

# 基于颜色特征的嵌入式液态试剂检测系统的设计与实现<sup>①</sup>

陈 旋 曹 毅 (杭州电子科技大学 计算机应用技术研究所 浙江 杭州 310018)

**摘 要:** 设计并实现了基于颜色特征的嵌入式液态试剂检测系统。该系统以嵌入式微处理器为核心,使用 CCD 摄像头采集检测图像,通过图像中的颜色特征拟合液态试剂的浓度数据。图像采集功能实现和彩色图像处理算法设计是系统设计的重点。最后以一组 DNA 含量检测对本图像检测系统的可行性进行了验证。

**关键词:** 嵌入式系统; CCD 摄像头; 颜色特征; 图像处理

## Design and Implementation of Embedded Image Detection System for Liquid Reagents Based on Color Character

CHEN Xuan, CAO Yi

(Institute of Computer Application Technology, Hangzhou Dianzi University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** An embedded image detection system for liquid reagents based on color character is designed and implemented. System fitting the concentration of liquid reagents by color characters includes detection image. The core hardware of system is embedded microprocessor, and CCD camera is used to acquire detection image. The design of image acquisition function and color image processing algorithms is important to the system. The experiment of content detection for DNA shows the feasibility of system.

**Keywords:** embedded system; CCD camera; color character; image processing

基于颜色特征的彩色图像检测技术是当前检测技术领域的一个研究热点,目前广泛用于检测物几何参数和表面形态的分析。如生物学分类识别<sup>[1]</sup>、组织器官分析<sup>[2]</sup>和锅炉温度场检测<sup>[3]</sup>等。而新的检测应用也在不断涌现。诸如:荧光定量检测,农作物生长检测等。

### 1 概述

目前该检测技术中,通过图像的颜色特征分析检测物的单一非几何属性的研究仍然不多。本文通过设计和实现基于颜色特征的嵌入式液态试剂检测系统探讨了通过结合检测图像中的颜色特征信息和颜色的空间分布信息拟合液态试剂浓度的可行性。由于嵌入式系统具备低功耗、小型化、高效率 and 高度模块化的优点,同时目前的嵌入式微处理器在性能、工作温度、

抗电磁干扰和可靠性等方面均得到极大的增强,因此本文将检测系统与嵌入式平台相结合以提升系统的便携性和应用扩展性。

### 2 系统硬件选型

该系统的硬件部分由嵌入式微处理器、存储单元、外围扩展电路接口和外部设备构成,总体硬件构成如图 1 所示:

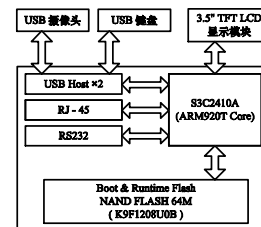


图 1 嵌入式图像检测系统整体框图

<sup>①</sup> 收稿时间:2009-10-27;收到修改稿时间:2009-11-26

(1) 微处理器与存储单元。针对图像处理运算要求的性能需求,系统选用三星的 S3C2410 微处理器,其主频达到 200MHz;存储单元为一块 64M 的 NAND FLASH(型号 K9F1208U0B),用于存放 Bootloader(VIVI)、嵌入式 LINUX 操作系统、根文件、MiniGUI 集成环境和应用程序。

(2) 外围接口电路。外围接口电路用于提供微处理器内部控制器与外部设备之间的连接通路,包括 LCD 屏接口、USB 接口、RS-232 接口、JTAG 接口和网络(RJ-45)接口等。

(3) 外部设备。外部设备包括图像采集设备和输入输出设备,图像采集设备选用基于 USB 总线的 CCD 摄像头,输入输出设备分别是 USB 数字键盘和 TFT LCD 液晶模块。

### 3 系统软件设计

软件设计的目的是建立基于窗体模式的嵌入式人机交互系统。该系统以消息机制为基础,采用 MinuGUI 构建图形用户界面,用户通过键盘按键激活相应的功能。软件功能包括检测图像采集、图像分析处理、浓度数据计算和微型数据库操作等,其中微型数据库能有效实现检测数据的查询、添加和删除。软件总体流程如图 2 所示:

