



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108132382 A

(43)申请公布日 2018.06.08

(21)申请号 201711385576.4

(22)申请日 2017.12.20

(71)申请人 江汉大学

地址 430056 湖北省武汉市沌口经济技术
开发区新江大路8号江汉大学

(72)发明人 王莉

(74)专利代理机构 北京三高永信知识产权代理
有限责任公司 11138

代理人 吕耀萍

(51)Int.Cl.

G01R 23/02(2006.01)

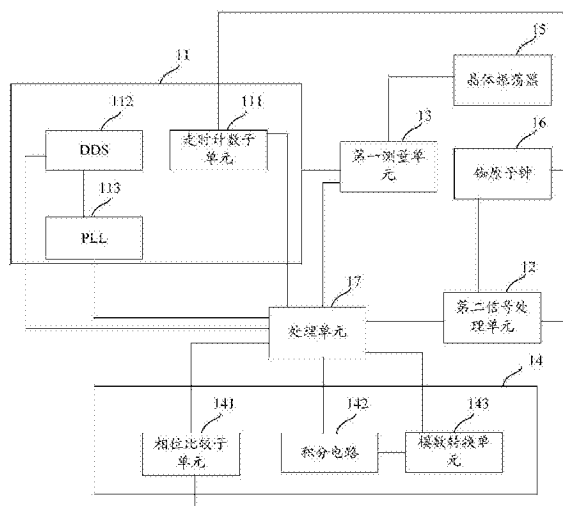
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种用于测量频率稳定度的系统

(57)摘要

本发明公开了一种用于测量频率稳定度的系统,属于电子技术领域。所述系统包括:晶体振荡器,用于输出第一参考信号;铷原子钟,用于输出第二参考信号;第一信号处理单元,用于以第二参考信号作为参考,对测试信号源输出的频率信号进行频率转换,获得1KHz频率信号;第二信号处理单元,用于对第二参考信号进行分频处理,得到0.9KHz频率信号;第一测量单元,用于以第一参考信号作为参考,对1KHz频率信号进行计数,得到计数结果;第二测量单元,用于对1KHz频率信号和0.9KHz频率信号进行相位比较,得到相位比较结果;处理单元,用于根据计数结果计算测试信号源的短期频率稳定度;根据相位比较结果计算测试信号源的长期频率稳定度。



1. 一种用于测量频率稳定度的系统,其特征在于,所述系统包括:第一信号处理单元、第二信号处理单元、第一测量单元、第二测量单元、晶体振荡器、铷原子钟和处理单元;

所述晶体振荡器,用于输出第一参考信号;

所述铷原子钟,用于输出第二参考信号;

所述第一信号处理单元,用于以所述第二参考信号作为参考,对测试信号源输出的频率信号进行频率转换,获得1KHz频率信号;

所述第二信号处理单元,用于对所述第二参考信号进行分频处理,得到0.9KHz频率信号;

所述第一测量单元,用于以所述第一参考信号作为参考,对所述1KHz频率信号进行计数,得到计数结果;

所述第二测量单元,用于对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号进行相位比较,得到相位比较结果;

所述处理单元,用于根据所述计数结果确定所述测试信号源输出的频率信号的第一频率值,并采用所述第一频率值和短期频率稳定度计算公式,计算所述测试信号源的短期频率稳定度;根据所述相位比较结果确定所述测试信号源输出的频率信号的第二频率值,并采用所述第二频率值和长期频率稳定度计算公式,计算所述测试信号源的长期频率稳定度;

所述处理单元,还用于根据所述1KHz频率信号对所述第一测量单元的测量带宽进行控制。

2. 根据权利要求1所述的系统,其特征在于,所述第一参考信号和所述第二参考信号的频率均为10MHz。

3. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第一测量单元的测量带宽为2KHz-3KHz。

4. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第一信号处理单元包括:走时计数单元、DDS和PLL;

所述走时计数单元,用于以所述第二参考信号作为基准信号,对所述测试信号源输出的频率信号进行计数测量,获得所述测试信号源输出的频率信号的初级频率;

所述处理单元,用于根据所述初级频率控制所述DDS,使所述DDS输出与所述初级频率最接近的整数频率信号;

