

基于 FPGA 和线阵 CCD 的色选实验平台研究 *

孙晓晔¹, 盖素丽²

(1. 石家庄开发区冀科双实科技有限公司, 河北 石家庄 050081;

2. 河北省科学院 应用数学研究所, 河北 石家庄 050081)

摘要: 提出了一种基于 FPGA 和线阵 CCD 的色选实验平台, 利用线阵 CCD 对下落的大米进行在线动态扫描, 通过 FPGA 对采集到的大米图像信息进行分析和处理, 识别出异色米粒, 并通过分离装置剔除不合格大米。详细介绍了硬件平台的设计以及采用的色选算法, 该研究对高性能大米色选机的研制具有重要的参考价值。

关键词: FPGA; 线阵 CCD; 色选

中图分类号: TP274

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)21-0033-03

Study on color sorting experimental platform based on FPGA and linear CCD

Sun Xiaoye¹, Ge Suli²

(1. Shijiazhuang Development Zone Jikeshuangshi Science & Technology Co., Ltd, Shijiazhuang 050081, China;

2. Institute of Applied Mathematics, Hebei Academy of Sciences, Shijiazhuang 050081, China)

Abstract: A color sorting experiment platform based on FPGA and linear CCD is presented in this paper. Under the platform, the dropping grains of rice is dynamically scanned by the linear CCD to acquire rice images, which are analyzed and processed by FPGA to identify heterochromatic grains of rice, then the unqualified grains of rice are picked out through the separating equipment. The design of the hardware platform and the color sorting algorithm are described in detail. This study provides important reference for the development of high-performance rice color sorter.

Key words: FPGA; linear CCD; color sorting

随着人民生活水平的逐步提高, 人们对食品质量的要求日益严格, 这也促使越来越多的大型粮食加工企业为了提高谷物的外观质量、食用品质和商用价值, 开始注重粮食的加工品质, 不断采用现代化的技术手段来提高色选机的分选效率, 研发新的高科技色选机成为企业之间竞争的一种手段^[1]。为此, 本文提出一种基于 FPGA 和线阵 CCD 的色选实验平台, 利用 FPGA 的高并行性、高系统时钟速率和灵活的可编程性, 配合高速线阵 CCD 作为色选图像采集传感器, 从而保证色选算法执行电路的高速、高效, 为新一代色选机产品的研发奠定基础。

1 色选原理

色选机是利用光电原理, 从大量散装产品中颜色不正常或感染病虫害的个体(球状、块状或颗粒状)以及

外来杂质进行检测并分离的设备^[2], 其原理图如图 1 所示。被测物从喂料器进入一定长度的无损传送带, 并被配送到各分选通道, 经过一段时间的运动后, 在各通道呈稳定姿态进入 CCD 传感器的视野范围。可以通过改变图中斜槽的倾斜程度, 调整被测物的下落速度。通过对 CCD 采集到的图像的分析 and 处理, 识别出颜色异常的被测物, 控制电磁阀在该目标刚好运动到达喷嘴前的位置时, 开启喷气阀, 改变该目标的运动轨迹, 使其落入废料口, 而合格的继续下落最后进入成品收集口, 从而实现合格品和不合格品的分离。

2 硬件平台设计

色选硬件实验平台主要由外围的 CCD 图像传感器、电磁阀、CCD 输出信号处理电路和 FPGA 构成, 如图 2 所示。线阵 CCD 接收光信号, 在驱动脉冲的控制下进行自

* 基金项目: 河北省科学院重大攻关项目(11619)

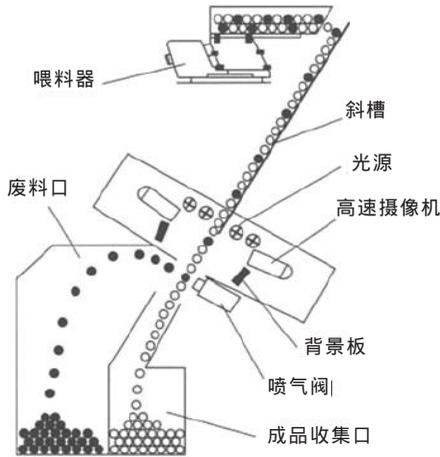


图1 色选原理图

扫描并将光信号转换成电信号,输出与光信号强度成正比的负极性电压信号。CCD 输出信号经预处理后,在 FPGA 的控制下,被转换成数字信号传给 FPGA。FPGA 利用其内部的存储器对数据进行缓存,再根据色选算法对数据进行处理,判别出异色米粒,然后根据异色粒的位置开启相对应的电磁阀将其剔除^[3-4]。在实际应用中,CCD 图像传感器为多路,每路 CCD 对应 1 个分选通道,每个通道有多个槽,每个槽对应 1 个电磁阀。

