

基于单片机技术的便携式金属探测器设计与实现

王贵锋 闫 璞

(兰州理工大学技术工程学院 甘肃兰州 730050)

摘要: 金属探测器广泛应用于矿山勘探、工业生产、安检、娱乐等领域。基于单片机技术,设计了一个手持金属探测器,用于检测人们随身携带的金属物品,可随身携带,使用方便。置于变化磁场中金属,会在内部产生涡流,涡流产生的磁场反过来又影响原磁场,将该变化转换为频率和幅值的变化,供相关电路进行检测。由电容三点式振荡电路产生正弦波,经过放大和整形后,送入单片机,由单片机探测频率的变化。当有金属存在时,原有的振荡频率将发生变化,单片机探测到这种变化后进行报警。设计的接口电路可以和外围系统进行通讯,包括与液晶显示、外围数据处理、显示模块的通信。

关键词: 金属探测器;电磁感应;单片机;涡流;振荡电路

中图分类号: TP273

文献标识码: A

DOI 编码: 10.14016/j.cnki.1001-9227.2016.03.087

Abstract: Metal detectors were widely used in mine exploration, industrial production, security, entertainment fields. The portable metal detector was designed and implemented based on microcomputer on single chip (MSC), to detect metal items taken with persons conveniently. An eddy current may be generated inside the metal placed in the variable magnetic field, the eddy current will generate a magnetic field in turn affecting the original field. The changes in frequency and amplitude can be measured. A sinusoidal waves produced by the capacitance three-point oscillating circuit were amplified and reshaped, and then to be sent to the MSC. When detecting the variation in frequency, MCU will alarm. The designed interface communicates with peripheral systems, including display module, peripheral data processing, liquid crystal display and keyboard modules.

Key words: Metal Detector; Electromagnetic Induction; MSC; Eddy Current; Oscillation Circuit

0 引言

金属探测器是一种用来探测金属的仪器,除了探测有金属外壳或金属部件的地雷以外,还可以用来探测隐蔽在墙壁内部的电线、埋在地下的水管电缆,甚至能够地下勘探,发现埋藏在地下的金属物体^[1-7]。目前还广泛用于各种大型会议中心、会展场馆、体育场管、公检法、监狱系统及娱乐场所的安全检查和工厂企业的防偷检查,甚至用于对禁带物品的检查。随着航空工业的迅速发展,劫机和危险事件的发生使航空和机场安全逐渐受到重视,于是在机场众多设备中,金属探测门被用来充当排查违禁物品的重要角色。随着人们居住条件的改善,房间装修是必须的,人们都会根据需要对原建的水电路作修改和添加。而这样的埋墙线路或管线是没有图纸和标识的,后期的安装中如果电钻打到电线和水管上时,轻者造成麻烦和损失,重者危及人的安全。利用金属探测器查清位置是必要的。

本文根据电磁感应原理,基于单片机技术设计和实现了一种自动金属探测器。让交流电通过电感线圈,产生迅速变化的磁场,该磁场能在被检测的金属物体内部产生感生涡流。涡流反过来有影响原来的磁场,引发探测器报警^[8-10]。本文主要研究了探测器信号检测、传输和软件识别,以及实现方法。采用的技术包括传感器技术、通讯技术、单片机和C语言编程等。

1 理论分析

金属探测器是采用电磁感应探测金属,如图1所示的半径为R的单匝圆形电感线圈,当其中通过交变电流 $I = I_m \cos \omega t$ 时,线圈周围空间会产生交变磁场D。根据毕奥-萨伐尔定律可计算出线圈中心轴线上一点的磁感应强度B为:

其中 $\mu = \mu_0 \mu_r$, μ 为介质的磁导率, μ_r 为相对磁导率, μ_0 为真空磁导率, $\mu = 1$ 。

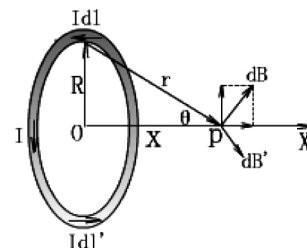


图1 环形载流导线的磁场分布示意图

当线圈有效探测范围内无金属物时, $\mu_r = 1$ (非金属的相对磁导率),线圈中心磁感应强度B保持不变。当线圈有效探测范围内出现铁磁性金属物时,由于铁磁性金属的相对磁导率 $\mu_r > 1$,所以磁感应强度B也会随 μ_r 的增大而增大。当线圈有效探测范围内出现非铁磁性金属物时,由于非铁磁性金属的相对磁导率 $\mu_r < 1$,所以磁感应强度B也会随 μ_r 的减小而减小。由此可见,金属的出现会使介质的磁导率发生变化,从而引起线圈周围的磁感应强度变化。

