



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105490656 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 13

(21) 申请号 201510905778. 1

(22) 申请日 2015. 12. 09

(71) 申请人 张宇恒

地址 050000 河北省石家庄市长安区中山东路 370 号 3-2-303

(72) 发明人 张宇恒

(74) 专利代理机构 石家庄科诚专利事务所 131113

代理人 张红卫

(51) Int. Cl.

H03H 3/04(2006. 01)

G01R 31/00(2006. 01)

G01R 23/02(2006. 01)

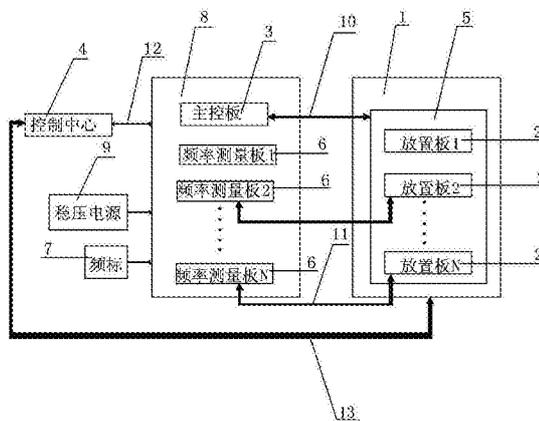
权利要求书3页 说明书8页 附图3页

(54) 发明名称

用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统及调试方法

(57) 摘要

本发明公开了一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统及调试方法,其中生产调测系统包括高低温试验箱、放置模组、频率测量机构、主控板、外部控制中心;所述放置模组设于高低温试验箱内,放置模组包括用于放置待测晶体振荡器的放置板以及用于信号转接的转换连接模块,所述放置板的信号输出端通过转换连接模块连接频率测量机构和主控板,所述频率测量机构设于高低温试验箱外,所述频率测量机构包括多块频率测量板,所有频率测量板与主控板设于同一底板上,所述主控板与外部控制中心相通信。本发明用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测,系统结构简单、成本低,且测试效率较高,测试结果精准。本发明适用于对任意晶体振荡器进行测试。



1. 一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统,其特征在于:包括高低温试验箱、用于放置待测晶体振荡器以及引出信号的放置模组、用于测量并采集所有待测晶体振荡器输出频率的频率测量机构、作为系统控制中心的主控板、外部控制中心;所述放置模组设于高低温试验箱内,所述放置模组包括用于放置待测晶体振荡器的放置板以及用于信号转接的转换连接模块,所述放置板的信号输出端通过转换连接模块连接频率测量机构和主控板,所述频率测量机构设于高低温试验箱外,所述频率测量机构包括多块频率测量板,所有频率测量板与主控板设于同一底板上,所述主控板与外部控制中心相通信。

2. 根据权利要求1所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统,其特征在于:所述转换连接模块包括设于高低温试验箱内的信号转接板,所有放置板可拆卸地置于信号转接板上,且所有放置板均与信号转接板上设置的端口相连接;所述频率测量机构包括与放置板数量相同的频率测量板、用于提供标准频率的频标,每一频率测量板的待测频率信号输入端与对应的放置板的待测频率信号输出端相连,所述主控板与所有频率测量板均共设于一底板上,底板上有走线将主控板与所有的频率测量板连接;所述频标的信号输出端与底板的标准频率输入接口连接。

3. 根据权利要求2所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统,其特征在于:所述外部控制中心通过调测数据通信总线与主控板上的调测数据通信总线端口相连,所述外部控制中心通过高低温试验箱控制总线与高低温试验箱相连;每个频率测量板通过待测频率信号传输线连接信号转接板,并通过信号转接板连接对应的放置板,每个频率测量板通过底板走线与主控板相连。

4. 一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法,基于权利要求1至3中任意一项所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统完成调试,其特征在于它包括依次进行的以下步骤:

一、待测晶体振荡器放置:将所有待测晶体振荡器放置于高低温试验箱内的放置板上;

二、系统功能检测:外部控制中心检查用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的频率测量功能,将所有待测晶体振荡器设置进入调试模式,并检查能否与所有待测晶体振荡器建立通信;

三、待测晶体振荡器调测:外部控制中心直接控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统进入调测工作,对所有放置好的待测晶体振荡器进行频率调测,并将调测后的数据进行拟合、转化,然后将转化后生成的数据分别写入对应的待测晶体振荡器;

四、待测晶体振荡器检测:完成步骤一、步骤二、步骤三后,控制中心直接控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统进入检测工作,对所有放置好的待测晶体振荡器进行频率检测,并根据频率检测结果筛选出不合格的晶体振荡器。

5. 根据权利要求4所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法,其特征在于:所述步骤三包括以下步骤:

31)中心电容校准:根据待测晶体振荡器的输出频率对其中心电容进行调整,使用折半查找法遍历中心电容值的整个范围,找到每个待测晶体振荡器最合适的中心电容值,使其输出频率达到要求的频率范围;

32)启动高低温试验箱:设置高低温试验箱在调试工作时的运行程式,运行程式包括恒温段和变温段,其中恒温段的温度为调测温度点,在整个温度范围内按照一定的温度间隔

设置调测温度点,完成程式设置后将运行程式写入并启动高低温试验箱;

33)调测温度点温度保持:外部控制中心不断采集高低温试验箱的当前状态信息,判断高低温试验箱是否进入恒温段,一旦高低温试验箱进入调测点恒温段,外部控制中心控制高低温试验箱进入保持状态,高低温试验箱将会一直保持在恒温状态,之后持续采集高低温试验箱的状态信息,判断高低温试验箱内温度是否稳定在调测点温度上,如果高低温试验箱稳定在调测点温度上,外部控制中心控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统开始在当前调测温度点上进行调测;

