

虚拟仪器法设计数据快速采集 γ 射线能谱仪

蔡思静 乐仁昌 何志杰

(福建师范大学物理与光电信息科技学院 福州 350007)

摘要 采用 LabVIEW 开发平台, 用虚拟仪器技术进行了 γ 能谱仪的设计和开发。简述了 γ 能谱仪硬件组成、参数要求、软件设计原理及功能。采用高速数据采集卡, 使数据采集速度远大于 LabVIEW 开发软件的读取速度。系统中嵌入运行速度很快的采集控件, 成功地解决了仪器读写速度匹配问题, 提高了仪器的性能。

关键词 γ 能谱仪, 多道脉冲幅度分析器, LabVIEW, 动态连接库

中图分类号 TH842

γ 射线能谱测量是一种重要的核地球物理方法, 在地球科学、核科学及环境科学中应用广泛^[1]。近些年来, 我国先后研制了 256 道微机化能谱仪、轻便能谱测井仪、手持 NaI 多道谱仪等。特别是随着微型机引入 γ 能谱仪, 研制出了 2048 道能谱测井仪, 以及建材专用低本底多道 γ 能谱仪系统等。这些仪器由探测器、多道分析器、计算机三部分组成。探测器采集的信号输入到多道谱分析器, 在多道脉冲幅度分析器中放大、整形及 A/D 转换, 再将幅度分析数据进行计算机处理。

随着虚拟仪器 (Virtual instrument, VI) 技术的发展, 通过软件设计开发, 不仅可缩短研发周期、降低开发成本、方便系统维护, 并可取代传统仪器中的硬件来实现仪器的功能, 仪器设计更为灵活和开放。

采用 LabVIEW 开发平台, 可合理使用其接口技术, 结合其它开发软件的性能, 以及软件工程的思想, 采用软件复用的方式组装已有的软构件, 切实解决设计过程中存在的问题, 弥补 LabVIEW 自身的不足^[2]。

1 系统概述

1.1 硬件组成

本设计硬件部分由探头、采集卡、计算机 (虚拟 γ 能谱仪软件系统) 三部分组成。与现行虚拟仪器中独立的多道分析系统比较, 本设计在结构上更为紧凑。

γ 能谱探头采用通用 NaI 探头, 信号幅度 0.05

—3.5V, 信号脉冲宽度 1—5 μ s, 噪声 <0.03 V, 输入工作电压为+12V, 输出信号幅度范围为 0—6.8V, 能量分辨率 $\leq 12\%$ 。采用 PCI-DAS4020/12 数据采集卡, 该卡为四道 PCI 总线插卡, 每通道一路 A/D, 采样速率为单通道 20MHz 连续、双通道 20MHz 连续、四通道 10MHz 连续, 12Bit A/D 分辨率采集数据, A/D 转换时间 40ns, 输入带宽 17MHz, 精度 3.0LSB, 典型值 5.5LSB, DMA 数据传输, 总线控制。此外, 采集卡上所有地址、中断、通道均由软件设置, 支持 Labview^[3]。探头输出信号由数据采集卡采样, 采样值经 ADC 转换成数字信号, 保存在采集卡的临时环形缓冲区。采集卡通过 PCI 总线与计算机相连, 将数据送入计算机内存缓冲区, 然后通过多道脉冲幅度分析模块对内存缓冲区的数据进行幅度提取和分类。LabVIEW 函数库中提供了可用作幅度提取的寻峰模块, 但因其通用性, 降低了运行速度。为此, 该系统设计了相应的幅度提取模块。该模块只分析随机核脉冲信号的幅度分布, 即单参数脉冲幅度分析。在采样率确定的情况下, 如出现 3 个连续上升的采样点, 且紧随该采样点之后的 2 个采样点依次下降, 则确认该采样脉冲为峰值读入。由于 DAQ 采样缓冲后采用分块隔离读取, 所以在每次数据处理时重复读入上一次采样的最后两个采样点, 以减小分块隔离造成的影响。这样, 连续的采样数据经过幅度提取运算得到脉冲幅度值, 作为幅度谱存储的地址码。按地址码取出该道已有数据送到数据寄存器上进行加 1 操作, 再将寄存器中的新数据写入该道中, 谱数据存储单元的地址码和计数值共同送入谱显示窗口, 以道址为横坐

