



(12) 实用新型专利

(10) 授权公告号 CN 205384320 U

(45) 授权公告日 2016. 07. 13

(21) 申请号 201521048842. 0

(22) 申请日 2015. 12. 15

(73) 专利权人 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 付云飞 郑广

(74) 专利代理机构 北京三高永信知识产权代理有限公司 11138

代理人 徐立

(51) Int. Cl.

G01R 23/12(2006. 01)

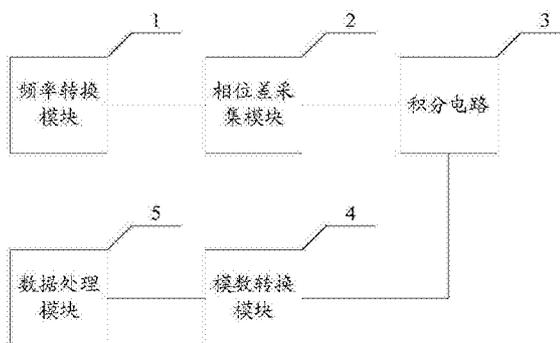
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54) 实用新型名称

一种光电检测装置

(57) 摘要

本实用新型公开了一种光电检测装置,属于原子频标领域。所述光电检测装置包括频率转换模块、相位差采集模块、积分电路、模数转换模块、以及数据处理模块,频率转换模块与相位差采集模块连接,相位差采集模块与积分电路连接,积分电路与模数转换模块连接,模数转换模块与数据处理模块连接。本实用新型通过频率转换模块将被测频率信号转换为与参考时钟信号频率相近的分频信号,相位差采集模块采集分频信号和参考时钟信号的瞬时相位差,积分电路对瞬时相位差积分得到直流电压,模数转换模块对直流电压进行模数转换得到相位差,数据处理模块由相位差计算得到频率稳定度,不存在精度不高、操作不方便、体积庞大等问题。



1. 一种光电检测装置,其特征在于,所述光电检测装置包括频率转换模块、相位差采集模块、积分电路、模数转换模块、以及数据处理模块,所述频率转换模块与所述相位差采集模块连接,所述相位差采集模块与所述积分电路连接,所述积分电路与所述模数转换模块连接,所述模数转换模块与所述数据处理模块连接。

2. 根据权利要求1所述的光电检测装置,其特征在于,所述相位差采集模块和所述模数转换模块采用同一个微处理器。

3. 根据权利要求2所述的光电检测装置,其特征在于,所述微处理器为LPC930系列的单片机。

4. 根据权利要求3所述的光电检测装置,其特征在于,所述单片机的时钟输入端接入外部时钟信号,所述单片机的P1.3端接入被测频率信号,所述单片机的P1.4端接入参考时钟信号,所述单片机的P1.6端、P0.0端分别与所述积分电路连接,所述单片机的写入端、读取端分别与所述数据处理模块连接。

5. 根据权利要求1-4任一项所述的光电检测装置,其特征在于,所述频率转换模块包括第一走时计数器、第一锁存器、第一直接数字式频率合成器DDS,第二走时计数器、以及第二锁存器,所述第一走时计数器的输入端接入参考时钟信号,所述第一锁存器分别与所述第一走时计数器、所述相位差采集模块连接,所述第一DDS的输入端接入被测频率信号,所述第二走时计数器分别与所述第一DDS、所述第二锁存器连接,所述第一DDS、所述第二锁存器分别与所述相位差采集模块连接。

6. 根据权利要求5所述的光电检测装置,其特征在于,所述第一DDS的片选信号端口、写脉冲信号端口、数据信号端口分别与所述相位差采集模块连接。

7. 根据权利要求5所述的光电检测装置,其特征在于,所述频率转换模块还包括第一隔离放大器和第二隔离放大器,所述第一隔离放大器的输入端接入参考时钟信号,所述第一隔离放大器的输出端与所述第一走时计数器的输入端连接,所述第二隔离放大器的输入端接入被测频率信号,所述第二隔离放大器的输出端与所述第一DDS的输入端连接。

8. 根据权利要求7所述的光电检测装置,其特征在于,所述频率转换模块还包括第二DDS和滤波器,所述第二DDS分别与所述第二隔离放大器、所述滤波器、所述相位差采集模块连接。

