

多通道水声自动化测试系统的研制*

黄建人

(东南大学, 南京 · 210018)

本文论述一种为水下电声换能器参数测试而设计并研制的多通道水声自动化测试系统(以下简称多通道 SZC 系统)的设计方法和工作原理。

Research on the multi-channel underwater acoustics automatic measuring system

HUANG Jianren

(Southeast University, Nanjing · 210018)

This article presents a multi-channel underwater acoustics automatic measuring system which is used to measure the parameters of the underwater electro-acoustic transducers. The theory and designing method of the circuits for this system are also given in detail.

1 引言

为了测量水下电声换能器的主要指标,如空间指向性、接收灵敏度响应、发射电压和电流响应、轴向声压、发射声功率、空间指向性系数、发射效率等参数^[1],我们设计并研制了多通道 SZC 系统。该系统对于多通道测试,在保证测试条件的一致性,提高效率、节省测试时间等方面具有明显的优点。

2 系统组成及工作原理

多通道 SZC 系统的组成框图如图 1 所示。该系统由 3 部分组成:中心计算机及其接口和外

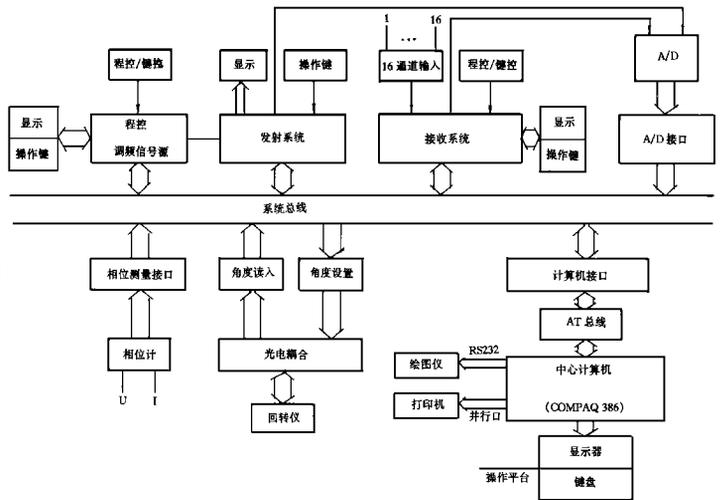


图 1 SZC 系统组成框图

* 收稿日期: 95-8-7

围设备, 程控调频信号源和发射系统, 多通道接收系统。

由 COMPAQ386 为核心的中心计算机, 负责参数设置、功能控制、读取数据、计算结果以及将数据和结果存贮并送显示器、绘图仪、打印机显示, 同时按极坐标或直角坐标等不同要求输出。

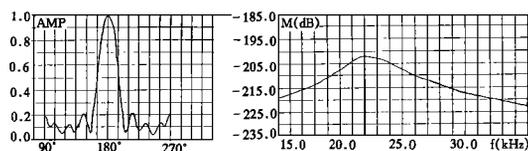
程控调频信号源可设置程控/ 键控两种工作状态, 可输出正弦、脉冲、上线性调频、下线性调频 4 种信号, 输出幅度可程控步进调节。输出信号传送至发射系统, 也可以直接输出作信号源使用。

发射系统由脉冲调制器、功率放大器, 负载转换器、补偿器、输出脉冲电压表和脉冲电流表、相位计等部分组成。脉冲调制器供外接信号源使用, 宽频带功率放大器分 7 档负载阻抗输出, 因发射换能器呈容抗, 可采用串联或并联电感补偿。其中脉冲电压表、脉冲电流表和相位计的读数被计算机读取。

接收系统由 16 通道输入电路、滤波器、脉冲电压表等部分组成。16 通道输入设程控/ 键控两种操作方式, 量程控制设程控、键控和自动 3 种工作状态。在程控状态量程大小可由计算机通过菜单设定, 也可由程序控制进入软件的“自动”量程状态。在键控状态, 量程可人工设定, 也可选择硬件的“自动”量程方式。接收系统设置了可移动采样门, 在脉冲工作状态时, 采样门可选择感兴趣的回波信号进行测量, 有利于克服或减小水池池壁和水面反射的影响。接收脉冲电压表的数据同样也送 A/D 变换后被计算机读入。

在指向性测量时计算机将发射参数设置后, 驱动回转仪旋转, 并读取回转仪光栅传感器送出的角度信息, 读取被测换能器或基阵在规定角度上的接收电压, 由角度信息和接收电压大小可绘出归一化指向性图 2(a)。对于灵敏度响应测量, 先设置信号源起始频率、终止频率及步长, 读取发射、接收电压和标准水听器的接收电压后。再根据比对法测量公

