

基于图像处理的条码识别技术及雷管检测应用

张儒, 姚舜才, 安坤, 王子瑶

(中北大学 电气与控制工程学院, 太原 030051)

摘要: **目的** 为了高效、方便、安全地对便携式起爆器的数码电子雷管进行检测, 设计一种条形码检测方法。**方法** 首先分析雷管外印有的雷管条形码的构成, 提出一种新型的模拟电子雷管条形码检测方法, 通过在 Matlab 软件平台下与嵌入式条码系统相结合, 对含有条形码的图像进行图像处理识别。**结果** 在 Matlab 环境下能够准确识别出图像中的条形码, 而且时间 5.1 ms 范围内, 嵌入式开发的条码扫描能显示正确的条码序列。**结论** 嵌入式条码扫描系统与市场上现有的一些条码识别软件相比, 具有很好的适应性和准确性, 将使便携式起爆器中雷管扫描录入工作变得更加快捷高效, 能为后续起爆器的功能完善提供基础保障。

关键词: 电子雷管; 条码; 图像处理; Matlab; 嵌入式开发

中图分类号: TB487 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2019)15-0237-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2019.15.038

Bar Code Recognition Technology and Detonator Detection Application Based on Image Processing

ZHANG Ru, YAO Shun-cai, AN Kun, WANG Zi-yao

(School of Electrical and Control Engineering, North University of China, Taiyuan 030051, China)

ABSTRACT: The work aims to design a bar code detection method, so as to efficiently, conveniently and safely detect the portable digital electronic detonators. Firstly, the composition of the bar code printed on the detonator was analyzed to propose a new type of analog electronic detonator bar code detection method. The image processing and recognition of the image containing bar code was carried out by combining with the embedded bar code system under the Matlab software platform. Under MATLAB, the barcode in the image could be accurately identified, and the embedded barcode scanning could display the correct barcode sequence within 5.1 ms. Compared with some existing bar code recognition software on the market, the embedded bar code scanning system has good adaptability and accuracy, which will make the detonator scan entry in the portable detonator more convenient and efficient and provide a basic guarantee for the function of the subsequent detonator.

KEY WORDS: electronic detonator; barcode; image processing; Matlab; embedded development

目前条形码应用在生活的各个领域当中, 极大提高了信息的交流。雷管条码识别的准确率对雷管的出入库以及雷管在线检测的工作效率, 都有很大的影

响, 因此可使用数字图像处理方法来提高工作效率: 先进行图像质量的改善, 来减少条形码识读的干扰因素, 例如噪声、模糊等, 定位出条形码区域, 然后对

收稿日期: 2019-02-19

基金项目: 国家自然科学基金 (61774138)

作者简介: 张儒 (1996—), 男, 硕士研究生, 主攻嵌入式开发和图像处理。

通信作者: 姚舜才 (1973—), 男, 副教授, 主要研究方向为智能控制、机器视觉。

其进行译码识别。采用图像处理技术与嵌入式开发技术相结合识读条形码,是必然的发展方向。

1 电子雷管条码类别

每发工业雷管出厂时都必须要有自己的编码,确保其唯一性。现在市场上所熟悉的电子雷管编码规则是 EAN-13 码,文中通过生活中常见的 EAN-13 条形码来模拟电子雷管条码。