9. 根据权利要求8所述的光电检测装置,其特征在于,所述第二DDS的片选信号端口、写脉冲信号端口、数据信号端口分别与所述相位差采集模块连接。

10. 根据权利要求1-4任一项所述的光电检测装置,其特征在于,所述数据处理模块为计算机。

一种光电检测装置

技术领域

[0001] 本实用新型涉及原子频标领域,特别涉及一种光电检测装置。

背景技术

[0002] 随着现代社会的高速发展,高精度时间频率技术的应用越来越广泛,人们对时钟源的时间频率输出的特性要求也越来越高。

[0003] 带调制的光电检测主要是对各种高精度时钟率源的长期特性进行评估测量。目前的光电检测装置是由时钟源本身及外围复杂的检测电路组成,存在着精度不高、操作不方便、体积庞大等问题。

实用新型内容

[0004] 为了解决现有技术的问题,本实用新型实施例提供了一种光电检测装置。所述技术方案如下:

[0005] 本实用新型实施例提供了一种光电检测装置,所述光电检测装置包括频率转换模块、相位差采集模块、积分电路、模数转换模块、以及数据处理模块,所述频率转换模块与所述相位差采集模块连接,所述相位差采集模块与所述积分电路连接,所述积分电路与所述模数转换模块连接,所述模数转换模块与所述数据处理模块连接。

[0006] 在本实用新型一种可能的实现方式中,所述相位差采集模块和所述模数转换模块采用同一个微处理器。

[0007] 可选地,所述微处理器为LPC930系列的单片机。

[0008] 优选地,所述单片机的时钟输入端接入外部时钟信号,所述单片机的P1.3端接入被测频率信号,所述单片机的P1.4端接入参考时钟信号,所述单片机的P1.6端、P0.0端分别与所述积分电路连接,所述单片机的写入端、读取端分别与所述数据处理模块连接。

[0009] 在本实用新型另一种可能的实现方式中,所述频率转换模块包括第一走时计数器、第一锁存器、第一直接数字式频率合成器DDS,第二走时计数器、以及第二锁存器,所述第一走时计数器的输入端接入参考时钟信号,所述第一锁存器分别与所述第一走时计数器、所述相位差采集模块连接,所述第一DDS的输入端接入被测频率信号,所述第二走时计数器分别与所述第一DDS、所述第二锁存器连接,所述第一DDS、所述第二锁存器分别与所述相位差采集模块连接。

[0010] 可选地,所述第一DDS的片选信号端口、写脉冲信号端口、数据信号端口分别与所述相位差采集模块连接。

[0011] 可选地,所述频率转换模块还包括第一隔离放大器和第二隔离放大器,所述第一隔离放大器的输入端接入参考时钟信号,所述第一隔离放大器的输出端与所述第一走时计数器的输入端连接,所述第二隔离放大器的输入端接入被测频率信号,所述第二隔离放大器的输出端与所述第一DDS的输入端连接。

[0012] 优选地,所述频率转换模块还包括第二DDS和滤波器,所述第二DDS分别与所述第

二隔离放大器、所述滤波器、所述相位差采集模块连接。

[0013] 具体地,所述第二DDS的片选信号端口、写脉冲信号端口、数据信号端口分别与所述相位差采集模块连接。

[0014] 在本实用新型又一种可能的实现方式中,所述数据处理模块为计算机。

[0015] 本实用新型实施例提供的技术方案带来的有益效果是:

[0016] 通过频率转换模块将被测频率信号转换为与参考时钟信号频率相近的分频信号,相位差采集模块采集分频信号和参考时钟信号的瞬时相位差,积分电路对瞬时相位差积分得到直流电压,模数转换模块对直流电压进行模数转换得到相位差,数据处理模块由相位差计算得到频率稳定度,检测精度高,整个过程也不需要人为操作,操作方便,而且整个装置体积很小,不存在精度不高、操作不方便、体积庞大等问题。

附图说明

[0017] 为了更清楚地说明本实用新型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实用新型的一些实施例,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。

[0018] 图1是本实用新型实施例提供的一种光电检测装置的结构示意图;

[0019] 图2是本实用新型实施例提供的单片机的连接示意图;

[0020] 图3是本实用新型实施例提供的单片机中的信号示意图;

[0021] 图4是本实用新型实施例提供的频率转换模块的结构示意图;

[0022] 图5是本实用新型实施例提供的第一DDS的连接示意图;

[0023] 图6是本实用新型实施例提供的第一DDS中的信号图;

[0024] 图7是本实用新型实施例提供的第二DDS的连接示意图;

[0025] 图8是本实用新型实施例提供的数据处理模块中的信号示意图。

具体实施方式

[0026] 为使本实用新型的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本实用新型实施方式作进一步地详细描述。

