

自动循迹小车的设计与实现

胡涛涛¹ 耿璇² 庞鑫²

(1. 太原师范学院, 山西 太原 030619; 2. 山西工程职业技术大学, 山西 太原 030031)

摘要: 设计与实现了一种可以自动循迹的小车。该小车能在 0.6 ~ 0.9 mm 的细铁丝轨迹上自动循迹行驶, 同时能准确检测到在任意直道铁丝段上放置的硬币并给出报警, 小车的行驶时间和行驶距离实时显示在显示屏上。该小车系统以 Arduino 为控制核心, 采用 TI 公司的 LDC1000 电感数字转换器模块作为金属循迹传感器, 结合驱动模块、电源模块和显示模块共同完成了上述各项要求。该系统具有性能稳定、硬币检测准确、行驶速度快等特点。

关键词: 控制芯片; 电感数字转换器; 循迹小车

中图分类号: TP242

文献标志码: A

文章编号: 1006-2394(2021)05-0031-04

Design and Implementation of Automatic Tracking Car

HU Taotao¹, GENG Xuan², PANG Xin²

(1. Taiyuan Normal University, Taiyuan 030619, China;

2. Shanxi Engineering Vocation University, Taiyuan 030031, China)

Abstract: This paper designs an automatic tracking car. The track of the car is marked by 0.6 ~ 0.9 mm thin wire, and 4 coins are placed on any straight wire section. The car can move along the wire track, accurately detect coins and give alarm. The driving time and distance are displayed. The car takes Arduino as the control core and uses TI LDC1000 inductor digital converter module as the metal tracking sensor combining with the drive module, power supply module and display module to complete the above requirements. The system has the characteristics of stable performance, accurate coin detection and fast driving speed.

Key words: control chip; inductor digital converter; tracking car

DOI:10.19432/j.cnki.issn1006-2394.2021.05.009

0 引言

随着科学技术的不断发展与进步, 机器人在人们日常生产与生活中的应用也越来越广泛。智能小车又被称为轮式移动机器人^[1], 它可以结合实际使用的环境和根据预先设定好的程序进行合理运作, 不需要人为控制就可以自动工作, 给人们的生产与生活带来极大的便利, 也为一些特殊环境下的科学实验研究提供了实施条件。

本文将自动控制原理、运动控制系统和传感器技术等相关知识应用于小车自动控制系统中, 实现了小车对金属轨道自动循迹和对硬币自动识别的功能, 为智能小车的广泛应用提供了实验基础。该设计以 Arduino 芯片为控制核心, 使用金属传感器 LDC1000 和测速光电编码器作为小车采集模块, 实时采集小车行驶的相关数据信息。该系统通过软硬件设计, 实现了小车沿着金属轨道快速直行、转弯、测距和计时及识别硬币的功能。

1 系统方案设计

1.1 总体方案设计

自动循迹小车采用 Arduino 作为主控核心, 连接两个直流电机驱动小车前轮, 并在车头连接两个 LDC1000 传感器, 用于探测金属轨迹。具体设计思路是: 小车启动时 2 个 LDC1000 传感器分别先采样 3 次传感器值 (等效并联电阻 R_p 值) 并计算其平均值作为初始环境量值; 在小车行进过程中, Arduino 芯片通过当前采集的传感器返回数值与初始环境量值的比较, 判断铁丝位置的变化, 从而控制直流电机的转速, 实现直线偏离矫正功能, 并当连续 2 次都为同一方向的偏离纠正时, 就进行转弯^[2]。当某一 LDC1000 传感器检测数据发生较大变化时, 就是检测到硬币了, 蜂鸣器发出报警。小车的行驶时长采用高精度 DS3231 时钟模块计时, 实时返回时间数据。行驶距离的检测使用了红外线对射计数传感器模块、隔码盘等硬件, 通过隔码盘阻挡红外线对射模块, 产生高低电平变化, 与 Arduino 开发板的外部中断连

