



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 105307099 B

(45)授权公告日 2018.10.02

(21)申请号 201510766527.X

CN 102761817 A,2012.10.31,

(22)申请日 2015.11.11

CN 202168211 U,2012.03.14,

(65)同一申请的已公布的文献号

US 2012163619 A1,2012.06.28,

申请公布号 CN 105307099 A

王太晓.基于STM32处理的USB通信设计.《微处理机》.2015,

(43)申请公布日 2016.02.03

审查员 陈诗华

(73)专利权人 西安工程大学

地址 710048 陕西省西安市金花南路19号

(72)发明人 周静雷 常诚 王涛 李倩 董姣

(74)专利代理机构 西安弘理专利事务所 61214

代理人 罗笛

(51)Int.Cl.

H04R 29/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102761817 A,2012.10.31,

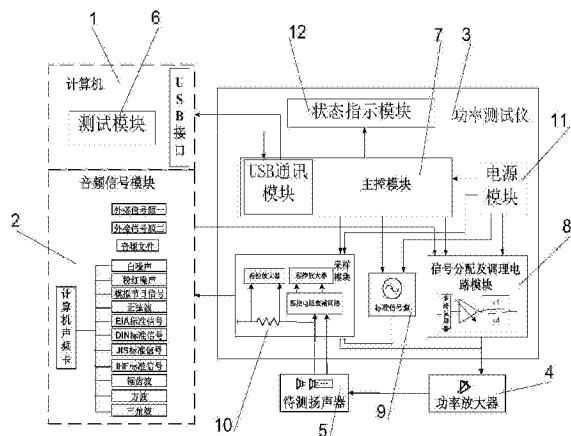
权利要求书3页 说明书7页 附图2页

(54)发明名称

一种扬声器功率试验系统及功率和低频参数的测试方法

(57)摘要

本发明公开了一种扬声器功率试验系统,包括计算机,计算机机上连接有若干个测试组,每个测试组包括待测扬声器、用于检测扬声器的功率测试仪和用于驱动扬声器的功率放大器。一种扬声器功率试验系统,扬声器测试仪器结构简单,需要设备少、造价低。一种扬声器功率和低频参数的测试方法,扬声器功率测试方法操作简单,低频参数测量精度精确,运算速度快,运算时间短。



1. 一种扬声器功率和低频参数的测试方法,其特征在于,具体按以下步骤实施:

步骤1,控制计算机(1)上的音频信号模块(2)输出信号;

步骤2,将输出信号传递给功率测试仪(3);

步骤3,计算机(1)通过USB接口控制功率测试仪(3)切换到内部校准信号对仪器进行校准,校准成功后控制功率测试仪(3)内部的信号分配及调理电路模块(8)将音频信号模块(2)输出的信号分配至功率放大器(4);

步骤4,功率放大器(4)对信号放大后输出电压驱动待测扬声器(2)开始工作;

步骤5,信号分配及调理电路模块(8)采集待测扬声器(2)的工作电压和电流信号,并将工作电压和电流信号回传到功率测试仪(3)上;

步骤6,工作电压和电流信号经过功率测试仪(3)上的信号分配及调理电路模块(8)进行电平转换,电平转换后传回计算机(1)内部音频信号模块(2),音频信号模块(2)将接收到工作电压和电流信号进行A/D转化为数字信号;

步骤7,功率的测试:功率包括有功功率和无功功率;

通过测试模块(6)将数字信号经过公式(1)、(2)转换成数据显示出来,得到待测扬声器(2)工作电压和电流瞬时值的结果,待测扬声器(2)工作电压和电流相乘得到有功功率值;

$$U(t) = u(t) \div n \quad (1),$$

$$I(t) = i(t) \div n \quad (2),$$

公式(1)中, $U(t)$ 为转换后的电压瞬时值, $u(t)$ 为电压瞬时值的数字信号, n 为转换系数, $n=4243$;

公式(2)中, $I(t)$ 为转换后的电流瞬时值, $i(t)$ 为电流瞬时值的数字信号, n 为转换系数, $n=4243$;

步骤8,根据公式(3)计算无功功率 Q ;

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T u'(t)i(t)dt \quad (3),$$

公式(3)中, $i(t)$ 为电流瞬时值的数字信号, $u'(t)$ 为 $u(t)$ 移相 -90° 后的电压瞬时值的数字信号, $u(t)$ 为电压瞬时值的数字信号, T 为 $u(t)$ 和 $i(t)$ 的信号周期;

低频参数测试:低频参数包括 f_s 、 Q_{ms} 、 Q_{es} 和 Q_{ts} , f_s 为谐振频率, Q_{ms} 为机械品质因数, Q_{es} 为电气品质因数, Q_{ts} 为总品质因数,

