



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 104202097 B

(45)授权公告日 2016.08.17

(21)申请号 201410386863.7

CN 102316551 A, 2012.01.11, 全文.

(22)申请日 2014.08.07

CN 1315082 A, 2001.09.26, 全文.

(73)专利权人 安徽白鹭电子科技有限公司

US 5754944 A, 1998.05.19, 全文.

地址 230088 安徽省合肥市高新区文曲路8
号

US 2012252394 A1, 2012.10.04, 全文.

(72)发明人 万耿华

JP H09121174 A, 1997.05.06, 全文.

(74)专利代理机构 安徽合肥华信知识产权代理
有限公司 34112

CN 1761302 A, 2006.04.19, 全文.

代理人 余成俊

审查员 施莹莹

(51)Int.Cl.

H04B 17/00(2015.01)

(56)对比文件

CN 101977421 A, 2011.02.16, 全文.

CN 1981547 A, 2007.06.13, 全文.

CN 101917204 A, 2010.12.15, 全文.

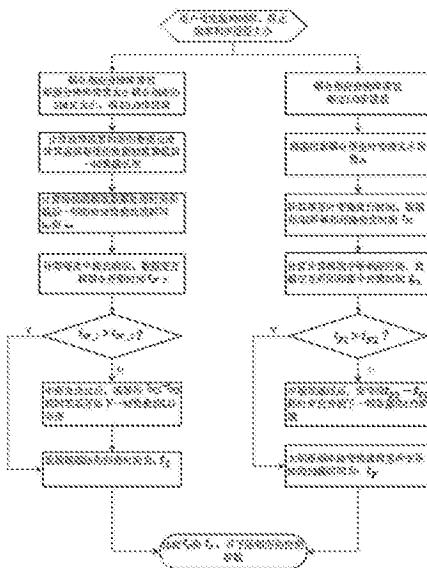
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

(54)发明名称

一种用于数字监测接收机的高速扫描方法

(57)摘要

本发明提供了一种多功能数字监测接收机的高速扫描方法,该方法采用连续跟踪扫描法和大间距频率跳变的快速傅里叶变换法并实现了双模式高速扫描。在扫描之前,系统通过用户设置进行扫描时间估算并选择最佳的扫描模式;而且在内部数据存储和交互过程中引入了中断机制和乒乓存/取的高效模式,实现了无间断数据存储与传输。高效的扫描模式和数据处理方式节约了扫描时间开销,大大的提高了扫描搜索效率。本发明具有经济和高效等优点,非常适用于经济型监测接收机或系统使用。



1. 一种用于数字监测接收机的高速扫描方法,其特征在于:采用连续跟踪扫描法和大间距频率跳变的快速傅里叶变换法实现双模式高速扫描,并且在用户设置参数的基础上预估双模式高速扫描的扫描时间,获得该次扫描的最优扫描模式;

所述的双模式高速扫描的扫描时间预估计和最优扫描模式选择具体包括以下步骤:

S1:根据用户设定的分辨率大小和扫描宽度,耦合出相应的小进程和每个带宽分辨率下需要处理和检波的次数;根据频率扫描范围内需要处理的数据长度,确定存储的数据帧数;然后根据每点的驻留时间计算扫描宽度范围内的每帧数据的数据处理和存储的总时间 t_{st} ;

S2:计算连续跟踪扫描模式在每次中断后数据交互的时间以及指令开销时间 t_{s2} ;判断 t_{s2} 与 t_{st} 关系,如果 t_{s2} 大于 t_{st} ,则每帧处理的时间需要按照 t_{s2} 计算,而本振则需要在第一帧数据处理过后才开始第二帧数据的步进扫描;如果 t_{s2} 小于 t_{st} ,则每帧处理的时间需要按照 t_{st} 计算,而此时本振则无需等待,在给出第一帧数据的中断后直接进入第二帧数据的步进扫描;

S3:根据步骤S1和步骤S2获得连续跟踪扫描模式的扫描时间大小: $t_s = N \times \max(t_{st}, t_{s2})$,N则表示在扫描频段内需要处理的数据帧数;

