

基于 LabVIEW 的 XY 记录仪开发

刘方泽

(复旦大学物理系, 上海 200433)

摘要: 利用 LabVIEW 图形化编程语言和数据采集卡开发了 XY 记录仪, 介绍了其硬件和软件的构成, 并将其应用于夫兰克-赫兹实验的数据测量, 结果表明该系统基本可以满足实验需求, 但在硬件和软件上仍有许多需要改进的地方。

关键词: 虚拟仪器 (Virtual Instrument, VI) LabVIEW XY 记录仪 夫兰克-赫兹实验

1 引言

虚拟仪器(Virtual Instrument)是目前世界流行的一种仪器构成方案, 它通过开发测试软件将计算机与具有标准接口的硬件模块结合起来构成仪器系统。虚拟仪器的结构是开放式的, 它的功能可根据用户自身需要而定制。与传统仪器相比, 虚拟仪器提高了仪器资源的通用性、可靠性和测量精度, 并极大的节约了设备成本。

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) 是美国国家仪器公司 (National Instruments, NI) 推出的虚拟仪器开发软件, VI也是LabVIEW首先提出的创新概念。经过二十余年的发展, LabVIEW已成为目前十分流行的虚拟仪器软件开发平台。

XY 记录仪是夫兰克-赫兹实验、小质谱实验等近代物理实验中常用的数据记录仪器。传统的 XY 记录仪通过记录笔和记录纸记录实验测量曲线, 具有诸多缺点: ① 以纸作为存储介质, 每次实验需消耗大量纸张, 既造成浪费, 又不易保存; ② 仅能记录曲线, 而不能转换为数据利用计算机进行进一步处理; ③ 记录笔画出的曲线具有一定宽度, 带来了误差; ④ 记录笔需要定期加墨水, 非常不方便。如果能应用虚拟仪器技术实现 XY 记录仪的功能, 将有效的提高实验测量精度, 同时更便于实验数据的处理。

2 XY 记录仪的设计

2.1 硬件系统设计

数据采集卡是 XY 记录仪的关键部分, 本文中采用 Measuring Computing Corporation (MCC) 生产的 USB-1208FS 数据采集卡采集实验数据。该卡在采用差分模拟输入 (Analog Input) 模式时允许的最大和最小输入范围分别是 $-10V \sim +20V$ 、 $-1V \sim +1V$, 不考虑零点漂移时, 误差范围是 $\pm 0.2\%$, 即 $+1V$ 时误差 2 mV , $+20V$ 时误差 40 mV 。在 Windows XP SP2 操作系统



图 1 USB-1208FS 数据采集卡

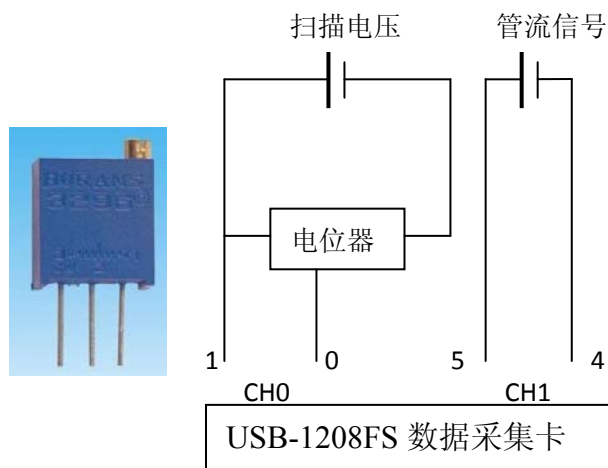


图 2 实验测量电路示意图

下实测 USB-1208FS 可以达到理论最高采集速率 50KS/s，但必须是预先设定采集时间，在采集完成后一次性显示所有数据，如果要实时观察数据曲线，采集速率只有约 200S/s（单通道）和约 160S/s（双通道）。