式可求得灵敏度响应曲线, 见图 2(b)^[1~3]。



(a) 接收指向性曲线 (b) 接收灵敏度曲线响应
图 2

3 软件设计

本系统集成化应用软件是测试系统的核心, 完成系统控制、内部数据采集、测量数据分析与处理、自动校准、测量数据的存贮与显示、处理结果的输出等功能。软件系统采用面向对象的设计原则, 用 C++ 语言编写, 共有 3 部分组成: 基本输入输出软件、汉字人机交互

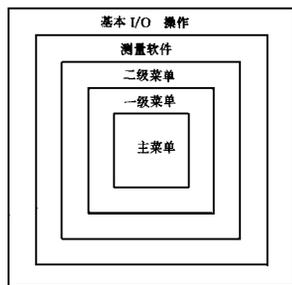


图 3 软件基本结构图

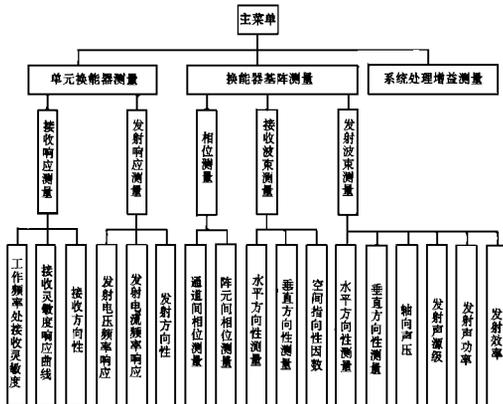


图 4 测量功能框图

软件以及测量过程控制和数据处理软件,其中汉字人机交互软件由3级下拉式系统菜单及人机对话框构成,系统采用虚拟方式和重构技术完成所有的测量功能。软件的基本结构如图3所示,完成的测量功能如图4所示。

4 测量电路设计

4.1 多通道输入电路设计

采用图5所示的级联双16通道输入电路,16通道切换(AD7506)供指向性测量转换,16通道切换(继电器)供灵敏度响应测量转换,同时为切换提供一输入通道。

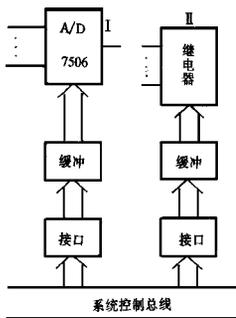


图5 级联多通道输入及控制框图

由于灵敏度测量时要求在1kHz至200kHz带宽范围内本机噪声小于 $10\mu\text{V}$,故采用16通道微型继电器切换,但其转换时间长达10ms以上,无法进行指向性的连续测量,故又增设了由AD7506构成的电子16通道快速切换电路,解决了本机噪声和切换速度间的矛盾。由于16通道的设置,在进行接收指向性或接收灵敏度响应测量时,一次操作即可完成16个单元换能器或16路接收通道的测试要求。

4.2 脉冲电压表设计考虑

系统共有两只脉冲电压表和1只脉冲电流表,其频带宽度为1kHz至200kHz,测量精度要求优于1%。脉冲电压表、电流表可采用数字或模拟两种方法实现,数字法受计算机内存容量限制,模拟法受精度限制。设采样频率 $f_s = 4\text{MHz}$,通道数 $M = 16$,每次每路最

小采样时间 $T = 4\text{ms}$,每次指向性测量最少采样点 $N = 180$,故数字法至少所需内存容量(一只电压表)为: $MEM = f_s \cdot T \cdot M \cdot N = 46.08 \times 10^6$ 再加操作测试程序,一般的计算机难于胜任。但模拟检波电路在20dB范围内的非线性比较大,达3~5%,不能满足指标要求。为此,本系统采用补偿式模拟检波电路,测试表明,检波的非线性可以控制在1%以内,满足精度要求。

检波器输出信号经滤波后被采样保持并送数字显示器显示和A/D574采样,计算机存贮,因A/D变换的频率降至10kHz以下,故大大减少了计算机内存要求。

4.3 程控调频信号源

程控调频信号源采用直接法数字频率合成技术^[4,5],通过内部总线与计算机相联。其结构框图如图6所示。经量化的正弦函数时间序列存贮于高速PROM中,所有输出信号都是由相角间隔为 $2\pi/N$ 的整倍数序列恢复得到。当保证最高频率时每周采样16点,可以恢复得到高质量的输出波形。

