

一种微机多道分析和处理系统

林金铎 江立人 包于洪

(中国科学院上海原子核研究所)

关键词: 接口 微型计算机 多道分析和处理系统

微机在多道分析器 (Multi-Channel Analyser) 中的应用, 使 MCA 的构成原理和设计思想都有很大的变化。一种新概念的数据获取和处理仪器——微机多道分析和处理系统已进入核实验和核技术应用领域, 传统的多道分析器将被淘汰。

一、设计思想和仪器的构成

本仪器设计的出发点是: 充分利用和发挥微机功能, 尽量减少信息传送时间, 精简硬件设备, 希望设计一种便宜而性能比传统的多道分析器好的系统。

仪器的构成框图如图 1 所示。MADC 是线性放电的模-数变换器, 钟频 120MHz, 它和获取接口构成一体, 占用三个 NIM 插宽。微机可任选, 本系统采用 MIC-80 型, 它包括主机、键盘、磁带(盘)、显示器和打印机。接口采用 DMA 传送方式, 所设计的获取接口电路的原理框图如图 2 所示, 它传送一次

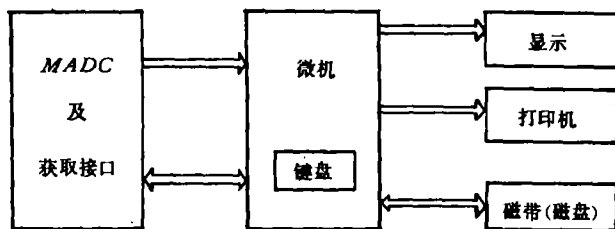


图 1 仪器的构成

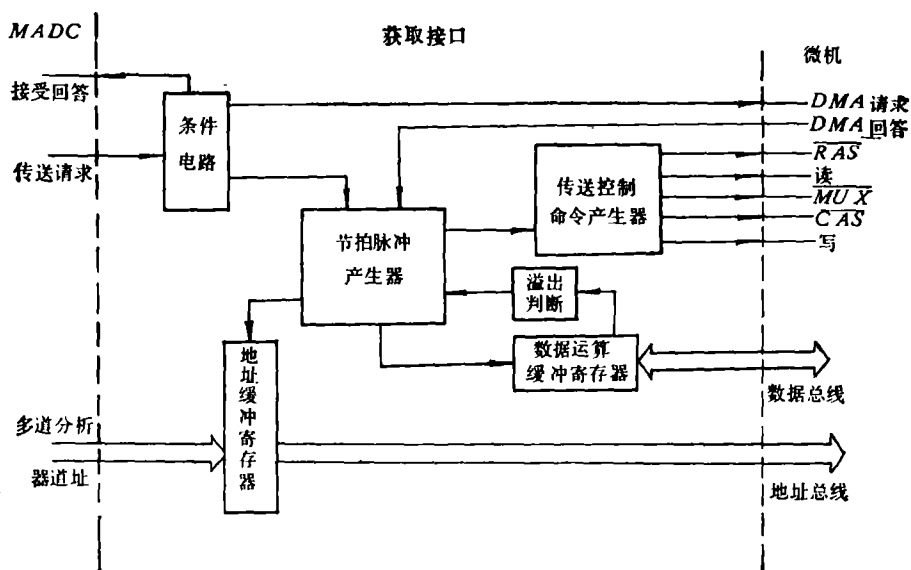


图 2 接口框图

信息时间约 $3\mu s$; 它可用于具有 DMA 请求功能的微处理器 (MPU, 如 Z-80, 8080A, 8085 等) 和用静态或动态随机存贮器的微机: 在一定意义上, 它是一种通用接口。

二、显示和管理程序

在本仪器中, 除了数据获取外, 各种功能的实现主要由软件完成。对于要求执行快、实时性强的功能, 如

显示、定时、获取过程的启停等,用汇编语言编写;对于管理程序中有关参数的设定、修改、以及谱数据处理如平滑、寻峰、能量标定、积分、输出等,用 BASIC 语言编写。这种语言功能较强,易掌握,也便于用户自己编写处理程序。管理程序的框图如图 3 所示。

在专用的硬件多道中,对分析器各功能的控制及参数的设定是用专用的开关或按键来实现的,一次设定后,可以进行多次获取和处理。在微机多道中,为了避免过多的人机对话,我们仿效这种方式,将标准键盘上的某些键重新定义,在按下这些键后,可以转向有关的子程序,或修改相应的参数。