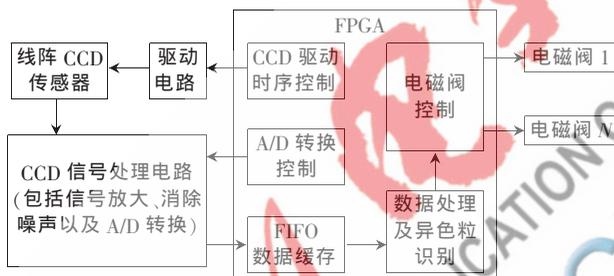


图2 色选硬件平台构成

2.1 线阵 CCD

选别率与选别速度是大米色选的两个重要指标,这就要求作为色选机核心部件之一的 CCD 数据输出速率高、分辨率高且成像质量高。鉴于此,选用日本 TOSHIBA 公司生产的 TCD1209D,这是一款高速、低暗电流的线阵 CCD,为 DIP22 封装形式的双列直插型器件,可用于传真、扫描和光学字符识别(OCR)等。该器件有效像素为 2 048 个,最佳工作频率 1 MHz,最高驱动频率可达 20 MHz^[5]。

2.2 CCD 信号处理电路

由于 CCD 输出信号包含有效的交流信号、直流分量和各种噪声,不便于系统传输、存储和处理。因此,需要对信号进行预处理,抑制噪声^[6]。CCD 信号处理电路的设计采用了前置放大加专用芯片的处理方式。前置放大电路用来隔离前后级电路的相互影响,同时提供较大的电流放大倍数;而专用芯片通过暗电平校正、相关双

采样等技术消除噪声。专用芯片采用 PHILIPS 公司的 TDA9965,该芯片具有功能强大、性能优越及价格便宜等特点。利用 TDA9965 可对 CCD 输出信号进行暗电平校正、相关双采样及 A/D 转换等,为 FPGA 要处理的数据进行预处理。

2.3 FPGA

FPGA 作为整个硬件装置的核心,不仅需要产生 CCD 的驱动时序控制 CCD 图像传感器采集图像信息,还要对 CCD 输出信号的 A/D 转换进行控制,并利用其内部的存储器对数据进行缓存,再根据色选算法判别出异色米粒,然后控制相应的电磁阀将异色米粒剔除。在本系统中,FPGA 采用 Cyclone III 系列中的 EP3C25E144C8,它具有 24 624 LEs,66 个 M9K RAM blocks, RAM 总容量达 0.6 MB,适用于视频帧缓冲;还具有经过预先优化的视频和图像知识产权(IP)内核,可大大提高图像处理的效能。EP3C25E144C8 有 4 个 PLLs,144 个引脚,其中有 82 个用户 I/O,采用 EQFP 四方扁平封装^[7]。利用 EP3C25E144C8 进行设计,可以提高集成度和性能,降低功耗,让产品及时面市,同时满足低成本要求。

2.4 电磁阀

采用美国 MAC Valves 公司的 34C-ABB-GFSA-0BL 型号的电磁阀,其速度快、重复度高且环境耐受性强。

3 色选算法

采用线阵 CCD 传感器和高速 FPGA 等新技术的色选硬件平台,只能从一定程度上提高图像采集的清晰度和数据处理的速度,要进一步提高色选精度,还需要开发新的高效的色选算法。

针对线阵 CCD 采集到的大米(被选物)的颜色信息,本文提出了一种从白米中选出微小异色点(主要是指深色点、微黄或黄色点及腹白点)大米的色选算法。算法核心思想是以像素为单位对被选大米的颜色特征(灰度信息,即反射到 CCD 的光强大小)进行统计、相互比较,从而确定合格大米的灰度阈值范围,将阈值范围以外的像素点判断为异色点,再根据米粒的异色程度确定米粒是否合格。下面详细介绍所采用的色选算法。

3.1 算法公式中的符号说明

$A^i(t)$ 表示 i 处像素在 t 时刻(当前时刻)的光强值(或灰度值); $BG^i(t)$ 表示 i 处像素在 t 时刻(当前时刻)对应的背景灰度值, $t=0$ 时表示初始背景; $A^H(t)$ 和 $A^L(t)$ 分别是当前时刻用于判别像素灰度值是否合格的上限阈值和下限阈值。

