

陶瓷学院科技艺术学院

本科生毕业设计（论文）

中文题目：_____基于单片机的金属探测器的设计_____

英文题目：DESIGN OF METAL DETECTOR BASED ON SINGLE
CHIP MICROCOMPUTER_____

院 系：_____科技艺术学院工程系_____

专 业：_____自动化_____

姓 名：_____王蓉_____

学 号：_____201030455125_____

指导教师：_____张玲_____

完成时间：_____2014-05-24_____

摘 要

本课题主要设计的是一种基于 AT89S52 单片机控制的智能型金属探测器重点研究了它的硬件组成、软件设计、工作原理及主要功能。该金属探测器 AT89S52 单片机为核心，采用线性霍尔元件 UGN3503 作为传感器，来感应金属涡流效应引起的通电线圈磁场的变化，并将磁场变化转化为电压的变化，单片机测得电压值，并与设定的电压基准值相比较后，决定是否探测到金属。系统软件采用汇编语言编写。在软件设计中，采用了数字滤波技术消除干扰，提高了探测器的抗干扰能力，确保了系统的准确性。

关键字： 单片机 金属探测器 线性霍尔元件

ABSTRACT

This paper describes the composition of hardware and software, working principles and the functions of an intelligent metal detector which mainly consists of AT89S52 Single Chip Microcomputer and linear Hall-Effect Sensor. The equipment adopts UGN3503U linear hall-effect sensor as probe to detect the field change of the centre of a search coil resulted from eddy current effect and turn this magnetic field change into voltage change. The SCM measures the peak value of voltage and compares it with reference voltage. Then determine whether detect metal or not. In case of detection of a metallic mass, the Metal Detector provides an acoustical and optical alarm. The systems software adopts the assembler language to be written. Inside the software, the digital filter technology is utilized to eliminate the jamming. So the stability of system and the measuring veracity are improved.

KEY WORDS: Single-Chip Microcomputer, metal detector, linear hall-effect sensor.

目录

1. 绪论（引言）	1
2. 金属探测器的理论根据	3
2.1. 电磁感应	3
2.2. 霍尔效应	4
2.3. 涡流效应	4
2.4 . 判断物为金属的条件	5
3. 硬件系统的总体设计与分析	7
3.1 . 系统组成	7
3.2. 系统工作原理	8
3.3 . 系统组成框图	9
4. 硬件电路设计	10
4.1. 线圈振荡电路设计	10
4.2. 采集电路设计	10
4.3 . A/D 转换电路设计	17
4.4. 单片机最小系统设计	21
4.5. 键盘电路	25
4.6. 显示报警部分	26
4.7. 供电电源电路	27
5. 系统软件设计	29
5.1. 主程序流程图	30
5.2. 软件设计思想	32
5.3 . 数字滤波程序设计	32
5.4 . 数字滤波及算法说明	34
5.5 . 键盘控制程序设计	34
5.6. 显示与报警程序设计	36
6. 结 论	37
7. 经济分析报告	38
致谢	39
参考文献	40
附录（电路原理图）	41

1. 绪论（引言）

随着社会的发展金属探测器已经成为一种重要的检查设备，广泛地被应用到社会生活和工业生产当中。全球第一台金属探测器诞生于1960年，步入工业时代最初的金属探测器也主要应用于工矿业，是检查矿产纯度、提高效益的得力帮手。随着社会的发展，犯罪案件的上升，1970年金属探测器被引入一个新的应用领域——安全检查，也就是今天所使用的金属探测门雏形，金属探测器的出现意味着人类对安全的认知已步入一个新纪元。金属探测器是一中专门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，甚至能够地下探宝，发现埋藏在地下的金属物体。目前还广泛用于各种大型会议中心、汇展场管、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，甚至用于对高考禁带物品的检查。

金属探测器按其功能和市场应用的不同可分为以下几种：通道式金属探测器（简称安检门）、手持式金属探测器、便携式金属探测器、台式金属探测器、工业用金属探测器和水下金属探测器。

然而近几年来恐怖主义的频繁活动社会治安因数使人们生活带来了烦恼，人们对日常出行的安全越来越关心，如：娱乐场所，休闲场所，公共场所等。公共娱乐场所的治安问题历来是社会各界关注的焦点，也是治安管理工作难点。据统计，每年娱乐场所恶性打架斗殴事件和刑事案件发案率占60%以上，其作案凶器均是消费者随身带入娱乐场所。然而，此时简单的通道式金属探测门已不能完全满足安检的要求，安保人员需要的是一种能准确判定金属物品藏匿位置的安检产品。于是多区位金属探测技术孕育而生，多区位金属探测器的诞生是金属探测器发展历史上的又一次变革，原来单一的磁场分布变成了现在相互叠和而又相对独立的多个磁场，再根据人体工程学原理把门体分为多个区段使之与人体相对应，相应的区段在金属探测门上形成相对的区域，这样金属探测门便拥有了报警定位功能。由此可见，当今社会金属探测器对社会生活，生产，人身安全已经有了极其重要的作用。但是要准确定位金属物品准确的所在位置，对金属探测器的精度有比较高的要求。国外已经有较成熟的产品（比如 EIPaso、CeiaUSA、Ranger&Metoerx 厂家都有类似产品），但是价格通常都非常昂贵；国内也有利用

模拟电路来检测和控制的比较传统一点的金属探测器，缺点是电路比较复杂，探测灵敏度也不高，而且整个系统不稳定很受环境因素如温度、湿度、电焊等干扰很大。正是基于这样的原因设计出一个基于单片机控制的智能型金属探测器，灵敏度方面传感器采用了灵敏度极高的线性霍尔元件，能检测金属出现时探测线圈周围磁场的变化，这样可以大大的提高检测的精度；数据处理方面采用的是 AT89S52 单片机作为控制单元，用其来处理检测结果，能有效地保证检测效果；还采用了软件滤波的方法而不是已往的模拟电路滤波，这很大程度上提高了整套系统的可靠性、灵敏度和稳定性。这样就可以适用于检测各种邮件、包裹包括人体携带的各种金属物品，尤其适用于海关、机场、车站等公共场所进出口的安全检查。还可以用来探测土壤中的物品（如地雷）。

40 多年过去了，金属探测器经历了几代探测技术的变革，从最初的信号模拟技术到连续波技术直到今天所使用的数字脉冲技术，金属探测器简单的磁场切割原理被引入多种科技成果。无论是灵敏度、分辨率、探测精确度还是工作性能上都有了质的飞跃。应用领域也随着产品质量的提高延伸到了多个行业。现如今各行各业都加强了保安工作的部署，正是受此影响金属探测器的应用领域也成功地渗透到其他行业。

金属探测器的工作原理简单的讲就是利用电磁感应原理，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，引发探测器发声。

2. 金属探测器的理论根据

金属探测器是采用线圈的电磁感应原理来探测金属的。根据电磁感应原理，当有金属物靠近通电线圈平面附近时，将发生线圈介质条件的变化和涡流效应两个现象。

2.1. 电磁感应

1820 年 H.C 奥斯特发现电流磁效应后，许多物理学家便试图寻找它的逆效应，电，磁能否对点作用的问题，1822 年 D.F.J. 阿喇戈 A. von 洪堡在测量地磁强度时，偶然发现金属对附近磁针的振荡有阻尼作用。1824 年，阿喇戈根据这个现象做了铜盘实验，发现转动的铜盘会带动上方自由悬挂的磁针旋转，但磁针的旋转与铜盘不同步，稍滞后。电磁阻尼和电磁驱动是最早发现的电磁感应现象，但由于没有直接表现为感应电流，当时未能予以说明。1831 年 8 月，M. 法拉第在软铁环两侧分别绕两个线圈，其一为闭合回路，在导线下端附近平行放置一磁针，另一与电池组相连，接开关，形成有电源的闭合回路。实验发现，合上开关，磁针偏转；切断开关，磁针反向偏转，这表明在无电池组的线圈中出现了感应电流。法拉第立即意识到，这是一种非恒定的暂态效应。紧接着做了几十个实验，把产生感应电流的情形概括为 5 类：变化的电流，变化的磁场，运动的恒定电流，运动的磁铁，在磁场中运动的导体，并把这些现象正式定名为电磁感应。进而，法拉第发现，在相同条件下不同金属导体回路中产生的感应电流与导体的导电能力成正比，由此认识到，感应电流是由与导体性质无关的感应电动势产生的，即使没有回路没有感应电流，感应电动势依然存在。后来，给出了确定感应电流方向的楞次定律以及描述电磁感应定量规律的法拉第电磁感应定律。并按产生原因的不同，把感应电动势分为动生电动势和感生电动势两种，前者起源于洛伦兹力，后者起源于变化磁场产生的有旋电场。

电磁感应现象是指放在变化磁通量中的导体，会产生电动势。此电动势称为感应电动势或感生电动势，若将此导体闭合成一回路，则该电动势会驱使电子流动，形成感应电流（感生电流）。

2.2. 霍尔效应

霍尔效应是电磁效应的一种，这一现象是美国物理学家霍尔(A. H. Hall, 1855—1938)于 1879 年在读研究生期间在做研究载流子导体在磁场中受力作用实验时发现的。霍尔效应的本质是：固体材料中的载流子再外加磁场中运动时，因为受到洛伦磁力的作用而使轨迹发生偏移并在材料两侧产生电荷累积，形成垂直于电流方向的电场，最终使载流子受到的洛伦磁力与电场斥力相平衡，从而在两侧建立起一个稳定的电势差即霍尔电压。正交电场和电流强度与磁场强度的乘积之比就是霍尔系数。平行电场和电流强度之比就是电阻率。大量的研究揭示：参加材料到店过程的不仅有带负电的电子，还有带正电的空穴。

霍尔元件的特点和分类：结构牢固，体积小，重量轻，寿命长，安装方便，功耗小，频率高（可达 1MHZ），耐震动，不怕灰尘，油污，水汽及盐雾等的污染或腐蚀，调试方便等。霍尔元件和永久磁体都能在很宽的温度范围（ $-40^{\circ}\text{C} \sim 150^{\circ}\text{C}$ ）、很强的振动冲击条件下工作，且磁场不受一般介质的阻隔。另外变换器组件能够和相关的信号处理电路集成到同一片硅片上，体积小，成本低，且具有较好的抗电磁干扰性能。霍尔元件的分类。按照霍尔元件的结构可分为：一维霍尔元件、二维霍尔元件和三维霍尔元件。一维霍尔元件又被称为单轴霍尔元件，其主要参数是灵敏度、工作温度和频率响应。运用此类器件时，就可将与适当的小磁钢一起运动的物体的位置、位移、速度、角度等信息以电信号的形式传感出来，达到了自动测量与控制的目的。二维霍尔元件的结构是二维平面，也被称为平面霍尔元件；三维霍尔元件通常被称为非平面霍尔元件。霍尔元件按功能可分为：线形元件、开关、锁存器和专用传感器。

2.3. 涡流效应

在一根导体外面绕上线圈，并让线圈通入交变电流，那么线圈就产生交变磁场。由于线圈中间的导体在圆周方向是可以等效成一圈圈的闭合电路，闭合电路中的磁通量在不断发生改变，所以在导体的圆周方向会产生感应电动势和感应电流，电流的方向沿导体的圆周方向转圈，就像一圈圈的漩涡，所以这种在整块导体内部发生电磁感应而产生感应电流的现象称为涡流现象。

涡流产生原因：当线圈中的电流随时间变化时，由于电磁感应，附近的另一

个线圈中会产生感应电流。实际上这个线圈附近的任何导体中都会产生感应电流。如果用图表示这样的感应电流，看起来就象水中的旋涡，所以我们把它叫做涡电流。

电磁感应作用在导体内部感生的电流。又称为傅科电流。导体在磁场中运动，或者导体静止但有着随时间变化的磁场，或者两种情况同时出现，都可以造成磁力线与导体的相对切割。按照电磁感应定律，在导体中就产生感应电动势，从而驱动电流。这样引起的电流在导体中的分布随着导体的表面形状和磁通的分布而不同，其路径往往有如水中的漩涡，因此称为涡流。

