

# CP-1 型多用生物电脉冲处理仪

刘 国 松

(北京中医研究院中心实验室生理室)

在神经电生理的实验中,实验者经常需要从记录到的脉冲信号或含有刺激伪迹的信号中选出自己所需要的信号。实验者也常需要在实验过程中及时了解电活动的种种变化。这种“实时”的信息对于实验者合理安排实验是十分重要的。目前常采用幅值窗电路和积分电路来完成信号的选取和记录<sup>[1-3]</sup>。但因幅值窗电路是根据放电幅度大小而不根据波宽的不同选取

而保证了定位精度。

## 2. 换样控制

可分为:获取机械位置信息,逻辑处理与驱动三部分。

逻辑部分是根据要求的逻辑关系设计的线路,各国液体闪烁计数器上的逻辑单元可分为两大类。①程序控制单元,如英国 NE-8312 型液体闪烁计数器。这种方法使用的元件种类很多:1 继电器组。2 时序凸轮组。3 晶体管开关电路。4 集成电路组件搭配。②计算机或微处理器做逻辑处理。如瑞典 LKB 和美国 Backman 公司的液体闪烁计数器都有计算单元或计算机。

YS-1 型采用由无触点光开关来取得各运动部件的位置信号(图 8)。即到位遮光,把光

信号,当记录信号基线飘移时,也会出现误选择;若用积分电路记录信号又会因其精度较低而影响记录信号的精度。

我们实验室改进了早期线路的不足,设计了一种新型的多用生物电脉冲处理仪。该仪器同时利用信号的幅值和波宽两个参数来选取信号,并增加了新型的幅值窗监视电路,这样可以保证精确的选取和监视选取水平。在记录电路

元处理之后,如果给出高电平,驱动单元的阻塞振荡器起振,触发可控硅,使其导通,主回路中电机转动进行换样,完成动作后,逻辑单元给出低电平,阻塞振荡器停振,可控硅在交流电过零时自动截止,电机停转。由于无触点,无打火干扰,寿命长,可靠。从 1974 年开始使用,至今未出故障。

YS-系列液体闪烁计数器的自动换样系统与国际上主要商品仪器如美国 Backman,瑞典 LKB 公司产品相比,由于采取了很多降低加工精度而又保证传动精度的办法,使 YS-系列液体闪烁计数器具有加工容易,结构简单的特点。几年来的使用表明,这套换样系统满足了安全可靠,使用方便的要求,受到用户的欢迎。

## 参 考 文 献

- [1] 中国科学院生物物理所自动液闪研制组: YS-1 型自动液体闪烁谱仪《生物化学与生物物理进展》11.1.1976.
- [2] Jiang Han-ying, et al.: *Advances in Scintillation Counter* (Ed. by S. A. McQuarrie et al.), p. 478, 1983.
- [3] 中国科学院生物物理所自动液闪研制组: 《YS 系列液体闪烁谱仪》。

[本文于 1985 年 4 月 19 日收到]

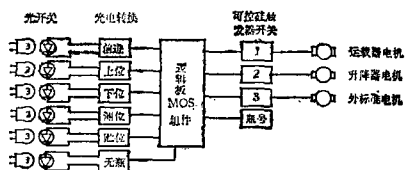


图 8 YS-1 型换样控制框图

信号转换成电信号送给逻辑单元,逻辑单元由“与非”门组成,可完成预定的功能。经逻辑单

方面,新增设了脉冲数字显示电路,运用 D/A 转换器将放电脉冲数字信号转换为模拟信号从而保证实时、准确的记录。此外仪器中还新增设了微电极操纵器(或简称微操纵器)实时控制电路,利用它控制微操纵器的运动,可自动探查细胞放电。该仪器可满足实验过程中对脉冲型信号初步处理的一般需要。由于仪器主机是由 20 块集成电路组成,故调试制作方便,便于一般电生理实验室自制。本仪器自 1984 年 10 月研制成功后复制了 5 台,现分别在 5 个不同实验室应用,工作稳定,操作方便,达到了预期设计要求。本文将 CP-1 型脉冲处理仪的设计原理和线路结构介绍如下。