通过测试模块(6)将数字信号采用拉格朗日插值算法,得到待测扬声器(2)在不同频率点的阻抗曲线,从而得到最大阻抗值 Z_{max} 所对应的频率,最大阻抗值 Z_{max} 所对应的频率为待测扬声器(2)的谐振频率 f_s ;

线性拉格朗日插值多项式的表达式为;

$$f_1(x) = \frac{x-x_2}{x_1-x_2} f(x_1) + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} f(x_2) \quad (4),$$

公式(4)中, $A(x_1, f(x_1))$, $B(x_2, f(x_2))$ 为已知的任意两点A和B的坐标值;

已知 $A(x_1, f(x_1))$, $B(x_2, f(x_2))$, $C(x_3, f(x_3))$ 任意三点的坐标值,则得到二次拉格朗日插值多项式为,

$$f_2(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)} f(x_1) + \frac{(x-x_1)(x-x_3)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)} f(x_2) + \frac{(x-x_1)(x-x_2)}{(x_3-x_1)(x_3-x_2)} f(x_3) \quad (5),$$

由此类推,可得高次的拉格朗日多项式,其表达式为,

$$f_{n-1}(x) = \sum_{i=1}^n L_i(x) f_i(x) \quad (6),$$

公式(6)中,n为数据点的个数, $L_i(x)$ 为

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x-x_j}{x_i-x_j} \quad (7),$$

取 f_s 前、后的点进行插值运算,即n的个数, f_s 的前一个频率点 f_{s-1} 及后一个频率点 f_{s+1} 为边界,计算二者中间各频率点对应的阻抗值,最大阻抗值 Z_{\max} 所对应的频率为待测扬声器(2)的谐振频率 f_s ;

f_1 、 f_2 分别为阻抗等于 $R_e \sqrt{r_0}$ 时对应的下限和上限频率, r_0 用式(8)计算得到,

$$r_0 = \frac{Z_{\max}}{R_e} \quad (8),$$

在公式(8)中, R_e 为音圈直流电阻,采用万用表直接测量;机械品质因数 Q_{ms} 的计算式为公式(9),

$$Q_{ms} = \frac{f_s \sqrt{r_0}}{f_2 - f_1} \quad (9),$$

电气品质因数 Q_{es} 计算式为公式(10),

$$Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{r_0 - 1} \quad (10),$$

总品质因数 Q_{ts} 计算式为公式(11),

$$Q_{ts} = \frac{Q_{es} \cdot Q_{ms}}{(Q_{es} + Q_{ms})} \quad (11).$$

2. 根据权利要求1所述的一种扬声器功率和低频参数的测试方法,其特征在于:所述步骤1中输出信号为GB白噪声、GB粉红噪声、GB模拟节目信号、GB正弦波、IHF标准信号、EIA标准信号、DIN标准信号、JIS标准信号、锯齿波、方波和三角波。

3. 根据权利要求1所述的一种扬声器功率和低频参数的测试方法,其特征在于:所述步骤3具体为:功率测试仪(3)内部信号分配及调理电路模块(8)与音频信号模块(2)的输入端口的左右通道相连接,构成系统电压表和电流表,通过功率测试仪(3)内部配置的正弦波发生器来与音频信号模块(2)发出的正弦波转化的电压值与电流值比较,得到电压表电流表灵敏度,得到的电压表电流表灵敏度的值在正弦波发生器发出的值 ± 0.1 内,则输出信号校准成功,校准成功后通过功率测试仪(3)内部的信号分配及调理电路模块(8)将音频信号模

块(2)输出的信号分配功率放大器(4)。

一种扬声器功率试验系统及功率和低频参数的测试方法

技术领域

[0001] 本发明属于电声检测技术领域,涉及一种扬声器功率试验系统,本发明还涉及一种扬声器功率和低频参数的测试方法。

背景技术

[0002] 对扬声器进行功率和低频参数实验,是电声企业在研发和生产扬声器产品的过程中,必不可少的重要测试环节。特别是近年来随着扬声器的发展追求小型化、高功率,企业对于扬声器功率实验的需求也日益迫切。根据国际和国家规定的规定,在进行扬声器、话筒扬声器和头戴耳机等电声器件定型检验和例行检验时必须进行功率实验。而传统的扬声器功率测试系统,是根据国家标准12060.5-2011《扬声器主要性能测试方法》给出的测试方法进行测量的,通过粉红噪声发生器、合适的计权网络、带限幅电路的功率放大器以及功放和真有效值电压表等一整套的测量仪器对扬声器进行功率测试。然而,采用上述方法进行实验,不仅需要设备多、造价高昂,而且对扬声器的损坏过程很难进行实时有效的监测。特别是为了提高工作效率,通常需要对多只扬声器单元同时进行实验,即进行多通道试验。如果按照传统测试方法进行多通道试验,系统将会十分复杂,不仅使得操作过程过于繁琐,而且也容易出现的问题,现有低频参数存在测量精度不精确,运算速度较慢,运算时间较长的缺点。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供了一种扬声器功率试验系统,解决了现有技术中扬声器功率测试仪器结构复杂的问题。

