

微机化的诱发电位仪(EP仪)

林章省 康赐荣

(电子工程系)

摘 要

EP仪是一种以微处理机为核心对人体的诱发电信号进行处理的医用仪器。本文着重介绍它的结构和信号原理、程序框图及试验结果。

前 言

藉助外界刺激诱发脑电波,作为对病情诊断的一种手段,在国内外越来越受到重视。人体器官在光、声或电脉冲刺激下,将产生一定的脑电位波形,称为诱发脑电波。通过电极传感器,EP仪把采集到的含有脑电波和杂散波的混合信号进行数据处理,取出有效的脑电波,结果以波形图和幅值的文字形式打印出来,供医务人员分析诊断。

本仪器以TP801单板机为基础,进行硬件扩展和软件开发研制而成。它具有手动迭加、自动迭加、暂停、局部放大及复制结果等功能。硬件结构相单简单,因而体积小,重量轻,便于携带,而且价格便宜,操作维修十分方便。

本仪器从我国实际情况出发,着眼于实用和合理的性能价格比,以便普遍推广使用。

一、仪器工作原理

1、仪器的结构原现框图

EP仪结构原理框图如图1所示。刺激器在微处理机发出的同步信号作用下产生光、声或电脉冲刺激信号,人体器官感受该信号后诱发的脑电波由传感器(电极)检出,经放大,把微伏数量级的信号放大到伏级,再经带通滤波和采样保持送至A/D变换器转换成数字信

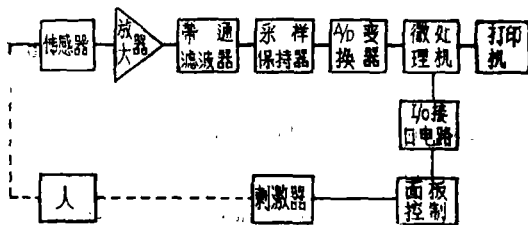


图1 EP仪结构原理框图

本文1985年1月27日收到。

号,然后由微处理机进行加工处理,结果由打印机打印输出。

通过控制面板使用者可进行方式选择及设置有关参数。可供选择的仪器工作方式有:手动迭加、自动迭加、暂停、局部放大等。与信号处理直接有关的可予置参数有:

迭加次数 $M: 2^5 \sim 2^{12}$,

采样点数 $N: 256、512$,

采样时间间隔 $T_s: 0.1、0.2、0.4、0.8、1.6、3.2 \text{ ms}$,

刺激开始至采样延时 $t_{d1}: 0、10、20 \cdots 90 \text{ ms}$

一次采样结束暂停时间 $t_{d2}: 0、1、2 \text{ s}$

局部放大倍数 $K: 2^2 \sim 2^9$

2、信号处理原理

通常在诱发的脑电波中伴有随机成份,到达处理器的信号还混杂有仪器内部的固有噪声以及外界电磁场的感应噪声(特别是工频干扰)等干扰信号。我们可以把经A/D采集的信号 $S_i(t)$ 看成由对刺激的神经响应的确定信号 $S_d(t)$ 和包含噪声在内的随机信号 $S_{Ri}(t)$ 这样两种成份所组成。

即: $S_i(t) = S_d(t) + S_{Ri}(t)$

其中 $i = 1, 2, \cdots, N$,

$S_i(t)$ 表示第 i 次刺激后所采集的诱发电位信号。

为了从不确定的信号中提取有价值的信息,必须对包含噪声在内的随机信号成份有良好的估计。方法可以有多种,目前国内外普遍采用一种切实可行的方法——“总体时间平均”方案。即

$$E[S_R(t)] = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_{Ri}(t) = \hat{S}_R(t)$$

其估计偏差是:

$$E \left[\left(\hat{S}_R(t) - S_R(t) \right)^2 \right] = \frac{\sigma_s^2}{N}$$

可见偏差随着叠加次数 N 的增加而减小,而估计将趋于一致。经叠加平均处理后的信号为确定成份与对随机成份的估计之和,即:

$$M_s = S_d(t) + \hat{S}_R(t)$$

因此这种方案能给诱发电位以良好的估计,只要叠加次数 N 足够大,噪声便可抑制。因而可以获得可供临床诊断或生理研究的有效诱发电位波形来。

信号处理是以下式为依据进行的:

$$X_{av,n} = \frac{\sum_{i=1}^M X_{i,n}}{M} \quad (n = 0, 1, \cdots, N-1) \quad (1)$$

式中 $X_{i,n}$ ——第 i 个波形第 n 个样值;