34)待测晶体振荡器频率调测:根据待测晶体振荡器的频率补偿极性,使用折半查找法找出在当前调测温度点上每个待测晶体振荡器的最优频率补偿值,并从每个待测晶体振荡器上读出与外部环境温度对应的温度转换数值;

35)循环测试:外部控制中心控制高低温试验箱解除保持状态,并向下一调测温度点运行;36)不断循环步骤33)、34)、35),直至完成所有调测温度点下的调试;

37)调测数据处理:对调测后的每个待测晶体振荡器在所有调测温度点下记录的最优频率补偿值和温度转换数值分别进行曲线拟合、转化,并将拟合转化后的数据烧写入对应的待测晶体振荡器。

6.根据权利要求5所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法,其特征在于:所述步骤31)包括以下步骤:

i)设置所有待测晶体振荡器的中心电容值为中值;

ii)测量所有待测晶体振荡器的输出频率;

iii)将每个待测晶体振荡器输出频率与标称频率进行大小比较,根据大小比较结果,以及待测晶体振荡器的中心电容对输出频率的调整极性,以折半查找为原则计算出每个待测晶体振荡器的下一次调整中心电容值;

iv)将生成的调整后的中心电容值分别写入对应的待测晶体振荡器内;

v)循环步骤ii)、iii)、iv),直至完成折半查找,遍历中心电容值的整个范围;

vi)找出每个待测晶体振荡器历次调整过程中输出频率与标称频率最接近的那个中心电容调整值,并判断该输出频率值是否在要求的频率范围内,如果最终确定与标称频率最接近的输出频率值在要求的频率范围内,则保存待测晶体振荡器的最佳中心电容校准值和每个待测晶体振荡器对应输出的频率,否则待测晶体振荡器的中心电容校准失败,并进行标记。

7.根据权利要求5或6所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法,其特征在于:所述步骤34)包括以下步骤:

①设置所有待测晶体振荡器的频率补偿值为中值;

②测量所有待测晶体振荡器的输出频率;

③将每个待测晶体振荡器的输出频率与标称频率进行大小比较,根据比较后的结果和待测晶体振荡器的频率补偿调整极性,以折半查找的原则找出每个待测晶体振荡器的下一次调整频率补偿值;

④将生成的调整后的频率补偿值分别写入对应的待测晶体振荡器内;

⑤重复步骤②、③、④,直至折半查找法完成;

⑥找出每个待测晶体振荡器历次调整过程中输出频率最接近标称频率的那个频率补

偿数值,然后从所有待测晶体振荡器上读取与外部温度对应的温度转换数值,保存当前调测温度点的温度和每个待测晶体振荡器在这个调测温度点上的最优补偿值、温度转换值及补偿输出频率相对标称频率的偏差。

用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统及调试方法

技术领域

[0001] 本发明属于晶体振荡器测试领域,涉及一种晶体振荡器的生产调测系统,具体地说是一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统,本发明还提供了该生产调测系统的调试方法。

背景技术

[0002] 数字温度补偿晶体振荡器是一种高精度、高稳定度的频率信号产生器件,由于温度补偿过程数字化,在生产过程需要进行频繁的频率测量和大量的数据操作。目前的生产设备主要采用轮流调测的生产方式,使用频率计数器完成频率测量,每次只能对一个或几个产品同时进行调测,这种调测生产方式严重制约了生产效率。为了解决目前晶体振荡器调测生产效率较低的问题,需要开发更高效的生产调测设备。例如,公开号为CN101609126B,名称为“温度补偿晶体振荡器的自动测试系统”的中国专利就提供了一种温度补偿晶体振荡器的自动测试系统,但该系统具有以下缺陷:

(1)晶振选通模块由多个解码器和多路选择开关构成,工作时计算机只能依靠晶振选通模块选择一个待测晶体振荡器依靠频率计数器对其完成频率测试,这种使用选通模块轮流选中产品进行测试的方法,生产效率低下,严重制约着产量的提高;

(2)晶振选通模块放置在温箱内,在实际生产过程中,温箱内的温度在高低温间不断循环,大大增加了选通模块的损坏率,会对系统的使用周期及生产过程产生影响;

(3)以频标为基准,使用频率计数器对输出信号进行频率测量,频率计数器只能实时地对一路输入信号进行频率测量,这种频率的测量方法成本较大、效率较低,也是限制生产效率提高的一个重要因素;

(4)数据传输模块将数字信号转换成模拟电平信号,模拟电平信号容易受到周围各种电平信号、磁场等干扰,会对补偿效果产生影响,且不适合数字温度补偿晶体振荡器的调测生产;

(5)温度控制单元为单片机,在工作时采用PID算法控制温度的变化及稳定,在实际使用中,需根据温箱的实际情况,不断进行试验校准才能找到最合适的PID算法值,加大了系统的使用难度。

发明内容

[0003] 为解决现有技术中存在的以上不足,本发明提供了一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统,能够同时对多个数字温度补偿晶体振荡器进行频率测量及数据采集,极大提高了调测效率。

[0004] 本发明还提供了一种上述调试系统的调测方法,此调试方法适用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测,与上述调测系统相结合,调测过程更为简单、快捷,检测结果更为精准。

[0005] 为实现上述目的,本发明所采用的技术方案如下:

一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统，它包括：

高低温试验箱、用于放置待测晶体振荡器以及引出信号的放置模组、用于采集所有待测晶体振荡器的频率测量机构、作为控制中心的主控板、外部控制中心。所述放置模组设于高低温试验箱内，所述放置模组包括用于放置待测晶体振荡器的放置板以及用于信号转接的转换连接模块，所述放置板信号输出端通过转换连接模块连接频率测量机构和主控板，所述频率测量机构设于高低温试验箱外，所述频率测量机构包括多块频率测量板，所有频率测量板与主控板设于同一底板上，底板上有连线连接所有频率测量板和主控板，所述主控板与外部控制中心相通信。

[0006] 作为对本发明的限定：所述转换连接模块包括设于高低温试验箱内的信号转接板，所述所有放置板可拆卸的置于信号转接板上，在正常工作时放置板设于信号转接板上，且所有放置板均与信号转接板上设置的端口相连接；所述频率测量机构包括与放置板数量相同的频率测量板、用于提供标准频率的频标，所述每一频率测量板的待测频率信号输入端与对应的放置板的待测频率信号输出端相连，所述主控板与所有频率测量板均共设于一底板上，底板上有走线将主控板与所有的频率测量板连接；所述频标的信号输出端与底板的标准频率输入接口连接。

[0007] 作为对本发明的进一步限定：所述控制中心通过调测数据通信总线与主控板上的调测数据通信总线端口相连，通过高低温试验箱控制总线与高低温试验箱相连；

所述每个频率测量板通过待测频率信号传输线连接信号转接板，并通过信号转接板连接对应的放置板，所述每个频率测量板通过底板走线与主控板相连。

[0008] 本发明还提供了一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法，基于上述所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统完成调试，包括以下步骤：

一、待测晶体振荡器放置：将所有待测晶体振荡器放置于高低温试验箱内的放置板上；

二、系统功能检测：外部控制中心检查系统的频率测量功能，将所有待测晶体振荡器设置进入调试模式，并检查能否与所有待测晶体振荡器建立通信；

待测晶体振荡器调测：外部控制中心直接控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统进入调测工作，对所有放置好的待测晶体振荡器进行频率调测，并将调测后的数据进行拟合、转化，然后将转化后生成的数据分别写入对应的待测晶体振荡器；

四、晶体振荡器检测：完成步骤一、步骤二、步骤三后，外部控制中心直接控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统进入检测工作，对所有放置好的待测晶体振荡器进行频率检测，并根据频率检测结果筛选出不合格的晶体振荡器。

[0009] 作为对上述方法的限定：所述步骤三包括以下步骤：

31)中心电容校准：根据待测晶体振荡器的输出频率对其中心电容进行调整，使用折半查找法遍历中心电容值的整个范围，找到每个待测晶体振荡器最合适的中心电容值，使其输出频率达到要求的频率范围；

32)启动高低温试验箱：设置高低温试验箱在调试工作时的运行程式，运行程式包括恒温段和变温段，其中恒温段的温度为调测温度点，在整个温度范围内按照一定的温度间隔设置调测温度点，完成程式设置后将运行程式写入并启动高低温试验箱；

33)调测温度点温度保持：外部控制中心不断采集高低温试验箱的当前状态信息，判断高低温试验箱是否进入恒温段，一旦高低温试验箱进入调测点恒温段，外部控制中心控制

高低温试验箱进入保持状态,高低温试验箱将会一直保持在恒温状态,之后持续采集高低温试验箱的状态信息,判断高低温试验箱内温度是否稳定在调测点温度上,如果高低温试验箱稳定在调测点温度上,外部控制中心控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统开始在当前调测温度点上进行调测;

34)待测晶体振荡器频率调测:根据待测晶体振荡器的频率补偿极性,使用折半查找法找出在当前调测温度点上每个待测晶体振荡器的最优频率补偿值,并从每个待测晶体振荡器上读出与外部环境温度对应的温度转换数值;

35)循环测试:外部控制中心控制高低温试验箱解除保持状态,并向下一调测温度点运行;36)不断循环步骤33)、34)、35),直至完成所有调测温度点下的调试;

37)调测数据处理:对调测后的每个待测晶体振荡器在所有调测温度点下记录的最优频率补偿值和温度转换数值分别进行曲线拟合、转化,并将拟合转化后的数据烧写入对应的待测晶体振荡器。

[0010] 作为对上述方法中步骤31)的限定:所述步骤31)包括以下步骤:

i)设置所有待测晶体振荡器的中心电容值为中值;

ii)测量所有待测晶体振荡器的输出频率;

iii)将每个待测晶体振荡器输出频率与标称频率进行大小比较,根据大小比较结果,以及待测晶体振荡器的中心电容对输出频率的调整极性,以折半查找为原则计算出每个待测晶体振荡器的下一次调整中心电容值;

iv)将生成的调整后的中心电容值分别写入对应的待测晶体振荡器内;

v)循环步骤ii)、iii)、iv),直至折半查找法完成,完成遍历中心电容值的整个范围。

[0011] vi)找出每个待测晶体振荡器历次调整过程中输出频率与标称频率最接近的那个中心电容调整值,并判断该输出频率值是否在要求的频率范围内,如果最终确定与标称频率最接近的输出频率值在要求的频率范围内,则保存待测晶体振荡器的最佳中心电容校准值和每个待测晶体振荡器对应输出的频率,否则待测晶体振荡器的中心电容校准失败,并进行标记。

[0012] 作为对上述方法步骤34)的限定:所述步骤34)包括以下步骤:

①设置所有待测晶体振荡器的频率补偿值为中值;

②测量所有待测晶体振荡器的输出频率;

③将每个待测晶体振荡器的输出频率与标称频率进行大小比较,根据比较后的结果和待测晶体振荡器的频率补偿调整极性,以折半查找的原则找出每个待测晶体振荡器的下一次调整频率补偿值;

④将生成的调整后的频率补偿值分别写入对应的待测晶体振荡器内;

