



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107911099 A

(43)申请公布日 2018.04.13

(21)申请号 201711442108.6

(22)申请日 2017.12.27

(71)申请人 南京天际易达通信技术有限公司
地址 210000 江苏省南京市高新开发区惠达路6号北斗大厦2楼212-9室

(72)发明人 李志强 聂晟昱 孙健俊

(74)专利代理机构 深圳市威世博知识产权代理
事务所(普通合伙) 44280
代理人 李庆波

(51) Int. Cl.
H03H 17/02(2006.01)

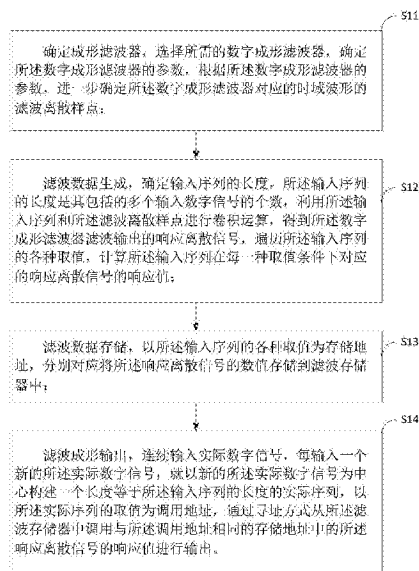
权利要求书4页 说明书12页 附图4页

(54)发明名称

一种数字成形滤波方法及滤波装置

(57)摘要

本发明公开了一种数字成形滤波方法,属于通信技术领域。该方法包括步骤确定成形滤波器、滤波数据生成、滤波数据存储和滤波成形输出,主要是先通过确定成形滤波器和滤波数据生成,得到输入序列在各种取值条件下经过成形滤波后的输出值,然后通过滤波数据存储将这些输出值进行存储,当有实际序列输入时则通过寻址方式找到对应的输出值进行输出,从而可以减少成形滤波的计算复杂度、减少硬件计算资源以及提高输出效率。本发明还公开了一种数字成形滤波装置。



1. 一种数字成形滤波方法,其特征在于,包括以下步骤:

确定成形滤波器,选择所需的数字成形滤波器,确定所述数字成形滤波器的参数,根据所述数字成形滤波器的参数,进一步确定所述数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点;

滤波数据生成,确定输入序列的长度,所述输入序列的长度是其包括的多个输入数字信号的个数,利用所述输入序列和所述滤波离散样点进行卷积运算,得到所述数字成形滤波器滤波输出的响应离散信号,遍历所述输入序列的各种取值,计算所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号的响应值;

滤波数据存储,以所述输入序列的各种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号的响应值存储到滤波存储器中;

滤波成形输出,连续输入实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号,就以新的所述实际数字信号为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列,以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用与所述调用地址相同的存储地址中的所述响应离散信号的响应值进行输出。

2. 根据权利要求1所述的数字成形滤波方法,其特征在于,

在所述确定成形滤波器中,所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点选取为:

$$h(m) = \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]}, \quad m \in [-L, L];$$

在所述滤波数据生成中,所述输入数字信号 $X(n)$ 为二进制信号,输入序列是 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$,所述输入序列的长度是 $2L+1$,所述响应离散信号 $Y(n)$ 是:

$$Y(n) = \sum_{m=-L}^L h(m) X(n-m) = \sum_{m=-L}^L \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]} X(n-m), \text{ 遍历所述输入序列有 } 2^{2L+1} \text{ 种取值,}$$

对应计算得到所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值;

在所述滤波数据存储中,以所述输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的 2^{2L+1} 种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值存储到所述滤波器存储器中;

在所述滤波成形输出,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器对应的存储地址中调用所述响应离散信号的响应值进行输出。

3. 根据权利要求2所述的数字成形滤波方法,其特征在于,所述升余弦滚降数字成形滤波器的所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$ 。

4. 根据权利要求1所述的数字成形滤波方法,其特征在于,

在所述确定成形滤波器中,所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述

升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$, 所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的离散样点选取为:

$$h(l) = \frac{\sin(\pi l) \cos(\pi r l)}{\pi l [1 - (2r l)^2]}, \quad l \in [-L, L];$$

对所述离散样点 $h(l)$ 的相邻样点之间进一步均等细分出 P 个滤波插值样点, 得到表示不同相位的滤波离散样点 $h(M)_i$, 即:

$$h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$$

其中, $M \in [-L, L]$, i 表示不同的相位, 且 $i \in [1, P]$, 进一步有:

$$\begin{aligned} h(M)_i &= \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\} \\ &= \{h(i-1-LP), \dots, h(i-1-2P), h(i-1-P), h(i-1), h(i-1+P), h(i-1+2P), \dots, h(i+LP)\}; \end{aligned}$$

在所述滤波数据生成中, 所述输入数字信号 $X(n)$ 为二进制信号, 在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内进行等间隔抽样得到 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$, 表示为 $X(n)_i, i \in [1, P]$, 在与所述输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻的多个输入数字信号中选择同一相位 i 对应的输入符号样点组成输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$, 与同一相位 i 对应的所述滤波离散样点 $h(M)_i$ 进行卷积运算, 得到同一相位 i 对应的响应离散信号 $Y(n)_i$, 即: $Y(n)_i = \sum_{M=-L}^L h(M)_i X(n-M)_i$;

在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内, 有 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$, 基于 $i \in [1, P]$, 遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 有 $2^{2L+1}P$ 种取值, 则对应 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 个响应值;

在所述滤波数据存储中, 以所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 确定 2^{2L+1} 个存储地址, 并且, $i \in [1, P]$, 在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内, 所述输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共 P 个响应离散信号, 由此所述存储器的每一个所述存储地址又进一步对应 P 个子地址, 所述 P 个子地址对应存储响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 的响应值;

在所述滤波成形输出中, 连续输入二进制的实际数字信号, 每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$, 就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$, 以所述实际序列的取值为调用地址, 从所述滤波存储器中寻址找到与所述调用地址相同的所述存储地址中的 P 个子地址, 然后从所述 P 个子地址中依次输出 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 。

5. 根据权利要求4所述的数字成形滤波方法, 其特征在于, 所述升余弦滚降数字成形滤波器的所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$, 所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$, 所述 $P=4$ 或 $P=16$ 。

6. 一种数字成形滤波装置, 其特征在于, 包括:

成形滤波计算器, 将所需的数字成形滤波器对应的时域波形计算得到的滤波离散样点;

输入缓存器, 对输入序列进行数据缓存;

卷积运算器,对所述滤波离散样点和所述输入序列进行卷积运算,遍历所述输入序列的各种取值,对应得到所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号的响应值;

滤波存储器,以所述输入序列的每一种取值为地址对应存储所述响应离散信号的响应值,所述滤波存储器的地址长度等于所述输入序列的长度;

滤波控制器,当实际序列进入所述输入缓存器后,所述滤波控制器以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

7. 根据权利要求6所述的数字成形滤波装置,其特征在于,

所述成形滤波计算器所需的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,计算得到的所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点为:

$$h(m) = \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]}, \quad m \in [-L, L];$$

所述输入缓存器输入二进制的输入数字信号 $X(n)$,缓存的输入序列是 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$,所述输入缓存器存储所述输入序列的长度是 $2L+1$;