如图 3 所示,开机后仪器进入初始化程序,其主要功能是对微机多道的一些参数设定一个初值,尔后转入显示程序,当一幅谱线显示完了以后,微机即扫描键盘,如有命令键输入,则转向有关处理程序,否则又转向显示,如此反复循环。

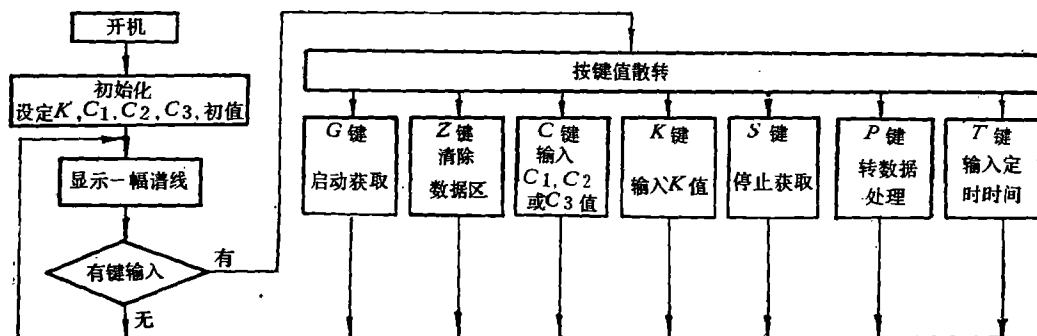


图 3 微机多道分析和处理系统管理程序框图

在本仪器中,多道谱的显示就利用微计算机本身的显示器,其显示精度是 128×48 。在荧光屏上除了要显示谱线外,还必须显示出多道分析器的工作状态及有关参数,这要占用荧光屏 3 行空间,所以整个谱线的显示精度为 128×37 。显示程序具有下列功能:

(1) 按线性或对数方式显示谱线;(2) 采用压缩方式显示谱形。即每隔 K 道显示一点,其纵向计数为这 K 道内计数之和, K 值可在 $1 \sim 32$ 之间任选。这样,显示场可在 $128 \sim 4096$ 道内变动。在线性显示时,其纵向坐标按量程为 2 进制的方式自动换挡;(3) 可以设定显示画面的起始道;(4) 设有左、右光标各 1 个,用以建立兴趣区;(5) 实时显示,更新一幅画面的时间为 $0.2 \sim 0.6$ 秒钟(视压缩比值 K 的大小而异);(6) 在画面上同时显示出下列信息:画面的起始道、左右光标的道址,压缩比 K 值,显示方式(线性或对数),左右光标内各道的计数和等;在谱线的下方,每隔 $50 \times K$ 道显示出谱线的横坐标(道地址)。

在一幅谱线显示结束后,微机就扫描键盘,当下列键按下时,转入相应的子程序。

K 键: 输入 K 值,下一幅谱线就按新的 K 值显示。**G 键:** 开始获取。**C 键:** 输入显示区的起始道($C1$);左光标($C2$);右光标($C3$)的道址。**S 键:** 停止获取。**Z 键:** 清除获取区。**T 键:** 在定时获取时输入所设定的获取时间。**P 键:** 转向谱数据处理程序。

三、谱处理方法

为了能在线处理本系统所获取的数据,我们用 BASIC 语言编制了谱处理程序。程序包括数据光滑、自动找峰、自动定边界、能量标定、求 FWHM 和 $FW1/10M$ 、求面积、计算误差和剔除假峰等功能。

1. 平滑 采用多项式拟合移动平滑方法。即在谱上任一点的两边各取 m 点,用一个以该点为中心的 q 阶多项式对这一谱段作最小二乘拟合,所得到的多项式在中心点的值即为平滑后的值。我们取 $m=2$, $q=3$,经解得到五点三阶平滑公式是:

$$\bar{Y}_1 = \frac{1}{70} (69Y_1 + 4Y_2 - 6Y_3 + 4Y_4 - Y_5) \quad (1)$$

$$\bar{Y}_2 = \frac{1}{35} (2Y_1 + 27Y_2 + 12Y_3 - 8Y_4 + 2Y_5) \quad (2)$$

$$\bar{Y}_i = \frac{1}{35} (-3Y_{i-2} + 12Y_{i-1} + 17Y_i + 12Y_{i+1} - 3Y_{i+2}) \quad (3)$$

$$\bar{Y}_{n-1} = \frac{1}{35}(2Y_{n-4} - 8Y_{n-3} + 12Y_{n-2} + 27Y_{n-1} + 2Y_n) \quad (4)$$

$$\bar{Y}_n = \frac{1}{70}(-Y_{n-4} + 4Y_{n-3} - 6Y_{n-2} + 4Y_{n-1} + 69Y_n) \quad (5)$$