[0027] 实施例

[0028] 本实用新型实施例提供了一种光电检测装置,参见图1,该光电检测装置包括频率转换模块1、相位差采集模块2、积分电路3、模数转换模块4、以及数据处理模块5,频率转换模块1与相位差采集模块2连接,相位差采集模块2与积分电路3连接,积分电路3与模数转换模块4连接,模数转换模块4与数据处理模块5连接。

[0029] 在本实施例中,该光电检测装置的工作过程如下:

[0030] 将被测频率源信号和参考频率信号分别送至频率转换模块1,频率转换模块1将被测频率信号转换为与参考时钟信号频率相近的分频信号,从而得到两路频率相近的方波分频信号;然后相位差采集模块2对两路信号的相位差以信号上升沿触发的处理方式进行处理,并输出表征两路信号相位差的占空比变化的数字方波信号;积分电路3将数字方波信号变成相应的直流电压;模数转换模块4进行模数转换得到相位差,并通过RS232串行通讯接

口将测量数据传递给数据处理模块5;数据处理模块5经数据处理后,将测量结果及实时测量曲线显示给用户。

[0031] 在本实施例的一种实现方式中,相位差采集模块2和模数转换模块4可以采用同一个微处理器,大大减少元件的数目和电路板面积并降低系统的成本。

[0032] 可选地,微处理器可以为LPC930系列的单片机。同一时钟频率下,其速度为标准80C51器件的6倍,只需要较低的时钟频率即可达到同样的性能,降低了功耗。

[0033] 优选地,参见图2,单片机的时钟输入端接入外部时钟信号,单片机的P1.3端接入被测频率信号,单片机的P1.4端接入参考时钟信号,单片机的P1.6端、P0.0端分别与积分电路3连接,单片机的写入端(Tx)、读取端(Rx)分别与数据处理模块5连接。

[0034] 在实际应用中,参见图3,对单片机内部的一个16位定时器设置了最小的定时时间,即将16位定时器的高8位和低8位均设置成0xFF,待下一个CPU执行周期到来时,就会申请定时器溢出中断,在相应的中断服务程序中判断被测频率信号和参考时钟信号的上升沿到来情况。对于参考时钟信号,当上升沿到来时,设置相位差从P1.6端输出,这时积分电路3就会对积分电压进行累加;对于被测频率信号,当上升沿到来时,P1.6端就会被置为低电平,这时积分电路的积分电压就会保持无变化。在16位定时器最小的定时周期内,即在一个完整的定时器溢出中断服务程序中,当被测频率信号、参考时钟信号上升沿同时到来时,代表一个完整光电周期的结束,此时将积分电路3积分电压置0。

[0035] 由此可知,一方面定时器的定时时间要越小越好,对于具体采用的单片机来说,其相应的外部时钟输入信号的频率和频率稳定度要越高越好,这样一方面使单片机执行一个机器周期代码的时间缩短,另一方面当外部输入时钟信号的频率稳定度比较高时,对于每次定时器溢出中断响应的时间就比较准确,从而提高被测频率信号和参考时钟信号的相差采集的分辨率。另一方面通过P1.6端输出信号的方波占空比反映两路信号的相差关系,当两路信号相位相差较大时,P1.6端输出方波中高电平就会占大多数,连接到积分电路的输入电平端时相应的积分电压增加就会较快,当两路信号相位差较小时,P1.6端输出方波中低电平就会占大多数,连接到积分电路的输入电平端时相应的积分电压增加就会较慢,而当两路信号相位相差在仪器分辨率范围内为0时,就会导致积分电路中总的积分电压置0,即完成了一个完整的光电周期。

[0036] 进一步地,经积分电路得到的光电积分电压送至单片机的P0.0端,单片机片内置10位精度的模数转换器,能够代表的数值范围为0-1023,即数值0和1023分别代表着 0° 和 360° 相位差,最小分辨率大概为 $360^\circ/1024=0.4^\circ$ 左右,即在实际应用过程中会存在着 $\pm 0.4^\circ$ 左右的测量误差。在实际测量时,通常将参考时钟信号与被测频率信号的频率设置成相差某一较小的差频 Δf 后进行相位差的采集与积分电压处理,单片机通过内置模数转换器采样积分电路的积分电压,并将采集得到的结果通过写入端、读取端以RS232串行通讯方式传送至数据处理模块。

[0037] 在本实施例的另一种实现方式中,参见图4,频率转换模块1可以包括第一走时计数器11、第一锁存器12、第一直接数字式频率合成器(Direct Digital Synthesizer,简称DDS)13,第二走时计数器14、以及第二锁存器15,第一走时计数器11的输入端接入参考时钟信号,第一锁存器12分别与第一走时计数器11、相位差采集模块2连接,第一DDS 13的输入端接入被测频率信号,第二走时计数器14分别与第一DDS 13、第二锁存器15连接,第一DDS

