

基于 TI 杯电子竞技的金属探测系统设计

杨维祎 郭颖 王雪峰 曲弘扬

(辽宁石油化工大学信息与控制工程学院 抚顺 113001)

摘要: 依据 2014 年 8 月全国大学生电子设计大赛辽宁赛区题目,采用 TI 公司 LDC1000 电感/数字转换器评估板 (AY-LDC1000) 作为金属物体探头,STC89C52 单片机为控制核心,采用步进电机驱动 L298N、集成稳压器 7805 和 7812 构成驱动电路,制定一种扫描式金属探测器的设计研制方案。实验结果表明,该探测系统不仅检测精度高,性能稳定,易于扩展,并且通过扫描式的机械结构设计,简化了系统的结构,减少了扫描时间,降低了系统成本。并通过声-光报警装置,增强了系统的整体性能。

关键词: LDC1000 金属探测器;扫描;光电报警

中图分类号: TP73 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.401

Design of metal detection system based on TI cup electronic contest

Yang Weiyi Guo Ying Wang Xuefeng Qu Hongyang

(College of Information and Control Engineering, Liaoning Shihua University, Fushun 113001, China)

Abstract: The paper is based on the National Undergraduate Electronic Design Contest—Liaoning area in August 2014. The design uses the TI company LDC1000 Inductor / Digital Converter Evaluation Board (AY-LDC1000) as a metal probe, STC89C52 single chip microcomputer as control core, stepper motor driver L298N, integrated voltage regulator 7805 and 7812 to constitute a driving circuit, and then develops a scanning metal detector. The experiment results show that the detection system not only has high detection accuracy, stable performance and easy to extend, but also can simplify system structure, reduce the scanning time, lower the cost of the system with mechanical structure design of scanning. And the overall performance of the system is enhanced through the sound - light alarm device.

Keywords: LDC1000 metal detector; scanning; photoelectric alarm

1 引言

金属探测器(Metal Detector)是一种专门用来探测金属类物质的仪器,已广泛应用于生活和工业生产等诸多领域。目前市场上的金属探测装置根据原理和检测线路的不同,大多可分为差拍式、自激感应式、耗能式和平衡式 4 种类型。传统的金属探测装置,易受灰尘、水分、湿度等因素的干扰,检测精度及智能化程度低,不能直观显示实时运行参数,系统维护不够方便,影响了探测结果。在科学技术不断进步及金属探测器在现代社会生活和工业生产中的作用不断凸现的时代背景下,怎么提升和完善金属探测器的性能,已成为本领域一个亟待解决的问题^[1]。

文中所描述的系统设计是基于 2014 年 8 月在东北大学举行的全国大学生电子设计大赛辽宁赛区的比赛题目。

要求设计并制作一个可自主移动的金属物体探测定位器,可探测置于玻璃板下的金属物体并给出定位指示。金属物体探测环境示意如图 1 所示。

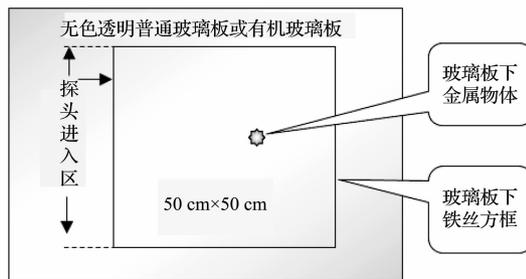


图 1 金属物体探测环境示意

收稿日期:2014-10

根据比赛设计要求,设计采用 LDC1000 检测加单片机控制方式,LED 数码管显示和蜂鸣器报警。

2 设计方案

根据设计任务要求,该系统的总体如图 2 所示。系统整体主要包括 STC89C52 单片机最小系统、电机驱动模块、报警系统模块、电源模块、金属探测模块、显示模块等^[2]。

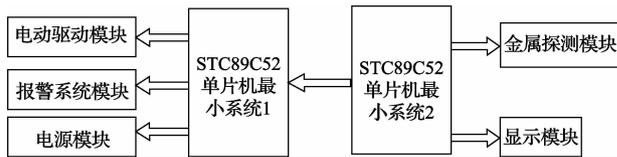


图 2 系统的总体

2.1 电机驱动模块

系统采用步进电机控制机械运动,电机驱动采用 L298N 集成模块。其内部包含 4 通道逻辑驱动电路,是一种二相和四相电机的专用驱动器,内含 2 个 H 桥的高电压大电流双全桥式驱动器,接收 TTL 逻辑电平信号,可驱动 46 V、2 A 以下的电机,可直接对电机进行控制,无需隔离电路。通过单片机 1 的 I/O 输出改变芯片控制端的电平,即可对电机进行正反转、停止的操作,非常方便。