收稿日期: 2021-04

作者简介: 胡涛涛 (1977—), 女, 讲师, 研究方向为信号处理、图像处理。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

接,记录高低电平的变化次数;再根据隔码盘的格子数计算得到小车车轮的圈数,乘以车轮周长,得到行驶距

离,并采用 OLED 显示屏直接显示行驶时间和行驶距离。系统整体设计结构如图 1 所示。

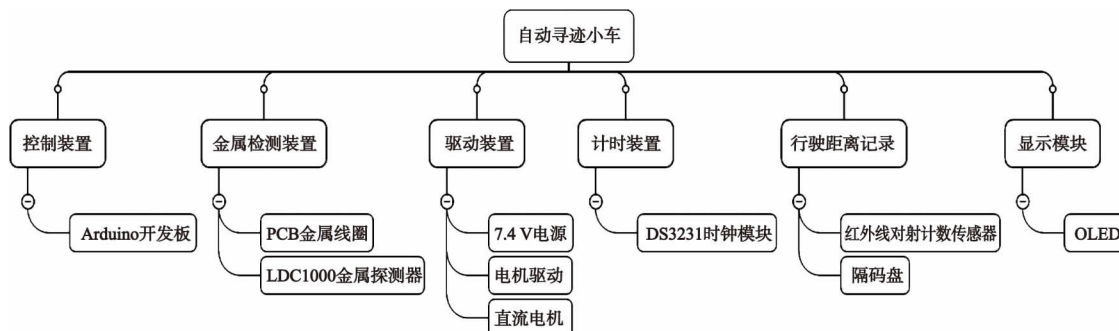


图1 系统整体结构图

1.2 部分模块选型及设计

1.2.1 控制模块的选型

Arduino 芯片是小车的控制中心,它是一个基于开放原始代码的软硬件平台,具有使用类似 Java、C 语言的 Processing/Wiring 开发环境。Arduino 芯片能够连接各种各样的传感器以感知外界环境,并通过对灯光、马达和其他装置的控制来反馈感知环境的结果。芯片上的微控制器可以通过 Arduino 的编程语言来编写程序,编译成二进制文件,烧录进微控制器。Arduino 编程语言是基于 C 语言开发的,集成了多种函数,使编程过程简单易学^[3]。

1.2.2 金属检测模块的选型

LDC1000 可通过 16 位共振阻抗及 24 位电感值,在位置传感应用中实现亚微米级分辨率;与线圈连接,可与附近金属物作用产生参数 R_p 值,从而判断附近金属物的类型及与其距离。如图 2 所示,本文将 2 个自制线圈分别置于车头两侧,用杜邦线与 2 个 LDC1000 传感器连接,小车行走过程中根据比较两个传感器传回的 R_p 数值,进行方向调整。此方案灵活多变,只需通过调整两个传感器的间隔与贴地距离,便可达到调整小车位置、稳定数值范围的效果。

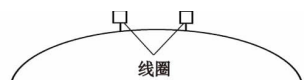


图2 采用2个LDC1000传感器与线圈示意图

1.2.3 驱动模块的选择

驱动模块采用专用芯片 L298N 作为电机驱动芯片。L298N 是一个具有高电压、大电流的全桥驱动芯片,其响应频率高,1 片 L298N 可以分别控制 2 个直流电机。本文利用 L298N 驱动控制左、右轮电机的转动,形成类似于舵机的控制^[4]。

1.2.4 电机模块的设计

采用直流电机驱动小车左右轮。直流电机转动力矩大、响应迅速、体积小、质量轻,具有优良的调速特

性;并且调速平滑、方便、调整范围广,与步进电机相比,易于控制,可以满足不同的特殊的运行要求。

1.2.5 测距模块的设计

使用红外线对射计数传感器模块记录高低电平变化,得到行驶圈数,乘以小车周长,便可得出小车的行驶距离。此方法程序简单、安装容易、造价低廉^[5]。

红外线对射计数传感器工作原理为:一个隔码盘上有 20 个间隔,当转到间隔时,红外信号导通,产生低电平,当转到阻挡处时,红外信号被阻挡,产生高电平,这样一次产生一个负跳沿,电机每转 1 圈会产生 20 个负跳沿。传感器与 Arduino 外部中断连接,设置中断为负跳沿触发,记录负跳沿数除以 20;即可计算得出圈数,再乘以小车车轮周长(21.5 cm),便可得出距离。计算公式如下:

