

文章编号: 1005-5630(2015)04-0353-05

数显便携式测色仪设计

万淑莹, 安志勇, 王劲松

(长春理工大学 光电工程学院, 吉林 长春 130022)

摘要: 为了使牙齿健康美容领域中牙齿的配色更加精确, 设计出一款以色度学原理为基础, 应用白平衡调节手段, 采用集成数字化电路及掌上结构设计的牙齿测色仪器。设备以正白光高亮 LED 为光源、mega128 单片机为核心, 采用 TCS230 可编程颜色传感器采集颜色信号, 通过 C 语言编程来实现颜色数据的采集、显示以及存储。通过比色卡对比实验, 分析了几种影响测量精确度的因素。仪器具有测量精度高、稳定度好、功耗低、便于携带等优点, 具有广泛的应用前景及市场空间。

关键词: 测色; 色度空间; 颜色传感器; 白平衡

中图分类号: TH787 **文献标志码:** A **doi:** 10.3969/j.issn.1005-5630.2015.04.015

Design of the portable digital color photometer

WAN Shuying, AN Zhiyong, WANG Jinsong

(School of Opto-Electronic Engineering, Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to make the results of teeth color measurement in the field of dental cosmetic more accurate, this paper has designed a color monitoring instrument, which is based on the colorimetry principle. It used the white-balance adjustment method, technology of integrated digital circuit and design of handheld structure. The source of the instrument was LED light. The core was a mega128 microcontroller. TCS230 programmable color sensor was used to gather the color signal, and C language was used to realize the collection, the storage and the display of the color data. In the experiment of comparison of the measured color with the international standard color card, we analyzed several factors, which affected the accuracy of the measurement. The instrument had a series of advantages, such as high measuring accuracy, high stability, low-power consumption and easy to carry. In short, the instrument has promising applications and broad market.

Keywords: color measurement; chromaticity space; color sensor; white-balance

引 言

测色仪器可应用于军事、彩色打印、牙科、油漆、纺织印染、化妆品和印刷材料等各个领域, 对提高产品的品质起到了重要的作用。国际上许多研究机构及生产商从事测色仪器的研究, 几家大的公司主要有

收稿日期: 2014-12-14

作者简介: 万淑莹(1988—), 女, 硕士研究生, 主要从事精密测控技术与仪器方面的研究。E-mail: wanshuying2009@163.com

通信作者: 安志勇(1943—), 男, 教授, 主要从事精密测控技术与仪器方面的研究。E-mail: an-zhiyong@126.com

美国德塔、美国爱色丽、日本柯尼卡美能达、美国亨特立和美国锡莱—亚太拉斯^[1]。国内的测色仪种类不多,以光电积分式色差仪为主,可分为便携式和台式两种。便携式仪器具有体积小、功耗低、适合现场测量、精度高等优势。

随着生活品质的不断提高,人们对于牙齿的治疗要求已经不再仅限于满足修复功能上的应用,而是进一步提高了对其美观度的要求^[2]。为使牙齿颜色测量更加便捷、准确,文章设计了一款数字便携式测色仪,具有测量精度高、外形小巧、成本低、功耗低、稳定性好等特点。

1 测色仪测量原理

1.1 系统的颜色识别原理

本系统采用基于 RGB 三原色的颜色传感器测量方法,通过测量物体反射光的相对光谱功率分布,得到物体表面的反射光谱。颜色传感器直接将光信号转换为数字信号输出,再与 CIE 光谱三刺激值加权相乘,积分后求出样品表面颜色的三刺激值、色坐标、色差等其他参数。系统的信号显示、存储、传输均采用数字式的,有抗干扰能力强、精度高等优势,实现了牙齿不同区域颜色的高分辨率测量。

1.2 RGB 色度空间

TCS230 传感器是基于色度学原理进行颜色识别的。自然界中所有物体对光都有一定的吸收与反射功能,由于本身的物理或化学特性,物体将会吸收某些波长的光而同时反射其他波长的光。我们通常看到的物体颜色,是由于物体本身吸收了白光中的一部分有色光,而将另外一部分有色光反射出来到达人眼中产生的颜色感觉,感觉信息被转换为神经冲动传送到大脑,在大脑中进行处理,形成了色觉。

根据三原色学说,每一种颜色都可以由红、绿、蓝三原色按不同分量相加混合而成,如果知道构成各种颜色的三原色的值,就能够知道所测物体的颜色。

1.3 TCS230 识别颜色原理

TCS230 传感器是由硅光电二极管阵列、滤光器和电流频率转换器组成的。芯片上集成有 64 个光电二极管,这 64 个光电二极管可分为 4 种类型。其中 16 个光电二极管带有红色滤波器;16 个光电二极管带有绿色滤波器;16 个光电二极管带有蓝色滤波器;其余 16 个不带有任何滤波器,可以透过全部的光信息。这些光电二极管在芯片内是交叉排列的,能够最大限度地减少入射光辐射的不均匀性,从而增加颜色识别的精确度;另一方面,相同颜色的 16 个光电二极管是并联连接的,均匀分布在二极管阵列中,可以消除颜色的位置误差。

