

海中回声信号的实时平滑平均处理

钱炳兴

(中国科学院东海研究站 上海·200032)

本文论述了对海中回声信号作平滑平均处理的基本原理,介绍了利用存贮器ROM技术构成实时平滑平均处理的电路原理框图及工作过程。

1 引言

主动声呐在海中发射的声脉冲遇到目标后产生回波。由于传播条件的影响,回波信号与发射脉冲相比较,波形产生了畸变,幅度中伴有干扰信号。要在这种干扰背景条件下把回波信号提取出来,就得借助于信号处理方法。实时平滑平均处理就是一种实用的方法,那么用什么样的电子技术来实现这种平滑平均处理呢?人们往往首先想到的是利用电子计算机,但是要达实时处理的要求,目前即使高速电子计算机也达不到使用目的,因为它总要占用一段时间才能给出处理结果。本文介绍一种以存贮器ROM为核心组成的实时平滑平均处理电路,既结构简单,又能达到实时处理的目的。

2 平滑平均处理的基本原理

海洋对声传播来说是一个非理想传播空间。海洋中的噪声、混响、声吸收等环境因素都会对声传播产生影响。图1(a)是发射脉冲波形,它的脉宽为 τ_0 ,填充频率为 f_0 的正弦波。如果我们把这脉冲信号发射到海中,当遇到远处的目标后产生反射信号,如图1(b)所示。把回波信号与发射脉冲作一比较,

不难看出有以下差别:脉宽由 τ_0 展宽到 τ_1 ;回波信号的前沿和后沿不象发射脉冲那样很陡,而是缓慢上升和下降。回波的这一特征主要由声在海中的多途传播和频散效应引起的。如果声反射目标是大面积的鱼群,则回波信号的宽度会延伸得更长。

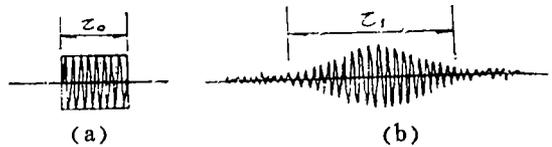


图1 发射脉冲和回波信号

实际上,图1(b)所示的回波信号由于受噪声、混响等干扰的影响,它的包络将会有起伏变化。我们根据回波信号的特征,对包络进行平滑平均处理,使原来带有较大起伏变化的包络变得光滑些。平滑平均处理的基本原理是这样的:首先在电路上取出回波信号的包络 $S(t)$,然后用高速A/D转换器对 $S(t)$ 进行量化。对于一个没有干扰的回波,其包络应是光滑连续过渡的形状如图1(b)所示,邻近两点的采样数据在幅度上应相差不大,如果相差悬殊,那就肯定是干扰引起的。这时对邻近两点的采样数据作一次算术平均,用这一平均值代替采样数据,这样干扰信号的影响就可以大大降低。设在回波包络

收稿日期: 93-8-4

上第n点采样值为 V_n ，则前一个采样值为 V_{n-1} ，它们的平均值用 \bar{V}_n 表示则有下式

$$\bar{V}_n = (V_n + V_{n-1})/2 \quad (1)$$

这种平滑平均处理是一种最基本的方法。在实际设计和应用中，为了使实现平滑平均处理的电路更简单且平均效果更好，把前一次平均处理的结果作为本次平均运算中一个邻近点的值。设沿回波包络共有n个采样值，分别为 $V_0, V_1, V_2, \dots, V_{n-1}, V_n$ ，则平滑平均处理的过程如下所示：

$$\text{第1点平均 } \bar{V}_1 = (V_1 + V_0)/2$$

$$\text{第2点平均 } \bar{V}_2 = (\bar{V}_1 + V_2)/2$$

$$\text{第3点平均 } \bar{V}_3 = (\bar{V}_2 + V_3)/2$$

⋮

$$\text{第n点平均 } \bar{V}_n = (\bar{V}_{n-1} + V_n)/2$$

(2)

比较(2)式和(1)式，不难看出差别在于用平均值 \bar{V}_{n-1} 代替(1)式中的采样数据 V_{n-1} 。作这种替换的优点是很明显的。数据 V_{n-1} 中可能包含干扰信号，而 \bar{V}_{n-1} 已是平均处理过的数据，干扰成份比 V_{n-1} 小得多。这样由(2)式计算出来的平均值就具有更强的抑制干扰信号的能力，对回波包络平滑平均处理的效果也就更好。

3 电路原理框图及工作过程

图2是实现(2)式所描述的实时平滑平均处理的电路原理图。它主要由数据平均ROM，数据暂存器RAM、5 bit数据锁存器组成。而采样保持器，A/D转换器、8bit数据锁存器和数据压缩ROM仅仅实现对回波包络信号S(t)的采样、模数转换、数据压缩的功能。