⑤重复步骤②、③、④,直至折半查找法完成;

⑥找出每个待测晶体振荡器历次调整过程中输出频率最接近标称频率的那个频率补偿数值,然后从所有待测晶体振荡器上读取与外部温度对应的温度转换数值,保存当前调测温度点的温度和每个待测晶体振荡器在这个调测温度点上的最优补偿值、温度转换值及输出频率相对标称频率的偏差。

[0013] 由于采用了上述技术方案,本发明与现有技术相比,所取得的技术进步在于:

(1)本发明放弃了使用计数器测频的传统方式,频率测量板能够对多路待测频率信号

进行同步并行测量,且多块频率测量板同时工作进一步提高了测量能力,能够对所有待测的晶体振荡器同时进行频率测量,大大简化了生产调测步骤,降低了设备成本,节省了频率测量时间,提高了生产调测效率;

(2)本发明在生产调测系统上采用了主从控制模式,以主控板为系统主控中心,通过主控板能够对所有频率测量板和所有的待测晶体振荡器进行控制,这种模式简化了系统,利于模块化设计,方便维护;

(3)本发明在主从控制模式上,加大了主控板的数据处理能力,简化了对系统的控制指令操作,上位机外部控制中心只需控制主控板即可实现对整个系统的控制,降低了整个系统在各项工作时的操作难度,方便自动化生产;

(4)本发明中生产调测系统拥有较强的频率测量能力和数据处理能力,将待测晶体振荡器放置在放置板上,无需选通模块,通过信号转接板将放置板上的所有信号转接输出,调测系统能够同时对所有待测晶体振荡器的输出频率进行测量、采集,极大提高了生产效率;

(5)本发明适用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测,检测及传输的信号为数字信号,抗干扰能力强,可靠性高;

(6)本发明采用折半查找法分别对待测晶体振荡器的中心电容进行校准、查找每个待测晶体振荡器的最优频率补偿值,折半查找法能够遍历整个查找范围,校准及补偿更加准确,调测更为简单和精准。

[0014] 综上所述,本发明的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统结构简单、成本低,其调试方法简单高效,测试结果精准。

[0015] 本发明适用于对任意晶体振荡器进行测试。

附图说明

[0016] 下面结合附图及具体实施例对本发明作更进一步详细说明。

[0017] 图1为本发明实施例1的结构示意图;

图2为本发明实施例1中频率测量板的功能框图;

图3为本发明实施例1中主控板的功能框图;

图4为本发明实施例2的流程图。

[0018] 图中:1—高低温试验箱,2—放置板,3—主控板,4—外部控制中心,5—转换连接模块,6—频率测量板,7—频标,8—底板,9—稳压电源,10—产品调测总线,11—待测频率信号传输总线,12—系统数据通信总线,13—高低温试验箱控制总线。

具体实施方式

[0019] 实施例1 用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统

本实施例提供了一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统,如图1所示,包括:

高低温试验箱1,用于为待测晶体振荡器的生产调测提供温度环境,其内部设置有若干个用于放置待测晶体振荡器的放置板2以及将放置板2上的信号转接输出的转换连接模块5,放置板2将放置于其上的待测晶体振荡器的信号引出。本实施例中每块放置板2上最多能够放置80个待测晶体振荡器;在高低温试验箱1外设置有用于测量采集所有待测晶体振荡

器输出频率的频率测量机构,所述放置板2的输出频率信号通过转换连接模块5转接至频率测量机构、数据通信信号通过转换连接模块5转接至主控板3。所述主控板3通过系统数据通信总线12与外部控制中心4通信。

[0020] 本实施例的转换连接模块5包括信号转接板,所述信号转接板设于高低温试验箱1内,每个放置板2上均设有与信号转接板相连接的端口,在正常工作时所有的放置板2均设于信号转接板上,放置板2能够从信号转接板上取出或放入,即通过信号转接板能够将放置板2上的所有信号转接输出;而信号转接板上设有产品调测总线端口和多路待测频率信号输出端口,信号转接板将每块放置板6上的调测总线转接并通过产品调测总线10连接至主控板3上,信号转接板将每块放置板6上的待测频率信号转接输出并通过待测频率信号传输总线11连接至对应的频率测量板6上。

[0021] 本实施例的频率测量机构如图1所示,包括与放置板2数量相同的频率测量板6,以及用于提供标准频率的频标7,其中每一频率测量板6均设置有待测频率信号输入端口,且每一频率测量板6的待测频率信号输入端口通过待测频率信号传输总线11与信号转接板上的多路待测频率输出端口连接,并通过信号转接板转接至对应的放置板6。

[0022] 本实施例中还设有底板8,所述的主控板3与所有的频率测量板6均设于底板8上,并通过底板8上的电路板走线将主控板3和所有的频率测量板6相连。所述底板8设置有标准频率输入接口、电源接口、主控板端口、以及多个频率测量板端口,其中频率测量板端口的数量与频率测量板6的数量相同,一个频率测量板端口对应连接一个频率测量板6;底板8上的主控板端口对应连接主控板3上的主控板与底板连接端口;电源接口直接与外界的稳压电源9的电源输出端相连;而标准频率输入接口则连接频标7的信号输出端。