S4:根据用户设定的分辨率大小和扫描宽度,耦合相应的快速傅里叶变换长度大小和其需要处理的次数 m ,计算获得每次快速傅里叶变换的算法执行和数据存/取时间以及每次频率跳变后环路稳定时间之和 t_{f1} ;完成一次数据处理后需要以中断方式通知CPU进行取数,所以需要计算每次中断响应时间、数据交互时间和指令开销时间之和 t_{f2} ,同样需要比较 t_{f1} 和 t_{f2} 的大小,然后获得总的扫描时间 $t_f = m \times \max(t_{f1}, t_{f2})$;

S5:通过对比 t_s 和 t_f ,确定选用连续跟踪扫描法还是大间距频率跳变的快速傅里叶变换法进行快速频率扫描,并下发相应的控制参数;

所述的连续跟踪扫描法是指利用扫描频谱时的小进程和大进程概念,使得第一本振无论在何种分辨率大小的情况下始终处于频率跟踪模式,A/D采集第一本振的数据,该数据在DDC下变频后进行了CIC抽取和FIR滤波,同时利用CIC抽取滤波器和FIR滤波器的最佳耦合关系,获得分辨率带宽准确度高、滤波器矩形系数优和检波数据速率高的扫描信号数据,并对检波后的数据进行高效的存取和传输;

所述的连续跟踪扫描法在逻辑控制和数据处理上进行了优化,在每次扫描前根据用户设置参数进行了扫描时间预估计处理和存取数据控制逻辑选择,FPGA内部数据存储以及与CPU之间的数据交互引入了中断机制配合乒乓存储的高效模式,实现无间断数据存储与传输,节约扫描时间开销,提高扫描搜索效率;

所述的大间距频率跳变的快速傅里叶变换法是指利用用户设定的频率分辨率带宽与最大傅里叶变换长度来耦合频率跳变的大小,利用高速FPGA的实时性特定,在保证最大频率跳变不超过最大瞬时带宽的前提下取最大傅里叶变换长度,A/D采集第一本振的数据,该数据在DDC下变频后进行了CIC抽取,然后利用半带滤波器进行带外抑制,获得矩形系数,对

滤波后的数据进行快速傅里叶变换,在进行傅里叶变换之前同样运用了扫描时长优化运算,对整个过程的扫描时间进行了预估计,同样,傅里叶变换后的数据在FPGA和CPU之间实现了无间断数据存储和交互传输。

一种用于数字监测接收机的高速扫描方法

技术领域

[0001] 本发明涉及到无线电监测和无线通信领域,特别涉及一种用于多功能数字监测接收机的高速扫描方法。

背景技术

[0002] 随着无线通信技术的发展,因无线通信带来的管理和监测问题也越来越多。比如,无线电管理部门需要对频谱资源的是否合理利用进行监测监听,安保防护部门需要对干扰源和非法发射装置进行判断和消除。所有的这些都是需要利用监测接收机对通信频段内的信号进行扫描并判断和处理异常频点。但是对于一些宽频带信号和突发信号的监测,普通接收机存在扫描效率低下和突发信号很难捕捉的问题,需要利用高速扫描接收机对频段射频信号进行快速实时扫描并发现异常频点。

[0003] 本发明实现了连续跟踪扫描法和大间距频率跳变快速傅里叶变化法双模式频率扫描方法;不仅如此,接收机在每次扫描之前对即将要扫描的单频段或者多频射频信号段进行时间预估计和最优扫描模式选择,而且在实现扫描的过程中,数据交互引入了中断机制和乒乓无间断存取模式,加快了接收机的扫描速度。同时,上述接收机的这些特点配合数字监测接收机接收的前端预选器和先进的数字信号处理技术,解决了经济型监测接收机实现高捕获概率、高接收灵敏度和高信号分辨率等难题。

发明内容

[0004] 本发明的目的旨在提供一种用于多功能数字监测接收机的高速扫描方法,该方法使得监测接收机的扫描速度有了很大的提升,解决了现有经济型监测接收机在宽频段范围内监测时难以捕捉突发信号的问题。而且是基于高效的数字信号进行处理,同样解决了现有部分监测设备扫描效率低下、功能受限和设备过于复杂等缺点,完全满足无线电监测部门和一些特殊安保等场所的使用。