所述PLL,用于对所述整数频率信号进行倍频,得到1KHz频率信号。

5. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第二信号处理单元为DDS。

6. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述第二测量单元包括:相位比较子单元、积分电路和模数转换器;

所述相位比较子单元,用于对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号进行相位比较,得到所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差;

所述处理单元,用于根据所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差,产生两路分别用于表征所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的数字方波信号;

所述积分电路,用于对所述数字方波信号进行积分,得到直流电压信号;

所述模数转换器,用于对所述直流电压信号进行模数转换,得到所述1KHz频率信号和

所述0.9KHz频率信号的相位差。

7. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述处理单元,用于根据阿伦方差公式计算所述测试信号源的短期频率稳定度。

8. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述处理单元,用于根据哈达玛方差公式计算所述测试信号源的长期频率稳定度。

9. 根据权利要求1或2所述的系统,其特征在于,所述晶体振荡器为恒温晶体振荡器。

一种用于测量频率稳定度的系统

技术领域

[0001] 本发明涉及电子技术领域,特别涉及一种用于测量频率稳定度的系统。

背景技术

[0002] 高精度时间频率被广泛应用在航天、通讯等众多领域。随着人们对时钟源的频率输出的稳定性要求越来越高,如何准确检测出时钟源的频率输出的稳定性成为问题的关键。

发明内容

[0003] 为了测量时钟源的频率输出的稳定度,本发明实施例提供了一种用于测量频率稳定度的系统。所述技术方案如下:

[0004] 本发明实施例提供了一种用于测量频率稳定度的系统,所述系统包括:第一信号处理单元、第二信号处理单元、第一测量单元、第二测量单元、晶体振荡器、铷原子钟和处理单元;

[0005] 所述晶体振荡器,用于输出第一参考信号;

[0006] 所述铷原子钟,用于输出第二参考信号;

[0007] 所述第一信号处理单元,用于以所述第二参考信号作为参考,对测试信号源输出的频率信号进行频率转换,获得1KHz频率信号;

[0008] 所述第二信号处理单元,用于对所述第二参考信号进行分频处理,得到0.9KHz频率信号;

[0009] 所述第一测量单元,用于以所述第一参考信号作为参考,对所述1KHz频率信号进行计数,得到计数结果;

[0010] 所述第二测量单元,用于对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号进行相位比较,得到相位比较结果;

[0011] 所述处理单元,用于根据所述计数结果确定所述测试信号源输出的频率信号的第一频率值,并采用所述第一频率值和短期频率稳定度计算公式,计算所述测试信号源的短期频率稳定度;根据所述相位比较结果确定所述测试信号源输出的频率信号的第二频率值,并采用所述第二频率值和长期频率稳定度计算公式,计算所述测试信号源的长期频率稳定度;

[0012] 所述处理单元,还用于根据所述1KHz频率信号对所述第一测量单元的测量带宽进行控制。

[0013] 在本发明实施例的一种实现方式中,所述第一参考信号和所述第二参考信号的频率均为10MHz。

[0014] 在本发明实施例的另一种实现方式中,所述第一测量单元的测量带宽为2KHz-3KHz。

[0015] 在本发明实施例的另一种实现方式中,所述第一信号处理单元包括:走时计数器

单元、DDS和PLL；

[0016] 所述走时计数单元，用于以所述第二参考信号作为基准信号，对所述测试信号源输出的频率信号进行计数测量，获得所述测试信号源输出的频率信号的初级频率；

[0017] 所述处理单元，用于根据所述初级频率控制所述DDS，使所述DDS输出与所述初级频率最接近的整数频率信号；

[0018] 所述PLL，用于对所述整数频率信号进行倍频，得到1KHz频率信号。

[0019] 在本发明实施例的另一种实现方式中，所述第二信号处理单元为DDS。

[0020] 在本发明实施例的另一种实现方式中，所述第二测量单元包括：相位比较子单元、积分电路和模数转换器；

[0021] 所述相位比较子单元，用于对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号进行相位比较，得到所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差；

[0022] 所述处理单元，用于根据所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差，产生两路分别用于表征所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的数字方波信号；

[0023] 所述积分电路，用于对所述数字方波信号进行积分，得到直流电压信号；

[0024] 所述模数转换器，用于对所述直流电压信号进行模数转换，得到所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的相位差。

