



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117560026 A

(43) 申请公布日 2024. 02. 13

(21) 申请号 202311825825.2

(22) 申请日 2023.12.27

(71) 申请人 昆腾微电子股份有限公司

地址 100000 北京市海淀区玉泉山路23号4  
号楼

申请人 西安电子科技大学

(72) 发明人 郭爱香 李振 李凤阳 袁泉

王蕊

(74) 专利代理机构 北京超凡宏宇知识产权代理

有限公司 11463

专利代理师 杨斌

(51) Int. Cl.

H04B 1/10 (2006.01)

H04L 27/36 (2006.01)

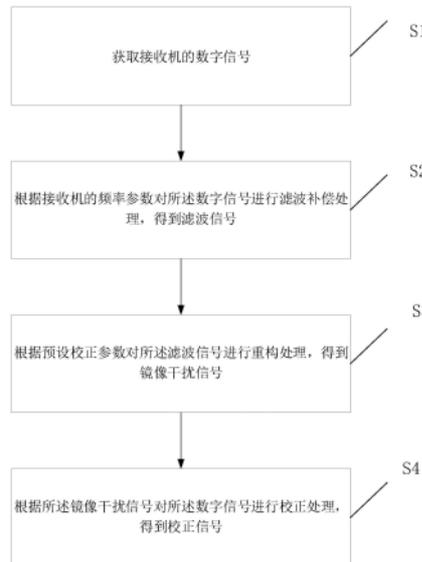
权利要求书3页 说明书11页 附图5页

(54) 发明名称

接收机的信号校正方法、装置、电子设备和存储介质

(57) 摘要

本申请实施例提供接收机的信号校正方法、装置、电子设备和存储介质,其中,信号校正方法包括:获取接收机的数字信号;根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号;根据所述镜像干扰信号对所述数字信号进行校正处理,得到校正信号。上述实施例只需要少量的数字逻辑就可以实现对接收机的信号进行校正,校正过程简单,不需要增加模拟电路的面积。



1. 一种接收机的信号校正方法,其特征在于,包括:获取接收机的数字信号;根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号;根据所述镜像干扰信号对所述数字信号进行校正处理,得到校正信号。
2. 根据权利要求1所述的接收机的信号校正方法,其特征在于,所述数字信号是由接收机将接收的模拟信号进行预处理之后得到的;所述根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号,包括:若在预处理过程中利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波,根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号,包括:若在预处理过程中利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波,对所述滤波信号进行共轭处理,得到共轭信号,根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号;若在预处理过程中没有用模拟带通滤波器进行滤波,对所述数字信号进行共轭处理,得到共轭信号,根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号。
3. 根据权利要求1所述的接收机的信号校正方法,其特征在于,所述根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号,包括:根据接收机的射频混频器的参数生成第一滤波器的参数和第二滤波器的参数和滤波补偿参数;根据所述第一滤波器、所述第二滤波器和所述滤波补偿参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到所述滤波信号。
4. 根据权利要求2所述的接收机的信号校正方法,其特征在于,所述根据接收机的射频混频器的参数生成第一滤波器的参数和第二滤波器的参数和滤波补偿参数,包括:将所述第一滤波器的中心频率确定为所述接收机的射频混频器的中频信号的频率的负数;将所述第二滤波器的中心频率确定为所述第一滤波器的中心频率的预设倍数;将所述预处理过程中使用的模拟带通滤波器、所述第一滤波器、所述第二滤波器的级联频率响应在所述第一滤波器的中心频率处的衰减值确定为所述滤波补偿参数;所述根据所述第一滤波器、所述第二滤波器和所述滤波补偿参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到所述滤波信号,包括:利用所述第一滤波器和所述第二滤波器对所述数字信号进行滤波,得到滤波后的信号;利用所述滤波补偿参数对滤波后的信号进行补偿,得到所述滤波信号。
5. 根据权利要求2所述的接收机的信号校正方法,其特征在于,所述预设校正参数包括:增益调节和相位旋转参数;所述根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号,包括:根据以下公式对所述共轭信号进行校正处理:

$$A_3(i) = A_2(i) * g_{d2} e^{j\omega_{d2}}, \quad i=1, 2, 3, \dots, N, N \text{ 为正整数};$$

其中,  $A_3(i)$  为镜像干扰信号的第  $i$  个点的值,  $A_2(i)$  为共轭信号第  $i$  个点的值,  $g_{d2}$  为增益调节参数,  $\omega_{d2}$  为相位旋转参数。

6. 根据权利要求1所述的接收机的信号校正方法, 其特征在于, 所述预设校正参数通过以下方法获取:

接收测试信号;

获取测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值;

根据所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值、测试信号中I路信号和Q路信号的预设的第一相位差生成第一预设校正参数;

根据第一预设校正参数生成第一信号序列;

获取所述第一信号序列的频谱;

在所述第一信号序列的频谱中获取第一频点和第二频点对应的第一功率差;

根据第一功率差生成测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差;

根据所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值、测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差生成第二预设校正参数;

根据所述第二预设校正参数生成第二信号序列;

在所述第二信号序列的频谱中获取第一频点和第二频点对应的第二功率差;

根据所述第一功率差、所述第二功率差和所述第二预设校正参数生成所述预设校正参数。

7. 根据权利要求6所述的接收机的信号校正方法, 其特征在于, 通过以下公式生成第一预设校正参数和第二预设校正参数:

$$g_{d1} e^{j\omega_{d1}} = \frac{1 - g_1 * e^{-j\varphi}}{1 + g_1 * e^{-j\varphi}};$$

其中,  $g_{d1}$ 、 $\omega_{d1}$  为所述第一预设校正参数,  $\varphi$  为测试信号中I路信号和Q路信号预设的第一相位差, 或  $g_{d1}$ 、 $\omega_{d1}$  为所述第二预设校正参数,  $\varphi$  为测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差,  $g_1$  为所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值。

8. 根据权利要求6所述的接收机的信号校正方法, 其特征在于,

通过以下公式生成测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差:

$$\varphi_+ = \cos^{-1} \left( \frac{(1 + g_1^2) * (1 - r)}{2 * g_1 * (1 + r)} \right);$$

$$r = 10^{\Delta P / 10};$$

其中,  $\varphi_+$  为所述第二相位差,  $\Delta P$  为所述第一功率差,  $g_1$  为所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值。

9. 根据权利要求8所述的接收机的信号校正方法, 其特征在于, 所述根据所述第一功率差、所述第二功率差和所述第二预设校正参数生成所述预设校正参数, 包括:

若所述第二功率差大于第一功率差, 将所述第二预设校正参数作为所述预设校正参数, 若所述第二功率差小于等于第一功率差, 将所述第二相位差取相反数, 得到第三相位差;

根据所述第三相位差、预设公式获取所述预设校正参数。

10. 一种电子设备,其特征在于,包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如权利要求1-8任一项所述的方法的步骤。