所述卷积运算器对所述输入序列和所述滤波离散样点进行卷积运算,得到响应离散信号:

$$Y(n) = \sum_{m=-L}^L h(m) X(n-m) = \sum_{m=-L}^L \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]} X(n-m), \text{ 并且, 遍历所述输入序列有 } 2^{2L+1} \text{ 种}$$

取值,对应得到所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值;

所述滤波存储器在所述滤波控制器控制下,以所述输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的 2^{2L+1} 种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值存储到所述滤波器存储器中;所述输入缓存器在所述滤波控制器控制下,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,所述滤波控制器以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

8. 根据权利要求7所述的数字成形滤波装置,其特征在于,所述成形滤波计算器计算所述升余弦滚降数字成形滤波器选取的参数包括:所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$ 。

9. 根据权利要求6所述的数字成形滤波装置,其特征在于,

所述成形滤波计算器所需的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,计算得到的所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的离散样点选取为:

$$h(l) = \frac{\sin(\pi l) \cos(\pi r l)}{\pi l [1 - (2r l)^2]}, \quad l \in [-L, L];$$

对所述离散样点 $h(1)$ 的相邻样点之间进一步均等细分出 P 个滤波插值样点,得到表示不同相位的滤波离散样点 $h(M)_i$,即:

$$h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$$

其中, $M \in [-L, L]$, i 表示不同的相位,且 $i \in [1, P]$,进一步有:

$$\begin{aligned} h(M)_i &= \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\} \\ &= \{h(i-1-LP), \dots, h(i-1-2P), h(i-1-P), h(i-1), h(i-1+P), h(i-1+2P), \dots, h(i+LP)\}; \end{aligned}$$

所述输入缓存器输入二进制的输入数字信号 $X(n)$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内进行等间隔抽样得到 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$,表示为 $X(n)_i, i \in [1, P]$,在与所述输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻的多个输入数字信号中选择同一相位 i 对应的输入符号样点组成输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$,所述输入缓存器存储所述输入序列的长度是 $2L+1$;

所述卷积运算器对所述输入序列和同一相位 i 对应的所述滤波离散样点 $h(M)_i$ 进行卷积运算,得到同一相位 i 对应的响应离散信号 $Y(n)_i$,即: $Y(n)_i = \sum_{M=-L}^L h(M)_i X(n-M)_i$;并且,在所述

输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,有 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$,基于 $i \in [1, P]$,遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 有 $2^{2L+1}P$ 种取值,则对应 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 个响应值;

所述滤波存储器在所述滤波控制器控制下,以所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 确定 2^{2L+1} 个存储地址,并且, $i \in [1, P]$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,所述输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共 P 个响应离散信号,由此所述滤波存储器的每一个所述存储地址又进一步对应 P 个子地址,所述 P 个子地址对应存储响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 的响应值;

所述输入缓存器在所述滤波控制器控制下,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,从所述滤波存储器中寻址找到与所述调用地址相同的所述存储地址中的 P 个子地址,然后从所述 P 个子地址中依次输出 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 。

10. 根据权利要求9所述的数字成形滤波装置,其特征在于,所述成形滤波计算器计算所述升余弦滚降数字成形滤波器选取的参数包括:所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3, L=2$ 或者 $L=5$;所述 $P=4$ 或 $P=16$ 。

一种数字成形滤波方法及滤波装置

技术领域

[0001] 本发明涉及通信技术领域,尤其涉及一种数字成形滤波方法及滤波装置。

背景技术

[0002] 现代数字通信中,由于基带信号的频谱范围都比较宽,为了让信号在带限的信道中传输,需要在发送端把信号经过成形滤波器进行滤波。

[0003] 现有技术中,通过数字成形滤波器对输入的数字信号进行滤波时需要进行大量的乘法和累加运算,计算量大且消耗硬件资源多,为此需要进行技术改进。

发明内容

[0004] 本发明主要解决的技术问题是提供一种数字成形滤波方法及滤波装置,解决现有技术中的数字成形滤波所需计算量大且消耗硬件计算资源多的问题。

[0005] 为解决上述技术问题,本发明采用的一个技术方案是提供一种数字成形滤波方法,包括以下步骤:确定成形滤波器,选择所需的数字成形滤波器,确定所述数字成形滤波器的参数,根据所述数字成形滤波器的参数,进一步确定所述数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点;滤波数据生成,确定输入序列的长度,所述输入序列的长度是其包括的多个输入数字信号的个数,利用所述输入序列和所述滤波离散样点进行卷积运算,得到所述数字成形滤波器滤波输出的响应离散信号,遍历所述输入序列的各种取值,计算所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号的响应值;滤波数据存储,以所述输入序列的各种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号的响应值存储到滤波存储器中;滤波成形输出,连续输入实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号,就以新的所述实际数字信号为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列,以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用与所述调用地址相同的存储地址中的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0006] 在本发明数字成形滤波方法的另一实施例中,在所述确定成形滤波器中,所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点选取为:

$h(m) = \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]}$, $m \in [-L, L]$;在所述滤波数据生成中,所述

输入数字信号 $X(n)$ 为二进制信号,输入序列是 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$,所述输入序列的长度是 $2L+1$,所述响应离散信号 $Y(n)$ 是:

[0007] $Y(n) = \sum_{m=-L}^L h(m) X(n-m) = \sum_{m=-L}^L \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]} X(n-m)$,遍历所述输入序列有 2^{2L+1} 种

取值,对应计算得到所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值;在所述滤波数据存储中,以所述输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的 2^{2L+1} 种取值为存储地址,分

别对应将所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值存储到所述滤波器存储器中;在所述滤波成形输出,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器对应的存储地址中调用所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0008] 在本发明数字成形滤波方法的另一实施例中,所述升余弦滚降数字成形滤波器的所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$ 。

[0009] 在本发明数字成形滤波方法的另一实施例中,在所述确定成形滤波器中,所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的离散样点选取为:

$$h(l) = \frac{\sin(\pi l) \cos(\pi r l)}{\pi l [1 - (2r l)^2]}, l \in [-L, L];$$

进一步均等细分出 P 个滤波插值样点,得到表示不同相位的滤波离散样点 $h(M)_i$,即: $h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$,其中, $M \in [-L, L]$, i 表示不同的相位,且 $i \in [1, P]$,进一步有:

$$\begin{aligned} [0010] \quad h(M)_i &= \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\} \\ &= \{h(i-1-LP), \dots, h(i-1-2P), h(i-1-P), h(i-1), h(i-1+P), h(i-1+2P), \dots, h(i+1+LP)\}; \end{aligned}$$

[0011] 在所述滤波数据生成中,所述输入数字信号 $X(n)$ 为二进制信号,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内进行等间隔抽样得到 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$,表示为 $X(n)_i, i \in [1, P]$,在与所述输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻的多个输入数字信号中选择同一相位 i 对应的输入符号样点组成输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$,与同一相位 i 对应的所述滤波离散样点 $h(M)_i$ 进行卷积运算,得到同一相位 i 对应的响应离散信号 $Y(n)_i$,即:

$$Y(n)_i = \sum_{M=-L}^L h(M)_i X(n-M)_i;$$

[0012] 在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,有 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$,基于 $i \in [1, P]$,遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 有 $2^{2L+1}P$ 种取值,则对应 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 个响应值;

[0013] 在所述滤波数据存储中,以所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 确定 2^{2L+1} 个存储地址,并且, $i \in [1, P]$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,所述输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共 P 个响应离散信号,由此所述存储器的每一个所述存储地址又进一步对应 P 个子地址,所述 P 个子地址对应存储响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 的响应值;