[0005] 本发明的技术方案是基于如下方式实现:

[0006] 一种用于数字监测接收机的高速扫描方法,其特征在于:采用连续跟踪扫描法和大间距频率跳变的快速傅里叶变换法实现双模式高速扫描,并且在用户设置参数的基础上预估计双模式高速扫描的扫描时间获得该次扫描的最优扫描模式。

[0007] 所述的连续跟踪扫描法是指利用扫描频谱时的小进程和大进程概念,使得第一本振无论在何种分辨率大小的情况下始终处于频率跟踪模式,A/D采集第一本振的数据,该数据在DDC下变频后进行了CIC抽取和FIR滤波,与此同时,利用了CIC抽取滤波器和FIR滤波器的最佳耦合关系,获得分辨率带宽准确度高、滤波器矩形系数优和检波数据速率高的扫描信号数据,扫描信号数据进行检波处理,并对于检波后的数据进行高效的存取和传输;

[0008] 所述的连续跟踪扫描法在逻辑控制和数据处理上进行了优化,在每次扫描前根据用户设置参数进行了扫描时间预估和逻辑控制方式选择,FPGA内部数据存储以及与CPU之间的数据交互引入了中断机制配合乒乓存储(由两个深度为2K的存储器实现)的高效模式,

实现了无间断数据存储与传输,大大的节约了扫描时间开销,提高了扫描搜索效率;

[0009] 所述连续跟踪扫描法利用了扫描频谱时的小进程和大进程概念。根据用户设定的步进量大小,自动耦合相应的大小进程值,小进程值自动耦合至最大而又使得第一本振始终处于频率跟踪模式。这样能够有效的保证了检波数据的正确性而又节约了环路稳定时间,提高了扫描效率。

[0010] 在耦合好相应的射频控制后,A/D采集后的数据通过DDC后充分利用抽取滤波器CIC和滤波器FIR的耦合关系,使得抽取后的检波数据在分辨率带宽准确的情况下,保证其数据速率尽可能的快。高的检波效率同样可以更好的提高系统的扫描速率。

[0011] 数据经过检波后,需要传送至CPU。本发明中,FPGA内部数据存储以及与CPU之间的数据交互引入了中断机制并配合乒乓存储和传输的模式,实现了无间断数据存储与传输,大大的节约了扫描时间开销,提高了扫描效率。但是在乒乓存储的过程中,存在最后一帧数据只有几个数据的现象,导致CPU无法响应两次相隔很近的中断,所以需要对最后一次中断做延时处理,有效的保证获得数据的连续性和两次本振扫描之间的最小时延匹配。CPU对最后一帧数据长度做判断的依据为:

$$[0012] \quad Last_NBUC = N_BUC - \left\lfloor \frac{N_BUC}{2048} \right\rfloor * 2048$$

[0013] 当N_BUC≤2048时无需做延时处理,当N_BUC>2048时,需要根据用户设定的step值来确定哪种条件下需要做延时处理,延时的值大小为多少。

[0014] • 当500Hz ≤ step ≤ 200kHz

$$[0015] \quad \begin{cases} \text{if } \frac{D \times 40 \times Last_NBUC}{30 \times 10^6} \geq 15 \times 10^{-3} & \text{不需要做延时处理} \\ \text{else} & \text{做延时处理} \end{cases}$$

[0016] 做延时处理需要送数大小为:

$$[0017] \quad L_D = 56250 - 5 \times D \times Last_NBUC$$

[0018] • 当200kHz < step ≤ 10MHz

$$[0019] \quad \begin{cases} \text{if } \frac{D \times 4 \times Last_NBUC \times step}{6 \times 10^{11}} \geq 15 \times 10^{-3} & \text{不需要做延时处理} \\ \text{else} & \text{做延时处理} \end{cases}$$

[0020] 做延时处理需要送数大小为:

$$[0021] \quad L_D = 56250 - \left\lfloor \frac{5 \times D \times Last_NBUC \times step}{2 \times 10^5} \right\rfloor$$