11. 一种计算机可读存储介质,其特征在于,所述计算机可读存储介质上存储有指令,当所述指令在计算机上运行时,使得所述计算机执行如权利要求1-8任一项所述的方法。

## 接收机的信号校正方法、装置、电子设备和存储介质

### 技术领域

[0001] 本申请涉及电子通信技术领域,具体而言,涉及一种接收机的信号校正方法、装置、电子设备和计算机可读存储介质。

### 背景技术

[0002] 低中频接收机是通信系统中的常用结构,低中频接收机结构能降低IQ不平衡和直流偏置的影响。低中频结构机通常在模拟数字转换之后做二次下变频,二次下变频电路包括一个可调频率的数字混频器。

[0003] 在接收机中如果中频信号的镜像位置有干扰信号,则该干扰信号会对数字混频器输出的模拟信号产生两种干扰信号,一个是临道干扰信号,一个是镜像干扰信号。

[0004] 对于临道干扰信号,通过复数巴特沃兹滤波器可以滤除一部分临道干扰信号,再通过后续数字滤波器二次滤波可以进一步对临道干扰信号达到很好的抑制效果。对于镜像干扰信号,其抑制是依靠模拟混频器的正交性保证的。如果模拟混频器的IQ两路信号完全正交,则没有镜像干扰,否则产生的镜像干扰会正好落在信号带宽内,无法通过后续的滤波器滤除,因此影响解调性能。但是,接收机在实际操作过程中,其电路硬件的物理限制以及在设计电路时不可避免的误差将引起I路信号和Q路信号的幅度以及相位出现偏差,即造成IQ不平衡。

[0005] 针对这一难题,在中频接收机中,可以利用IQ校正算法进行补偿。

[0006] 对于低中频接收机,现有的IQ校正算法在复数滤波器之前通过额外的模拟电路进行校正,这种校正流程相对复杂,也增加了模拟电路面积。

### 发明内容

[0007] 本申请实施例的目的在于提供一种接收机的信号校正方法、装置、电子设备和存储介质,只需要少量的数字逻辑就可以实现对接收机的信号进行校正,校正过程简单,不需要增加模拟电路的面积。

[0008] 第一方面,本申请实施例提供了一种接收机的信号校正方法,包括:

[0009] 获取接收机的数字信号;

[0010] 根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;

[0011] 根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号;

[0012] 根据所述镜像干扰信号对所述数字信号进行校正处理,得到校正信号。

[0013] 在上述实现过程中,根据接收机的频率参数对数字信号进行滤波补偿,根据预设校正参数对滤波信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号;根据所述镜像干扰信号对数字信号进行校正处理,得到校正信号。上述步骤主要通过数字逻辑完成,不需要大量增加接收机的模拟电路的面积。同时,频率参数和预设校正参数都是可以快速确定的参数,因此,本申请实施例提供的接收机的信号校正方法校正过程简单,能够快速地完成接收机的信号校正。

- [0014] 进一步地,所述数字信号是由接收机将接收的模拟信号进行预处理之后得到的;
- [0015] 所述根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号,包括:
- [0016] 若在预处理过程中利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波,根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;
- [0017] 根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号,包括:
- [0018] 若在预处理过程中利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波,对所述滤波信号进行共轭处理,得到共轭信号,根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号;
- [0019] 若在预处理过程中没有用模拟带通滤波器进行滤波,对所述数字信号进行共轭处理,得到共轭信号,根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号。
- [0020] 在上述实现过程中,是否使用利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波对应了低中频接收机的不同工作模式,不同的工作模式下数字混频器输出的模拟信号中的干扰信号的类型不同,基于上述实施方式,使得本申请实施例的接收机的信号校正方法能够适用于接收机的不同工作模式。
- [0021] 进一步地,所述根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号,包括:
- [0022] 根据接收机的射频混频器的参数生成第一滤波器的参数和第二滤波器的参数和滤波补偿参数;
- [0023] 根据所述第一滤波器、所述第二滤波器和所述滤波补偿参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到所述滤波信号。
- [0024] 在上述实现过程中,通过接收机的射频混频器的参数和模拟带通滤波器的参数生成第一滤波器的参数、第二滤波器的参数和滤波补偿参数,根据第一滤波器、第二滤波器和滤波补偿参数对模拟信号进行滤波补偿,得到滤波信号,由于射频混频器的参数在接收机设计阶段就能确定,同时滤波过程易于实现,因此,本申请实施例提供的接收机的信号校正方法步骤简单,能够快速实现对接收机的信号进行校正。
- [0025] 进一步地,所述根据接收机的射频混频器的参数生成第一滤波器的参数和第二滤波器的参数和滤波补偿参数,包括:
- [0026] 将所述第一滤波器的中心频率确定为所述接收机的射频混频器的中频信号的频率的负数;
- [0027] 将所述第二滤波器的中心频率确定为所述第一滤波器的中心频率的预设倍数;
- [0028] 将所述预处理过程中使用的模拟带通滤波器、所述第一滤波器、所述第二滤波器的级联频率响应在所述第一滤波器的中心频率处的衰减值确定为所述滤波补偿参数;
- [0029] 所述根据所述第一滤波器、所述第二滤波器和所述滤波补偿参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到所述滤波信号,包括:
- [0030] 利用所述第一滤波器和所述第二滤波器对所述数字信号进行滤波,得到滤波后的信号;
- [0031] 利用所述滤波补偿参数对滤波后的信号进行补偿,得到所述滤波信号。
- [0032] 在上述实现过程中,利用所述第一滤波器和所述第二滤波器对所述数字信号进行

滤波,得到所述滤波信号,利用滤波补偿参数对滤波后的信号进行补偿,得到滤波信号,上述步骤易于使用数字逻辑实现,能有效降低芯片中模拟电路的面积。

[0033] 进一步地,所述预设校正参数包括:增益调节和相位旋转参数;

[0034] 所述根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号,包括:

[0035] 根据以下公式对所述共轭信号进行校正处理:

[0036]  $A_3(i) = A_2(i) * g_{d2} e^{j\omega_{d2}}$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ ,  $N$ 为正整数;

[0037] 其中,  $A_3(i)$  为镜像干扰信号的第  $i$  个点的值,  $A_2(i)$  为共轭信号第  $i$  个点的值,  $g_{d2}$  为增益调节参数,  $\omega_{d2}$  为相位旋转参数。

[0038] 进一步地,所述预设校正参数通过以下方法获取:

[0039] 接收测试信号;

[0040] 获取测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值;

[0041] 根据所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值、测试信号中I路信号和Q路信号的预设的第一相位差生成第一预设校正参数;

[0042] 根据第一预设校正参数生成第一信号序列;

[0043] 获取所述第一信号序列的频谱;

[0044] 在所述第一信号序列的频谱中获取第一频点和第二频点对应的第一功率差;

[0045] 根据第一功率差生成测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差;

[0046] 根据所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值、测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差生成第二预设校正参数;

[0047] 根据所述第二预设校正参数生成第二信号序列;

[0048] 在所述第二信号序列的频谱中获取第一频点和第二频点对应的第二功率差;

[0049] 根据所述第一功率差、所述第二功率差和所述第二预设校正参数生成所述预设校正参数。

[0050] 在上述实现过程中,提供了一种生成预设校正参数的方法,通过上述方法可以在接收机生产期间确定预设校正参数,从而使得后续接收机工作过程中能够基于预设校正参数实现对接收机的数字信号进行快速校正。

