

一种在宇宙线实验中应用取样保持电路的触发方法

郝伟 陆昌国 阙友昆 周月华
(中国科学院高能物理研究所, 北京)

摘要

本文报告了取样保持电子学系统用于宇宙线实验的一种触发判选方法。实验证明,这种方法能完整地收集随机出现的宇宙线事例信号的全部电荷,解决了由于取样门延迟打开所造成的信号电荷丢失问题。讨论了将这种方法用于北京谱仪宇宙线实验的问题。

一、引言

北京谱仪(BES)的电子学读出系统中,大量应用取样保持电路作为探测器信号模拟量的收集器,再与智能模数转换器(BADC)相配合,通过多路模拟开关,实现用极少量的BADC对高达上万道的模拟信号进行数字化的目的,从而大大节省了经费开支,并给数据采集及分析带来了极大的好处^[1,2]。

取样保持电路的工作原理如图1所示^[2]。

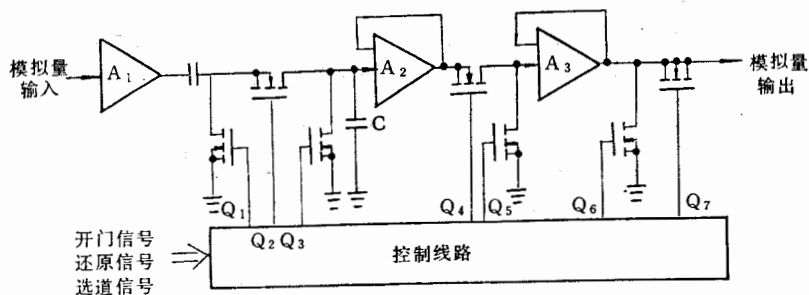


图1 取样保持电路的工作原理

在取样周期中, Q_1 截止, Q_2 导通, Q_3 、 Q_4 截止, 这样, 由放大器 A_1 来的模拟信号经过 Q_2 在取样电容 C 上进行积分。由 Q_2 控制的开门信号在到达预定门宽后又截止, 这时 C 就处于保持状态, 直至读出周期开始, Q_4 、 Q_7 导通, Q_5 、 Q_6 截止, C 上的模拟量被送出进行处理。CMOS 开关 Q_1 、 Q_2 、 Q_3 的控制信号, 是由触发判选电路来的开门信

号和还原信号经过多级逻辑电路产生的,前者对后者的延迟可达 120 ns 以上,这就给触发带来了困难.当触发判选电路制定出现了好事例,立即送出开门信号,到取样保持电路真正将取样门打开,要经过至少 120 ns 的延迟,对于丝室来说,在这 120 ns 时间内到达的那部分信号电荷丢失了,这当然是不允许的.

在对撞机实验中,这个问题很容易解决,因为对撞事例的时间零点可由加速器的 R. F. 信号来确定,所以不必等到好事例出现后再发出开门信号,可在时间零点之前 120 ns 以上,提前发出开门信号,这样就可以保证对撞事例出现时,取样门已经打开,不会丢失信号电荷.触发判选信号用来决定对这次对撞中收集到的数据的取舍.由于复原信号(见下节)发出后,也要经过同样长的延迟时间才真正使取保电路复原,所以它也必须提前发出,这就要求触发判选信号来得及决定是否抑制紧跟着的下一周期的复原信号.

在宇宙线实验中,不存在预知的时间零点,宇宙线事例的出现完全是随机的,所以必须采用新的方法.一种方法是加长探测器输出信号电缆的长度,利用电缆的延迟补偿上述开门信号的延迟^[3],对 120 ns 延迟来说,有 25 米长的电缆就足够了.这在小型实验中,信号路数不太多的情况下是合适的,但对成千上万路电子学的大型谱仪,加长电缆显然既不经济,又会使信噪比变差.本文介绍另一种延迟符合触发方法,实验证明这种方法是行之有效的.

