

超声衰减测量装置用的自动 回波选择电路

本文介绍一种简单价廉的电路，它能在测量超声衰减时自动选择二个相继的回波。当测量超声衰减与某个变化量(例如温度)的关系时，回波脉冲在试样中的传播时间也会改变，结果使回波位置移动，此时要重新调节供取样和保持电路用的取样脉冲。而本文介绍的电路则不需要人工调节。文中给出了详细电路，叙述了脉冲检峰电路和取样保持电路，报导了试验结果。

序 言

测量物质中超声衰减随温度、磁场或压力等的变化关系，是非常有用的有关物质特性的信息。通常的脉冲回波法，将超声频电脉冲通过压电换能器导入试样中，超声脉冲传过样品，当它再次回到换能器时，就收到一个回波脉冲，由于在试样中相继的回波脉冲的幅度是按指数衰减，其关系为：

$$A_2 = A_1 e^{-\alpha d} \quad (1)$$

式中， A_1 和 A_2 是两个脉冲的幅度， d 是两个超声波脉冲间隔传播距离， α 是衰减系数。上述公式可写成

$$\alpha = (1/d)(\ln A_1 - \ln A_2) \quad (2)$$

通过精确测量 A_1 和 A_2 ，可以计算出 α 。计算衰减系数的方法有好几种，有一种是用

率确定，是采用线性回归分析方法来计算。这个例子用了 180 个顺序采样值。通常，这类曲线的相关系数大于 0.999。本系统可验证的自由衰减时间常数小到几毫秒。

图 4 是一个高频(992Hz)衰减曲线的例子。在空气中的测试条件与上例同。初始时声驻波的幅度与上例也是一样的。该例中，声驻波从谐振管一端传播到另一端时经历同

一指数曲线与回波列重合，但此法只能用在回波串是按指数衰减且回波数目很多的情况下。另一种方法是拍摄回波串的照片，从中计算衰减系数，但此法太费时间。有几种用来连续监测 α 随外界条件(如温度)而变化的方法，例如利用取样和保持电路“提取”两个脉冲的峰值。这些方法需要在开始时调节送给取样和保持电路的“取样”脉冲的位置恰与每个回波的波峰位置相当。然而，由于超声速度通常也随外界参数的改变而改变，每个回波的波峰位置随着时间而漂移，因此需要重新调节“取样”脉冲的位置。Froelich 已解决了需要重新调节的问题，但是他的方法在开始时仍然需要人工调节。显而易见，在上述方法中，都必需用示波器来测量衰减系数。

本文介绍的电路不需要用示波器，它是

样的衰减。幅度的急剧下降相当于驻波一个往复的衰减。声吸收系数由每个往复中的吸收所决定。相对于已知的声驻波参考级，用图中的各个等幅跳跃间隔(平均步幅)可以求出每个往复时间中的平均吸收。

[沙建军译自《Review of Scientific Instruments》，No.1 (1981)，P.116，李明校]

利用一种自动回波选择电路，所以测量过程中，任何时候也不需要人工调节。这种电路利用面板上的拨轮开关选取任何两个相继的脉冲，然后自动选中，而且跟踪它们。第1节介绍回波选择电路的方框图，第2节介绍具体电路，第3节介绍实验结果。

1. 方框图

图1为自动回波选择器的方框图，脉冲“G”是控制送到换能器的射频脉冲的门，由于它的到达，使回波选择电路工作，检波后的回波脉冲串，加到二个峰值检波电路，其输出接到各自的取样/保持和对数放大电路，二个对数放大器的输出的差即为衰减系数。

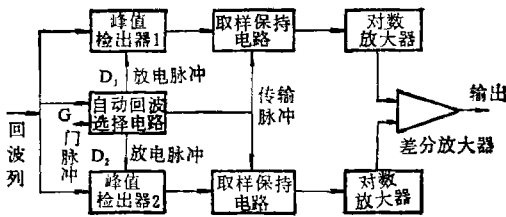


图1 自动回波选择电路方框图。

如果拨轮开关选在第 n 个回波，则在 $(n-1)$ 次回波到达以前，二个峰值检波器检出的回波峰值，均由于每个回波终止时的放电脉冲 D_1 ， D_2 而消失。当第 n 次回波到达时，二个回波检出器均充电到第 n 个回波的峰

值，但此时只产生放电脉冲 D_2 ，它使第二个峰值检出器放电，所以使第一个峰值检出器上保持第 n 个回波的峰值电压。此后，当第 $(n+1)$ 次回波到达时，第二个峰值检出器检出它的峰值。此时，第一个峰值检出器上仍保持着第 n 个峰值，因为第 n 次峰值大于第 $(n+1)$ 次峰值，在第 $(n+1)$ 次回波结束时，产生一个传送脉冲，它将峰值检出器的内容传送到相应的取样/保持电路。此时，电路对于回波脉冲列中的其它回波不发生作用。在下一个脉冲 G 到达时，则再重复上述过程。