13、第二锁存器15分别与相位差采集模块2连接。

[0038] 在实际应用中,参考时钟信号被送至第一走时计数器11,第一走时计数器11对参考时钟信号进行频率计数,通过单片机使能第一锁存器12对第一走时计数器11的计数值进行采样并锁存,从而得到参考时钟信号的频率。被测频率信号被送至第一DDS 13,第一DDS 13模块对被测频率进行1/100分频处理后得到的分频信号,第二走时计数器14对分频信号进行频率计数,通过单片机使能第二锁存器15对第二走时计数器14的计数值进行采样并锁存,单片机通过对第二锁存器15计数数据读取并乘100处理后便可得到被测信号的频率值。

[0039] 需要说明的是,由于采用DDS技术,因此输出信号与输入信号具有良好的信噪比。

[0040] 另外,由于DDS内部有2个48位频率控制寄存器(F0、F1),对于被测频率信号,当不使用DDS内部锁相环(Phase Locked Loop,简称PLL)倍频功能时,48位的频率控制寄存器F0全填充1时,DDS会有频率为被测频率信号的时钟信号输出。在实际应用中,为了拓宽装置对被测频率信号的测量范围,如当参考时钟信号频率取10MHz,而被测信号频率为上百甚至几百赫兹时,就需要对被测频率信号先作分频处理,在保证原信号频率稳定度不受影响的前提下降低被测信号的频率,如对被测频率信号作1/100分频处理,具体可通过单片机将具体的分频数值传送至DDS实现。具体地,数值分频值的计算公式为 $D=2^{48} \times f/f_1$,其中,D为所需要计算的具体分频数值, f_1 为被测频率信号的频率, f 为所需要的分频信号的频率,对于 $f=(1/100)f_1$ 情况,分频数值D应为 $2^{48} \times 10^{-2}$ 。

[0041] 具体地,参见图5,第一DDS 13的片选信号端口(\overline{CS})、写脉冲信号端口(SCLK)、数据信号端口(SDIO)分别与相位差采集模块2连接。

[0042] 参见图6,单片机与DDS之间的通讯采用串行通讯的时序进行。当 \overline{CS} 为高电平时,SCLK,SDIO为高阻状态。当 \overline{CS} 为低电平时,DDS将处于通讯状态,此时当单片机对SCLK输入一个上升沿脉冲时,将使挂在数据总线SDIO上的以二进制表示的一位分频数值数据写入DDS数据缓冲区,直至最终一个二进制分频数值数据写入后,通过DDS的内部比较器处理将会得到所要求的分频信号输出。

[0043] 可选地,参见图4,频率转换模块1还可以包括第一隔离放大器16和第二隔离放大器17,第一隔离放大器16的输入端接入参考时钟信号,第一隔离放大器16的输出端与第一走时计数器11的输入端连接,第二隔离放大器17的输入端接入被测频率信号,第二隔离放大器17的输出端与第一DDS 13的输入端连接。

[0044] 优选地,参见图4,频率转换模块1还可以包括第二DDS 18和滤波器19,第二DDS 18分别与第二隔离放大器17、滤波器19、相位差采集模块2连接。

[0045] 在实际应用中,第二DDS 18的分频数值采用如下计算公式:

$$[0046] \quad \text{Data} = 2^{48} \times (f_2 - \Delta f) / f_1;$$

[0047] 其中, f_1 为通过第二走时计数器14对被测频率信号进行采样计数得到的具体频率值, f_2 为通过第一走时计数器11对参考时钟信号进行采样计数得到的具体频率值, Δf 是一个预置的差频数值,其大小决定了最终进入相位差采集模块2的被测频率信号与参考时钟信号之间的频率差值。

[0048] 第二DDS 18对被测频率信号按预置分频数值Data分频处理后,得到所需的信号输出至滤波模块进行低通滤波处理,滤波处理后的信号直接输出。

[0049] 具体地,参加图7,第二DDS 18的片选信号端口(\overline{CS})、写脉冲信号端口(SCLK)、数据信号端口(SDIO)分别与相位差采集模块2连接。第二DDS18的端口工作情况与第一DDS 13类似,在此不再详述。