TCS230 颜色传感器可将光信号转变为频率信号发送给单片机。可以通过可编程引脚 S2、S3 来选择颜色滤波器。当传感器选择某一种颜色的滤波器时,入射光中只有该原色被允许通过,从而可以测得该原色的光强值。同理,选择其他滤波器就可以得到其他两原色光强值。通过测量三原色的值,就可以分析得到投射到传感器上光的颜色^[3]。图 1 为 TCS230 传感器结构图。

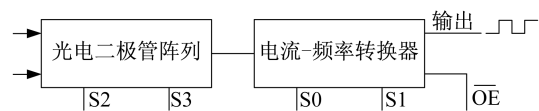


图 1 TCS230 传感器结构图

Fig. 1 Structure chart of color sensor TCS230

2 系统组成

系统主要由稳压电源、LED 阵列光源、颜色传感器、单片机、液晶显示屏和按键组成,设备的组成如图 2 所示。光源发出的光经准直透镜照射到被测物体(牙齿)上^[4],由被测物漫反射回来的光线被光电传感器接收,传感器将采集颜色的光强信号转换成频率信号,直接送入单片机进行分析计算,量化出 R、G、B 的值。将 R、G、B 的色值分别与色卡数据存储芯片中的各个标准色卡的 R、G、B 值做差,

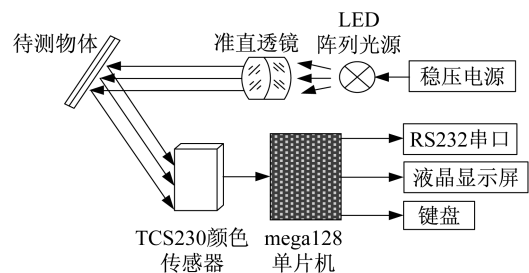


图 2 测色仪系统组成原理图

Fig. 2 Operation principle of color measurement instrument

差值平方和最小的标准色卡即代表被测物颜色。系统由液晶显示屏显示所测颜色对应的三基色值和比色卡色号。

光源采用正白光高亮 LED, 其光谱分布与自然光接近^[5]。在该光源照明条件下, 被测物颜色最接近目视颜色, 便于颜色的计算; 频率输出比较稳定, 适合作基准光源; LED 的光效率高, 发热小, 利于测色仪功耗的降低, 可满足长时间使用的要求^[6]。

3 电路设计

为了满足设备高性能低功耗的特点, 系统采用 mega128 单片机测量 TCS230 传感器输出的频率^[7], 采用液晶模块来显示颜色比对结果, 并用按键进行初始化白平衡, LED 发光二极管作为基准光源。电路设计原理图如图 3 所示。