[0014] 在所述滤波成形输出中,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,从所述滤波存储器中寻址找到与所述调用地址相同的所述存储地址中的 P 个子地址,然后从所述 P 个子地址中依次输出 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 。

[0015] 在本发明数字成形滤波方法的另一实施例中,所述升余弦滚降数字成形滤波器的所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$,所述 $P=4$ 或 $P=16$ 。

[0016] 本发明还提供了一种数字成形滤波装置,包括:成形滤波计算器,将所需的数字成形滤波器对应的时域波形计算得到的滤波离散样点;输入缓存器,对输入序列进行数据缓存;卷积运算器,对所述滤波离散样点和所述输入序列进行卷积运算,遍历所述输入序列的各种取值,对应得到所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号的响应值;滤波存储器,以所述输入序列的每一种取值为地址对应存储所述响应离散信号的响应值,所述滤波存储器的地址长度等于所述输入序列的长度;滤波控制器,当实际序列进入所述输入缓存器后,所述滤波控制器以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0017] 在本发明数字成形滤波装置的另一实施例中,所述成形滤波计算器所需的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,计算得到的所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点为:

$$[0018] \quad h(m) = \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]}, \quad m \in [-L, L];$$

[0019] 所述输入缓存器输入二进制的输入数字信号 $X(n)$,缓存的输入序列是 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$,所述输入缓存器存储所述输入序列的长度是 $2L+1$;所述卷积运算器对所述输入序列和所述滤波离散样点进行卷积运算,得到响应离散信号:

$$[0020] \quad Y(n) = \sum_{m=-L}^L h(m) X(n-m) = \sum_{m=-L}^L \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m [1 - (2r m)^2]} X(n-m),$$
 并且,遍历所述输入序列有

2^{2L+1} 种取值,对应得到所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值;所述滤波存储器在所述滤波控制器控制下,以所述输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的 2^{2L+1} 种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值存储到所述滤波器存储器中;所述输入缓存器在所述滤波控制器控制下,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,所述滤波控制器以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0021] 在本发明数字成形滤波装置的另一实施例中,所述成形滤波计算器计算所述升余弦滚降数字成形滤波器选取的参数包括:所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$ 。

[0022] 在本发明数字成形滤波装置的另一实施例中,所述成形滤波计算器所需的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,计算得到的所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的离散样点选取为:

$$[0023] \quad h(l) = \frac{\sin(\pi l) \cos(\pi r l)}{\pi l \quad 1 - (2rl)^2}, \quad l \in [-L, L];$$

[0024] 对所述离散样点 $h(l)$ 的相邻样点之间进一步均等细分出 P 个滤波插值样点,得到表示不同相位的滤波离散样点 $h(M)_i$,即:

$$[0025] \quad h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$$

[0026] 其中, $M \in [-L, L]$, i 表示不同的相位,且 $i \in [1, P]$,进一步有:

$$h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\} \quad ; \text{所述输入缓存器输入} \\ = \{h(i-1-LP), \dots, h(i-1-2P), h(i-1-P), h(i-1), h(i-1+P), h(i-1+2P), \dots, h(i+LP)\}$$

二进制的输入数字信号 $X(n)$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内进行等间隔抽样得到 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$,表示为 $X(n)_i, i \in [1, P]$,在与所述输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻的多个输入数字信号中选择同一相位 i 对应的输入符号样点组成输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$,所述输入缓存器存储所述输入序列的长度是 $2L+1$;

[0027] 所述卷积运算器对所述输入序列和同一相位 i 对应的所述滤波离散样点 $h(M)_i$ 进行卷积运算,得到同一相位 i 对应的响应离散信号 $Y(n)_i$,即: $Y(n)_i = \sum_{M=-L}^L h(M)_i X(n-M)_i$;并且,

在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,有 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$,基于 $i \in [1, P]$,遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 有 $2^{2L+1}P$ 种取值,则对应 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 个响应值;所述滤波存储器在所述滤波控制器控制下,以所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 确定 2^{2L+1} 个存储地址,并且, $i \in [1, P]$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,所述输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应有 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共 P 个响应离散信号,由此所述滤波存储器的每一个所述存储地址又进一步对应 P 个子地址,所述 P 个子地址对应存储响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 的响应值;所述输入缓存器在所述滤波控制器控制下,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,从所述滤波存储器中寻址找到与所述调用地址相同的所述存储地址中的 P 个子地址,然后从所述 P 个子地址中依次输出 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 。

[0028] 在本发明数字成形滤波装置的另一实施例中,所述成形滤波计算器计算所述升余弦滚降数字成形滤波器选取的参数包括:所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3, L=2$ 或者 $L=5$;所述 $P=4$ 或 $P=16$ 。

[0029] 本发明的有益效果是:本发明提供了一种数字成形滤波方法,属于通信技术领域。该方法包括步骤确定成形滤波器、滤波数据生成、滤波数据存储和滤波成形输出,主要是先通过确定成形滤波器和滤波数据生成,得到输入序列在各种取值条件下经过成形滤波后的输出值,然后通过滤波数据存储将这些输出值进行存储,当有实际序列输入时则通过寻址方式找到对应的输出值进行输出,从而可以减少成形滤波的计算复杂度、减少硬件计算资

源以及提高输出效率。

附图说明

[0030] 图1是根据本发明数字成形滤波方法一实施例的流程图；

[0031] 图2是根据本发明数字成形滤波方法另一实施例中升余弦滚降数字成形滤波器的时域波形示意图；

[0032] 图3是根据本发明数字成形滤波方法另一实施例中升余弦滚降数字成形滤波器的时域波形的滤波离散样点示意图；

[0033] 图4是根据本发明数字成形滤波方法另一实施例中输入数字信号示意图；

[0034] 图5是根据本发明数字成形滤波方法另一实施例中升余弦滚降数字成形滤波器的时域波形均等内插滤波样点示意图；

[0035] 图6是在图5所示实施例基础上升余弦滚降数字成形滤波器的滤波离散样点示意图；

[0036] 图7是根据本发明数字成形滤波方法另一实施例中输入数字信号抽样示意图；

[0037] 图8是根据本发明数字成形滤波装置一实施例组成图。

具体实施方式

[0038] 为了便于理解本发明，下面结合附图和具体实施例，对本发明进行更详细的说明。附图中给出了本发明的较佳的实施例。但是，本发明可以以许多不同的形式来实现，并不限于本说明书所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使对本发明的公开内容的理解更加透彻全面。

[0039] 需要说明的是，除非另有定义，本说明书所使用的所有的技术和科学术语与属于本发明的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。在本发明的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是用于限制本发明。本说明书所使用的术语“和/或”包括一个或多个相关的所列项目的任意的和所有的组合。

[0040] 图1显示了本发明数字成形滤波方法一实施例的流程图。在图1中，包括：步骤S11：确定成形滤波器，选择所需的数字成形滤波器，确定所述数字成形滤波器的参数，根据所述数字成形滤波器的参数，进一步确定所述数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点。

[0041] 在该步骤中，首先需要确定数字成形滤波器的类型以及在类型确定之后进一步确定该数字成形滤波器的参数。对于通信技术领域而言，数字成形滤波器的类型的选择与需要传输的信号有关，例如传输数字图像信号时可以选择高斯数字成形滤波器，传输数字语音信号或者一般的数字信号时可以选择余弦滚降数字成形滤波器，如果在接收端还要进行匹配滤波时，在发送端还可以选择平方根余弦滚降数字成形滤波器进行成形滤波。