### 工 作 原 理

仪器第一级由幅值窗电路构成,输入信号

脉冲同时送入上、下限电压比较器,分别产生相应的过上限和下限脉冲,而后由脉冲选取逻辑电路选取出所需的脉冲。为了连续监视上、下限电压比较器对原始脉冲信号的选取水平,我们运用模拟多路开关将三路信号合成一路送入示波器监视,这样可以便于了解幅值窗的选取水平。

在探查细胞放电过程中,实验者一般是根据在示波器上观察到的,在电极电阻噪声基线基础上出现幅值一定大小,波宽在 0.1—2 毫秒范围内,类似于正弦波的脉冲信号作为细胞放电的指标。我们模拟这个过程,在脉冲选取电路上预置选取信号的幅度和波宽范围,将脉冲选取电路输出与微操纵器“stop”开关相连,这样一旦有选取脉冲出现则微操纵器自动停止。为了防止偶尔混入的干扰信号终止微操纵器的运

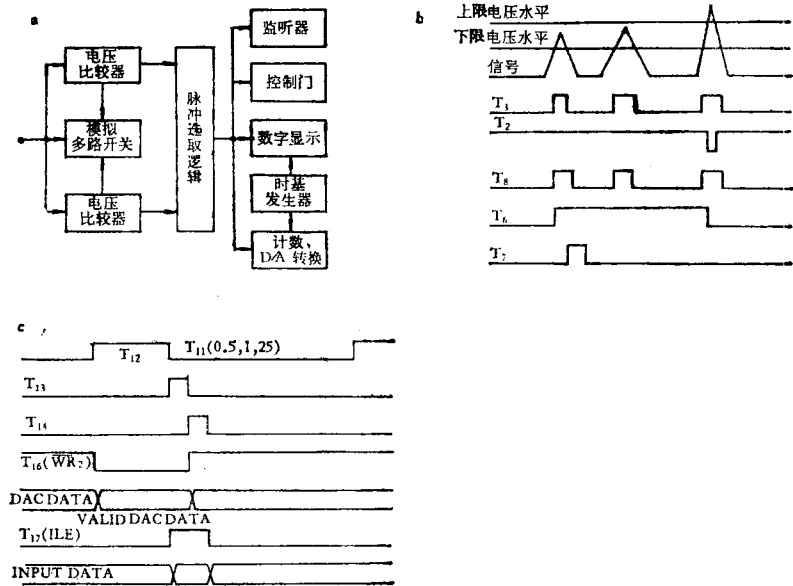


图 1 控制信号时序图

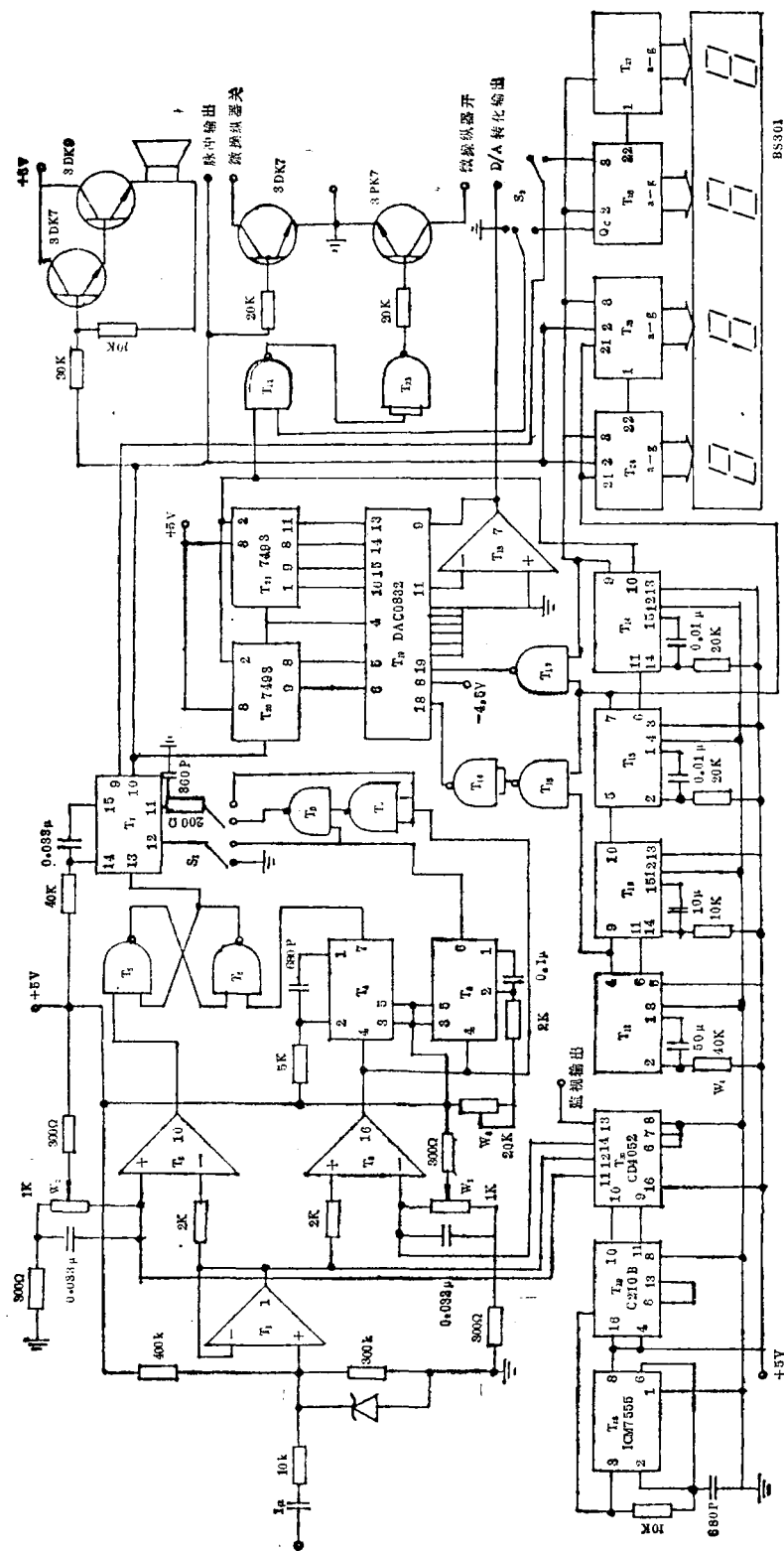
a 脉冲处理仪框图。 b 脉冲选取逻辑电路时序图。 c D/A 转换器控制脉冲时序图。

行,我们还设计了一套逻辑电路来控制微操纵器的“start”开关。如规定两个选取脉冲的间隔大于 4 秒时,仪器将会发出一个脉冲,自动启动微操纵器。

为了能在实验过程中观察选取脉冲频率的变化,仪器设置了两种脉冲频率显示电路。一

