

文章编号:1000-6931(2001)05-0460-05

虚拟单道-定标器的设计

曹子雄,陈川,刘松秋

(北京大学 技术物理系,北京 100871)

摘要:介绍了采用基于微机数据采集卡的虚拟单道-定标器的设计方法。它综合了传统单道和定标器两种仪器的功能,可用于射线的能谱测量中,体现了虚拟仪器技术的灵活性和可重构性,扩展了虚拟仪器在核物理实验中的应用。

关键词:虚拟仪器;单道;定标器

中图分类号:TL8 **文献标识码:**A

虚拟仪器技术把计算机资源、接口硬件和用于数据采集、数据分析及图形用户界面的应用软件有机结合起来,它的图形开发平台为测量工作者提供了全新的仪器设计方法。

插入式数据采集卡(DAQ)是虚拟仪器中最常用的接口形式之一,它可以将现场数据直接采集到计算机内存中,然后,进行各种数字信号处理。随着硬件生产技术的不断提高,功能更完备、性能更优越的各种 DAQ 插卡产品正在不断面市。目前,DAQ 插卡已具有每秒几兆次的采样率,精度高达 24 位,可以完成模拟波形采集与产生、数字信号采集、模拟 I/O、数字 I/O、定时 I/O 工作,具有可靠性高、功能灵活、性能价格比高等特点。用 DAQ 卡配以计算机平台和虚拟仪器软件,便可构成各种数据采集仪器/系统。本工作拟采用基于微机的数据采集卡来设计虚拟单道-定标器。

1 系统硬件构成

本系统采用美国 NI 公司的 PCI 总线 E 系列多功能数据采集卡(PCFMIO-6111E),有 2 个差分模拟输入通道,单通道采样率最高达 $5 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$,ADC 精度为 12 位;可以采用直流或交流耦合的差分或双极性信号;可编程的输入电压范围最大为 $\pm 42 \text{ V}$;可编程放大倍数有:0.2、0.5、1、2、5、10 和 50;支持模拟/数字触发方式。脉冲信号由 DAQ 卡模拟信号输入端输入,在 DAQ 卡上完成采样、量化与编码,并采用 DMA 的方式送到指定的内存缓冲区。缓冲区采用环形缓冲区结构,在虚拟定标器软件对原始的采样数据进行实时处理的同时,不间断采样。

收稿日期:2000-06-12;修回日期:2001-01-04

作者简介:曹子雄(1975—),男,安徽宣城人,硕士,核电子学专业

本系统在微机(400 MHz Pentium、64 M 内存)上调试通过。

2 系统软件设计

2.1 前面板

虚拟单道-定标器的前面板示于图 1。它采用 LabVIEW 提供的数值、数组、逻辑、菜单和文字框等对象组成。从功能上可以分成 4 个部分。

- 1) 传统单道和定标器的控制和显示部分:单道的积分/微分工作方式,阈值与道宽的大小;定标器的定时方法,定时的时间间隔大小;计数显示,可以实时地显示当前计数。
- 2) 系统设置功能:设置采样点数、采样率、触发方式、波形、幅值等。
- 3) 原始数据的存储与处理:每次计数结束之后,实验次数、时间间隔与相应计数值保存在数组里;平均计数率由数组中计数值对时间间隔求平均得到;原始数据及平均计数率可以存储在文件里,也可通过打印机打印出来。
- 4) 帮助菜单与窗口,可以动态和交互式地显示仪器的信息及操作提示。