[0004] 本发明的另一目的是提供了一种扬声器功率和低频参数的测试方法,解决了现有技术中扬声器功率测试方法操作复杂,低频参数的测量精度不精确的问题。

[0005] 本发明所采用的技术方案是,一种扬声器功率试验系统,包括计算机,计算机上连接有若干个测试组,每个测试组包括待测扬声器、用于检测扬声器的功率测试仪和用于驱动扬声器的功率放大器。

[0006] 本发明的特点还在于,

[0007] 计算机包括测试模块、音频信号模块和USB接口,功率测试仪包括电源模块,电源模块与主控模块、信号分配及调理电路模块、标准信号源、采样模块分别连接,

[0008] 主控模块与状态指令模块、分配及调理电路模块、标准信号源、采样模块分别连接,状态指令模块内设置有USB通信模块,USB通信模块与USB接口连接,

[0009] 分配及调理电路模块与功率放大器、采样模块分别连接,

[0010] 标准信号源与采样模块连接,

[0011] 采样模块与待测扬声器、音频信号模块分别连接,

[0012] 音频信号模块与分配及调理电路模块连接。

[0013] 测试模块内采用的CPU的型号为Celeron E1600,音频信号模块采用MAYA44音频

卡,主控模块采用Cortex-M3内核的STM32F103RV86T6芯片,信号分配及调理电路模块采用HCF4051BCM1芯片,采样模块采用MAX388芯片,电源模块采用文压芯片LM317T、状态指示模块采用驱动芯片为DMOS,驱动芯片DMOS的功率驱动器6B595。

[0014] 本发明所采用的另一个技术方案是,一种扬声器功率和低频参数的测试方法,采用一种扬声器功率试验系统,其特征在于,具体按以下步骤实施:

[0015] 步骤1,控制计算机上的音频信号模块输出信号;

[0016] 步骤2,将输出信号传递给功率测试仪;

[0017] 步骤3,计算机通过USB接口控制功率测试仪切换到内部校准信号对仪器进行校准,校准成功后控制功率测试仪内部的信号分配及调理电路模块将音频信号模块输出的信号分配至功率放大器;

[0018] 步骤4,功率放大器对信号放大后输出电压驱动待测扬声器开始工作;

[0019] 步骤5,信号分配及调理电路模块采集待测扬声器的工作电压和电流信号,并将工作电压和电流信号回传到功率测试仪上;

[0020] 步骤6,工作电压和电流信号经过功率测试仪上的信号分配及调理电路模块进行电平转换,电平转换后传回计算机内部音频信号模块,音频信号模块将接收到工作电压和电流信号进行A/D转化为数字信号;

[0021] 步骤7,有功功率和无功功率的测试;

[0022] 通过测试模块将数字信号经过公式(1)、(2)转换成数据显示出来,得到待测扬声器工作电压和电流瞬时值的结果,待测扬声器(2)工作电压和电流相乘得到有功功率值;

[0023] $U(t) = u(t) \div n$ (1)

[0024] $I(t) = i(t) \div n$ (2)

[0025] 公式(1)中, $U(t)$ 为转换后的电压瞬时值, $u(t)$ 为电压瞬时值的数字信号, n 为转换系数, $n=4243$;

[0026] 公式(2)中, $I(t)$ 为转换后的电流瞬时值, $i(t)$ 为电流瞬时值的数字信号, n 为转换系数, $n=4243$;

[0027] 步骤8,根据公式(3)计算无功功率 Q ;

[0028]

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T u'(t) i(t) dt \quad (3)$$

[0029] 公式(3)中, $i(t)$ 为电流瞬时值的数字信号, $u'(t)$ 为 $u(t)$ 移相 -90° 后的电压瞬时值的数字信号, $u(t)$ 为电压瞬时值的数字信号, T 为 $u(t)$ 和 $i(t)$ 的信号周期;

[0030] 低频参数测试:低频参数包括 f_s 、 Q_{ms} 、 Q_{es} 和 Q_{ts} , f_s 为谐振频率, Q_{ms} 为机械品质因数, Q_{es} 为电气品质因数, Q_{ts} 为总品质因数,