图3是图2所示电路图的工作时序图。首先RAM ENA负脉冲有效，使前次暂存在

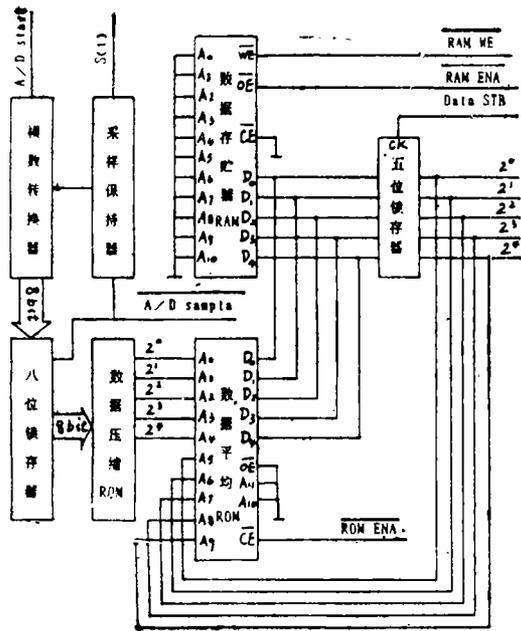


图2 回声信号实时平滑平均处理电路原理图

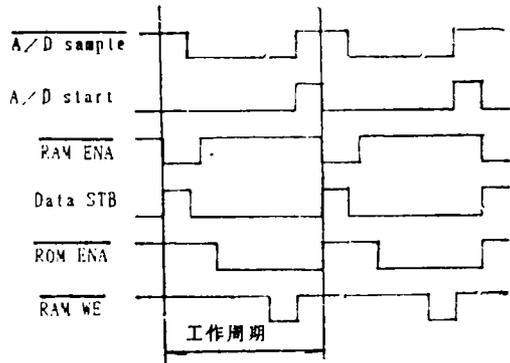


图3 工作时序波形图

RAM中的数据读出，与此同时Data STB正脉冲把数据存贮于5bit锁存器中，这5bit数据 $2^0 \sim 2^4$ 反馈到数据平均ROM高5位地址 $A_5 \sim A_9$ 。然后A/D Sample负脉冲有效，它一方面对回波包络S(t)信号进行采样保持，另一方面把前一次A/D转换结果送到8bit数据锁存器中。数据压缩ROM再把这8bit数据压缩成5bit并馈入数据平均ROM的低5位地址 $A_0 \sim A_4$ 。这时数据平均ROM的地址线 $A_0 \sim A_9$ 上的数据准备就绪，随之ROM ENA低电平有效，ROM从 $D_0 \sim D_4$ 输

出相应的平均数据，紧接着RAM WE 负脉冲有效，把这5bit数据写入RAM中，最后A/D start正脉冲有效、启动A/D转换器将采样保持器中的模拟电压进行模数转换。A/D转换结束后就重复以上过程。值得一提的是：5bit数据锁存器输出的数据 $2^0 \sim 2^4$ 一方面送到数据平均ROM的高5位地址线上，另一方面作为平滑平均处理数据直接输出，声呐系统按时读取这5bit数据，再进一步作数据处理，如相关处理，最后供CRT显示图像。

从实时平滑平均处理的时序图上可以看出，一个工作周期占用极短的时间，并且使用元件少。因此，灵活地运用存储器ROM技术，可以给我们的声呐设计带来极大的方便和益处。

4 数据平均ROM中数据和地址的关系

数据平均ROM一般选用2732，在地址线A₁₀、A₁₁接地情况下，只有1k存储单元存有数据，对应地址0000H—03FFH。

表 1 数据平均ROM中数据与地址的关系

	00	01	02	03	04	05	06	07		08	09	0A	0B	0C	0D	0E	0F
<u>0000</u>	00	01	01	02	02	03	03	04	—	04	05	05	06	06	07	08	
<u>0010</u>	08	09	09	0A	0A	0B	0B	0C	—	0C	0D	0D	0E	0E	0F	0F	10
<u>0020</u>	01	01	02	02	03	03	04	04	—	05	05	06	06	07	07	08	08
<u>0030</u>	09	09	0A	0A	0B	0B	0C	0C	—	0D	0D	0E	0E	0F	0F	10	10
<u>0040</u>	01	02	02	03	03	04	04	05	—	05	06	06	07	07	08	08	09
<u>0050</u>	09	0A	0A	0B	0B	0C	0C	0D	—	0D	0E	0E	0F	0F	10	10	11
<u>0060</u>	02	02	03	03	04	04	05	05	—	06	06	07	07	08	08	09	09
<u>0070</u>	0A	0A	0B	0B	0C	0C	0D	0D	—	0E	0E	0F	0F	10	10	11	11
<u>0080</u>	02	03	03	04	04	05	05	06	—	06	07	07	08	08	09	09	0A
<u>0090</u>	0A	0B	0B	0C	0C	0D	0D	0E	—	0E	0F	0F	10	10	11	11	12
<u>00A0</u>	03	03	04	04	05	05	06	06	—	07	07	08	08	09	09	0A	0A
<u>00B0</u>	0B	0B	0C	0C	0D	0D	0E	0E	—	0F	0F	10	10	11	11	12	12
<u>00C0</u>	03	04	04	05	05	06	06	07	—	07	08	08	09	09	0A	0A	0B
<u>00D0</u>	0B	0C	0C	0D	0D	0E	0E	0F	—	0F	10	10	11	11	12	12	13
<u>00E0</u>	04	04	05	05	06	06	07	07	—	08	08	09	09	0A	0A	0B	0B
<u>00F0</u>	0C	0C	0D	0D	0E	0E	0F	0F	—	10	10	11	11	12	12	13	13
<u>0100</u>	04	05	05	06	06	07	07	08	—	08	09	09	0A	0A	0B	0B	0C
<u>0110</u>	0C	0D	0D	0E	0E	0F	0F	10	—	10	11	11	12	12	13	13	14
⋮									⋮								
<u>03C0</u>	0F	10	10	11	11	12	12	13	—	13	14	14	15	15	16	16	17
<u>03D0</u>	17	18	18	19	19	1A	1A	1B	—	1B	1C	1C	1D	1D	1E	1E	1F
<u>03E0</u>	10	10	11	11	12	12	13	13	—	14	14	15	15	16	16	17	17
<u>03F0</u>	18	18	19	19	1A	1A	1B	1B	—	1C	1C	1D	1D	1E	1E	1F	1F