[0050] 在本实施例的又一种实现方式中,数据处理模块5可以为计算机。

[0051] 在实际应用中,参见图8,以单片机内部集成的模式转换模块的精度为10位,采集时间为10s为例,计算机接收单片机发送的积分电压数据,取其中的第1个、第360个、第720个…模数转换采样电压数值(假定采集范围为0~V),将其转化为相位值 ϕ_1 、 ϕ_2 、… ϕ_i ,具体的转化公式为:

$$[0052] \quad \phi_i = N \times 360^\circ + (360^\circ - \frac{V_1}{V} \times 360^\circ) + \frac{V_2}{V} \times 360^\circ$$

[0053] 整理后得:

$$[0054] \quad \phi_i = (N+1) \times 360^\circ + \frac{V_2 - V_1}{V} \times 360^\circ$$

[0055] 其中N为第i个3600秒内所经历的 360° 完整的周期个数, V_1 、 V_2 分别为第i-1和i-2个3600秒时刻所对应的模数转换采样电压, ϕ_i 即为所求的第i个3600秒所经历的总相位值,则第i个3600秒差频数据 Δf_i 计算为:

$$[0056] \quad \Delta f_i = \frac{\phi_i}{360^\circ} \times \frac{1}{3600}$$

[0057] 有了相应的 Δf_i 值,则可以将其代入阿仑方差或哈达码方差计算公式中计算相应的频率稳定度:

$$[0058] \quad \sigma_y(2, \tau, \tau, f_h) = \frac{1}{2(N-1)} \sum_{i=1}^{N-1} [f(\tau_{i+1}) - f(\tau_i)]^2;$$

[0059] 阿仑方差公式中, τ 为采样时间和采样周期,表明阿仑方差是无间隙采样, f_k 为采样时间内相应的频率值,N为测量次数。

$$[0060] \quad H\sigma_y(3, \tau) = \sqrt{\frac{1}{6(m-2)} \sum_{k=1}^{m-2} (y_{k+2} - 2y_{k+1} + y_k)^2};$$

[0061] 哈达码方差计算公式中, τ 为取样时间, y_k 为每个取样时间测得的相应频率值,m为测量次数。

[0062] 最后,计算得到的频率稳定度结果显示给用户。具体地,对单片机传送来的积分电压数据,按时域二维图形显示整个光电过程的实时测量曲线。

[0063] 本实用新型实施例通过频率转换模块将被测频率信号转换为与参考时钟信号频率相近的分频信号,相位差采集模块采集分频信号和参考时钟信号的瞬时相位差,积分电路对瞬时相位差积分得到直流电压,模数转换模块对直流电压进行模数转换得到相位差,数据处理模块由相位差计算得到频率稳定度,检测精度高,整个过程也不需要人为操作,操作方便,而且整个装置体积很小,不存在精度不高、操作不方便、体积庞大等问题。

[0064] 上述本实用新型实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0065] 以上所述仅为本实用新型的较佳实施例,并不用以限制本实用新型,凡在本实用