[0031] 通过测试模块将数字信号采用拉格朗日插值算法,得到待测扬声器在不同频率点的阻抗曲线,从而得到最大阻抗值 Z_{max} 所对应的频率,最大阻抗值 Z_{max} 所对应的频率为待测扬声器的谐振频率 f_s ;

[0032] 线性拉格朗日插值多项式的表达式为:

[0033] $f_1(x) = \frac{x-x_2}{x_1-x_2} f(x_1) + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} f(x_2)$ (4)

[0034] 公式(4)中, $A(x_1, f(x_1))$, $B(x_2, f(x_2))$ 为已知的任意两点A和B的坐标值;

[0035] 已知 $A(x_1, f(x_1))$, $B(x_2, f(x_2))$, $C(x_3, f(x_3))$ 任意三点的坐标值, 则得到二次拉格朗日插值多项式为,

[0036]

$$f_2(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)} f(x_1) + \frac{(x-x_1)(x-x_3)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)} f(x_2) + \frac{(x-x_1)(x-x_2)}{(x_3-x_1)(x_3-x_2)} f(x_3) \quad (5)$$

[0037] 由此类推, 可得高次的拉格朗日多项式, 其表达式为,

$$f_{n-1}(x) = \sum_{i=1}^n L_i(x) f_i(x) \quad (6)$$

[0039] 公式(6)中, n 为数据点的个数, $L_i(x)$ 为

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x-x_j}{x_i-x_j} \quad (7)$$

[0041] 取 f_s 前、后的点进行插值运算, 即 n 的个数, f_s 的前一个频率点 f_{s-1} 及后一个频率点 f_{s+1} 为边界, 计算二者中间各频率点对应的阻抗值, 最大阻抗值 Z_{\max} 所对应的频率为待测扬声器的谐振频率 f_s ;

[0042] f_1 、 f_2 分别为阻抗等于 $R_e \sqrt{r_0}$ 时对应的下限和上限频率, r_0 用式(8)计算得到,

$$r_0 = \frac{Z_{\max}}{R_e} \quad (8)$$

[0044] 在公式(8)中, R_e 为音圈直流电阻, 采用万用表直接测量;

[0045] 机械品质因数 Q_{ms} 的计算式为公式(9),

$$Q_{ms} = \frac{f_s \sqrt{r_0}}{f_2 - f_1} \quad (9)$$

[0047] 电气品质因数 Q_{es} 计算式为公式(10),

$$Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{r_0 - 1} \quad (10)$$

[0049] 总品质因数 Q_{ts} 计算式为公式(11),

$$Q_{ts} = \frac{Q_{es} \cdot Q_{ms}}{(Q_{es} + Q_{ms})} \quad (11)。$$

[0051] 本发明的特点还在于,

[0052] 步骤1中输出信号为GB白噪声、GB粉红噪声、GB模拟节目信号、GB正弦波、IHF标准信号、EIA标准信号、DIN标准信号、JIS标准信号、锯齿波、方波和三角波。

[0053] 步骤3具体为: 功率测试仪内部信号分配及调理电路模块与音频信号模块的输入端口的左右通道相连接, 构成系统电压表和电流表, 通过功率测试仪内部配置的正弦波发生器来与音频信号模块发出的正弦波转化的电压值与电流值比较, 得到电压表电流表灵敏度, 得到的电压表电流表灵敏度的值在正弦波发生器发出的值 ± 0.1 内, 则输出信号校准成

功,校准成功后通过功率测试仪内部的信号分配及调理电路模块将音频信号模块输出的信号分配功率放大器。

[0054] 本发明的有益效果是:一种扬声器功率试验系统,扬声器测试仪器结构简单,需要设备少、造价低。一种扬声器功率和低频参数的测试方法,扬声器功率测试方法操作简单,低频参数测量精度精确,运算速度快,运算时间短。

附图说明

[0055] 图1是本发明一种扬声器功率试验系统的结构示意图;

[0056] 图2是本发明一种扬声器功率和低频参数的测试方法的流程图。

[0057] 图中,1.计算机,2.音频信号模块,3.功率测试仪,4.功率放大器,5.待测扬声器,6.测试模块,7.主控模块,8.信号分配及调理电路模块,9.标准信号源,10.采样模块,11.电源模块,12.状态指示模块。

具体实施方式

[0058] 下面结合附图和具体实施方式对本发明进行详细说明。

[0059] 本发明提供了一种扬声器功率试验系统,如图1所示,包括计算机1,计算机1上连接有若干个测试组,每个测试组包括待测扬声器5、用于检测扬声器的功率测试仪3和用于驱动扬声器的功率放大器4;

[0060] 计算机1包括测试模块6、音频信号模块2和USB接口,功率测试仪3包括电源模块11,电源模块11与主控模块7、信号分配及调理电路模块8、标准信号源9、采样模块10分别连接,