1.1 EAN-13 码

EAN-13 商品条码结构见图 1。

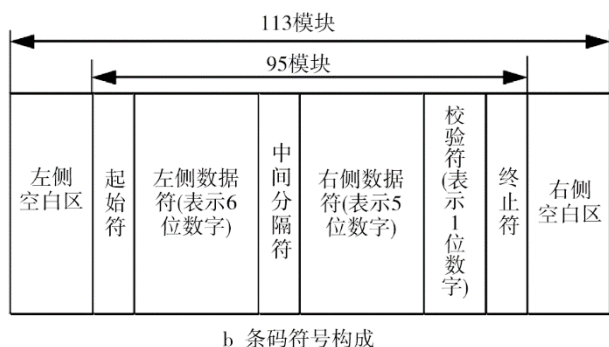


图 1 EAN-13 条码结构

Fig.1 Structure of EAN-13 bar code

1.2 条形码校验规则

校验码的作用是在印刷质量低劣或包装运输的过程中标志破损情况下,避免条形码扫描时误读信息,是保证条码能够识读准确的前提^[1-2]。

EAN-13 条码的校验方法步骤^[3]: 设条码中的任一数字码为 X_i ; 将条码从右至左编码,校码字符为序号 1; 由序号 2 开始,所有偶数位的字符相加之后再乘 3,得到 M_1 ; 由序号 3 开始,所有奇数位的字符相加得到 M_2 ; 将 M_1 和 M_2 相加得 M ; 再由 10 减去 M 的十进制中的个位数值,即得校验值 C 。

2 条码识别流程

条码识别的成功率很大程度上取决于条码图像本身的质量,而图像处理技术将会直接影响条形码最终的识读效果。条码图像的预处理是条码识别前的关

键步骤^[4],识别流程:图像采集→图像灰度化→滤波二值化处理→条码分割定位→条码识别。

3 图像采集

图像采集的方式有很多种,获取条形码图像的方法一般有图像传感器、数码相机、屏幕获取等方式。在这里选择屏幕获取方法得到一部分 EAN-13 产品条码,见图 2。随机屏幕获取的图像难免会有椒盐噪声、模糊等问题,需要采用图像处理方法将这些问题对条码识读的影响最小化,改善条码的读取效率。



图 2 产品码

Fig.2 Product code

3.1 图像灰度化

一般彩色图片里面所包含的信息量较大,但大多数情况下灰度图像里的信息就能解决问题,因此,在图像的处理过程中,为了减少后面图像处理的工作量,先进行灰度化处理^[5]。

图像由彩色图转化为灰度图常见的有以下 3 种方法。

1) 最大值法。将彩色图像 R, G, B 的最大值作当前灰度值,即:

$$\text{GRAY} = \max(R, G, B) \quad (1)$$

2) 平均值法。平均彩色图像中的三分量作为当前的灰度值,即:

$$\text{GRAY} = (R + G + B) / 3 \quad (2)$$

3) 加权平均法。对彩色图像 R, G, B 三分量以不同的权值进行加权平均,都能得到比较合理的灰度图像^[6-7],即:

$$\text{GRAY} = 0.299R + 0.587G + 0.114B \quad (3)$$

式中: R, G, B 分别为图像 3 个通道的灰度图像,几个加权系数 0.299, 0.587, 0.114 是根据人的亮度感知系统调节出来的参数,是个广泛使用的标准化参数。GRAY 为灰度变换后的灰度图像。

这里选用加权平均值法来进行灰度处理,取得的灰度图见图 3。

3.2 图像去噪化

一般需要对图像进行滤波处理。根据获取的图像



图 3 条码灰度
Fig.3 Grayscale

很明显可以看到：图像包括椒盐噪声所具备的特征，椒盐噪声将影响到对目标边缘点的确定和对目标图像提取部分^[8]。根据这种噪声的类型，对条码图像使用中值滤波，可以降低噪声的干扰，同时保证图像中条码边界区域的完整性，提高图像的质量^[9]。

MATLAB 中进行中值滤波的函数是 `medfilt2`。其语法形式为：

$$B = \text{medfilt}_2(A, [m, n]) \quad (4)$$

式中： $m \times n$ 为处理的模板大小； A 为原始图像； B 为中值滤波后的图像。依据常规以及多次试代得出：选用 3×3 正方形滤波器可以达到预期的效果，因此采用 3×3 中值滤波器作为处理模板，处理得到中值滤波图见图 4。



图 4 中值滤波
Fig.4 Median filter

3.3 条码图像的二值化处理

条码图像二值化处理的目的是将之前灰度变换、滤波处理完成的图像转变成黑白二值图像，处理后能得到清晰的边缘轮廓线，为后续的边缘提取、图像分割及识别操作打好基础^[10]。

二值化的基本过程如下：借助算法获得最佳的阈值 T ；当选定图像中像素点的灰度值低于设定阈值时，则全部转化为 0，而大于设定阈值时，则全部转化为 255。经过处理后，图像就只有黑白两色，从而将整幅图像明确划分成目标和背景，实现图像的二值化。表达式如下：

$$g(x, y) = \begin{cases} 255 & f(x, y) \geq T \\ 0 & f(x, y) < T \end{cases} \quad (5)$$