新型的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本实用新型的保护范围之内。

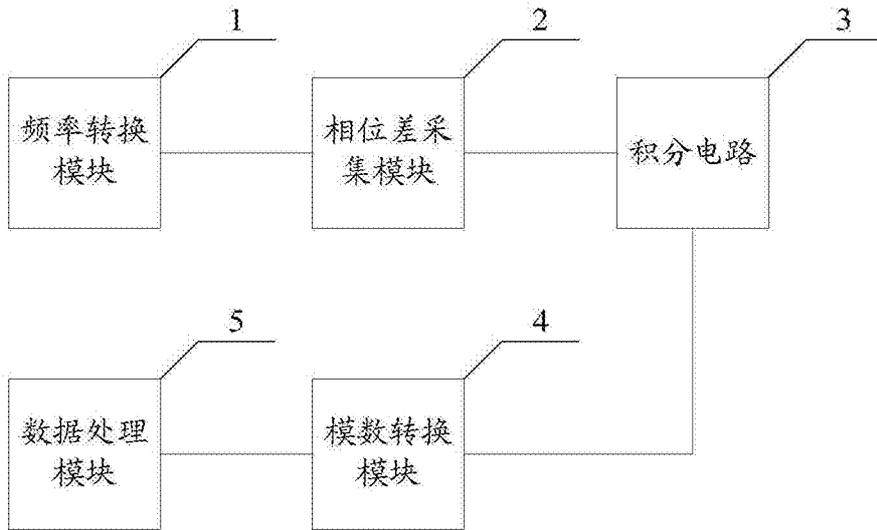


图1

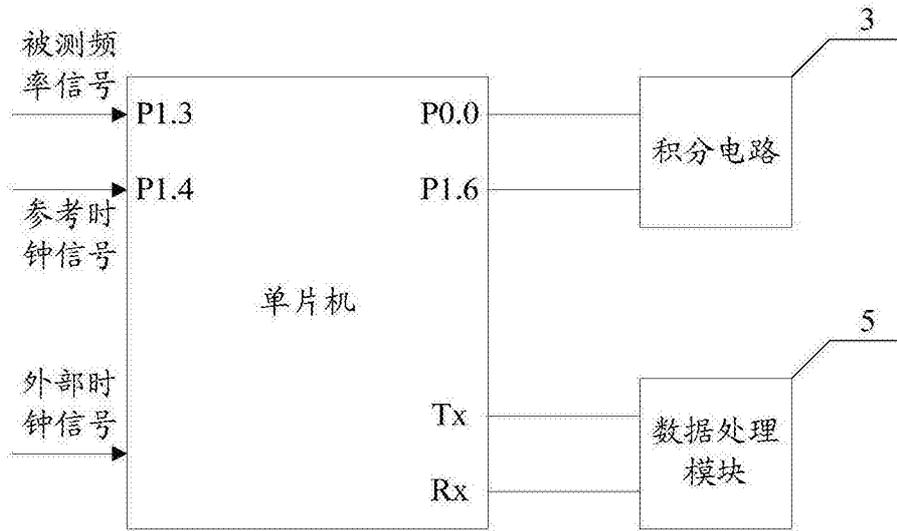