[0051] 进一步地,通过以下公式生成第一预设校正参数和第二预设校正参数:

[0052]  $g_{d1} e^{j\omega_{d1}} = \frac{1 - g_1 * e^{-j\varphi}}{1 + g_1 * e^{-j\varphi}}$ ;

[0053] 其中,  $g_{d1}$ 、 $\omega_{d1}$  为所述第一预设校正参数,  $\varphi$  为测试信号中I路信号和Q路信号预设的第一相位差,或  $g_{d1}$ 、 $\omega_{d1}$  为所述第二预设校正参数,  $\varphi$  为测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差,  $g_1$  为所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值。

[0054] 进一步地,通过以下公式生成测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差:

[0055]  $\varphi+ = \cos^{-1}\left(\frac{(1 + g_1^2) * (1 - r)}{2 * g_1 * (1 + r)}\right)$ ;

[0056]  $r = 10^{\Delta P/10}$ ;

[0057] 其中,  $\varphi+$  为所述第二相位差,  $\Delta P$  为所述第一功率差,  $g_1$  为所述测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值。

[0058] 进一步地,所述根据所述第一功率差、所述第二功率差和所述第二预设校正参数生成所述预设校正参数,包括:

[0059] 若所述第二功率差大于第一功率差,将所述第二预设校正参数作为所述预设校正参数,若所述第二功率差小于等于第一功率差,将所述第二相位差取相反数,得到第三相位差;

[0060] 根据所述第三相位差、预设公式获取所述预设校正参数。

[0061] 第二方面,本申请实施例提供的一种电子设备,包括:存储器、处理器以及存储在所述存储器中并可在所述处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述计算机程序时实现如第一方面任一项所述的方法的步骤。

[0062] 第三方面,本申请实施例提供的一种计算机可读存储介质,所述计算机可读存储介质上存储有指令,当所述指令在计算机上运行时,使得所述计算机执行如第一方面任一项所述的方法。

[0063] 本申请公开的其他特征和优点将在随后的说明书中阐述,或者,部分特征和优点可以从说明书推知或毫无疑义地确定,或者通过实施本申请公开的上述技术即可得知。

[0064] 为使本申请的上述目的、特征和优点能更明显易懂,下文特举较佳实施例,并配合所附附图,作详细说明如下。

## 附图说明

[0065] 为了更清楚地说明本申请实施例的技术方案,下面将对本申请实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,应当理解,以下附图仅示出了本申请的某些实施例,因此不应被看作是对范围的限定,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相关的附图。

[0066] 图1为本申请实施例提供的接收机的信号校正方法的流程示意图;

[0067] 图2为本申请实施例提供的接收机的结构示意图;

[0068] 图3为本申请实施例提供的滤波补偿处理的流程示意图;

[0069] 图4为本申请实施例提供的频谱图;

[0070] 图5为本申请实施例提供的另一频谱图;

[0071] 图6为本申请实施例提供的另一频谱图;

[0072] 图7为本申请实施例提供的另一频谱图;

[0073] 图8为本申请实施例提供的另一频谱图;

[0074] 图9为本申请实施例提供的另一频谱图;

[0075] 图10为本申请实施例提供的电子设备的结构示意图。

## 具体实施方式

[0076] 下面将结合本申请实施例中的附图,对本申请实施例中的技术方案进行描述。

[0077] 应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。同时,在本申请的描述中,术语“第一”、“第二”等仅用于区分描述,而不能理解为指示或暗示相对重要性。

[0078] 参见图1,本申请实施例提供一种接收机的信号校正方法,可应用于服务器或电子

设备或计算机可读存储介质或数字逻辑电路或处理器中,用于对低中频接收机的数字信号进行校正。其中,服务器可以是独立的服务器或者是多个服务器组成的服务器集群来实现,还可以是提供云服务、云数据库、云计算、云函数、云存储、网络服务、云通信、中间件服务、域名服务、安全服务、CDN、以及大数据和人工智能采样点设备等基础云计算服务的云服务器。参见图1,方法包括:

[0079] S1:获取接收机的数字信号;

[0080] S2:根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;

[0081] S3:根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号;

[0082] S4:根据所述镜像干扰信号对所述数字信号进行校正处理,得到校正信号。

[0083] 上述实施例中,接收机指的是低中频接收机,低中频接收机中,IQ信号不平衡对接收机内相关信号的相位和幅度施加的影响是相同的,此时的IQ不平衡与频率无关,其起因是低中频接收机的本地振荡器。其中,IQ信号又称同向正交信号,I为in-phase(同相),Q为quadrature(正交),与I的相位相差 $90^\circ$ 。

[0084] 示例性地,参见图2,为本申请实施例的低中频接收机的结构示意图,图2中的IQ不匹配校正模块为本申请实施例提供的方法的实现主体,IQ不匹配校正模块可以是电子设备、服务器、计算机可读存储介质、处理器、数字逻辑电路中的第一种或多种。在一些实施例中,IQ不匹配校正模块可以是处理器,图2中除了IQ不匹配校正模块,其余部件为低中频接收机的现有结构。

[0085] 在一应用场景中,低噪声放大器接收射频信号,射频混频器将射频信号正交下变频到中频信号,得到两路中频的正交信号(不是理想的正交信号,存在误差),通过模拟中频滤波器(中频模拟带通滤波器或者低通滤波器实现信道滤波),将两路中频的正交信号的外噪声和干扰信号去除,通过模拟数字转换器将模拟信号转换为数字信号(可以表示为 $A(i) = I(i) + j*Q(i)$ ),处理器接收到数字信号之后根据接收机的频率参数对数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号,根据预设校正参数对所述滤波信号进行重构处理,得到镜像干扰信号;根据所述镜像干扰信号对所述数字信号进行校正处理,得到校正信号。随机存取存储器用于存放处理器的中间运算结果。之后,处理器将校正信号输入到数字中频合成器,数字中频合成器输出实部Real信号(I信号)和虚部imag信号(Q信号),得到有用的基带信号。

[0086] 在上述实现过程中,根据接收机的频率参数对数字信号进行滤波补偿,根据预设校正参数对滤波信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号;根据预设校正参数和镜像干扰信号对数字信号进行校正处理,得到校正信号。上述步骤主要通过数字逻辑完成,不需要大量增加接收机的模拟电路的面积。同时,频率参数和预设校正参数都是可以快速确定的参数,因此,本申请实施例提供的接收机的信号校正方法校正过程简单,能够快速地完成接收机的信号校正。

[0087] 在一些实施例中,S4包括:将数字信号减去镜像干扰信号,得到校正信号。

[0088] 在一些实施例中,S1包括:根据接收机的射频混频器的参数生成第一滤波器的参数和第二滤波器的参数和滤波补偿参数;根据所述第一滤波器、所述第二滤波器和所述滤波补偿参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到所述滤波信号。

[0089] 在上述实现过程中,通过接收机的射频混频器的参数和模拟带通滤波器的参数生成第一滤波器的参数、第二滤波器的参数和滤波补偿参数,根据第一滤波器、第二滤波器和