国家自然科学基金 (10575022) 项目

第一作者: 蔡思静, 女, 1983 年出生, 2004 年毕业于福建师范大学, 目前为福建师范大学物光院研究生, 主要从事计算机应用和核技术应用研究

收稿日期: 2006-11-07, 修回日期: 2007-01-29

标、以计数为纵坐标在屏幕上实时显示。

1.2 软件设计

NI 公司 LabVIEW 是虚拟仪器开发平台中的佼佼者，其开发系统可运行于通用的操作平台，还提供了各类虚拟仪器界面和大量高级分析函数。同时，PCI-DAS4020/12 带有 LabVIEW 的驱动程序，应用 LabVIEW 平台编程时可直接调用软件包中提供的驱动程序和相应的 VI。因此，系统设计采用 LabVIEW 开发平台。

软件设计采用模块化设计理念，通过软件折衷策略，协调各个质量因素，实现整体质量最优。系统首先通过采集控制，读入原始数据，经过脉冲幅

度分析，进行谱显示。随后就可以根据相应的要求将数据进行谱平滑、谱寻峰、感兴趣区分析等谱处理控制，提供各类实际应用功能。软件功能分四个部分：

- (1)采集控制：初始化、开始采集、结束采集、定时控制、谱数据显示、脉冲幅度分析、实时显示多道数据。
- (2)文件管理：能谱数据读入、能谱数据保存。
- (3)谱处理：谱寻峰、谱平滑、感兴趣区操作、能谱刻度。
- (4)实际应用：铀钍钾含量分析、岩石特性分析等。

系统界面设计如图 1。

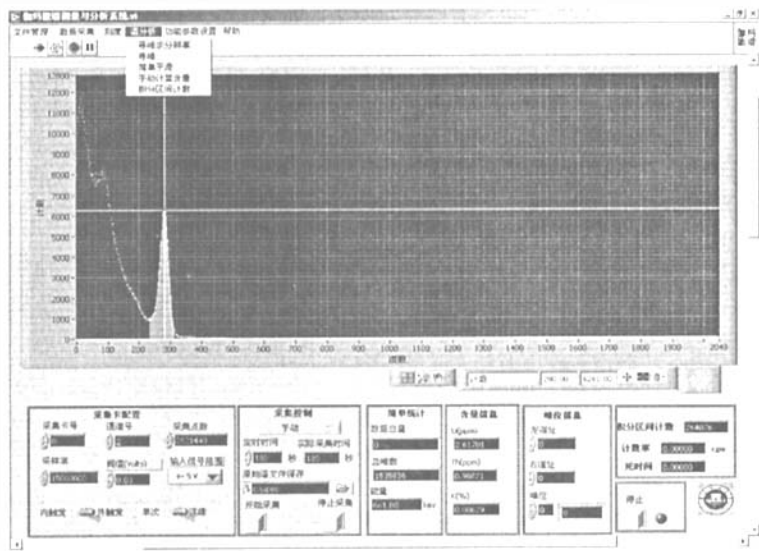


图 1 γ 能谱仪系统界面
Fig.1 Interface layout of the γ -ray spectrometer

2 软构件接口调入技术

2.1 难点分析

在软件开发过程中，首先是读取数据，进行幅度提取、求出道数，然后进行谱显示、谱分析控制。因此，得到有效、可靠的数据是第一步，也是整个系统可靠性的保证。为尽可能地获取有效数据，具体的解决方案体现在硬件上：数据采集卡的采样率必须达到最低要求（4MHz 的采样速率）。软件上：数据处理的速度需要同采集的速度匹配，否则将造成数据丢失，产生死时间。

在“读数据”模块中，将采集卡输入的数据存入一个大小为 1M 的内存环形缓冲区，VI 从该缓冲

区读取数据进行幅度分析。由于采样数据的随机性、存储空间限制等诸多因素，VI 在读取数据时要注意以下几点：

- 1) 每次 VI 读取的数据量，均不能超过缓冲区的大小（1M），以避免读取无效数据。
- 2) 记录当前访问的结束地址(尾地址)，以便计算下次访问的入口地址，保证程序的记忆功能。
- 3) 计算入口地址时，取出上次访问的尾地址，并前移若干字节，避免数据丢失，如图 2（a）。
- 4) 缓冲区 1M 的空间存满后，数据循环存储。“读数据”模块通过地址设定实现同步循环读取，如图 2（b）。根据设计要求，给出软件设计流程图，如图 3。