[0023] 同时,为了令本实施例的控制更为精确,所述外部控制中心4通过高低温试验箱控制总线13对高低温试验箱1进行控制。

[0024] 本实施例的主控板3和频率测量板6均以FPGA芯片为核心,频率测量板6以标准频率信号为参考标准进行频率测量,每块频率测量板6最多能够同时对80路待测频率信号进行频率测量,每块频率测量板6上均设计有测频控制模块及经过编码的80个频率测量模块,在多路频率测试时,如图2所示,测频控制模块通过频率测量控制信号总线和频率测量数据传输总线来实现对所有频率测量模块进行频率测量控制和数据采集。频率测量中采用的标准频率均为频标7输出的标准频率。频率测量板6每次完成频率测量后均通过底板8将生成的频率测量数据自动发送至主控板3,同时主控板3也可以控制频率测量板6进行单次频率测量。

[0025] 本实施例中由于产品调测总线10是主控板3直接面对待测晶体振荡器的通信总线,通信速率较低,其数据传输速率一般不超过20Kbps;而调测数据通信总线13是外部控制中心4与主控板3的连接总线,采用多串口或USB总线设计,传输速率能达到几百Kbps甚至几Mbps,这样前后端总线速率之间存在差异,为了加快整体系统数据的传输速率,采用串并转换技术,对多路产品调测总线10分别分配端口地址,通过对指令中端口地址的判断来分辨要在那个产品调测总线10上进行通信。主控板3具体设计原理如图3所示,包括调测总线主控模块、指令分析及数据传输模块、调测数据通信总线接口模块、频率测量板功能控制模块、多个产品调测总线接口模块。

[0026] 实施例2 用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法

本实施例提供了一种用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统的调试方法,基于实施例1所述的用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统完成调试,如图4所示,包括以下步骤:

首先进行系统初始化设置,其中包括设置标称频率、频率测量相关参数、温度特性参数、文件保存参数等。

[0027] 一、待测晶体振荡器放置:将所有待测晶体振荡器均放置于高低温试验箱1内的放置板2上;

二、系统自检:系统进行自检,包括检测系统频率测量功能、将所有待测晶体振荡器设置进入调试模式,检查能否与所有待测晶体振荡器建立通信。

[0028] 三、产品调测:对所有的待测晶体振荡器进行调测。

[0029] 其中步骤三是本实施例的关键步骤,其具体包括以下步骤:

31)中心电容校准:根据待测晶体振荡器中心电容值对频率的调整极性,使用折半查找法遍历中心电容值整个范围,找到每个待测晶体振荡器最合适的中心电容值,并使其输出频率达到要求的频率范围内。本步骤中使用折半查找法对中心电容进行校准的步骤为:

i)设置所有待测晶体振荡器的中心电容值为中值;

ii)测量所有待测晶体振荡器的输出频率,例如本实施例中设有 $N(N \geq 1)$ 个待测晶体振荡器,因此需要测量 N 个待测晶体振荡器的输出频率,分别记为 $F(1)$ 、 $F(2)$ 、 $F(3)$ …… $F(N)$;

iii)将每个待测晶体振荡器输出频率与标称频率进行大小比较,根据大小比较结果,以及待测晶体振荡器的中心电容对输出频率的调整极性,以折半查找原则计算出每个待测晶体振荡器的下一次调整中心电容值,具体调整为:

如果 $F(N) >$ 标称频率,且中心电容对输出频率极性为负,说明本次输入的中心电容值偏低,生成下次的调整中心电容值应该为:上一次输入的中心电容值+中心电容值满量程/ M (M 为调整系数,第一次为4,第二次为8,后一次均为前一次的两倍)。

[0030] 如果 $F(N) <$ 标称频率,且中心电容对输出频率极性为负,说明本次输入的中心电容中值偏大,生成下次的调整后的中心电容值应该为:上一次输入的中心电容值-中心电容值满量程/ M (M 为调整系数,第一次为4,第二次为8,后一次均为前一次的两倍)。

[0031] 如果 $F(N) =$ 标称频率,则本次的中心电容值即为最合适的中心电容值。

[0032] iv)将生成的调整后的中心电容值分别写入对应的待测晶体振荡器内;

v)循环步骤ii)、iii)、iv),直至所有待测晶体振荡器的中心电容校准成功或中心电容值满量程与调整系数的比值为1也即折半查找法完成;

vi)找出每个待测晶体振荡器历次调整过程中输出频率与标称频率最接近的那个中心电容调整值(理论上是最最后一次中心电容调整值),并判断该调整值下的输出频率是否在要求的频率范围内,如果最终确定与标称频率最接近的输出频率在要求的频率范围内,则保存待测晶体振荡器的最佳中心电容校准值和对应输出的频率,否则待测晶体振荡器的中心电容校准失败,并进行标记。

[0033] 根据上述的步骤则可以完成对每个待测晶体振荡器中心电容的校准,例如,如果一待测晶体振荡器的中心电容值范围为0-255,中心电容值对频率调整极性为负,即中心电容值越大,晶体振荡器输出频率越低,反之亦然,要求标称频率10 000 000,折半法查找:

第一次写中值:128,调整系数 $M=4$,输出频率:10 000 045;

第二次调整值： $128+256/4=192$ ，调整系数 $M=8$ ，输出频率：9 999 981；
第三次调整值： $192-256/8=160$ ，调整系数 $M=16$ ，输出频率：10 000 013；
第四次调整值： $160+256/16=176$ ，调整系数 $M=32$ ，输出频率：9 999 997；
第五次调整值： $176-256/32=168$ ，调整系数 $M=64$ ，输出频率：10 000 005；
第六次调整值： $168+256/64=172$ ，调整系数 $M=128$ ，输出频率：10 000 001；
第七次调整值： $172+256/128=174$ ，调整系数 $M=256$ ，输出频率：9 999 999；
第八次调整值： $174-256/256=173$ ， $256/M=1$ ；输出频率：10 000 000。

