



检波器线圈架磁导率测试仪的研制

李建良, 翟传旭, 李淑清, 付丽舒
(天津科技大学电子信息与自动化学院, 天津 300222)

摘要: 研制了检波器线圈架磁导率测试仪, 用于测量与线圈架磁导率成反比的导通频率值, 根据此频率值可以选择合适的磁钢与线圈架搭配使用, 以提高检波器的性能. 测试系统主要由信号源模块、信号处理模块、数据采集模块和显示模块等组成, 利用线圈架和电容三点式振荡电路产生正弦波信号, 用 ATmega128 为主控芯片进行数据采集, 并将检波器线圈架的导通频率值实时地在液晶屏上显示. 实验表明, 系统重复性好, 工作可靠, 操作方便.

关键词: 检波器线圈架; 导通频率; 正弦波; ATmega128

中图分类号: TP216 文献标志码: A 文章编号: 1672-6510(2013)02-0059-04

Magnetic Conduction Rate Testing Instrument for Geophone Coil Frame

LI Jianliang, ZHAI Chuanxu, LI Shuqing, FU Lishu
(College of Electronic Information and Automation, Tianjin University of Science & Technology,
Tianjin 300222, China)

Abstract: A testing instrument was developed to measure the turn-on frequency value of the geophone coil frame, which is inversely proportional to the magnetic conduction rate. According to the frequency value, suitable magnet can be chosen to match the coil frame, in order to improve the geophone property. The testing system mainly consists of signal source module, signal processing module, data acquisition module and display module. ATmega128 is the main control chip and is used for data acquisition, and frequency value can be displayed on the LCD real-time. Experimental results show that the reproducibility is good and the system is reliable and easy to operate.

Key words: geophone coil frame; conducting frequency; sine wave; ATmega128

随着地球物理勘探的发展, 地震勘探将进入一个新的阶段, 即进入了高分辨率、高保真度、高信噪比的精确详查阶段^[1]. 检波器的技术参数直接影响数据采集的质量, 灵敏度和阻尼都是检波器的重要技术指标, 在大批量生产过程中, 最难控制的参数是阻尼^[2]. 地震检波器线圈架磁导率直接影响着这两项重要指标, 特别是阻尼参数的一致性. 因此, 地震检波器线圈架磁导率测试方法的研究是十分重要的, 其成果用于检波器组装生产线, 可提高检波器组装的合格率和保障阻尼参数一致性. 目前能够测量检波器线圈架磁导率的仪器少, 而且大多是用计算机显示, 测量时间长、稳定性不高、体积大不方便携带.

本文研制了一种基于 ATmega128 单片机的检波器线圈架磁导率测试仪, 可测量与线圈架的磁导率成

反比的导通频率值, 根据测量值可以选择合适的磁钢与线圈架搭配使用, 以提高检波器的性能.

1 测量原理

磁导率是软磁材料的一个关键性指标. 对磁导率的测量基本上都是在标准样环上绕线测量. 首先测量出绕组线圈的电感, 然后计算出材料的磁导率. 一般是在样环上绕 N 匝线圈, 因此可推得电感的表达式为

$$L = \mu_0 \mu N^2 A / l \quad (1)$$

式中: μ_0 为真空磁导率, $\mu_0 = 4\pi \times 10^{-7} \text{H/m}$; μ 为磁导率; A 为磁芯的磁路横截面积; l 为磁芯的磁路长度. 由式(1)可得到磁导率的计算公式

$$\mu = LI / (\mu_0 N^2 A) \quad (2)$$

对于具有矩形截面的环形磁芯, 如果把它的平均磁路长度 $\bar{l} = \pi(D+d)/2$ 作为磁芯的磁路长度 l , 把横截面积 $A = h(D-d)/2$ 和真空磁导率 μ_0 代入式 (2), 可得

$$\mu = \frac{L(D+d)}{4N^2 h(D-d)} \times 10^7 \quad (3)$$

式中: D 为环的外直径; d 为内径; h 为环的高度, N 为线圈的匝数. 样环如图 1 所示.