[0022] 其中:Last_NBUC为最后一帧数据长度。N_BUC为总的检波数据长度。D为对应step值的抽取率。

[0023] 所述的大间距频率跳变的快速傅里叶变换法是指利用用户设定的频率分辨率带宽与最大傅里叶变换长度来耦合频率跳变的大小,利用高速FPGA的实时性特定,在保证最大频率跳变不超过最大瞬时带宽的前提下取最大傅里叶变换长度,A/D采集第一本震的数据,该数据在DDC下变频后进行了CIC抽取,然后利用半带滤波器进行更好的带外抑制和获得更优的矩形系数,滤波后的数据进行快速傅里叶变换,在进行傅里叶变换之前同样运用

了扫描时长优化运算,对整个过程的扫描时间进行了预估计,同样,傅里叶变换后的数据在FPGA和CPU之间实现了无间断数据存储和交互传输。

[0024] 所述大间距频率跳变快速傅里叶变换法利用用户设定的频率分辨率带宽与最大傅里叶变换长度来耦合频率跳变的大小,由于高速FPGA的实时性非常好,不同长度快速傅里叶变换处理的时间差在FPGA内部几乎都是微秒级的,所以在每次耦合频率分辨率大小和傅里叶变换长度的原则是在保证最大频率跳变不超过最大瞬时带宽的前提下取最大傅里叶变换长度。这样会使频率步进达到最大,从而节约了总的扫描次数。因为用户设定扫描范围灵活可变的原因,导致最后一帧速傅里叶变换长度无法与全面所有帧一样,为了能更好的匹配分辨率大小,最后一帧做相同的速傅里叶变换长度处理,但是在最终取数时,只取所需要的长度:

$$[0025] LL_D = \frac{F_{stop} - F_{start}}{LO_Step} - \left\lceil \frac{F_{stop} - F_{start}}{LO_Step} \right\rceil * LO_Step / RBW$$

[0026] CPU下达配置好的参数,本振的初始点为 $F_{start} + \frac{LO_Step}{2}$,A/D采集的数据后经过

CIC抽取和Half Band滤波器进行边带抑制,根据滤波器的矩形系数得到合适速率的数据后将数据进行FFT前的缓存处理和加窗处理。在进行傅里叶变换之前同样运用了扫描时长优化运算,对整个过程的扫描时间进行了预估计。由于FFT最大长度为4096,所以缓存RAM的最大寻址深度为4096。为了提高扫频效率,在FFT前和FFT后的缓存都采用了乒乓模式,实现了无间断数据存储与传输,大大的节约了扫描时间开销,提高了扫描效率。

附图说明

- [0027] 图1是连续跟踪扫描模式实现频率扫描原理框图;
- [0028] 图2是大间距频率跳变傅里叶变换模式实现频率扫描原理框图;
- [0029] 图3是不同频率扫描模式时间预估计和模式选择流程图。

具体实施方式

[0030] 一种用于数字监测接收机的高速扫描方法,采用连续跟踪扫描法和大间距频率跳变的快速傅里叶变换法实现双模式高速扫描,并且在用户设置参数的基础上预估计双模式高速扫描的扫描时间,获得该次扫描的最优扫描模式;

[0031] 如图1所示,所述的连续跟踪扫描法是指利用扫描频谱时的小进程和大进程概念,使得第一本振无论在何种分辨率大小的情况下始终处于频率跟踪模式,A/D采集第一本振的数据,该数据在DDC下变频后进行了CIC抽取和FIR滤波,同时,利用CIC抽取滤波器和FIR滤波器的最佳耦合关系,获得分辨率带宽准确度高、滤波器矩形系数优和检波数据速率高的扫描信号数据,并对检波后的数据进行高效的存取和传输;

[0032] 所述的连续跟踪扫描法在逻辑控制和数据处理上进行了优化,在每次扫描前根据用户设置参数进行扫描时间预估计处理和存取数据控制逻辑选择(见步骤S2、S3和S4),FPGA内部数据存储以及与CPU之间的数据交互引入了中断机制配合乒乓存储的高效模式,实现无间断数据存储与传输,节约扫描时间开销,提高扫描搜索效率;