2.4 . 判断物为金属的条件

金属探测器是采用线圈的电磁感应原理来探测金属的. 根据电磁感应原理，当有金属靠近通电线圈平面附近时，将发生如下现象和效应：

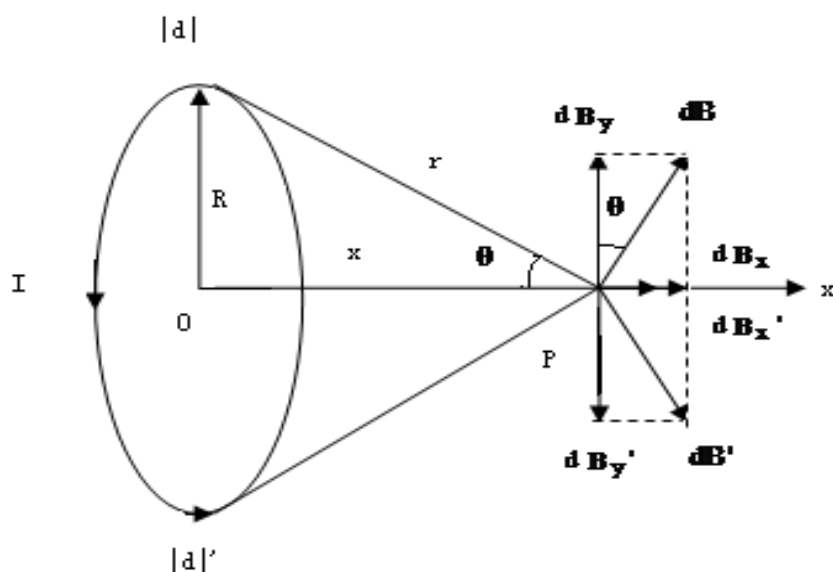


图 2-1 金属在线圈中对线圈磁场的变化

(The change of magnetic field in the coil of the metal)

当金属物接近通电线圈时，将使通电线圈周围的磁场发生变化如图 2-1，对于半径为 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，线圈周围空间产生交变磁场，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：

$$\mathbf{B} = \oint \mathbf{B}_x = \oint \mathbf{B} \sin \theta = \int_0^{2\pi R} \frac{\mu \mathbf{I}}{4\pi r^2} \frac{R}{r} dl = \frac{\mu \mathbf{I} R^2}{2 r^3} =$$

$$\frac{\mu \mathbf{I} R^2}{2(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} = \frac{\mu_0 \mu_r R^2}{2(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} I_m \cos \omega t$$

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。

对于紧密缠绕N匝的线圈，线圈中心轴线上一点的磁感应强度则为：

$$B = \frac{N \mu_0 \mu_r R^2 I_m}{2(x^2 + R^2)^{\frac{3}{2}}} \cos \omega t$$

由公式上式可知，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， μ_r 会变大，B随 μ_r 也会变大。

根据电磁理论，当金属物体被置于变化的磁场中时，金属导体内就会产生自行闭合的感应电流，这就是金属的涡流效应。涡流要产生附加的磁场，与外磁场方向相反，削弱外磁场的变化。据此，将一交流正弦信号接入绕在骨架上的空心线圈上，流过线圈的电流会在周围产生交变磁场，当将金属靠近线圈时，金属产生的涡流磁场的去磁作用会削弱线圈磁场的变化。金属的电导率 σ 越大，交变电流的频率越大，则涡电流强度越大，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。对于非铁磁性的金属[包括抗磁体(如:金、银、铜、铅、锌等)和顺磁体(如锰、铬、钦等) $\mu_r \approx 1$ ， σ 较大，可以认为是导电不导磁的物质，主要产生涡流效应，磁效应可忽略不计；对于铁磁性金属（如：铁、钴、镍） μ_r 很大， σ 也较大，可认为是既可导电又导磁的物质，主要产生磁效应，同时又有涡流效应。

本设计正是基于这样的理论，来寻找一种适合的传感器来感应线圈的磁场变化，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。正是本着这样一个设计思路来构建系统的硬件电路。

3. 硬件系统的总体设计与分析

3.1 . 系统组成

整个探测系统以 8 位单片机 AT89S52 作为控制核心, 其硬件电路分为两个部分, 一部分为线圈振荡电路, 包括: 多谐振荡电路、放大电路和探测线圈; 另一部分为控制电路。

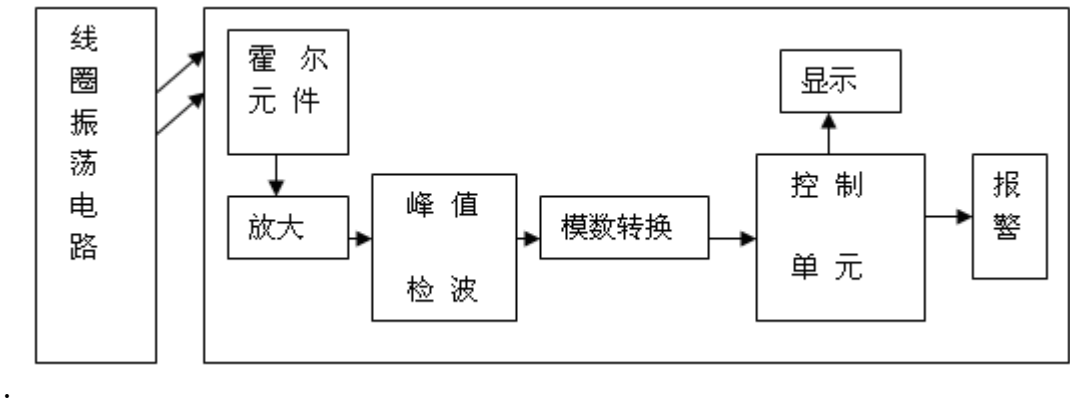


图 3-1 系统结构块图

(The system structure block diagram)

3.1.1. 线圈振荡电路

这一部分是金属探测的基础, 金属探测器的原理是: 当金属物体置于变化的磁场当中时, 金属内部就会产生涡流, 而涡流所产生的磁场又会影响原磁场。高频振荡部分的任务首先就是产生变化的磁场, 往往由 LC 振荡电路组成。其次, 在遇见金属后由于金属内部涡流的存在, 产生的磁场会影响原有磁场, 使原有振荡电路的振幅和周期都发生改变。这种改变经转换后送入单片机, 单片机中有相应的程序对其进行分析判断。

3.1.2. 霍尔元件

霍尔元件是一种基于霍尔效应的磁传感器。用其可以检测磁场及其变化, 可在各种与磁场有关的场合中使用。并将感应到的磁场的变化的信号转化位电压的变化的信号。

3.1.3 . 放大电路与峰值检波电路

霍尔元件采集到的电压信号是一个毫伏级的信号, 信号十分微弱, 所以, 在对其进行处理前, 首先要进行放大得到一个不失真的波形图使其更直观便于观

察。

3.1.4. A/D 模数转换器

由于采集到的信息是连续变化的模拟量，不能被单片机直接处理，所以，必须把这些模拟量转换成数字量后才能够输入到单片机中进行处理，这里选用了经济实用的 ADC0809 型 A/D 转换器来完成模数转换。

3.1.5. 控制元件

主要是对 A/D 模数转换器中的数字信号进行处理与分析对检测到的电压与默认电压进行比较然后得出结论进而判断检测物件是否为金属，这一部分处理能力的强弱影响这整个系统的性能。

3.1.6. 显示电路

便于操作者观察与了解单片机中的数据处理当发现是金属是显示在发光二极管的LED的显示器上。作为与外部进行沟通的桥梁，可以将金属探测的信息发送给外围模块供进行进一步的处理，同时也接收外围模块传送过来的控制信号，如对金属探测的精度或其他方面进行设置。

3.1.7. 报警系统

为了方便提醒操作人员一些情况的变化当检测物品为金属是报警系统就会发出报警。

3.2. 系统工作原理

在工作过程中，由 555 定时器构成的多谐振荡器产生一个频率为 24KHz 的脉冲信号经过缓冲和放大之后，形成频率稳定度高、功率较大的脉冲信号输入到探测线圈中，通电的线圈周围就会产生磁场，此时，固定在线圈 L_1 中心的霍尔元件 UGN3503U 就会感应到线圈周围的磁场，并将磁场强度信号线性地转变成电压信号。

在无金属的情况下，假设霍尔输出电压为 μ_0 ，该电压信号 μ_0 很微弱，属 mV 即信号， μ_0 经过放大电路放大，再通过峰值检波电路，得到响应的 0V~5V 的峰值输出电压 U_0 ，以满足 ADC0809 的量程，经 A/D 转换后，将 U_0 的数字量输入到单片机储存起来。此后，以该电压信号作为基准电压，与 A/D 转换器采集到

的电压信号进行比较判断。

当探测线圈 L_1 靠近金属物体时，由于电磁感应现象，会使探测电感值发生变化，从而使其周围的磁场发生变化，霍尔元件感应到该变化的磁场，并将其线性地转变成电压信号 μ_x ，该变化的电压经过放大电路、峰值检波电路后，得到响应的 $0V \sim 5V$ 的峰值输出电压 U_x ，然后经 A/D 转换后，输入到 CPU，由 CPU 完成 U_x 与基准电压 U_0 的比较，二者比较 $|U_x - U_0|$ 得到一个差值，此差值与预设的灵敏度 ΔU 再做比较。当然， ΔU 大小的设定决定着系统精度的高低。若 $|U_x - U_0| > \Delta U$ ，就确定为探测金属，CPU 输出口 P1.0 输出信号驱动发光二极管发光报警，同时 P1.6 控制蜂鸣器发出声响，进行声音报警。

3.3 . 系统组成框图

硬件电路设计是进行软件设计的基础，是整个金属探测器中最位重要的部分。它设计的好坏决定着系统的稳定性和可扩展性。硬件控制电路包括两个部分，一部分线圈振荡电路, 包括: 多谐振荡电路、放大电路和探测线圈; 另一部分控制电路包括: U₁ GN3503 型线性霍尔元件、可编程放大电路、峰值检波电路、模数转换器、AT89S52 单片机、LED 显示电路、声音报警电路及电源电路等。

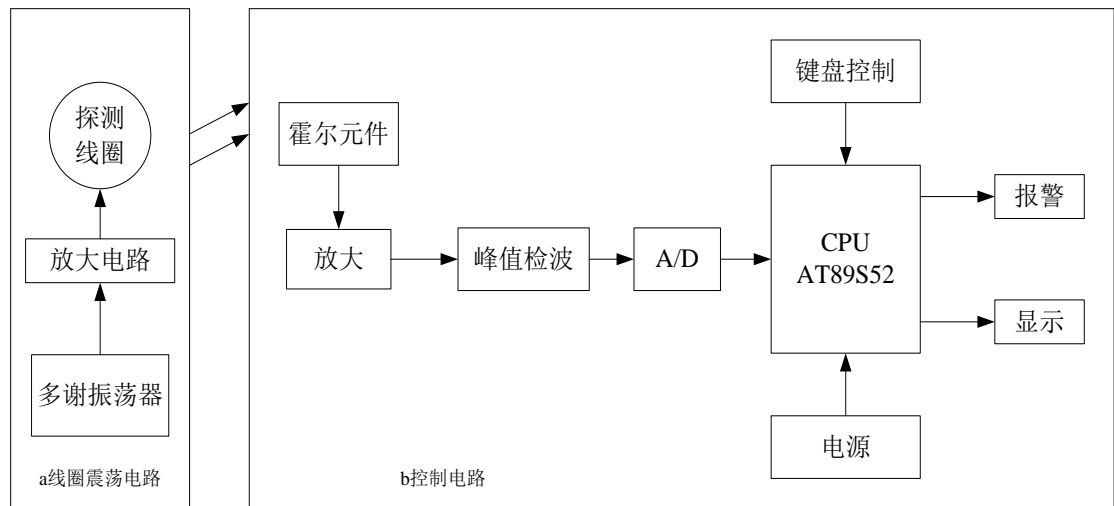


图 3-2 系统结构框图

(The system structure block diagram)