$X_{av,n}$ ——第 n 个样值的 M 次迭加平均值。

为了清楚起见,我们还以图2的波形图来说明 M 个波迭加和平均的情况。

为便于采样数据(10位二进制数)的存放和进行多字节处理,可以把式(1)略加变换,取 $M=2^m$,于是:

$$X_{av,n} = \sum_{i=1}^{2^m} \frac{X_{i,n}}{2^m} = \left(\sum_{i=1}^{2^m} \frac{X_{i,n}}{2^{14}} \right) \cdot 2^{14-m} \quad (2)$$

由式(2)和图2可知,把信号每一样值 $X_{i,n}$ 先除以 2^{14} ,再把各个波形的对应采样点(n)的 M 个样值迭加起来,最后把结果乘以 2^{14-m} ,即左移 $14-m$ 位,该数据即为信号的迭加平均值。因此,每一数据要占用三个字节(图3)。这样,迭加并经左移 $14-m$ 位后,一个数据的最高8位便移至三个字节中的最高一字节,输出打印时也只取这最高的一字节。

图2中的同步脉冲是在程序控制下由微处理器通过I/O电路发出的,其作用是给每个诱发波形提供采样的基准时刻,以保证迭加到暂存区的每个值都是 M 个波形中的同一对应点的样值 $X_{i,n}$ 。

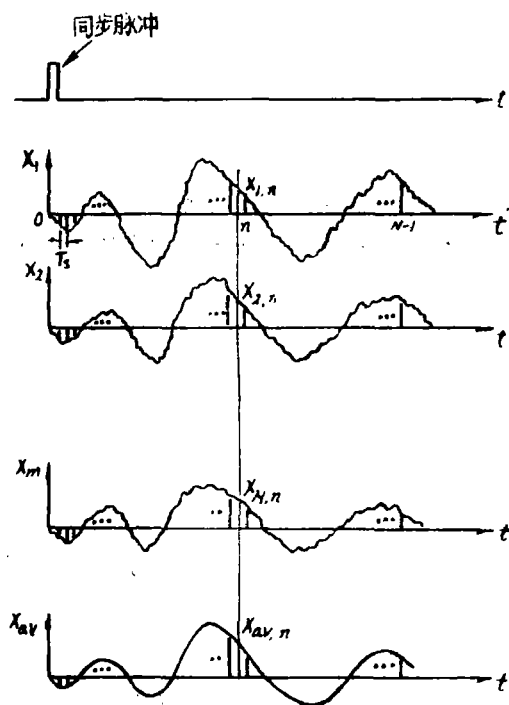


图2 信号迭加平均示意图

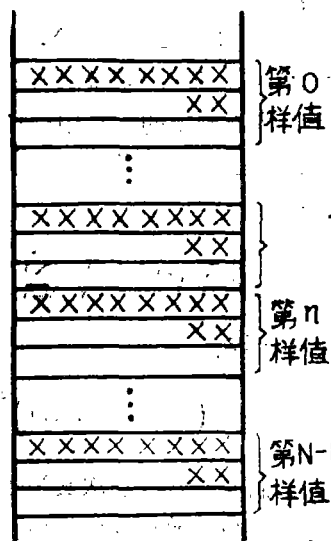


图3 采样数据存放格式示意图

二、程序设计及框图简介

本程序设计用Z80汇编语言写成,它包括手动迭加、自动迭加、暂停、局部放大四个主要程序块。

整个装置是在软件统一指挥下工作的。按下复位按钮,CPU则进入本仪器的用户程序。

以自动迭加为例,仪器工作顺序如下:按自动迭加功能键,将使方式标志位 $PB6 = 0$,从而导致程序进行“自动迭加”处理——点亮“自动迭加”指示灯,输入并计算 m 、 $14 - m$ 、 M 值;输入 T_s 、 t_{off} 并转换为二进制数;数据暂存区清 0,向刺激器送出同步触发脉冲,经一定的延时时间后,进行采样、A/D 变换。然后输入新样值并累加到数据暂存区。接着询问有否暂停要求?若有,则进行暂停处理。处理完,继续执行自动迭加。经一段暂停时间,再一次向刺激器发触发脉冲,继续进行采样迭加。当迭加到达规定次数 M 后,刺激采样停止,迭加后的数据被左移 $14 - m$ 位;接着对数据进行规格化处理,以适合打印要求。随后打出波幅值,延时 5 S (用于切换打印转换开关),再打印波形。最后熄功能灯返回,继续等待中断。