式中： $f(x, y)$ 为灰度图像的灰度值； $g(x, y)$ 为二值化后的灰度图像。

Ostu 算法是一种广泛使用解决最优阈值问题的阈值选择方法和迭代方法。该算法将图像分为前景和背景两部分，然后考虑前景和背景之间的差值，如果两部分之间的差值小于设定的阈值，则此时的像素值划分点就是所求解的阈值。如果 2 个值之间的差值大于设置的阈值，则继续迭代以找到最佳阈值^[11]。

使用 Ostu 算法能得到较好的二值化图像。二值化图见图 5a，二值化后图像边缘清晰。之后通过删除一些小面积区域，把分散的以及面积占比小的点吞噬掉，从而获得边缘较为清晰的二值化图像，见图 5b。



a 二值化



b 优化的二值化

图 5 条码图像二值化
Fig.5 Optimized binarization diagram

3.4 切割条形码区域

在获得二值化图像之后，通过上述过程得到的目标区域类似矩形区域，通过计算该区域的最小外接矩形来锁定条码区域，计算步骤：提取类矩形区域的粗略外轮廓，统计其像素点的集合；首先以从左边最外层区域向右逐行检测的方式对图像进行检测，将像素点第一次黑白变化点所处的坐标记为 P_1 ，再用相同的办法分别从右到左、下到上、上到下找到点 P_2 , P_3 , P_4 ，则条码最小矩形位置由这 4 个坐标初步确定；最小外界矩形函数 `rect()` 便是待测条码图像中条码区域的大致定位，调用 `imcrop()` 函数，由此进行裁切，即可得到条码区域。

在原滤波图中根据这 4 个方位坐标把图像分割

出来,见图 6a。之后对图 6a 继续重复进行二值化、优化、切割,可以得到图 6b 所示的条码图。



a 初步条码分割



b 二次条码分割区域

图 6 图像分割

Fig.6 Image segmentation

4 条码识别处理

条码经图像处理得到的二值图像,用 255 和 0 分别表示白色和黑色,之后需要对图像中所包含的数字或英文字母信息进行译码,即条码识读。

4.1 条码解码算法

常用的条码译码方法有宽度测量法、平均值法、相似边距离测量法等。前 2 种方法对条码图像的要求非常高,如果标准值与实际测量值有一点偏差,就不能实现正确译码^[12]。

相似边距离测量方法虽然能够解决上述 2 种问题,但对于前置码的判断是根据左侧数据符的奇偶排列顺序来确定的,一旦条形码出现反向放置的情况,就会对前置码的判断出现偏差^[13]。在这里,将局部和全局的欧式距离算法用于实现译码功能。

假设待解码的数字字符的黑白条宽度向量为:

$$A = (a_1, a_2, a_3, a_4)$$

标准的条形码编码向量为:

$$R = (r_1, r_2, r_3, r_4)$$

$$\text{distance} = \sqrt{\sum_{i=1}^4 (a_i - r_i)^2} + \lambda \sqrt{\sum_{i=1}^3 \left(\sum_{j=i}^{i+1} (a_j - r_j) \right)^2} \quad (6)$$

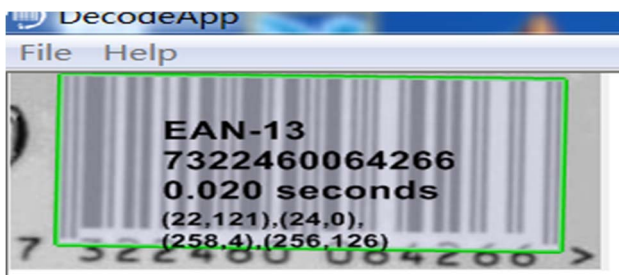
式中:前一部分是基于全局的欧氏距离算法;后一部分是基于局部的欧氏距离算法; λ 为平衡因子。通过调整 λ 来增加整个方法中整体和局部的方法所占的比重,条码的误差得到很大的补偿,解码的精度更高^[14]。

