

DOI: 10.13652/j.spjx.1003.5788.2022.90049

小型饮料瓶盖颜色识别系统设计与实现

Design and implementation of small color recognition system for beverage bottle caps

邓三星^{1,2} 孙赛伟¹ 杨蒙蒙^{1,2} 张凯¹ 李帅¹DENG San-xing^{1,2} SUN Sai-wei¹ YANG Meng-meng^{1,2} ZHANG Kai¹ LI Shuai¹

(1. 黄河交通学院, 河南 焦作 454950; 2. 河南省智能制造技术与装备工程技术研究中心, 河南 焦作 454950)

(1. Huanghe Jiaotong University, Jiaozuo, Henan 454950, China; 2. Henan Intelligent Manufacturing Technology and Equipment Engineering Technology Research Center, Jiaozuo, Henan 454950, China)

摘要:目的:解决当前饮料瓶盖检测系统功能单一、体积偏大、颜色识别率低的问题。方法:提出一种基于 ARM 处理器的小型饮料瓶盖颜色识别系统设计方案,通过仿真软件 HyperLynx 的 LineSim 工具设计四层 PCB 板,设置传输线参数并进行阻抗匹配仿真分析;利用编译软件 Jupyter Notebook 实现阈值设置、目标轮廓检测、目标框出等功能。结果:在强、弱光条件下,识别系统对红、绿、蓝 3 种颜色瓶盖的识别率达到 92.7%。结论:与傅里叶描述子相比,该识别系统识别准确率和精度更高,同时系统也具有人脸识别功能,适用于各种智能应用场景。**关键词:**机器视觉;瓶盖检测;阻抗匹配;颜色识别;轮廓检测

Abstract: Objective: This study focus on solving the problems that the current beverage bottle cap detection system has simple functions, large volume and low color recognition rate. **Methods:** A design scheme of small beverage bottle cap color recognition system based on ARM processor was proposed. By using the LineSim tool of the simulation software HyperLynx, a four-layer PCB board was designed and impedance matching simulation analysis was obtained after setting transmission line parameters. Through using the compilation software Jupyter Notebook to achieve threshold setting, target contour detection, target frame out and other functions. **Results:** Under bright and low light conditions, the bottle cap targets of red, green and blue were tested, and the recognition rate of the design scheme for the three colors could reached more than 92.7%. **Conclusion:** Compared with the

Fourier descriptor, the scheme has higher recognition accuracy and precision, and the system also has the function of face recognition, which is suitable for various intelligent application scenarios.

Keywords: machine vision; bottle cap inspection; impedance matching; color recognition; contour inspection

目前,中国传统饮料瓶盖和瓶身的回收、分拣大多依靠人工完成,费时费力、劳动成本高、识别精度低。而塑料瓶体自动化分拣时又易受土壤、饮料残渣等残留物干扰,分拣准确率较低,尤其在弱光环境下^[1-3]。

随着机器视觉和图像处理技术的发展,越来越多的学者投入到食品包装划痕检测、瓶身缺陷检测、瓶盖安装异常检测^[4]等方面的研究。周晓等^[3]采集了各种塑料瓶图像,利用具有残差连接的卷积神经网络,引入具有自归一化性质的 SeLU 激励函数进行训练,检测精度优于传统方法,但系统需配备工业相机,成本较高。张超等^[8]采用基于像素点的饮料瓶盖检测算法,判断瓶盖安装情况,该算法实用性强,但未涉及到瓶盖颜色识别问题。岳昊等^[5]利用真空吸附技术,使用工业相机对附带油污、残次的医用瓶盖进行图像检测,准确率高,但系统组成复杂,体积较大。吴兰兰等^[6]针对 PET 饮料瓶在封盖过程中的缺陷问题,提出了一种基于机器视觉技术的检测算法,主要研究瓶盖安装是否到位,识别准确率高,但并未涉及瓶盖颜色识别问题。