$$S = (C/20) \times 21.5 \quad (1)$$

式中: S 为距离, C 为外部中断数。

2 核心电路设计

2.1 总体设计

本设计中核心电路是由 Arduino Mega2560 核心电路板作为控制核心,外接一个 DS3231 时钟模块,通过 I²C 通信实时传回数值,操作简单且计时较为精准;OLED 显示屏功耗低、显示内容丰富、显示速度较快,与红外线对射计数模块、L298N 电机驱动模块和 LDC1000 金属探测模块结合,共同构成一个硬件电路,具体组成如图 3 所示。

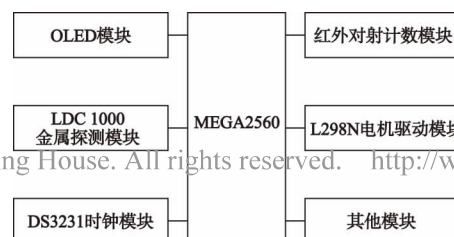


图3 硬件电路构成示意图

2.2 金属探测电路设计

LDC1000 基于电磁感应原理,其工作原理如下:当交流电流 I_1 被添加到传感器的线圈时,线圈周围就会产生交变电磁场 H_1 。当电磁场中有金属物体时,会使金属物体表面产生涡流 H_2 (感应电流 I_2)。此时 I_1 与 I_2 的方向、 H_2 与 H_1 的方向是相反的。涡流的作用与金属物体的类型、距离和尺寸有关。将 LDC1000 的线圈视为一次侧线圈,涡流效应就为二次侧线圈,方向与一次侧线圈相反,形成了变压器。根据变压器的互感作用,在一次侧线圈一侧就可以检测出二次侧线圈的参数。

本文将 Arduino 控制芯片的 SS、MISO、MISI、SCK 引脚分别与 LDC1000 的引脚相互连接进行通信,实现数据交换。LDC1000 金属检测模块与 Arduinio 控制芯片的引脚连接如图 4 所示。

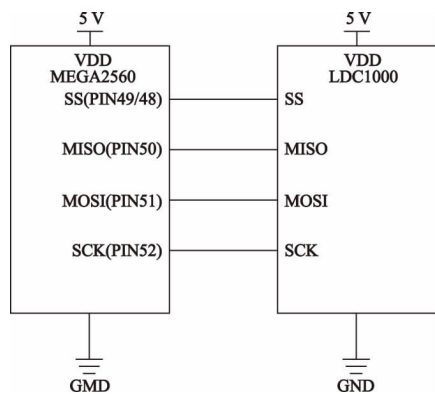


图 4 LDC1000 模块连接图

当用传感器来检测铁线时,随着铁线表面积变小,产生的涡流也会变小,从而 LDC1000 采集到的数据也较小;在检测硬币时,发现 LDC1000 采集到的数据比之前大很多,这是由于硬币的表面积较大,会产生相对大的涡流。因此,本文在程序实现时通过设定阈值来区分铁线与硬币。

在实验场地测出的两个传感器 R_b 值如表 1 所示。

表1 测量两个传感器 R_n 值

R_p 值	无金属	铁丝	硬币
左侧 LDC1000	1 506 Ω	1 553 Ω	2 989 Ω
右侧 LDC1000	1 732 Ω	1 780 Ω	3 245 Ω

2.3 驱动模块电路设计

本小车系统中最关键的电路还有驱动模块。驱动模块与控制模块共同决定着小车的行进能力,具体驱动模块与控制芯片、电源和左右轮直流电机的连接情况如图5所示。L298N与MEGA2560连接,外接电源,小车驱动依靠左右电机驱动,利用万向轮的灵活性以及左右电机的转速来控制小车的左右转弯。行进过程中,