4. 硬件电路设计

4.1. 线圈振荡电路设计

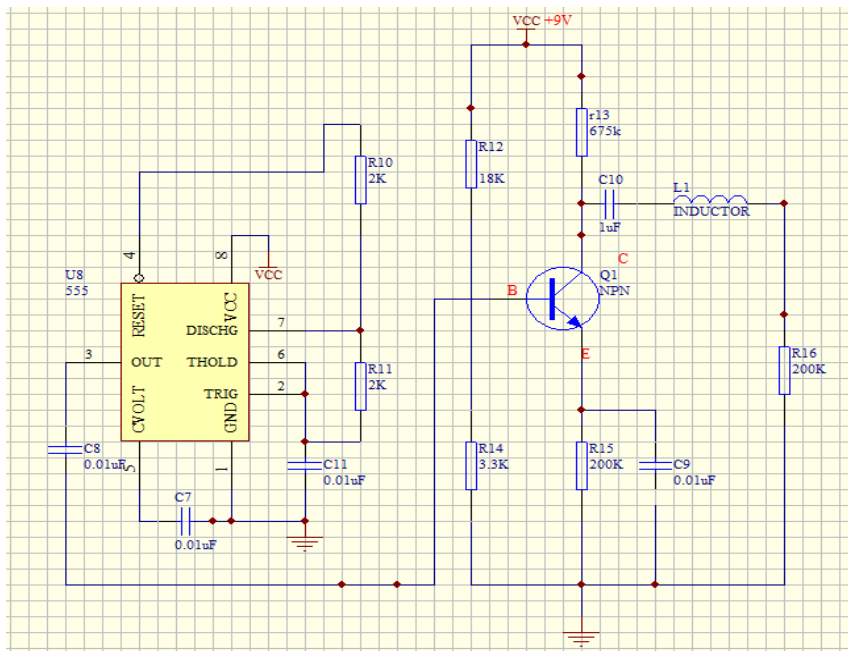


图 4-1 线圈振荡电路原理图

(Coil oscillation circuit principle diagram)

工作过程中，由 555 定时器构成一个多谐振荡器，产生一频率为 24KHz、占空比为 2/3 的脉冲信号。振荡器的频率计算公式为：

$$f = \frac{1}{(R_{10} + 2R_{11})C_{11} \ln 2}$$

图示参数对应的频率为 24KHz，选择 24KHz 的超长波频率是为了减弱障碍物对电磁波的影响。从多谐振荡器输出的正脉冲信号经过电容 C_8 输入到 Q_1 的基极 (Q_1 为 $\beta \geq 125$ 的 9013H)，使其导通，经 Q_1 放大之后，就形成了频率稳定度高、功率较大的脉冲信号输入到探测线圈 L_1 中，在线圈内产生瞬间较强的电流，从而使线圈周围产生恒定的交变磁场。由于在脉冲信号作用下， Q_1 处于开关工作状态，而导通时间又非常短，所以非常省电。可以利用 9V 电池供电。

4.2. 采集电路设计

4.2.1. LM324 四运放电路介绍

LM324 是四运放集成电路，它采用 14 脚双列直插塑料封装，外形如图 4-2 所示。内部包含四组形式完全相同的运算放大器，除电源共用外，四组运放相互独立。

每一组运算放大器可用图 4-2 所示的符号来表示，它有 5 个引出脚，其中“+”、“-”为两个信号输入端，“V+”、“V-”为正、负电源端，“Vo”为输出端。两个信号输入端中，Vi-（-）为反相输入端，表示运放输出端 Vo 的信号与该输入端的相位相反；Vi+（+）为同相输入端，表示运放输出端 Vo 的信号与该输入端的相位相同。LM324 的引脚排列见图 4-3。

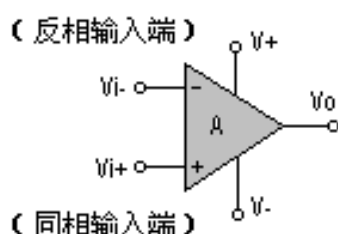


图 4-2 插塑料封装图

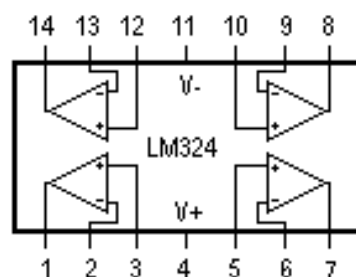


图 4-3 引脚排列图

由于 LM324 四运放电路具有电源电压范围宽，静态功耗小，可单电源使用，价格低廉等优点，因此被广泛应用在各种电路中。其中包过：反相交流放大器，同相交流放大器，交流信号三分配，放大器，有源带通滤波器，比较器，单稳态触发器。这些都是 LM324 比较常见的应用。

4.2.2 . 传感器

接近开关是一种无需与运动部件进行机械直接接触而可以操作的位置开关，当物体接近开关的感应面到动作距离时，不需要机械接触及施加任何压力即可使开关动作，从而驱动直流电器或给计算机（plc）装置提供控制指令。接近开关是种开关型传感器（即无触点开关），它既有行程开关、微动开关的特性，同时具有传感性能，且动作可靠，性能稳定，频率响应快，应用寿命长，抗干扰能力强等、并具有防水、防震、耐腐蚀等特点。产品有电感式、电容式、霍尔式、交、直流型。接近开关又称无触点接近开关，是理想的电子开关量传感器。当金属检测体接近开关的感应区域，开关就能无接触，无压力、无火花、迅速发出电气指令，准确反应出运动机构的位置和行程，即使用于一般的行程控制，其定位精

度、操作频率、使用寿命、安装调整的方便性和对恶劣环境的适用能力，是一般机械式行程开关所不能相比的。广泛地应用于机床、冶金、化工、轻纺和印刷等行业。在自动控制系统中可作为限位、计数、定位控制和自动保护环节等。对于不同的材质的检测体和不同的检测距离，应选用不同类型的接触开关。电感式接近开关：检测物体为金属（如：铁、钢、铜等）；

电容式接近开关：检测物体为任何物体（如：玻璃、金属、塑料、水、油、纸等）；

霍尔式接近开关：检测物体为磁性金属（如：永久性磁铁）；

漫反射型光电开关：检测物体为任何物体（透明和不透明物体），如：桌子、墙壁、透明玻璃、金属板等；

反馈反射型光电开关：检测物体（借助反射板）为不透明物体，如：塑料、金属板等；

透过型和槽型光电开关：检测物体为不透明物体，如：塑料、金属板等。

根据本文的需求我们主要用的是霍尔式接近开关是接近开关的一种，接近开关是传感器家族中众多种类中的一个，它是利用电磁工作原理，用先进的工艺制成的，是一种位置传感器。它通过传感器与物体之间的位置关系变化，将非电量或电磁量转化为所希望的电信号，从而达到控制或测量的目的。

4.2.3. 霍尔传感器

霍尔传感器是根据霍尔效应制作的一种磁场传感器。霍尔效应是磁电效应的一种，这一现象是霍尔（A. H. Hall, 1855—1938）于 1879 年在研究金属的导电机构时发现的。后来发现半导体、导电流体等也有这种效应，而半导体的霍尔效应比金属强得多，利用这现象制成的各种霍尔元件，广泛地应用于工业自动化技术、检测技术及信息处理等方面。霍尔效应是研究半导体材料性能的基本方法。通过霍尔效应实验测定的霍尔系数，能够判断半导体材料的导电类型、载流子浓度及载流子迁移率等重要参数。根据霍尔效应，人们用半导体材料制成的元件叫霍尔元件。具有对磁场敏感、结构简单、体积小、频率响应宽、输出电压变化大和使用寿命长等优点，因此，在测量、自动化、计算机和信息技术等领域得到广泛的应用。

霍尔传感器分为线型霍尔传感器和开关型霍尔传感器两种。

（一）开关型霍尔传感器由稳压器、霍尔元件、差分放大器，斯密特触发器和输出级组成，其输出数字量。开关型霍尔传感器还有一种特殊的形式，称为锁键型霍尔传感器。

（二）线性型霍尔传感器由霍尔元件、线性放大器和射极跟随器组成，其输出模拟量。

线性霍尔传感器又可分为开环式和闭环式。闭环式霍尔传感器又称零磁通霍尔传感器。线性霍尔传感器主要用于交直流电流和电压测量。接近开关和光电开关是一种具有开关量输出的位置传感器。接近开关分电感式、电容式、霍尔式三种；光电开关分为漫反射型、反馈反射型、透过型、槽型。产品具有寿命长、抗干扰能力强、复位精度高、输出形式多、防水防震、耐腐蚀等特点，与微机联网，也可直接驱动继电器、计数器及接触器达到自动控制的目的，完全取代形成开关。根据霍尔元件的不同本课题设计主要用的是线性霍尔元件下面介绍线性霍尔元件。

4.2.4 .线性霍尔传感器

在电路设计中，选用了美国 ALELGR0 公司生产的 UGN3503U 线性霍尔传感器，来检测通电线圈 L_1 周围的磁场变化。UGN3503U 线性霍尔传感器的主要功能是将感应到的磁场强度信号线性地转变为电压信号。它的功能框图和输出特性示于图 4-4 和图 4-5。

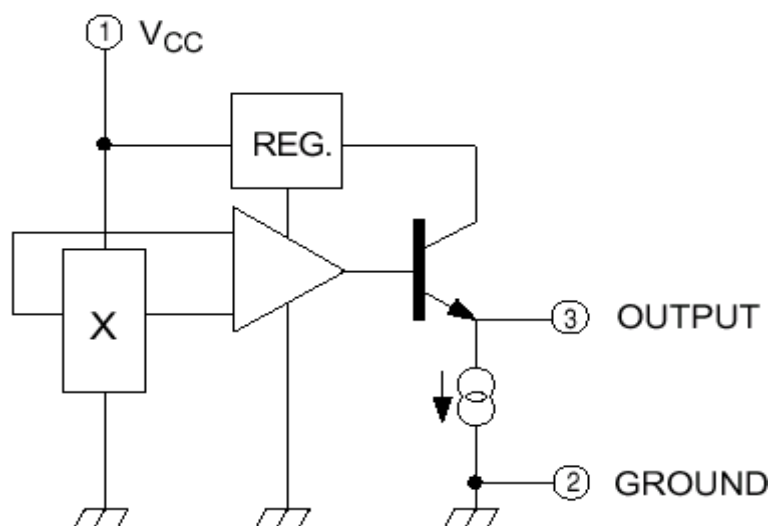


图 4-4 UGN3503 的功能框图

(Functional block diagram of the UGN3503)

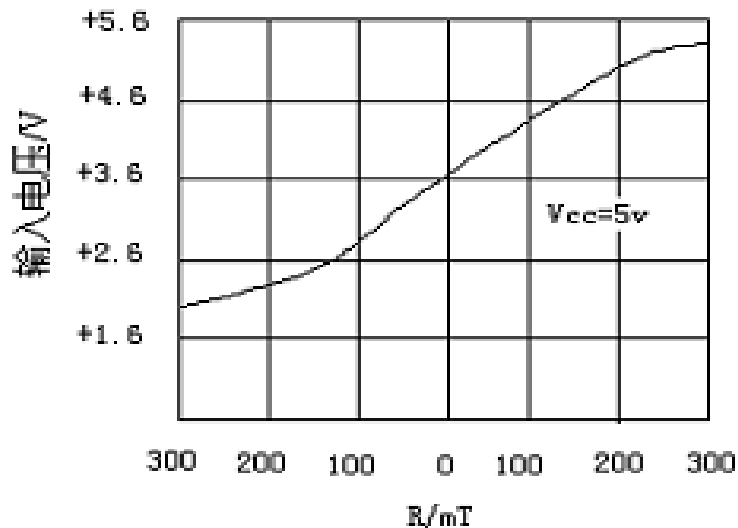


图 4-5 UGN350 的磁电转换特性曲线
(UGN350 magnetoelectric conversion characteristic curve)

霍尔元件是依据霍尔效应制成的器件。如图 4-6 所示

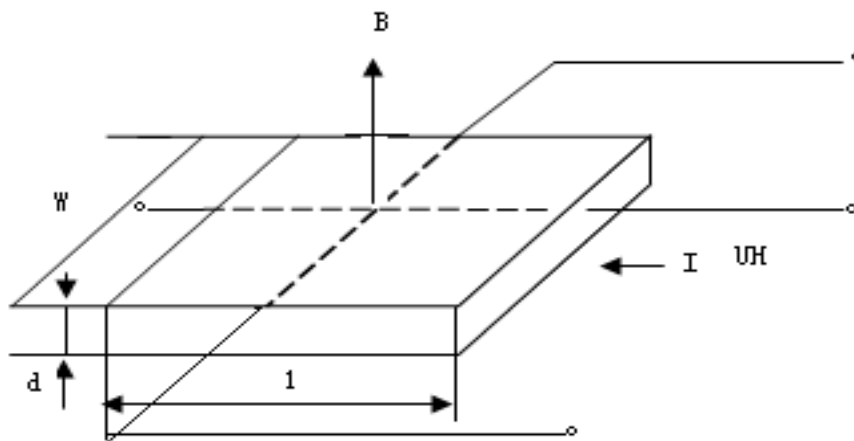


图 4-6 霍尔效应原理图
(Fig. principle of Holzer effect)

