

[自控·检测]

DOI:10.3969/j.issn.1005-2895.2020.03.014

# 基于FPGA的平板式数粒机检测系统

孙琦, 蔡锦达

(上海理工大学出版印刷与艺术设计学院, 上海 200093)

**摘要:**针对目前国内药品检测数粒机大多是多通道数粒机,存在稳定性差、检测精度低等缺陷,课题组提出了基于FPGA的平板式数粒机检测系统。采用现场可编程门阵列(FPGA)作为控制系统的核心,对面阵图像传感器进行参数配置、图像数据采集,并对原始图像进行增强预处理。再由FPGA运用Canny算法获取图像采集单元的药粒目标轮廓信息,运用质心法获取质心位置坐标,采用检测线目标位置预测计数方法实现药品的高速在线检测计数。实验结果表明,基于FPGA的面阵图像传感器数粒机系统可以实现高速度、高精度的在线计数。

**关键词:**平板式数粒机;现场可编程门阵列;面阵图像传感器;Canny算法

中图分类号:TP29;TH164 文献标志码:A 文章编号:1005-2895(2020)03-0069-05

## Detection System of Counting Machine with Single Channel Based on FPGA

SUN Qi, CAI Jinda

(College of Communication and Art Design, University of Shanghai for Science and Technology, Shanghai 200093, China)

**Abstract:** At present, domestic drug testing counting machines are mostly multi-channel counting machines, which have the disadvantages of poor stability and low detection accuracy. A flat-panel counting machine testing system design based on FPGA was proposed by the research group. The counting machine adopted FPGA as the core of the control system. It configured the area array image sensor parameters, collected image data, and performs enhanced preprocessing on the original image. Then FPGA used Canny algorithm to obtain the target information of the medicine particles in the image acquisition unit, and used the centroid method to obtain the coordinates of the centroid position, and used the detection line target position prediction counting method to realize the high-speed online detection and counting of medicines. The experimental results show that the FPGA-based area array image sensor counting machine system can achieve high-speed and high-precision online counting.

**Keywords:** tablet counting machine; FPGA (field-programmable gate array); area scan image sensor; Canny algorithm

医药行业的迅猛发展,除了得益于医疗技术的提高,也离不开医疗器械的快速发展,而在医疗器械中药品包装机械占有很大比重。目前,国内主流光电式数粒机精度和速度亟待提高<sup>[1]</sup>。为了尽可能解决国内医药企业对药品包装速度的要求,需要对药品包装设备进行技术革新和产品升级。随着科技的发展及自动化水平的提高,机器视觉正成为人眼的延伸,在医药领域也有着广泛的应用<sup>[2-7]</sup>。

目前国内药品数粒机大多是多通道数粒机,检测

存在稳定性差、精度低等缺陷。为解决这一问题,课题组提出了一种应用现场可编程门阵列(FPGA)与面阵图像传感器(complementary metal-oxide-semiconductor, CMOS)的高速平板式数粒机的检测方案,通过Canny算子轮廓检测技术和质心法获取药粒质心位置坐标,并采用基于检测线的目标位置预测计数方法,实现各种药品或胶囊的数粒计数包装。实验证明该系统具有分辨率高、计数准确和处理速度快等特点,从而大大提高设备的数粒效率。

收稿日期:2020-02-22;修回日期:2020-03-20

第一作者简介:孙琦(1995),女,安徽砀山人,硕士研究生,主要研究方向为印刷包装技术与装备。通信作者:蔡锦达(1963),男,上海人,硕士,教授,硕士研究生导师,主要研究方向为嵌入式控制系统开发、数控技术等。E-mail:cjd6309@126.com

### 1 数料机工作原理

数料机系统主要由检测计数系统、振动送料系统、人机界面系统、装瓶系统以及机架组成。系统采用平板送料方式,与传统多通道数料机不同,药品输入速度更快、检测效率更高且适应多种颗粒检测,相应的检测和计数方式也与传统的方法不同,同时也简化了机械结构。采用 FPGA 作为核心控制模块,实现与人机界面的通信、图像信号采集、送料系统控制和装瓶控制等,控制系统总体方案如图 1 所示。