种是由十进计数器、锁存器、译码驱动器和发光二极管组成的数字显示电路;另一种是将放电脉冲数字量转换为电压量由记录仪记录。

将脉冲转化为幅值记录有两大类方法。一类是用积分方法,通过模拟积分器对每个脉冲电量积分来完成;另一类是用数字电路,通过



$T_{10}$ ,  $T_3$ ,  $T_9$ ,  $T_{18}$  是 MCL4575,  $T_4$ ,  $T_7$ ,  $T_8$ ,  $T_{11}$ ,  $T_{12}$ ,  $T_{13}$ ,  $T_{14}$  是 CD4095,  $T_5$ ,  $T_6$ ,  $T_9$ ,  $T_{10}$ ,  $T_{15}$ ,  $T_{17}$ ,  $T_{22}$ ,  $T_{23}$  是 CO36,  $T_{24}$ — $T_{27}$  是 SN74144

D/A 转换的方式完成。前者由于运用积分原理,标准脉冲的精度及积分器的质量将大大影响转换的精度。故目前理想的脉冲数对幅值的转换多用 D/A 转换器完成。普通的 D/A 转换电路输出波形多为连续变化型<sup>[4]</sup>,但这种图形不如直方图形分析时方便。我们运用 DAC0832 双向双缓冲 D/A 转换器,利用器件的两个缓冲器分别储存转换过程的置零和保持信号,从而完成了信号直方图显示的需要。