式中, $\bar{Y}_i$ 表示 Y_i 平滑后的数值。在点数较多时, 两端分别用(1)、(2)、(4)、(5)式平滑, 中间用(3)式平滑。

2. 自动找峰 找峰采用对获取数据求二阶平滑导数和一阶平滑导数相结合的方法。首先分别利用下面的公式计算每个数据点的二阶平滑导数和二阶平滑导数的标准偏差:

$$Y_i'' = (1/7)(2Y_{i-2} - Y_{i-1} - 2Y_i - Y_{i+1} + 2Y_{i+2})$$

$$\lambda = (1/7)(4Y_{i-2} + Y_{i-1} + 4Y_i + Y_{i+1} + 4Y_{i+2})^{1/2}$$

式中, Y_i'' 为第 i 道的二阶平滑导数, Y_i 为 i 道的计数, λ 为 Y_i'' 的标准偏差。

如果二阶平滑导数是负值且其绝对值大于它的标准偏差的 K_1 倍(K_1 是经验常数), 则认为可能有峰存在。把这些道记录下来, 再用一阶平滑导数公式计算这些前后三道的一阶平滑导数:

$$Y_i' = (1/10)(-2Y_{i-2} - Y_{i-1} + Y_{i+1} + 2Y_{i+2})$$

如果 $y'_{i-1} > 0$, $y'_{i+1} < 0$, 则认为峰位在第 i 道左右。然后用线性插值求得一阶导数等于零的点作为峰位的道址。

3. 能量标定 采用二次曲线标定法。因为在大多数分析系统中, 它所给出的能量与道数的关系接近于抛物线, 所以可以用抛物线方程来确定能量与相应道址的关系, 标定方程是:

$$E = MA \cdot C^2 + MB \cdot C + MC$$

式中, E 为能量; C 为道址; MA 、 MB 、 MC 分别为待定系数。只要给定三个参考峰的参数(E_1, C_1)、(E_2, C_2)、(E_3, C_3), 即可定出系数 MA 、 MB 、 MC 。

$$MA = E_1 / [(C_2 - C_1) \cdot (C_3 - C_1)] + E_2 / [(C_3 - C_2) \cdot (C_1 - C_2)] + E_3 / [(C_1 - C_3) \cdot (C_2 - C_3)]$$

$$MB = [E_1 \cdot (C_2 + C_3) / [(C_2 - C_1) \cdot (C_3 - C_1)] + [E_2(C_3 + C_1) / [(C_3 - C_2) \cdot (C_1 - C_2)]] + [(E_3(C_1 + C_2) / [(C_1 - C_3)(C_2 - C_3)]]$$

$$MC = E_1 - (MA \cdot C_1 + MB) \cdot C_1$$

4. 定边界 从峰顶道开始向两边探索, 如果以下关系式成立, 则认为已找到边界道, 并把第 i 道作为边界道。

$$Y_{i\pm 1} > Y_i - K_2 \times \lambda_i$$

式中, λ_i 为 i 道计数 Y_i 的统计涨落, K_2 是经验常数。

5. 求 FWHM 和 $FW \frac{1}{10}M$ 与定边界道一样, 也是从峰顶开始分别向两边探索, 如果 $Y_{(n)i} < Y_{(n)m}/2$ 和 $Y_{(n)i} < Y_{(n)m}/10$ 成立, 则记录下来, 并在第 i 道左右进行插值找出计数正好是 $Y_{(n)m}/2$ 及 $Y_{(n)m}/10$ 的道址, 并通过标定参数把右边的减去左边的能量, 即得 FWHM 和 $FW(1/10)M$ 。其中, $Y_{(n)i}$ 和 $Y_{(n)m}$ 分别减去本底的第 i 道的计数和峰顶道计数。扣除本底采用通常的线性本底扣除法。

6. 求面积和误差计算 总面积: $AREAS(T) = \sum_{i=1}^{i_2} Y_i$ 。式中, i_1 , i_2 分别为峰的左右边界道。净面积: $AREAS(N) = AREAS(T) - (Y_{i_1} + Y_{i_2}) \cdot (i_2 - i_1 + 1)/2$ 。标准偏差: $\lambda_2 = [2(AREAS(T) - AREAS(N))]^{1/2}$ 。相对偏差: $ER\% = 100 \times \lambda_2 / AREAS(N)$ 。