目前基于机器视觉的颜色识别设备由核心板、外围输入输出设备、摄像头组成^[7],需要高性能硬件作为支撑。最常见的 X86 架构硬件平台由于其硬件结构的固有特点导致整个平台所占体积较大,设备小型化已成为研究的重点方向^[8]。因此提出一种基于 ARM 处理器的小型饮料瓶盖颜色识别系统设计方案,平台尺寸仅为

基金项目:河南省大学生创新创业项目(编号:S202113498008);黄河交通学院校级一流课程项目(编号:HHJTXY-2021ylkc58);黄河交通学院校级一流专业项目(编号:HHJTXY-2021ylzy01)

作者简介:邓三星(1987—),男,黄河交通学院讲师,硕士。
E-mail: dsx3476@163.com

收稿日期:2022-01-13

75 mm×50 mm,通过单板硬件与实时操作系统实现阈值设置、目标轮廓检测、目标框出等功能,以期实现瓶盖的高精度分拣,提高不同颜色瓶盖的回收分拣效率。

1 小型饮料瓶盖颜色识别系统方案设计

该系统主要由处理器、存储器以及片外外围电路组成,通过单板硬件与实时操作系统实现机器视觉识别。系统所用摄像头可为 24PIN 排插式摄像头或 USB 直插式摄像头,方便更换与升级。处理器选用基于 Cortex-A7^[9]架构的 Allwinner Quad-core H3 芯片,该芯片集成了最新的 SmartColor 丽色显示引擎,支持 LPDDR2/LP-DDR3/DDR3/DDR3L 的 SDRAM,支持 H.265/HEVC 4K@30fps 视频硬解,为机器视觉系统提供强大的处理性能。随机存储器选用三星的 K4B4G1646D-BCK0,该存储器内存颗粒速率达 1 600 Mbps,工作电压为 1.5 V,最大容量为 4 Gb,封装为 96FBGA。选用 TF 卡作为只读存储器,因为 TF 卡具有可更换的特性,方便设备维护与升级。片外外围电路可选范围较广,根据需求主要设计片外电路有 HDMI 视频输出接口电路、Type-C 接口电路、网络传输接口电路、USB 2.0 接口电路、24PIN 摄像头接口电路。系统组成关系如图 1 所示。

本设计采用 Linux 作为实时操作系统,通过在操作系统上部署所需的应用程序来实现所需的功能,系统架构流程关系如图 2 所示。

2 硬件电路设计

Allwinner Quad-core H3 芯片的引脚连接复杂,具体设计时使用接口中 DRAM0 系列引脚与 DDR3 内存颗粒

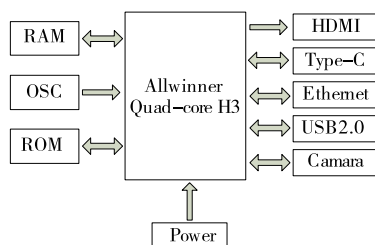


图 1 系统组成关系

Figure 1 System composition

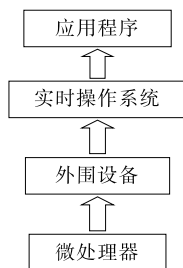


图 2 系统架构流程关系

Figure 2 System architecture process relationship

连接;HDMI 系列引脚用于与 HDMI 视频输出接口连接;USB0 系列引脚与 Type-C 的 OTG 引脚相连,主要用于扩展相关 USB 接口;USB1 与 USB2 系列引脚用于 USB 接口扩展;UART0 系列引脚与 CP2102 芯片将 Type-C 输入转化为异步串行数据输入;SDC0 系列引脚为 ROM 读写总线;OSC 系列引脚接外部晶振;EPHY 系列引脚为网口连接引脚,CSI0 系列引脚为摄像头接入引脚。在各个外围电路设计中根据外围电路设计的负载不同设计不同的方案,小型饮料瓶盖颜色识别系统中的高速信号线需做好信号完整性分析以保证硬件能够正常运行。整体硬件设计结构关系图如图 3 所示。