为了能以不同时间长度记录脉冲数,仪器内设有时间信号发生器,由它分别发出控制显示器和 D/A 转换器的控制脉冲。

## 线 路

仪器第一级是由集成运算放大器组成的源极跟随器,为保护输入电路,在输入端并联有击穿电压在 4.5 伏的稳压二极管。由于模拟多路开关只能在正电压范围内作多路信号的切换,所以我们在输入级加入直流电平提升回路,将输入零电压提升到 2 伏,这样,±2 伏的信号就能被转换成 0—4 伏的信号,保证了负向脉冲的正常显示。

上、下限电压比较器的输出送入脉冲选取逻辑电路,保证当仅有过下限脉冲并且其波宽在选定范围时,才能让该脉冲通过。两只与非门组成一个 R-S 触发器,过上限脉冲经  $T_2$  输到触发器的置零端,而过下限脉冲则经过一级单稳态触发器转为一个窄脉冲后送入触发器的置 1 端。当过下限脉冲到来时,它经  $T_4$  触发 R-S 触发器使它置 1,这时如果没有过上限脉冲到来,则 R-S 触发器保持在 1 状态,使  $T_7$  的脉冲控制端处于导通状态,  $T_7$  输出脉冲的后沿就可触发  $T_7$  产生一个选取脉冲。如果一个脉冲信号幅度大于上限标准,则它必然同时触发产生过下限脉冲和过上限脉冲。这时过下限脉冲先使触发器置 1 而后过上限脉冲又使触发器置零,结果关闭了  $T_7$ ,使  $T_7$  脉冲后沿不能触发  $T_7$  产生脉冲,从而完成幅值窗选取的功能。此外,过下限脉冲还触发一个可调脉宽的单稳  $T_8$ 。  $T_8$  的输出控制  $T_7$  的脉冲输入端,通过开关  $S_1$  选择大

于或小于选定脉冲宽度的过下限脉冲通过  $T_7$ ,从而完成了脉冲的宽度选择。脉冲选取电路的幅值窗和脉冲宽度都分别独立可调。

为了同时在示波器上监视原始信号和上、下限选取水平,我们选用了模拟多路开关,由它将三路信号汇成一路以便能够在示波器上同时监视。电路由 ICM7555 通用定时器,二进计数器和模拟多路开关组成。ICM7555 构成振荡器产生占空因数为 50% 的方波,其输出信号的频率为  $f = \frac{1}{1.4RC}$ 。为了保证不失真的重现原

始信号,我们选择开关频率在 128K 左右<sup>[5]</sup>。振荡信号经二进计数器分频后控制模拟多路开关使之顺序开启,从而将三路信号合为一路送示波器监视。

直方图产生电路主要由二进计数器, D/A 转换器和控制脉冲产生电路组成。这部分电路的控制脉冲时序图见图 1c。  $T_{11}$  和  $T_{12}$  两个单稳态触发器联接成一个脉冲宽度分别可调的脉冲发生器,改变  $W_1$  可改变控制脉冲的发生周期,从而改变累积计数的周期(本仪器计数周期可在 0.5、1、2 秒三档选择。为保证定时精确,  $50\mu$  电容器应选用钽电容)。定时产生的控制脉冲经  $T_{12}$  依次触发  $T_{13}$  和  $T_{14}$ , 顺序产生 3 个时序脉冲。  $T_{12}$  产生的脉冲经  $T_{15}$  和  $T_{16}$  开启 DAC 寄存器 ( $T_{19}$ ,  $\overline{WR}_2$  18 端)。由于此时输入寄存器存有前次计数末的零信号,故此时 DAC 寄存器也置零,整个转换器输出为零。而后  $T_{13}$  产生的脉冲经  $T_{15}$ 、 $T_{16}$  保持 DAC 寄存器的开放,同时也使输入寄存器开放(经  $T_{17}$ ),这样两个寄存器都开放,直接寄存计数器内的数据。 $T_{14}$  脉冲的到来关闭 DAC 寄存器(保持 DAC 寄存器的数据供转换用),经  $T_{17}$  保持输入寄存器的开放,同时使计数器置零。这样输入寄存器就寄存了供下一次 DAC 寄存器置零用的零信号。通过这种控制寄存器开启时间的方法, D/A 转换器的输出可呈直方图形式。