滤波补偿参数对模拟信号进行滤波补偿,得到滤波信号,由于射频混频器的参数在接收机设计阶段就能确定,同时滤波过程易于实现,因此,本申请实施例提供的接收机的信号校正方法步骤简单,能够快速实现对接收机的信号进行校正。

[0090] 在一些实施例中,所述根据接收机的射频混频器的参数生成第一滤波器的参数和第二滤波器的参数和滤波补偿参数,包括:将所述第一滤波器的中心频率确定为所述接收机的射频混频器的中频信号的频率的负数;将所述第二滤波器的中心频率确定为所述第一滤波器的中心频率的预设倍数;将所述预处理过程中使用的模拟带通滤波器、所述第一滤波器、所述第二滤波器的级联频率响应在所述第一滤波器的中心频率处的衰减值确定为所述滤波补偿参数;所述根据所述第一滤波器、所述第二滤波器和所述滤波补偿参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到所述滤波信号,包括:利用所述第一滤波器和所述第二滤波器对所述数字信号进行滤波,得到滤波后的信号;利用所述滤波补偿参数对滤波后的信号进行补偿,得到所述滤波信号。

[0091] 射频混频器主要是将一种频率的射频信号的频率转换成另一种频率的功率器件,从而是信息处理更容易且成本更低。除生成新的频率信号外,同时保持初始信号的其它特性,以实现接收或发送。

[0092] 一般来说,混频器上的三个端口为射频(RF)端口、本地振荡器端口(LO)和中频端口(IF)。射频(RF)端口接收低噪声放大器输出的射频信号(即经过放大的天线信号),本地振荡器(LO)端口用于输入本地振荡器生成的本地载波信号,混频器通过将射频信号和本地载波信号进行相乘,得到下变频信号,即中频信号IF。

[0093] 示例性地,参见图2,假设低噪声放大器LNA接收到射频信号之后,将射频信号输入到射频混频器,射频混频器将射频信号正交下变频为 $\cos \omega_{IF}t$ 和 $\sin \omega_{IF}t$ (理想情况下),其中, $\omega_{IF} = 2\pi f_{IF}$ , $f_{IF}$ 是射频混频器的中频信号的频率,该中频信号的频率是可以设置的,因此又称为可变中频信号的频率。

[0094] 如果系统前端模拟滤波器采用模拟带通滤波器(即预处理过程中采用模拟带通滤波器对数字信号进行滤波),则带通滤波的中心频率一般来说设置在 $f_{IF}$ 。则第一滤波器的中心频率为 $-f_{IF}$ ,第二滤波器的中心频率为 $-3*f_{IF}$ 。根据模拟带通滤波器、第一滤波器、第二滤波器,三个滤波器级联的频响曲线,确定信号经过滤波系统后在频率 $-f_{IF}$ 处损失的强度,根据此强度进行滤波器增益补偿处理。

[0095] 参见图3,如果射频混频器的中频信号的频率为6MHz,模拟带通滤波器的中心频率应为6MHz,则第一滤波器的中心频率为-6MHz,第二滤波器的中心频率为-18MHz。

[0096] 在上述实现过程中,利用所述第一滤波器和所述第二滤波器对所述数字信号进行滤波,得到所述滤波信号,利用滤波补偿参数对滤波后的信号进行补偿,得到滤波信号,上述步骤易于使用数字逻辑实现,能有效降低芯片中模拟电路的面积。

[0097] 在一些实施例中,预设倍数为N,N为自然数。

[0098] 在一些实施例中,预设倍数为3。

[0099] 在一些实施例中,通过以下步骤获取滤波补偿参数:获取模拟滤波器、第一滤波器和第二滤波器形成的滤波系统的级联频响曲线;根据级联频响曲线确定信号经过滤波系统后的损失的强度。

[0100] 示例性地,参见图3,使用第一滤波器、第二滤波器和增益补偿模块对数字信号进

行处理,射频混频器的中心频率为6MHz,则第一滤波器的中心频率为-6MHz,第二滤波器的中心频率为-18MHz。绘制出模拟带通滤波器、第一滤波器和第二滤波器组成的滤波系统的级联频响曲线,根据频响曲线确定信号经过滤波系统后在-6MHz频点损失的强度为36.5dB,根据此强度确定增益补偿系数为36.5dB。

[0101] 在一些实施例中,数字信号是由接收机将接收的模拟信号进行预处理之后得到的。

[0102] 示例性地,参见图2,预处理过程包括:低噪声放大器LNA接收射频信号,射频混频器将射频信号正交下变频到中频信号,得到两路中频的正交信号(不是理想的正交信号,存在误差),通过中频模拟带通滤波器BPF或者低通滤波器LPF实现信道滤波,将两路中频的正交信号的外噪声和干扰信号去除,通过模拟数字转换器将模拟信号转换为数字信号。

[0103] 基于此,S1包括:若在预处理过程中利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波,根据接收机的频率参数对所述数字信号进行滤波补偿处理,得到滤波信号;若在预处理过程中利用模拟低通滤波器对模拟信号进行滤波,则不需要根据接收机的频率参数对数字信号进行滤波补偿处理;S2包括:若在预处理过程中利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波,对所述滤波信号进行共轭处理,得到共轭信号,根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号;若在预处理过程中没有用模拟带通滤波器进行滤波,对所述数字信号进行共轭处理,得到共轭信号,根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号。

[0104] 示例性地,参见图4,基于图2的中低频接收机结构,如果预处理过程中没有使用带通滤波器,在射频混频器的镜频位置存在干扰情况下,射频混频器输出信号的频谱跟射频混频器的频谱相同,取共轭之后的频谱如图5所示,再经过和相位调节再相减后信号的频谱如图6所示,经过数字混频器和低通滤波器LPF处理之后得到的无干扰信号的频谱如图7所示。如果预处理过程中使用了带通滤波器,则混频器输出的信号频谱图如图8所示,经过带通滤波器滤波后的频谱如图9所示。因此,无法通过信号共轭后,简单的增益和相位旋转进行镜频抑制。需要先恢复镜频信号然后才能完成抑制。

[0105] 在上述实现过程中,是否使用利用模拟带通滤波器对模拟信号进行滤波对应了低中频接收机的不同工作模式,不同的工作模式下数字混频器输出的模拟信号中的干扰信号的类型不同,基于上述实施方式,使得本申请实施例的接收机的信号校正方法能够适用于接收机的不同工作模式。

[0106] 在一些实施例中,所述根据预设校正参数对所述共轭信号进行补偿处理,得到镜像干扰信号,包括:

[0107] 根据以下公式对所述共轭信号进行校正处理:

[0108]  $A_3(i) = A_2(i) * g_{d2} e^{j\omega_{d2} i}$ ,  $i=1,2,3,\dots,N$ ,  $N$ 为正整数;

[0109] 其中, $A_3(i)$ 为镜像干扰信号的第*i*个点的值, $A_2(i)$ 为共轭信号第*i*个点的值, $g_{d2}$ 为增益调节参数, $\omega_{d2}$ 为相位旋转参数。

