



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 105472858 A

(43) 申请公布日 2016. 04. 06

(21) 申请号 201510843561. 2

(22) 申请日 2015. 11. 26

(71) 申请人 中国科学院上海应用物理研究所
地址 201800 上海市嘉定区嘉罗公路 2019 号

(72) 发明人 袁启兵 谷鸣 童金 刘永芳

(74) 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司
31002
代理人 邓琪 余中燕

(51) Int. Cl.
H05H 7/02(2006. 01)

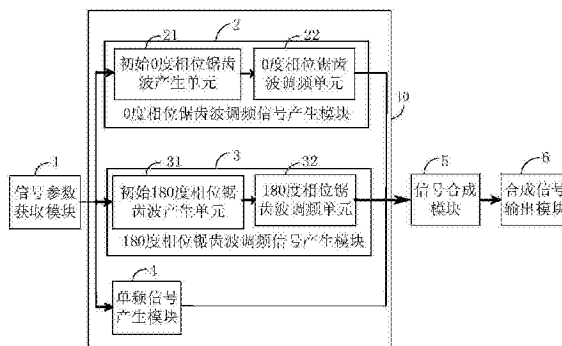
权利要求书1页 说明书4页 附图1页

(54) 发明名称

一种多路频率信号的产生及合成装置

(57) 摘要

本发明涉及一种多路频率信号产生及合成装置,其包括:一信号参数获取模块,其根据外围输入的指令获取对应的各信号参数;一信号产生模块,与所述信号参数获取模块串联,根据所述信号参数产生一0度相位锯齿波调频信号、一180度相位锯齿波调频信号和一单频信号;一信号合成模块,与所述信号产生模块串联,将来自信号产生模块的信号进行功率合成而得到一合成信号;以及一合成信号输出模块,与所述信号合成模块串联,将所述合成信号输出。本发明仅需一个硬件输出通道即可实现,因而能够降低硬件成本,提高各信号间的同步及响应速度性能。



1. 一种多路频率信号产生及合成装置,其特征在于,包括:
 - 一信号参数获取模块,其根据外围输入的指令获取对应的各信号参数;
 - 一信号产生模块,与所述信号参数获取模块串联,根据所述信号参数产生一0度相位锯齿波调频信号、一180度相位锯齿波调频信号和一单频信号;
 - 一信号合成模块,与所述信号产生模块串联,将来自信号产生模块的信号进行功率合成而得到一合成信号;以及
 - 一合成信号输出模块,与所述信号合成模块串联,将所述合成信号输出。
2. 根据权利要求1所述的多路频率信号产生及合成装置,其特征在于,所述信号产生模块包括相互并联的一0度相位锯齿波调频信号产生模块、一180度相位锯齿波调频信号产生模块、以及一单频信号产生模块,其中,
 - 所述0度相位锯齿波调频信号产生模块设置为根据所述信号参数产生所述0度相位锯齿波调频信号;
 - 所述180度相位锯齿波调频信号产生模块设置为根据对应的所述信号参数产生所述180度相位锯齿波调频信号;以及
 - 所述单频信号产生模块设置为根据所述信号参数产生所述单频信号。
3. 根据权利要求2所述的多路频率信号产生及合成装置,其特征在于,所述0度相位锯齿波调频信号产生模块包括:
 - 一连接至所述信号参数获取模块的初始0度相位锯齿波产生单元,其根据所述信号参数产生一初始0度相位锯齿波;以及
 - 一与所述初始0度相位锯齿波产生单元相串联的0度相位锯齿波调频单元,根据所述信号参数对所述初始0度相位锯齿波进行调频处理而得到所述0度相位锯齿波调频信号。
4. 根据权利要求2所述的多路频率信号产生及合成装置,其特征在于,所述180度相位锯齿波调频信号产生模块包括:
 - 一连接至所述信号参数获取模块的初始180度相位锯齿波产生单元,其根据所述信号参数产生一初始180度相位锯齿波;以及
 - 一与所述初始180度相位锯齿波产生单元相串联的180度相位锯齿波调频单元,根据所述信号参数对所述初始180度相位锯齿波进行调频处理,而得到所述180度相位锯齿波调频信号。
5. 根据权利要求1所述的多路频率信号产生及合成装置,其特征在于,所述多路频率信号产生及合成装置基于任意信号发生器、或者基于现场可编程门阵列和直接数字频率合成器、或者基于现场可编程门阵列和数字模拟转换器实现。

一种多路频率信号的产生及合成装置

技术领域

[0001] 本发明涉及重离子医用加速器慢引出频率信号的产生装置,尤其涉及一种多路频率信号产生及合成装置。

背景技术

[0002] 在重离子医用加速器中,常用的是,通过施加频率与横向三阶共振频率匹配的RF电场对束流产生微扰作用,从而使束流发射度逐渐增大进而引出的方法,即RFKO(RF-Knock Out,高频剔除)方法。RFKO方法具有很多优点,例如,在慢引出过程中可以保持加速器的LATTICE等参数不变,易于实现快速控制RF开关以便点扫描以及束流的时间结构的调节等等。由于在质子加速器中待引出的质子束流粒子具有一定的动量和轨道分布,即betatron(电子感应加速器)振荡频率具有一定的分布,因而相应地,横向RFKO的频率信号也需要具有一定的分布。在慢引出相图有两个区,分别为三角区内的稳定区、以及三角区外的非稳定区。当横向RF场的频率与稳定区的tune(工作点)匹配时,在稳定区的粒子由于振幅增加将向非稳定区运动。稳定区边缘的粒子很快进入非稳定区,运行若干圈后最终引出,同时稳定区内部的粒子则向稳定区边缘扩散。因此RF频率范围应该覆盖稳定区及其边界,为了简化横向RF频率信号的设计,横向RF频率信号采用中心频率为 f_c 、带宽为 Δf 的频率信号。其中,中心频率 f_c 及带宽 Δf 由如下的经验公式进行计算确定:

$$[0003] \quad f_c = (N \pm q) f_{rev} \quad (1),$$

$$[0004] \quad \Delta f = \sqrt{\Delta q_A^2 + \Delta q_B^2} f_{rev} \quad (2),$$

