

基于 STM32 的智能小型机械臂设计

刘慧鹏 王 婷 傅世地 宋子文 马伟昌

(重庆邮电大学自动化学院 重庆 400065)

摘要: 通过对当前工业机器人技术应用发展状况及机械臂智能化现状的研究,设计了一个基于 STM32 的智能小型机械臂,实现对目标物体抓取、颜色识别等功能。该机械臂选择了 32 位处理器作为微控制器,具有四个自由度,并采用 TCS230 颜色传感器进行颜色识别,实现智能控制。实验证明,该智能小型机械臂设计合理,且实用价值高,具有一定的市场前景。

关键词: 智能机械臂; 颜色识别; 步进电机

中图分类号: TP241

文献标识码: B

DOI 编码: 10.14016/j.cnki.1001-9227.2016.04.086

Abstract: Through the research on the development and current status of industrial robot manipulators intelligent technology application, we design an intelligent small arm based on STM32, to achieve the target object capture, color recognition and other functions. The arm selected 32 processor as the microcontroller, with four degrees of freedom. It used the TCS230 to do the color recognition. Experiments showed that the design of intelligent small arm was available. It has a market prospects with high practical value.

Key words: mechanical arm; color recognition; stepping motor

0 概述

工业机械臂是涉及计算机科学、机械设计、传感技术等多项领域的自动化机械装置。作为一种典型的工业机器,机械臂具有适应性强、可靠性高、成本低等特点。随着科技的进步与市场的发展,工业机械臂也已广泛应用于生产线上,替代工人工作,减轻了工人劳动强度,并大大提升生产效率。从 20 世纪 50 年代起,工业机械臂的产业规模就得到逐步扩大,各个国家对该产业的重视也与日俱增,中国汽车、电子电气、食品饮料等主流制造业未来几年的机械臂需求量约占总需求量的七成,市场前景十分可观。近几年,机械臂更是朝着小型化、智能化方向发展,应用范围也从工业向社会各行各业渗透,在服务、医疗、教育、娱乐等多个社会领域得到广泛应用。比如家庭服务机器人,一般安装有一条或两条仿人机械臂,代替人手的功能,更最大程度地适应人类的的生活和工作环境,代替人类完成各种日常任务。

1 机械臂硬件设计

本次设计的小型机械臂,在码垛机器人的基础上做了改进,具有四个自由度。本文主要从机械结构、主控、步进电机和颜色传感器四个方面介绍该系统的硬件设计。

1.1 机械结构

本文设计的小型机械臂,机械结构参考码垛机器人的设计^[1],并在其上做了改进。整个机械臂结构分为腰部、大臂、小臂、腕部,机器臂运动简图见图 1。机械臂具有四个自由度,可以实现 4 种运动:腰部旋转、大臂上下运动、小臂前后运动和机械臂腕部回转运动。在机械臂的肩部,串联两个平行四边形结构,使得其腕关节旋转轴时钟与地面垂直。采用这样的设计达到搬运物体时,被抓物体始终处于水平状态的目的。本设计与现有小型化机械臂相比,具有以下优点:结构简单、零件使用少、安装简单、占地面积小。

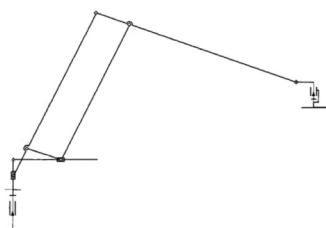


图 1 机械臂运动简图

1.2 主控

本文设计的小型机械臂,使用 STM32F10x 作为微控制器。STM32 芯片具有嵌入式领域较为领先的 cortex-M3 内核,其中 16 位的 Thumb-2 指令集能够实现 32 位的性能的代码密度,6 个 CPU 周期的实现只需要简单的乘除法指令,内置的中断器也较为快速,中断间的延迟时间减少。其功耗率较低,但性能却未较低,只需要用一个 USB 线接到电脑 USB 接口上就可以正常工作。为了使输出电压更好的稳定输出,分别在稳压芯片前后两端加上耦合电容过滤掉噪声和毛刺。