[0110] 本申请实施例还提供一种增益调节参数和相位旋转参数的确定方法,包括:接收测试信号;获取测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值;根据测试信号中I路信号和Q路信号的幅度比值、测试信号中I路信号和Q路信号的预设的第一相位差生成第一预设校正参数;根据第一预设校正参数生成第一信号序列;获取第一信号序列的频谱;在第一信号序列

的频谱中获取第一频点和第二频点对应的第一功率差；根据第一功率差生成测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差；根据测试信号中I路信号和Q路信号的幅度比值、测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差生成第二预设校正参数；根据第二预设校正参数生成第二信号序列；在第二信号序列的频谱中获取第一频点和第二频点对应的第二功率差；根据第一功率差、第二功率差和第二预设校正参数生成预设校正参数。

[0111] 在一些实施例中,以图2的接收机结构对应的射频芯片为例,接收测试信号之前,包括:配置芯片为接收模式,使芯片能够接收外部测试信号;在芯片的天线输入端通过测量仪器在射频信号的镜像位置加入干扰信号作为测试信号;如果射频芯片的模拟中频滤波器只支持模拟带通滤波,则关闭芯片的滤波器,配置芯片的信号接收模式为信号直通,即射频芯片在接收到信号后不通过中频滤波器,直接传输到模数转换器;如果模拟中频滤波器支持模拟低通滤波,则将射频芯片的模式切换为模拟低通滤波,即射频芯片会将接收到的测试信号通过模拟低通滤波器进行低通滤波;配置模数转换器到随机存储器的测试模式连通,以使随机存储器能对模数转换器输出的信号进行采样,从而得到采样信号。

[0112] 可以理解的是,在获取测试信号之后,还对测试信号进行采样处理,从而得到采样信号,增益调节参数和相位旋转参数的确定方法中提到的测试信号中Q路信号和I路信号实际都是和Q路信号和I路信号的采样信号。

[0113] 在上述实现过程中,提供了一种生成预设校正参数的方法,通过上述方法可以在接收机生产期间确定预设校正参数,从而使得后续接收机工作过程中能够基于预设校正参数实现对接收机的数字信号进行快速校正。

[0114] 进一步地,通过以下公式生成第一信号序列和第二信号序列:

[0115]  $A_1(i) = (I_1(i) - j * Q_1(i)) * g_{d1} e^{j\omega_{d1} i} \quad i = 1, 2, 3, \dots, N, N \text{ 为正整数};$

[0116] 其中, $A_1(i)$ 为第一信号序列的第*i*个点的采样值, $I_1(i)$ 为第一信号序列中的I路信号第*i*个点的采样值; $Q_1(i)$ 为第一信号序列中的Q路信号第*i*个点的采样值; $g_{d1}$ 为第一预设校正参数中的增益调节参数, $\omega_{d1}$ 为第一预设校正参数中的相位旋转参数,或者 $A_1(i)$ 为第二信号序列的第*i*个点的采样值, $I_1(i)$ 为第二信号序列中的I路信号第*i*个点的采样值; $Q_1(i)$ 为第二信号序列中的Q路信号第*i*个点的采样值; $g_{d1}$ 为第二预设校正参数中的增益调节参数, $\omega_{d2}$ 为第二预设校正参数中的相位旋转参数,。

[0117] 进一步地,通过以下公式生成第一预设校正参数和第二预设校正参数:

[0118]  $g_{d1} e^{j\omega_{d1} i} = \frac{1 - g_1 * e^{-j\varphi}}{1 + g_1 * e^{-j\varphi}};$

[0119] 其中, $g_{d1}$ 、 $\omega_{d1}$ 为第一预设校正参数, $\varphi$ 为测试信号中I路信号和Q路信号预设的第一相位差,或 $g_{d1}$ 、 $\omega_{d1}$ 为第二预设校正参数, $\varphi$ 为测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差, $g_1$ 为测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值I路信号和Q路信号的幅度比值。在一些实施例中,测试信号的I路信号和Q路信号都是正弦波,幅度指的是正弦波的峰值。

[0120] 在一些实施例中,第一相位差为 $0^\circ$ 。

[0121] 进一步地,在获取测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值之前,包括:对测试信号的I路信号和Q路信号进行采样,得到I路信号的表达式和Q路信号的采样值,其中,采样个数可以为 $2^N$ 点, $N = 11, 12, 13, 14 \dots$ , $N$ 可以为大于11的正整数。

[0122] 进一步地,第一频点和第二频点分别为 $-f_{IF}$ 和 $f_{IF}$ ,其中, $f_{IF}$ 为射频频混频器的中频信号的频率。

[0123] 进一步地,根据第一功率差生成I路信号和Q路信号的第二相位差,包括:

[0124] 通过以下公式生成测试信号中I路信号和Q路信号的第二相位差:

$$[0125] \quad \varphi_+ = \cos^{-1}\left(\frac{(1+g_1^2)*(1-r)}{2*g_1*(1+r)}\right);$$

$$[0126] \quad r = 10^{\Delta P/10};$$

[0127] 其中, $\varphi_+$ 为第二相位差, $\Delta P$ 为第一功率差, $g_1$ 为测试信号中I路信号和Q路信号的幅度比值。

[0128] 进一步地,根据第一功率差、第二功率差和第二预设校正参数生成预设校正参数,包括:若第二功率差大于第一功率差,将第二预设校正参数作为预设校正参数;若第二功率差小于等于第一功率差,将第二相位差取相反数,得到第三相位差,根据第三相位差、预设公式获取预设校正参数。也就是说,根据以下公式获取预设校正参数:

$$g_d e^{j\omega_d} = \frac{1-g_1 * e^{-j\varphi}}{1+g_1 * e^{-j\varphi}}; \quad \varphi_- = -\varphi_+; \quad \text{其中, } g_d、\omega_d \text{ 为预设校正参数, } \varphi \text{ 为I路信号和Q路信号的}$$

第三相位差,或 $g_d、\omega_d$ 为第三预设校正参数, $g_1$ 为测试信号中Q路信号和I路信号的幅度比值。

[0129] 本申请还提供一种电子设备,请参见图10,图10为本申请实施例提供的一种电子设备的结构框图。电子设备可以包括处理器101、通信接口102、存储器103和至少一个通信总线104。其中,通信总线104用于实现这些组件直接的连接通信。其中,本申请实施例中电子设备的通信接口102用于与其他节点设备进行信令或数据的通信。处理器101可以是一种集成电路芯片,具有信号的处理能力。

[0130] 上述的处理器101可以是通用处理器,包括中央处理器(CPU, Central Processing Unit)、网络处理器(NP, Network Processor)等;还可以是数字信号处理器(DSP)、专用集成电路(ASIC)、现成可编程门阵列(FPGA)或者其他可编程逻辑器件、分立门或者晶体管逻辑器件、分立硬件组件。可以实现或者执行本申请实施例中的公开的各方法、步骤及逻辑框图。通用处理器可以是微处理器或者该处理器101也可以是任何常规的处理器等。

[0131] 存储器103可以是,但不限于,随机存取存储器(RAM, Random Access Memory),只读存储器(ROM, Read Only Memory),可编程只读存储器(PROM, Programmable Read-Only Memory),可擦除只读存储器(EPROM, Erasable Programmable Read-Only Memory),电可擦除只读存储器(EEPROM, Electric Erasable Programmable Read-Only Memory)等。存储器103中存储有计算机可读取指令,当计算机可读取指令由处理器101执行时,电子设备可以执行上述方法实施例涉及各个步骤。