2. 电路描述

1) 峰值检出和取样保持电路

图2所示为峰值检出和取样保持电路。峰值检出电路由转换速度高的运放(LH0032)和漏电流小的二极管(FJT1100)组成。 R_1 可根据需要选用，当需要增益时应将它增入。由于 D_3 通过 R_2 的自举效应，和采用高质量的聚苯乙烯电容，FET输入级和放电开关(DG201)的自举效应，可以得到小于100pA的泄漏电流。因为漏电流很低和峰值检出器的内容能立即转移到取样保持电路。所以峰值检出器用的电容可以小些，以有利于检取高速脉冲。

取样保持电路实际上由取样/保持积分器(LH0053)和保持电容组成。LH0053的偏

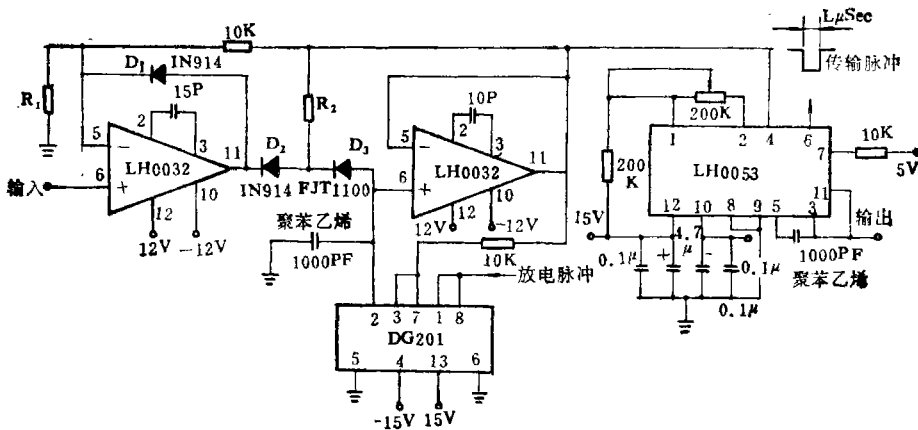


图2 峰值检出和取样保持电路

移电压可以调节。保持电容的大小，通常要兼顾下降速率和取样时间。对 1000pF 的电容 10V 的阶跃输入，下降率为 6mV/s，取样时间为 3μs。但在此电路中，可使其取样时间大些，因为在下一个射频脉冲发射以前，峰值检出器可以一直保持前一个脉冲峰值电压。所以可以采用较大的保持电容，以尽可能减小下降速率。

2) 自动回波选择电路

图 3 所示为自动回波选择电路。此电路产生二个相继的放电脉冲 D_1 和 D_2 ，使峰值检出器放电。每当脉冲 G 到达时就形成 D_1 和 D_2 ，清除使触发器 (7476) 置位，使比较器 (NE521) 工作，当回波脉冲列 C 到达时，比较器给出一串与回波脉冲列相应的脉冲。这些脉冲被送到单稳态 (74123) 上，其输出送入计数器 (74193)。计数器的输出 (B) 与拨轮开关 (A) 所预置的数，在数字比较器 (7485) 中相比较，只要 B 小于 A ，则回波脉冲列中每个回波脉冲结束时，均产生放电脉冲 D_1 和 D_2 。 D_1 和 D_2 分别使第一和第二峰

值检出器放电。当 A 和 B 相等，亦即当第一个需要的回波脉冲到达时，在脉冲结束时只有 D_2 生成，所以，此脉冲仍然保留在第一个峰值检出器中。下一个脉冲满足 B 大于 A 的条件，这个脉冲也会被第二个峰值检出器检出并保留住，因为当 B 大于 A 时，不再产生放电脉冲。 B 大于 A 时， P 脉冲生成，它将触发器 (7476) 复位，而使比较器 (521) 停止工作，也就停止上述步骤。 P 同时还将计数器 (74193) 的输入锁存在锁存器 (7475) 中，并产生一个传输脉冲，将峰值检出器的内容送到相应的取样保持电路中。锁存器 (7475) 的内容被译码后驱动 LED 显示器。LED 的显示值可以用来检查电路的工作是否正常，每当面板上的拨轮开关置在 n 时，LED 应显示 $(n+1)$ 次，这表明第 n 个和第 $(n+1)$ 个回波助峰值被检出，并存贮在取样/保持电路中。图 4 为电路工作时所产生的各个脉冲的时序关系。