4.2 条形码识别结果

由 MATLAB 实现全局过程,译码效果见图 7a:商业条形码图像定位和识别软件可以选用 Data Symbol,通过此软件验证其条码准确性,见图 7b。



a 译码效果



b DataSymbol 条码识别结果

图 7 条码识别结果

Fig.7 Bar code recognition results

可以根据条形码校验规则计算检查条码序列为 7322460064266, 则有:

$$x_1 = 7, x_2 = 3, x_3 = 2, x_4 = 2, x_5 = 4, x_6 = 6, x_7 = 0,$$

$$x_8 = 0, x_9 = 6, x_{10} = 4, x_{11} = 2, x_{12} = 6, x_{13} = 6,$$

$$M_1 = 3(x_2 + x_4 + x_6 + x_8 + x_{10} + x_{12}) = 63,$$

$$M_2 = x_3 + x_5 + x_7 + x_9 + x_{11} + x_{13} = 20,$$

$$M = M_1 + M_2 = 83.$$

M 的个位数为 3, $10 - 3 = 7$, 而 $x_1 = 7$, 所以这个条码值正确。

5 基于嵌入式开发的条码扫描

雷管条码一般采用 EAN-13 编码,图书类条码与此类似,此次识别系统实现了对书目类条形码的识别,并与 stm32 串口通信显示其录入信息。用 Keil 软件进行程序的编译和程序的调试,经过多次调试,最终完成了本次设计。

通过上述一系列图像处理算法,应用到 stm32 最

小系统上面,采用 STM32F103ZET6 开发板作为平台基础进行搭建,利用 DC-DC 降压电路给单片机供电,外接扫描采集模块为图像前端采集设备,可以发现经过图像处理,采集到的条形码图像^[15]条码译码识别,显示到 LCD 上,这种方式能够很好地应用到雷管条码出入库系统上,模拟电子雷管识别显示结果见图 8。

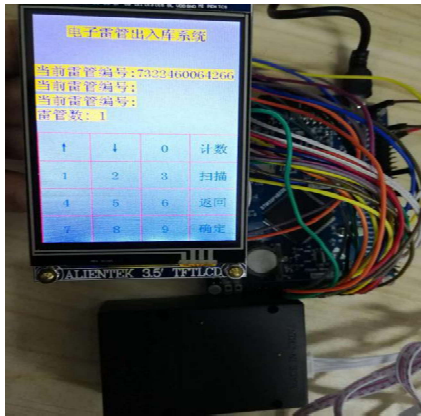


图 8 模拟电子雷管识别显示
Fig.8 Recognition display of analog electronic detonator

嵌入式条码扫描系统以及所选 Data Symbol 测量 500 次条码样本,所需的时间和准确性见表 1。

表 1 条码扫描系统识别结果
Tab.1 Recognition results of barcode scanning system

识别方法	条码程度	正确判断数	准确率/ %	单个识别 平均时间/ms
嵌入式条码扫描系统	清晰	500	100	≤ 3.6
	模糊	497	99.4	≤ 5.1
Data Symbol	清晰	500	100	6.2
	模糊	489	97.8	6.2

由表 1 可知:嵌入式条码扫描系统相对 Data Symbol 软件来说,不管雷管条码清晰与模糊,都能准确识别出来,在模糊状态下准确率还提高了 1.6 个百分点;清晰状态下嵌入式条码扫描时间较短,在模糊状态下,虽然系统在保证准确率的情况下比 Data Symbol 软件识别快,但识别时间比清晰状态相对增加,系统程序处理速度有待后续研究完善提升。整体上嵌入式条码扫描系统性能比 Symbol 软件更胜一筹。

6 结语

经过对比条码识别结果和实验数据可知,应用文中的方法可以很好地识别条码,全程是一扫一读显示存储,嵌入式开发扫描系统比当前识读软件 Data Symbol 相比,有较快的识别能力和较高的识别率。基于图像采集以及条码图像处理的手持式数据采集终端,具有便携性好、识别效率以及精度高等特点,对完成后续雷管条码出入库检测、远程控制起爆

以及起爆器的制作,具有重要的实用意义。

参考文献:

[1] 乔连芝. 基于图像处理方式定位识别条形码[D]. 广州: 华南理工大学,2010.
QIAO Lian-zhi. Location and Recognition Barcode Based on Image Processing Method[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2010.