[0025] 在本发明实施例的另一种实现方式中，所述处理单元，用于根据阿伦方差公式计算所述测试信号源的短期频率稳定度。

[0026] 在本发明实施例的另一种实现方式中，所述处理单元，用于根据哈达玛方差公式计算所述测试信号源的长期频率稳定度

[0027] 在本发明实施例的另一种实现方式中，所述晶体振荡器为恒温晶体振荡器。

[0028] 本发明实施例提供的技术方案带来的有益效果是：

[0029] 通过对测试信号源的短期频率稳定度和长期频率稳定度分别进行了测量，采用两个频率稳定度衡量一个信号源的性能，准确度高。

附图说明

[0030] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0031] 图1是本发明实施例提供的一种用于测量频率稳定度的系统的结构示意图。

具体实施方式

[0032] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0033] 图1是本发明实施例提供的一种用于测量频率稳定度的系统的结构示意图，参见图1，所述系统包括：第一信号处理单元11、第二信号处理单元12、第一测量单元13、第二测量单元14、晶体振荡器15、铷原子钟16和处理单元17。其中，第一信号处理单元11同时与第一测量单元13、铷原子钟16和处理单元17电连接，第二信号处理单元12同时与第二测量单

元14、铷原子钟16和处理单元17电连接,第一测量单元13还同时与晶体振荡器15和处理单元17电连接,第二测量单元14还与处理单元17电连接。

[0034] 所述晶体振荡器15具有良好的短期频率稳定度,用于输出第一参考信号。

[0035] 所述铷原子钟16具有良好的长期频率稳定度,用于输出第二参考信号。

[0036] 所述第一信号处理单元11,用于以所述第二参考信号作为参考,对测试信号源输出的频率信号进行频率转换,获得1KHz频率信号。

[0037] 所述第二信号处理单元12,用于对所述第二参考信号进行分频处理,得到0.9KHz频率信号。

[0038] 所述第一测量单元13,用于以所述第一参考信号作为参考,对所述1KHz频率信号进行计数,得到计数结果。

[0039] 所述第二测量单元14,用于对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号进行相位比较,得到相位比较结果。

[0040] 所述处理单元17,用于根据所述计数结果确定所述测试信号源输出的频率信号的第一频率值,并采用所述第一频率值和短期频率稳定度计算公式,计算所述测试信号源的短期频率稳定度;根据所述相位比较结果确定所述测试信号源输出的频率信号的第二频率值,并采用所述第二频率值和长期频率稳定度计算公式,计算所述测试信号源的长期频率稳定度。

[0041] 所述处理单元17,还用于根据所述1KHz频率信号对所述第一测量单元13的测量带宽进行控制。

[0042] 本发明实施例通过对测试信号源的短期频率稳定度和长期频率稳定度分别进行了测量,采用两个频率稳定度衡量一个信号源的性能,准确度高。而且在测量短期频率稳定时,对测量带宽进行了控制,考虑到了短期频率稳定度与测量带宽之间的关系,提高了测量短期频率稳定度的准确性。

[0043] 其中,所述第一参考信号和所述第二参考信号的频率均可以为10MHz。

[0044] 其中,所述第一测量单元13的测量带宽可以为2KHz-3KHz,通过限定测量带宽,提高了测量的准确度。

[0045] 在本发明实施例中,第二信号处理单元12可以为DDS(Direct Digital Synthesizer,直接数字式频率合成器)。DDS的输入端与铷原子钟16电连接,DDS的输出端与第二测量单元14的电连接,DDS的控制端与处理器17电连接。

[0046] 在本发明实施例中,处理单元17可以包括中央处理器、单片机、微控制器或微处理器。

[0047] 参见图1,在本发明实施例中,第一信号处理单元11包括走时计数子单元111、DDS 112和PLL(Phase Locked Loop,锁相环) 113。走时计数子单元111同时与测试信号源、铷原子钟16以及处理单元17电连接,DDS 112同时与测试信号源、PLL 113以及处理单元17电连接,PLL 113还与处理单元17电连接。

[0048] 所述走时计数子单元111,用于以所述第二参考信号作为基准信号,对所述测试信号源输出的频率信号进行计数测量,获得所述测试信号源输出的频率信号的初级频率。