7. 真峰的判别 利用峰面积判定是否真峰, 如果 $AREAS(N) > K_3 \times \lambda_2$, 则认为是真峰, K_3 是经验常数, 在本系统中, K 取 3。

四、谱获取和处理的实验结果

用上述系统和软件, 配上 Ge(Li)探测器对 ^{152}Eu 和 ^{154}Eu (少量)混合源进行测量, 仪器自动找出 18 个峰, 并对它们进行处理, 结果示于表。处理时, 用 $E_1 = 121.78\text{keV}$ 、 $E_2 = 778.87\text{keV}$ 、 $E_3 = 1408.2\text{keV}$ 的三个峰的能量做能量校刻。表中给出各峰能量计算值, 与核素常用数据表给出的数据比较, 其中误差最大的是 $E = 367.002\text{keV}$ 的峰(标准值 $= 367.80$), 误差为 0.22%。

从以上叙述和实验数据说明, 所设计的系统结构形式、DMA 传送方式和有关程序是可行的。系统具有

表 对 ^{152}Eu 和 ^{154}Eu 混合源测量和处理的结果

PEAK	CHANNEL	COUNT	ENERGY(keV)	AREAS(P)	ER(COUNT)	ER%
1	452.521	32921.7	121.78	245263	730.595	0.297883
2	685.779	5707.47	244.375	34592.3	356.914	1.03177
3	875.127	12379.1	343.9	85149	420.016	0.493271
4	919.079	1195.17	367.002	2013.63	156.04	7.74918
5	1002.36	1471.28	410.779	4019.66	174.804	4.34872
6	1064.83	1658.66	443.618	6009.1	195.849	3.25921
7	1150.66	823.85	488.736	419.571	120.758	28.7812
8	1596.57	972.392	723.157	1349.86	135.248	10.0195
9	1702.54	2738.02	778.868	15665.6	220.89	1.41004
10	1871.11	1090.15	867.503	3401.43	151.27	4.44724
11	2055.08	2311.33	964.235	13670.3	191.864	1.40351
12	2116.37	489.373	996.464	434.743	85.2951	19.6197
13	2132.42	592.232	1004.9	1489	102.015	6.85123
14	2286.77	1654.19	1086.07	11274.1	189.378	1.67975
15	2336.54	1838.12	1112.24	12719	178.916	1.40668
16	2528.19	296.648	1213.03	554	75.5778	13.6422
17	2645.18	410.444	1274.55	1903.76	85.7336	4.50339
18	2898.94	1919.16	1408.02	15130.1	159.349	1.05319
PEAK	FWHM(CH)	FWHM(keV)	FW0.1M(CH)	FW0.1M(keV)	AREAS(T)	
1	6.30253	3.31235	17.8969	9.40588	389516	
2	6.0239	3.16617	17.2696	9.077	80990	
3	6.07141	3.19128	15.9547	8.38626	130781	
4	6.65308	8.49716	9.98734	5.24973	13181	
5	5.87805	3.08978	11.7426	6.17242	17288	
6	5.8299	3.06458	12.6784	6.66455	22183	
7	3.36877	1.77087	14.0767	7.39984	7501	
8	5.06397	2.66235	10.5449	5.54401	9821	
9	6.37317	3.35083	14.907	7.83765	32229	
10	6.17847	3.24866	20.1005	10.5688	13142	
11	6.51453	3.42542	14.469	7.60828	25241	
12	4.01831	2.11292	7.90552	4.15698	3855	
13	5.90686	3.10596	11.0127	5.79102	5948	
14	7.33191	3.85571	16.8773	8.87524	23569	
15	6.92078	3.63953	17.5544	9.23145	22365	
16	6.66211	3.50366	9.03589	4.75208	3133	
17	6.64478	3.49451	12.5945	6.6239	4627	
18	7.12427	3.74719	17.0117	8.94763	20261	

MADC 至微机的信息传送速度快、在数据获取时能前后台工作、可作一台微机单独使用以及性能-价格比高等特点。

A microcomputer based multichannel analysing and processing system

Lin Jingxin Jiang Liren Bao Yuhong

(Shanghai Institute of Nuclear Research, Academia Sinica)

Keywords: interface microcomputer multichannel analysing and processing system