

连续波核磁共振实验装置的改进^①

林悟民¹, 刘朝辉²

(1. 佳木斯大学机械工程学院, 黑龙江 佳木斯 154007; 2. 华南师范大学, 广东 广州 510006)

摘要: 针对连续波核磁共振实验装置中能够产生直流偏置的多模式交变信号功率源的原有设计中, 所选择的传统磁铁笨重且造价高昂的缺点, 本文提出了一款稳定、操作简单快捷的新型磁铁控制功率源. 这样不仅增强了实验参数设置的灵活性, 而且拥有更多的参数和模式, 适合在物理实验中推广应用.

关键词: 核磁共振; 功率源; 电磁铁

中图分类号: O422.1; TP391.7

文献标识码: A

0 引言

连续波核磁共振实验是近代物理实验中具有代表性的一个实验, 是高校本科生必做的近代物理实验之一, 该实验需要的条件之一是在稳恒的强磁场上面叠加一个较小的交变磁场(扫场), 目前的普遍采用的方案是利用永磁体提供强磁场, 而扫场由绕在铁芯上的扫场线圈产生^[1]. 但永磁体的磁场强度是不能改变的, 这样降低了实验操作的灵活性, 影响学生对知识点的掌握.

从降低成本又不减少实验知识点的角度出发, 本文提出的新型磁铁控制功率源, 该功率源驱动绕在永磁体上的一组线圈, 从而能够通过一个线圈改变主磁场大小和扫场的大小和扫场模式. 此外, 本

文提出一种用电脑声卡采集磁共振信号, 并对数字化后的信号进行处理和显示, 将虚拟仪器技术引入实验教学.

1 功率源工作原理及硬件装置

1.1 功率源受控于磁铁

实验是用磁场均匀的钕磁体来提供强磁场, 在钕磁体上缠绕上一定数量的线圈, 再给线圈通上直流偏置的交流电流. 这样, 在钕磁体的强磁场上又叠加上由直流偏置所产生的恒稳磁场. 交流电流会产生扫场. 这样, 利用钕磁铁加一组电磁铁线圈, 就可以实现在可变的稳恒强磁场上叠加扫场., 功率源的电路如图1所示.

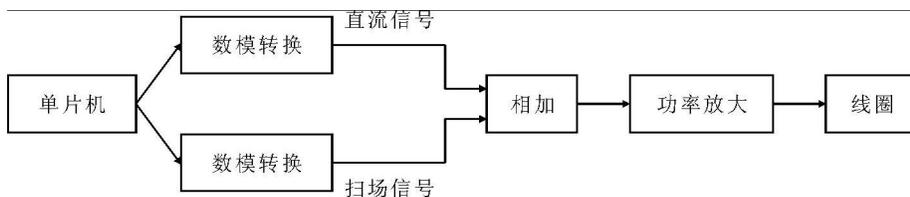


图1 磁铁控制功率源的电路图

前面是用一个单片机(带数模转换性能)来控制两个数模转换器. 其中一个数模转换器可产生一个直流电压(幅度可调), 这个电压经过功率放大后就可以改变主磁场的大小; 另外一个数模转换器可产生一个频率和幅度均可调且波形可变的交变电压, 以此做为最初的扫场信号, 经过放大后驱动线

圈就可以产生模式可变、幅度频率可变的交变磁场. 接下来, 将两个信号相加, 输入到功率放大器中. 最后接通驱动磁铁线圈.

1.2 硬件

该装置主要分两部分. 第一部分是产生原始信

① 收稿日期: 2010-02-10

作者简介: 林悟民(1959-), 女, 黑龙江佳木斯人, 佳木斯大学机械工程学院副教授.