[0132] 可选地,电子设备还可以包括存储控制器、输入输出单元。

[0133] 存储器103、存储控制器、处理器101、外设接口、输入输出单元各元件相互之间直接或间接地电性连接,以实现数据的传输或交互。例如,这些元件相互之间可通过一条或多条通信总线104实现电性连接。处理器101用于执行存储器103中存储的可执行模块,例如电子设备包括的软件功能模块或计算机程序。

[0134] 输入输出单元用于提供给用户创建任务以及为该任务创建启动可选时段或预设执行时间以实现用户与服务器的交互。输入输出单元可以是,但不限于,鼠标和键盘等。

[0135] 可以理解,图10所示的结构仅为示意,电子设备还可包括比图10中所示更多或者更少的组件,或者具有与图10所示不同的配置。图10中所示的各组件可以采用硬件、软件或其组合实现。

[0136] 本申请实施例还提供一种存储介质,存储介质上存储有指令,当指令在计算机上运行时,计算机程序被处理器执行时实现方法实施例的方法,为避免重复,此处不再赘述。

[0137] 本申请还提供一种计算机程序产品,计算机程序产品在计算机上运行时,使得计算机执行方法实施例的方法。

[0138] 在本申请所提供的几个实施例中,应该理解到,所揭露的装置和方法,也可以通过其它的方式实现。以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的,例如,附图中的流程图和框图显示了根据本申请的多个实施例的装置、方法和计算机程序产品的可能实现的体系架构、功能和操作。在这点上,流程图或框图中的每个方框可以代表一个模块、程序段或代码的一部分,模块、程序段或代码的一部分包含一个或多个用于实现规定的逻辑功能的可执行指令。也应当注意,在有些作为替换的实现方式中,方框中所标注的功能也可以以不同于附图中所标注的顺序发生。例如,两个连续的方框实际上可以基本并行地执行,它们有时也可以按相反的顺序执行,这依所涉及的功能而定。也要注意的,框图和/或流程图中的每个方框、以及框图和/或流程图中的方框的组合,可以用执行规定的功能或动作的专用的基于硬件的系统来实现,或者可以用专用硬件与计算机指令的组合来实现。

[0139] 另外,在本申请各个实施例中的各功能模块可以集成在一起形成一个独立的部分,也可以是各个模块单独存在,也可以两个或两个以上模块集成形成一个独立的部分。

[0140] 功能如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用,可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解,本申请的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的部分可以以软件产品的形式体现出来,该计算机软件产品存储在一个存储介质中,包括若干指令用以使得一台计算机设备(可以是个人计算机,服务器,或者网络设备等)执行本申请各个实施例方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括:U盘、移动硬盘、只读存储器(ROM, Read-Only Memory)、随机存取存储器(RAM, Random Access Memory)、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

[0141] 以上仅为本申请的实施例而已,并不用于限制本申请的保护范围,对于本领域的技术人员来说,本申请可以有各种更改和变化。凡在本申请的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本申请的保护范围之内。应注意到:相似的标号和字母在下面的附图中表示类似项,因此,一旦某一项在一个附图中被定义,则在随后的附图中不需要对其进行进一步定义和解释。

[0142] 以上,仅为本申请的具体实施方式,但本申请的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本申请揭露的技术范围内,可轻易想到变化或替换,都应涵盖在本申请的保护范围之内。因此,本申请的保护范围应以权利要求的保护范围为准。

[0143] 需要说明的是,在本文中,诸如第一和第二等之类的关系术语仅仅用来将一个实体或者操作与另一个实体或操作区分开来,而不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且,术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖

非排他性的包含,从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素,而且还包括没有明确列出的其他要素,或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括要素的过程、方法、物品或者设备中还存在另外的相同要素。