[2] 姜亮. 基于 Android 平台的条形码识别系统[D]. 济南: 山东大学, 2012.
JIANG Liang. Bar Code Recognition System Based on Android Platform[D]. Jinan: Shandong University, 2012.

[3] 王勇. 基于 STM32 的一维条形码识读技术研究[D]. 天津: 天津大学, 2016.
WANG Yong. Research on One-dimensional Bar Code Reading Technology Based on STM32[D]. Tianjin: Tianjin University, 2016.

[4] 赵琪, 高美欢. 基于图像的工业在线条码识别算法研究[J]. 软件导刊, 2018, 17(8): 125—128.
ZHAO Qi, GAO Mei-huan. Research on Image-based Industrial Online Barcode Recognition Algorithms[J]. Software Guide, 2018, 17(8): 125—128.

[5] 蒙秀梅. 智能图像技术研究及岩心图像自动识别系统[D]. 北京: 北京邮电大学, 2011.
MENG Xiu-mei. Intelligent Image Technology Research and Core Image Automatic Recognition System[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2011.

[6] 王进花. 基于视觉的运动汽车跟踪技术研究[D]. 兰州: 兰州理工大学, 2010.
WANG Jin-hua. Research on Vision-based Motion Vehicle Tracking Technology[D]. Lanzhou: Lanzhou University of Technology, 2010.

[7] 仇金宏. 数字图像处理技术在牛肉品质分级中的应用研究[D]. 南京: 南京农业大学, 2010.
QIU Jin-hong. Application of Digital Image Processing Technology in Beef Quality Grading[D]. Nanjing: Nanjing Agricultural University, 2010.

[8] 张闯. 条码识别技术研究及其在产品流水线上的应用[D]. 上海: 东华大学, 2013.
ZHANG Chuang. Research on Bar Code Recognition Technology and Its Application in Product Line[D]. Shanghai: Donghua University, 2013.

[9] 田敏, 刘全香. 包装印刷品条码质量检测方法[J]. 包装工程, 2017, 38(17): 204—209.
TIAN Min, LIU Quan-xiang. Barcode Quality Detection Method for Packaging Printing[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(17): 204—209.

[10] 沈际元. 人民币捆钞一维条形码的定位与识别[D]. 南京: 南京理工大学, 2016.
SHEN Ji-yuan. Location and Recognition of One-dimensional Barcode for RMB Bundled Banknotes[D].

- Nanjing: Nanjing University of Technology, 2016.
- [11] 郭明. 残缺和破损条形码的图像识别技术研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2014.
- GUO Ming. Research on Image Recognition Technology of Incomplete and Damaged Barcodes[D]. Harbin: Harbin University of Technology, 2014.
- [12] 李静. 基于线扫描 CCD 的两种印刷品质量检测系统的研究与开发[D]. 天津: 天津工业大学, 2008.
- LI Jing. Research and Development of Two Printing Quality Detection Systems Based on Line Scanning CCD[D]. Tianjin: Tianjin University of Technology, 2008.
- [13] 徐益峰, 金珣宏, 戴曙光. 基于 EAN-13 条形码识别的改进算法[J]. 计算机与数字工程, 2011, 39(7): 133—137.
- XU Yi-feng, JIN Yi-hong, DAI Shu-guang. An Improved Algorithm Based on EAN-13 Barcode Recognition[J]. Computer and Digital Engineering, 2011, 39(7): 133—137.
- [14] 董华冰. 一维图像条形码识别方法研究[D]. 广州: 华南理工大学, 2012.
- DONG Hua-bing. Research on One-dimensional Image Barcode Recognition Method[D]. Guangzhou: South China University of Technology, 2012.
- [15] 郭小坪. 一种新型光机电一体化胡萝卜排种器的研究与设计[D]. 福州: 福州大学, 2015.
- GUO Xiao-ping. Research and Design of a New Type of Opto-mechatronic Carrot Seeding Device[D]. Fuzhou: Fuzhou University, 2015.