夫兰克-赫兹实验中信号电流经过微电流放大器放大为电压信号，范围约为零至数百毫伏，数据采集卡可直接测量。而 KG_2 间的扫描电压范围 0~100V，不能直接测量，应至少衰减至 20%以下再用 USB-1208FS 测量，最简单的方法即用电位器分压。为确定电位器的参数，首先测量原 XY 记录仪输入阻抗约 900K Ω ，USB-1208FS 差分输入时阻抗约 150 K Ω ，现有 0~500 K Ω 电位器可满足实验需要。实验时若使用快扫模式，0~100V 需耗时数十秒，以 160S/s 的速率采集将得到近万个数据点，完全可以满足数据处理的需求。最终测量电路如图 2。

2.2 软件系统设计

USB-1208FS 是非 NI 出品的数据采集卡，虽然不能使用 NIDAQ 辅助进行 LabVIEW 程序设计，但可通过调用动态链接库的方法实现对数据采集卡的控制，并且 USB-1208FS 的安装光盘也提供了功能齐全的 VI，一般用户编写 LabVIEW 程序时直接调用这些 VI 即可满足大部分需求。

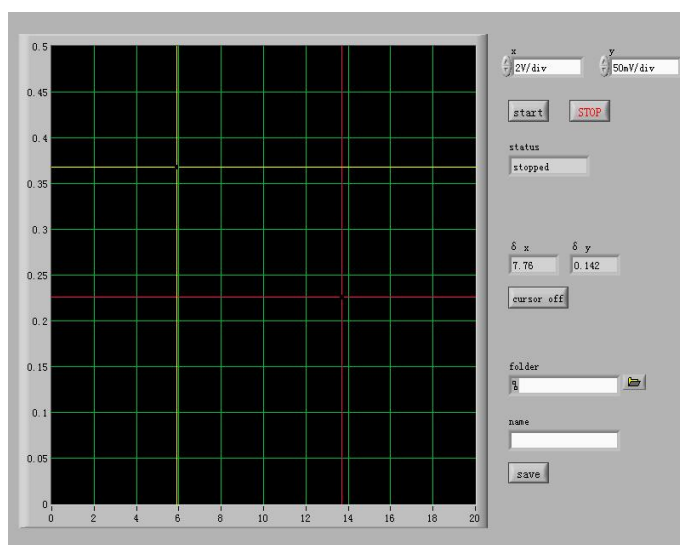


图 3 XY 记录仪程序前面板

测量夫兰克-赫兹实验需两个模拟输入通道分别采集管流和扫描电压信号，可以用两个 AIn.VI 实现，并以此为基础编写连续采集程序模块。完成的 XY 记录仪程序前面板如图 3，X、Y 轴标度可调范围 2V/DIV~ 10mV/DIV，双击图表可增加指针以便于读取峰位和两点间差值，测量数据可保存为 TXT 文件以便于导入 Origin 等数据处理软件进行进一步分析。程序流程图比较复杂，这里仅展示采集数据的模块，如图 4。