[0042] 优选的，本发明实施例选择的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器。升余弦滚降数字成形滤波器是由升余弦滚降成形滤波器离散化得到，用于对数字信号0或1进行数字成形滤波，能够消除码间串扰。对于升余弦滚降成形滤波器，其频域响应为：

$$[0043] \quad H(f) = \begin{cases} 1, & |f| \leq \frac{1-r}{2T} \\ \cos^2 \frac{\pi}{4} \frac{2T|f|+r-1}{r}, & \frac{1-r}{2T} \leq |f| \leq \frac{1+r}{2T} \\ 0, & |f| \geq \frac{1+r}{2T} \end{cases}$$

[0044] 其中, r 为滚降系数,取值范围是: $0 < r < 1$, T 为输入的数字信号0或1的符号周期。升余弦滚降成形滤波器的时域冲击响应(即时域波形)为:

$$[0045] \quad h(t) = \frac{\sin(\pi t/T)}{\pi t/T} \times \frac{\cos(\pi r t/T)}{1 - \left(\frac{2r t}{T}\right)^2}$$

[0046] 该时域冲击响应的波形示意图如图2所示。

[0047] 当把升余弦滚降成形滤波器的时域波形进行离散化处理,就可以得到升余弦滚

降数字成形滤波器,如图3所示,其中 $h(m) = \frac{\sin(\pi m)}{\pi m} \frac{\cos(\pi r m)}{1 - (2r m)^2}$,这是 $h(t)$ 在选取 $t = mT$ 时

进行离散化得到的,并且还对 m 的取值范围也进行了限定,相当于对 $h(t)$ 进行了截短处理,确定 $m \in [-L, L]$,其中 L 是所述升余弦滚降数字成形滤波器的阶数, $L \geq 1$ 。因此,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,所述升余弦滚降数字

成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点选取为: $h(m) = \frac{\sin(\pi m)}{\pi m} \frac{\cos(\pi r m)}{1 - (2r m)^2}$, $m \in [-L,$

$L]$;优选的,所述滚降系数 $r = 0.25$ 或者 $r = 0.5$,所述阶数 $L = 3$ 、 $L = 2$ 或者 $L = 5$ 。图3显示了 $r = 0.25$ 和 $L = 2$ 的情况。

[0048] 步骤S11可以预先通过仿真计算得到,例如通过使用matlab仿真软件,在输入各种参数后,计算出对应的升余弦滚降数字成形滤波器在各个离散样点的取值。这样可以很方便的得到所需的数字成形滤波器的对应的时域波形的滤波离散样点。

[0049] 图1中,进一步的,步骤S12:滤波数据生成,确定输入序列的长度,所述输入序列的长度是其包括的多个输入数字信号的个数,利用所述输入序列和所述滤波离散样点进行卷积运算,得到所述数字成形滤波器滤波输出的响应离散信号,遍历所述输入序列的各种取值,计算所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号的响应值。

[0050] 优选的,输入序列是指由多个输入的数字信号组成的序列,而输入序列的长度是其包括的多个输入数字信号的个数。例如,如图4所示,包括一段输入序列“1001101”,该输入序列的长度是7,其中,用正极性(如+5V)且符号周期为 T 的方波F1来表示数字信号1,用负极性(如-5V)且符号周期为 T 的方波F2来表示数字信号0。可以看出,在图4中的一个符号周期内,无论是数字信号1还是数字信号0,其取值是相同的,因此在该符号周期内取一个样点即可进行成形滤波。

[0051] 这里,我们用 $X(n)$ 表示输入数字信号,且优选为所述输入数字信号 $X(n)$ 为二进制信号,输入序列表示为 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$,所述输入序列的长度是 $2L+1$ 。

[0052] 根据数字滤波计算方法,滤波输出的结果就是所述输入序列和步骤S11中的所述滤波离散样点进行卷积运算的结果,该结果称之为响应离散信号 $Y(n)$,表达式是:

$$[0053] \quad Y(n) = \sum_{m=-L}^L h(m)X(n-m) = \sum_{m=-L}^L \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi rm)}{\pi m \cdot 1 - (2rm)^2} X(n-m)$$

[0054] 可以看出,升余弦滚降数字成形滤波器的阶数 L 也决定了输入序列的长度。进一步的,由于输入数字信号 $X(n)$ 为二进制信号,遍历输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的各种取值,则有 2^{2L+1} 种取值,对于每一种取值条件,都需要计算所述输入序列在该取值条件下对应的响应离散信号的响应值。

[0055] 例如,当 $L=2$ 时,该升余弦滚降数字成形滤波器的滤波离散样点的个数为5个,每一个响应离散信号 $Y(n)$ 输出需要对应的输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻一共有5个输入数字信号,即确定输入序列和输入序列的长度,这5个数字信号对应应有 2^L 个组合,即 $2^5=32$ 种组合,预先可以遍历这32种组合,即“00000”、“00001”、“00010”、“00011”、 \dots 、“11110”、“11111”这32种组合,把每一种组合都分别与该升余弦滚降数字成形滤波器的5个滤波离散样点进行运算,对应得到32个响应离散信号 $Y(n)$ 的响应值。

[0056] 图1中,进一步的,步骤S13:滤波数据存储,以所述输入序列的各种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号的响应值存储到滤波存储器中。

[0057] 承接步骤S12中的上述说明,就是以所述输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的 2^{2L+1} 种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值存储到所述滤波器存储器中。在上述的举例中,这样就可以在输入5个输入数字信号时,对于其中的任何一种情况都可以对应找到 $Y(n)$ 值,即响应离散信号 $Y(n)$ 的响应值,把每一种组合情况作为存储地址,而该地址中存储有对应的 $Y(n)$ 值,因此后续可以通过查找地址的方式快速而直接的对应输出 $Y(n)$,不需要再实时进行乘法和累加运算而得到 $Y(n)$,由此节省硬件计算资源并提高运算速度。

[0058] 图1中,进一步的,步骤S14:滤波成形输出,连续输入实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号,就以新的所述实际数字信号为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列,以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0059] 优选的,在所述滤波成形输出中,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0060] 由此可见,通过图1所示数字成形滤波方法,把数字成形滤波中复杂的卷积运算(包括乘法和累加运算)通过预先完成计算结果并加以存储,在实际进行滤波时则以寻址方式将计算结果进行调用输出。这种方式避免了现有技术中每输入一个数字信号都要进行一次复杂的滤波卷积运算才能产生输出响应结果,而是每输入一个数字信号则进行一次寻址调用操作即可输出响应结果,所需的就需要预先遍历有限长度的输入序列的各种取值,计算出这些取值对应的滤波响应值并进行存储。因此,图1所示本发明实施例对成形滤波运算所需要的硬件计算能力没有过高要求,不必进行实时的成形滤波运算,因此对处理器的

处理速度、乘法器的数据长度等硬件计算资源没有过高要求,能够省去对硬件计算资源的消耗。另外,通过寻址调用的方式输出响应结果,能够保证输出的准确性和快速性,满足高速率的数字成形滤波需求。