2.1 供电电路设计

由于各个接口的负载类型不同,供电电压也不同,所需的电流也需满足设计要求。系统使用多个供电芯片,各个供电芯片均有不同的供电对象,满足了各部分接口的供电需求,如图 4 所示。其中 3.3 V 供电对象较多,有 Camera 以及 WIFI,少部分为 1.5 V 供电,该电压供电采用双供电芯片 RT9011,可以输出 3.3 V 与 1.5 V 电压。重要的 DDR3 内存芯片供电由 1.5 V 输出 RT8059 芯片支持,输出效率约 95%。CPU 供电由 MP2143^[10]系列芯片供电,供电电压为 1.3 V。RJ45 网络接口供电电路由 SY8089A 芯片提供 2.5 V 电压。MP2144 芯片为 I/O 设备提供 3.3 V 电压,同时增加备用供电 LP2992 芯片以提高供电电流,满足多个接口设计需求。RT8059 芯片为整

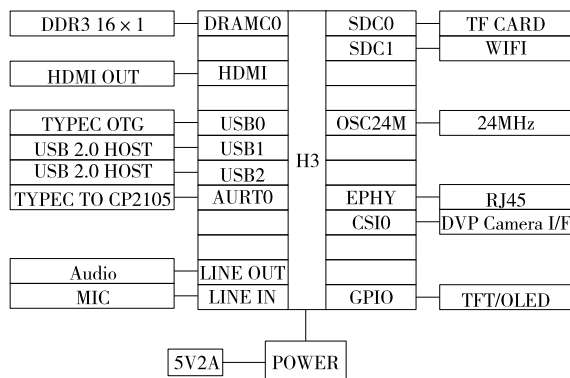


图 3 硬件结构关系

Figure 3 Hardware structure relationship

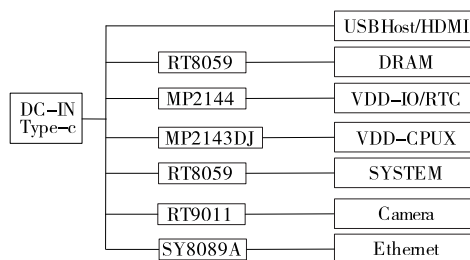


图 4 供电关系分配

Figure 4 Power supply relationship distribution

个系统提供 1.2 V 时序电压。整个供电系统输出效率较高,需要 5 V/2 A 电源通过 Type-C 输入,USBHost 与 HDMI 为默认的 5 V 供电,无需进行降压处理。

2.2 接口电路设计

接口电路设计中,USB 接口以及 HDMI 接口支持热插拔,该类接口由于数据线直连 CPU 需要对 CPU 做出一定的静电保护,防止 CPU 被损坏,需在电路中设计其他非热插拔接口。两个普通 USB 口供电为 5 V,电源脚

与供电直连,而数据线与 CPU 直连。考虑到 USB 口的特殊性,需要对直连的数据线做一定的保护措施,防止静电击穿 CPU。设计采用瞬态电压抑制器 ESD9B5V,能够保护敏感电子元件免受静电放电(ESD)击穿,适用于移动电话、精密仪表、PAD、数码相机等电子设备^[11]。ESD9B5V 防静电能力符合 IEC61000-4-2 ESD 抗扰度 4 级测试,选用封装形式为 FBC-02C。HDMI 接口电路图如图 5 所示。

