

教学用数控磁场

李荣旺 / 江西省赣州中学

◎ 研究背景

教学仪器的数字化,使很多过去不能做的实验可以做了,过去只能定性分析的实验可以定量分析了,实验教学因此发生了革命性的变化。但笔者发现,目前常用的这些数字仪器都属于计算机技术在数据处理方面的应用,即应用在实验的“下游”。

中学物理中有比较多的实验要用到磁场,如楞次定律、法拉第电磁感应定律、安培力实验等。我们一般是利用各种磁铁产生的磁场完成上述实验的,但磁铁产生的磁场大小未知,控制不方便,很多实验完成的效果并不是很理想。

◎ 解决思路

除了数据处理方面的应用外,计算机还有另一方面的重要应用,即自动控制。能否利用计算机精确控制实验发生的条件,即把数字化应用在实验的“上游”呢?见图1。

笔者制作了一个数控磁场发生器,它能精确产生我们所需的恒定磁场,利用它设计与磁场相关的物理实验,能取得很好的教学效果。

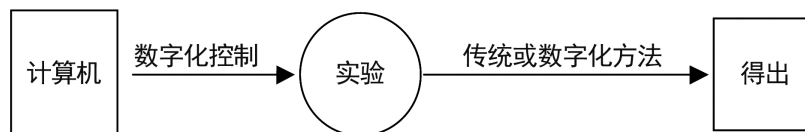


图1 数字化的应用在实验“上游”

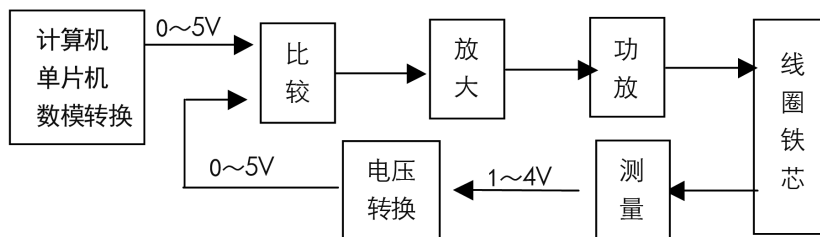


图2 数控磁场发生器系统原理图

下面笔者从电子制作的角度简单地介绍这个仪器。

◎ 设计思路及工作原理

➤ 制作要求

在计算机控制窗口中输入要产生的磁感应强度,就能在输出端产生这个磁感应强度的磁场;在计算机控制页面中输入磁场变化的一些参数,就能产生按该种形式变化磁场;产生的磁场磁感应强度的范围是 $-100\text{ mT} \sim 100\text{ mT}$ 。

➤ 霍尔元件介绍

本制作中用到了一个感知磁

场大小的元件——线性霍尔元件CS49E,其作用是让被测磁场的磁感应强度变化转化为元件输出电压的变化,用它可以检测磁场的有无及其变化情况。从其特性参数可以得知,当无磁场时,输出电压为 2.5 V ;当磁场从其背面进入时,输出电压增大;当磁场从其正面进入时,输出电压减小。磁场每变化 1 mT ,输出电压增加或减小 15 mV 。由此我们可以计算出,当磁场为 100 mT 时,输出最大电压 4 V ,当磁场为 -100 mT 时,输出最小电压 1 V 。

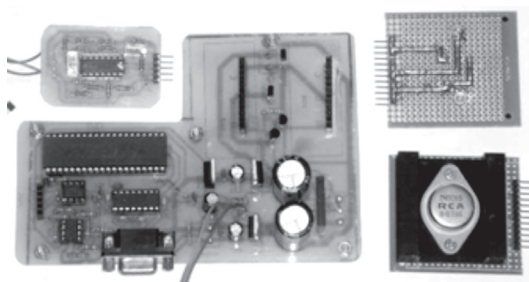


图3 成品电路板

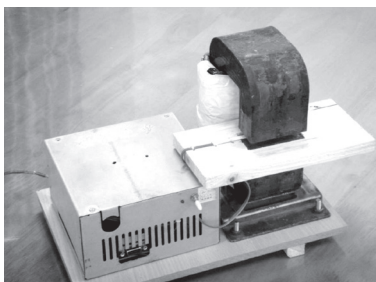


图4 制作完成后的成品

设计思路

系统结构框图如图2所示,这是一个非常典型的闭环控制系统。计算机通过串口控制单片机的数模转换部分输出 $0 \sim 5\text{V}$ 电压作为控制电压。霍尔元件CS49E测量产生的磁场,输出 $1 \sim 4\text{V}$ 的电压经集成运放LM324转换成 $0 \sim 5\text{V}$ 的电压,此电压与控制电压进行比较,如果电压不相等,即产生的磁场不符合要求,则比较结果通过后级的运算放大电路放大后,驱动功率放大电路改变输出电流,直到产生的磁场符合要求。

制作过程

电路板的制作和安装

由于使用到的元件比较多,笔者采用热转印法手工制作电路板。电路板要安装在电脑电源的外壳上,设计电路板形状时,必须充分考虑这一点。为了功能拓展的需要,把传感器部分的电路做在了另一小块电路板上,2个功率三极管也选焊接在万能板上,使用时把它们插在主电路板对应的位置上,制成的成品电路板如图3所示。

变压器的加工

产生磁场的线圈多种多样,根

据需要产生磁场的强弱不同,可以有铁芯,可以无铁芯,可以自己绕制,也可以使用现成的线圈。笔者使用的是D形变压器的铁芯。这就是做实验的磁场空间。

软件设计原理

计算机端程序用VB设计,此程序的功能是接收相关参数,计算出某时刻要产生的磁感应强度所对应的数字量,并把这个数字量通过串口发送到单片机。单片机端利用C语言进行编程,程序的功能是接收串口数据,并把这个数据传输到数模转换芯片TLC5615进行数模转换。

电路调试

电路调试的重点在传感器部分的电路,用测量磁场的仪器(我用的是学校实验室的DIS实验系统)监视线圈铁芯产生的磁场。最终产品见图4。

使用效果

使用过程中发现本人作品产生的磁场在DIS系统的测量范围内($-18\text{mT} \sim 18\text{mT}$)相对较精确。而此仪器能产生的磁场范围远大于这个范围。数控磁场,是笔者制作

的《数字化控制实验仪器系列》中的一个,有了这个仪器,物理实验中做法拉第电磁感应实验和安培力实验将非常灵活,能够很方便地进行定量分析,教学效果非常好。配合其他数字化控制仪器(如数字化电流控制器),可使磁场相关实验的教学发生很大的变化。

该项目获得第28届全国青少年科技创新大赛科技辅导员创新成果物理教学类一等奖。

专家评语

该项目选题新颖,具有实质性创新,对传统方法有突破。作品原理科学,概念清晰,构思巧妙,设计合理,教育性强,作品效果显著,制作规范,具有示范推广价值。希望该项目在教学应用方面做出改进和提升。■