[0061] 进一步的,由上述对图4的说明中可知,在输入数字信号的一个符号周期内取一个样点即可进行成形滤波,这种方式在滤波输出的细节上不够精细,不能细节化的得到滤波输出的多个样点,在后续对成形滤波输出的结果进行进一步数模转换时会造成一定的失真,为此,可以进一步提供成形滤波输出样点的精细度,以下进一步说明。结合图1中的步骤S11,进一步的,在所述确定成形滤波器中,所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的离散样点选取为:

$$[0062] \quad h(l) = \frac{\sin(\pi l) \cos(\pi r l)}{\pi l [1 - (2r l)^2]}, \quad l \in [-L, L];$$

[0063] 对所述离散样点 $h(l)$ 的相邻样点之间进一步均等细分出 P 个滤波插值样点,得到表示不同相位的滤波离散样点 $h(M)_i$,即:

$$[0064] \quad h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$$

[0065] 其中, $M \in [-L, L]$, i 表示不同的相位,且 $i \in [1, P]$,进一步有:

$$[0066] \quad \begin{aligned} h(M)_i &= \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\} \\ &= \{h(i-1-LP), \dots, h(i-1-2P), h(i-1-P), h(i-1), h(i-1+P), h(i-1+2P), \dots, h(i+LP)\} \end{aligned}$$

[0067] 对此举例说明,图5显示了在图3基础上对所述升余弦滚降数字成形滤波器均等内插滤波插值样点的示意图,图6则显示了滤波离散样点 $h(M)_i$ 的示意图。这里 $P=4$, $L=2$,则 $M \in [-2, 2]$, $i \in [1, 4]$,将图5和图6对比,进一步有:

[0068] 图6中 $h(M)_1 = \{h(-2)_1, h(-1)_1, h(0)_1, h(1)_1, h(2)_1\}$ 对应的样点值是图5中的 $h(-8)$ 、 $h(-4)$ 、 $h(0)$ 、 $h(4)$ 、 $h(8)$,在取值上有 $h(-2)_1 = h(-8)$, $h(-1)_1 = h(-4)$, $h(0)_1 = h(0)$, $h(1)_1 = h(4)$, $h(2)_1 = h(8)$ 。同理,图6中 $h(M)_2 = \{h(-2)_2, h(-1)_2, h(0)_2, h(1)_2, h(2)_2\}$ 对应的样点值是图5中的 $h(-7)$ 、 $h(-3)$ 、 $h(1)$ 、 $h(5)$ 、 $h(9)$,即 $h(-2)_2 = h(-7)$, $h(-1)_2 = h(-3)$, $h(0)_2 = h(1)$, $h(1)_2 = h(5)$, $h(2)_2 = h(9)$ 。以同理可以得到 $h(M)_3$ 和 $h(M)_4$,此处不再赘述。

[0069] 进一步的,在所述滤波数据生成中,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内进行等间隔抽样,即在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内等间隔抽样得到 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$,表示为 $X(n)_i, i \in [1, P]$,这些样点取值相同,但相位不同。进一步举例说明,如图7所示,在 $X(n)$ 的一个符号周期内有4个不同相位的输入符号样点 $X(n)_i$,即 $X(n)_1, X(n)_2, X(n)_3, X(n)_4$,以及在 $X(n-1)$ 的一个符号周期内也有4个不同相位的输入符号样点 $X(n-1)_i$,即 $X(n-1)_1, X(n-1)_2, X(n-1)_3, X(n-1)_4$,其它输入数字信号的处理与此相同,不再赘述。

[0070] 在与所述输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻的输入数字信号中选择同一相位 i 对应的输入符号样点组成输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 。这里的 P 个不同相位的数值与前述离散样点 $h(l)$ 的相邻样点之间进一步均等细分出 P 个滤波插值样点是对应取值相等的,就是这两处的 P 取值相等。然后,将输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 与同一相位 i 对应的所述滤波离散样点 $h(M)_i$ 进行卷积运算,得

到同一相位 i 对应的响应离散信号 $Y(n)_i$,即: $Y(n)_i = \sum_{M=-L}^L h(M)_i X(n-M)_i$ 。由此可见,当 i 取不同值时,表明该输入序列是在与 $X(n)$ 前后相邻的输入数字信号中的同一相位 i 所对应的输入符号样点组成的输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 与滤波器对应的同一相位 i 的滤波离散样点 $h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$ 中的各个滤波器样值点进行卷积运算。因此,在 $X(n)$ 的一个符号周期内对应输出 $Y(n)_i$ 的个数是与 i 的取值范围有关,即当 $i \in [1, P]$ 时,则对应应有 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 输出,由此提高了滤波输出值的间隔密度,使得滤波输出的离散响应信号更加精细化。

[0071] 进一步的,当 i 取某一个确定值时,遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 有 2^{2L+1} 种取值,对应所述响应离散信号 $Y(n)_i$ 对应也有 2^{2L+1} 种取值;在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,由于有 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$,则对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$,其中任意一个响应离散信号 $Y(n)_i$ 有 2^{2L+1} 种取值,则 P 个不同相位的符号样点 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 种取值。因此,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,有 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$,基于 $i \in [1, P]$,遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 共有 $2^{2L+1}P$ 种取值,则对应 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 种响应值。

[0072] 优选的,在所述滤波数据存储中,以所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 确定 2^{2L+1} 个存储地址,并且, $i \in [1, P]$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,所述输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应应有 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共 P 个响应离散信号,由此所述存储器的每一个所述存储地址又进一步对应 P 个子地址,所述 P 个子地址对应存储响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 的响应值。

[0073] 优选的,在所述滤波成形输出中,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,从所述滤波存储器中寻址找到与所述调用地址相同的所述存储地址中的 P 个子地址,然后从所述 P 个子地址中依次输出 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 。

[0074] 优选的,上述升余弦滚降数字成形滤波器的滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3, L=2$ 或者 $L=5r=0.25$,所述 $P=4$ 或 $P=16$ 。

[0075] 由此可见,通过在每一个输入数字信号进行抽样,以及对成形滤波进行对应的等间隔选取滤波插值样点,得到更为细化的滤波离散样点,从而使得滤波输出也更加细化,即每一个输入数字信号输入时可以对应输出表示不同相位的多个响应离散信号的响应值,并且这些响应值可以通过在同一个存储地址对应多个子地址的方式进行存储,使得存储空间的扩充只是倍数级增加(如 P 倍),而不是呈现出指数级增加(如 2^P),有利于节省存储空间,同时也确保了与相位密切相关的对应关系。

[0076] 基于同一构思,本发明还提供了一种数字成形滤波装置。如图8所示,该数字成形滤波装置包括成形滤波计算器11,将所需的数字成形滤波器对应的时域波形计算得到的滤

波离散样点;输入缓存器12,对输入序列进行数据缓存;卷积运算器13,对所述滤波离散样点和所述输入序列进行卷积运算,遍历所述输入序列的各种取值,对应得到所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号的响应值;滤波存储器14,以所述输入序列的每一种取值为地址对应存储所述响应离散信号的响应值,所述滤波存储器的地址长度等于所述输入序列的长度;滤波控制器15,当实际序列进入所述输入缓存器后,所述滤波控制器以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0077] 图8所示数字成形滤波装置的工作原理与图1所示数字成形滤波方法基于同一构思,相关内容参考对图1的说明,这里不再赘述。

[0078] 优选的,所述成形滤波计算器11所需的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,计算得到的所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的滤波离散样点为:

$$[0079] \quad h(m) = \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m \cdot 1 - (2r m)^2}, \quad m \in [-L, L]。$$

[0080] 优选的,所述输入缓存器12输入二进制的输入数字信号 $X(n)$,缓存的输入序列是 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$,所述输入缓存器12存储所述输入序列的长度是 $2L+1$;