脉冲频率显示电路选用 SN74144 计数,锁存、译码、驱动四合一集成电路和数码管组成。为了能够清楚地观察每段时间的脉冲数,我们

让计数器和锁存器分离工作。在每段计数时间末,开启锁存器寄存这一段时间的总脉冲数,而后计数器置零。当计数器开始记录新的数据时,原锁存器内的数据供显示。这样显示管上没有数字的连续跳动,使观察更为方便。

微操纵器是用“start”和“stop”开关分别控制的。根据前述原理,用选取脉冲控制一个开关就可保证一旦找到放电微操纵器就停止运行。为防止某些干扰因素可能偶尔混入幅值窗电路产生一个脉冲使微操纵器停止,所以另用一套电路控制微操纵器的开启。我们设定:如果

在4秒内仪器没有收到一个选取脉冲表示没有探测到放电,微操纵器应自动开启。为简化电路,选用 SN74144 的计数器作为时钟脉冲计数器,用选取脉冲控制计数器的置零端。这样,如果在4秒内没有选取脉冲使计数器置零,则下一个时钟脉冲将使计数器 QC 端转为高电平。此时钟脉冲可通过  $T_{22}$  而开启微操纵器。选定不同的时钟时间和  $T_{22}$  输入端的连接部位,可改变最低关闭  $T_{22}$  的放电脉冲频率。运用这种方法可完成时微操纵器的简单控制。在找到放电后,可开启  $S_2$ ,此时显示器变为一般时间计

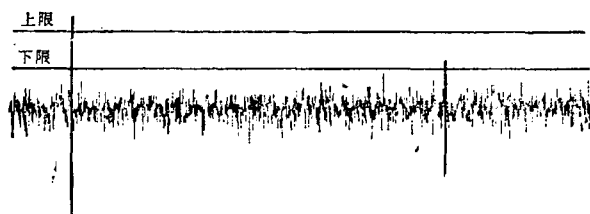


图3 运用多路开关技术在示波器上同时显示的原始信号和上、下限选取水平线

图中第一个脉冲由于超过上限标准故未能通过选取电路;第二个脉冲位于上、下电平窗内,其波宽也在选定范围内故被选取。



图4 选取脉冲经 D/A 转换后在记录仪上的记录

输入脉冲频率由2次/秒递增至20次/秒时,输出电压幅值的变化。

数器。

## 应用

用示波器  $Y_A$  放大原始信号,  $Y_A$  的输出送入脉冲处理仪。用示波器  $Y_B$  监视原始信号和选取水平(图3)。对于位于幅值窗内的信号,先调节  $W$ , 选定波宽的分选范围,再调节  $S_2$  决定是让大于或小于该范围的信号通过。选取脉冲经 D/A 转换后在记录仪上的记录见图4和图5。图4显示了 D/A 转换器的转换精度,图5显示该处理仪在细胞放电记录中的应用。

在微操纵器手动操纵盒“start”和“stop”两

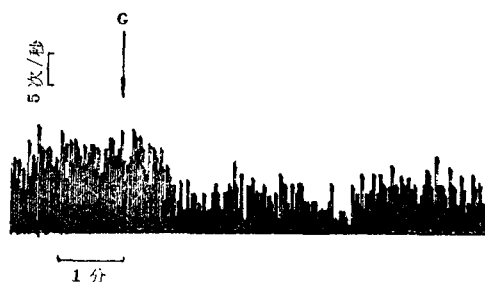


图5 用墨水记录仪记录经 D/A 转换后的放电脉冲

图示第三脑室灌注(图中G)肽类物质 CCK-8  $100\mu\text{m}$  对下丘脑 LH 区域放电的影响。

开关上分别并联两根控制线到仪器上,先将微  
(下转第63页)