[0034] 也即最佳中心电容校准值为：173，对应校准频率相对标称频率偏差为0。

[0035] 32) 启动高低温试验箱1：设置高低温试验箱运行程式，运行程式包括恒温段和变温段，其中恒温段为调测温度点，在整个温度范围内按照一定的温度间隔设置调测温度点，完成程式设置后将运行程式写入并启动高低温试验箱1；例如整体调测温度范围为 $-40^{\circ}\text{C}\sim 85^{\circ}\text{C}$ ，按照从高温到低温，且每 5°C 间隔一个调测温度点的设置，则第一调测温度点为 85°C ，下一个调测温度点为 80°C ，再下一个调测温度点为 75°C ……以此类推，直到最后一个调测温度点为 -45°C 。

[0036] 33) 调测温度点温度恒定：外部控制中心4不断采集高低温试验箱1的状态信息，判断高低温试验箱1是否进入恒温段，一旦高低温试验箱1进入调测点恒温段，则外部控制中心4控制高低温试验箱1进入保持状态，高低温试验箱1将会一直保持在恒温状态，之后持续采集高低温试验箱1的状态信息，判断高低温试验箱1内温度是否稳定在调测点温度上，如果高低温试验箱1位稳定于调测点温度上，外部控制中心4控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统开始进行当前温度点上的调测；

本实施例中判断温度是否稳定的标准是人工设置的，例如，判定温度是否稳定在 80°C 上，判断的方法为：每3秒（此值可设置）读一次高低温试验箱1内的温度，判断本次的读取温度是否在 $80\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ （ 0.1°C 的误差值可设置）内，如果是则计数器加1，如果不是则计数器清零，循环如此，直到计数器累积值大于等于60（此值可设置），判定为温度已稳定在 80°C 上，即连续在 $3*60=180$ 秒内，高低温试验箱1内的温度都一直保持在 $80\pm 0.1^{\circ}\text{C}$ 的范围内，那此时可以认为温度已稳定在 80°C 上。

[0037] 34) 待测晶体振荡器频率补偿：根据待测晶体振荡器的频率补偿极性，使用折半查找法找出在当前调测温度点上每个待测晶体振荡器的最优频率补偿值，并从每个待测晶体振荡器上读出与外部环境温度对应的温度转换数值；本步骤通过折半查找法当前温度点上每个待测晶体振荡器的最优频率补偿值，具体过程为：

①设置所有待测晶体振荡器的频率补偿值为中值；

②测量所有待测晶体振荡器的输出频率；

③将每个待测晶体振荡器的输出频率与标称频率进行大小比较，根据比较后的结果和待测晶体振荡器的频率补偿调整极性，以折半查找原则找出每个待测晶体振荡器的下一次调整频率补偿值；此步骤中与利用折半查找法对中心电容的校准方法是一样的，在此不再赘述。

[0038] ④将生成的调整后的频率补偿值分别写入对应的待测晶体振荡器内；

⑤重复步骤②、③、④，直至折半查找法完成；

⑥找出每个待测晶体振荡器历次调整过程中输出频率最接近频标输出的标称频率的

那个频率补偿数值(理论上为最后一次调整补偿值),然后从所有待测晶体振荡器上读取与外部温度对应的温度转换数值,并保存当前调测温度点的温度和每个待测晶体振荡器在这个调测温度点上的最优补偿值、补偿频率偏差及温度转换值。

[0039] 35)循环测试:外部控制中心4控制高低温试验箱程式解除保持状态,并向下一调测温度点运行,不断循环步骤33)、34)、35),直至完成所有调测温度点下的调试;

36)调测数据处理:将调测后的每个待测晶体振荡器在所有待测温度点下记录的最优频率补偿值和温度转换数值分别进行曲线拟合、数据转化、烧写存储。本步骤中曲线拟合是利用最小二乘法根据每个待测晶体振荡器在所有待测温度点下记录的最优频率补偿值和温度转换数值进行曲线拟合;而生成的曲线按照固定的格式计算出烧写数据,并烧写入对应的待测晶体振荡器内。

[0040] 三、晶体振荡器检测:完成步骤一、步骤二、步骤三后,外部控制中心4直接控制用于数字温度补偿晶体振荡器的生产调测系统进入检测工作,对所有放置好的待测晶体振荡器进行频率检测,并根据频率检测结果筛选出不合格的晶体振荡器。

[0041] 本步骤中高低温试验箱1检测程式可设置,设置实例:

以高低温试验箱1内温度变化速率不超过0.5度/分钟为原则,检测程式可以设置为:

第一段:25℃~85℃测试120小时;

第二段:85℃~-40℃测试250分钟;

第三段:-40℃~25℃测试130分钟;

每4秒进行一次对所有待测晶体振荡器的频率测量,每次测量时间为1秒,那么实际每5秒进行一次频率测量,即温度平均每变化0.042度完成一次频率检测。

[0042] 根据检测的结果,按照不同的精度等级对晶体振荡器进行筛选分类。如可以设置为以下各种精度等级:优于 $\pm 0.2\text{ppm}$ 、 $\pm 0.2\text{ppm} \sim \pm 0.5\text{ppm}$ 、 $\pm 0.5\text{ppm} \sim \pm 1\text{ppm}$ 、 $\pm 1\text{ppm} \sim \pm 2\text{ppm}$ 、不合格等。