[0081] 优选的,所述卷积运算器13对所述输入序列和所述滤波离散样点进行卷积运算,得到响应离散信号:

$$[0082] \quad Y(n) = \sum_{m=-L}^L h(m)X(n-m) = \sum_{m=-L}^L \frac{\sin(\pi m) \cos(\pi r m)}{\pi m \cdot 1 - (2r m)^2} X(n-m), \text{ 并且, 遍历所述输入序列有}$$

2^{2L+1} 种取值,对应得到所述输入序列在每一种取值条件下对应的响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值;

[0083] 优选的,所述滤波存储器14在所述滤波控制器15控制下,以所述输入序列 $\{X(-L+n), \dots, X(-1+n), X(n), X(1+n), \dots, X(L+n)\}$ 的 2^{2L+1} 种取值为存储地址,分别对应将所述响应离散信号 $Y(n)$ 的 2^{2L+1} 个响应值存储到所述滤波器存储器14中;所述输入缓存器12在所述滤波控制器控制15下,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,所述滤波控制器15以所述实际序列的取值为调用地址,通过寻址方式从所述滤波存储器14中调用所述调用地址对应的所述响应离散信号的响应值进行输出。

[0084] 优选的,所述成形滤波计算器11计算所述升余弦滚降数字成形滤波器选取的参数包括:所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3$ 、 $L=2$ 或者 $L=5$ 。

[0085] 进一步优选的,所述成形滤波计算器11所需的所述数字成形滤波器是升余弦滚降数字成形滤波器,所述升余弦滚降数字成形滤波器的参数包括滚降系数 r 和阶数 L , $0 < r < 1$, $L \geq 1$,计算得到的所述升余弦滚降数字成形滤波器对应的时域波形的离散样点选取为:

$$[0086] \quad h(l) = \frac{\sin(\pi l) \cos(\pi r l)}{\pi l \cdot 1 - (2r l)^2}, \quad l \in [-L, L];$$

[0087] 对所述离散样点 $h(1)$ 的相邻样点之间进一步均等细分出 P 个滤波插值样点,得到表示不同相位的滤波离散样点 $h(M)_i$,即:

[0088] $h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$

[0089] 其中, $M \in [-L, L]$, i 表示不同的相位,且 $i \in [1, P]$,进一步有:

[0090] $h(M)_i = \{h(-L)_i, \dots, h(-1)_i, h(0)_i, h(1)_i, \dots, h(L)_i\}$
 $= \{h(i-1-LP), \dots, h(i-1-2P), h(i-1-P), h(i-1), h(i-1+P), h(i-1+2P), \dots, h(i+LP)\}$;

[0091] 进一步优选的,所述输入缓存器12输入二进制的输入数字信号 $X(n)$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内进行等间隔抽样得到 P 个不同相位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$,表示为 $X(n)_i, i \in [1, P]$,在与所述输入数字信号 $X(n)$ 前后相邻的多个输入数字信号中选择同一相位 i 对应的输入符号样点组成输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$,所述输入缓存器存储所述输入序列的长度是 $2L+1$ 。

[0092] 进一步优选的,所述卷积运算器13对所述输入序列和同一相位 i 对应的所述滤波离散样点 $h(M)_i$ 进行卷积运算,得到同一相位 i 对应的响应离散信号 $Y(n)_i$,即:

$Y(n)_i = \sum_{M=-L}^L h(M)_i X(n-M)_i$;并且,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,有 P 个不同相

位的输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应输出 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$,基于 $i \in [1, P]$,遍历所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 有 $2^{2L+1}P$ 种取值,则对应 P 个不同相位的响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共有 $2^{2L+1}P$ 个响应值。

[0093] 进一步优选的,所述滤波存储器14在所述滤波控制器15控制下,以所述输入序列 $\{X(-L+n)_i, \dots, X(-1+n)_i, X(n)_i, X(1+n)_i, \dots, X(L+n)_i\}$ 确定 2^{2L+1} 个存储地址,并且, $i \in [1, P]$,在所述输入数字信号 $X(n)$ 的一个符号周期内,所述输入符号样点 $X(n)_1, X(n)_2, \dots, X(n)_P$ 对应有 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 共 P 个响应离散信号,由此所述滤波存储器14的每一个所述存储地址又进一步对应 P 个子地址,所述 P 个子地址对应存储响应离散信号 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 的响应值。

[0094] 进一步优选的,所述输入缓存器12在所述滤波控制器15控制下,连续输入二进制的实际数字信号,每输入一个新的所述实际数字信号 $F(n)$,就以新的所述实际数字信号 $F(n)$ 为中心构建一个长度等于所述输入序列的长度的实际序列 $\{F(-L+n), \dots, F(-1+n), F(n), F(1+n), \dots, F(L+n)\}$,以所述实际序列的取值为调用地址,从所述滤波存储器14中寻址找到与所述调用地址相同的所述存储地址中的 P 个子地址,然后从所述 P 个子地址中依次输出 $Y(n)_1, Y(n)_2, \dots, Y(n)_P$ 。

[0095] 进一步优选的,所述成形滤波计算器11计算所述升余弦滚降数字成形滤波器选取的参数包括:所述滚降系数 $r=0.25$ 或者 $r=0.5$,所述阶数 $L=3, L=2$ 或者 $L=5$;所述 $P=4$ 或 $P=16$ 。

[0096] 由此可见,本发明提供了一种数字成形滤波方法和装置,属于通信技术领域。该方法包括步骤确定成形滤波器、滤波数据生成、滤波数据存储和滤波成形输出,主要是先通过确定成形滤波器和滤波数据生成,得到输入序列在各种取值条件下经过成形滤波后的输出值,然后通过滤波数据存储将这些输出值进行存储,当有实际序列输入时则通过寻址方式找到对应的输出值进行输出,从而可以减少成形滤波的计算复杂度、减少硬件计算资源以

及提高输出效率。

[0097] 以上所述仅为本发明的实施例,并非因此限制本发明的专利范围,凡是利用本发明说明书及附图内容所作的等效结构变换,或直接或间接运用在其他相关的技术领域,均同理包括在本发明的专利保护范围内。