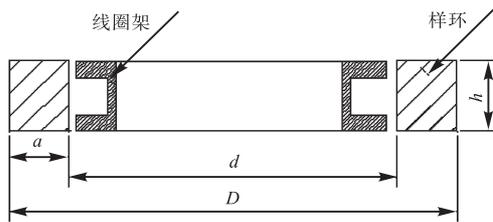


图 1 测磁导率用的样环

Fig. 1 Sample loop measuring permeability

把环的内径 $d = D - 2a$ 代入式 (3) 得电感和磁导率的关系为

$$\mu = \frac{L(D-a)}{4N^2 ha} \times 10^7 \quad (4)$$

式中: a 为环的壁厚.

磁导率的测量是间接测量, 即测出磁芯上绕组线圈的电感量, 再用公式计算出磁芯材料磁导率. 所以, 磁导率的测试仪器也就是电感测试仪. 按照电感的测试原理, 设计了一种测量方法及测试电路. 利用通电线圈中插入铁芯会改变其电感的原理, 选取输出频率比较稳定的电容三点式振荡电路作为检测电路^[3], 如图 2 所示.

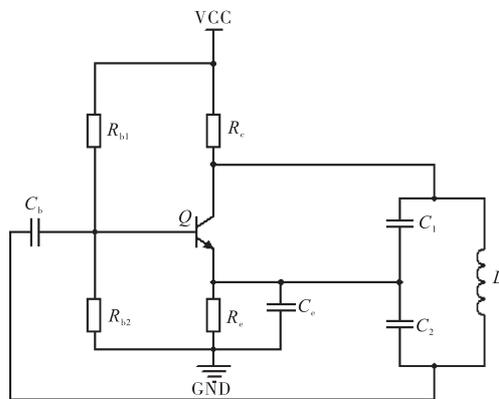


图 2 检测电路原理图

Fig. 2 Schematic diagram of the detection circuit

图 2 中, 电感 L 为缠绕的线圈, 在线圈中放入被

测线圈架, 使得振荡电路输出的频率值发生相应的变化. 振荡器的振荡频率为

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{C_1 + C_2}{LC_1 C_2}} \quad (5)$$

可推导出电感为

$$L = \frac{C_1 + C_2}{4\pi^2 f^2 C_1 C_2} \quad (6)$$

由式 (4) 和式 (6) 可推出磁导率和振荡频率值之间的关系

$$\mu = \frac{(C_1 + C_2)(D-a)}{16\pi^2 f^2 C_1 C_2 N^2 ha} \times 10^7 \quad (7)$$

式 (7) 表明, 磁导率与检测电路振荡频率的平方成反比. 由此可得磁导率与频率值的对应关系

$$\frac{\mu_0}{\mu_1} = \frac{f_1^2}{f_0^2}$$

式中: μ_0 、 f_0 分别为未放入线圈架时检测电路的磁导率和振荡频率; μ_1 为待测线圈架的磁导率; f_1 为对应的频率值, 称其为导通频率.

2 硬件系统设计

系统硬件主要由正弦信号发生、信号调理、数据采集和显示 4 部分电路组成. 系统硬件结构如图 3 所示.

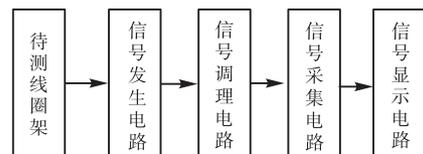


图 3 系统硬件结构

Fig. 3 Architecture diagram of system hardware

产生正弦信号的信号发生模块即为图 2 检测电路. 信号调理及采集电路见图 4, 其中信号调理由 LM393 完成, 信号输入端 INA+ 与图 2 中电感线圈的下端连接, 利用电压比较的原理将振荡电路输出的正弦波信号转换成脉冲信号; 信号采集电路利用单片机的 PD6 引脚采集 LM393 的脉冲输出. AVR 单片机内部集成了定时/计数器, 利用其定时计数器功能用电子计数法来采集频率, 主要是在单位定时时间里对被测信号脉冲进行计数. 这里主要是对高频信号进行采集, 所以运用测频法^[4]. 用于信号显示的液晶屏选用 LCM128645ZK.