[0033] 如图2所示,所述的大间距频率跳变的快速傅里叶变换法是指利用用户设定的频率分辨率带宽与最大傅里叶变换长度来耦合频率跳变的大小,利用高速FPGA的实时性特定,在保证最大频率跳变不超过最大瞬时带宽的前提下取最大傅里叶变换长度,A/D采集第一本震的数据,该数据在DDC下变频后进行了CIC抽取,然后利用半带滤波器进行带外抑制,获得矩形系数,对滤波后的数据进行快速傅里叶变换,在进行傅里叶变换之前同样运用了扫描时长优化运算,对整个过程的扫描时间进行了预估计,同样,傅里叶变换后的数据在FPGA和CPU之间实现了无间断数据存储和交互传输。

[0034] 图3是在实现扫描之前,系统软件需要根据用户设定的起始频率、终止频率和频率步进量等参数进行两种不同扫描模式的频段扫描时长计算,并选择扫描时间较短的方式进行频段扫描。

[0035] 两种不同模式的频段扫描时间计算:

[0036] S1根据用户设定的步进量耦合相应的分辨率带宽大小,获得分辨率大小可以实现对CIC抽取滤波器和FIR滤波器进行相应的选择控制;再根据用户设定的频段大小和步进量大小计算需要上报的检波数据长度。

$$[0037] N = \frac{F_{stop} - F_{start}}{F_{step}} + 1$$

[0038] S2根据获得的分辨率大小耦合相应的小进程大小(此处小进程为本振的步进量大小)。根据扫频范围内需要处理的数据长度,确定存储的数据帧数和最后一帧的数据长度。

$$[0039] N_{FRAME} = \left\lfloor \frac{N}{2048} \right\rfloor \quad n_{LF_D} = N - \left\lfloor \frac{N}{2048} \right\rfloor \times 2048$$

[0040] S3在耦合的方式下,本振环路始终处于频率跟踪状态,所以只需考虑每点的数据处理检波时间和存储时间。根据每点的驻留时间计算扫描宽度范围内除最后一帧外其它帧的数据处理时间 t_{SF_1} 和最后一帧数据处理时间;

$$[0041] t_{SF_1} = \frac{N_{SBUC}}{F_{SAMPLE_BUC}} \times 2048$$

$$[0042] t_{SLF} = \frac{N_{SBUC}}{F_{SAMPLE_BUC}} \times n_{LF_D}$$

[0043] S4计算每次中断后数据交互的时间以及指令开销时间 t_{SF_2} 。判断 t_{SF_2} 与 t_{SF_1} 的关系。如果 t_{SF_2} 大于 t_{SF_1} ,则每帧处理的时间需要按照 t_{SF_2} 计算,而本振则需要上一帧数据的中断后等待($t_{SF_2}-t_{SF_1}$)时间差后才开始第二帧数据的步进扫描;如果 t_{SF_2} 小于 t_{SF_1} ,则每帧处理的时间需要按照 t_{SF_1} 计算,而此时本振则无需等待,在给出第一帧数据的中断后直接进入第二帧数据的步进扫描。

[0044] S5根据步骤S3和步骤S4获得连续频率跟踪法的扫描时间:

$$[0045] t_s = N_{FRAME} \times \max(t_{SF_1}, t_{SF_2}) + t_{SLF}$$

[0046] t_s 表示用户设定频段所需的扫描时间。

[0047] S6根据用户设定的步进量大小,可以耦合相应的分辨率带宽大小,再根据扫宽可以耦合FFT大小和FFT次数。开始计算FFT前的缓存数据消耗时间:

$$[0048] \quad t_{F1_1} = \frac{N_{FFT}}{D_{SAMPLE}}$$

[0049] N_{FFT} 为FFT的大小,D_{SAMPLE}为缓存前的数据速率。

[0050] S7计算FFT运算时整体数据的处理时间。由于存在扫频范围大,而出现频谱拼接的可能,所以在此进行FFT处理时不能采用流水线的形式进行,只能采用突发的方式进行处理。

