

使用电子计算机的超声信号处理系统

黄振伊 郭成彬 吴健辉 杨玺珍 王秀芬 苏媛

(中国科学院声学研究所)

近几年来,随着计算技术和电子计算机工业的发展,使用电子计算机采集和处理实验数据已成为一种明显的趋势。在实际工作中,有时不但需要计算机处理慢变化的信号,而且还需要处理快变化的信号,如高频信号、窄脉冲信号等。有的高频信号频率达几兆赫以至几百兆赫。超声检测用的信号就在这个频率范围内。

根据采样定理,为了保持一个随时间变化的连续信号(包含噪声干扰在内)的全部信息,模数转换器(A/D)的最小采样频率要大于或等于两倍信号变化的最高频率。例如对最高频率为10兆赫的信号而言,就需要用采样频率大于20兆赫的模数转换器,这种模数转换器目前还是很昂贵的。除此之外,一般小型计算机或微型计算机的速度是跟不上这样高的采样频率的。通常是附加一个快速暂存器,来存放快速采得的数据,再以计算机速度调进内存存储器里进行处理。当被处理的信号是周期性重复信号时,就可以用低速的A/D转换器。办法之一是先把被处理的信号加到取样示波器上,再由取样示波器馈给低速A/D变换器。

我们就是利用这种原理设计了一个“电子计算机超声信号处理系统”。它所能处理的信号最高频率,只受取样示波器的频宽限制。下面分硬件和软件两部分作简要介绍。

一、硬 件

本系统是以国产DJS-130小型电子计算机为主体加上必要的外围设备组成(见图1)。

被处理的超声信号是几兆赫以上的高频信

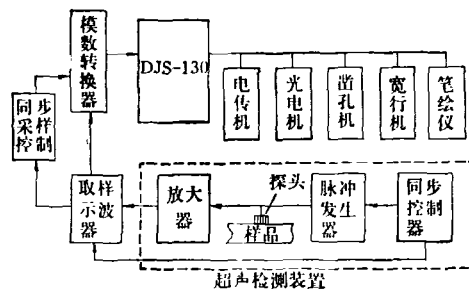


图1 系统框图

号,而我们使用的模数转换器的最高采样频率只有1兆赫(它只能采集500千赫以下的信号),这显然是不适应的。但是超声检测信号绝大多数都是用周期性的重复信号,所以,可将这信号先馈给取样示波器,再把取样示波器Y轴记录的输出加到A/D转换器的输入端。取样示波器与A/D转换器的连接方式如图2所示。

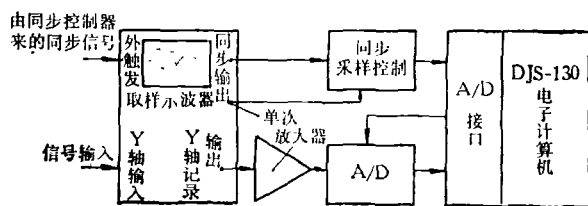


图2 取样示波器与A/D转换器连接图

采用SQ12A型取样示波器时,A/D转换器的采样频率只需要50千赫就可以了。这种连接可以处理高达几百兆赫的信号。

为了保证对同一信号进行多次采样,必需使A/D开始采集时刻与取样示波器开始扫描时刻严格同步。所以我们加了一个同步采样控制器。采样时,取样示波器的作用选择开关置于“准备”或“单次”位置。手按单次按钮后,取

样示波器荧光屏上出现扫描线；同时打开同步采样控制器的控制门，让同步输出脉冲控制 A/D 转换器，进行同步采样。不按单次按钮，同步采样控制门处于关闭状态，同步采样控制器没有同步输出脉冲输出，A/D 转换器不采样。

A/D 转换器与主机交换信息可以用中断或数据通道两种方式工作。以中断方式工作时可以受同步采样控制器来的同步脉冲控制采样。

二、软 件

考虑大多数实验人员不是专门从事电子计算机工作，对计算机的指令或汇编语言并不熟悉，再加上处理方法又很多，所以要使计算机及实验系统充分发挥作用，最好用高级计算机语言编写处理程序。因此，我们选用了能人机对话的 BASIC 语言。目前小型机和微型机都配有 BASIC 语言，会使用这种语言的人很多，并且它有易学、修改方便等优点。为了适应处理信号的需要，我们在 BASIC 语言的基础上，作了一些必要的扩充。

1. 取消了原来对一维数组维数的限制。它只受内存储器容量的限制。采集到的数据，以数组的形式存在内存储器中。一次采多少点，数组的维数就定义多大。如一次采 4096 点，放在 A 数组中，就定义 A 数组维数为 4095，写作 A(4095)。

2. 读模数转换器语句

这条语句的格式是：标号 RAD A(0)，其作用是计算机程序执行这条语句时，启动模数转换器工作，并把模数转换器采集的数据以浮点形式存入 A 数组内。

3. 绘图语句

这条语句的格式是：标号 PLT X 坐标原点，Y 坐标原点，X 放大倍数，Y 放大倍数，X 轴数组，Y 轴数组，点数。其功能是将处理后的结果，在笔绘仪上绘出所需要的曲线来。

4. 正、反傅里叶变换运算语句^[1]

这条语句格式是：标号 FFT N, A±B。N 是运算点数，A 是存放信号实部数组名，B 是存放虚部数组名。“+”代表正变换，“-”代表反变换。用这样一条语句就可以进行傅里叶变换，不用再另编快速傅里叶变换程序了。

该系统经过近一年的运行，证明工作可靠。我们用它对超声信号进行过频谱分析、相关处理和平均处理等实验。例如，用它对一种粗晶结构的钢材样品的超声回波信号，用频率平均法进行提高信噪比的实验。采样点数为 1024 点，作了 13 次频率平均处理。未处理样品底部回波被埋在粗晶结构的噪声中，分不出哪个是底部回波（见图 3）。经平均处理后信噪比为 16 分贝，可以明显地看见底部回波（见图 4）。

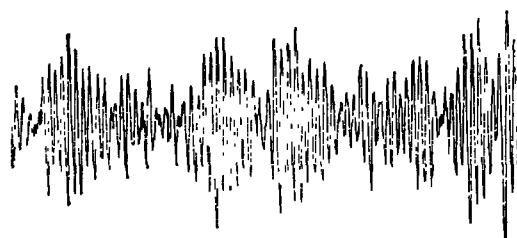


图 3 未处理的信号

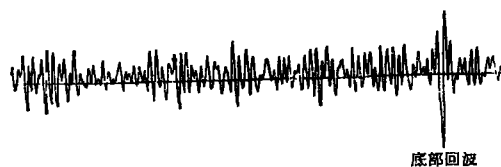


图 4 平均处理后的波形

由于使用 BASIC 语言编程序，改变处理方案（如频谱分析、求相关函数、解卷积、用平均法提高信噪比等）非常方便，只需改变一下程序，而不需要再增加其它设备。该系统除了可以处理超声信号外，还可以处理其它周期性重复信号。由于条件限制，本系统还很不完善，如只有一个模数转换器通道，还没有配 D/A 转换器等。在软件上也还有大量工作要做。

参 考 文 献

- [1] 清华大学无线电系快速傅里叶变换组，快速傅里叶变换，人民邮电出版社，(1980)，223—249。