在一块半导体薄片上两端通以电流 I , 并加上和片子表面垂直的磁场 B , 在薄片的横向两侧会出现一个电压, 如图 4-6 中的 U_H , 这种现象就是霍尔效应。这种现象的产生, 是因为通电半导体片中的载流子在磁场产生的洛伦兹力的作用下, 分别向片子横向两侧偏转和积聚, 因而形成一个电场, 称作霍尔电场。霍尔电场产生的电场力和洛伦兹力相反, 其阻碍载流子继续堆积, 直到霍尔电场力和洛伦兹力相等。这时, 片子两侧建立起一个稳定的电压, 这就是霍尔电压 U_H 。霍

尔电压 U_H 可用下式表示：

$$U_H = R_H IB / d \quad (V)$$

式中 R_H ——霍尔常数 ($m^3 C^{-1}$)； I ——电流 (A)； B ——磁感应强度 (T)； d ——霍尔元件的厚度 (m)

令 $K_H = R_H / d$ ($V A^{-1} Wb^{-1} m^2$)，则得到

$$U_H = K_H IB \quad (V)$$

由上式可知，霍尔电压的大小正比于控制电流 I 和磁感应强度 B 。 K_H 称为霍尔元件的灵敏度，其与元件材料的性质与几何尺寸有关。因此当外加电压源电压一定时，通过的电流 I 为一恒值，此时输出电压只与加在霍尔元件上的磁场 B 的大小成正比，即：

$$U_H = KB \quad (V)$$

此时 $K = K_H I$ 为常数。因此，任何引起磁场强度变化的物理量都将引起霍尔输出电压的变化。据此，将霍尔元件做成各种形式的探头，固定在工作系统的适当位置，用其检测工作磁场，再根据霍尔输出电压的变化提取被检信息，这就是线性霍尔元件的基本物理依据和作用。

本设计中采用的线性霍尔传感器 UGN3503U 就是将霍尔元件、高增益线性差分放大器和射极跟随器集成在同一半导体基片上，为用户提供了一个由外电压源驱动、使用方便的磁敏传感器。该器件的磁电转换特性曲线如图 2 所示，其输出电压和加在霍尔元件上的磁感强度 B 成比例。它的灵敏度典型值为 $13.5 mV/mT$ ，静态输出电压为 $2.5V$ ，输出电阻为 $0.05K\Omega$ ，mini-SIP 封装。具有灵敏度高，线性度好；结构牢固，体积小，重量轻，耐震动，功耗小，寿命长，频率高(可达 $1 MHz$)；输出噪声低等特点。用它作探头可测量， 10^{-6} – $10T$ 的交变和恒定磁场。在测量磁场时，将元件的第一脚(面对标志面从左到右数)接电源(工作电压为 $5V$)，第二脚接地，第三脚接高输入阻抗($>10K\Omega$)电压表，通电后，将电路放入被测磁场中，因霍尔器件只对垂直于霍尔片表面的磁感应强度敏感，因而必须让磁力线垂直于电路表面，当没有磁场($B=0G$)时，静态输出电压是电源电压的一半(即 $V_{cc}/2$)，当外加磁场的南极靠近器件标志面时，会使输出电压高于静态输出电压；当外加磁场的北极靠近器件标志面时，会使输出电压低于静态输出电压，但仍然是正值。利用线性霍尔传感器 UGN3503U 的上述特性，将其接在数据

采集电路的前端，并固定在探测线圈 L_1 的中心，即可感应线圈 L_1 的磁场变化，并将磁场的变化信号转化为电压信号的变化而被后级电路拾取和放大。

4.2.5. 放大和峰值检波电路

由于 UGN3503U 线性霍尔元件采集到的电压信号是一个毫伏级的信号，信号十分微弱，所以，在对其进行处理前，首先要进行放大。在设计中，信号放大电路采用输入阻抗高、漂移较小、共模抑制比高的集成运算放大器 LM324。LM324 是四运放集成电路，其采用 14 脚双列直插塑料封装，外形和引脚排列如图 4-3 所示。内部包含四组形式完全相同的运算放大器，除电源共用，四组运放相互独立。如图 4-7 所示，UGN3503 线性霍尔元件输出的微弱信号经电容耦合到前级运算放大器 U2A 的同相输入端，运算放大器 U2A 把霍尔元件感应到的电压转换为对地电压。在电路设计中，运放 LM324 采用 +5V 单电源供电，对于不同强度的信号均可通过调节前级放大电路的反馈电位器 W1 来改变其放大倍数。经前级运算放大器放大的信号经耦合电容 C2 输入到后级峰值检测电路中。采用阻容耦合的方法可以使前后级电路的静态工作点保持独立，隔离各级静态之间的相互影响，使得电路总温漂不会太大。

峰值检波电路由两级运算放大器组成，第一级运放 U2B 将输入信号的峰值传递到电容 C_6 上，并保持下来。第二级运放 U2C 组成缓冲放大器，将输出与电容隔离开来。在设计中，为了获得优良的保持性能和传输性能，同样采用了输入阻抗高、响应速度较快、跟随精度较好的运算放大器 LM324，这样可有效地利用 LM324 的资源，减少使用元器件的数量，降低了成本。当输入电压 V_{i2} 上升时， V_{02} 跟随上升，使二极管 D_4 、 D_5 导通， D_3 截止，运放 U2B 工作在深度负反馈状态，使电容 C_6 充电， V_C 上升。当输入电压 V_{i2} 下降时， V_{02} 跟随下降， D_3 导通，U2B 也工作在深度负反馈状态，深度负反馈保证了二极管 D_4 、 D_5 可靠截止， V_C 值得以保持。当 V_{i2} 再次上升时使 V_{02} 上升并使 D_4 、 D_5 导通， D_3 截止，再次对电容 C_6 充电（ V_C 高于前次充电电压）， V_{i2} 下降时， D_4 、 D_5 又截止， D_3 导通， V_C 将峰值再次保持。输出 V_0 反映 V_C 的大小，通过峰值检波和后级缓冲放大电路，将采集到的微弱信号放大至 0V~5V 的直流电平，以满足 A/D 转换器 ADC0809 所要求的输入电压

变换范围，然后通过 A/D 转换电路将检测到的峰值转化成数字量。

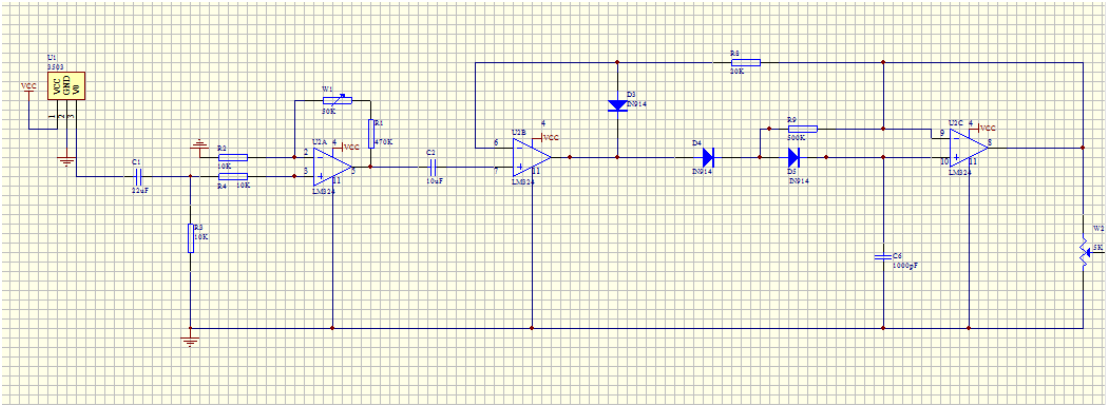


图 4-7 数据采集电路
(The data acquisition circuit)

4.3 . A/D 转换电路设计

随着数字技术，特别是信息的飞速发展普及，在现代控制。通信及检测等领域，为了提高系统的性能指标，对信号的处理广泛曹勇了数字计算机技术。由于系统的实际对象往往都是一些模拟量（如温度，压力，位移，图像等），要是计算机技术或数字仪表能识别。处理这些信号，必须首先将这些模拟信号转换成数字信号，而经计算及分析处理后输出的数字量也往往需要将其转换为相应的模拟信号才能为执行机构所接受。这样，就需要一种能在模拟信号与数字信号之间起桥梁作用的电路模数和数模转换器。本课题的探测器中需要的就是模数转换器也就是——A/D 转换器。

A/D 转换就是模数转换，也可以是整流。顾名思义，就是把模拟信号转换成数字信号。下面简要介绍常用的几种类型的 A/D 的基本原理及特点：积分型、逐次逼近型、并行比较型/串并行型、电容阵列逐次比较型及压频变换型。

积分型（如 TLC7135）：积分型 A/D 工作原理是将输入电压转换成时间（脉冲宽度信号）或频率（脉冲频率），然后由定时器/计数器获得数字值。其优点是用简单电路就能获得高分辨率，但缺点是由于转换精度依赖于积分时间，因此转换速率极低。初期的单片 A/D 转换器大多采用积分型，现在逐次比较型已逐步成为主流。

逐次比较型（如 TLC0831）：逐次比较型 A/D 由一个比较器和 D/A 转换器通过逐次比较逻辑构成，从 MSB 开始，顺序地对每一位将输入电压与内置 D/A 转换

器输出进行比较，经 n 次比较而输出 数字值。其电路规模属于中等。其优点是速度较高、功耗低，在低分辨率（ <12 位）时价格便宜，但高精度（ >12 位）时价格很高。

并行比较型/串并行比较型（如 TLC5510）：并行比较型 A/D 采用多个比较器，仅作一次比较而实行转换，又称 Flash（快速）型。由于转换速率极高， n 位的转换需要 2^n-1 个比较器，因此电路规模也极大，价格也高，只适用于视频 A/D 转换器等速度特别高的领域。

串并行比较型：A/D 结构上介于并行型和逐次比较型之间，最典型的是由 2 个 $n/2$ 位的并行型 A/D 转换器配合 D/A 转换器组成，用两次比较实行转换，所以称为 Half flash（半快速）型。还有分成三步或多步实现 A/D 转换的叫做分级型 A/D，而从转换时序角度 又可称为流水线（Pipelined）型 A/D，现代的分级型 A/D 中还加入了对多次转换结果作数字运算而修正特性等功能。这类 A/D 速度比逐次比较型高，电路 规模比并行型小。

电容阵列逐次比较型：电容阵列逐次比较型 A/D 在内置 D/A 转换器中采用电容矩阵方式，也可称为电荷再分配型。一般的电阻阵列 D/A 转换器中多数电阻的值必须一致，在单芯片上生成高 精度的电阻并不容易。如果用电容阵列取代电阻阵列，可以用低廉成本制成高精度单片 A/D 转换器。最近的逐次比较型 A/D 转换器大多为电容阵列式的。

压频变换型（如 AD650）：压频变换型（Voltage-Frequency Converter）是通过间接转换方式实现模数转换的。其原理是首先将输入的模拟信号转换成频率，然后用计数器将频率转换成数字量。从理论上讲这种 A/D 的分辨率几乎可以无限增加，只要采样的时间能够满足输出频率分辨率要求的累积脉冲个数的宽度。其优点是分辨率高、功耗低、价格低，但是需要外部计数电路共同完成 A/D 转换。

由于采集到的信息是连续变化的模拟量，不能被单片机直接处理，所以，必须把这些模拟量转换成数字量后才能够输入到单片机中进行处理，这里选用了经济实用的 ADC0809 型 A/D 转换器来完成模数转换。ADC0809 由一个 8 路模拟开关、一个地址锁存与译码器、一个 A/D 转换器和一个三态输出锁存器组成。多路开关可选通 8 个模拟通道，允许 8 路模拟量分时输入，共用 A/D 转换器进行转换。三