二、延迟符合触发方法

在图 1 所示的取样保持电路中,噪声会造成模拟总线分布电容上电平的变化,从而使每次取得的数据中台阶分量发生变化,使信噪比变坏.为了保证台阶分量的稳定,必须不断地将总线分布电容上积累的电荷量泄放干净.在 BEPC 对撞机工作环境下,这一点是自然做到的,因为在 1.25MHz 的对撞频率下,通过一级触发判选的事例率只有 2—6kHz,平均来说要有几百次对撞,才出现一次一级判选成功的事例,而所有那些没有通过一级判选的事例,都必须在该对撞周期结束之前及时送入复原信号,让 Q_1-Q_6 这些开关全部导通,使取样电容 C 及模拟总线分布电容上的电荷得以泄放.

在宇宙线实验时,为了使取保电路工作正常,也必须模拟对撞机的工作环境,使取保电路在获取一个好事例之前,处于不断泄放电荷的状态.本实验中,模拟了 2.5 μ s 的对撞周期,每隔 2.5 μ s 送出一个复原信号 RESET,在复原信号之后,通过适当延迟送出开门信号 GATE 1,如图 2 所示.根据引言中所述,从开门信号送出到取保电路取样门的真正打开,有很长的一段延迟,在我们测试的一套 240 路样机系统中^[4],延迟时间达 400 ns (包括 25 米长电缆的 125 ns 延迟在内),如果要等到触发计数器 s_1, s_2 (闪烁望远镜,放于待测簇射计数器模型上下,见图 3) 信号到达,才送出 GATE 1,则等取样门真正打开时,丝室信号早就消失了.为克服这一困难,我们采取延迟符合触发,在 GATE 1 送出后延迟 450 ns 再产生 GATE 2 信号,并使 GATE 2 在取样门结束之前 300 ns 结束.850 ns 宽的 GATE 2 送到符合电路,与 s_1, s_2 进行符合,该符合信号即为好事例触发判选信号 GD, GD 的出现禁止了 RESET 和 GATE 1 的进一步产生,并在经过一定延迟时间后启动 BADC,对取保电路逐道进行 AD 转换.

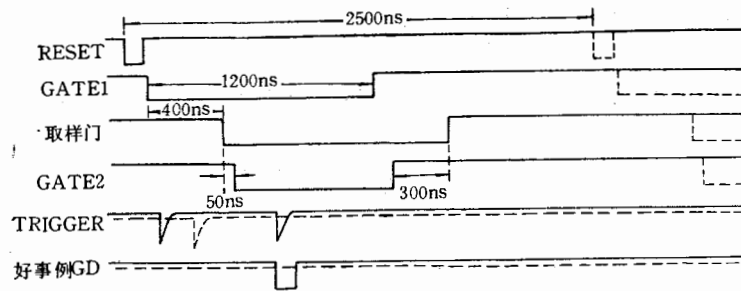


图 2 宇宙线实验信号时序

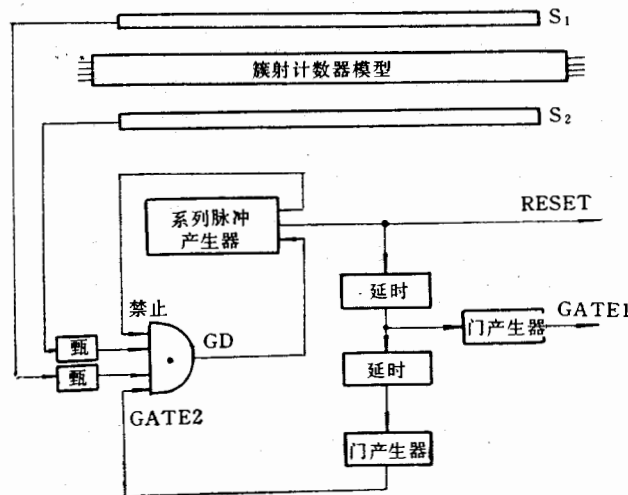


图 3 宇宙线实验触发系统框图

从图 2 可以清楚地看到，凡落在 GATE 2 时间间隔内的 s_1, s_2 符合信号所代表的宇宙线事例，在取样保持电子学系统内能完整地记录下来，不会丢失任何信息。GATE 2 前沿落后于取样门前沿 50 ns，是为了补偿 s_1, s_2 闪烁计数器光电倍增管的飞行渡越时间，而 GATE 2 提前于取样门 300 ns 结束，则是考虑到丝室信号的宽度，留出足够的信号电荷收集时间。图 2 中虚线所示为 GATE 2 间隔内没有宇宙线事例时各信号的时间序列。