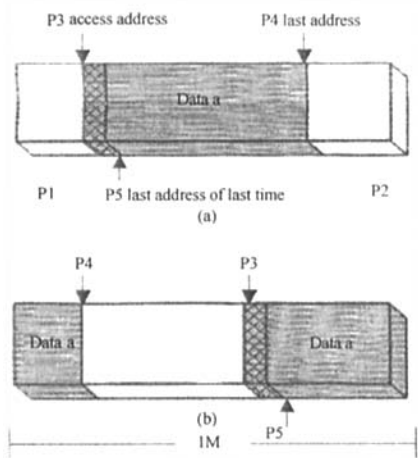


图 2 存取示意图
Fig.2 Flow chart of the reading and writing

该数据空间中的值；如 $a > b$ ，则通过程序地址控制模块，读取入口地址 P3 到 P2 中的数据，以及缓冲区起始地址 P1 到尾地址 P4 空间中的数据量。结束一次读取，判断是否执行下次读取功能。

要确保每次采集卡送入数据不溢出 1M 空间，就必须满足 VI 的读取速度匹配于采集卡采集速度。在本系统中，探头的信号脉冲宽度是 $1\text{--}5\mu\text{s}$ ，决定了采集卡采用的最低采样速率为 4MHz。同时，在软件设计部分，VI 循环读取 1M 的存储空间，相对 4M 的采集速度，就限定软件读取部分的速度必须在 125ms 以内。通过实测，发现 VI 读入的数据不准确。直接通过 LabVIEW 编写的循环读取数据的模块执行时间在 $250\pm 50\text{ms}$ 。显然它无法达到速度的最低要求。因此，存在采集卡存入数据的速度比执行程序读取数据的速度快，从而产生数据大量丢失的问题。

2.2 设计分析

根据前文分析，采用纯 LabVIEW 代码实现对缓存数据的读取速度远低于采集卡的写入速度，而造成读写速度不匹配，这是因为 LabVIEW 中循环模块的设计执行时间很慢。针对该问题，可以有两种解决方案，一种解决方案是降低采集卡的写入速度，但是会大大降低整个系统的性能；另一种解决方案是提高 LabVIEW 的数据读取速度。

LabVIEW 强大的外部接口能力为程序速度控制设置提供了基础。为此，我们在解决速度匹配问题时，采用在 VC 平台上，通过 C++ 开发数据读入的功能模块，生成 .dll 类型的动态链接文件，程序通过软件接口调入该 .dll 文件读入数据。

2.3 软件实现及性能测试

数据读取软件系由 CLF(Call library function)节点实现，它可随意地调用 API 函数。通过它调用我们用 VC++ 平台开发的 mydll.dll 库文件里的 ReadBuffer 函数，以实现数据的读入操作。部分代码如下：

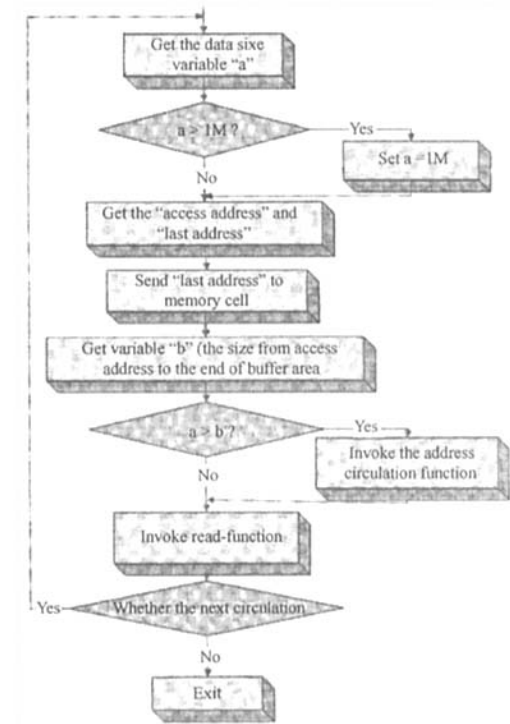
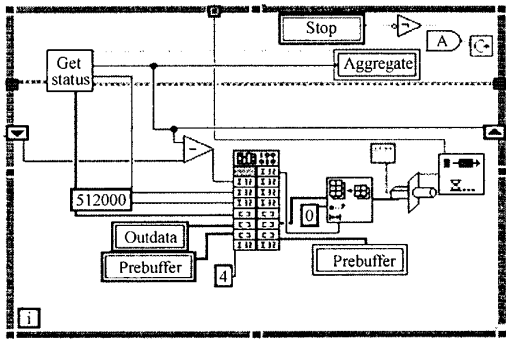