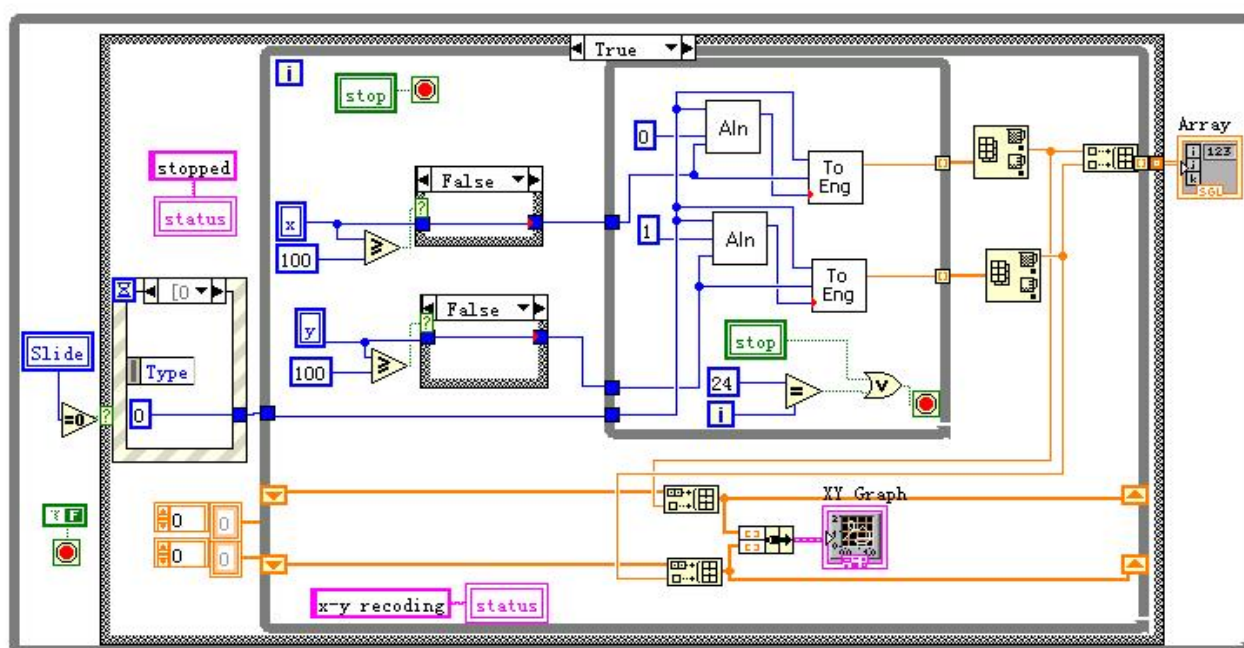


图 4 XY 记录仪程序部分流程图

目前程序仅能实现基本的数据采集和存储，鉴于 LabVIEW 自带了种类齐全的数据处理 VI，未来可在程序中加入多种数据处理功能，如寻峰、曲线拟合、滤波等。

3 实验结果与讨论

实验采用复旦双栅柱面型四极式夫兰克-赫兹管和 F-H-II 夫兰克-赫兹实验仪，实验条件为：灯丝电压 1.8V，控制栅电压 1.1V，减速电压 2V，汞蒸汽温度 150℃。

首先设定扫描电压 0~20V，与数据采集卡 CH0 直接连接，以最大速率记录每个数据点，得到曲线如图 5，可见 U_{G2K} 有大约 0.6V 的波动，这已远大于 USB-1208FS 的误差范围，可认为是电源本身的噪声。从图中可明显看出 U_{G2K} 左右摆动幅度基本相等，考虑可以用取多点平均的方法消除噪声。再次测量保持速率不变，每 40 个数据点进行平均后保存，得到曲线如图 6，噪声显著减小。从图 6 中读取三个峰值对应的扫描点压值：6.06V、10.81V、15.58V，拟合得汞原子第一激发能为 $4.76V \pm 0.01V$ ，与公认值 4.9V 相对误差 2.9%。