图2

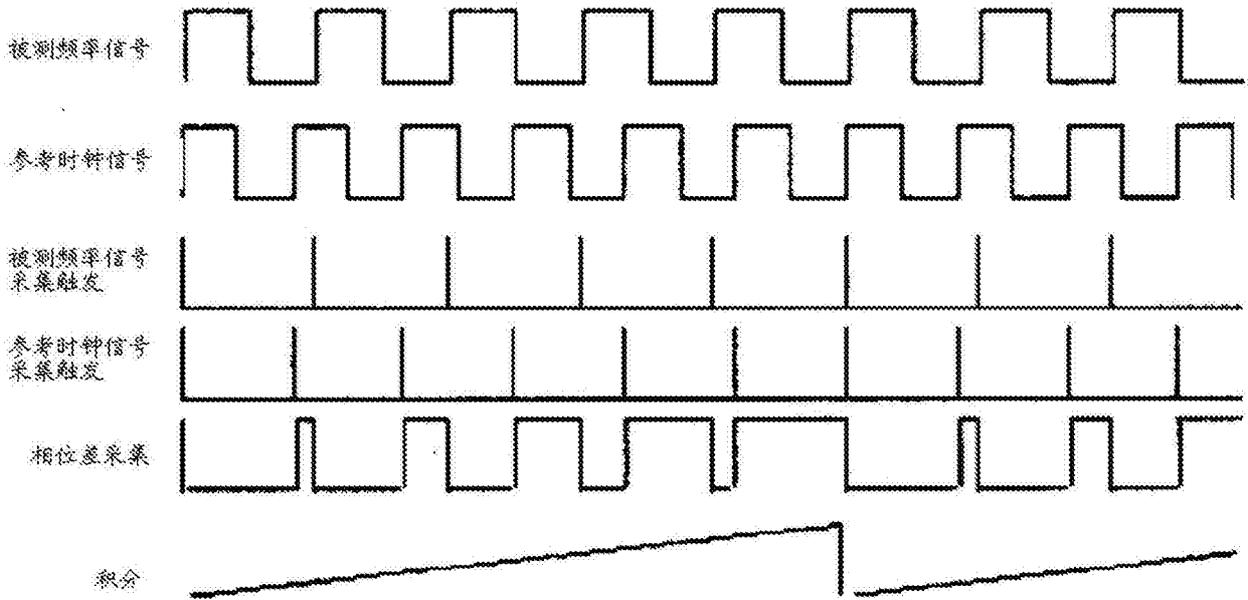


图3

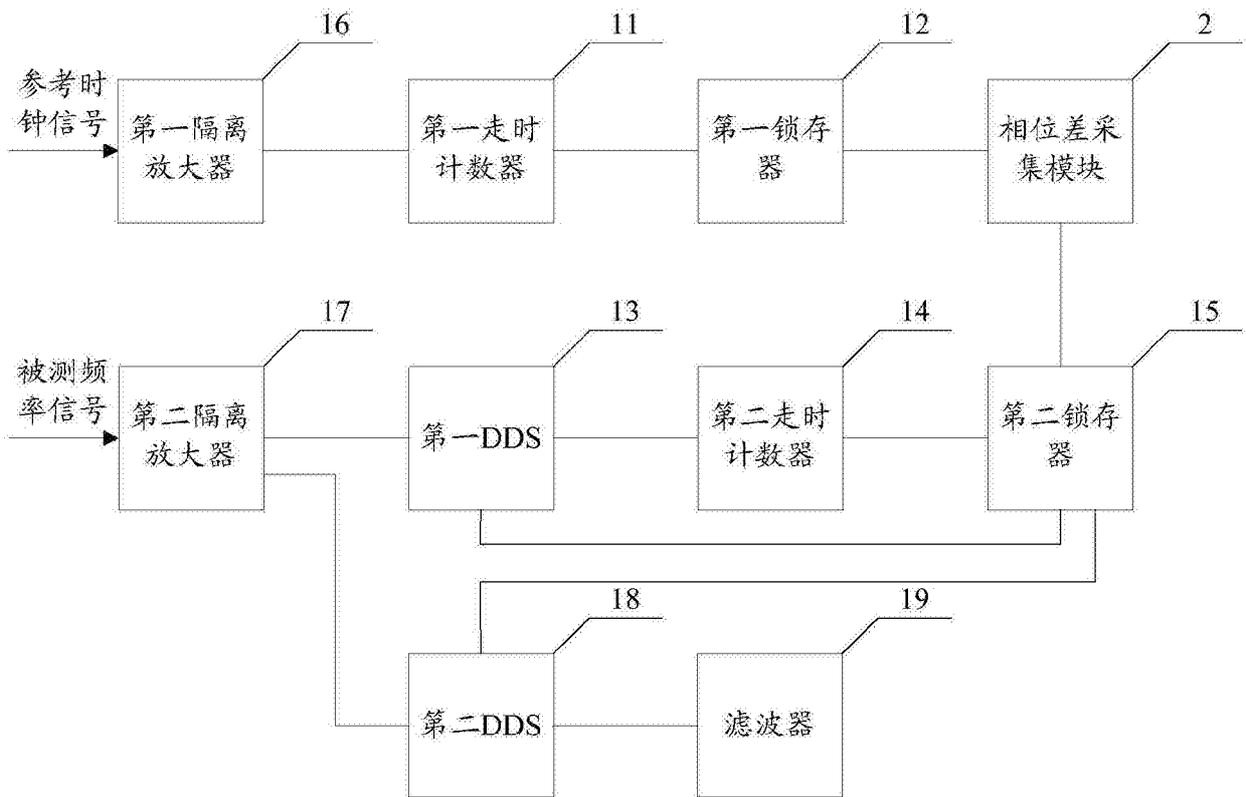


图4

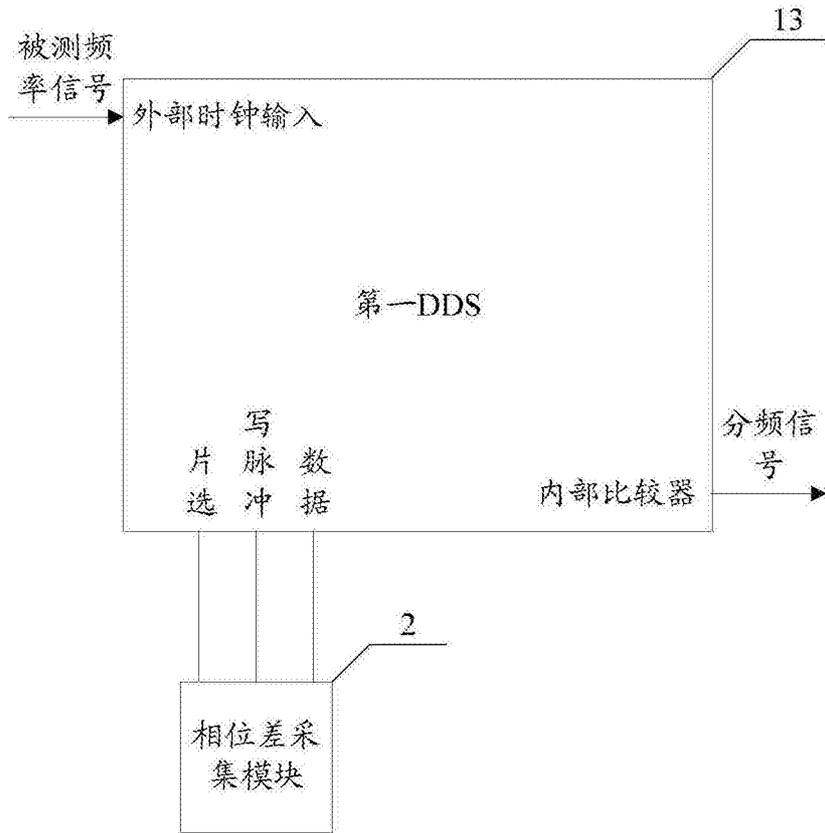