图 3 读取数据流程图
Fig.3 Flow chart of the data retrieving

该“读数据”模块首先获取需读取的数据量 a ，判断该数据量 a 是否大于 1M 缓存空间。如大于 1M，则强制将其大小设为 1M。结合程序记忆功能，取出存储单元中上次访问的“尾地址”P5，计算得出“入口地址”P3 和“尾地址”P4，将 P4 存入存储单元。然后根据数据量 a 是否大于 P3 到缓冲区终点地址 P2 的空间数据量 b 判断读取方式。如 $a \leq b$ ，直接读取



ReadBuffer 函数用于数据的有效读取, 部分代码如下:

```
declspec(dllexport) long ReadBuffer(long rdcnt, long
curindex, long sizedata,
unsigned short int data[], unsigned short int out-
data[], unsigned short int prebuffer[], long prebuffer-
size)
{int index, count, type;
long sizeoutdata;
type=sizeof(unsigned short);
if (rdcnt>sizedata)
{rdcnt=sizedata;}
index=(curindex+1-rdcnt+sizedata)%sizedata;
memcpy(outdata, prebuffer, prebuffer*type);
if(index+rdcnt>sizedata)
{count=sizedata-index;
mem-
cpy(outdata+prebuffer*type, data+index, count*type);
mem-
cpy(outdata+count+prebuffer*type, data, (rdcnt-count)*t
ype);}
else
{memcpy
(outdata+prebuffer*type, data+index, rdcnt*type); }
memcpy(prebuffer, outdata+rdcnt, prebuffer*type);
sizeoutdata=rdcnt+prebuffer*type;
return sizeoutdata; }
```

该循环的执行时间在 100 ± 10 ms, 基本上同数据采集时间相匹配。脉冲采样速度 20M; 最小脉冲宽度 0.25 μ s; 死时间 ≈ 0 s; 在室温 16—25 $^{\circ}$ C 条件下,

每隔 30min 测量一次 ^{137}Cs 谱线, 每次测量持续 5min, 连续工作 8h。系统工作状态稳定, 测出峰位漂移小于 1%。求出每组谱线的能量分辨率, 该能量分辨率平均值为 11.59%。据此, 各个参数基本满足系统研发需要, 这为系统进一步分析数据提供了有效的数据基础。

3 结束语

随着计算机技术的发展, 虚拟仪器的开发也将更为灵活, 并可通过网络与其他设备、网络交互。通过软件设计的虚拟能谱仪, 可克服硬件条件的诸多束缚, 为系统开发提供更广阔的空间, 也降低了成本及研发周期。此外, 通过软件开发平台强大的外部接口能力, 充分利用其他开发软件的功能, 可编写出功能更为强大的应用软件。我们将不断努力, 设计出功能更为强大的虚拟仪器平台。

参考文献

- 1 方方. 野外地面伽玛射线全谱测量研究: [博士学位论文], 成都理工大学: 成都理工大学档案馆, 2001
FANG Fang. Studying of field gamma-ray full spectrometric surveying: Chengdu University of Technology: Chengdu University of Technology archives, 2001
- 2 林锐. 软件工程思想, <http://scsc.hnu.cn/rjxy/kcjs/Software/html/ruanjiangongchengsixiang.pdf>
LIN Rui. Software Engineering <http://scsc.hnu.cn/rjxy/kcjs/Software/html/ruanjiangongchengsixiang.pdf>
- 3 PCI-DAS4020/12 Analog and Digital I/O Board User's Manual

A fast data collection γ -ray spectrometer designed by virtual instrument technique

CAI Sijing LE Renchang HE Zhijie

(Department. of Physics and Opto-electronic Technology, Fujian Normal University, Fuzhou 350007)

Abstract A gamma-ray spectrometer was developed based on LabVIEW programming technique. The hardware configuration, parameter requirements, software design and performance of the γ spectrometer were described. With a high-speed data-collection card, its data collection was much faster than reading speed of the LabVIEW software. In order to solve the access rate-matching problem, a collecting component with very high operation speed was used. This improves the system's performance.

Keywords γ -ray spectrometer, Multi-channel pulse amplitude analyzer, LabVIEW, Dynamic link library

CLC TH842