态输出锁器用于锁存 A/D 转换完的数字量，当 OE 端为高电平时，才可以从三态输出锁存器取走转换完的数据。ADC0809 芯片内部结构和工作时序示于图 4-8 和图 4-9。

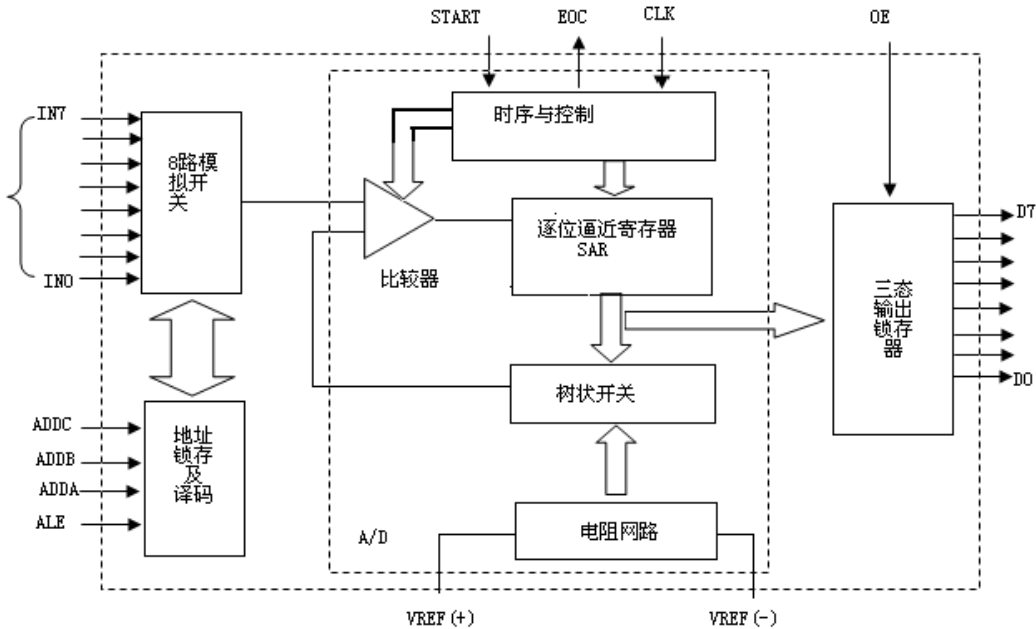


图4-8 ADC0809的芯片内部结构
(The internal structure of the chip ADC0809)

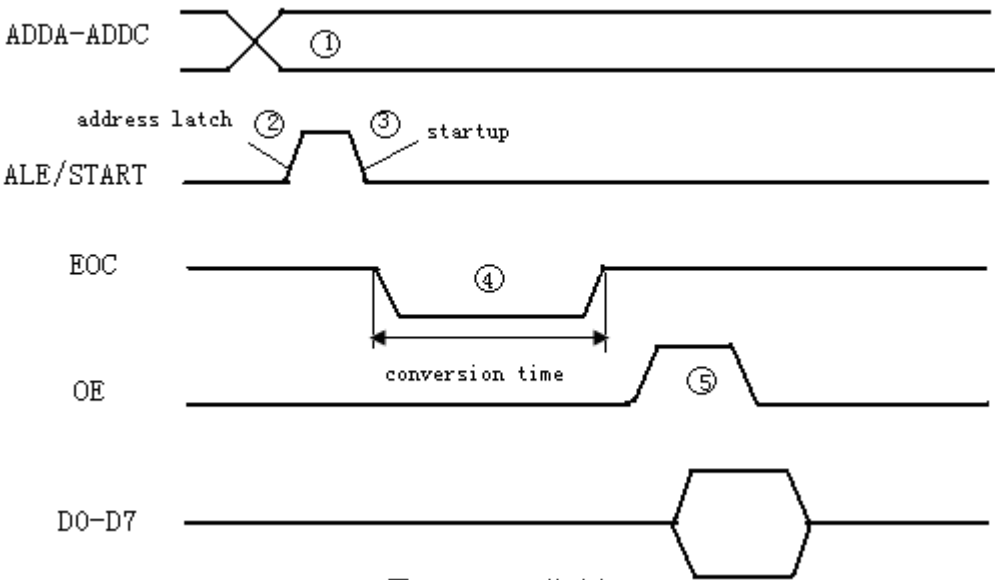


图 4-9 ADC0809 的工作时序
(Sequential ADC0809)

4.3.1 .ADC0809 引脚结构

ADC0809 各脚功能如下：

D7-D0：8 位数字量输出引脚。

IN0-IN7：8 位模拟量输入引脚。

VCC：+5V 工作电压。

GND：地。

REF（+）：参考电压正端。

REF（-）：参考电压负端。

START：A/D 转换启动信号输入端。

ALE：地址锁存允许信号输入端。

（以上两种信号用于启动 A/D 转换）

EOC：转换结束信号输出引脚，开始转换时为低电平，当转换结束时为高电平。

OE：输出允许控制端，用以打开三态数据输出锁存器。

CLK：时钟信号输入端（一般为 500KHz）。

A、B、C：地址输入线。

ALE 为地址锁存允许输入线，高电平有效。当 ALE 线为高电平时，地址锁存与译码器将 A，B，C 三条地址线的地址信号进行锁存，经译码后被选中的通道的模拟量进入转换器进行转换。A，B 和 C 为地址输入线，用于选通 IN0—IN7 上的一路模拟量输入。通道选择表如下表所示。

C	B	A	选择的通道
0	0	0	IN0
0	0	1	IN1
0	1	0	IN2
0	1	1	IN3
1	0	0	IN4
1	0	1	IN5
1	1	0	IN6
1	1	1	IN7

数字量输出及控制线：11 条

本设计中只使用通道 IN0，所以，地址译码器 ABC 直接地址为 000，采用线

1000次的 Flash 只读程序存储器，使用 Atmel 公司高密度非易失性存储器技术制造，与工业80C51 产品指令和引脚完全兼容。片上 Flash 允许程序存储器在系统可编程，亦适于常规编程器。在单芯片上，拥有灵巧的8 位 CPU 和在系统可编程 Flash，使得 AT89S52为众多嵌入式控制应用系统提供高灵活、超有效的解决方案。AT89S52具有以下标准功能： 8k 字节 Flash，256字节 RAM， 32 位 I/O 口线，三个16 位 定时器/计数器，看门狗定时器，2 个数据指针，一个6向量2级中断结构，片内晶振及时钟电路，全双工串行口 。另外，AT89S52 可降至0Hz 静态逻辑操作，支持2种软件可选择节电模式。空闲模式下，CPU 停止工作，允许 RAM、定时器/计数器、串口、中断继续工 作。掉电保护方式下，RAM 内容被保存，振荡器被冻结，单片机一切工作停止，直到下一个中断或硬件复位为止。晶振频率采用12MH, 其工作电压为5V。

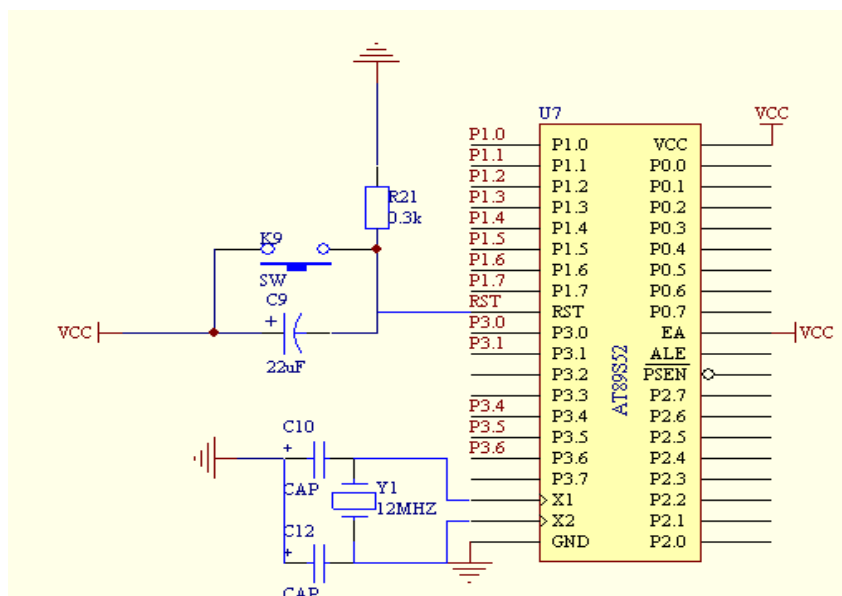


图 4-11 AT89S52 最小工作系统

(AT89S52 minimum working system)

VCC : 电源 GND: 地

P0: P0口是一个8位漏极开路的双向I/O口。作为输出口，每位能驱动8个TTL逻辑电平。对P0端口写“1”时，引脚用作高阻抗输入。当访问外部程序和数据存储器时，P0口也被作为低8位地址/数据复用。在这种模式下，P0具有内部上拉电阻。在flash编程时，P0口也用来接收指令字节；在程序校验时，输出指令字节。程序校验时，需要外部上拉电阻。

P1: P1 口是一个具有内部上拉电阻的8 位双向I/O 口，p1 输出缓冲器能驱动4

个TTL 逻辑电平。对P1 端口写“1”时，内部上拉电阻把端口拉高，此时可以作为输入口使用。作为输入使用时，被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因，将输出电流。此外，P1.0和P1.2分别作定时器/计数器2的外部计数输入（P1.0/T2）和时器/计数器2的触发输入（P1.1/T2EX）。

在flash编程和校验时，P1口接收低8位地址字节。

P2: P2口是一个具有内部上拉电阻的8位双向I/O口，P2输出缓冲器能驱动4个TTL逻辑电平。对P2端口写“1”时，内部上拉电阻把端口拉高，此时可以作为输入口使用。作为输入使用时，被外部拉低的引脚由于内部电阻的原因，将输出电流（IIL）。在访问外部程序存储器或用16位地址读取外部数据存储器（例如执行MOVX @DPTR）时，P2口送出高八位地址。在这种应用中，P2口使用很强的内部上拉发送1。在使用8位地址（如MOVX @RI）访问外部数据存储器时，P2口输出P2锁存器的内容。在flash编程和校验时，P2口也接收高8位地址字节和一些控制信号。

RST: 复位输入。晶振工作时，RST脚持续2个机器周期高电平将使单片机复位。看门狗计时完成后，RST脚输出96个晶振周期的高电平。特殊寄存器AUXR(地址8EH)上的DISRTO位可以使此功能无效。DISRTO默认状态下，复位高电平有效。

ALE/PROG: 地址锁存控制信号（ALE）是访问外部程序存储器时，锁存低8位地址的输出脉冲。在flash编程时，此引脚（PROG）也用作编程输入脉冲。在一般情况下，ALE以晶振六分之一的固定频率输出脉冲，可用来作为外部定时器或时钟使用。然而，特别强调，在每次访问外部数据存储器时，ALE脉冲将会跳过。如果需要，通过将地址为8EH的SFR的第0位置“1”，ALE操作将无效。这一位置“1”，ALE仅在执行MOVX或MOVC指令时有效。否则，ALE将被微弱拉高。这个ALE使能标志位（地址为8EH的SFR的第0位）的设置对微控制器处于外部执行模式下无效。

PSEN: 外部程序存储器选通信号（PSEN）是外部程序存储器选通信号。

当AT89S52从外部程序存储器执行外部代码时，PSEN在每个机器周期被激活两次，而在访问外部数据存储器时，PSEN将不被激活。

EA/VPP: 访问外部程序存储器控制信号。为使能从0000H到FFFFH的外部程序存储器读取指令，EA必须接GND。为了执行内部程序指令，EA应该接VCC。

在flash编程期间，EA也接收12伏VPP电压。

XTAL1:振荡器反相放大器和内部时钟发生电路的输入端。

XTAL2:振荡器反相放大器的输出端。并不是所有的地址都被定义了。片上没有定义地址是不能用的。读这些地址，一般将得到一个随机数据；写入的数据将会无效。用户不应该给这些未定义地址写入数据“1”。由于这些寄存器在将来可能被赋予新的功能，复位后，这些位都为“0”。

存储器结构: MCS-52器件有单独的程序存储器和数据存储器。外部程序存储器和数据存储器都可以64K寻址。

程序存储器: 如果EA引脚接地，程序读取只从外部存储器开始。对于89S52，如果EA接VCC，程序读写先从内部存储器（地址为0000H~1FFFH）开始，接着从外部寻址，寻址地址为：2000H~FFFFH。