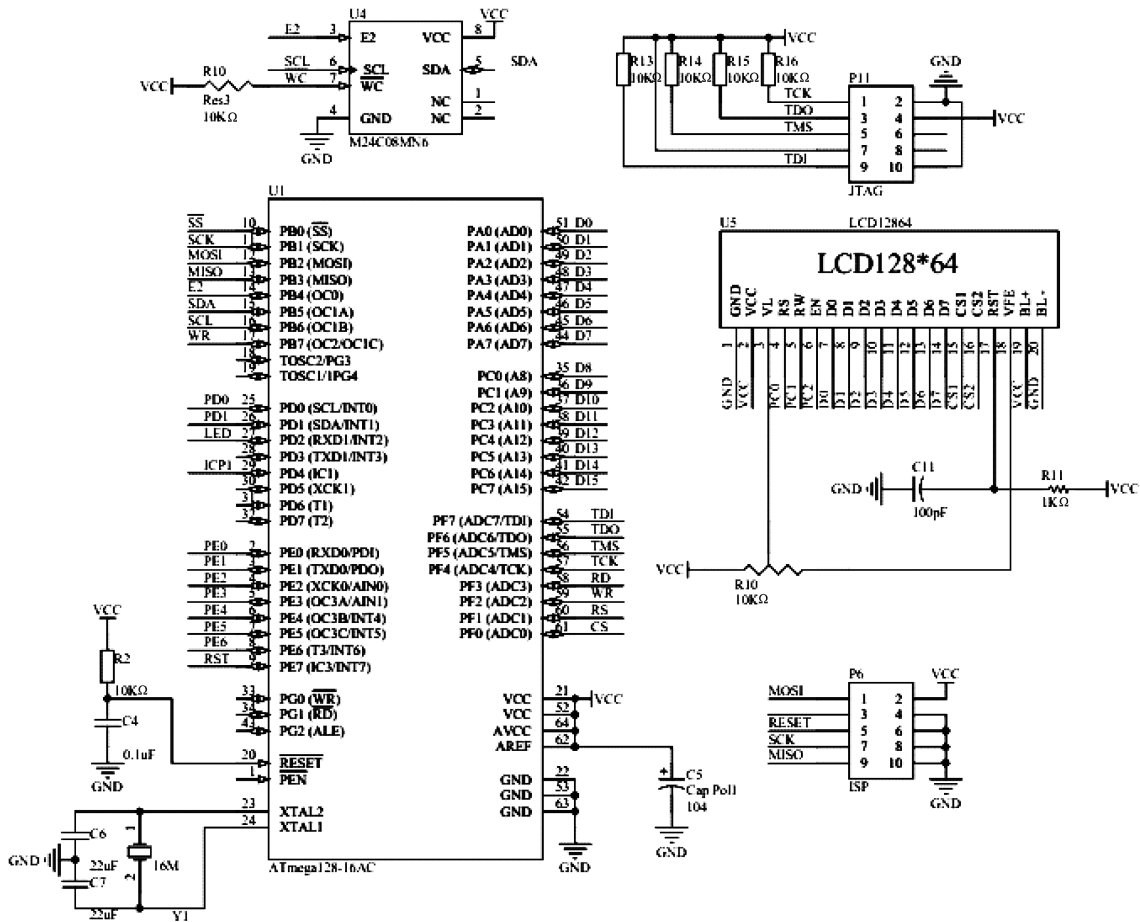


图 3 测色仪电路设计原理图
Fig. 3 Circuit of color measurement instrument

4 软件设计

4.1 系统总体流程

系统采用嵌入式 C 语言对程序进行整体设计^[8]。程序主要包含调白平衡子程序及颜色识别子程序。其中白平衡子程序用于对颜色进行标定; 颜色识别子程序用于对颜色进行检测。程序首先对系统进行初始化设置, 包括 mega128 的系统时钟、端口、定时器、终端、串口等的初始化设置, 传感器的输出比例因子、通信参数以及使能输出引脚的设置, 随后进入欢迎使用界面, 进入键盘监视程序, 等待用户进行颜色测量操作。系统软件流程如图 4 所示。

4.2 白平衡的调整

理论上,白光是由红光、绿光和蓝光等量混合而成的,但实际上我们平时所用的光源都是非标准的。非标准白光(R、G、B 值不相等)在物体上反映出来的光强分量是不同的,并且 TCS230 传感器对 R、G、B 三色的敏感程度也是不相同的,这就导致 TCS230 输出的 R、G、B 值并不相等。因此在试验前一定要对白平衡做出调整。

在颜色检测系统中,白平衡按键是必不可少的,其主要作用是对颜色检测系统进行白平衡补偿。当白平衡按键被按下时,当前的 R、G、B 输入值作为白平衡校正值存储到 EEPROM 存储器中。当系统上电时,系统会从 EEPROM 存储器中读取该校正值,并用来校正 R、G、B 值原始数据,直到白平衡按键再次被按下,新的校正值被修改为止^[9]。白平衡子程序流程图如图 5 所示。

将测得的 R、G、B 三个波段的光强信号进行白平衡等处理,分别求出真实的 R、G、B 三色值,将 R、G、B 的色值分别与色卡数据存储芯片中的各个标准色卡的 R、G、B 值做差,与三个色值的差值平方和最小的标准色卡即代表被测物颜色。

4.3 颜色识别子程序

设置定时器为一固定时间(例如 10 ms),然后选通三种颜色的滤波器,计算这段时间内 TCS230 的输出脉冲数,计算出一个比例因子,通过这个比例因子可以把这些脉冲数变为 255。在实际测试时,使用同样的时间进行计数,把测得的脉冲数再乘以求得的比例因子,然后就可以得到所对应的 R、G、B 的值。具体的颜色识别子程序流程如图 6 所示。