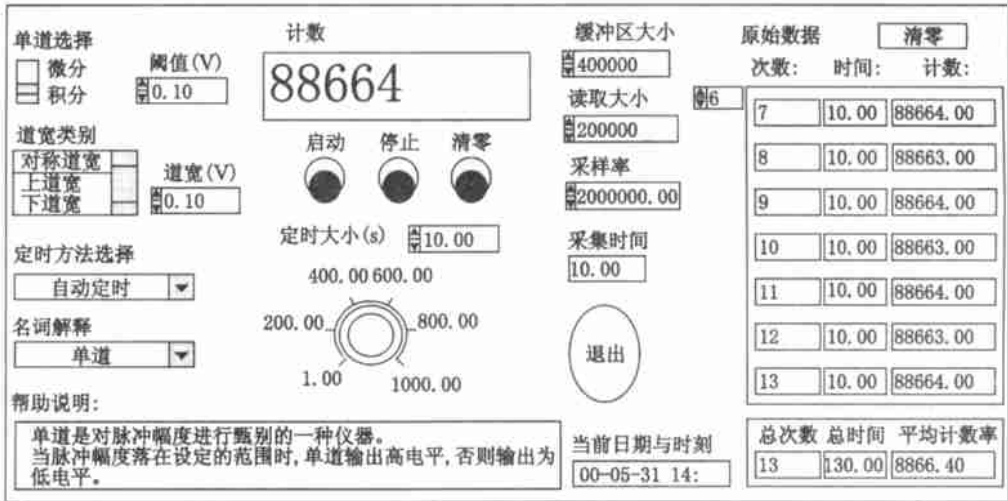


图 1 虚拟单道-定标器的前面板

Fig. 1 Front panel of virtual single-channel scaler

2.2 数据采集与处理程序

虚拟单道-定标器的数据采集与处理程序框图示于图 2。

数据采集程序采用 NI-DAQ 提供的中级模拟信号输入 (Intermediate Analog Input) VI 对数据采集卡进行设置和控制。首先,调用 AI Config. vi 进行初始化,设置设备号、通道名称和缓冲区大小,用 AI Start. vi 设定采样率,选择工作方式为连续采样;然后,启动数据采集卡进行连续采样。由于采用环型缓冲区结构,数据采集和数据处理可以同时进行。AI Read. vi 根据一次读取的采样点数读取缓冲区,输出数据为二维数组。采样值数组送入幅度提取模块进行计算,得到脉冲幅度。脉冲幅度与单道的幅度范围进行比较,界于其中的峰的个数为单道的输出脉冲个数,累加到定标器的计数变量中。利用循环结构可以进行实时采集、处理与计数显示。采集结束后退出循环,由 AI Clear. vi 停止采样并释放相应的内部资源。

脉冲幅度计算是处理程序中重要的一步,其算法的复杂与否直接影响程序的运行速度,从而决定了虚拟单道-定标器工作在实时采集时的最大采样率。LabVIEW 函数库中提供了寻峰模块 Peak Detector. vi,可直接用来对采样数据进行寻峰,得到峰位、幅度及其方差等信息。但由于其通用性,过多的计算降低了它的速度,为此,本工作自行设计了简单的寻峰方法,如下:设 $X(n)$ 为第 n 个采样值,当 $X(n)$ 大于本底阈值并且 $X(n-1) < X(n), X(n) > X(n+1)$ 时,认为 $X(n)$ 为峰值。寻峰程序的流程图示于图 3。