3.2 初始背景值计算

由于受周围光源强度变化的影响,背景的图像信息也会相应变化,为了使背景信息能保持相对稳定,在每一次色选前,先多次采集背景灰度值,取其平均值作为初始时刻的背景。这里的平均是以像素为单元,即每个

像素点对应一个平均运算后的背景光强值,表示为:

$$BG^i(0) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N A^i(-K)$$

3.3 背景判别及背景值更新

背景判别的目的首先是确定 CCD 视场中是否有被测物进入;其次,当被测物进入视场时,需要区分哪一部分是被测物信息,哪一部分是背景信息;最后,由于背景信息随周围光源、温度的变化时刻改变,因此还需要对背景进行更新,这样可以提高算法的实用性、灵活性。

(1) 对输入的数据 $A^i(t)$, 若满足 $|BG^i(t-1) - A^i(t)| \leq \varepsilon_I \cdot BG^i(t-1)$, 则可判断 $A^i(t)$ 是背景灰度值, 即 CCD 的第 i 个像素点在 t 时刻采集到的是背景反射回的光强。对落在背景上的像素点是不用处理的。则对第 i 个像素点对应的背景值按下式更新: $BG^i(t) = \{BG^i(t-1) + A^i(t)\} / 2$ 。

(2) 对输入的数据 $A^i(t)$, 若满足 $|BG^i(t-1) - A^i(t)| > \varepsilon_I \cdot BG^i(t-1)$, 则可判断 $A^i(t)$ 是被选大米的灰度值, 即 CCD 的第 i 个像素点处于被测物边缘内部区域, 为有效像素, 须作为后续异色判别的输入。这时, 第 i 个像素点对应的背景值保持不变, 即 $BG^i(t) = BG^i(t-1)$ 。

3.4 阈值确定

利用统计学“ 3σ 法”的思想, 经正态性验证被测物上点的灰度值变化服从正态分布。在此前提下, 产生初始阈值 $A^H(t)$ 、 $A^L(t)$:

$$A^H(t) = Ga(t) + 3\sigma$$

$$A^L(t) = Ga(t) - 3\sigma$$

其中, $Ga(t) = \frac{1}{N} \sum_{k=0}^N A^i(t)$, $\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N \{Ga(t) - A^i(t)\}^2}{2}}$, 为采用统计平均值法建立的比较样值, σ 为由正态分布得到的 i 点灰度值的标准偏差。

在算法的实际应用中, 背景和被测物的信息是不断变化的, 为了使色选算法能够适应这些变化, 算法的设计中还应当考虑阈值的不断更新。

3.5 异色点判别

在得到了色选判别所需的上限阈值和下限阈值后, 对输入数据 $A^i(t)$, 若满足 $A^i(t) < A^L(t-1)$ 或满足 $A^i(t) > A^H(t-1)$, 则可判别 $A^i(t)$ 对应的像素点为异色点。

3.6 异色米粒的判别

由于被测米粒受到周围光线等因素的影响, 异色点的判别可能会有失误, 因而不能因为偶然出现的异色点信息就判定该被测米粒为异常, 而需要给出对被测米粒的总体评价规则。把大米上所有异色点占总点数的比例作为该米粒的异色程度, 当该米粒的异色程度大于某个规定值时, 才认定该大米为异色米, 进行剔除。

本文介绍的用于大米色选的线阵 CCD 实验平台在 FPGA 技术的支持下实现了高速度和高精度, 实验证明, 其可实现米粒的“即落即判”, 非常适合在线检测的应用, 对于提高粮食加工行业的产品质量、降低生产成本具有重大意义。经测试, 电路运行良好, 可以达到设想的要求, 具有一定的实用价值。

参考文献

- [1] 秦锋, 阮竞兰. 谷物色选机国内外现状及发展趋势[J]. 粮食加工, 2011, 36(2): 51-53.
 - [2] BAYRAM M, ÖNER M D. Determination of applicability and effects of colour sorting system in bulgur production line[J]. Journal of Food Engineering, 2006 (74): 232-239.
 - [3] 尹亮. CCD 智能相机图像采集硬件平台的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2008.
 - [4] 丛昊. 色选数据采集及传输实验平台研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工程大学, 2008.
 - [5] TOSHIBA. TCD1209D datasheet[Z]. 1999.
 - [6] 郑力新, 周凯汀, 刘玉玲. CCD 色选机信号处理与控制技术的研究[J]. 粮食与饲料工业, 2011(1).
 - [7] Altera Corporation. Cyclone III Device Handbook[Z]. 2010.
- (收稿日期: 2012-07-12)

作者简介:

孙晓晔, 女, 1981 年生, 工程师, 主要研究方向: 嵌入式技术应用及开发。