三、实 测 结 果

图 5 (a) 为含有噪声的信号波形, (b) 为经 128 次迭加平均后获得的有效信号波形。可见处理效果是显著的。



(a) 处理前波形 (b) 处理后波形

图 5 信号处理前后的波形比较

图 6 为用本仪器打印出的正常人的典型诱发脑电波图。

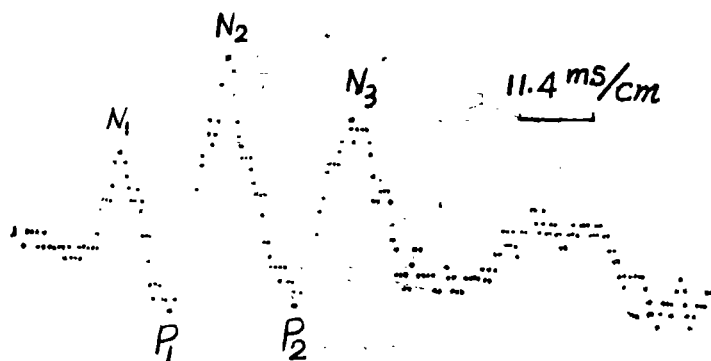
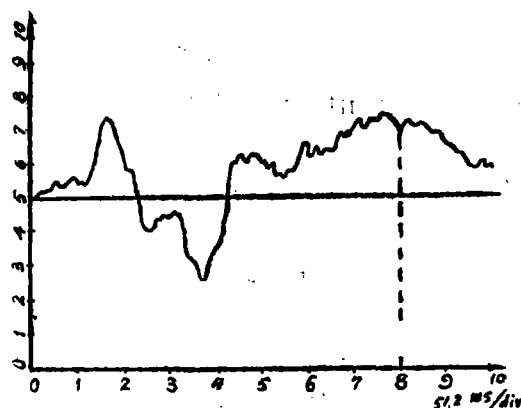


图 6 典型诱发脑电位波形图

图7为本仪器与ATAC—450(日本)对比试验。(a)为本仪器打印出的视觉刺激诱发脑电波(测试条件为 $N=256$, 采样时间间隔 $T_s=1.8\text{ms}$, 故分析时间 $T_A=N\cdot T_s=409.6\text{ms}$), (b)为ATAC—450输出波形($N=256$, $T_s=2\text{ms}$, 故分析时间 $T_A=512\text{ms}$)。



(a)本仪器打印出的诱发电位波($T_A=409.6\text{ms}$)



(b)用ATAC—450电位描绘出的典型诱发电位波($T_A=512\text{ms}$)

图7 ATAC—450与本仪器对比试验

日产ATAC—450诱发电位仪,是已经用于临床诊断和科学研究的医疗信号处理机,它性能高,价格昂贵。但是从上述对比试验波形中,可以看到对于同样的测试条件,其输出波形是一致的。经有关科研单位、医科大学和医院的从事诱发电位研究的专家、教授及医生鉴定,认为本仪器打印的波形良好,符合要求。因此,本仪器是一种简单价廉、性能价格比高和国产化的实用诱发电位仪。可用于神经科、眼科、耳科、小儿科、伤骨科和精神科的临床实践。它必将有力地促进我国诱发电位工作的展开。

CDY—1EP仪已于1985年3月由扬州市科委、上海交通大学和华侨大学联合主持鉴定。

结 束 语

本仪器本质上为一台信号叠加平均仪。因此本仪器不仅能用于医疗诊断及生理研究方面,而且稍加改动还可用于需对信号进行平均处理的其它场合。

本仪器由华侨大学工程系、扬州无线电二厂和上海交通大学振动研究室共同研制。参加这一工作的还有上海交大史习智、扬州无线电二厂周汀兰和刘士钢及华大刘一平等同志。

参 考 文 献

- [1] J·S贝达特和A·G皮尔索著, 凌福根译, 相关分析和谱分析的工程应用, 国防工业出版社, (1983)。
- [2] 周明德, 微型计算机硬件软件及其应用, 清华大学出版社, (1982)。
- [3] M·Schwartz and L·Shaw, Signal Processing (Discrete Spectral Analysis, Detection and Estimation), McGraw-Hill, (1975)。
- [4] Lance A·Leventhal, Z-80 Assembly Language Programming, Adam Osborne and Associates Inc., (1979)。

Evocative Potential (EP) Instrument

Lin zhongsheng Kong cunrong

Abstract

EP instrument is a medical instrument based on microprocessor, using for processing the evocative signals from human bodies. This article describes emphatically the principles of its structure and processing signals, the flow charts of its program and the tried results.