2.2 报警系统模块

采用蜂鸣器和 LED 灯。STC89C52 单片机最小系统自带蜂鸣器和 LED 灯,设计时只需对其进行编程设计即可,实验效果蜂鸣器报警性能良好,LED 灯亮。模拟连接如图 3 所示^[3]。

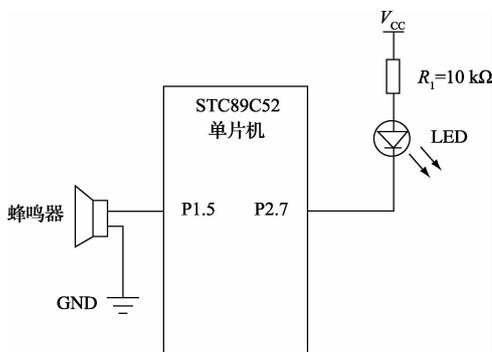


图 3 报警系统

2.3 传感器检测模块

LDC1000 只需要外接一个 PCB 线圈或者自制线圈就可以实现非接触式电感检测,可以测试外部金属和 LDC1000 相连的测试线圈的空间位置关系。当 LDC1000 检测到硬币,电感系数发生相应的变化,检测到的信号经过单片机 2 转换成高电平形式,并在单片机 2 的 P3.0 端口输出到单片机 1 的 P3.5 端口,进而由单片机 1 完成对

电机和报警系统的控制。传感器检测模块原理如图 4 所示。

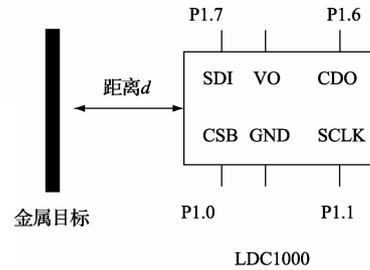


图 4 传感器检测原理

2.4 显示模块

采用 8 位 LED 数码管实时显示传感器的坐标。LED 数码管 a~h 端通过 1 片 8 位数据锁存器 74573 与单片机 P0.0~P0.7 相连,当探测器检测到金属物时 2 个电机停止,数码管显示出此时传感器的位置坐标^[4]。

2.5 电源模块

由于需要给 2 个步进电机和 2 个单片机最小系统供电,考虑到所需额定电压较高且额定功率较大,同时为了提供 5 V 和 12 V 的标准电压,电源模块采用实验室用直流电源接入 7805 和 7812 集成稳压器提供稳定电压。

3 硬件组成

3.1 机械结构

采用扫描式结构。纵轴由单片机 1 控制一个步进电机利用皮带将横轴部分从一个方向向另一个方向移动,横轴由单片机 1 控制另一个步进电机进行“前进”、“后退”动作(行进距离由单片机 1 程序控制)。通过扫描式结构可以尽可能减小探测器无法对准金属的误差,实物原理如图 5 所示^[5]。

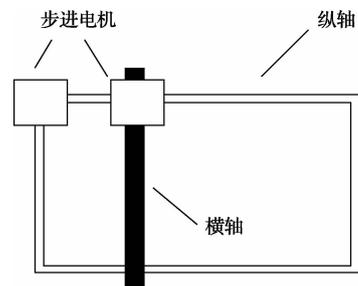


图 5 实物原理

3.2 L298N 与单片机的连接

系统的主要动力由 2 个步进电机提供。驱动步进电机的是 L298N。由单片机 1 的 I/O 接口通过与 L298N 的 IN1~IN4 接口相连,实现电机的正转、反转以及停止的控制,其连接如图 6 所示。