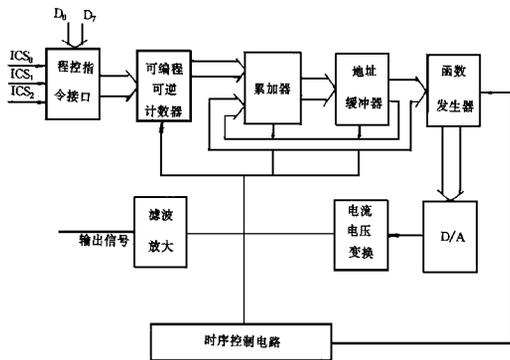


图6 程控信号源框图

最高输出频率的确定:设离散后的正弦序列为 $\sin[(2\pi/N) \cdot nk]$ $n = 0, 1, \dots$ 其中 $2\pi/N$ 为相角量化单元, nk 为相角量化指数, k 称为频率码,显然当 k 越大每1周期内的时间取样点就越少,故要求: $N/k_{max} \geq 16$ 即

$$k_{max} \leq N/16 \quad (1)$$

当时钟频率 $f_0 = 1/T_0$ 时,最高输出频率为:

$$f_{max} = k_{max} f_0 / N \quad (2)$$

最低输出频率的确定: 当 $k_{min} = 1$ 时, 可获得最低输出频率:

$$f_{min} = (k_{min} \cdot f_0) / N = f_0 / N \quad (3)$$

本设计中程控信号源的频率跳变间隔与最低输出频率相等。离散正弦序列的量化 bit 数 A 由给定的信噪比 SNR 和每周最少取样点数 B 确定^[5], 由式(4)当取信噪比 $SNR_{dB} = 70dB$, $B = 16$ 时, 得 $A = 11.4$, 故取 12bit。显然当 B 取得较大时, SNR 主要由 A 确定。

$$SNR_{dB} = -10 \text{Log} \frac{0.44}{2^{4A}} + \frac{46.0}{2^{4B}} \quad (4)$$

k 值由相码发生器产生, 相码发生器由地址信号缓冲器、累加器、可编程可逆计数器构成, 设置的频率码 k , 对于累加器是一基准累加数, 可编程可逆计数器可以改变 k 值, 当 k 为常数, 输出正弦信号; 当 k 值减小得下线性调频信号, k 值增加得上线性调频信号。线性调频信号的中心频率可由可编程可逆计数器设定。

由于存贮器的容量在目前已不再是难题, 故早期用于减少容量的一系列方法不再采用, 从而可简化整个设计。

程控信号源内部时序控制电路由 8031、2732 等组成, 软件框图见图 7。

5 结束语

多通道 SZC 系统已成功地在消声水池测量室运行。通过运行表明, 该系统较好地解决了多通道测量中的矛盾, 提高了测量速度

和精度。人工参予减少, 测试数据更客观。

本文作者谨向参加研制工作的陆佶人、朱滋浩、高翔、钱进、朱建戈等同志表示感谢。

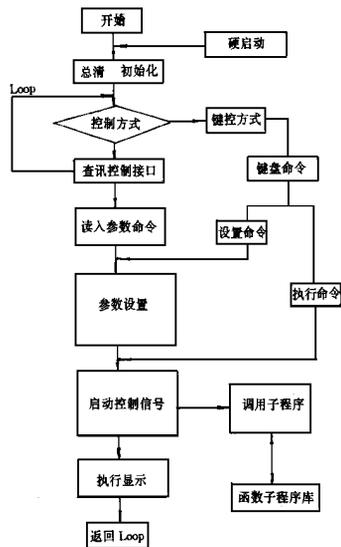


图 7 程控信号源软件框图

参考文献

1. 中华人民共和国第六机械工业部部标准, 水声换能器测量规程 CB899- 79, 1981
2. 周福洪编著. 水声换能器及基阵. 国防工业出版社, 1984
3. R. J. 鲍伯著, 郑士杰译. 水下电声测量. 国防工业出版社, 1977
4. 官知节. 直接数字式频率合成技术. 无线电技术通讯, 1975(2): 52 ~ 71
5. Cooper. H. W., Why complicate frequency synthezes, electronic design, 1974; 22(15): 80 ~ 83

魏荣爵教授八十华诞庆典即将举行

1996年9月4日是中科院院士魏荣爵教授八十华诞。半个世纪以来魏先生为我国声学教育、科研事业的发展作出了卓越的贡献。届时南京大学将举行隆重俭朴的庆祝会。

南京大学声学所为贯彻勤俭节约的原则告知外地各兄弟单位, 届时不必派员到南大来参加庆典, 如有祝贺信、电等请发给南大声学所。

本刊刊