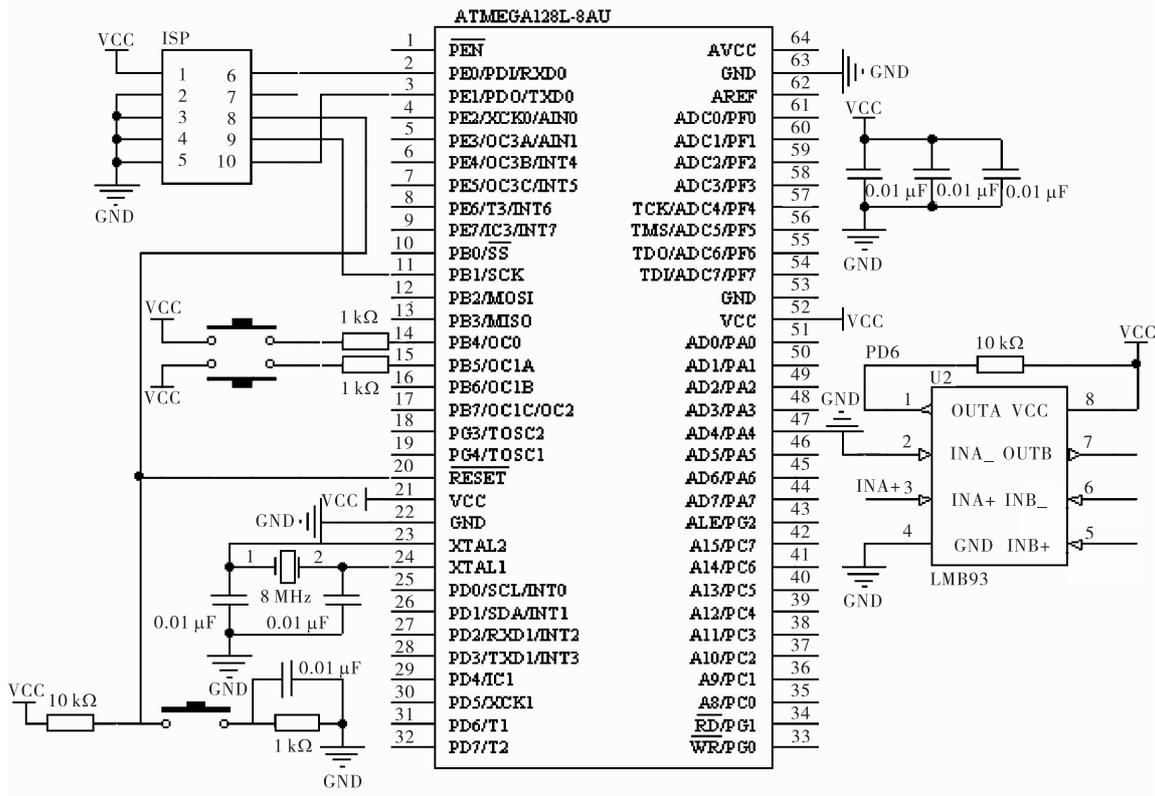


图 4 信号调理及采集电路原理图

Fig. 4 Diagram of signal conditioning and collecting circuit

3 软件设计

采用 ICC AVR 软件进行单片机编程^[5]. 主程序的主要任务是进行系统初始化、识别和解释命令, 并获得转入相应服务程序的入口, 以便完成相应的功能, 并协调各部分软、硬件有条不紊地工作. 单片机系统主程序流程如图 5 所示.