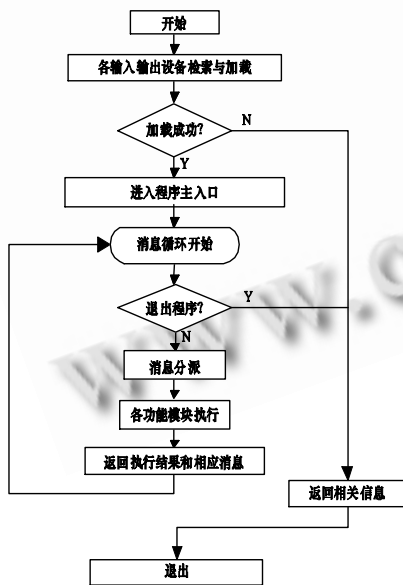


图 2 系统软件整体框图

#### 3.1 图像采集功能设计

图像获取功能用于驱动摄像头采集一帧原始数据,然后将数据重组为系统所需的图片格式并正确保

存。图像获取功能由摄像头驱动和图像格式转换模块构成。

##### 3.1.1 CCD 摄像头驱动开发

本系统设计的摄像头驱动由设备枚举过程、摄像头硬件参数设置和数据传输实现三部分构成。该驱动的实现过程如下:首先对摄像头类型进行检测与判断并完成摄像头 DSP 芯片初始化和获取设备描述符;然后设置设备文件地址、数据传输接口和摄像头 DSP 芯片的硬件参数;最后通过同步传输机制完成一帧数据的传输,该传输过程通过发送 PID\_IN 标志和端点号进行同步信包的接收,并通过确认信包序号完成数据处理和存储。

##### 3.1.2 图像格式转换功能设计

该功能用于将摄像头传输完成的一帧裸数据转换为图像处理所需的 JPEG 图像格式。该转换过程如下:首先定义 JPEG 图像结构,然后对裸数据进行解压缩并提取颜色信息进行图像填充,最后将完成填充的图像由 YUV420 颜色空间转换至 RGB 颜色空间并正确保存至指定目录。

#### 3.2 彩色图像处理算法设计

基于嵌入式系统性能的考量,系统采用 72 维颜色量化方法<sup>[4]</sup>将构成颜色特征的三维矩阵进行一维量化以实现颜色特征与试剂浓度的函数对应,其具体做法如下:

①将图像颜色空间转为 HSV 模型,按照人眼的视觉分辨能力,把色调空间分成 8 份,饱和度和亮度分别分成 3 份。

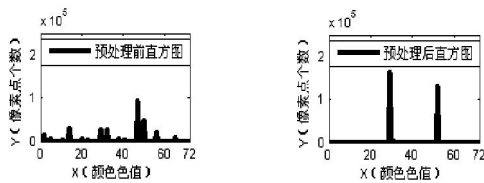
②根据色彩的不同范围和主观颜色感知把三颜色分量合成一维特征矢量:

$$l = HQ_s Q_v + SQ_v + V \quad (1)$$

其中  $Q_s = 3$  和  $Q_v = 3$  分别是 S 和 V 的量化级数,  $l = \{l_i | i = 0, 1, 2, \dots, 71\}$ ,  $l_i$  表示第 i 种量化颜色。

##### 3.2.1 图像预处理

由于 CCD 器件噪声和光源干扰的存在,采集的检测图像与实际试剂之间存在颜色差异,因此在浓度拟合前需要进行图像预处理。整体过程如下:首先采用中值滤波滤除摄像头的 CCD 器件噪声,并对检测图像的 RGB 三个分量进行线性调整,使图像颜色特征更接近检测物的实际颜色;然后将图像的 H 和 S 分量进行中值滤波,减少图像的随机颜色噪声;最后对强度分量进行线性滤波(本系统采用高斯  $3 \times 3$  滤波),在锐化了边缘增强了细节的同时减弱了平滑区域的颗粒状噪声。图像预处理效果对比图如图 3 所示。