[0049] 所述处理单元17,用于根据所述初级频率控制所述DDS 112,使所述DDS 112输出与所述初级频率最接近的整数频率信号;其中,该整数频率可以以MHz(兆赫兹)为单位。

[0050] 所述PLL 113,用于对所述整数频率信号进行倍频,得到1KHz频率信号。

[0051] 通过第一信号处理单元11的频率转换,可以将测试信号源输出的频率信号转换为低频信号,便于测量。同时,可以使本发明实施例适用的测试信号源的频率范围更广。

[0052] 具体地,DDS 112的输出频率和PLL 113的倍频比例由处理单元17控制。处理单元17可以通过向DDS 112发送命令控制字,改写DDS 112的内部频率寄存器,使DDS 112输出频率为与走时计数器单元111获得的被测信号频率最接近的整数的频率信号,命令控制字是处理单元17根据走时计数器单元111测得的初级频率确定的。例如,走时计数器单元111测得测试信号源输出的频率信号的初级频率为11.0592MHz,则处理单元17根据该初级频率获得与初级频率最接近的整数为11MHz,处理单元17向DDS 112发送与11MHz对应的命令控制字,改写了DDS 112的内部频率寄存器,使DDS 112输出频率为11MHz的频率信号。PLL 113根据处理单元17的倍频比例,对11MHz的频率信号进行倍频,获得所需频率的频率信号,如1KHz的频率信号。

[0053] 其中,走时计数器单元111根据在给定的时间内测试信号源输出的频率信号的脉冲个数,并按照如下公式(1)计算测试信号源输出的频率信号的初级频率:

[0054] $F=1/(T/N)$ (1);

[0055] 其中,F为测试信号源输出的频率信号的初级频率,T为给定的时间,N为测得的测试信号源输出的频率信号的初级频率的脉冲个数。

[0056] 在本发明实施例中,第一测量单元13可以为高分辨率计数器,在高分辨率计数器完成所述1KHz频率信号的计数后,处理单元17可以采用走时计数器单元111相同的方式,计算所述测试信号源输出的频率信号的第一频率值。

[0057] 参见图1,在本发明实施例中,第二测量单元14包括相位比较子单元141、积分电路142和模数转换单元143。相位比较子单元141同时与第二信号处理单元12和处理单元17电连接,积分电路142同时与模数转换单元143和处理单元17电连接,模数转换单元143还与处理单元17电连接。

[0058] 所述相位比较子单元141,用于对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号进行相位比较,得到所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差。

[0059] 所述处理单元17,用于根据所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差,产生两路分别用于表征所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的数字方波信号。

[0060] 所述积分电路142,用于对所述数字方波信号进行积分,得到直流电压信号。

[0061] 所述模数转换器143,用于对所述直流电压信号进行模数转换,得到所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的相位差。

[0062] 其中,相位比较子单元141,可以以信号的上升沿触发对所述1KHz频率信号和所述0.9KHz频率信号的瞬时相位差进行采集。

[0063] 在本发明实施例中,处理单元17可以用于,根据模数转换单元143获得的相位差和0.9KHz频率信号,确定所述测试信号源输出的频率信号的第二频率值。

[0064] 在本发明实施例中,所述处理单元17,用于根据阿伦方差公式(也即前述短期频率稳定度计算公式)计算所述测试信号源的短期频率稳定度。

[0065] 阿伦方差公式(2)如下:

$$[0066] \quad \sigma_y(2, \tau, \tau, f_h) = \sqrt{\frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} [y(\tau_{i+1}) - y(\tau_i)]^2} \quad (2)$$

[0067] 其中, σ_y 为阿伦方差值, τ 为采样周期和采样时间, f_h 为测试信号源的高截止频率, N 为采样个数, $y_i(t) = \frac{\Delta f}{f_0} = \frac{1}{f_0} [f_i(t) - f_0]$, y 为每个采样时间输出频率的相对频偏, f_0 为第一参考信号的频率, f_i 为测试信号源输出的频率信号的第一频率值。

