{\max} = \frac{1}{2} \min(W, H)$,



张利 讲师, 1987年本科毕业于清华大学无线电电子学系, 1992年获清华大学电子工程系硕士学位后留校任教。已发表论文十多篇, 著作两本。现主要从事图形图像教学和科研任务, 研究方向是图文版面自动分割, 图象监控与传输等。

汪浩 清华大学电子工程系图象教研组研究生, 主要从事图象检测方面的研究工作。

$$r_{\min} = \max\left(\frac{1}{3}r_{\max}, 2\right)。$$

2 实验结果及结论

利用上述算法, 我们对图 2(a) 中的圆形标志进行检测, 其大小是 64×64 , 检测得到的结果如图 2(c) 所示。图 2(c) 中的黑圆是经 Hough 变换检测到的圆, 中心黑点是检测到的圆心。从中我们可以看出, 检测到的圆与标志吻合。我们也注意到, 图 2(a) 中右下角的一部分没有被包含在所检测到的圆中, 这是因为该部分反光强度较高, 从而成象亮度过高, 造成圆的突出, 但它并没有对检测造成影响, 这也说明 Hough 变换对噪声的抗干扰性。

至于在实际检测过程中图象采样的尺寸大小, 应根据步进电机的精度确定。步进电机的精度高, 则图象分辨率应提高, 采用的方法是改换摄像机镜头, 使其图象放大倍数增大, 从而使定位精度增高。但是, 也并非精度越高越好, 这也应根据实际检测的焊盘大小而定。如果焊盘较大, 精度高了则造成了浪费。

虽然本文提到的只是对圆形标志进行检测, 但是从原理上讲, 它可以扩展到对线段、矩形、十字型等标志的检测, 具体实现起来也比较容易。

参考文献

- 1 徐建华. 图象处理和分析. 北京: 科学出版社, 1992.
- 2 Ballard D H. Generalizing the Hough transform to detect arbitrary shapes. Pattern Recognition, 1981, 13: 111~122.



高永英 清华大学电子工程系图象教研组研究生, 主要从事图象检测方面的研究工作。



吴国威 教授, 1958年毕业于清华大学电子工程系。多次获得部委级奖励, 并获国家发明专利, 现已发表论文数篇。研究方向为信号与图象处理, 计算机视觉、图象识别和人工智能。

Study on Detecting Marks in the Testing of PCB

Zhang Li, Gao Yongying, Wang Hao and Wu Guowei

(Department of Electronic Engineering, Tsinghua University, Beijing 100084)

Abstract Hough transform is one of the most useful methods to detect the location of a certain mark whose type is already known. In this paper Hough transform is used to detect the circle mark on a printed circuit board in order to find the circuit error in the PCB inspection system.

Keywords PCB, Inspection, Location

圆刚实物摄影简报器 首创电脑至电视视讯转换与数码影像摄影机于一体

在全球电脑至电视视讯简报市场占有重要地位的圆刚科技,继其在简报、教学市场最受欢迎的遥控电脑简报器(AVerKey300)后,再次发挥其在视讯处理领域的精湛技术,结合电脑至电视视讯转换处理、影像重叠、数码影像摄影及各种简报特殊放大功能等尖端技术,首推全球第一部实物摄影简报器(AVerMedia AVerVision),以满足使用者在简报、教学、举证、报告等各场合之需求。

圆刚实物摄影简报器,是一具有即插即用、遥控器及按键操作功能之外接式简报器,适用于格式电脑、麦金塔及膝上型电脑等,使用者可依简报场合的需求而选择(1)将电脑简报画面转换到大屏幕电视上,或(2)只呈现手写稿件/图片/证物/3D立体实物等于电视上,(3)使用者也可透过圆刚实物摄影简报器随时补充手写资料/问题解答与电脑简报资料重叠呈现在电视上,或(4)将电脑上的简报资料录成教学录影带,一举数得。

除以上4大应用功能外,圆刚实物摄影简报器的其它功能更有突出的技术表现。在CCD摄影机方面,提供高解晰度的影像画质 811×508 ,410K象素(台湾/美国/日本系统)。在电脑至电视视讯转换方面,采用先进的图场缓冲器(Flicker-Free)处理技术,七阶清晰度调整;高解晰度 1024×768 至16.7百万色;超强简报功能;简报放大/聚光/遮罩/雷射笔等4种特殊功能;简报画面暂停/解除定格;全屏幕满屏/屏内扫描;可调整简报画亮度、位置、宽度及高度等。在电脑画面与手写资料重叠反面,圆刚实物摄影简报器可自动侦测纸张底色,而设定Color Key,亦提供8种颜色,使用者可依需要改变手写字的颜色等,圆刚实物摄影简报器是商业简报、多媒体教学、实物举证、各式报告不可或缺的新锐武器。