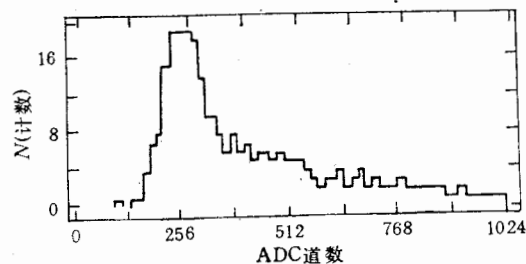


图 4 宇宙线事例的 SQS 信号电荷量谱

用延迟符合触发方法收集的宇宙线事例 SCS 信号电荷量谱如图 4 所示。谱的低端没有混杂小信号的事例,这说明收集到的宇宙线事例没有丢失电荷量。利用这种触发判选方法进行宇宙线事例的电荷分配法定位实验,也得到了满意的结果^[4]。

三、讨 论

本实验中选择的工作周期为 $2.5 \mu\text{s}$, 而 GATE 2 的宽度为 $0.85 \mu\text{s}$, 所以宇宙线触发判选效率为 34%, 如果要提高效率, 可以将周期进一步减小。

北京谱仪在完成总装后即将进行宇宙线测试, 本文所介绍的触发判选方法, 可以作为 BES 宇宙线实验触发方案的一种选择。如果完全模拟对撞机的周期, 则各种信号的工作时序可作如图 5 的安排(假设取样门打开的延迟时间为 250 ns)。BES 的各子探测器(如漂移室, 飞行时间计数器, 簇射计数器, μ 子鉴别器等)的读出电子学系统, 取样门相对于 GATE 1 的延迟时间不会完全一样, 所以在确定了 GATE 2 以后, 要适当地选择各子探测器 GATE 1 的提前时间。GATE 2 的结束时刻必须使得 GD 信号来得及抑制下一次 RESET 的出现。图 5 中选择的 GATE 2 的宽度为 200 ns, 相对于 800 ns 的对撞机周期, 触发效率为 25%, 这对于面积很大的 BES 来说, 已经能提供大大超过在线数据获取能力(几个 Hz)的宇宙线事例了。

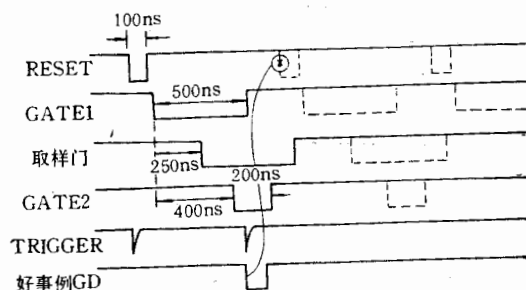


图 5 宇宙线实验的一种信号时序

作者感谢电子学室簇射读出电子学组胡家伟等同志提供的 240 路样机系统, 并感谢张浩云、李维衡等同志的帮助。对顾维新、陆伟达、李佩琴、周莉、朱国胜、郑晓明、陈文君等同志的协作深致谢意。

参 考 文 献

- [1] D. Bernstein and D. Hutchinson, IEEE NS29 (1982) 294.
- [2] 《北京谱仪簇射计数器读出电子学系统》, 高能物理所电子学室簇射读出系统课题组, 1985.2.
- [3] 陆昌国等, 高能物理与核物理, 11(1987), 327.
- [4] 郝伟, “BES 桶部簇射计数器 1 比 1 全长模型的在线性能测试”(硕士论文), 1987.12. 高能物理研究所.

A TRIGGER SCHEME FOR COSMIC RAY EXPERIMENT WITH A SAMPLE-AND-HOLD SYSTEM

HAO WEI LU CHANGGUO QUE YOUKUN ZHOU YUEHUA

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing)

ABSTRACT

This paper presents a trigger scheme which has been used in a cosmic ray experiment with a sample-and-hold readout system. The experiment shows that this trigger scheme can fully collect the whole output signals of the wire chamber for the random cosmic ray events and get rid of the problem of signal loss caused by the delay of sampling gate. Some discussions about using this scheme for cosmic ray test of BES are also provided.