另一方面,置于该交变磁场中的金属导体内会产生自行闭合的涡电流,涡流要产生附加的磁场,与外磁场方向相反,会削弱线圈磁场的变化。金属的电导率 d 越大,线圈中通过的交变电流的频率 ω 越大,则涡电流强度就越大,对原磁场的抑制作用越强。

通过以上分析可知,当有金属物靠近通电线圈平面附近时,无论是介质磁导率的变化,还是金属的涡流效应均能引起磁感应强度B的变化。基于上述理论,利用传感器来感应金属的出现而引起的线圈磁场变化,并把磁场信号的变化转变成电信号的变化,从而实现单片机的控制。

收稿日期: 2015-12-16

2 系统结构设计

金属探测器的结构如图 2 所示,包括五大部分:线圈振荡、信号放大、脉冲产生、中央处理和外围设置显示模块。

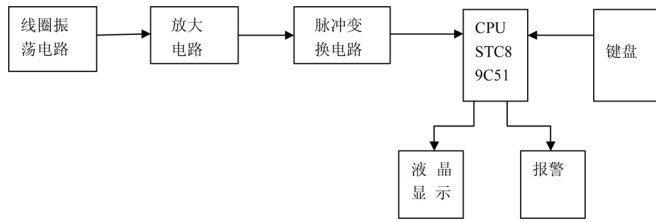


图 2 便携式数字金属探测器硬件框图

线圈振荡电路产生稳定的正弦波,在遇到金属物体时正弦波的频率和幅度会发生变化。振荡部分产生的正弦波经放大后送入脉冲变换电路产生一定频率的脉冲,然后将其送到单片机。单片机进行分析判断后进行报警。外围控制模块的作用是,与前端单片机进行通讯,将获得的信息进行分析、运算、显示,并且通过键盘对前端金属探测的精度进行设置。

3 单元模块设计

在硬件总体框架下完成各功能电路的设计,再将各个部分组合起来实现整体功能。

3.1 振荡电路设计

振荡电路采用电容三点式振荡电路,保证产生稳定振荡的前提下,使频率低于 300KHz,使金属探测器在进行工作时不受广播频段的影响。电路结构如图 3 所示。

谐振回路中电容 C1、C2 和电感 L 的取值分别为 0.22 μ f、0.47 μ f 和 500 μ h。耦合电容选用两个 10 μ f 的独石电容,旁路电容 Cb3 选用 47 μ f 的铝电解电容。共射极反饋放大电路中的晶体管选用放大倍数超过 50 倍的 CS9014。振荡电路的实际频率为 33KHz。

假设将反馈回路断开,同时假如晶体管的基极以 (+) 极性信号,则 BJT 的集电极为 (-) 极性(共射极放大电路的反向放大特性)。由于谐振回路的两个电容的一端同时接地,另一端串一电感,所以两个电容的极性相反,即反馈端的为 (+) 极性,因此满足相位平衡条件。电路中晶体管的放大倍数比较大且 C1 和 C2 的比值小于 0.5,都有利于起振。由于反馈电压是从电容两端去出的,对高次谐波的阻抗小,因此可将高次谐波滤除,所以输出的波形好。电容三点式振荡电路的频率为:

$$(2)$$

当遇见金属时电感 L1 的 Q 值将发生变化。电感增加时谐振频率减小,电感减小时谐振频率增加。电路的谐振频率同时也影响着检测金属的精度,当谐振频率高时线圈产生磁场的变化率也就越高,根据电磁感应原理在金属内部产生的涡流就越大,同是涡流产生磁场对原磁场的影响也就越大。