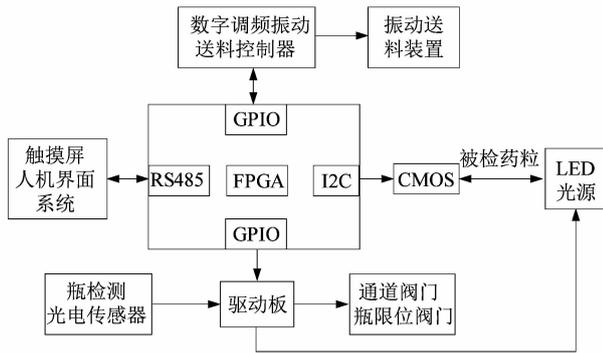


图 1 控制系统总体方案

Figure 1 Schematic diagram of overall control system

振动送料模块根据人机交互界面上输入的参数,使药片按照一定的速度流经成像区。CMOS 对成像区进行拍照,并按照设定 50 Hz 的频率采集图像。FPGA 对采集的图像信号进行处理、计数并控制装瓶系统动作。

### 2 检测计数系统硬件设计

检测计数系统是整个数料机的核心部分。FPGA 作为系统控制的核心,主要进行信号采集、处理、计数及门控电磁阀和振动器的控制。

图像采集模块由传感器、光源和镜头 3 部分组成。图像采集装置垂直安装于振动台的上方,通过对 CMOS 进行频率设置,在药品进入成像区后,采集包含药品颗粒的图像数据。

FPGA 通过 I2C 与 CMOS 进行通信,通过差分传输获取信号,并进行运动分析、检测等图像处理并计数,根据最终得到的计数结果,根据人机界面预设的药品计数标准值生成相应的控制命令,控制其他执行机构进行药品灌装任务<sup>[8-9]</sup>。检测计数系统结构如图 2 所示。

### 3 图像处理及计数原理

#### 3.1 图像采集及处理

系统采用 XILINX 公司 ZYNQ 系列 FPGA,对图像进行预处理以及针对图像特征识别的进行硬件加速。

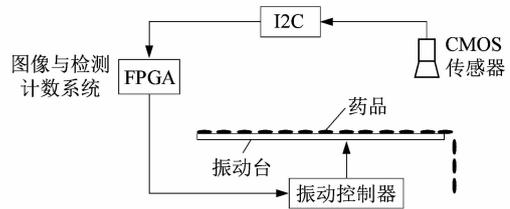


图 2 检测计数系统结构

Figure 2 Structural of detection and counting system

整个系统在 Quartus 6.0 环境下实现编译,使用 Verilog HDL 语言编写<sup>[10]</sup>。使用 SONY 的基于面阵曝光的 CMOS 传感器芯片,型号为 IMX273LQR-C。

为更好的得到二值化结果,加入图像增强算法,包括对比度算法, GAMMA 增强和饱和度算法等,将图像格式转化成 YUV 格式,侧重于视觉对亮度的敏感程度。通过界面配置二值化阈值。

#### 3.2 药品位置信息获取原理

FPGA 有着独特的并行处理机制、强大的运算能力和灵活的可重复编程特性,在数据处理方面有着明显的优势<sup>[11]</sup>。传统 Canny 算子采用高斯滤波会使得图像过度平滑,从而导致弱边缘检测能力降低。因此课题组提出改进算法,采用中值滤波代替高斯滤波从而提高检测精度,并在 FPGA 上得以实现<sup>[12-13]</sup>。Canny 算子边缘检测算法获取单帧图像上药品的轮廓信息,通过质心算法换算出检测目标的位置坐标,为下一步实现高速动态计数做准备。