3) 实验结果

图 5a 示出了不锈钢样品的实验结果，用

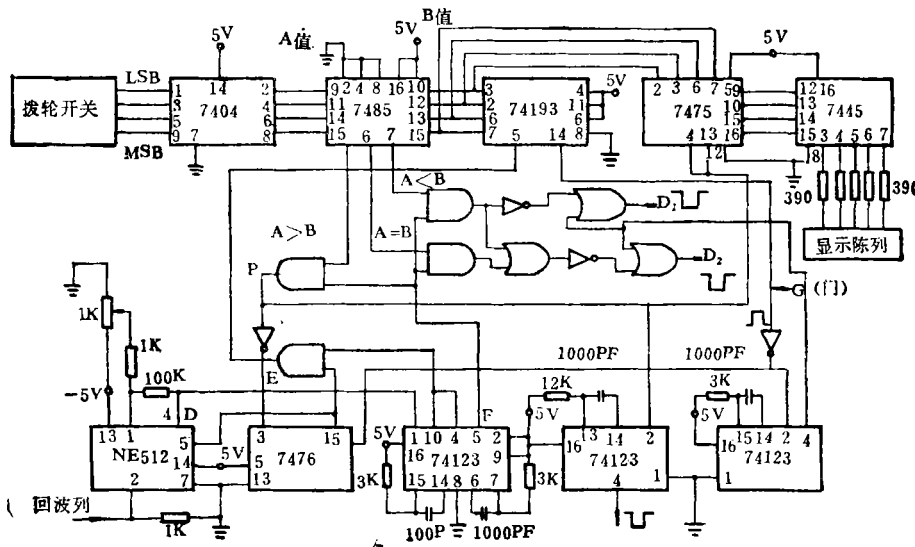


图 3 自动回波选择电路。

- D_1 —峰值检出器 1 的放电脉冲；
- D_2 —峰值检出器 2 的放电脉冲；
- P —(7475) 的锁存脉冲；
- E —输入计数器的脉冲列；
- F —单稳态输出；
- T —传输脉冲，它使峰值检出器的电压传到取样/保持电路；
- D —比较器输出；
- G —发射门控脉冲

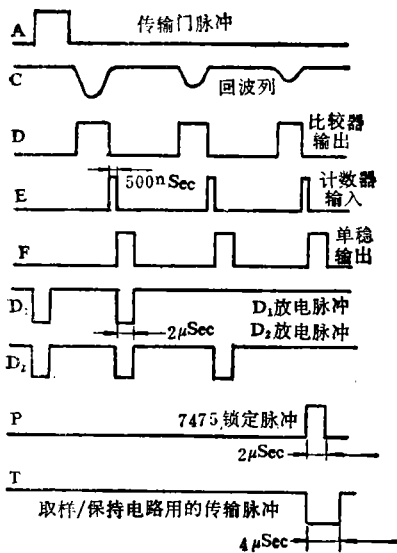


图4 时序图。

二个 2.5MHz 换能器作发射和接收时，接收到的一系列回波脉冲。5b 和 5c 为检波后的回波列和峰值检出器上保持的第二，第三个回波，此时予置数为“2”。图 5c 清楚的表示，检出的幅度与回波脉冲列的峰值一致。5d 与 5c 相类似，不同处是予置数为“1”。5e 为面板上拨轮开关置“2”时，相继二个放电脉冲，中间是放电脉冲 D_1 ，下面是 D_2 。

因为只用一个 BCD 计数器，所以最大的可选择的回波数为“8”，然而，如果回波脉冲数较多(例如在低衰减试样中)则可将电路扩展以选取更多的回波。

应该指出，上述电路适用于负向的回波包络，但只要将图 2 中二极管 D_1, D_2 的极性

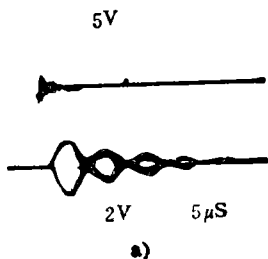
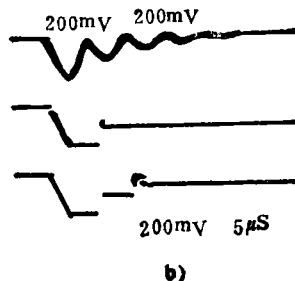
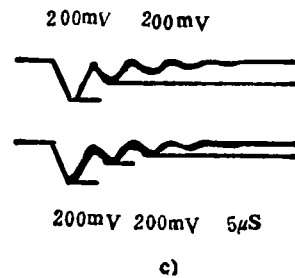