## 讨 论

1. 我们在实验中选择了 C. Wehrhahn<sup>[2]</sup> 等人使用的方法, 通过一台摄影机同时拍摄记录 YZ 和 XY 平面的家蝇飞行轨迹, 这和 J. Zeil<sup>[3]</sup> 采用两台摄影机有所不同。我们采用一面反射镜代替了第二台摄影机。这样设备简化了, 又避免了两台摄影机要保持同步的困难。但这样对景深的要求增加了; 要在对焦平面前后 600mm 的深度范围内成象清晰, 这需要很好的照明条件, 以增加景深。另外, 由于每张照片上要同时拍下 YZ 和 XY 平面的两幅画面, 每张画面的尺寸相对就小了, 这不利于分辨率的提高, 特别是当两蝇位置非常接近时, 就很难区分二者和确定蝇瞬间长轴的取向。解决的办法之一, 除了刚才提到的增加景深来提高图像的清晰度外, 还可以采用高速摄影, 来减小快门曝光瞬间蝇飞行位移所可能引起的图像模糊, 以提高分辨率。

2. 如何把一组空间坐标（例如本实验中的一段飞行轨迹）立体地再现出来？我们研究室郑竺英老师进行三维重建工作时，是直接把深度  $X$  加进  $YZ$  平面的投射图，然后组成立体图对：

$$\text{左} \begin{cases} Y' = Y + KX \\ Z' = Z \end{cases} \quad \text{右} \begin{cases} Y'' = Y - KX \\ Z'' = Z \end{cases}$$

由于明视距离 25—35cm, 两眼间距 6.5cm,  $K$  一般取 0.1。这种平移透视修正的方法, 简单实用, 通常可以取得令人满意的立体效果。

由于我们在实验中已经建立了平面坐标  $Y_1Z_1$ 、 $Y_2Z_2$  和空间坐标  $X$ 、 $Y$ 、 $Z$  之间的正交变换关系,另外在计算机上进行坐标旋转又很方便,所以我们采用坐标旋转的方法来获得立体图对,观察蝇飞行的空间轨迹。这里有两个问题需要考虑,一个是旋转角度多大合适;角度小了立体效果不好,大了又可能引起失真,根据明视距离和两眼间距的换算关系。我们计算出两张图的转角应该是  $\pm 6^\circ$ 。另一个问题是如何进行旋转的问题,首先要把转轴移动到飞行轨迹的中心,因为人平时用肉眼观察目标时,总是始终注视着目标,而不是让它偏在一边的。然后进行坐标旋转,  $+6^\circ$  和  $-6^\circ$  分别相当于左、右眼各自观测目标时的注视角度。旋转后的两张图,经过变换  $T$  投影到  $YZ$  平面,组成立体图对。实验证明,这种旋转透视修正(利用深度信息,对  $YZ$  平面的坐标进行修正)的方法,具有比较理想的立体效果。

撰写本文时曾与郑竺英老师进行过有益的讨论，在此表示感谢。

## 参考文献

- [1] 张少吾, 孙其坚, 王翔: 《生物物理学报》, 第1卷, 第4期, 1985.
- [2] Buelthoff, H., T. Poggio, C. Wehrhahn: *Zeitschrift Für Naturforschung*, V. 35c, No. 9/10, 1980.
- [3] Zeil, J.: *Journal of Comparative Physiology. A*, 150, 395—412, 1983.

〔本文于 1985 年 7 月 15 日收到〕

(上接第 76 页)

电极推进到预定实验区域,而后开启仪器电源,仪器自动发出信号控制微操纵器运行。由于仪器内电子开关和手动开关是并联的,所以并不影响手动操纵。

本工作得到周佳音副教授的热情支持,谨致谢意。

## 参 考 文 献

- [ 1 ] Sunder, W. D. and Goetz, K. L.: *Med. & Bio. Eng.*

*& Comput.*, **19**, 23, 1981.

- [2] 李朝义:《生物化学与生物物理进展》, 2, 36, 1976。  
[3] 陈俊强、赵志奇:《生理学报》, 32, 87, 1980。  
[4] 成明阳、王刚:《生理学报》, 36, 301, 1984。  
[5] Glaser, E. M. and Ruchkin, D. S.: *Principles of Neurobiological Signal Analysis*, Academic Press, New York, 62, 1976。

〔本文于 1985 年 5 月 21 日收到〕