[0061] 主控模块7与状态指令模块12、分配及调理电路模块8、标准信号源9、采样模块10分别连接,状态指令模块12内设置有USB通信模块,USB通信模块与USB接口连接,

[0062] 分配及调理电路模块8与功率放大器4、采样模块10分别连接,

[0063] 标准信号源9与采样模块10连接,

[0064] 采样模块10与待测扬声器5、音频信号模块2分别连接,

[0065] 音频信号模块2与分配及调理电路模块8连接。

[0066] 测试模块6内采用的CPU的型号为Celeron E1600,音频信号模块2采用MAYA44音频卡,主控模块7采用Cortex-M3内核的STM32F103RV86T6芯片,信号分配及调理电路模块8采用HCF4051BCM1芯片,采样模块10采用MAX388芯片,电源模块11采用文压芯片LM317T、状态指示模块12采用驱动芯片为DMOS,驱动芯片DMOS的功率驱动器6B595。

[0067] 音频信号模块2:该模块提供了多种测试信号,并且可根据实际需求选择外接信号源;若选择由声卡输出信号,通过自带的滤波算法,可生成不同频带的噪声信号,包括白噪声、粉红噪声、模拟节目信号、正弦波、锯齿波、方波、三角波、EIA、DIN、JIS、IHF信号源。

[0068] 主控模块7,该模块为整个功率测试仪3的控制中枢,主要负责与测试模块6进行通信,接受计算机1指令并按照计算机1的指示对功率测试仪3各模块进行相应的控制,并把执行结果回馈给测试模块6,主控模块7的主控芯片型号是STM32,主控模块7进行信号选通、信号衰减,配合信号调理电路的衰减放大、实现对被测扬声器的工作状态信号的循环检测、对电路中所有的继电器的控制完成各功能模块的工作任务并实现在功率测试时各测试通道

的工作状态以及被测扬声器的测试结果。

[0069] 信号分配及调理电路模块8,根据待测扬声器5的型号种类、测试数量和链接方式,以及测试通道和测试信号强度的不同,主控模块7通过接收到计算机1的信息控制主控模块7的逻辑电路和衰减电路,将声卡输出的信号分配至功率放大器4,之后驱动待测扬声器5,由于在实际设计中总共包含有四路功放,所以信号调理电路对应有4路,然后测试信号通过数字控制模拟电子开关来选择那一路信号作为当前的测试源。最后信号通过数字电位计进行信号衰减。

[0070] 标准信号源模块9:标准信号源采用DDS技术产生校准信号,能实现全数字编程控制的频率合成。通过标准信号源产生的信号与声卡信号进行比对,可以完成对试验信号的标准化设置。

[0071] 采样电路模块10:采样电路主要包括两个模块即电压表模块和电流表模块,它们主要负责采集被测扬声器工作时的电压及流过扬声器的电流,然后经过适当的处理后送入声卡进行分析判断。在采集扬声器工作电压时首先必须经过程控电阻衰减网络将高电压信号衰减到芯片可接受的范围。这个衰减网络主要由电阻以及继电器组成。为了提高采样精度,这里采用了差分方式来采集扬声器工作电压,衰减档位分为1/100,1/10两个档位。在实际工作中被测扬声器的工作电压一般不会超过40V,所以以最小衰减计算时,送入下一级的电压为4V,这个电压在下级芯片的可接受范围内。而电流表的采集则是在测试回路中加入了一只高精度大功率电阻。我们通过采集该电阻两端的电压值来间接得出通过被测扬声器的电流。由于声卡输入端口只有两个,左输入负责电压采集,右输入负责电流采集,所以在测试仪同时只能测量一路被测扬声器。为了提高测试效率,设计了多个测试通路,为了解决声卡输入端口数量的限制,这里采用了一款高性能的多选一通路选择芯片,利用循环检测的方法实现了多通道的被测单元工作状态的信号。当片继电器受控档位切换到另外两个端子上时,此时多路复用器将标准信号源模块所产生的标准校准信号供给电流及电压通道,然后上位机通过采集到的两路输入的实际信号幅度与标准信号源幅度相比较得出误差系数来完成对电路的校准功能。

[0072] 状态指示模块12:状态指示模块主要负责被测扬声器的工作状态,这里每路采用一个双色LED,红色代表被测扬声器已经损坏,绿色代表正在测试扬声器正常工作,这样测试人员可以不需去电脑上看具体的测试数据就可以直观的判断某个测试通道的状态。