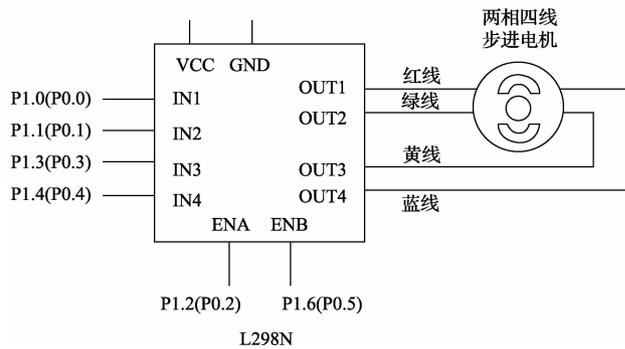


图6 L298N与单片机1的连接

3.3 LDC1000与单片机相连

LDC1000与MCU的连接原理图如图7所示。采用四线SPI连接方式。MCU通过SPI连接(SDI、SDO、SCLK、CSB)实现对LDC1000的控制以及数据读取。在SPI通信过程中,LDC1000扮演从机的角色^[6]。

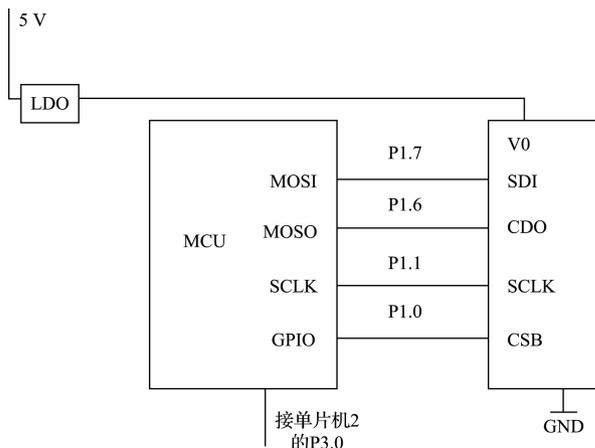


图7 LDC1000与单片机2相连

4 软件设计

4.1 软件组成

总程序包括系统初始化、电机驱动、LDC传感器检测、LED数码管显示、声-光报警等部分^[7]。

4.2 金属探测电路

当有金属物体进入到LDC1000的电磁场,会在金属物体表面产生涡流。涡流是金属物体的距离、大小、成分的函数。涡流产生的反向磁场跟线圈耦合在一起,就像是有另一个次级线圈存在一样。这样LDC1000的线圈作为初级线圈,涡流效应作为次级线圈,就形成了一个变压器。由于变压器的互感作用,在初级线圈一侧可以检测到次级线圈的参数,通过LED显示出来。

金属探测流程如图8所示,探头能从“探头进入区”一侧任意指定位置和方向自行进入探测区(铁丝框包围区)

域),开始进行行进扫描,找到硬币(线圈)后,给出声-光报警,探头不再移动,否则继续进行^[8]。

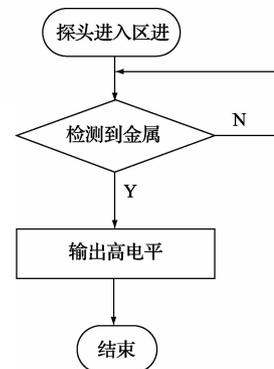


图8 检测金属流程

4.3 软件流程

控制电机转动模块软件程序采用C语言编写,LDC1000检测金属、LED数码管显示以及两单片机之间连接采用汇编语言编写,Keil uVision4编译环境,编写完成检验并无语法错误后,用STC_ISP_V479将.hex文件写入单片机,然后与实验设备连接。主程序流程如图9所示^[9]。

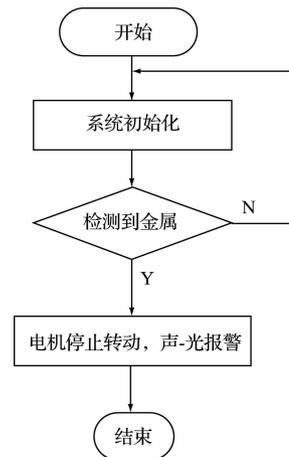


图9 主程序流程

5 系统测试与分析

5.1 测试材料

第五套人民币1角硬币:直径约19 mm、厚度约17 mm的镀镍钢芯;

第五套人民币1元硬币:直径约25 mm、厚度约18 mm的镀镍钢芯;

自制圆铁环:用Φ2铁丝绕制,铁环外直径4 cm。

5.2 测试结果与分析

数码管显示LDC1000检测到被测物体时的数据^[10]。实验测得数据如表1所示。

表1 实验测得数据

参数	探测物		
	1角硬币	1元硬币	金属铁环
0 cm	31 983	32 767	22 350
0.2 cm	30 230	21 354	14 783
0.5 cm	14 900	13 255	12 360
1 cm	12 566	12 380	12 069
2 cm	12 025	12 153	12 039