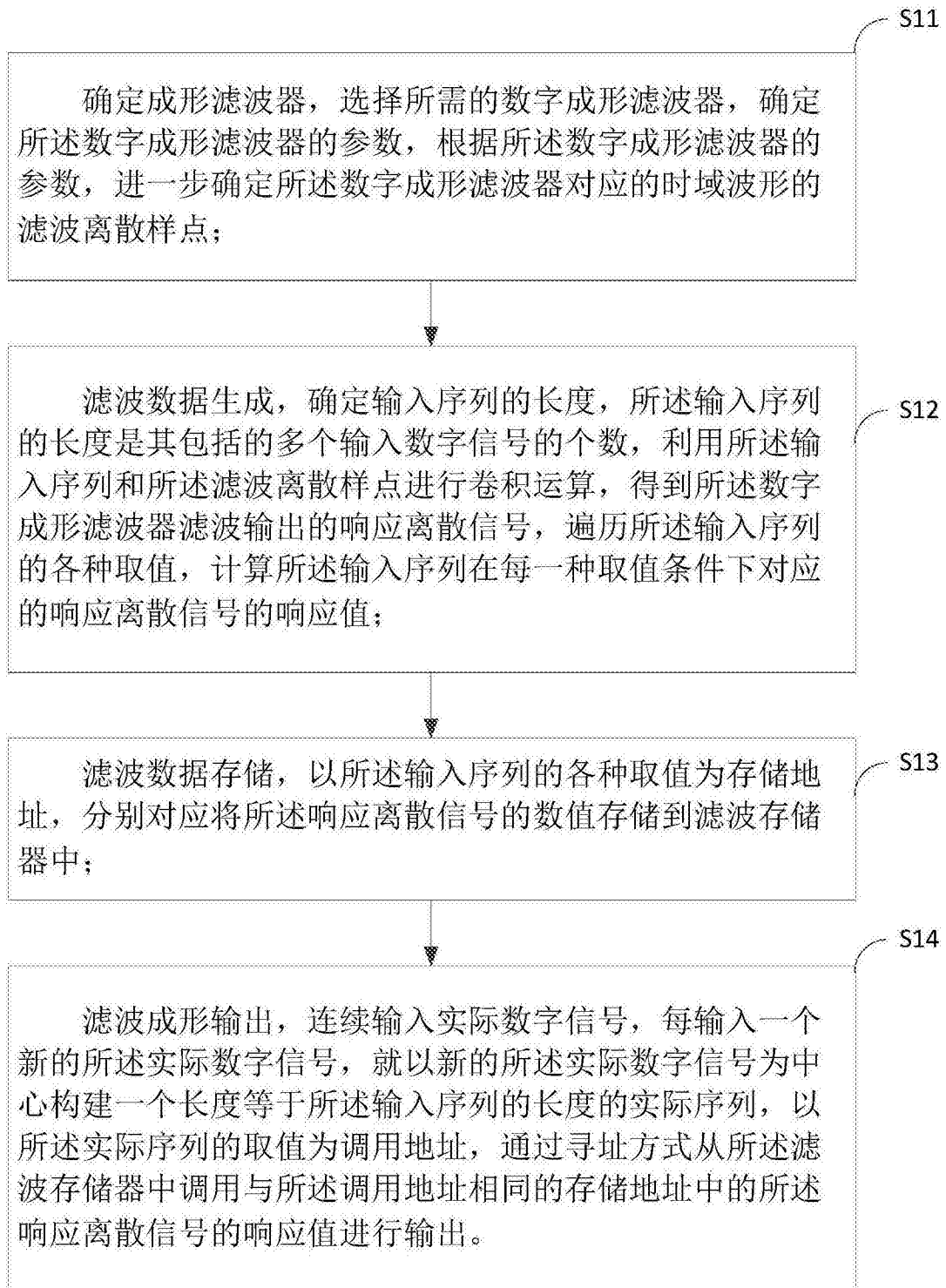


图1

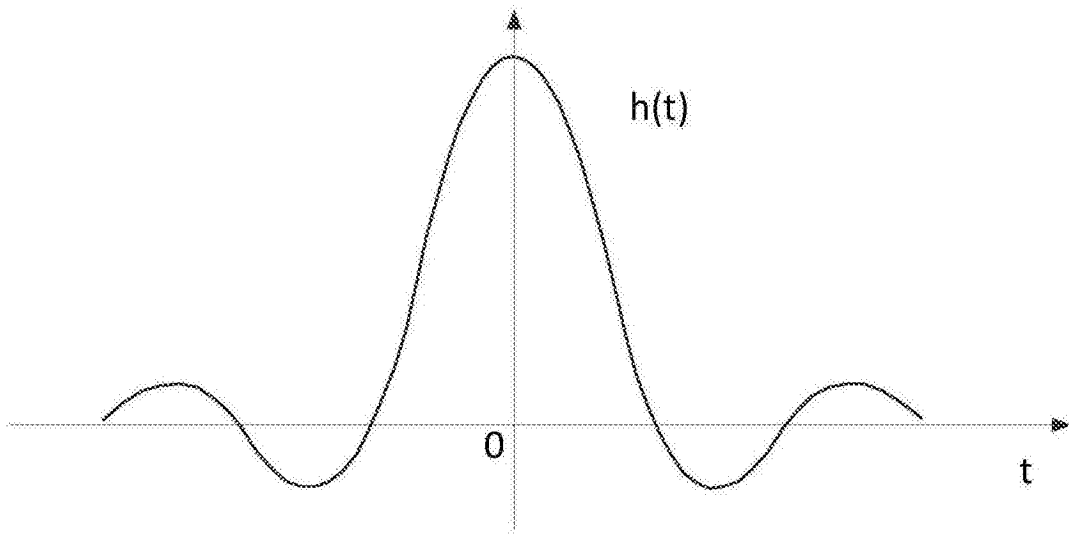


图2

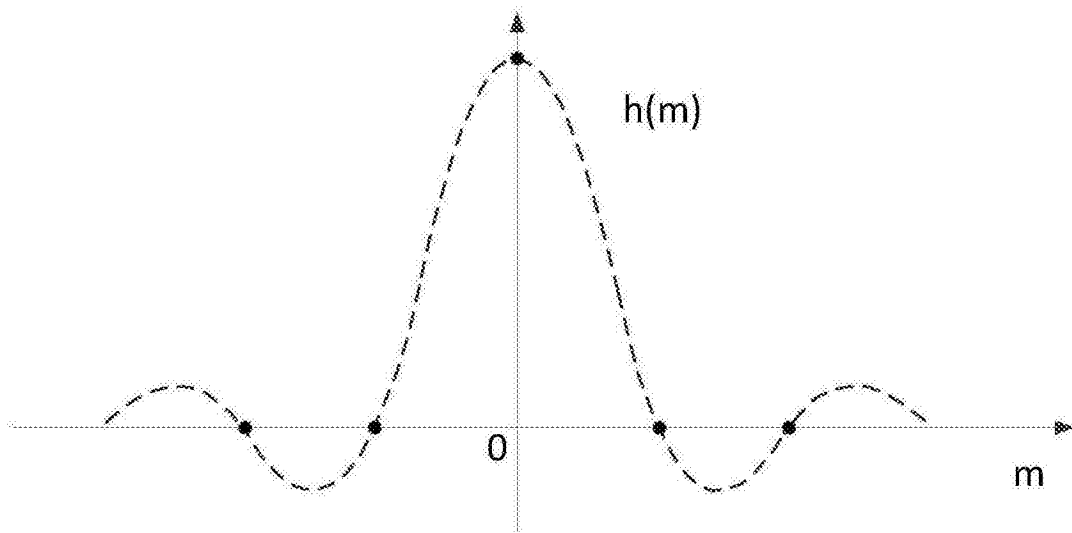


图3

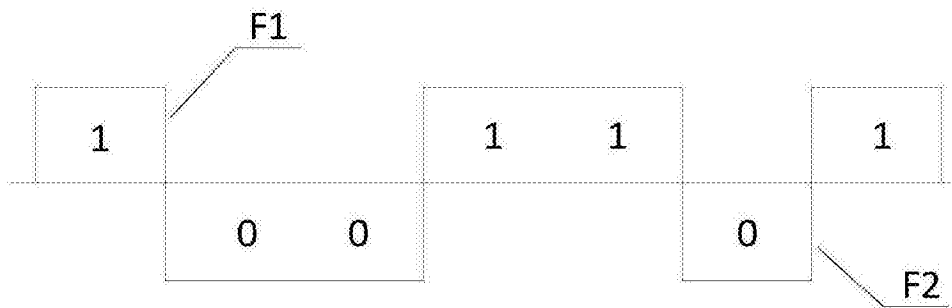


图4