数据存储器: AT89S52 有256 字节片内数据存储器。高128 字节与特殊功能寄存器重叠。也就是说高128字节与特殊功能寄存器有相同的地址，而物理上是分开的。当一条指令访问高于7FH 的地址时，寻址方式决定CPU 访问高128 字节RAM还是特殊功能寄存器空间。直接寻址方式访问特殊功能寄存器（SFR）。

4.4.1. 系统时钟电路

单片机内部具有一个高增益反相放大器，用于构成振荡器。通常在引脚XTAL1 和 XTAL2 跨接石英晶体和两个补偿电容构成自激振荡器，系统时钟电路结构如图 4-12 所示，可以根据情况选择 6MHz、8MHz 或 12MHz 等频率的石英晶体，补偿电容通常选择 20-30pF 左右的瓷片电容。

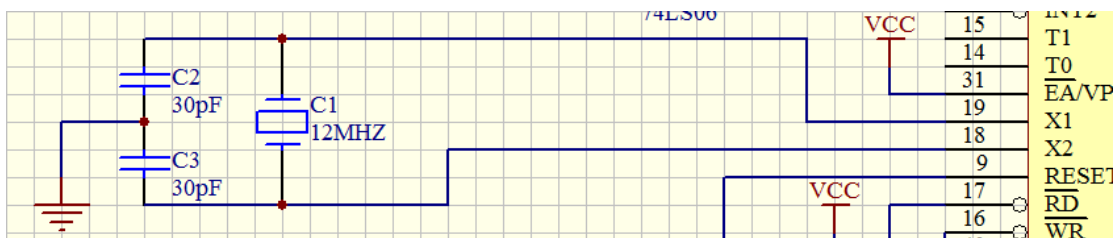


图 4-12 系统时钟电路

(System clock circuit)

4.4.2 . 程序存储电路

程序存储电路扩展一般可分为单片程序存储的扩展和多篇成西存储的扩展两种，具体介绍如下。

程序存储器芯片用的是 2764。2764 是 $8\text{KB} \times 8$ 位程序存储器，芯片的地址现有 13 条，顺次和单片机的地址线 A0-A12 相连。由于单片相连，未用到地址译码器，所以高 3 位地址线 A13、A14、A15、不接，故有 $2^3=8$ 个重叠的 8KB 地址空间。输出允许控制线 OE 直接与单片机的 PSEN 信号线连接。因只用一片 2764，故其片选信号线 CE 直接接地。

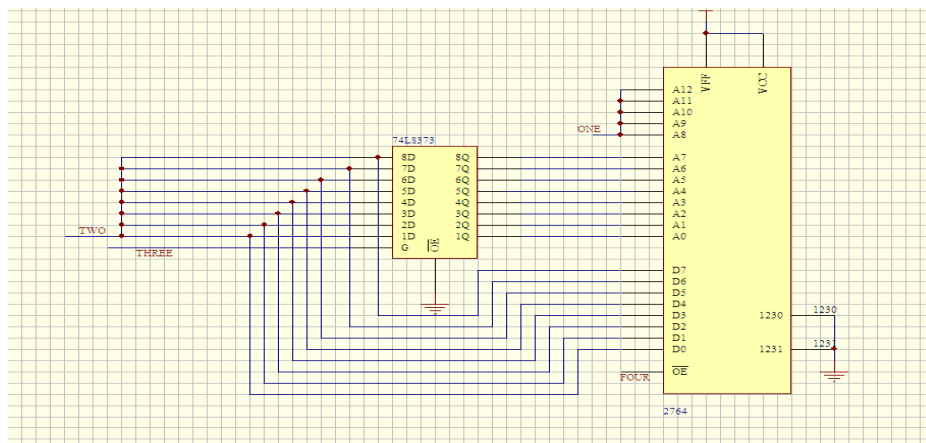


图 4-13 程序存储电路

(Program memory circuit)

4.5. 键盘电路

键盘是应用数字系统的人机接口，主要完成处理器输入数据，传达命令等功能，是人工控制电子系统运行的重要手段，实现简单的人-机通信。按键是一种常开型按钮开关。常态时，按键的两个触点处于断开状态，按下键时他们才闭合。

键盘控制电路如图 4-14 所示，K1 键作为功能键设置灵敏度 ΔU ，灵敏度是可调的，K2 和 K3 分别作为加 1，减 1 键来调节灵敏度，K4 是确定键，当 K4 键按下时，灵敏度值确定。

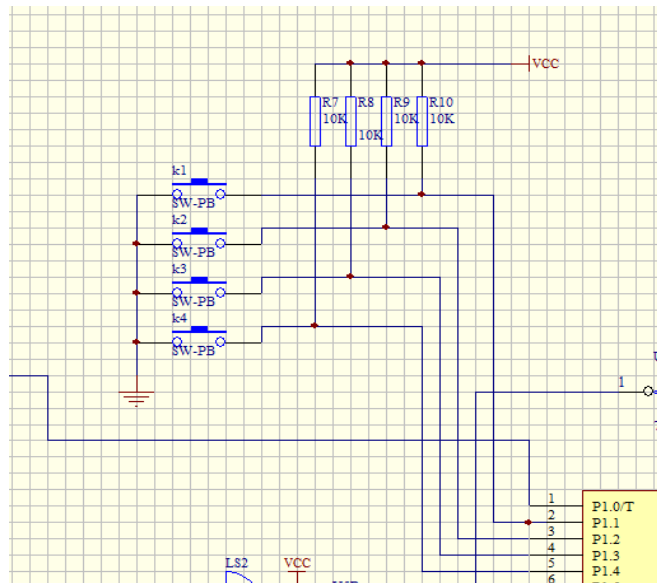


图 4-14 键盘电路

(Keyboard circuit)

4. 6. 显示报警部分

显示报警部分是整个设计的重要部分它为应用者提供信息让操作者认识探测的物品是否为金属做出判断这里设计的成败决定了整个设计方案的成败。这里我们是根据 AT89S52 的串行口 RXD 和 TXD 为一全双工串行通信口，但在工作方式 0 下可作同步移位寄存器用，其数据由 RXD（P3.0）端输出或输入；而同步移位时钟由 TXD（P3.1）端串行输出，在同步时钟作用下，实现由串行到并行的数据通信。在不需要使用串行通信的场合，利用串行口加外围芯片 74HC164 就可构成一个或多个并行输入/输出口，用于显示器 LED 驱动。单片机中通常使用 7 段 LED 构成字型“8”，另外，还有一个小数点发光二极管，以显示数字、符号及小数点。当键盘控制部分各键按下时，LED 显示相对应灵敏度数值，显示电路如图 4-15。

一旦发现金属出现，则被测物理量超限由单片机 I/O 口 P1.0 输出信号驱动发光二极管发光报警，P1.6 触发无源蜂鸣器用声报警提醒检测人员注意，进行必要的定位搜身检查，报警电路如图 4-16 所示。

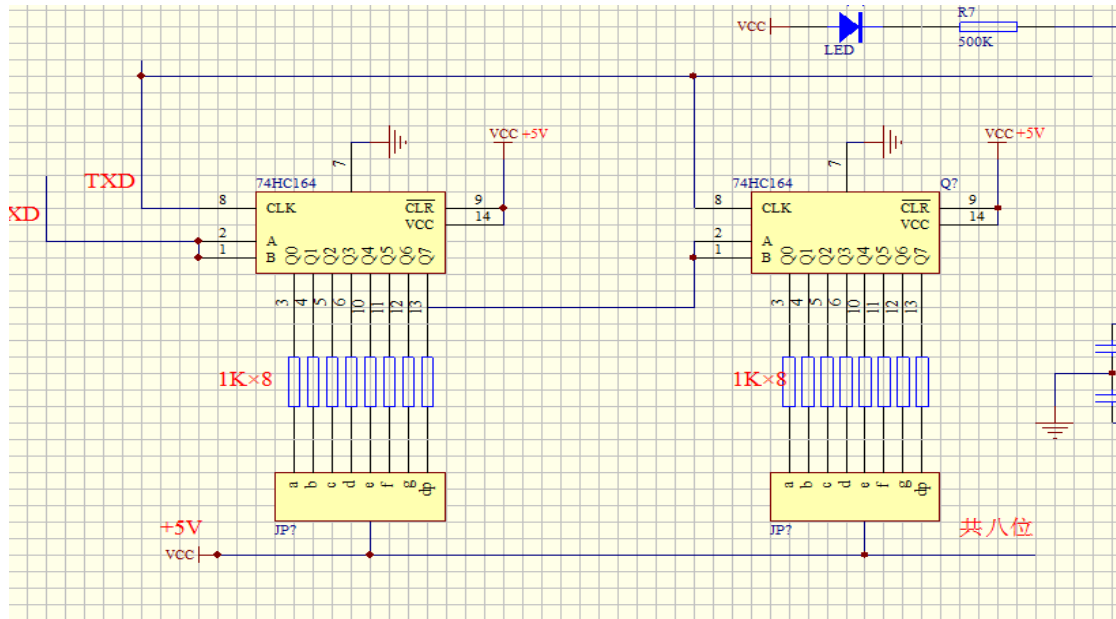


图 4-15 显示电路
(Display circuit)

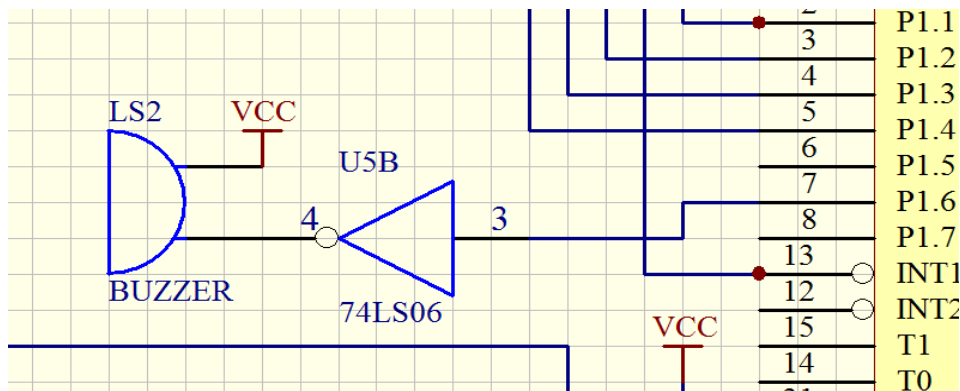


图 4-16 报警电路
(The alarm circuit)

4. 7. 供电电源电路

供电电源是我们日常生活中必备的工具或设备，能为我们正常的生活提供便捷，使我们的生活丰富多彩。供电电源的应用广泛如家庭生活得照明，城市夜晚的霓虹灯的点缀，大到国防设备的正常运行，工业生产的正常化，这些都离不开供电电源的应用。供电电源有多种普通供电电源电源又可细分为：开关电源、逆变电源、稳压电源、通信电源、模块电源、移动电源、变频电源、UPS 电源、EPS 应急电源、净化电源、PC 电源、整流电源、定制电源、加热电源、焊接电源/电

弧电源、电镀电源、网络电源、电力操作电源、适配器电源、线性电源、电源控制器/驱动器、功率电源、其他普通电源。特种供电电源又可细分为：安防电源、高压电源、医疗电源、军用电源、航空航天电源、激光电源、其他特种电源。这里我们应用的是单片机供电电源如图4-17所示，电源供电由9V 电池和板内稳压电源组成。电路板内采用三端稳压集成电路块 LM7805为板内元器件供电。LM7805三端正稳压器具有内部过流、热过载和输出晶体管安全区保护功能，可将9VDC 的输入电压转换为+5V 电压，最大输出电流0.5A，保证板内555定时器、UGN3503U、AT89S52、ADC0809等芯片和元件可靠地工作。