#### 3.3 目标计数算法原理

药品经过多级振动台,运动速度随着振动台振动频率的改变而改变。为提高工作效率,增大振动频率,药品经过成像区的时间越短。为配合药品的高速流动,需使得 CMOS 获取图像信息的频率增大,即在单位时间内获取图像的数量增大,确保检测精度。

本系统中 CMOS 分辨率为 1 440 dpi × 1 080 dpi,每秒传输帧数设置为 50,成像区长度设置为 100 mm。多次实验结果表明,同一药品颗粒在时间间隔较短的相邻两帧图像之间的运动位移较小,在运动过程中运动速度的变化也较小,因此可将药品经过成像区至振动台边缘的过程视作匀速直线运动。

采用基于检测线的目标位置预测计数方法,即将药品计数问题转化为距离问题<sup>[14]</sup>。成像区如图 3 所示。

当药品颗粒出现在成像区,系统检测其在当前时刻的瞬时速度和中心点坐标。假设检测计数线的方程为  $Ax + By + C = 0$ ,第  $n$  帧时目标中心点的坐标为  $(i,$

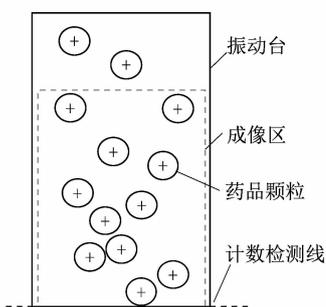


图3 数粒机成像区

Figure 3 Imaging area of counting machine

j), 瞬时速度为  $v_i$ ,  $\Delta t$  为相邻两帧图像的时间间隔。

第  $n$  帧时该目标颗粒中心点与检测计数线的距离

$$S = \left| \frac{Ai + Bj + C}{\sqrt{A^2 + B^2}} \right| \quad (1)$$

$n + 1$  帧该目标的预测位移

$$L = v_i \Delta t \quad (2)$$

根据机器视觉以及图像处理技术进行实现药品颗粒速度检测,其原理为:首先对运动目标进行准确定位,速度测量公式一般为  $V = \Delta S / \Delta t$ ,根据其在前后图像帧中位置的变化量  $\Delta S$  来计算该目标在此时刻的瞬时速度。

## 4 检测系统设计与实现

### 4.1 数粒机软件总体流程

在进行正式检测之前,用户首先需要根据待测对象的特征和检测要求设置相应的检测参数。在传感器设置界面,通过调整参数和光源亮度使图像中药品区域灰度值满足检测要求;在检测计数管理界面,用户可选择图像处理的相关参数,后台程序对选择的参数进行保存。回到主界面,点击“开始”即可启动检测程序,系统根据预先选择好的检测方案来进行检测。后台程序对实时采集的图像进行处理,并将处理结果显示于主界面上,程序向控制软件界面发送检测计数结果,计数达到预设值后,主振动台暂停,补粒振动台开启,补粒阀门打开进行补粒,达到装瓶量后,控制系统控制阀门和装瓶系统进行灌装。软件总体流程如图4所示。

### 4.2 检测系统的设计与实现

#### 4.2.1 边缘检测及位置信息获取

课题组采用 FPGA 对图像数据经过中值滤波处理后进行梯度计算,再根据得到的梯度值  $dx$  和  $dy$  进行非极大值抑制和双阈值处理,最后输出边缘检测图像。边缘检测图像处理过程如图5所示。