(4) 电话会议和会议录音系统：双耳的“鸡尾酒会”效应，可使人在嘈杂的环境中能轻易听清某一特殊的声音。通过双耳模拟系统，可把此效应用于电话会议或会议录音中，能大大提高所需声音信号的清晰度。也可用于其它系统中，起到抑制背景噪声、提高信噪比的作用。

(5) 其它：声场模拟技术还可以用于各仿真系统的声环境模拟、可用于电声系统特别是扬声器特性的评价及用于音质评价等。

参考文献

1 贺加添 厅堂音质测量中的四传声器接收技术. 声学技术, 1993, 12(3), 26~29

2 K Heirich Kuttruff. Computer simulation. room acoustics, 1992; 282~288

3 H Lee. An efficient algorithm for the image model technique. Applied Acoustics 1988; 24; 87~115

4 Yuji Korenaga; A sound-field simulation system for room and sound system design 120th ASA Meeting, Nov. 1990

5 H Moller. Fundamentals of binaural technology. Applied Acoustics 1992; 36; 171~218

6 M Morimoto. Basic study on sound field simulation based on running interaural cross-correlation. Applied Acoustics, 1993; 38; 89~92

(上接43页)

表1中数据和地址都是采用16进制，它表示了数据与低5位地址及高5位地址的对应关系。为了节约篇幅，表1中只列出了ROM中首和尾一部分数据和地址，中间部分省略了。表格上方一行表示地址 $A_0 \sim A_9$ 的地址

值，左边一列表示地址 $A_4 \sim A_9$ 的值，其中地址值下面带有横线的表示高5位地址 $A_5 \sim A_9$ 。如图2所示， $A_5 \sim A_9$ 的地址数据来自于前一次5bit平均数据 $2^0 \sim 2^4$ ，两者之间如表2所示具有一一对应关系。

表2 高5位地址 $A_5 \sim A_9$ 与数据 \bar{V}_{n-1} 的对应关系

地址 $A_5 \sim A_9$	0000H	0020H	0040H	0060H	0080H	00A0H	00C0H	...	03C0H	03E0H
对应平均值 \bar{V}_{n-1}	00H	01H	02H	03H	04H	05H	06H	...	1EH	1FH

现在让我们来看看表1中的数据是否满足(2)式。由前面分析已经知道，数据平均ROM低五位地址直接表示数据 V_n ，高五位地址和平均数据 \bar{V}_{n-1} 相对应。例如，高五位地址是00A0H，由表2知道对应数据 $\bar{V}_{n-1} = 05H$ ，这时如果低五位地址也是 $V_n = 05H$ ，那么平均值 $\bar{V}_n = 05H$ 。若高五位地址值不变，而低五位地址变为 $V_n = 1EH$ ，则平均值 $\bar{V}_n = 1EH$ 。总之，表1中的数据都是按照(2)式计算并进行四舍五入得到的十六进制值。

5 结束语

本文仅讨论了沿一个方向上的回波进行实时平滑平均处理的原理和电路设计，如果要对 360° 方向上由波束扫描接收的回波信号实行这种处理，只要在数据存储器RAM的地址线上输入方位地址就可实现。这种以存储器ROM为核心构成的实时平滑平均处理电路对于声呐设计来说是十分有用的，它既简化了声呐系统的设计，又能达到实时处理的目的。实际使用结果表明，采用这种实时平滑平均处理电路后，处理过的回声信号，干扰影响小，数据稳定性好，声呐显示回波图像清晰。这种方法可以作为一种数据处理方法应用到所有的回声探测仪器中。