[0073] 电源模块11:电源模块提供的输出电压为AV12+、AV12-、AV5+、AV5-、DV5+,与之对应的文压芯片分别LM317T、LM337T、LM7805CT、LM7905CT、LT1084CT-5,满足各个继电器以及其他数字部分的用电需求。

[0074] 一种扬声器功率和低频参数的测试方法,采用一种扬声器功率试验系统,其特征在于,如图2所示,具体按以下步骤实施:

[0075] 步骤1,控制计算机1上的音频信号模块2输出信号;输出信号为GB白噪声、GB粉红噪声、GB模拟节目信号、GB正弦波、IHF标准信号、EIA标准信号、DIN标准信号、JIS标准信号、锯齿波、方波和三角波;

[0076] 步骤2,将输出信号传递给功率测试仪3;

[0077] 步骤3,计算机1通过USB接口控制功率测试仪3切换到内部校准信号对仪器进行校准,校准成功后控制功率测试仪3内部的信号分配及调理电路模块8将音频信号模块2输出

的信号分配至功率放大器4；

[0078] 具体为：功率测试仪3内部信号分配及调理电路模块8与音频信号模块2的输入端口的左右通道相连接，构成系统电压表和电流表，通过功率测试仪3内部配置的正弦波发生器来与音频信号模块2发出的正弦波转化的电压值与电流值比较，得到电压表电流表灵敏度，得到的电压表电流表灵敏度的值在正弦波发生器发出的值 ± 0.1 内，则输出信号校准成功，校准成功后通过功率测试仪3内部的信号分配及调理电路模块8将音频信号模块2输出的信号分配功率放大器4。

[0079] 步骤4，功率放大器4对信号放大后输出电压驱动待测扬声器2开始工作；

[0080] 步骤5，信号分配及调理电路模块8采集待测扬声器2的工作电压和电流信号，并将工作电压和电流信号回传到功率测试仪3上；

[0081] 步骤6，工作电压和电流信号经过功率测试仪3上的信号分配及调理电路模块8进行电平转换，电平转换后传回计算机1内部音频信号模块2，音频信号模块2将接收到工作电压和电流信号进行A/D转化为数字信号；

[0082] 步骤7，有功功率和无功功率的测试；

[0083] 通过测试模块6将数字信号经过公式(1)、(2)转换成数据显示出来，得到待测扬声器2工作电压和电流瞬时值的结果，待测扬声器2工作电压和电流相乘得到有功功率值；

$$[0084] \quad U(t) = u(t) \div n \quad (1)$$

$$[0085] \quad I(t) = i(t) \div n \quad (2)$$

[0086] 公式(1)中， $U(t)$ 为转换后的电压瞬时值， $u(t)$ 为电压瞬时值的数字信号， n 为转换系数， $n=4243$ ；

[0087] 公式(2)中， $I(t)$ 为转换后的电流瞬时值， $i(t)$ 为电流瞬时值的数字信号， n 为转换系数， $n=4243$ ；

[0088] 步骤8，根据公式(3)计算无功功率 Q ；

[0089]

$$Q = \frac{1}{T} \int_0^T u'(t)i(t)dt \quad (3)$$

[0090] 公式(3)中， $i(t)$ 为电流瞬时值的数字信号， $u'(t)$ 为 $u(t)$ 移相 -90° 后的电压瞬时值的数字信号， $u(t)$ 为电压瞬时值的数字信号， T 为 $u(t)$ 和 $i(t)$ 的信号周期；

[0091] 低频参数测试：低频参数包括 f_s 、 Q_{ms} 、 Q_{es} 和 Q_{ts} ， f_s 为谐振频率， Q_{ms} 为机械品质因数， Q_{es} 为电气品质因数， Q_{ts} 为总品质因数；

[0092] 通过测试模块6将数字信号采用拉格朗日插值算法，得到待测扬声器2在不同频率点的阻抗曲线，从而得到最大阻抗值 Z_{max} 所对应的频率，最大阻抗值 Z_{max} 所对应的频率为待测扬声器2的谐振频率 f_s ；

[0093] 线性拉格朗日插值多项式的表达式为：

$$[0094] \quad f_1(x) = \frac{x-x_2}{x_1-x_2} f(x_1) + \frac{x-x_1}{x_2-x_1} f(x_2) \quad (4)$$

[0095] 公式(4)中， $A(x_1, f(x_1))$ ， $B(x_2, f(x_2))$ 为已知的任意两点A和B的坐标值；

[0096] 已知 $A(x_1, f(x_1))$ ， $B(x_2, f(x_2))$ ， $C(x_3, f(x_3))$ 任意三点的坐标值，则得到二次拉格朗日插值多项式为，