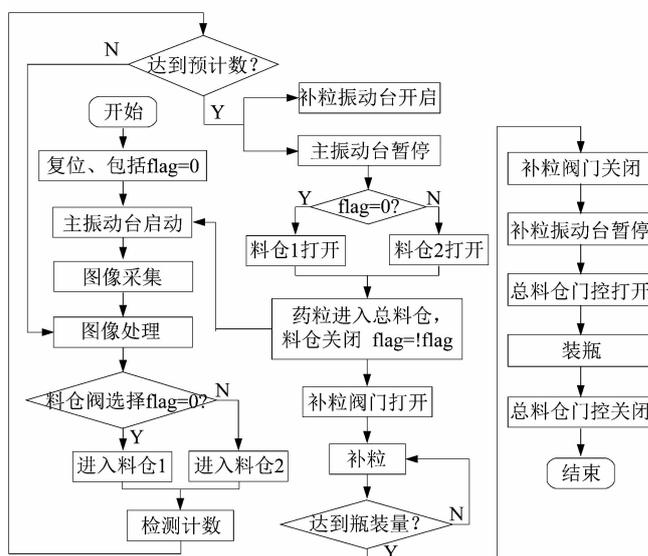


图4 软件总体流程图

Figure 4 Software overall flowchart

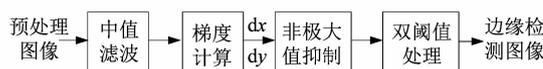


图5 边缘检测图像处理过程

Figure 5 Processig process of edge detection

#### 4.2.2 目标计数算法实现

当药片颗粒在振动台中向计数检测线运动时,当其完全进入成像区时实时获取该目标在当前帧的中心点坐标和运行的瞬时速度,并预计其下一帧的坐标位置。计数算法流程如图6所示。

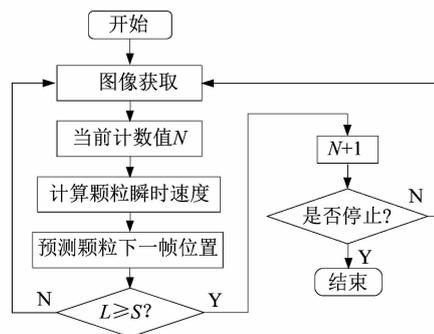


图6 计数算法流程

Figure 6 Chart of counting algorithm

对目标在某一时刻其与检测计数线的实际距离  $S$  与下一帧预测位移  $L$  的大小进行比较,存在2种情况:当  $S > L$  时,表示该目标在下一帧时刻不会越过检测计数线;当  $S \leq L$  时,则表示该目标在下一帧会通过检测

计数线,计数 +1。表 1 记录了目标的运动状态和计数情况。

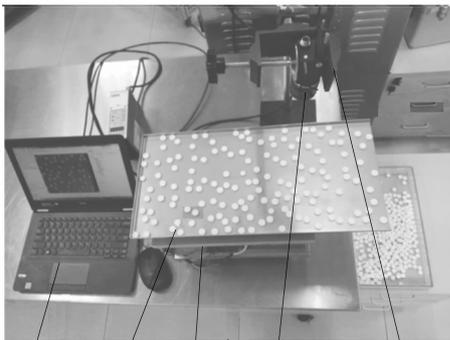
表 1 目标的运动状态和计数情况表

Table 1 Target movement status and count table

帧数	药品中心点与检测线的距离	预测距离	距离比较	是否计数
$n - 1$	$S_{n-1}$	$L_{n-1}$	$S_{n-1} > L_{n-1}$	否
$n$	$S_n$	$L_n$	$S_n = L_n$	是
$n + 1$	$S_{n+1}$	$L_{n+1}$	$S_{n+1} < L_{n+1}$	是

### 5 实验与图像处理结果

利用现有设备对控制系统进行功能测试,检测系统实验装置如图 7 所示。连接各个硬件设备,打开计算机中检测系统,为避免光照不均、图像对比度低、相机歪斜等造成后续检测效果的不理想,根据采集的图像调节相机的高度和角度、光源的光照大小和方向。



计算机 药片 振动台 CMOS相机 可调节相机支架

图 7 实验设备

Figure 7 Experimental equipment

打开图像处理界面,依次设置图像预处理参数,图像采集及处理后连接电源,开启振动台,颗粒移动,CMOS 实时获取图像。机器视觉系统获取原始图像和处理后图像如图 8 ~ 12 所示。