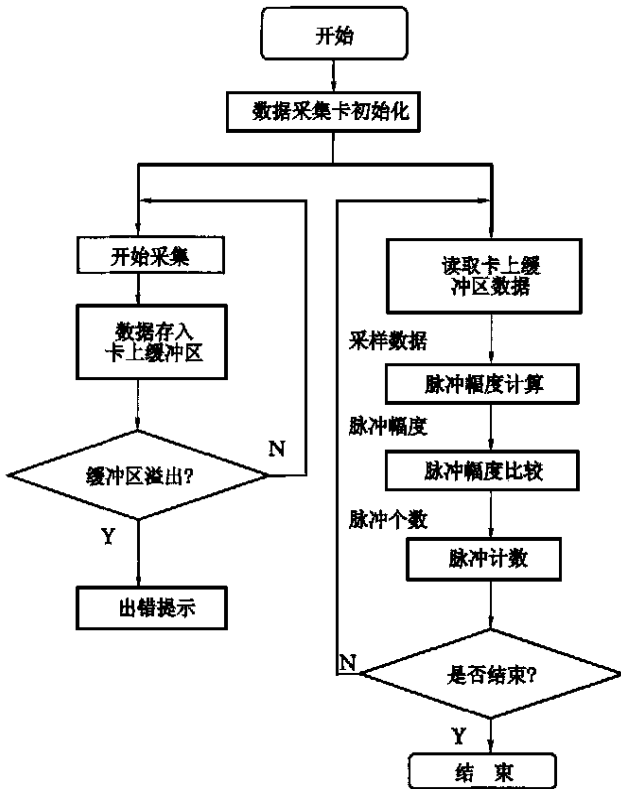


图 2 数据采集与处理程序框图

Fig. 2 Data acquisition and processing diagram

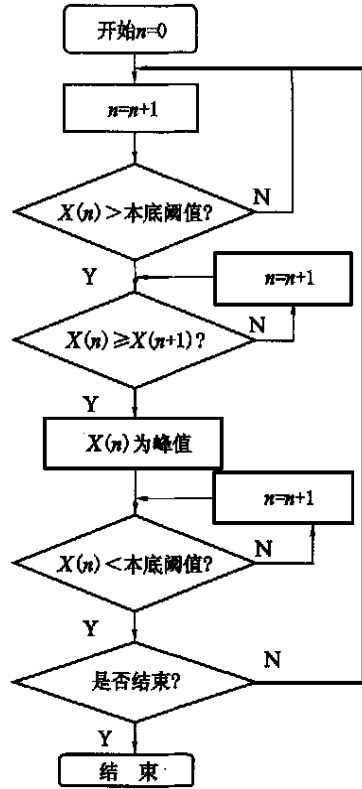


图 3 自编寻峰程序流程图

Fig. 3 Peak detector diagram

采用 NIM FH1013A 精密脉冲产生器、FH1002A 线形放大器产生脉冲信号。脉冲宽度为 $20 \mu s$, 重复频率为 $9\ 000\ s^{-1}$, 幅度为 $1\ V$ 。数据采集卡的采样率设为 $1 \times 10^6\ s^{-1}$ 。采集一定时间的数据后,使用自编寻峰程序和 Peak Detector. vi 程序对同一组采样数据进行寻峰处理。两者处理结果的比较表明:在数据量较小时,自编寻峰程序的运行时间仅为 Peak Detector. vi 程序的 $1/3$;数据量较大时,约为后者的 $1/2$ 。

单道的幅度范围由其工作方式决定,共有 4 种:

- 1) 积分单道:幅度范围为(阈值, +) ;
- 2) 微分单道,对称道宽:幅度范围为(阈值 - 道宽/2, 阈值 + 道宽/2) ;
- 3) 微分单道,上道宽:幅度范围为(阈值, 阈值 + 道宽) ;

4) 微分单道,下道宽:幅度范围为(阈值,阈值-道宽)。

3 虚拟单道-定标器的功能与技术指标

虚拟单道-定标器的功能与技术指标如下:

- 1) 所有操作由计算机的虚拟面板完成;
- 2) 定标器有多种工作方式:手动定时、半自动定时、自动定时以及定数计时;
- 3) 所有实验数据均保存在内存缓冲区,可以多种文件格式写入与读出;
- 4) 交互式帮助与提示信息;
- 5) 输入脉冲幅度:50 mV ~ 42 V;
- 6) 输入脉冲极性:正或负;
- 7) 输入脉冲宽度:10 μs 以上;
- 8) 计数容量:0 ~ 4 294 967 295 ($2^{32} - 1$);
- 9) 定时间隔可以 s 为单位连续调节,范围基本上无限制(1 ~ 4 294 967 295 s,约为 136 a);
- 10) 最大计数率:1 $\times 10^5 \text{ s}^{-1}$;
- 11) 双脉冲分辨时间:10 μs ;
- 12) 单道工作方式:微分与积分;
- 13) 单道道宽设置方法:对称道宽、上道宽、下道宽。

4 虚拟单道-定标器在 射线能谱测量中的应用

4.1 实验内容

测量²⁴¹Am 和²³⁹Pu 的混合 射线源的能量积分谱与微分谱。

实验装置系统示于图 4。其中:线性放大器为 NIM 仪器(FH1002A),输出脉冲宽度 > 15 μs 。定标器为 FH1011A,单道分析器为 FH1006A。