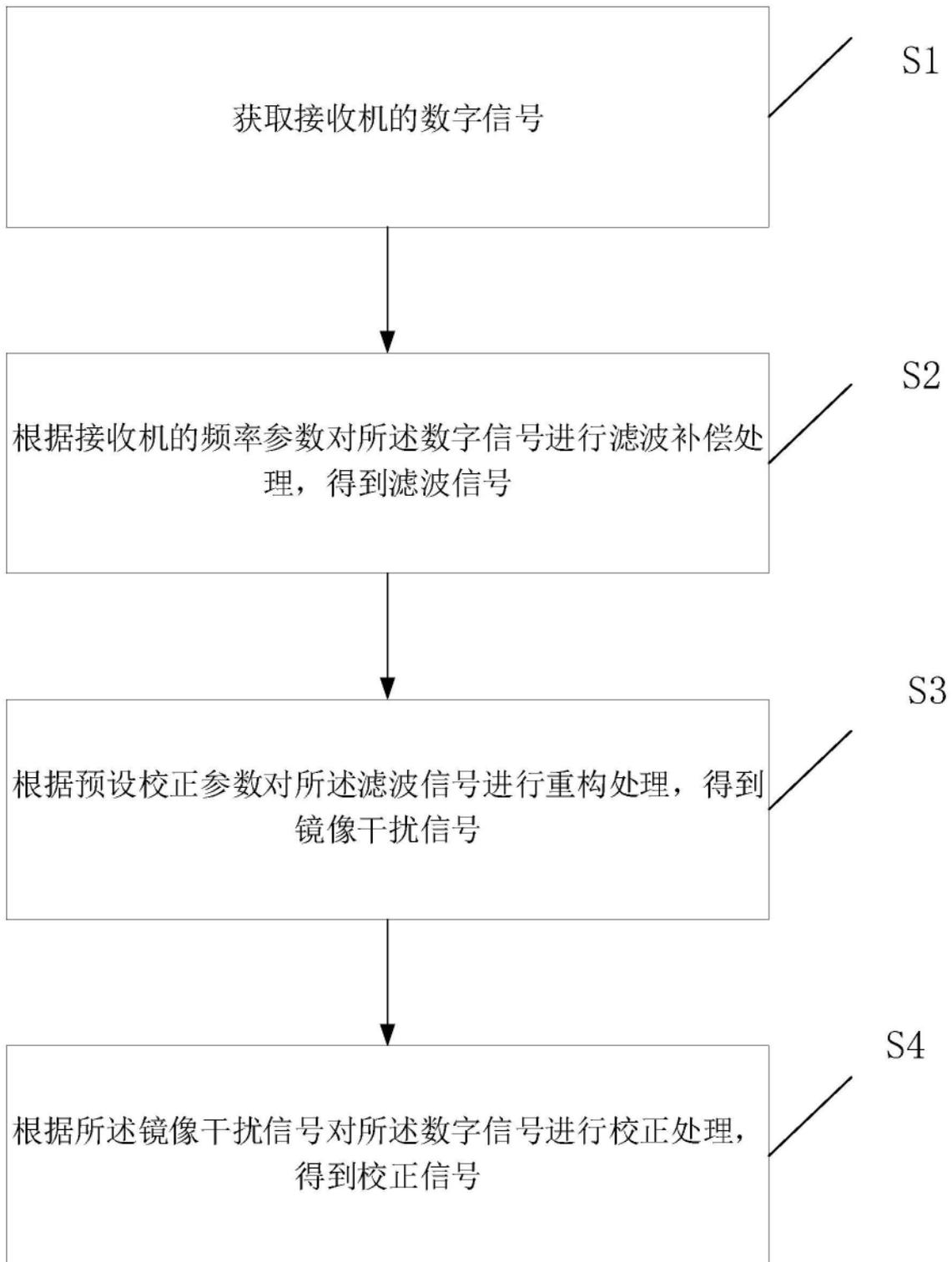


图1

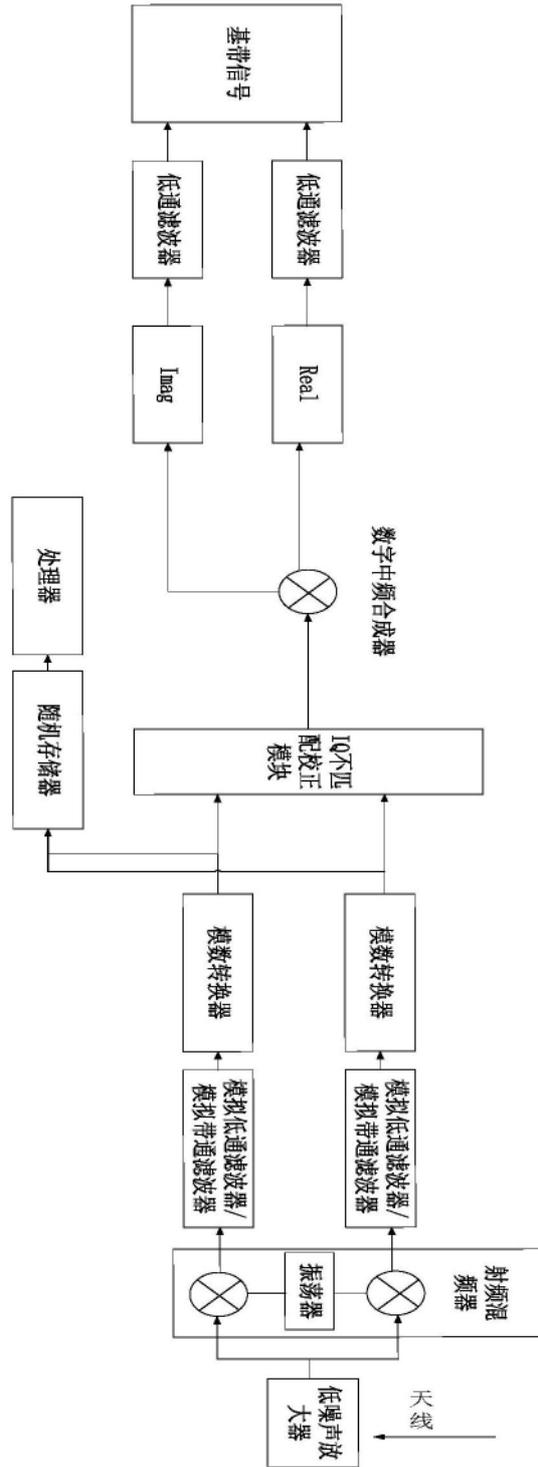


图2



图3

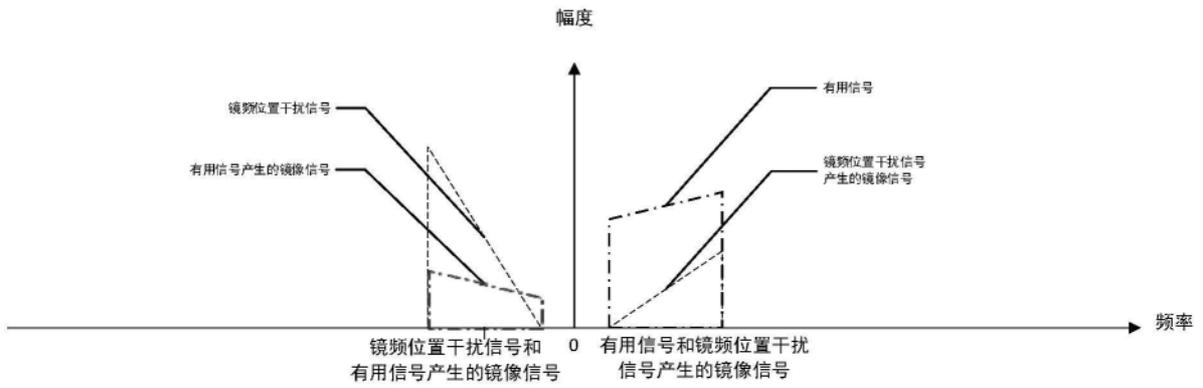


图4

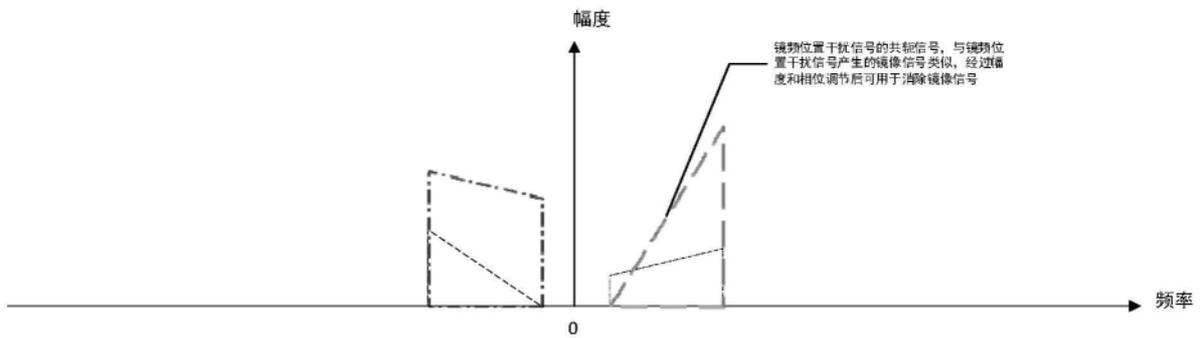


图5