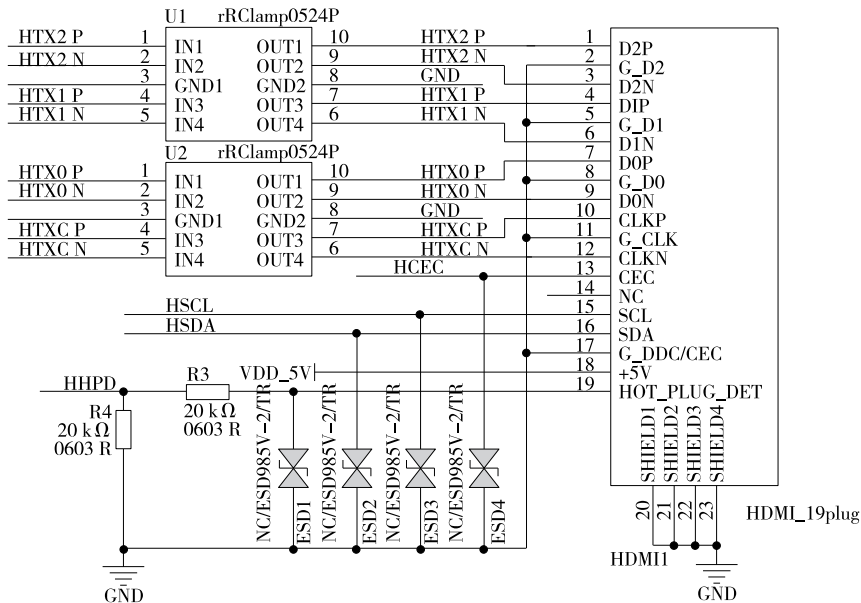


图 5 HDMI 接口电路

Figure 5 HDMI interface circuit

2.3 PCB 布局设计

设计采用 DDR3 内存,CPU 与内存间传输速度非常快,属于高速电路,考虑到制作工艺以及成本,选择四层板方案。利用 HyperLynx 的 LineSim 工具对高速电路进行阻抗匹配仿真分析,用于布线前仿真,验证叠层结构以及布线的阻抗匹配。系统结构板厚 1.6 mm,上层夹层 PP 板厚 0.1 mm,介电常数为 4.05;中层夹层 PP 板厚 1.265 mm,介电常数为 4.5;下层夹层 PP 板厚为 0.1 mm,介电常数为 4.05;顶层与底层走线层厚 0.035 mm,中间电源层厚 0.017 5 mm。将上述参数转化单位设置进传输线模型中,如图 6 所示。

线宽参数设置为 5 mil,以使线路阻抗与信号源内阻匹配。仿真时采用的激励源参数与上图设置相同。从图 7 中判断眼图^[12]左右抖动位置为一点,信号抖动小,上下超出眼图界限的波形少,噪声干扰小,在标准误差内传输线设置符合要求。

基于仿真所得的线宽数据,四层板的信号走线层主要为上、下两层。为实现信号层走线合理布局,走线距离合适,线径参数设置不能过小,在 DDR 走线时使 DDR 尽

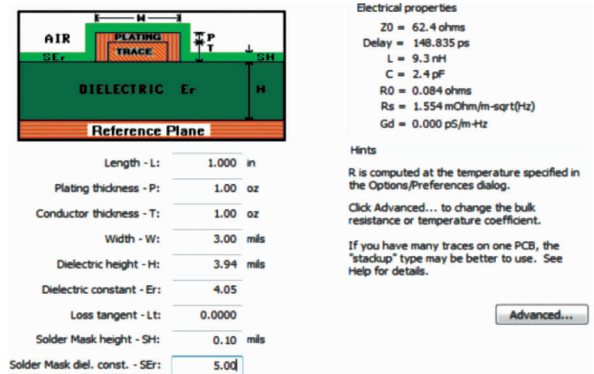


图 6 传输线参数设置

Figure 6 Transmission line parameter settings

量靠近 CPU,参考平面完整,线与线之间等长、差分、等线宽。为有效抑制 EMI,设计 DQS 与 CK 两类数据线^[13],对内等长且误差小于 10 mil;DQS0-7 相对于 DQS0 等长,误差小于 50 mil;DQS8-15 相对于 DQS1 等长,误差小于 50 mil;DQSx 相对于 CK 等长误差为 800 mil。等长线通常在 PCB 板上进行蛇形走线,而蛇形走线形成的 LC 电路具有一定的滤波作用。图 8 为上下布线层板层图,所