图 8 采集原始图像

Figure 8 Acquisition of raw images

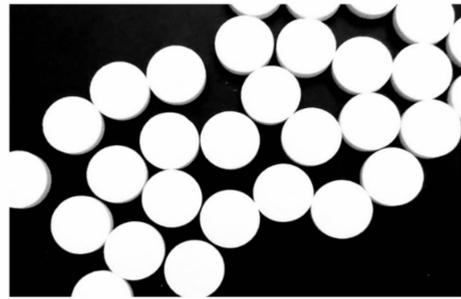


图 9 增亮处理后图像

Figure 9 Brightened processed image



图 10 进行二值化后图像

Figure 10 Image after binarization

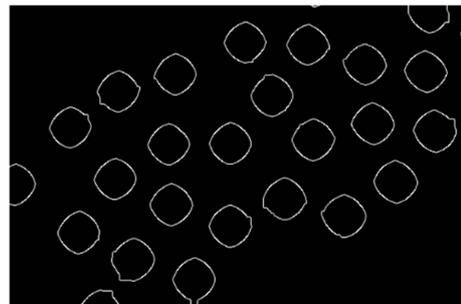


图 11 进行 Canny 轮廓分析后图像

Figure 11 Image after Canny contour analysis

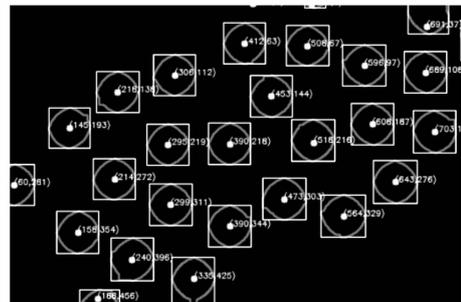


图 12 质心检测后定位图像

Figure 12 Positioning image after centroid detection

## 6 结语

课题组以机器视觉为研究基础,提出一种适应单通道数粒机的检测计数系统。采用FPGA作为数粒机的控制核心,面阵图像传感器作为图像采集系统,实现对整个数粒机的控制以及对药品的精确计数。通过实验分析了检测系统的性能,验证了系统的有效性,从而满足对药品实时在线检测计数的要求。相较于传统的多通道数粒机,能更好地满足市场对要求药品包装精度高、速度快的要求。文中系统是针对圆形药品颗粒进行的设计,未来研究工作中可进一步完善并优化,以适用于对胶囊、椭圆等多种类型药品颗粒进行检测。

### 参考文献:

- [1] 袁明辉,郭天太. 光电检测技术的发展趋势及应用前景[J]. 科技风,2009(6):77.
- [2] 梁立东. 基于视觉跟踪的颗粒计数与缺陷检测系统研究[D]. 广州:华南理工大学,2014:1-78.
- [3] 赵鹏. 基于机器视觉的药品包装检测技术研究[D]. 长沙:湖南大学,2009:1-61.
- [4] DICKMANN S E D. The development of machine vision for road vehicles in the last decade [C]//Intelligent Vehicle Symposium.

Versailles, France:IEEE,2003:268-281.

- [5] 唐向阳,张勇,李江有,等. 机器视觉关键技术的现状及应用展望[J]. 昆明理工大学学报(理工版),2004,29(2):36-39.
- [6] 王忠飞,张朋涛. 基于机器人视觉的目标追踪算法研究[J]. 机电工程,2018,35(11):1237-1242.
- [7] 蒋萌,王尧尧,陈柏. 基于双目视觉的目标识别与定位研究[J]. 机电工程,2018,35(4):414-419.
- [8] 陈权. 基于FPGA的CMOS图像采集与处理系统的设计[D]. 衡阳:南华大学,2018:1-53.
- [9] 杨健菁. 基于FPGA的工业相机图像采集系统的设计与实现[D]. 成都:电子科技大学,2013:1-74.
- [10] 杨华,佟首峰. 基于FPGA的Bayer到RGB图像格式转换设计[J]. 现代电子技术,2010,313(2):122-124.
- [11] 张素文,陈志星,苏义鑫. Canny边缘检测算法的改进及FPGA实现[J]. 红外技术,2010,32(2):94.
- [12] 杨康. 基于FPGA的视频图像采集与边缘检测系统设计[D]. 合肥:安徽大学,2019:1-55.
- [13] 陈虎,凌朝东,张浩,等. 基于FPGA的实时彩色图像边缘检测算法的实现[J]. 液晶与显示,2015,30(1):143-150.
- [14] 姚莹,蔡锦达,刘倩. 基于机器视觉的平板式数粒机检测方法[J]. 光学仪器,2018,40(4):9-14.