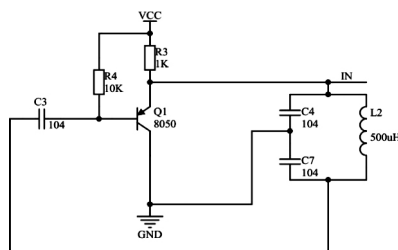


图 3 电容三点式振荡电路原理图

3.2 放大电路和脉冲变换电路

放大电路和脉冲产生电路产生一定频率的脉冲供单片机进行处理,电路如图 4 所示。从振荡回路传过来的正弦波信号经过电压跟随器传送到差分放大电路针对其交流信号进行放大,放大后产生的电压信号送给 TTL 门电路对其进行整形以产生规则的脉冲波送入单片机。电压跟随器和差分运放均选用 LM358。将集成运放的输出端和它的反向输入端相连就构成了电压跟随器。

放大部分的作用是对正弦交流信号进行无穷放大,LM358 的反向端接受电压跟随器穿过来的电压信号,同向端和反向端接一 5K 的分压电阻,给与同向端并联的电阻并联一个 10 μ f 的电解电容的目的是为了使同向端保持一个稳定的直流分压,这样送往集成运放的差分电压信号就只是交流信号,在交流信号进行无穷倍的放大,最终产生频率与正弦波频率相同的梯形波。

门电路选用的是 74LS08(与门),用史密特触发器替换也可以,它对输入的梯形波进行逻辑运算在以 TTL 电平出运算结果,因此可以将梯形波转换成适合于单片机进行处理的脉冲波。

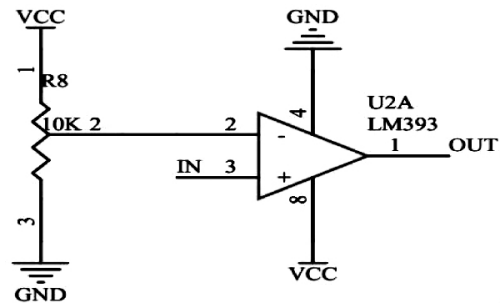


图 4 放大与脉冲转换电路

正弦波经过放大模块后变为梯形波,梯形波经过 74LS08(与门),最后变换为标准的方波,如图 5 所示。

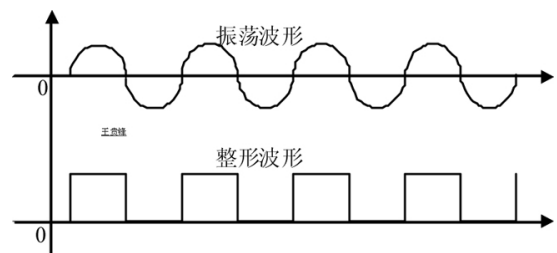


图 5 波形转换

3.3 单片机系统模块设计

单片机处理系统如图 6 所示,将频率探测、报警和通讯几个模块程序组合起来烧写进去,按设定的步骤执行。

(1) 复位电路

REST 引脚一旦变成两个周期以上高电平所有的 I/O 口都将复位到“1”状态,编程地址计数器复位到 000H,针对这一特点在按钮两端并联一 10 μ f 的电解电容,正极接电源,这样在按钮按下又释放后由于电容的充电可以在电阻两端维持至少两个时钟周期以上的高电平。

(2) 蜂鸣器

在给蜂鸣器的正极和负极分别通上高电平和低电平时蜂鸣器就会发声,因此你可以通过给蜂鸣器不同频率的电平来使它发出不同的声音。

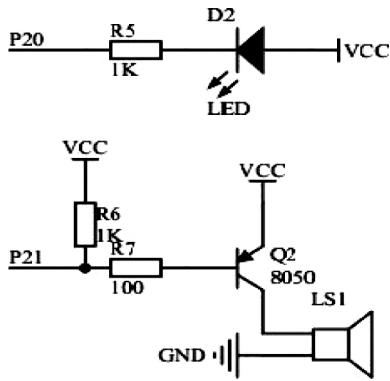


图6 单片机处理模块原理图

(3) 单片机

单片机选用 AT89C2051 高性能 CMOS 8 位单片机, 内含 2K 的可反复擦写的 FLASH 只读存储器和 128B 的随机存储器^[11-13]。由于金属探测器包括前端金属探测部分和后台数据处理和显示两个部分, 因此在前端只需要一个容量不大的单片机进行振荡频率的测量、报警和通信。2K 的 AT89C2051 足以满足需求。2051 的“1”号计数器记录由 LS08 发送过来的脉冲信号, 联合“0”号计数器来检测振荡电路的频率。再根据频率的变化激活相应的发光二极管和蜂鸣器进行报警。