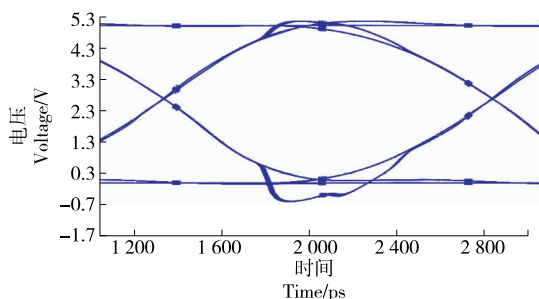


图 7 阻抗匹配眼图

Figure 7 Impedance matching eye diagram

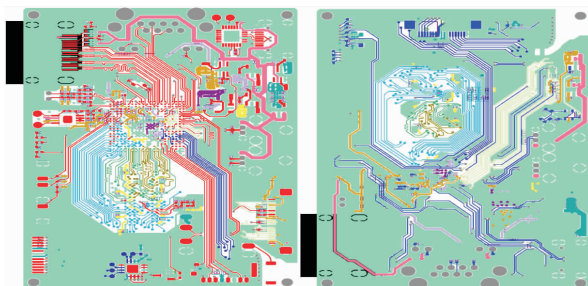


图 8 PCB 板层设计

Figure 8 PCB layer design

选的主要元器件均为贴片式元器件, BGA 焊盘覆盖绿油。

3 系统程序设计

在整板完成后需对其进行系统固件烧录, 将系统镜像写入启动储存设备中, 使其正常运行。操作系统烧录方式: 首先在系统官网下载系统镜像, 系统镜像格式一般为“.img”格式; 将系统镜像下载到本地储存设备上, 作烧录使用; 准备一张高速 TF 卡, 速度传输规范符合 Class10(10 MB/s) 规范, 使用读卡器将 TF 卡插入电脑中, WIN 系统下将 TF 卡磁盘扇区删除, 然后通过 Allwinner Quad-core H3 芯片的专业烧录软件烧录系统, 烧录完成后即可运行。

在系统基本搭建完毕后即可根据搭载的外围设备类型编写应用程序。在 ARM 平台上运行调试, 选择 Python 编译环境, 使用 Jupyter Notebook 编译软件, 在终端下输入 jupyter notebook 即可进入 Jupyter Notebook 中^[14]。程序采用基于 HSV 颜色空间的颜色识别算法, 该算法相对于基于 RGB 颜色空间的算法程序具有识别率高的优点^[15]。

核心图像处理程序:

```
import enum
def bgr8_to_jpeg(value, quality=75):
    return bytes(cv2.imencode('.jpg', value)[1])
def f(x):
    return x
font = cv2.FONT_HERSHEY_SIMPLEX
```

```
lower_red = np.array([0, 43, 46]) # 红色阈值下界
higher_red = np.array([10, 255, 255]) # 红色阈值上界
lower_green = np.array([36, 150, 59]) # 绿色阈值下界
higher_green = np.array([71, 255, 255]) # 绿色阈值上界
lower_blue = np.array([100, 43, 46]) # 蓝色阈值下界
higher_blue = np.array([124, 255, 255]) # 蓝色阈值上界
def video_demo():
    capture = cv.VideoCapture(0)
    while(True):
        ref, frame = capture.read()
        img_hsv = cv2.cvtColor(frame, cv2.COLOR_BGR2HSV)
        mask_red = cv2.inRange(img_hsv, lower_red, higher_red) # 过滤出红色部分, 获得红色的掩膜
        mask_green = cv2.inRange(img_hsv, lower_green, higher_green) # 获得绿色部分掩膜
        mask_green = cv2.medianBlur(mask_green, 7) # 中值滤波
        mask_red = cv2.medianBlur(mask_red, 7) # 中值滤波
        mask_blue = cv2.inRange(img_hsv, lower_blue, higher_blue) # 获得蓝色部分掩膜
        mask_blue = cv2.medianBlur(mask_blue, 7) # 中值滤波
        mask = cv2.bitwise_or(mask_green, mask_red) # 三部分掩膜进行按位或运算
        print(mask_red)
        cnts1, hierarchy1 = cv2.findContours(mask_red, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
        # 轮廓检测红色
        cnts2, hierarchy2 = cv2.findContours(mask_blue, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
        # 轮廓检测蓝色
        cnts3, hierarchy3 = cv2.findContours(mask_green, cv2.RETR_EXTERNAL, cv2.CHAIN_APPROX_NONE)
        # 轮廓检测绿色
        for cnt in cnts1:
            (x, y, w, h) = cv2.boundingRect(cnt) # 该函数返
```