1.3 步进电机

步进电机是将电脉冲信号转换成相应的角位移或者直线位移的电机^[2]。电机每收到一个电脉冲信号,就会相应地转动一个角度,其运行形式为步进式。在步进电机的负载能力范围内,其输出线位移量或角位移量与接收的脉冲数成正比,线速度或转速与脉冲的频率成正比,而且不受负载、电压等外界因素影响。步进电机每转动一周,都有确定的步数,在没有失步的情况下,步距误差不会长时间积累。步进电机还有控制性能好的优点,在开环系统中,可以简单地通过改变脉冲的频率调节电机的转速,并且能够进行启动、制动和反转。有些步进电机在停止供电的状态下还有定位转矩,有的可以在停机后具有自锁能力,不需要机械制动装置等。当加入速度和位置装置后,步进电机可以构成闭环控制系统。

1.4 颜色传感器

目前,市面上有两种类型的传感器,一种是 RGB 颜色传感器,检测三刺激值,另一种是色差传感器,检测物体颜色与标准色的色差^[3]。本文设计的小型机械臂,采用可编程彩色光到频率的转换器 TCS230 作为颜色传感器。它内部单一的 CMOS 电路上集成了可配置的硅光电二极管与电流频率转换器,同时在单一芯片上还有红、绿、蓝(RGB)3 种滤光器。TCS230 输出的是数字量信号,可以驱动标准的 TTL 或 CMOS 逻辑输入,所以可直接与微处理器或其他逻辑电路相连接。也正是其数字量的输出,以及能实现每个彩色信道转换精度高达 10 位以上的以及 2~500kHz 的响应频率,使得电路不再需要 A/D 转换电路,变得更加简单,而且大大提高了该芯片的抗噪声性能。现如今,TCS230 颜色传感器广泛运用在色彩测量、打印控制、人工视觉以及光线检测等领域。

2 机械臂软件设计

控制系统软件与硬件电路紧密结合共同实现对智能机械臂的控制。本文主要从步进电机的控制、坐标转换以及颜色

收稿日期: 2015-12-23

识别三个板块进行论述。

2.1 步进电机的控制

目前市面上的步进电机驱动电路通常使用的驱动芯片,缺点是驱动能力弱。本设计选用的是基于 TB6560 驱动芯片的步进电机驱动板,不仅驱动能力强,单路最大输出电流 3A,而且采用了高速光耦,做到高速状态不失步,可以很好的驱动机械臂采用的步进电机。步进电机与控制板连接正确后,通过主控板向控制板的 CW 端输入 5V 的高电平,电机反向旋转,输入低电平正向旋转;EN 端低电平电机转动,高电平则停止转动。CLK 端输入脉冲,电机运行,无脉冲式锁定电机。通过上面三个端口控制步进电机的正反转,转动的步数,实现对电机转动角度的控制。STM32 芯片的定时器可以直接 PWM (Pulse Width Modulation) 输出,只需要设置 CCRx、ARR 等寄存器,就可以实现频率、占空比的调节,以及 PWM 输出的打开与关闭,从而根据需要对步进电机进行控制。

2.2 坐标转换

本文设计的小型机械臂,采用了直角坐标系的机械结构,拥有多个直线运动轴,以及一个旋转轴,可以对应直角坐标系中互相垂直的 X、Y、Z 轴。因为步进电机的转动量不能直接对应到坐标系的坐标变化量,所以在控制时,需要通过软件算法将输入的坐标移动量转换为可以提供给步进电机的控制量。市面上的机械臂多采用伺服电机进行控制,虽然本设计采用的步进电机与之有一定的差距,但是都可以等效为控制转动角度。因此运用软件先将坐标的变换根据现有公式转换为角度的变换,再将角度的变换转换为给步进电机的控制量,最终达到了对机械臂坐标位置的控制。

2.3 颜色传感器的颜色识别

2.3.1 白平衡校正子程序

颜色识别程序中白平衡校正是不可或缺的。在白光照射下,RGB 颜色传感器的输出并不相等,通常情况下,绿色传感器的输出值较之其他会更大一点。除此之外,颜色检测系统的白平衡还会受到照明灯的色温差异干扰,例如 Carley (#880) 灯,色温是 2750 K,在光谱中偏红光光谱。