图5

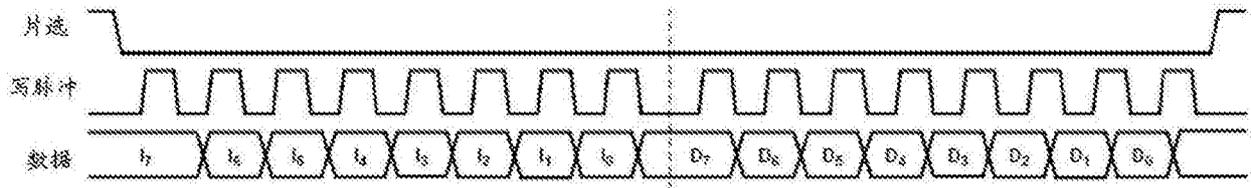


图6

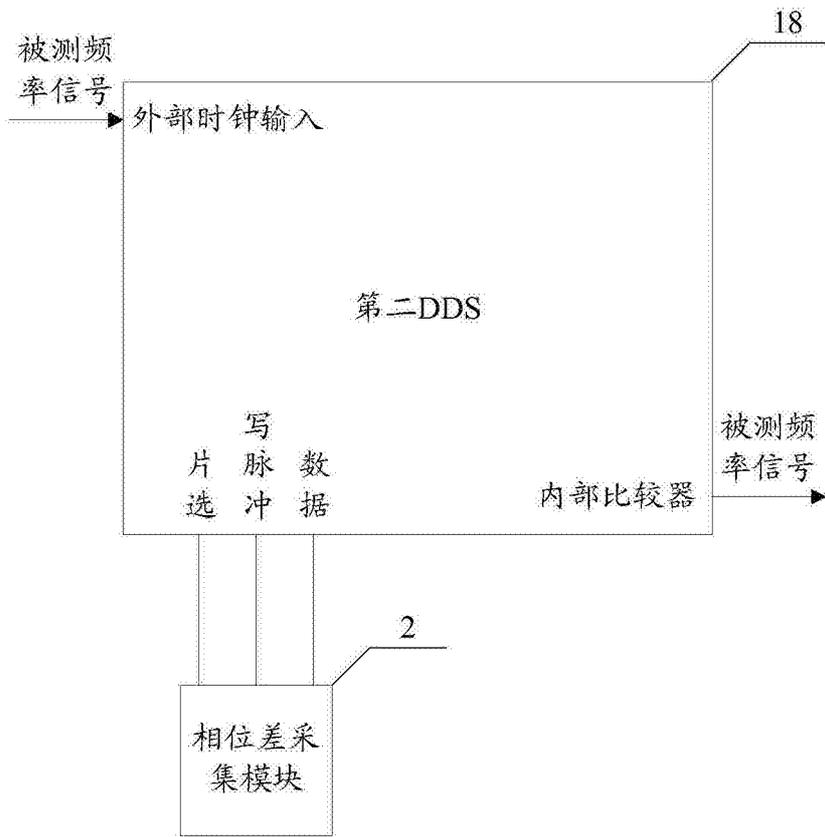


图7

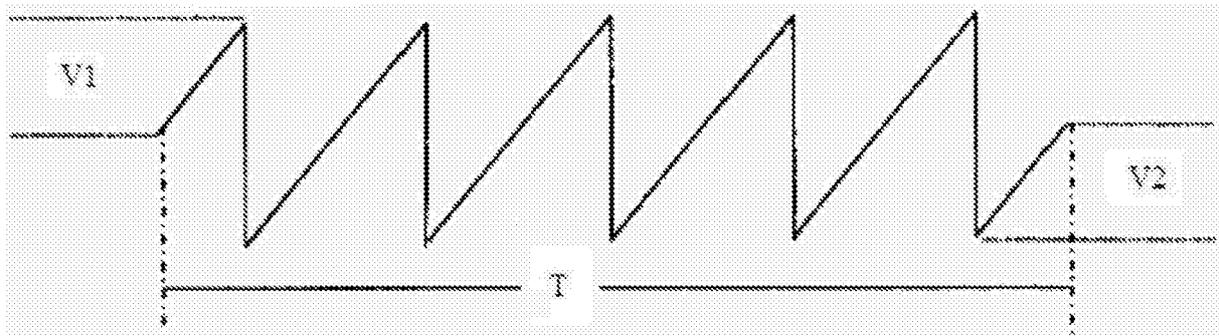


图8