回矩阵 4 个点

```
cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 0, 255), 2) # 将检测到的颜色框出
```

```
cv2.putText(frame, 'red', (x, y - 5), font, 0.7, (0, 0, 255), 2)
```

for cnt in cnts2:

```
(x, y, w, h) = cv2.boundingRect(cnt) # 该函数返回
```

回矩阵 4 个点

```
cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (255, 0, 0), 2) # 将检测到的颜色框出
```

```
cv2.putText(frame, 'blue', (x, y - 5), font, 0.7, (255, 0, 0), 2)
```

for cnt in cnts3:

```
(x, y, w, h) = cv2.boundingRect(cnt) # 该函数返回
```

回矩阵 4 个点

```
cv2.rectangle(frame, (x, y), (x + w, y + h), (0, 255, 0), 2) # 将检测到的颜色框出
```

```
cv2.putText(frame, 'green', (x, y - 5), font, 0.7, (0, 255, 0), 2)
```

```
cv2.imshow('frame', frame)
```

```
image_widget.value = bgr8_to_jpeg(frame)
```

```
c = cv.waitKey(30) & 0xff
```

```
if c == 27:
```

```
capture.release()
```

```
break
```

```
video_demo()
```

```
cv.waitKey()
```

```
cv.destroyAllWindows()
```

4 系统硬件平台搭建与测试

系统采用海康威视 DS-E11 摄像头,像素为 100 万,焦距为 3.6 mm。核心板上用于机器视觉识别的摄像头,连接网络,运行应用程序,安装依赖的包文件。在终端中操作首先需要修改为中国的软件源,然后部署一些必备的软件包来安装依赖源。系统所需的主要库文件有 OpenCV、Python3 以及一系列图形与视频操作库。

针对系统颜色识别功能,分别选用常见的红、绿、蓝 3 种颜色饮料瓶盖进行测试。Jupyter Notebook 检测对象为蓝色瓶盖与蓝色塑料条,从检测结果可以看出,系统可以将检测目标完整框出,显示图形范围,准确识别蓝色,显示为“blue”,见图 9。

为验证系统测试准确度,在强、弱光条件下对红、绿、蓝 3 种颜色进行识别测试。结果表明系统工作稳定,颜色识别效果好,具体测试数据见表 1。

在强、弱光条件下,系统对 3 种颜色的识别率达到 92.7%,弱光条件下的颜色识别率低于强光,其中绿色识别率较红、蓝颜色识别率低。试验方法(精度 90.9%)比



图 9 颜色识别测试效果

Figure 9 Color recognition test effect

表 1 强、弱光条件下颜色识别测试

Table 1 Color recognition test under bright and low light conditions %

| 测试环境 | 红色 | 绿色 | 蓝色 |
|------|------|------|------|
| 强光 | 93.9 | 93.2 | 95.6 |
| 弱光 | 93.1 | 92.7 | 94.9 |

傅里叶描述子^[16](52.2%)方法的检测精度更高。

系统采用 OpenCV 库,使用 Haar Cascade 进行人脸检测,其测试效果如图 10 所示。可以看出,系统能够对实时图像中人脸进行识别,用方框框出,并进行动态追踪。