0~0.5 cm时金属铁环与硬币显示数据差距较大,原因是金属铁环的材质、结构与硬币不同。从0.5 cm开始探测器距金属越近实验数据差别越大,所以探测器在较近距离对金属物体的检测效果好,比赛中采用探测器距离探测物0.2 cm,程序初始值12 000。在实际应用中应根据不同的金属材质及结构设定探测距离和程序初始值。

6 结论

通过对本设计要求的技术指标进行分析,设计了系统的各个模块,能较好地完成以下几个任务:

1)在探测区域内某处(距探测边界 ≥ 5 cm)放置一枚1角硬币。探头从“探头进入区”一侧进入探测区,在2 min内完成了定位,定位指针指在硬币边沿之内,同时给出声-光指示,探头不再移动。

2)将1角硬币更换成1元硬币,在2 min内完成定位后,定位指针与硬币圆心之间的定位误差在5 mm以下,同时给出声-光指示,此后探头不再移动。

3)将硬币改为自制圆铁环(用 $\Phi 2$ 铁丝绕制,外直径4 cm),在3 min内完成定位后,定位指针指向铁环圆心,定位误差在5 mm以下,同时给出声-光指示,此后探头不再移动。

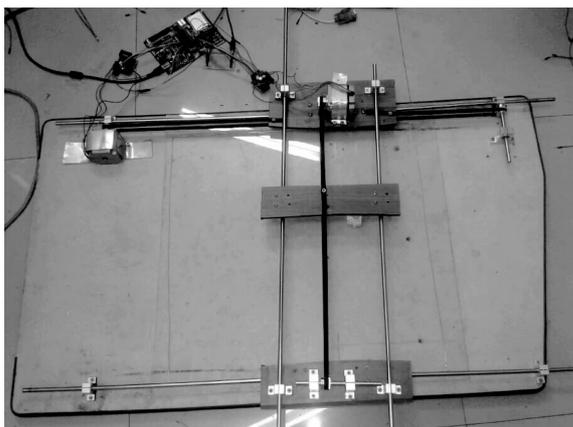


图10 实物

测试结果表明,整个系统在单片机的控制下很好地完成了金属探测任务。打破了以往金属探测只局限于利用电磁感应的惯例。采用AY-LDC1000作为探头,使该系统具有检测精度高、性能稳定、易于扩展等特点。采用扫描式的机械结构设计,使该系统检测速度快,检测时没有死角,检测过程中的调试只需对单片机程序进行适当改写即可实现,实物图如图10所示。实际应用中,可用于小件服装、毛巾、药品、食品等行业制品的断针、刀片、金属碎片的检测;也可用于行李、包裹内的枪支、匕首等危险物品的检测。

参考文献

- [1] 黄勇. 金属探测器的研究与设计[D]. 广州:华南理工大学,2010.
- [2] 李少华,白红燕. 涡流法电阻率测试仪的设计[J]. 国外电子测量技术,2013,32(7):62-65.
- [3] 陈荡,陈杰,王祥力,等. 基于C8051单片机的金属探测器系统设计[J]. 电子设计程,2013,21(18):165-168.
- [4] 葛铁洲,张小蓟,王大龙,等. 基于DFT算法的地理金属管线探测仪研究[J]. 电子测量与仪器学报,2013,27(10):986-991.
- [5] 陈磊,曹红超,朱万彬,等. 一种扫描式热金属探测器的研制[J]. 传感器与微系统,2007,26(9):92-94.
- [6] 张友德. 单片微型机原理应用与实验[M]. 上海:复旦大学出版社,2005.
- [7] 范丽珍,李树华. 基于单片机的智能型金属探测器的设计[J]. 内蒙古大学学报:自然科学版,2006,37(2):185-189.
- [8] 符磊,林君,王言章,等. 磁通负反馈空心线圈传感器特性和噪声研究[J]. 仪器仪表学报,2013,34(6):1312-1318.
- [9] 谭浩强. C程序设计[M]. 2版,北京:清华大学出版社,2003.
- [10] 全国大学生电子设计竞赛组委会. 全国大学生电子设计竞赛获奖作品汇编[M]. 北京:北京理工大学出版社,2004.

作者简介

杨维祎,1993年出生,在读本科,主要研究方向为电气控制技术、仪器与测试技术等。

郭颖,1979年出生,讲师,主要研究方向为智能仪器等。

E-mail:myr_xiansheng@163.com