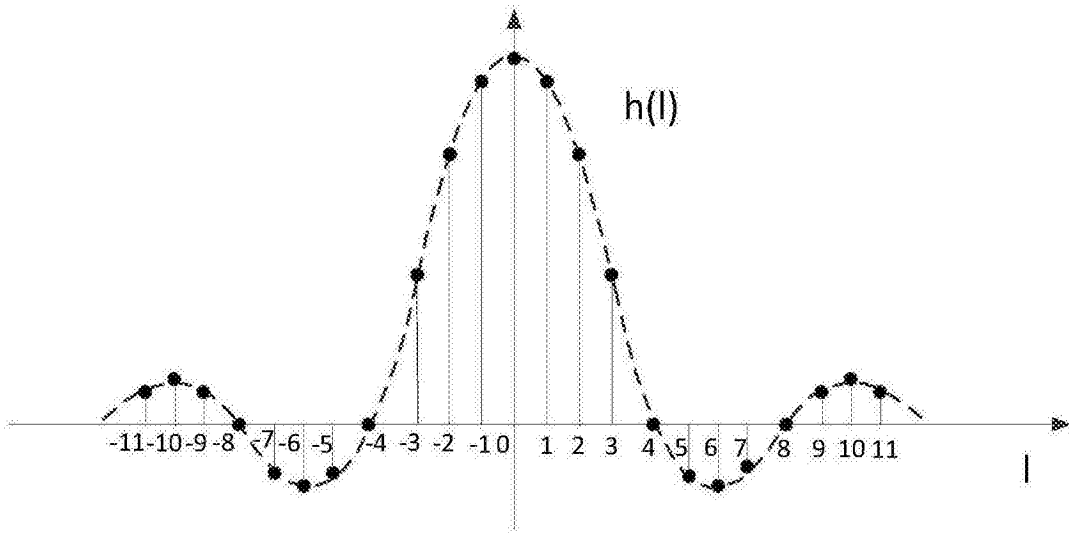


图5

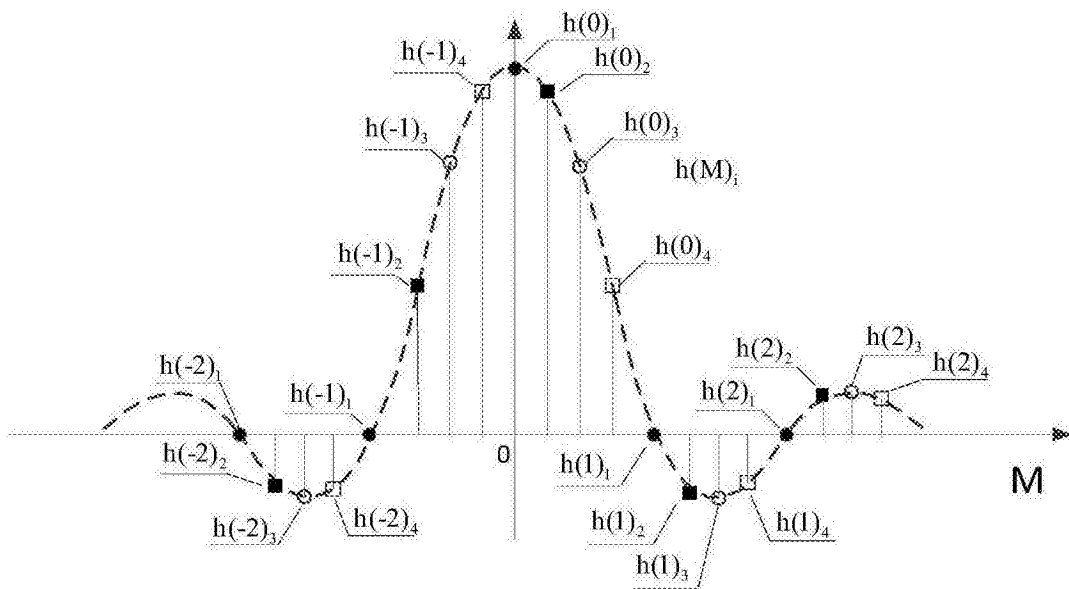


图6

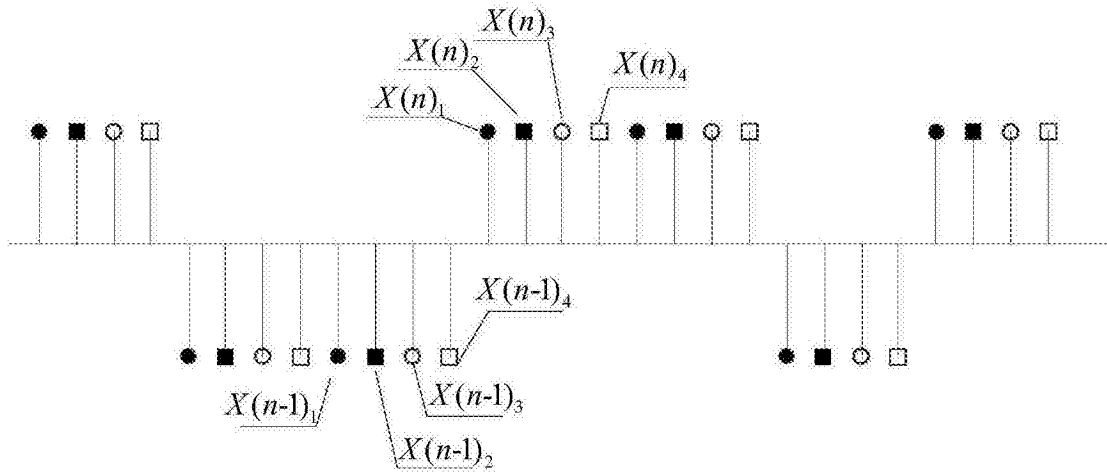


图7

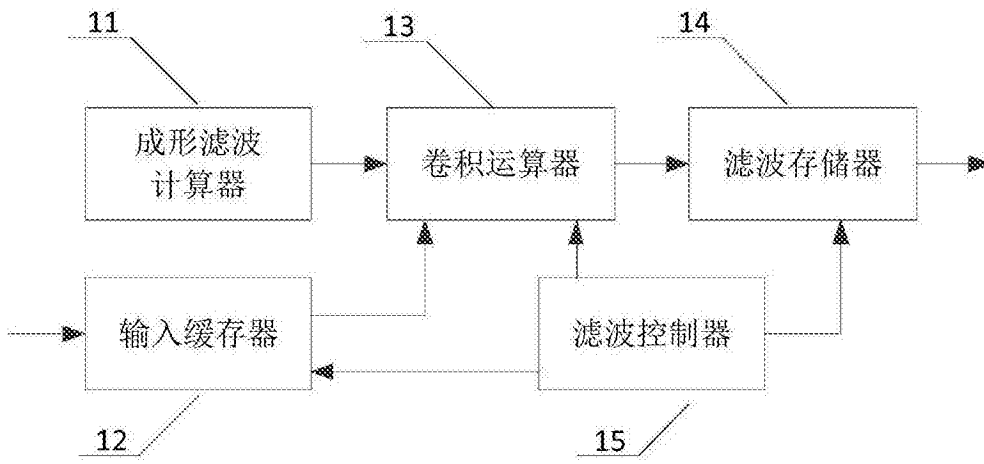


图8