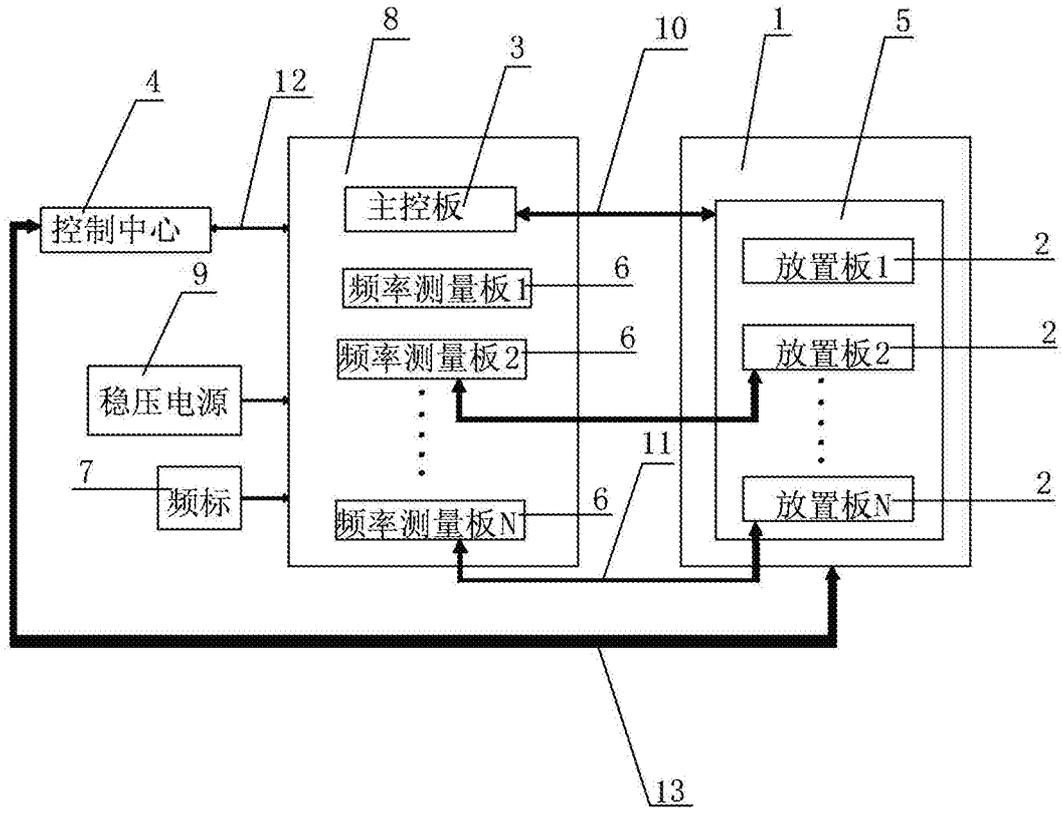


图1

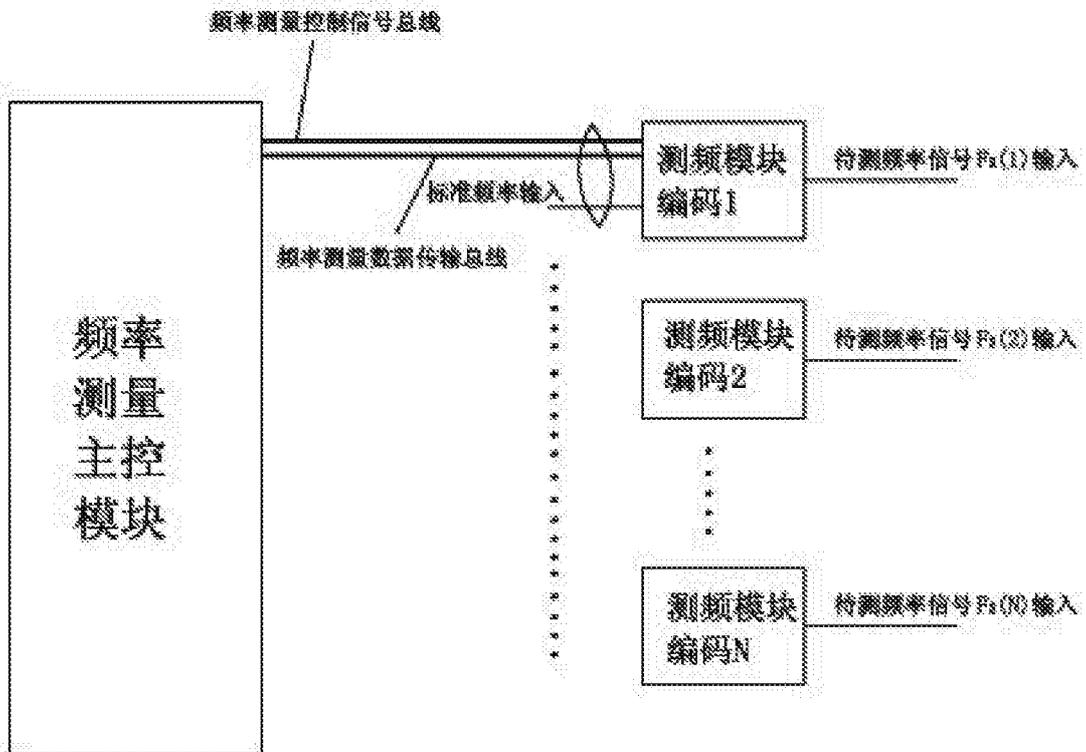


图2