(a) 预处理前颜色直方图 (b) 预处理后颜色直方图  
图3 预处理前后图像滤波效果对比图

系统采集的检测图像包含背景和试剂两种颜色值,但从图3(a)可以看出,预处理前颜色直方图存在多种颜色值,这是由于图像中包含的噪声导致部分像素点色值失真引起的。经过图像预处理后,如图3(b)所示,直方图的颜色值正确显示为两种,即失真像素点色值得到了有效还原。

### 3.2.2 基于金字塔连接的颜色阈值分割

为了获取颜色特征的空间分布信息,本文设计了基于金字塔连接的颜色阈值分割方法进行图像分割。该方法的核心是基于颜色的阈值分割算法和金字塔连接算法(Pyramid Linking Approach, PLA)<sup>[5]</sup>,其中颜色阈值由颜色直方图界定,其算法迭代过程文字描述如下:

1)建立图像金字塔。首先依据检测图像中各像素间的位置关系和颜色特征值建立金字塔底层,其节点数为原始图像的像素个数。然后通过计算低层节点的均值来获取高层图像中的节点的初始值,最终建立一定层数的图像金字塔。

2)定义连接部件。完成金字塔建立后,从金字塔的底部开始,在相邻层的各个节点建立连接。具体实现方法如下:对于任意层L的像素点a的和其相邻层父节点像素b,若其颜色特征值I(a)与I(b)满足(2)式,则在a与b之间的建立连接,同时将这两个像素点纳入该连接部件,并以该连接部件的颜色特征均值作为该部件的颜色标定值。

$$F_1(I(a), I(b)) \in T_1 \quad (2)$$

其中为 $F_1$ 计算两个像素之间颜色阈值的函数, $T_1$ 为定义的颜色阈值范围。

3)颜色分割实现:连接部件定义完成后,需要将属于同一类别的连接部件进行归纳,实现整幅图像的簇群分割。即对任意的两个连接部件A和B,若其颜色标定值I(A)与I(B)满足(3)式,则这两个连接部件被纳入同一簇。

$$F_2(I(A), I(B)) \in T_2 \quad (3)$$

其中 $F_2$ 为计算两个分割之间阈值的函数, $T_2$ 为定义的

颜色阈值范围。

## 4 实验数据

实验中使用三组色温4000K左右的白光LED阵列模拟标准光源,在密封环境中采集了一百余张检测图片,如图4所示,

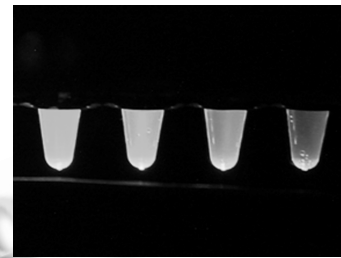


图4 实验采集的检测图像

系统计算所得拟合值与误差值如表1所示:

表1 DNA含量拟合表 表中数据单位(ng/ml)

试管编号	真实数值	拟合数值	绝对误差	相对误差
试管一	25.0	24.985	0.0150	0.0600%
试管二	12.5	12.499	0.0010	0.0080%
试管三	6.3	6.3052	0.0052	0.0825%
试管四	3.2	3.2027	0.0027	0.0844%

从表1数据可以看出,在一定的误差范围内,通过图像颜色特征拟合试剂含量是存在可行性的。

## 5 结论

实验结果表明,在一定的误差范围内,通过本系统实现针对有色液态试剂的浓度的数值分析具有一定的可行性。该系统的设计与实现对于基于颜色特征的彩色图像检测技术的应用拓展有一定的意义;

### 参考文献

- 张果,李晓娟,张聪霞.微生物显微图像分类识别技术研究及应用.计算机工程与设计,2008,29(6):1482-1484.
- Aase S A, S,C B. Automatic timing of aortic valve closure in apical tissue Doppler images. Ultrasound in Medicine & Biology, 2006,32(1):192-71.
- 程晓舫,赵洋.高温温度场彩色测量系统的设计.仪器仪表学报,2007,28(1):176-179.
- 戴天虹,王克奇,杨少春.基于颜色特征对木材分级的研究.计算机工程与设计,2007,8(18):4542-4544.
- 杜娟,李文锋.基于金字塔连接算法的彩色图像分割.武汉理工大学学报,2006,28(1):112-114.