[0097]

$$f_2(x) = \frac{(x-x_2)(x-x_3)}{(x_1-x_2)(x_1-x_3)}f(x_1) + \frac{(x-x_1)(x-x_3)}{(x_2-x_1)(x_2-x_3)}f(x_2) + \frac{(x-x_1)(x-x_2)}{(x_3-x_1)(x_3-x_2)}f(x_3) \quad (5)$$

[0098] 由此类推,可得高次的拉格朗日多项式,其表达式为,

$$f_{n-1}(x) = \sum_{i=1}^n L_i(x)f_i(x) \quad (6)$$

[0100] 公式(6)中,n为数据点的个数, $L_i(x)$ 为

$$L_i(x) = \prod_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n \frac{x-x_j}{x_i-x_j} \quad (7)$$

[0102] 取 f_s 前、后的点进行插值运算,即 n 的个数, f_s 的前一个频率点 f_{s-1} 及后一个频率点 f_{s+1} 为边界,计算二者中间各频率点对应的阻抗值,最大阻抗值 Z_{\max} 所对应的频率为待测扬声器2的谐振频率 f_s ;

[0103] f_1 、 f_2 分别为阻抗等于 $R_e\sqrt{r_0}$ 时对应的下限和上限频率, r_0 用式(8)计算得到,

$$r_0 = \frac{Z_{\max}}{R_e} \quad (8)$$

[0105] 在公式(8)中, R_e 为音圈直流电阻,采用万用表直接测量;[0106] 机械品质因数 Q_{ms} 的计算式为公式(9),

$$Q_{ms} = \frac{f_s\sqrt{r_0}}{f_2 - f_1} \quad (9)$$

[0108] 电气品质因数 Q_{es} 计算式为公式(10),

$$Q_{es} = \frac{Q_{ms}}{r_0 - 1} \quad (10)$$

[0110] 总品质因数 Q_{ts} 计算式为公式(11),

$$Q_{ts} = \frac{Q_{es} \cdot Q_{ms}}{(Q_{es} + Q_{ms})} \quad (11)。$$

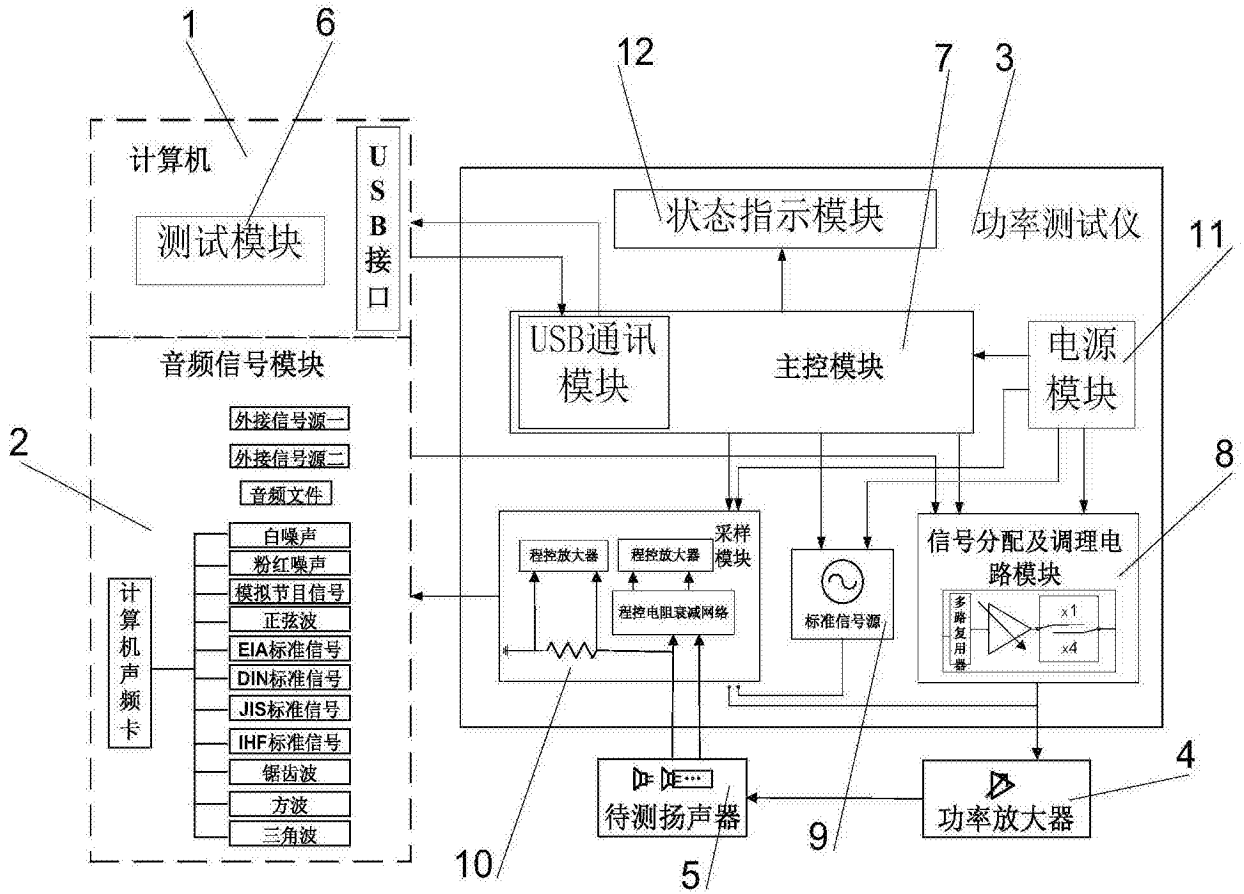


图1

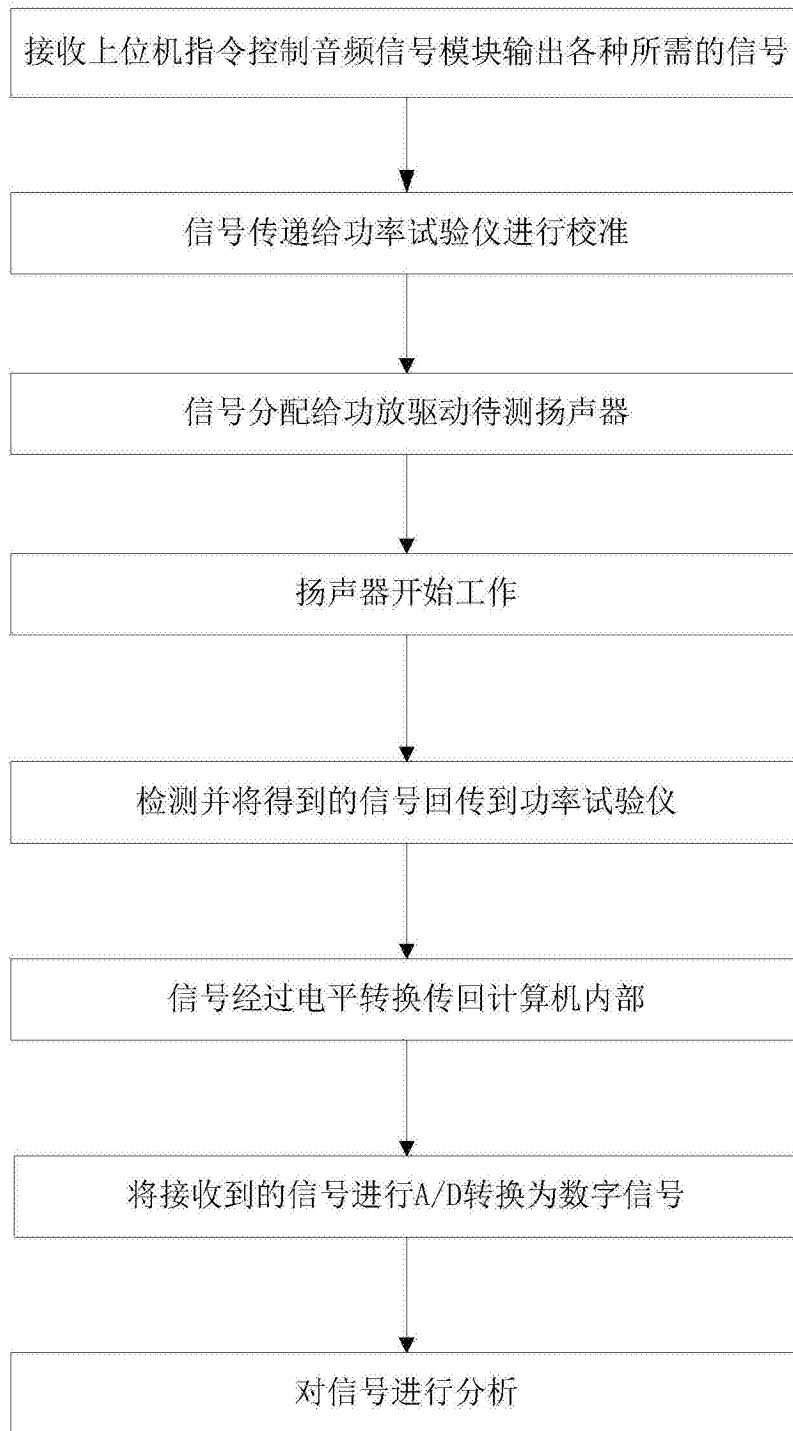


图2