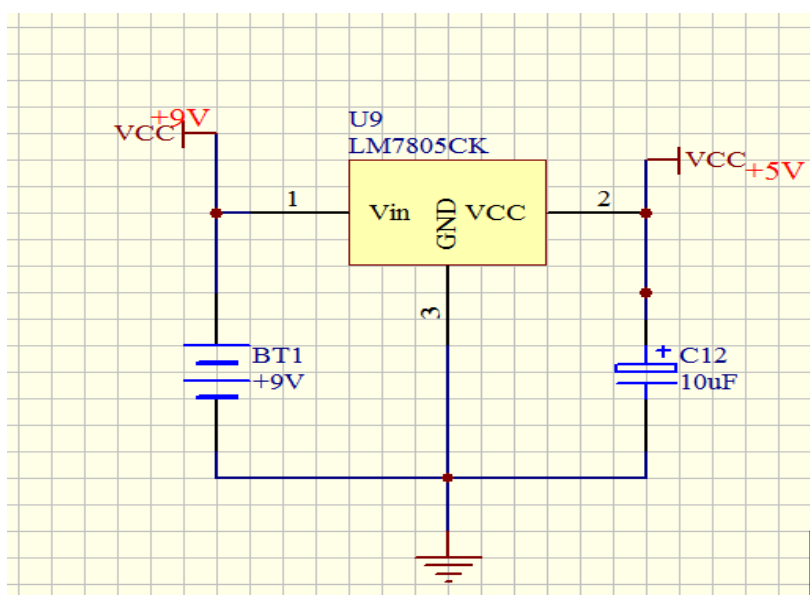


图 4-17 电源电路

(The power supply circuit)

5. 系统软件设计

软件设计是把许多事物和问题抽象起来，并且抽象它们不同的层次和角度。建议用数学语言来抽象事务和问题，因为数学是最好的抽象语言，并且它的本质就是抽象。将复杂的问题分解成可以管理的片断会更容易。将问题或事物分解并模块化这使得解决问题变得容易，分解的越细模块数量也就越多，它的副作用就是使得设计者考虑更多的模块之间耦合度的情况。软件设计其中要明确内容包括以下几点。

软件设计任务：软件设计的任务是从软件需求规格说明书出发，根据需求分析阶段确定的功能设计软件系统的整体结构、划分功能模块、确定每个模块的实现算法以及编写具体的代码，形成软件的具体设计方案。

软件设计阶段：概要设计，主要包括：1、结构设计2、接口设计3、全局数据结构设计4、过程设计5、详细设计。

软件设计的设计特征：一，抽象 二，模块化 三，信息隐蔽 四，模块独立性：模块独立性可以从两个方面度量：

1，内聚性：偶然内聚、逻辑内聚、时间内聚、过程内聚、通信内聚、顺序内聚、功能内聚。

2，耦合性：内容耦合、公共耦合、外部耦合、控制耦合、标记耦合、数据耦合、非直接耦合

设计原则：一、设计对于分析模型应该是可跟踪的：软件的模块可能被映射到多个需求上。

二、设计结构应该尽可能的模拟实际问题。

三、设计应该表现出一致性。

四、不要把设计当成编写代码。

五、在创建设计时就应该能够评估质量。

六、评审设计以减少语义性的错误。

七、设计应该模块化，将软件逻辑地划分为元素或子系统，并包含数据、体系结构、接口和构件的清晰表示。

软件的设计是一个将需求转变为软件陈述（表达）的过程。这种陈述给软件设计一个对软件的全局观点。系统通过逐步求精使得设计陈述逐渐接近源代码。

软件是本系统的灵魂，在设计软件中，本文从系统的任务、特征、设计要素、设计原则、实用性、可靠性及方便灵活等几个方面出发，使程序满足设计的功能要求。本设计的整个系统的软件包括主程序、一个外部中断服务程序、数字滤波程序、比较判断子程序及发光报警等若干个子程序。软件采用汇编语言编写，并采用模块化设计，使程序结构清晰，便于今后进一步扩展系统的功能。

5.1. 主程序流程图

程序流程图如图5-1所示

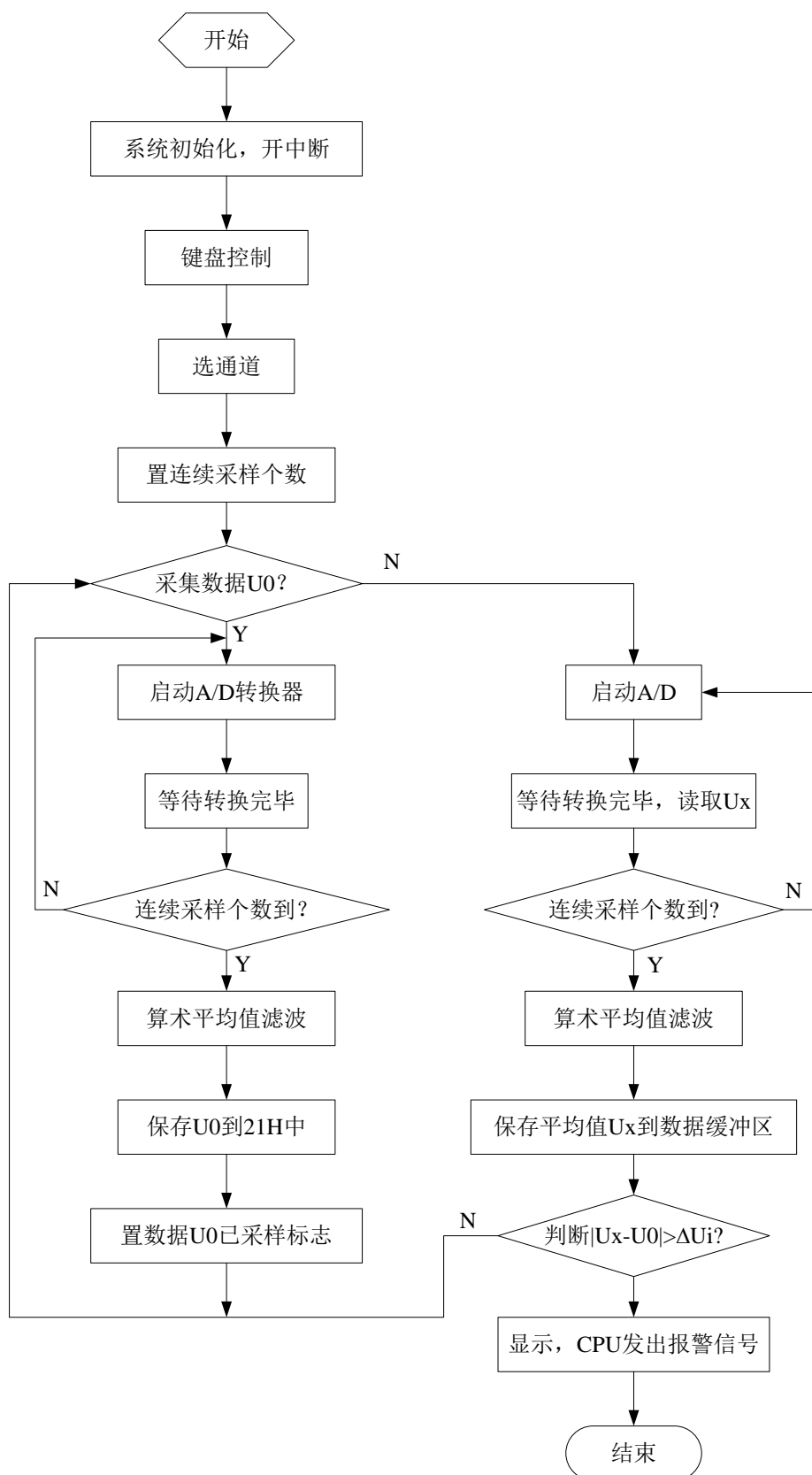


图 5-1 主程序流程图

(The main program flow chart)

5.2. 软件设计思想

主程序初始化以后置位 AT89S52 的中断控制位 EA，使 CPU 开放中断。然后通过检测 RAM 中 21H 中数值的值来判断是否采集基准电压 U_0 ，如果未采集过 U_0 ，则启动 ADC0809 对 NIO 通道的模拟输入量进行 A/D 转换。在电路设计中，ADC0809 与 AT89S52 是采用中断方式连接的，所以系统的数据采集处理功能是在中断服务程序中完成的，从原理图 4-1 看出，ADC0809 的 EOC 端通过反相器接 AT89S52 的 INT1 端，作为中断申请。采用中断方式，可大大节省 CPU 时间。软件编程允许 AT89S52 响应外部中断 1，且设置其响应方式为边沿触发。当 A/D 转换完毕后，ADC0809 的 EOC 端向 AT89S52 的 INT1 的返向端送入一个中断申请信号，AT89S52 接此信号后响应中断请求，调用中断服务子程序 INT1，中断服务程序进行压栈，保护现场，读取来自 ADC0809 数据输出口的 8 位数字量，并将数字量储存到单片机 RAM 中，然后启动 ADC0809 的下一轮转换。经过数据软件滤波之后将其存放在单片机 RAM 21H 中，作为基准电压 U_0 。

经反复实验测得的灵敏度 ΔU 的值被存放在单片机 RAM 地址为 20H 的存储器中。在检测过程中，将 A/D 转换器采集到的电压信号经数据软件滤波后存入内部 RAM 以 30H 为首址的数据存储器中，然后将此数据 U_x 和基准电压 U_0 进行比较，二者差值 U 存放在单片机 ARM 地址为 22H 的存储器中。而后再通过判据算法将此差值 U 与灵敏度 ΔU （灵敏度可调）进行比较，以确定是否报警键盘控制电路各键控制灵敏度的值，并在显示电路部分显示按键后的对应数值。

5.3 . 数字滤波程序设计

程序流程图，如图 5-2 所示。

设一个采样周期，对通道 0 连续采样 6 次，然后去掉最大和最小值，把剩余的累加和求算术平均值作为本周周期采样值。存入内部 RAM 以 30H 为首址的数据存储器中。其中， R_2 寄存器存放最大值， R_3 寄存器存放最小值， R_4 寄存器存放累加和， R_0 存放连续采样次数。

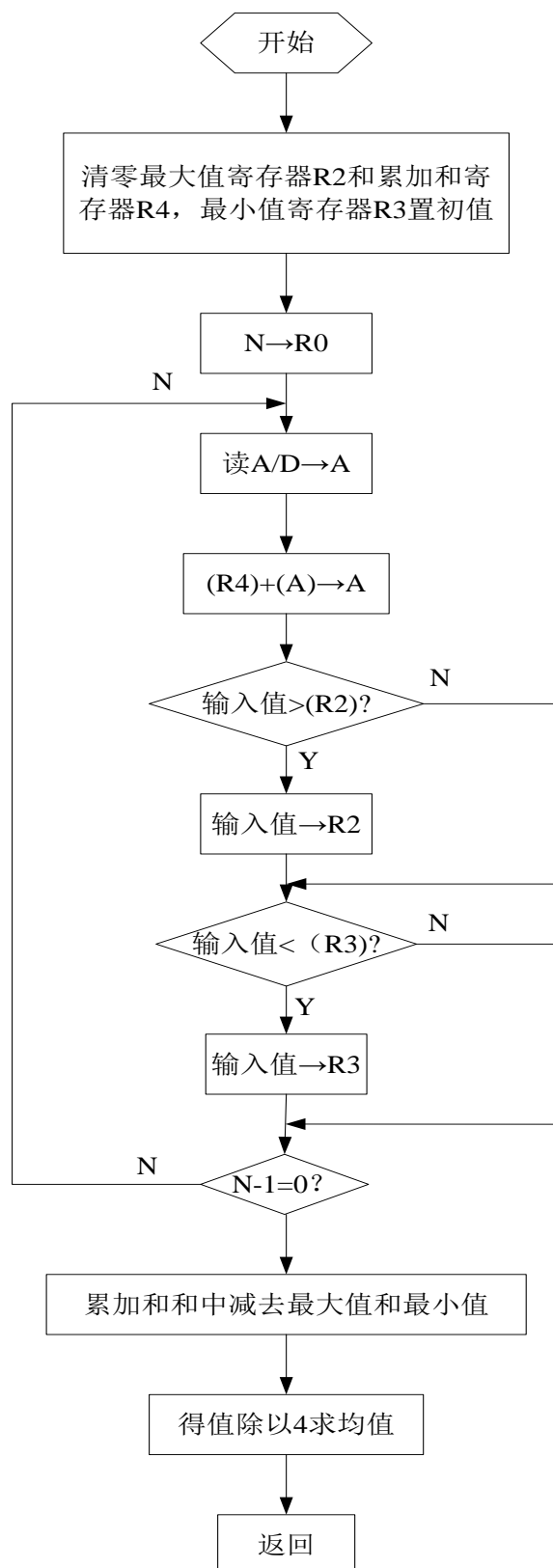


图 5-2 数字滤波流程图

5.4 . 数字滤波及算法说明

金属探测器的噪声抑制能力是金属探测器的主要设计指标。由于在采集电压量时经常会碰到各种瞬时干扰，而采用硬件滤波存在硬件电路复杂等诸多弊端，因此本设计中采用算术平均滤波法，即在一次电压量的采集中，在很短的时间内对它进行 6 次采集，将它转换为数字量后求和，分析出 6 次输入中的最大值和最小值，然后减去最大值和最小值，除以 4 得到平均值的方法，完成一次数据采集的软件滤波。用软件代替硬件，从而省去了复杂的硬件，而且能够取得好而精确的效果。