号部分(单片机和数模转换器组成), 第二部分是功率放大部分, 将信号叠加, 然后通过一个能够放大直流和交流信号的功率放大器放大。

第一部分, 数模转换电路主要为数字部分. 为了提高系统的集成度和降低成本, 单片机选用 8051F410, 该单片机的性能: 两个 12 位的数模转换器, 最大数模转换速度为 200bps, 时钟最高可达 50MHz, 并且集合了电压基准和时钟为一体. 只此一个单片机就可以完成第一部分电路的功能, 大大

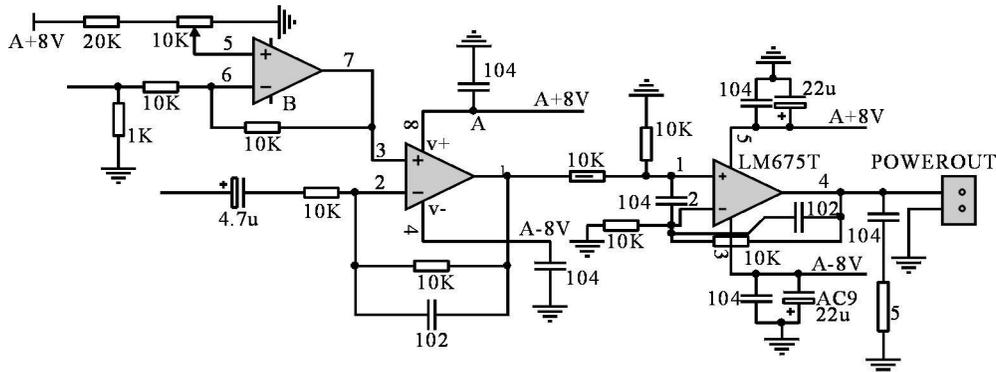


图 2 模拟信号电路

2 软件设计

单片机程序控制两个数模转换器, 实现不同波形的扫场电压和直流偏置电压的输出, 此外还要通过串口与上位机通讯, 根据上位机传来的相应指令改变波形和幅度等参数。

单片机数模转换程序由三个模块组成:

(1) 合成数字频率模块(DDS): 这一模块是用来产生交变信号(幅度、频率、波形均可变). 存储在单片机程序存储器内的波形表由单片机上的定时器周期性查找, 并将波形数据第一时间送到数模转换器, 转换成相应的交变信号. 波形表储有三角波、正弦波、锯齿波备用用于核磁共振的扫场. 在波形数据数模转换前, 还要与波形幅度参数相乘, 从而达到改变波形幅度的作用. 交变信号的频率是通过波形查表取样间隔实现的. 根据核磁共振实验要求, 本系统设计交变信号的频率范围为 0~200Hz, 步进 1Hz; 扫场幅度为 0~1V, 步进 1mV. 由于交变信号的频率完全由单片机时钟决定, 所产生的信号频率和单片机时钟一样精准, 不会像普通模拟信号源那样不稳定. 同时单片机集成的 12 位电流型数模转换器也保证了所产生信号幅度的高精度。

(2) 产生直流偏置信号模块: 这一模块是用来

节约成本, 降低硬件设计难度。

第二部分, 纯模拟的功率放大电路. 加法器选用运放 NE5532(低噪音), 将第一部分产生的原始信号进行叠加, 从而得到一个有直流偏置的交变信号. 然后把该信号输往功率放大电路, 功率放大电路选择美国国家半导体公司生产的 LM675T 功率运放, 该功率运放的性能: 输出最大电流为 3A, 带宽增益可达 5.5MHz, 阻抗输出为 4~8 欧姆. 满足控制要求. 模拟信号电路如图 2 所示。

产生直流信号(幅度可变), 以控制主磁场的强弱. 这个模块和数字频率直接合成模块的控制流程类似, 根据命令要求控制数模转换产生相应的直流电压, 不同的是不需要用定时器周期的从波形表中输出数据, 仅需将命令指定的幅度信号做相应转换后直接输入到数模转换器. 直流信号同样能够达到 12 位的分辨率. 这个系统是将实测的数据拟合成的曲线表存储于单片机上, 然后根据主磁场的强弱变化要求转换成输出电流大小的变化, 电流变化范围为 0~1000 高斯, 1 高斯的分辨率。

(3) 通讯命令模块: 这一模块是用来接收上位机命令(由串口传下来的), 经过解析然后再传给相应的软件模块以改变相应参数. 该系统命令帧的帧头为两个字节, 用 ASCII 码表示频率、幅度、波形等参数, 使该命令具有更好的可读性. 通讯命令的传输速率为 9600baud/s.