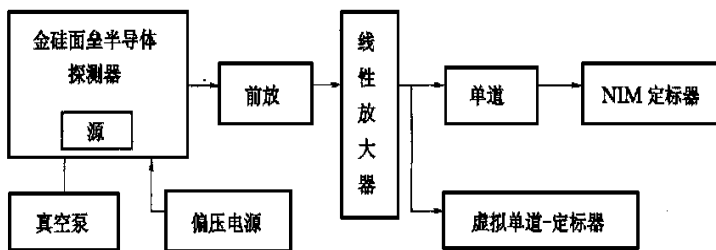


图 4 虚拟单道-定标器在 射线能量测量中的比较实验

Fig. 4 Virtual single-channel scaler in the comparison experiment of measuring the energy of α -particle

4.2 实验结果

设置数据采集卡采样率为 $1 \times 10^6 \text{ s}^{-1}$,计数定时为 100 s。虚拟单道-定标器功能选择设为积分单道,与 NIM 定标器同时进行测量。测得的积分能谱示于图 5。由图 5 可见:虚拟单道-定标器与 NIM 单道和 NIM 定标器组成的系统间的计数的相对偏差小于 1 %。

从积分谱上可看出:其计数的变化主要在 4.2 V 到 4.6 V 之间,因此,峰位也在此区间。

利用虚拟单道-定标器的微分单道功能测量辐射的微分能谱。为此,固定虚拟单道-定标器的道宽为 0.05 V, 阈值在 3.8 ~ 4.7 V 范围内以 0.05 V 为步长依次递增。测得的微分谱示于图 6。从图 6 可清楚地辨认 Pu 峰和 Am 峰。如果减小道宽和阈值变化的步长, 并增加计数的时间, 可以得到更好的谱图。

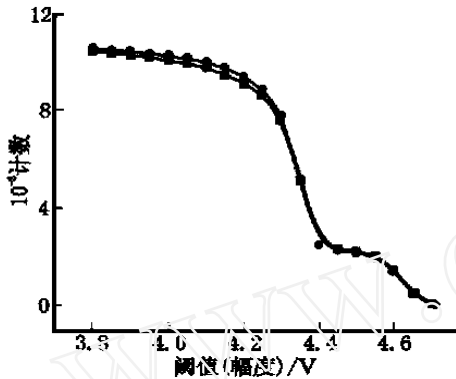


图 5 NIM 插件与虚拟单道-定标器积分谱比较

Fig. 5 Comparison between NIM and virtual single-channel scaler in integral spectra

—NIM 插件; ——虚拟单道-定标器

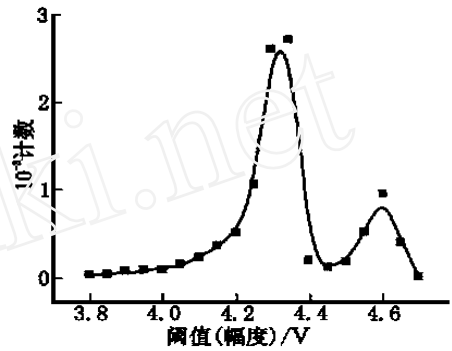


图 6 虚拟单道-定标器测量的微分谱

Fig. 6 Differentiation spectra by virtual single-channel scaler

5 结语

虚拟仪器技术提供了用户自己定义仪器功能的可能。根据测试功能的需要, 将具有一种或多种功能的通用硬件模块相组合, 并且调用不同功能的软件模块, 就能组成功能不同的仪器。虚拟单道-定标器是在通用的数据采集卡上建立的核物理实验仪器, 具有单道和定标器两种传统仪器的功能, 且操作简单、数据处理能力强、功能还可进一步扩展。同时, 随着通用数据采集卡采样率的提高, 其性能还可得到进一步改善。

Design of Virtual Single-channel Scaler

CAO Zi-xiong, CHEN Chuan, LIU Song-qiu

(Department of Technical Physics, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: The paper introduces the design of the virtual single-channel scaler based on LabVIEW, which combines traditional single-channel analyzer and scaler. It can be used to measure the energy of the α -particle and extends the application of virtual instruments in nuclear physics experiment.

Key words: virtual instruments; single-channel analyzer; scaler