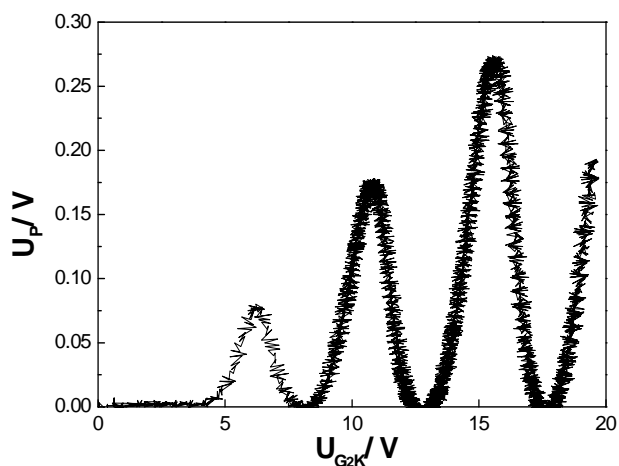


图5 160 S/s 采集速率得到的实验曲线

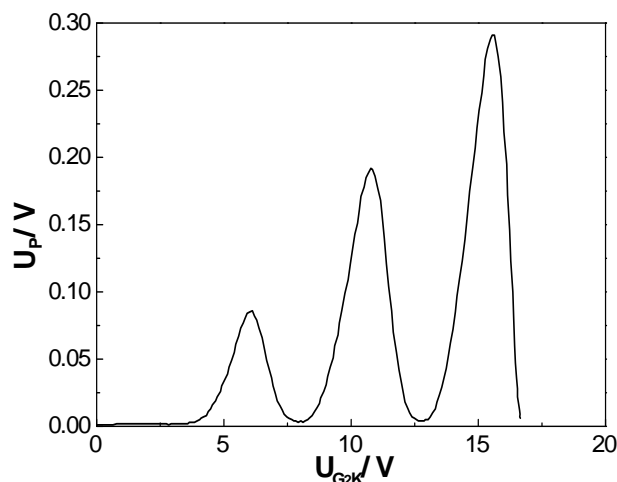


图6 每40个数据点平均后的曲线

再设定扫描电压 $0\sim 80\text{V}$ ，按图2连线，调节电位器使数据采集卡上分压为总扫描电压的20%，记录每一个数据点得到曲线如图7，可见出现了更严重的噪声，继续用取40个点平均值的方法得到图8，曲线变形严重。仔细观察图7可发现大部分噪声点是由于 U_{G2K} 偏小，消除这种噪声的一个简单方法是保留若干个点中 U_{G2K} 最大的点，尝试每25个点中取一个点得到图9，这时噪声已得到很好的消除。

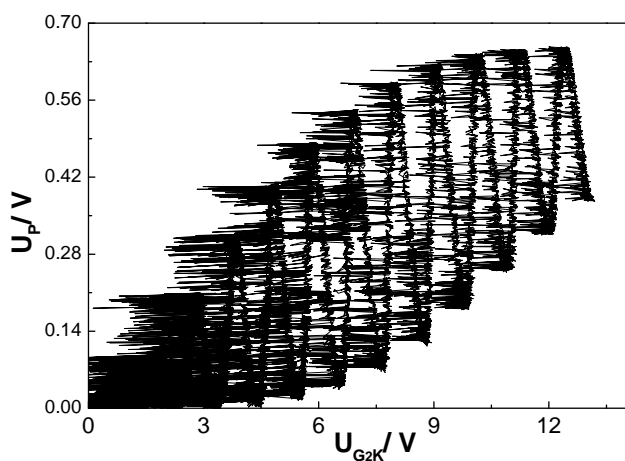


图7 $0\sim 80\text{V}$ 扫描记录每个数据得到的曲线

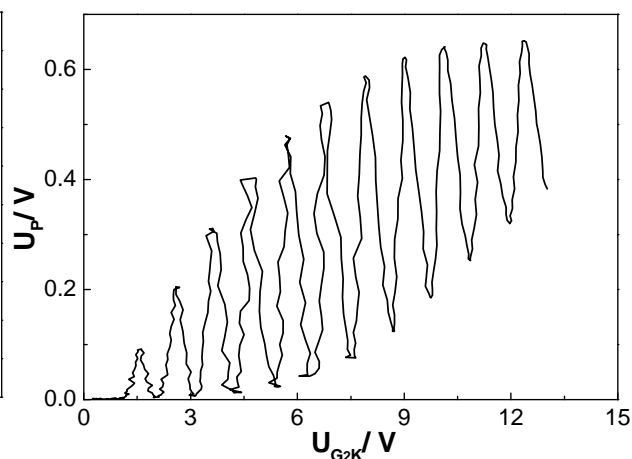


图8 图7中每40个点平均后的曲线

将图9中 U_{G2K} 除以0.2，再读出各个峰值对应的 U_{G2K} ，如表1，进行线性拟合得到了汞原子的第一激发能为 $5.29\text{V}\pm 0.03\text{V}$ ，与公认值 4.9V 相对误差8.0%，线性相关系数0.99954。虽然第一激发能误差较大，但线性相关系数很接近1，说明误差来源于实际数据采集卡上分压率略小于20%，如果用更精确的电压表测量分压比例，这一误差即可减小。