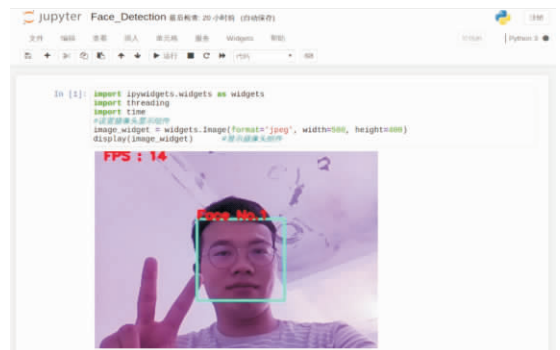


图 10 人脸识别测试效果

Figure 10 Face recognition test effect

5 结论

基于 ARM 的小型饮料瓶盖颜色识别系统能够完成不同光线条件下的颜色识别,识别率达到 92.7%,优于傅里叶描述子方法。后续可通过优化机器视觉算法并选用的高性能的 CPU,使系统能够胜任复杂工业环境下物品分拣、食品检测等工作。

参考文献

[1] 陈金定,王媛,毛立科,等.脉冲强光对饮料瓶盖杀菌效果[J].食品与机械,2021,37(7): 183-187, 212.

- CHEN Jin-ding, WANG Yuan, MAO Li-ke, et al. Effect of pulsed light on bacterium sterilization of beverage bottle cap[J]. Food & Machinery, 2021, 37(7): 183-187, 212.
- [2] 杨健, 辛浪, 豆昌军. 基于机器视觉技术的瓶盖划痕检测[J]. 包装工程, 2019, 40(13): 227-232.
- YANG Jian, XIN Lang, DOU Chang-jun. Bottle cap scratch detection based on machine vision technology[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(13): 227-232.
- [3] 周晓, 焦晨, 朱开璋. 基于卷积神经网络的废旧塑料瓶颜色分拣系统[J]. 数字制造科学, 2021, 19(3): 227-232.
- ZHOU Xiao, JIAO Chen, ZHU Kai-xuan. Intelligent sorting method of plastic bottles based on convolution neural network[J]. Digital Manufacture Science, 2021, 19(3): 227-232.
- [4] 张超, 贺霖龄. 基于像素点测量的瓶盖检测算法[J]. 现代盐化工, 2021, 48(3): 183-184.
- ZHANG Chao, HE Lin-ling. Bottle cap detection algorithm based on pixel point measurement[J]. Modern Salt and Chemical Industry, 2021, 48(3): 183-184.
- [5] 岳昊, 武栓虎, 徐金东, 等. 基于机器视觉的医用瓶盖质检系统设计[J]. 仪表技术与传感器, 2019(10): 83-87, 107.
- YUE Hao, WU Shuan-hu, XU Jin-dong, et al. Design of quality inspection system for medical bottle caps based on machine vision[J]. Instrument Technique and Sensor, 2019(10): 83-87, 107.
- [6] 吴兰兰, 陈硕, 黄祥斌, 等. PET 瓶封盖缺陷视觉检测算法研究[J]. 机电工程, 2018, 35(5): 533-539.
- WU Lan-lan, CHEN Shuo, HUANG Xiang-bin, et al. Research on visual inspection algorithm of PET bottle cap defects[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2018, 35(5): 533-539.
- [7] 冯硕, 李旗. 奇异果采摘机器人机械臂控制系统研究: 基于计算机视觉和卷积神经网络[J]. 农机化研究, 2022, 44(10): 25-29.
- FENG Shuo, LI Qi. Research on the control system of the manipulator of Kiwi fruit picking robot[J]. Journal of Agricultural Mechanization Research, 2022, 44(10): 25-29.
- [8] 程旭, 宋晨, 史金钢, 等. 基于深度学习的通用目标检测研究综述[J]. 电子学报, 2021, 49(7): 1 428-1 438.
- CHENG Xu, SONG Chen, SHI Jin-gang, et al. A survey of generic object detection methods based on deep learning[J]. ACTA ELECTRONICA SINICA, 2021, 49(7): 1 428-1 438.
- [9] 徐意泊, 杨笔锋, 詹艳军, 等. 基于 Cortex-A7 新型地面气象观测综合集成硬件设计[J]. 成都信息工程大学学报, 2019, 34(4): 365-368.
- XU Yi-bo, YANG Bi-feng, ZHAN Yan-jun, et al. Base Cortex-A7 new ground meteorological observation integrated hardware design[J]. Journal of Chengdu University of Information Technology, 2019, 34(4): 365-368.
- [10] 吴谷丰. 基于 Tegra X1 的高清内窥镜图像处理系统硬件设计[D]. 杭州: 浙江大学, 2020: 51-52.