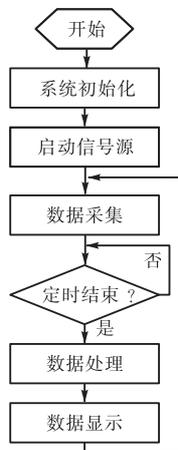


图 5 主程序流程图

Fig. 5 Flow chart of the main program

系统初始化主要是初始化硬件设备和分配寄存器, 寄存器主要包括数据存储寄存器、工作状态寄存器等. 正常工作时系统采集信号发生电路输出的频率值, 并在定时时间内对频率值进行累加, 然后由数据处理模块对采集到的数据进行修正, 消除程序扫描对采集数据准确性的影响, 并将处理后的数据通过液晶屏进行显示. 显示结果为导通频率值, 单位为 Hz.

4 实验

图 6 为测试仪实物图. 从测试仪上部的圆孔插入待测线圈架; 液晶屏可以实时地显示导通频率; 加减按钮可以补偿频率值.



图 6 测试仪实物

Fig. 6 Physical testing instrument

采用美国福禄克公司生产的 PM6304/031 精密电桥对分别放入 20 个检波器线圈架的样环电感值进行了测量,通过式(2)转换为磁导率作为标准值.用

本测试仪对这 20 只检波器线圈架重复进行了 100 次测量,得到导通频率,求其平均值和重复性误差,并用式(7)换算为磁导率.实验结果见表 1.

表 1 实验结果

Tab. 1 Experiment results

线圈架 编号	导通频率/Hz		磁导率		
	平均值	重复性误差	标准值/(H·m ⁻¹)	测量值/(H·m ⁻¹)	相对误差绝对值/%
1	1 705.0	0	1.473	1.472	0.07
2	1 709.0	0	1.453	1.465	0.83
3	1 714.5	1	1.453	1.457	0.28
4	1 696.0	0	1.487	1.486	0.07
5	1 711.0	0	1.456	1.462	0.41
6	1 717.0	0	1.440	1.453	0.90
7	1 765.5	1	1.377	1.383	0.44
8	1 700.0	0	1.481	1.479	0.14
9	1 708.0	0	1.462	1.467	0.34
10	1 712.0	2	1.462	1.461	0.07
11	1 783.0	0	1.353	1.358	0.37
12	1 703.0	0	1.470	1.475	0.34
13	1 782.5	1	1.356	1.359	0.22
14	1 709.0	0	1.453	1.465	0.83
15	1 770.0	0	1.384	1.376	0.58
16	1 702.5	1	1.467	1.475	0.55
17	1 703.5	1	1.467	1.474	0.48
18	1 695.0	0	1.490	1.487	0.20
19	1 691.5	1	1.490	1.493	0.20
20	1 771.0	0	1.369	1.375	0.44

从表 1 可以看出,测试仪导通频率的最大重复性误差为 2 Hz,磁导率相对误差绝对值的最大值为 0.90%,平均值为 0.39%.可见,检波器线圈架磁导率测试仪的测试精度高、重复性好.

5 结 语

本文对检波器线圈架磁导率测试仪的工作原理和软硬件设计进行了研究,并进行了实验验证.系统采用能够输出稳定频率信号的电容三点式振荡电路作信号发生电路,采用 AVR 单片机对频率信号进行采集,并将反映检波器磁导率的频率值实时地在液晶屏幕上显示.实验表明,系统具有较好的准确性和重复性.工厂实际应用也证实了系统的实用性.

参考文献:

- [1] 易碧金. 复杂地区地震数据采集记录系统的设计[J]. 石油物探装备, 1994, 4(3): 7-12.
- [2] 王维波, 周瑶琪, 栗宝鹃, 等. 基于 Cirrus 地球物理测量芯片的微地震数据采集器设计[J]. 物探装备, 2009, 19(5): 281-285.
- [3] 周跃庆. 模拟电子技术基础教程[M]. 天津: 天津大学出版社, 2005: 203-209.
- [4] 彭芬. 基于单片机的低频率量采集设计[J]. 武汉职业技术学院学报, 2008, 7(3): 77-73, 82.
- [5] 陈冬云, 杜敬仓, 任柯燕. ATmega128 单片机原理与开发指导[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005: 292-304.

责任编辑: 常涛