N	1	2	3	4	5	6	7
U_{G2K}/V	10.16	15.05	19.98	25.00	30.00	35.31	40.49
N	8	9	10	11	12	13	14
U_{G2K}/V	45.93	51.34	56.83	62.34	67.86	73.58	78.19

表 1 计算汞的第一激发能

下面讨论图 7 中巨大噪音的来源。两组实验条件唯一不同的便是是否接入电位器，而电位器本身较精密，考虑到实验时电位器以及导线没有任何电磁屏蔽措施，因此可判断噪声的主要来源是电路受到的外界干扰。如果对系统进行改进，可将所有测量电线换成同轴电缆线，并将电位器装入金属机箱内，这样可以有效减小测量噪声。

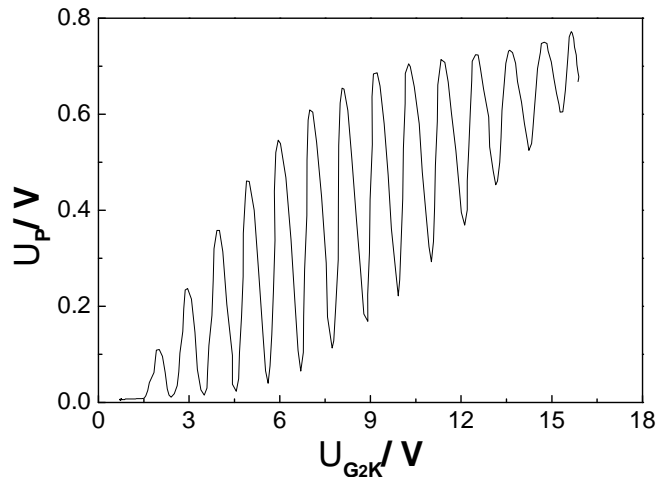


图 9 每 25 个点取最大值后得到的曲线

进一步提高实验精度可以从微电流放大器入手。F-H-II 弗兰克-赫兹实验仪对 $10^{-7}A$ 电流仅能放大到 $1V$ ，相当于放大 10^7 倍，而如果使用 OPA627 等高性能运算放大器并配合使用 $100M\Omega$ 电阻，将实现 10^8 倍放大，这时电压信号约十伏，数据采集卡测量误差就可以减小，同时可实现更小信号的测量。

4 结论

我们通过用 LabVIEW 编程控制数据采集卡开发了具有 XY 记录仪功能的虚拟仪器，对弗兰克-赫兹实验的测量表明虚拟 XY 记录仪已能够代替传统 XY 记录仪，但在硬件抗干扰能力和软件数据处理能力上仍有待进一步完善。

5 致谢

感谢俞熹老师、白翠琴老师的指导，感谢顾尧、陈亮和王扬同学的讨论和帮助。

参考文献

- [1] 杨乐平等. LabVIEW 高级程序设计.北京:清华大学出版社,2003.
- [2] USB-1208FS User's Guide. Measurement Computing Corporation.2006.
- [3] 近代物理实验. 复旦大学物理系. 2008.

Development of X-Y Recorders based on LabVIEW

Liu Fangze

(Department of physics, Fudan University, Shanghai 200433, China)

Abstract X-Y Recorders was developed by using LabVIEW and a data acquisition card. The components of its software and hardware were induced in this paper. It is verified that the X-Y Recorders could be used for data recording in the Franck-Hertz experiment. However, there are still some defects to overcome.

Key words Virtual Instrument X-Y Recorders Franck-Hertz experiment

s