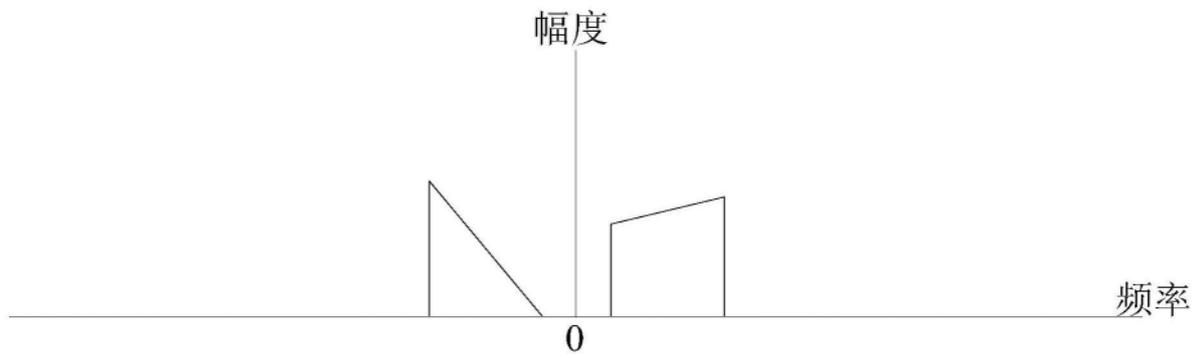


图6

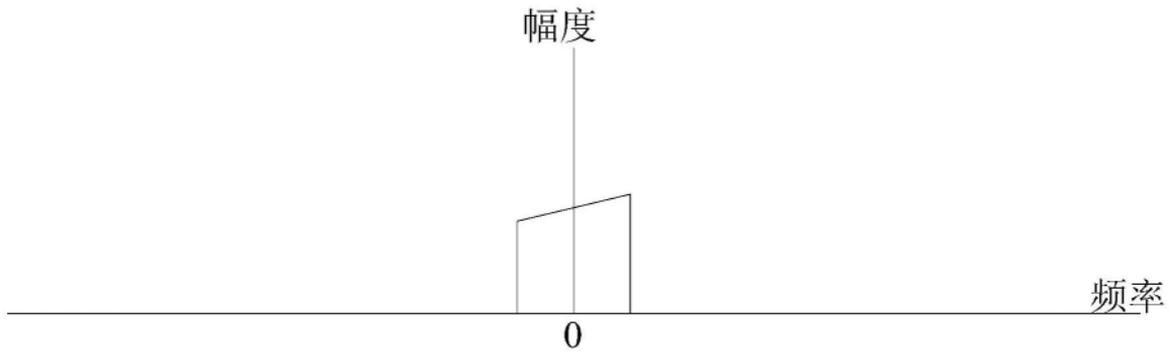


图7

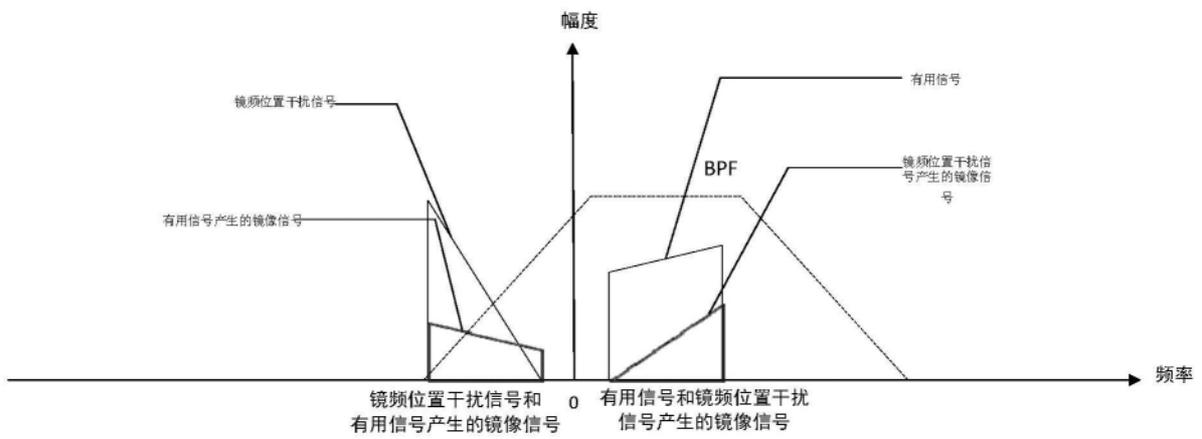


图8

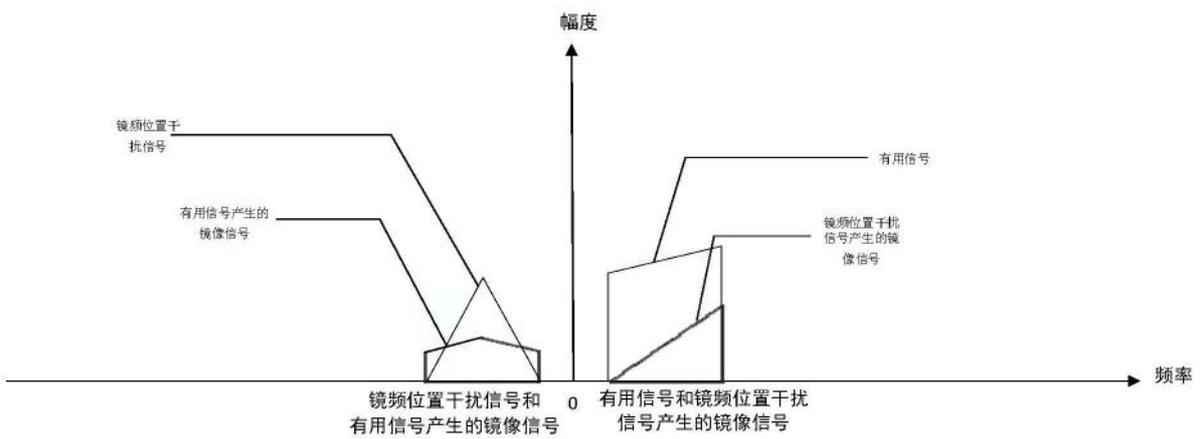


图9

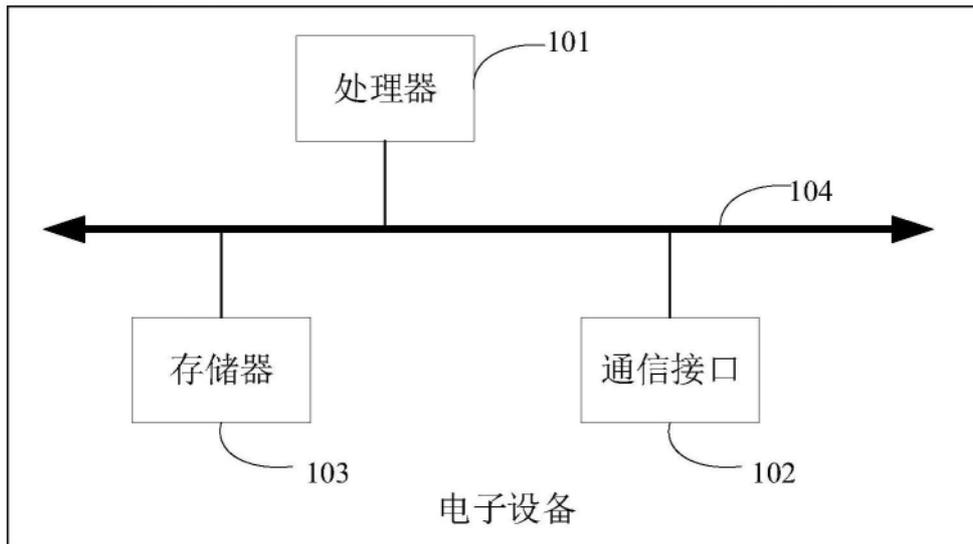


图10