为补偿上述现象,可采用基于某一参考值的白平衡校正方式,其校正公式如下:

$$\text{平衡值} = \frac{\text{原始值} + 256}{\text{参考值}} \quad (1)$$

按下白平衡按键,采集得到各颜色的参考值,当每次系统通电时,从 EEPROM 存储器中读出该参考值。此外,平衡值的设置应小于 255,若计算得出的平衡值大于 255 时,则应该将平衡值设置为 255。

2.3.2 颜色比较子程序

颜色比较子程序即颜色采集系统中的单片机在每个采样比较周期中会进行 A/D 转换,从颜色传感器读取的 RGB 数值与 EEPROM 中颜色数据进行对比,根据数据判断出最相近的颜色。在比较过程中,我们采用笛卡尔距离法比较这两种颜色,该方法表达公式为:

$$D = \sqrt{(R_u - R_r)^2 + (G_u - G_r)^2 + (B_u - B_r)^2} \quad (2)$$

其中: R_u , G_u , B_u 是未知色彩传感器值; R_r , G_r , B_r 是参考色彩传感器值。

对于单片机来讲,式(2)相对复杂,它的实时性在实际运用中可能会受到影响,因此简化式(2)显得十分重要。由于该设计只需要对两种颜色进行比较,运用中我们可以把式(2)中的平方根忽略,同时,采取绝对值取代平方根运算。因此,式(2)简化得到:

$$d = |R_u - R_r| + |G_u - G_r| + |B_u - B_r| \quad (3)$$

参考颜色数值列表按照式(3)格式储放在 EEPROM 存储器中。所有存储在列表中都为 4 个字节的数据,其中 3 字节

分别存储红、绿、蓝三原色的色值,而另外一个字节用来确认该颜色是否被定义。在 STM32 每个采样比较周期中,把颜色传感器采集到的数据与表内的各个颜色代入到式(3)中进行计算,相差距离最小的颜色则被确定为此时所感应到的颜色^[4]。

由此给出颜色识别软件流程,如图 2 所示。

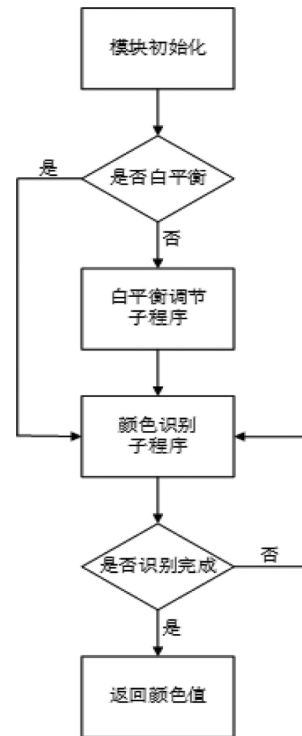


图2 颜色识别流程图

3 结论

我们选择了强光、普通光以及弱光环境,让机械臂抓取预先设定的不同颜色的物块。经过多次实验,机械臂的抓取正确率统计如表 1 所示。

表 1 机械臂抓取正确率统计表

光线强度	抓取次数	抓取正确次数	抓取正确率
弱光	33	29	87.9%
普通光	35	35	100%
强光	37	32	86.4%

本文设计的机械臂方案由于运用了更快速的处理器并且优化了颜色识别算法,相较于市面上的小型机械臂,在多种光线环境下具有检测正确率高、抓取稳定性高等优点。随着社会工业化发展,机械臂越来越小型化、智能化,应用范围逐渐向社会各行各业渗透,将会有更多的智能机械臂走进人们日常生活,对我国的稳定发展也具有重要作用。

参考文献

- [1] 毛丽. 码垛搬运机器人机构设计与仿真[D]. 南京林业大学, 2014.
- [2] 刘梦亭. 基于 FPGA 控制的步进电机细分驱动系统[D]. 广东工业大学, 2008.
- [3] 刘增辉. 颜色传感器技术研究进展[J]. 传感器技术, 2003, 22(4): 1-4.
- [4] 卢川英, 于浩成, 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.
- [5] 刘火良. STM32 库开发实战指南[M]. 机械工业出版社, 2013.
- [6] 胡寿松. 自动控制原理[M]. 北京: 科学出版社, 2013.