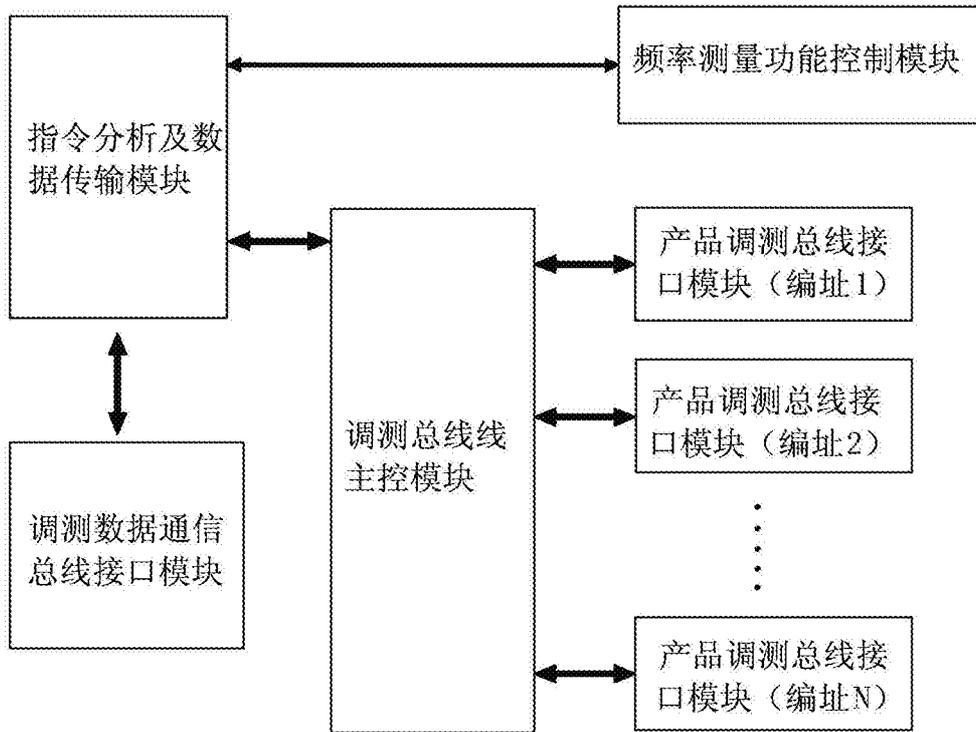


图3

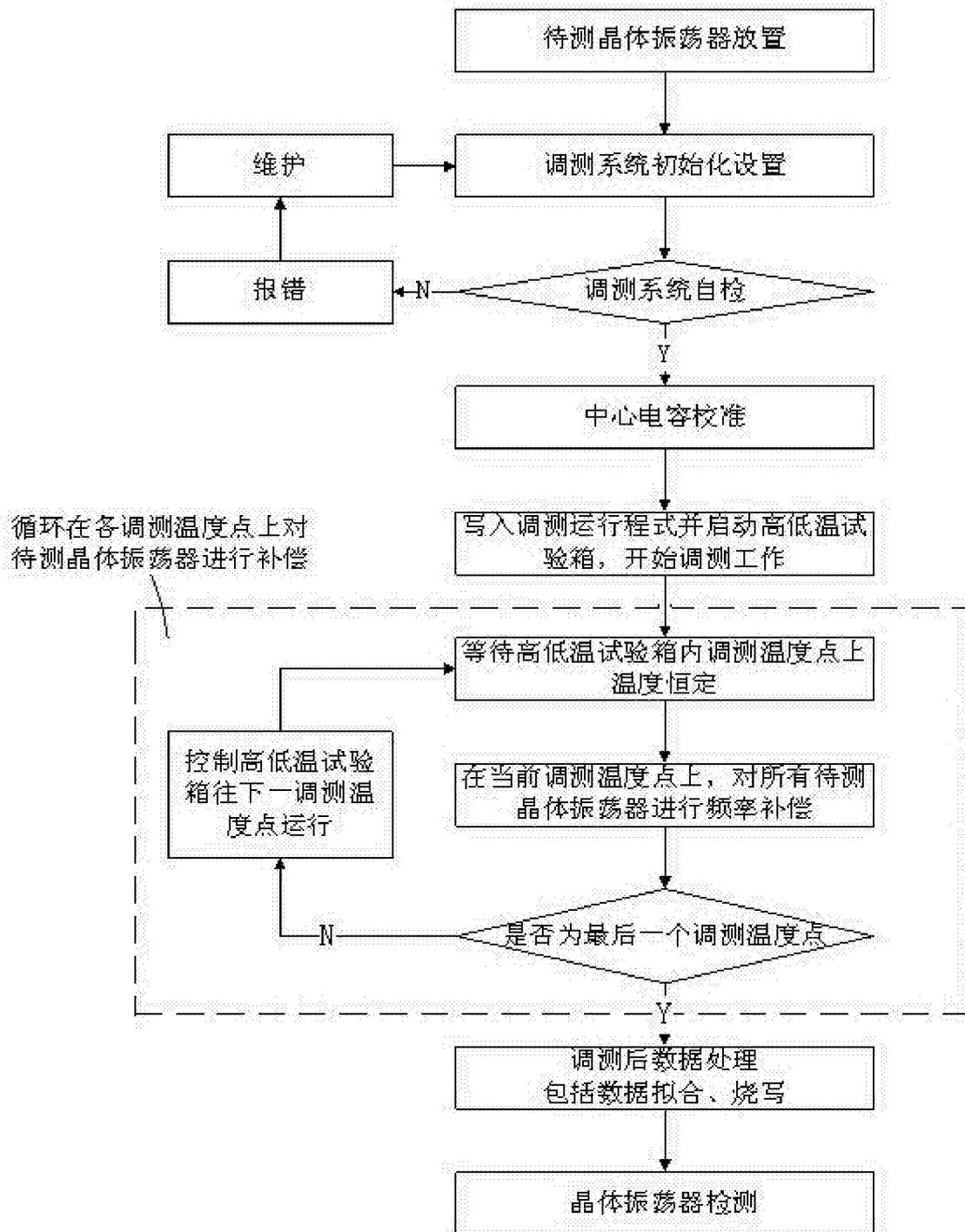


图4