- WU Gu-feng. Hardware design of endoscope image processing system based on Tegra X1 [D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2020: 51-52.
- [11] 杨周伟, 翟东媛. 高抗 ESD 瞬态电压抑制器的研究[J]. 功能材料与器件学报, 2013, 19(4): 169-171.
- YANG Zhou-wei, ZHAI Dong-yuan. Research on high immunity ESD transient voltage suppressor[J]. Journal of Functional Materials and Devices, 2013, 19(4): 169-171.
- [12] 黄成, 夏军, 刘成汉, 等. 高速 IC 测试系统的信号完整性设计[J]. 电子测量技术, 2019, 42(3): 84-87.
- HUANG Cheng, XIA Jun, LIU Cheng-han, et al. Signal integrity design of high speed IC test system[J]. Electronic Measurement Technology, 2019, 42(3): 84-87.
- [13] 李建强. 基于深度学习的智能眼图分析在光通信中的理论与技术研究[D]. 北京: 北京邮电大学, 2019: 21-24.
- LI Jian-qiang. Theoretical and technical research on intelligent eye diagram analysis based on deep learning in optical communication[D]. Beijing: Beijing University of Posts and Telecommunications, 2019: 21-24.
- [14] 何永松, 秦祖立, 林麟, 等. 基于信号与电源完整性的有效分析优化 2.5D-3D 的设计[J]. 电子技术应用, 2021, 47(8): 64-67, 71.
- HE Yong-song, QIN Zu-li, LIN Lin, et al. Optimizing 2.5D-3D designs based on efficient analysis of signal and power integrity[J]. Application of Electronic Technique, 2021, 47(8): 64-67, 71.
- [15] 张杜娟. 基于肤色模型与颜色空间的目标识别算法[J]. 国外电子测量技术, 2019, 38(10): 54-58.
- ZHANG Du-juan. Target recognition algorithm based on skin color model and color space[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2019, 38(10): 54-58.
- [16] 赵远远. 基于计算机视觉的废旧塑料瓶分拣回收系统[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2020: 49-50.
- ZHAO Yuan-yuan. Computer vision-based sorting and recycling system for waste plastic bottles[D]. Hangzhou: Hangzhou Dianzi University, 2020: 49-50.

(上接第 71 页)

- [23] 梁志森, 陈玉珍, 周朗君. 超高效液相色谱—串联质谱法快速同时检测茶叶中 7 种香料[J]. 食品与机械, 2020, 36(11): 51-57.
- LIANG Zhi-sen, CHEN Yu-zhen, ZHOU Lang-jun. An UHPLC-MS/MS method for rapid analysis of tea for the potential presence of illegally added flavorings[J]. Food & Machinery, 2020, 36(11): 51-57.
- [24] 中国标准出版社. 标准物质国家计量技术规范 and 国家标准汇编[M]. 北京: 中国标准出版社, 2019: 22-73.
- China Standard Press. Certified reference materials national metrological specifications and national standards compilation[M]. Beijing: China Standard Press, 2019: 22-73.
- [25] 中国合格评定国家认可委员. 标准物质/标准样品定值的一般原则和统计方法: CNAS GL017—2018[S]. 北京: 中国标准出版社, 2018: 42-50.
- China National Accreditation Committee for Conformity Assessment. Reference materials-General and statistical principles for certification: CNAS GL017—2018 [S]. Beijing: China Standard Press, 2018: 42-50.