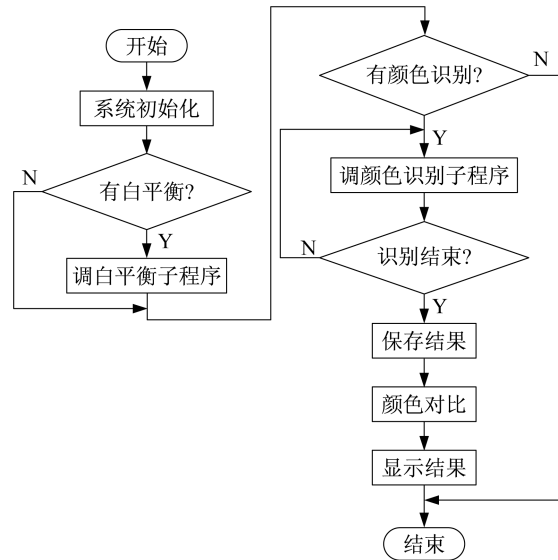


图 4 测色仪系统软件流程图
Fig. 4 Flowchart of the software of color measurement instrument

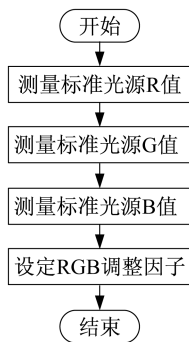


图 5 白平衡子程序流程图
Fig. 5 Flow chart of the white balance subroutine

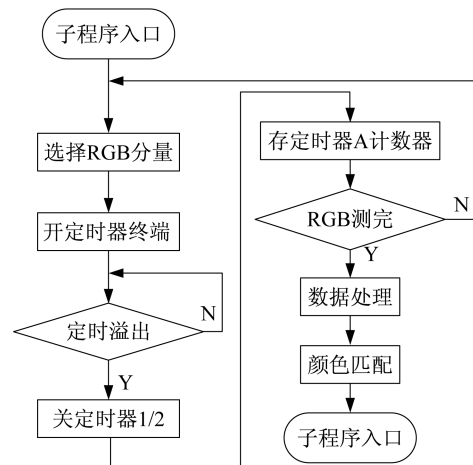


图 6 颜色识别子程序流程图
Fig. 6 Flow chart of the color discrimination subroutine

5 对比实验与结果分析

为使测色仪的测色效果更加直观,选取标准色卡中 5 种颜色进行试验。表 1 为被测标准色卡理论的 R、G、B 值及实验测得的 R、G、B 值的对比实验数据。

表1 颜色比对实验数据

Tab. 1 Data of color contrast experiment

颜色	标准色卡理论(R,G,B)值	标准色卡实验测量(R,G,B)值	标准色卡理论与实验测量(R,G,B)差值
巧克力色	(210,105,30)	(213,101,35)	(-3,4,-5)
橙红色	(255,69,0)	(249,73,3)	(6,-4,-3)
黄色	(255,255,0)	(253,253,1)	(2,2,-1)
碧绿色	(127,255,212)	(119,258,208)	(8,-3,4)
紫罗兰色	(238,130,238)	(235,137,240)	(3,-7,-2)

根据表1可以看出,经实验测量的颜色数值与理论的标准值有偏差,但偏差不大。

6 结论

通过多次测量并对实验数据进行分析得到影响实验数据准确性的因素主要有:对颜色识别准确度影响的一个主要因素是外界光线的干扰,所以传感器和光源要在一个密闭、无反射的环境中进行检测;被测材料的透光性越好、厚度越薄、颜色质量越纯的物体,测量结果与实际颜色值越接近;待测物体反射到颜色传感器上的光越强,测量结果越接近于其本身颜色,所以被测物体应尽量放在传感器感光范围距离较近并且感光效果较好的位置。

参考文献:

- [1] 周炜,李卫东. 国内外电脑测色仪的发展现状[J]. 上海纺织科技, 2013, 41(1): 1-3.
- [2] 许丽娟,汪大林. 测色仪器在口腔领域的应用和研究[J]. 国际口腔医学杂志, 2010, 37(5): 600-603.
- [3] 卢川英,于造成,孙敬辉,等. 基于 TCS230 传感器的颜色检测系统[J]. 吉林大学学报:信息科学版, 2008, 26(6): 621-626.
- [4] 杨振,李广云,贺磊. 光学准直测量方法与精度分析[J]. 红外与激光工程, 2011, 40(2): 282-286.
- [5] 甘彬,冯红年,金尚忠. 大功率白色发光二极管的特性研究[J]. 光学仪器, 2005, 27(5): 33-37.
- [6] 窦林平. 国内 LED 照明应用探讨[J]. 照明工程学报, 2011, 22(6): 51-58.
- [7] 汤剑锋. ATmega128 单片机仿真系统设计及实现[J]. 荆楚理工学院学报, 2009, 24(7): 25-31.
- [8] 谭浩强. C 程序设计[M]. 3 版. 北京:清华大学出版社, 2008: 20-30.
- [9] 王方. 基于颜色传感器的尿液分析仪的研究与设计[D]. 长春:吉林大学, 2014: 30-31.

(编辑:张磊)