[0051] $t_{F1_2} = 2 \times t_{CLK} \times N_{FFT} + t_{CLK} \times N_{CYCLE}$

[0052] t_{CLK} 为FFT处理的时钟大小,N_{CYCLE}为FFT处理所消耗的时钟数。

[0053] S8每帧数据中断后,本振频率跳变时的环路需要一个稳定时间。通过叠加

[0054] 这个环路稳定时间获得总的扫描时间t_F;

[0055] $t_{F1} = t_{F1_1} + t_{F1_2} + t_{LOOP}$

[0056] S9完成一次数据处理后需要以中断方式通知CPU进行取数,所以需要计算每次中断响应时间、数据交互时间和指令开销时间之和t_{F2}。

[0057] S10同样,完成步骤S8和S9的后,需要比较t_{F1}和t_{F2}的大小,然后获得大间距频率跳变傅里叶变换法的扫描时间:t_F=m×max(t_{F1},t_{F2})

[0058] S11通过对比t_S和t_F,确定选用的扫描方式,并下发相应的控制参数。

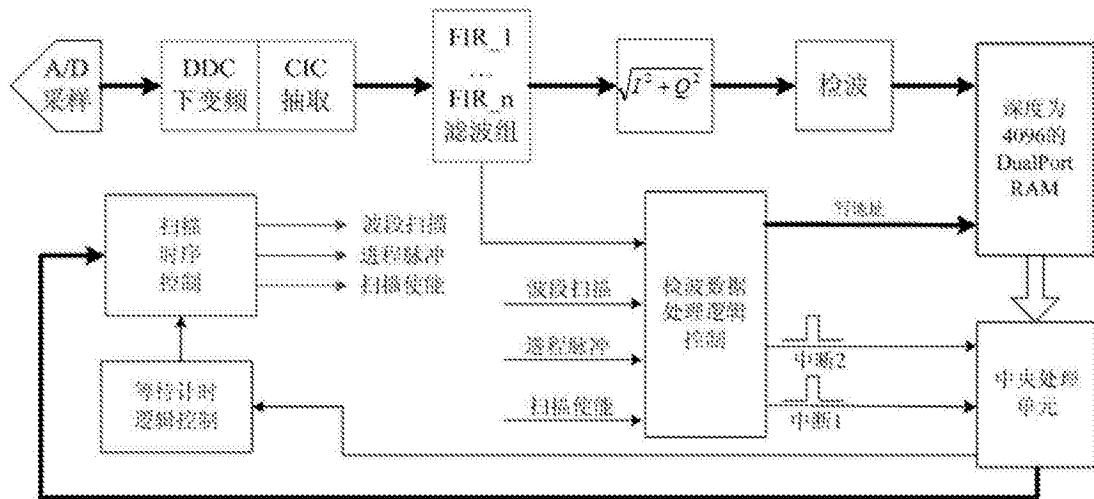


图1

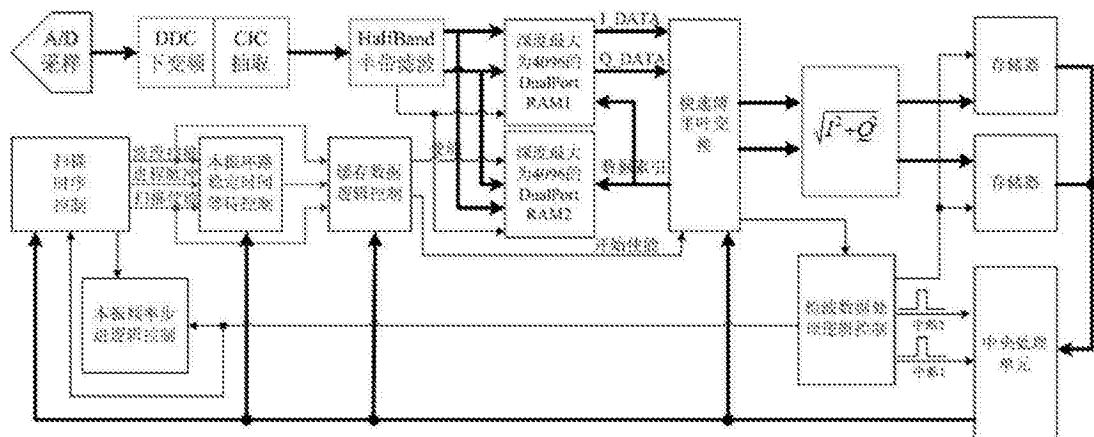


图2

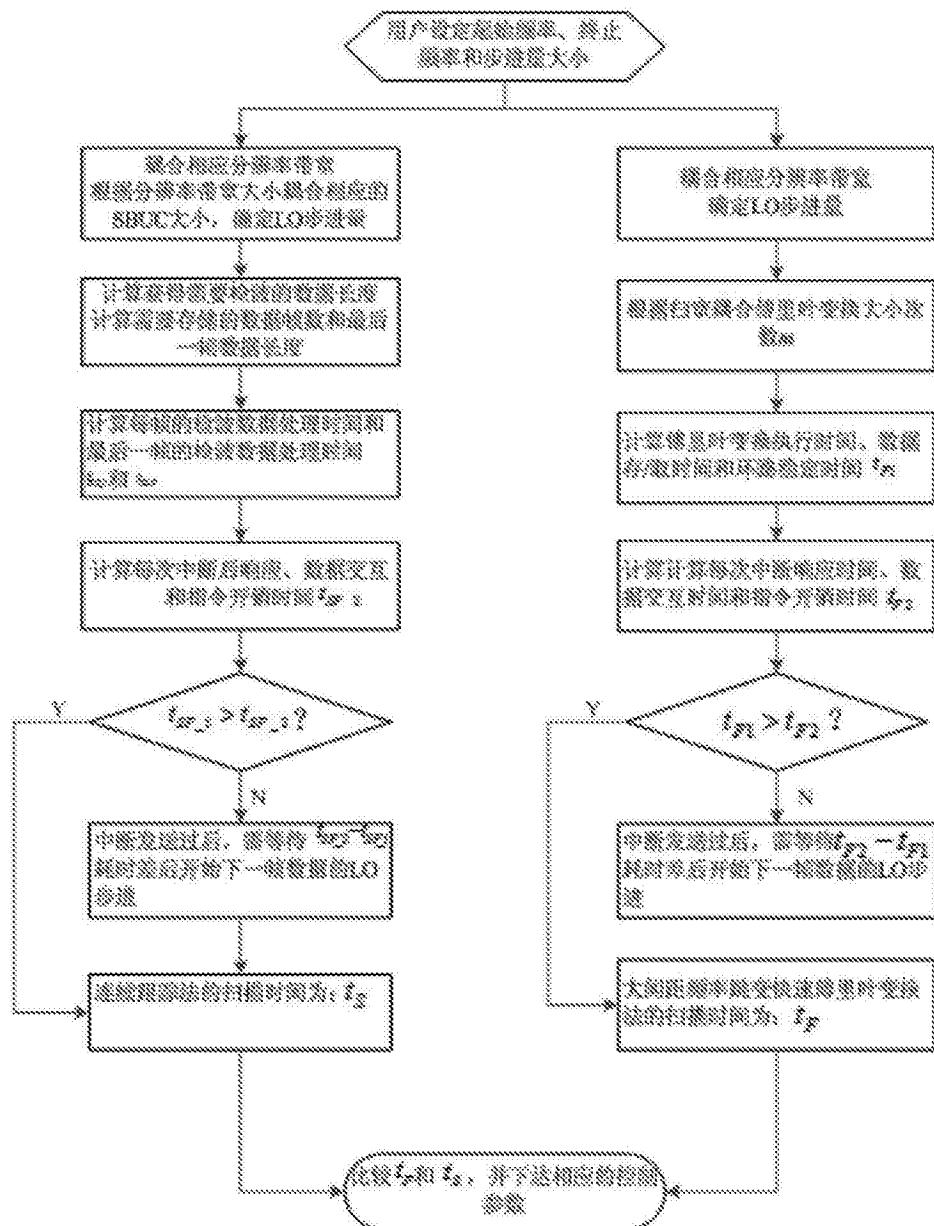


图3