3 改进后的实验

为了观察扫场、磁场的变化对核磁共振信号所产生的影响, 在示波器的第一通道接入磁铁功率源的扫场信号; 在示波器的第二通道接入核磁共振信号; 实验样品选用水. 调节磁场偏置和扫场信号, 观测到的核磁共振信号如图 3 所示。

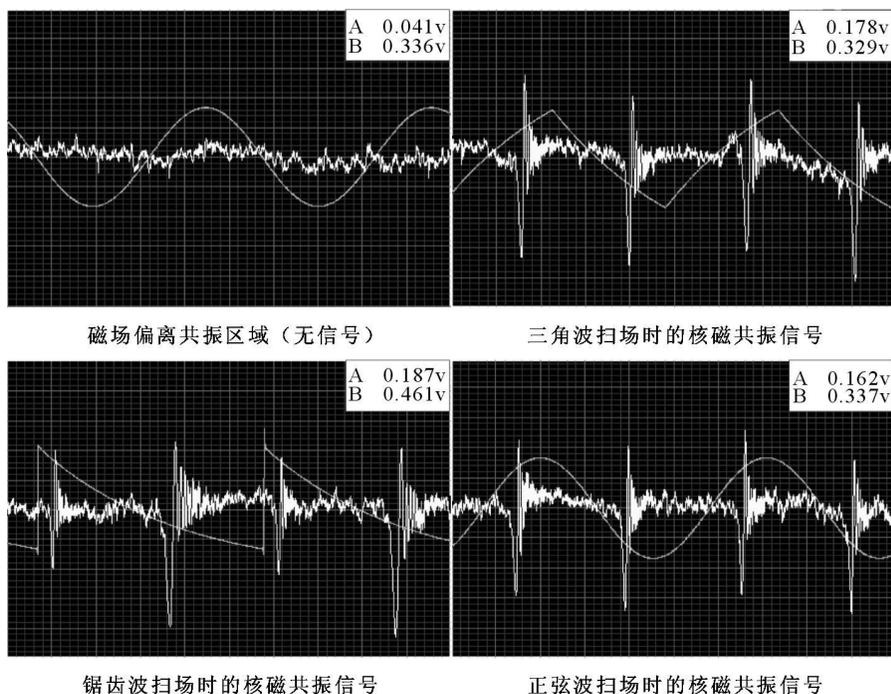


图3 不同磁场偏置和扫场模式的核磁共振信号

通过调节磁铁控制功率源可实现:观察到扫场模式不同、扫场频率变化对核磁共振信号的影响,并且可以清楚地观察到磁场的改变对核磁共振信号的影响,这方面是原有常规的教学用核磁共振实验设备所难以进行的.这一改进,给学生进行进一步的探究性实验提供了更多、更灵活的参数设置.

4 结束语

本文完成了对连续波核磁共振实验装置的改进.这一改进一方面可以摆脱传统实验装置中磁铁笨重和造价高昂的缺点,另一方面可实现多种模式的扫场、信号源更稳定精确、增强了实验参数设置的灵活性,拥有更多的参数和模式.同时本文结合

虚拟仪器技术设计了操作便捷的上位机软件,“软件就是仪器”的概念在本系统中得到充分体现.适合在近代物理实验中推广应用.

参考文献:

- [1] 林木欣,熊予莹.近代物理实验教程[M].北京:科学出版社,1999.
- [2] LM675T DataSheet. National Semiconductor 1999. 5.
- [3] LabVIEW User Manual. National Instruments Corporation, 2003. 7.
- [4] 孙家峰,储陆萍,龚天林.大学物理实验,2009. 2.
- [5] 朱俊,郭原,尚鹤龄,等.云南师范大学学报(自然科学版)[J]. 2009. 3.

The Improvement of Continuous Wave NMR Experimental Device

LIN Wu-min¹, LIU Zhao-hui²

(1. College of Mechanical Engineering, Jiamusi University, Jiamusi 154007, China; 2. South China Normal University, Guangzhou 510006, China)

Abstract: Because of its high cost and weight of traditional continuous wave nuclear magnetic resonance experiment, this paper presented a new magnet power source that is stable and easy in controlling. The power source can produce multi-mode DC bias alternating signal, which not only enhanced the flexibility of the experimental set of parameters, but also had more parameters and models suitable for popularization and application of physics experiments.

Key words: NMR; power source; electromagnet