MEGA2560 根据前期 LCD1000 回传的数据信号来判断为哪个驱动轮提供电流,从而给出小车的行走方向。

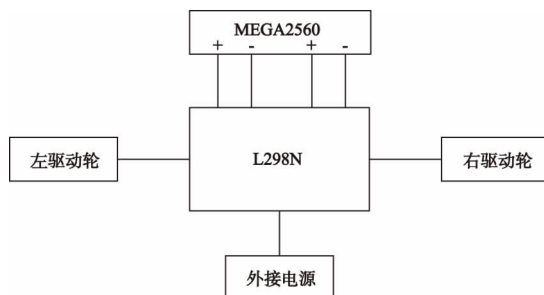


图 5 电机驱动连接图

3 核心程序设计

本系统程序主要包括:主程序模块、计时子程序、行驶距离记录子程序、LDC1000 采样及测量子程序。软件总体设计首先进行初始化,随后时钟与测距程序开始运行,对当前 LDC1000 所检测到的三组数值求其平均值,并把此均值设定为当前环境标准量值。接着启动电机,由 LDC1000 不断采集当前铁丝和硬币的传感器值,并对当前检测值与初始的标准量值进行比较,根据比较结果判断小车行走的偏移变化。若小车左边的线圈检测到铁丝,则小车左轮减速,向左转;若小车右边的线圈检测到铁丝,则小车右轮减速,向右转;若两边线圈都没有检测到铁丝,两电机保持相同的速度,小车直行。最后调用显示子函数,进入显示界面,将时间、距离等信息实时显示出来。系统总程序流程如图 6 所示。

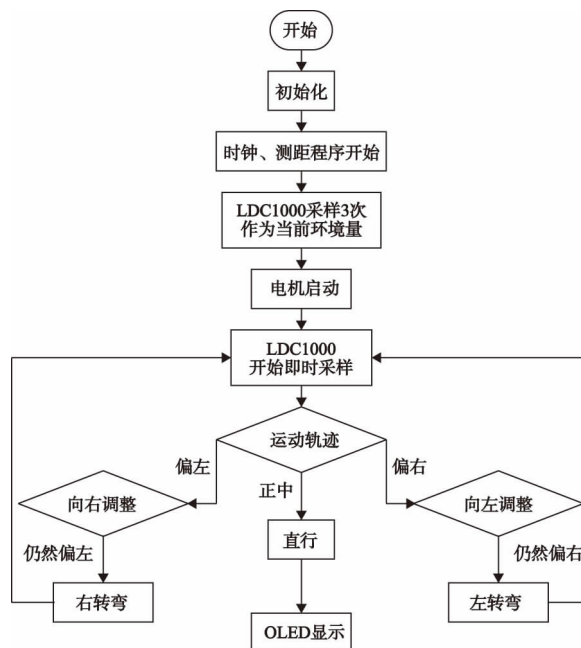


图6 系统总体流程图 <http://www.cnki.net>

小车在行进过程中不断检测是否有硬币,若检测到有硬币,则蜂鸣器报警;否则继续行驶。硬币检测程

序流程图如图7所示。

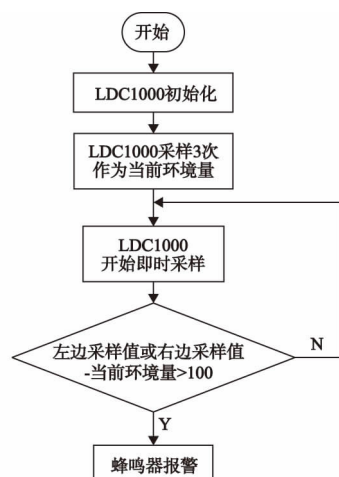


图7 硬币检测程序流程图

4 测试结果

当小车在自制的平面环形铁丝轨道上平稳行驶时,手工记录行驶时间和测量行驶距离,与小车实时显示运行距离和时间等信息进行多次比较;对小车识别轨道上硬币能力的测试,具体测试数据如表2所示。