[0068] 在本发明实施例中, 所述处理单元 17, 用于根据哈达玛方差公式 (也即长期频率稳定度计算公式) 计算所述测试信号源的长期频率稳定度。

[0069] 哈达玛方差公式 (3) 如下:

$$[0070] \quad H\sigma_y(3, \tau) = \sqrt{\frac{1}{6(m-2)} \sum_{k=1}^{m-2} (y_{k+2} - 2*y_{k+1} + y_k)^2} \quad (3)$$

[0071] 其中, $H\sigma_y$ 为哈达玛方差值, τ 为采样时间, m 为采样个数, y_k 为输出频率的相对频偏。

[0072] 哈达玛方差公式 (3) 中, $y_{k+2} - 2*y_{k+1} + y_k = (y_{k+2} - y_{k+1}) - (y_{k+1} - y_k)$, 由于前一个括号 ($y_{k+2} - y_{k+1}$) 中包含有频率漂移对频率稳定度的影响, 后一个括号 ($y_{k+1} - y_k$) 中也包含有频率漂移的影响, 因此前一个括号与后一个括号相减, 即可消除频率漂移对频率稳定度的影响。

[0073] 在本发明实施例中, 所述晶体振荡器 15 可以为恒温晶体振荡器, 以保证晶体振荡器 15 的稳定度。

[0074] 上述本发明实施例序号仅仅为了描述, 不代表实施例的优劣。

[0075] 以上所述仅为本发明的较佳实施例, 并不用以限制本发明, 凡在本发明的精神和原则之内, 所作的任何修改、等同替换、改进等, 均应包含在本发明的保护范围之内。

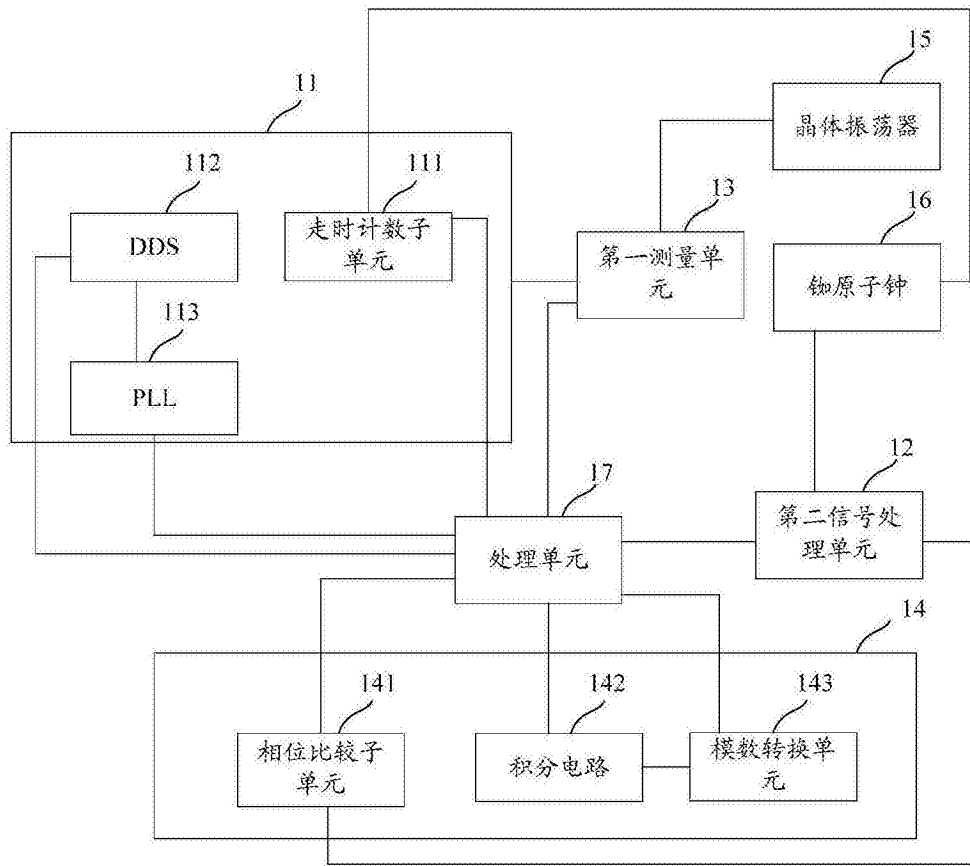


图1