在一个采样周期内，对信号 x 的 N 次测量值进行算术平均，作为时刻 K 的输出 $x(k)$ ，即

$$x(k) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N x_i$$

其中 N 为采样次数， x_i 为第 i 次的采样值。

显然 N 越大，信号平滑度越高，灵敏度就会降低，但是本设计中需要较高的灵敏度，所以 N 取值不易过大，这里我选择了 $N=6$ ，选择取 6 个数进行计算的原因，就是因为在汇编中做计算是非常麻烦的，取 6 个数，减去最大值和最小值后，取平均值是除 4，计算机的内部计算都是二进制，而二进制每除一个 2，实际上是向右移一次。所以为了计算方便，我选择取 6 个数，最后在算除法的时候，只需要用单片机自带的右移位命令移 2 次就行了。

5.5 . 键盘控制程序设计

K1 键作为功能键设置灵敏度 ΔU ，灵敏度是可调的，K2 和 K3 分别作为加 1，减 1 键来调节灵敏度，K4 是确定键，当 K4 键按下时，灵敏度值确定。

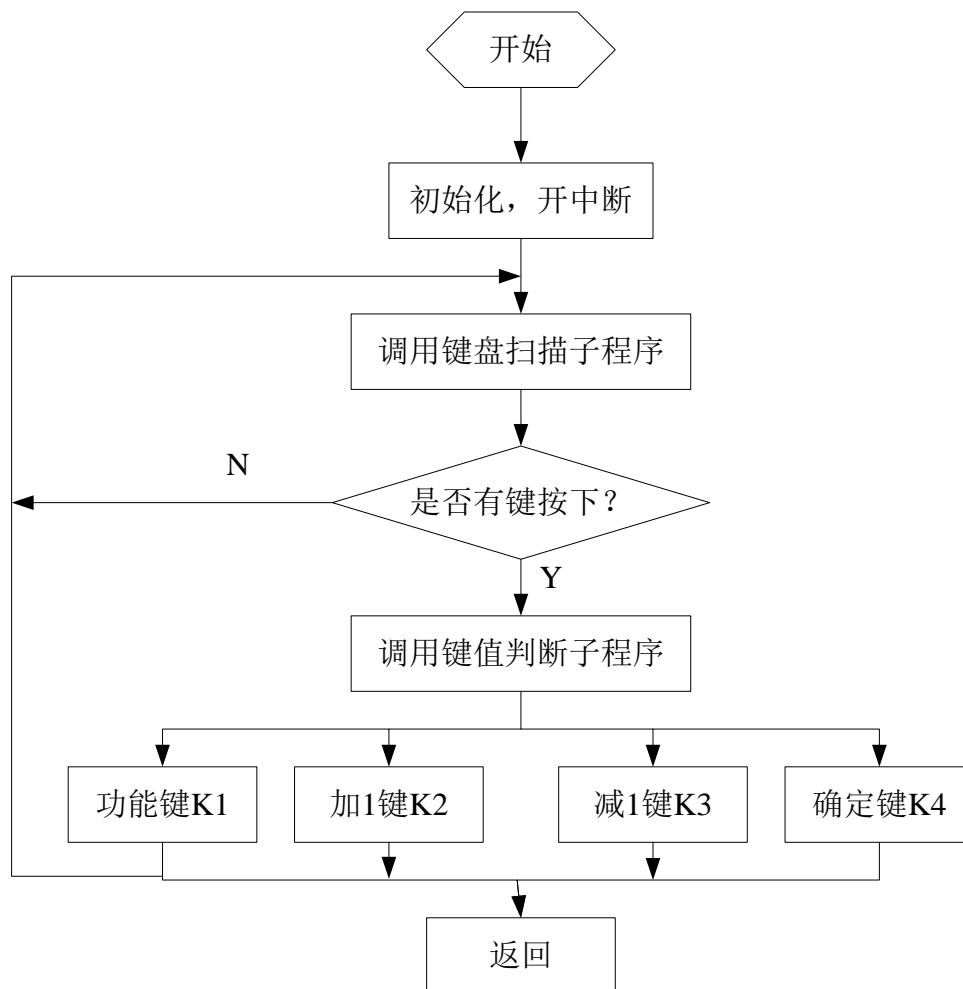


图 5-3 键盘控制流程图

(Keyboard control flow chart)

5.6. 显示与报警程序设计

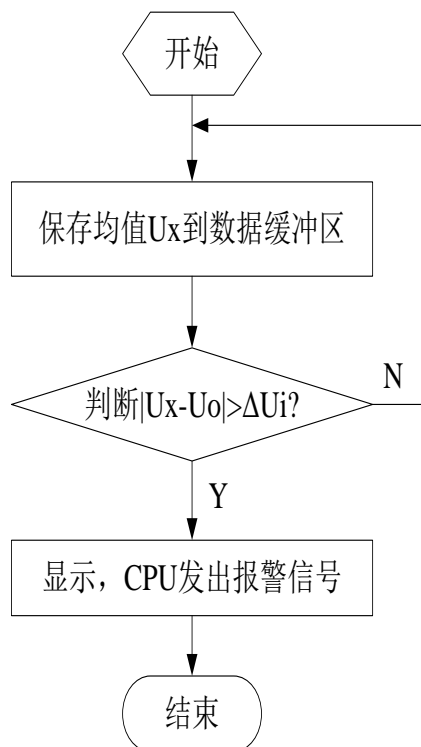


图 5-4 显示报警流程图

(Display the alarm flow chart)

6. 结 论

通过本次毕业设计，我对以前所学的理论知识有了更进一步的了解，同时能更加合理的查阅及利用资料，为达到课题要求而对在大学期间所学习的课程进行了全面、综合的巩固和加深。

这次毕业设计不同于以往任何一次课程设计，其耗时更长，独立性更高，要求更加严格细致。不仅要求能充分利用在校期间所学的课程的专业知识，同时也要求设计者有良好的理解力、掌握力和实际运用的灵活度。在设计中印象最深的是作为一名设计人员，面对一项设计任务时，不仅要能够熟练的运用相关专业知知识，同时还要考虑到在实际应用中所面对的场地、环境、资金和实际加工等一系列问题。本设计首先介绍了探测金属的理论依据，当有金属靠近通电线圈平面附近时将发生线圈介质条件的变化和涡流效应两个现象，根据电磁感应原理来设计金属探测器。

硬件电路的设计有两部分，一部分是线圈振荡电路，包括了：多谐振荡电路、放大电路还有探测线圈；另一部分是控制电路，包括了：线性霍尔元件、前置放大电路、峰值检波电路 ADC0809 模数转换器、AT89S52 单片机、LED 显示电路、声音报警电路及电源电路，这些电路将磁场强度信号变为电压信号，然后进行电压信号的拾取，放大等功能。

软件设计方面，对于系统实用性、可靠性还有方便灵活等几个方面，使程序满足设计的功能要求。整个系统的软件包括了主程序、一个外部中断服务程序、数字滤波程序、比较判断子程序及发光报警等若干个子程序，是采用汇编语言编写的。

7. 经济分析报告

本设计系统采用单片机控制。以单片机为核心,设计上采用 AT89S52 单片机为主控器,硬件电路的设计有两部分,一部分是线圈振荡电路,包括了:多谐振荡电路、放大电路还有探测线圈;另一部分是控制电路,包括了:线性霍尔元件、前置放大电路、峰值检波电路 ADC0809 模数转换器、AT89S52 单片机、LED 显示电路、声音报警电路及电源电路。

元件	数量 (个)	价格 (元)
74LS164	2	1.8
电阻	36	12.85
LED	2	4
LM7805C	1	1.5
电源	1	6
555 定时器	1	9.9
电容	12	6.39
电感	1	2.3
NPN	1	5.5
3503	1	5
LM324	3	6.53
二极管	3	4.45
滑动变阻器	2	19
74LS163	1	1.9
ADC0809	1	5.7
AT89S52	1	4.8
开关	4	2
74LS06	1	1.6
74LS04	1	1.3
74LS04	1	2
74LS02	2	1.8
74LS373	1	1.9
2764	1	3
蜂鸣器	1	3
总价		114.22

致谢

整个本科生论文工作的完成，自始至终都离不开导师张玲老师精心指导。张老师工作非常细心，抽出大量时间从选题到具体的课题工作进行悉心指导。在张老师的言传身教下，本人逐步掌握了大量的专业知识。张老师严谨的治学态度、高瞻远瞩的判断能力、缜密的思维方式以及忘我的工作精神将使本人终生受益。张老师在生活上也给予了本人很大的帮助和关怀。在此，向张老师表示最崇高的敬意和最衷心的感谢！

毕业设计是大学生涯中，理论与实践的完美统一。历经几个月的学习、筹划，不仅拓宽了知识面，也对所学过知识有所加深，相信这对以后的学习和工作有很大帮助。

设计之初，参考了大量的教材及中英文专业资料，得到了张老师的热心指导和同学们的帮助，在此对给予本人帮助的老师 and 同学表示衷心地感谢。

四年的本科学习生活即将结束，在论文完成之际，衷心地感谢在这四年的学习和生活中培养过、帮助过以及在论文写作期间给予指导和支持的所有老师和同学。

再次感谢各位老师的指导，感谢张玲老师的不断帮助。衷心感谢指导导师张老师。整个设计过程张老师以严谨的治学态度和渊博的知识指导本课题设计和指导，使本人有明确的设计思路和正确的学习方法，培养了本人独立学习的能力，可以说，这段时间取得的每一点进步都和老师的辛勤教诲密不可分。

毕业即将结束，即将告别大学生活，在毕业前的最后一刻，这是向老师和同学们交上的最后答卷，让大学生活画上圆满句号。由于本人能力有限，加上时间仓促，难免有不足之处，望各位老师不吝指正，本人在此深表感谢。

参考文献

- 1 胡汉才 单片机原理及其接口技术北京，清华大学出版社 2004
- 2 余永权 AT89 系列单片机应用技术北京北航出版社 2001
- 3 张毅刚 MCS-51 单片机应用设计哈尔滨，哈尔滨工业大学出版社 1989
- 4 冯建华 单片机应用系统设计与产品开发人民邮电出版社 2004
- 5 沙占友 单片机外围电路设计北京电子工业出版社 2003
- 6 何立民 单片机高级教程北京航空航天大学 2000
- 7 孙育才，苏学成 单片微型计算机应用系统设计与实现 南京东南大学出版社，1990
8. 王玫 MCU 电话语音报警器设计电子技术，1998
- 9 周省三，《电磁场基本教程》，高等教育出版社，2003，248-249
- 10 程守洙、江之永，《普通物理学 2》，高等教育出版社，2001，180-182 204-205
- 11 3503 RATIO METRIC LINEAR HALL-EFFECT SENSORS. Copyright 1985，2002 Allegro Microsystems, Inc
- 12 涂有瑞，《霍尔传感元器件及其应用》，《电子元器件应用》，高等教育出版社，2002，Vol. 4 No. 3 53-57
- 13 臧春华，《电子线路设计与应用》，高等教育出版社，2004，9-73
- 14 蔡明生，《电子设计》，高等教育出版社，2003，3-846
- 15 何立民，《单片机应用系统设计》，北京航空航天大学出版社，2004，32-65
- 16 吴金戎、沈庆阳、郭庭吉，《8051 单片机实践与应用》，清华大学出版社，2004，153-158
- 17 张毅刚、彭喜元、姜守达等，《新编 MCS-51 单片机应用设计》，哈尔滨工业大学出版社，2001，215-218
- 18 李全利、迟荣强，《单片机原理及接口技术》，高等教育出版社，2003

附录（电路原理图）