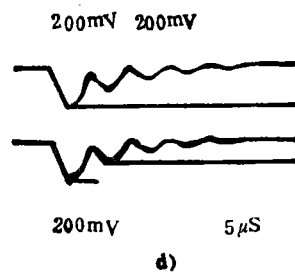
图5 (a) 上面图形为发射脉冲，下面图形为不锈钢样品中接收到的回波列。



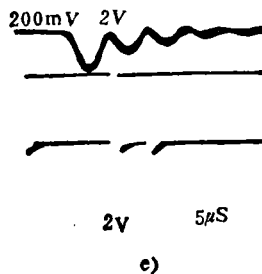
5b—上面图形为接收回波列的包络，中间和下面图形表示峰值检出器 I，I 保持的第二，第三个回波，相应于面板上拨轮开关置“2”的位置。



5c—上面图形为峰值检出器 I 保持的第二个回波，下面图形为峰值检出器保持的第三个回波，它对应面板上拨轮开关置“2”。



5d—上面图形为峰值检出器 I 保持的第一个回波，下面图形表示峰值检出器 I 保持的第二个回波，对应拨轮开关置“1”。



5e—相继产生的放电脉冲 D_1 (中间)， D_2 (下面)，与上面检波后回波列包络图形比较，对应拨轮开关置“2”。

(下转第30页)

表 1 测量装置与标准声速比测值

(单位: m/s)

标准值	1595.5	1583.8	1556.8	1526.2	1538.8	1515.0
测量值	1595.28	1586.07	1558.99	1527.23	1539.76	1516.65
误差	-0.22	+2.27	+3.19	+1.03	+0.94	+1.68
标准值	1498.7	1488.5	1468.0	1464.0	1454.1	1435.7
测量值	1500.41	1488.85	1466.77	1465.94	1455.01	1436.23
误差	+1.41	+0.35	-1.23	+1.94	+0.91	+0.43

* 标准声速采用 LSC1-2 型海水声速测得, 其精度为 $\pm 0.1\text{m/s}$ 。

与含砂量有关。当测得高速层时, 相应的接收信号幅度会减小。

结 束 语

我们认为本装置基本能满足浅海表层声特性现场测量的需要, 为我国研究沉积物声特性, 探测海底构造, 提供了一种有效工具。但是本装置在精度、工作稳定性和数据处理自动化等方面还有待改进。同时, 在 LDC1-1 型静力取样器上还可附上其他声特性探头, 如测量声阻抗的换能器等, 以臻完善。

参 考 文 献

[1] Allman Richard, L. 1974 "Equipment for in situ Measurement of Sediment Sound Velocity and Attenuation" Naval Undersea Center, San Diego CA 92132

- [2] Shirley D. J., and Anderson A. L. 1974 "Compressional Wave Profilometer for Deep Water Measurements" Applied Research Laboratories, University of Texas at Austin, Teech, Rep ART-TR-71-51
- [3] Kenneth C. Baldwin, et al, 1981 "Marine Sediment Acoustic Measurement System" Oceanengineering, Vol.8, No.5, PP481-488
- [4] Anderson A. L., and Hampton L. D. 1974 "A Method for Measuring in situ Acoustic Properties during Sediment Coring" Physics of Sound in Maine Sediments. PP.357-372
- [5] 李允武 1982 "研究海底物理特性的声学方法" 海洋技术 Vol.1 PP10-17
- [6] 吴家仁 1982 "LDC1-1 型静力采样器" 海洋技术 Vol.2, pp32-36
- [7] 吴家仁等 1974 "LSC1-2 型声速仪" 海洋仪器, Vol.4, pp31-36
- [8] 吴家仁等 1984 "海洋沉积物声特性的现场测量方法. Vol.1, pp69-77
- [9] 李清泉, 黄昌宁 "集成运算放大器原理和应用"
- [10] 角铁房, 胡永珍 1980 "漏信比达 10^{-4} 的传输门的探讨" Vol.10, pp14-17

(上接第62页)

反接, 和将图 3 中比较器(521) 的输入作相应的改变, 此电路也能工作在正脉冲状态。

在使用此电路时, 需注意以下几点:

(1) 接收到回波脉冲列中脉冲的宽度(它与脉冲 G 的宽度有关) 要很窄, 以避免相继的脉冲重叠起来。因为此电路的工作原理是建立在回波脉冲与参考电平相比较这一基础上, 参考电平的选取应该在噪声电平之

上。故需要检出脉冲的最低电平亦在此噪声电平之上。

(2) 脉冲 G 的重复频率要相当低, 使得下一个 G 到达时, 被选取的脉冲已经送入取样保持电路, 但是也不能太低, 以致保持电容器上的电压有明显的下降。

[陆玲珍 译自 Rev. Sci. Instrum., Vol.54, No.4, April 1983]