4 软件结构设计

4.1 前端程序结构设计

图7是前端软件结构图, 前端软件的主要作用是频率测定、声光报警和通讯。它分析判断前面功能电路传过来的频率信号对它进行分析判断最后决定是否发出检测到金属的警报。

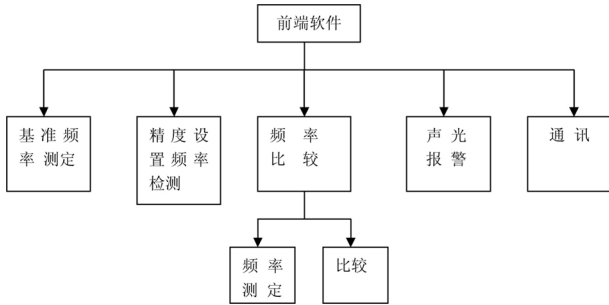


图7 前端软件结构图

4.2 外围数据处理与显示程序结构设计

外围模块借助于 PC 机的强大资源或内置有大容量编程存储器的单片机进行数据分析与处理, 从而加强和拓展金属探测器的功能。引入了另一中金属探测的模式, 探测小车将探测到的信息通过无线模块即时的反馈给处理系统。外围数据处理与显示模块的软件结构如图8所示。

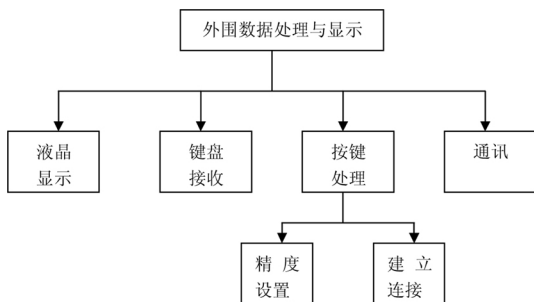


图8 外围数据处理与显示软件结构图

5 结论

设计的电路中探测信号的产生采用 LC 三点式振荡产生正弦波, 经放大、滤波、整形产生所需信号。使得系统的探测信号有良好的抗干扰性。完成了硬件部分的设计和实现, 包括 LC 振荡器、放大器、滤波器、中断计时、单片机电路、输出电路(报警或显示)等。完成了软件设计和程序编制, 实现了金属探测器的测量功能、动态显示检测结果和数据输出功能。对系统功能进行联合调试与功能测试。在程序中设定频率变化范围。如果当前的振荡频率高出基准频率某个值, 那么就驱动蜂鸣器进行报警, 该值设置的越大则探测的精度越小, 用户课通过该方法来改变探测精度, 在键盘上设定频率变化范围。实验表明探测器具有稳定可靠的性能, 适于野外、户内和特殊场所的应用。

参考文献

- [1] 范丽珍, 李树华. 基于单片机的智能型金属探测器设计[J]. 内蒙古大学学报自然科学版, 2006.
- [2] 刘慧娟, 张奕黄. 一种数字金属探测器的设计[J]. 北京交通大学仪器仪表学报, 2004. 8.
- [3] 张学勇, 赵群, 李义宝, 唐震. 一种金属探测器的设计[J]. 安徽建筑工业学院学报, 2007. 6.
- [4] 司德平. 漫谈金属探测器[J]. 物理通报, 2006. 4.
- [5] 叶青译. 金属探测器[J]. 国外传感器技术, 2002, 12(6): 222-224.
- [6] 刘慧娟. 一种新型智能金属探测器[J]. 北方交通大学学报, 2001, 25(1): 95-99.
- [7] 刘国亭, 余晋岳. 金属探测器的原理与应用[J]. 电子技术, 1984, 10(2): 25-29.
- [8] 李金平, 沈明山, 姜余祥. 电子系统设计[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007. 8.
- [9] 张庆双. 电子元器件的选用与检测[M]. 机械工业出版社, 2005. 1.
- [10] 李琼瑞. 国外最新应用电路设计精选[M]. 电子工业出版社, 2005. 6.
- [11] 胡辉. 单片机原理及应用设计[M]. 中国水利水电出版社, 2005. 7.
- [12] 秦实宏, 周龙, 肖忠. 单片机原理与应用技术[M]. 中国水利水电出版社, 2005. 9.
- [13] 胡学海. 单片机原理及应用系统设计[M]. 电子工业出版社, 2005. 8.