表2 测试数据

检测次数	第一次		第二次		第三次	
OLED 显示 时间与距离	259.7 cm	113 s	255.4 cm	11 s	258.7 cm	10 s
实际距离 与时间	262.8 cm	114 s	262.8 cm	11 s	262.8 cm	12 s
检测硬币数目	4 枚		4 枚		4 枚	

由表2可知,小车可以按照铁丝的轨迹循迹前进,自动显示行驶距离及时间误差小,硬币识别率100%,同时探测到硬币会发出报警声。

5 结束语

该小车以 Arduino 为控制核心,采用 TI 公司的 LDC1000 电感数字转换器模块作为金属循迹传感器,结合驱动模块、电源模块和显示模块实现了自动循迹功能。该小车自动循迹1圈的时间约为30s,行进途中对遇到的硬币能够进行报警,并同时显示小车运行距离和行驶时间。经测试表明:该小车系统性能稳定、测试准确、自动循迹效果好,能够为智能化小车研究提供实践基础;但自动循迹的轨迹标识还需要进一步完善,使得系统更趋于智能化、人性化的特点。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

参考文献:

[1] 严彦成, 巩琪娟, 马灿洪, 等. 智能小车的自适应轨迹控制

系统设计[J]. 新型工业化, 2020, 10(6): 80-82.

- [2] 贾树林, 马双宝. 基于 STM32F429 两轮平衡车的研制[J]. 武汉纺织大学学报, 2020, 33(5): 57-63.
- [3] 严军. 轮式移动机器人的“球门”式路径规划[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2008.
- [4] 杨汉祥, 张琦. 红外计数器的设计[J]. 科技广场, 2009(7): 187-190.
- [5] 赵玲, 乔俊福. 基于 STC89C52 的智能循迹小车设计[J]. 电工技术, 2019(16): 1-2.

(许雪军编发)

(上接第4页)

- [2] 陈桂鹏, 何俊海, 苏小波, 等. 基于无线传感器网的茶园环境监测系统设计与实现[J]. 广东农业科学, 2014, 41(14): 163-167.
- [3] 王战备. 基于 GPRS 的茶园土壤温湿度远程监测系统[J]. 农机化研究, 2013, 35(6): 186-189.
- [4] 韩团军. 基于 GPRS 和 WEB 的远程网络分布式茶园环境污染监测系统研究[J]. 江苏农业科学, 2016, 44(6): 416-418.
- [5] 何敏. 基于 GIS 的茶园环境实时监测与防冻预警系统[D]. 长春: 吉林大学, 2013.
- [6] 董春涛, 沈晴霓, 罗武, 等. SGX 应用支持技术研究进展[J]. 软件学报, 2021, 32(1): 137-166.
- [7] SANGYEON W, JEHO S, SUNGYONG P. A distributed oracle using intel SGX for blockchain-based IoT applications[J]. Sensors(Basel), 2020, 20(9): 2725.
- [8] 袁勇, 王飞跃. 区块链技术发展现状与展望[J]. 自动化学报, 2016, 42(4): 481-494.
- [9] 沈鑫, 裴庆祺, 刘雪峰. 区块链技术综述[J]. 网络与信息安全学报, 2016, 2(11): 11-20.

(许雪军编发)

(上接第8页)

- [6] 邱志成, 史双瑾, 邱琪. 高精度光纤延迟线的研究[J]. 光电工程, 2009, 36(6): 72-75.
- [7] 崔保伟. 磁光开关工作原理和设计方法[J]. 机电元件, 2011, 23(4): 3-6.
- [8] 刘秀红, 赖伟恩, 文岐业, 等. 基于嵌入式实时系统的磁光开关驱动电路设计[J]. 磁性材料及器件, 2011, 19(3): 48-52.

(许雪军编发)