### (上接第68页)

- [4] 张克华,王书平,尹晓红,等. 复杂室内环境下的单一Kinect导盲系统[J]. 光学精密工程,2015,23(8):2419-2427.
- [5] 张探,陈超. 突破环境限制的导盲方法[J]. 中国图象图形学报,2015,20(11):1545-1551.
- [6] 朱爱斌,何大勇,罗文成. 基于双目视觉方法的可穿戴式导盲机器人研究[J]. 机械设计与研究,2016,32(10):32-34.
- [7] 张志美,程立英,赵以恒,等. 基于模糊PID控制算法的导盲机器人研究[J]. 沈阳师范大学学报(自然科学版),2015,33(1):81-85.
- [8] 汤智超,苏琳,何超,等. 导盲机器人的交通标志视觉识别技术研究[J]. 计算机技术与发展,2014(9):23-27.
- [9] 黄衍标,罗广岳,何铭金. BP神经网络在巡逻机器人多传感器数据融合中的应用[J]. 传感技术学报,2016,29(12):1936-1940.
- [10] 陈超,唐坚,靳祖光. 基于RFID技术导盲机器人室内路径规划的研究[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版),2013,27(1):60-63.
- [11] 刘志,陈超. 基于激光雷达和Kinect信息融合的导盲机器人SLAM研究[J]. 江苏科技大学学报(自然科学版),2018,32(2):218-223.
- [12] 蒋萌,王尧尧,陈柏. 基于双目视觉的目标识别与定位研究[J]. 机电工程,2018,35(4):414-419.
- [13] LOPES S I, VIEIRA J M N, LOPES O F F, et al. MobiFree: a set of electronic Mobility aids for the blind [J]. Procedia Computer

Science,2012,14:10-19.

- [14] SHOVAL S, ULRICH I, BORENSTEIN J. NavBelt and the Guide-Cane [obstacle-avoidance systems for the blind and visually impaired] [J]. IEEE Robotics & Automation Magazine, 2003, 10(1):9-20.
- [15] SAINARAYANAN G, NAGARAJAN R, YAACOB S. Fuzzy image processing scheme for autonomous navigation of human blind [J]. Applied Soft Computing, 2007, 7(1):257-264.
- [16] 何腾鹏,张荣芬,刘超. 基于机器视觉的智能导盲眼镜设计[J]. 电子技术应用,2017,43(4):58-60.
- [17] 陈树,丁保阔. 一种基于改进视觉背景提取算法的前景检测[J]. 计算机工程与科学,2018,40(4):673-680.
- [18] 徐君,袁址赞,崔宗勇,等. 基于帧间差分的ViBe运动目标检测[J]. 科学技术与工程,2017,17(27):82-87.
- [19] 苏剑臣,李策,杨峰. 基于边缘帧差和高斯混合模型的行人目标检测[J]. 计算机应用研究,2018,35(4):1246-1249.
- [20] PIOTROWSKI R, SZCZEPANSKI S, KOZIEL S K. FPGA-based implementation of real time optical flow algorithm and its applications for digital image stabilization [J]. International Journal on Smart Sensing and Intelligent Systems, 2010, 3(2):253-272.
- [21] 黄慧玲,杨明,王春香,等. 基于前方车辆行为识别的碰撞预警系统[J]. 华中科技大学学报(自然科学版),2015,43(增刊1):117-121.