[0005] 在式(1)中, N 为任意整数, q 为横向工作点小数部分;在式(2)中, Δq_A 是横向三阶共振点和工作点的差值, Δq_B 是动量扩展与水平色品的乘积。对于中心频率为 f_c 、带宽为 Δf 的RF频率信号,可以通过锯齿波调制获得。但是对于一个锯齿波调频信号而言,将会出现信号频率与稳定区tune不匹配的情况,因此在这段不匹配的时间内将无法引出束流粒子或者引出效果不好。为了弥补这种情况,可以同时施加另一个锯齿波调频信号,并使两者相位相差180度。此外,为了让粒子稳定引出,还需一个与稳定区边缘的tune保持匹配的信号,该信号采用单频信号实现。综上,RFKO的频率信号采用0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及单频信号的合成信号效果最佳。

[0006] 因此,需要提供一种能够产生并合成0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及单频信号的装置。现有的装置需要三个硬件输出通道以分别产生所需的这三个信号,然后通过功率合成器对三个信号进行合成,从而导致硬件成本高且各信号间的同步及响应速度不够理想。

发明内容

[0007] 为了解决上述现有技术存在的问题,本发明旨在提供一种多路频率信号产生及合成装置,以提供0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及单频信号的合成

信号,并且能够降低硬件成本,提高信号间的同步及响应速度性能。

[0008] 为了实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0009] 一种多路频率信号产生及合成装置,包括:

[0010] 一信号参数获取模块,其根据外围输入的指令获取对应的各信号参数;

[0011] 一信号产生模块,与所述信号参数获取模块串联,根据所述信号参数产生一0度相位锯齿波调频信号、一180度相位锯齿波调频信号和一单频信号;

[0012] 一信号合成模块,与所述信号产生模块串联,将来自信号产生模块的信号进行功率合成而得到一合成信号;以及

[0013] 一合成信号输出模块,与所述信号合成模块串联,将所述合成信号输出。

[0014] 进一步地,所述信号产生模块包括相互并联的一0度相位锯齿波调频信号产生模块、一180度相位锯齿波调频信号产生模块、以及一单频信号产生模块,其中,

[0015] 所述0度相位锯齿波调频信号产生模块设置为根据所述信号参数产生所述0度相位锯齿波调频信号;

[0016] 所述180度相位锯齿波调频信号产生模块设置为根据对应的所述信号参数产生所述180度相位锯齿波调频信号;以及

[0017] 所述单频信号产生模块设置为根据所述信号参数产生所述单频信号。

[0018] 优选地,所述0度相位锯齿波调频信号产生模块包括:

[0019] 一连接至所述信号参数获取模块的初始0度相位锯齿波产生单元,其根据所述信号参数产生一初始0度相位锯齿波;以及

[0020] 一与所述初始0度相位锯齿波产生单元相串联的0度相位锯齿波调频单元,根据所述信号参数对所述初始0度相位锯齿波进行调频处理而得到所述0度相位锯齿波调频信号。

[0021] 优选地,所述180度相位锯齿波调频信号产生模块包括:

[0022] 一连接至所述信号参数获取模块的初始180度相位锯齿波产生单元,其根据所述信号参数产生一初始180度相位锯齿波;以及

[0023] 一与所述初始180度相位锯齿波产生单元相串联的180度相位锯齿波调频单元,根据所述信号参数对所述初始180度相位锯齿波进行调频处理,而得到所述180度相位锯齿波调频信号。

[0024] 进一步地,所述多路频率信号产生及合成装置基于任意信号发生器、或者基于现场可编程门阵列和直接数字频率合成器、或者基于现场可编程门阵列和数字模拟转换器实现。

[0025] 通过采用上述技术方案,本发明采用信号产生模块通过软件方式产生并合成0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及单频信号,最后仅需通过一个硬件输出通道即可输出经过合成的信号。与现有技术需要三个硬件输出通道以分别产生所需的三个信号,再通过功率合成器对三个信号进行合成的装置相比,本发明能够降低硬件成本,大大提高信号间的同步及响应速度性能。

附图说明

[0026] 图1为本发明的多路频率信号产生及合成装置的软件原理框图;

[0027] 图2为本发明的多路频率信号产生及合成装置的硬件连接示意图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图,给出本发明的较佳实施例,并予以详细描述。

[0029] 本发明,即一种多路频率信号产生及合成装置,用于提供0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及单频信号的合成信号。所谓锯齿波调频,即是对锯齿波信号进行频率调制,使得调制后的信号频率与锯齿波信号的幅度呈比例关系,由于锯齿波的幅度呈线性变化,因此相当于线性扫频,而锯齿波调频与直接线性扫频相比的好处在于信号的起始相位更容易调节,该起始相位对应于信号的起始频率。

[0030] 其中,中心频率为 f_c 、带宽为 Δf_c 、调制周期为 T_{FM} 的锯齿波调频信号 V_{FM} 可用如下公式表示:

$$[0031] \quad V_{FM}(t) = V_{RF} \sin \int_0^t [2\pi f_c + s_2(\tau)] d\tau \quad (3),$$

[0032] 因此,上述0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及单频信号三个信号的合成信号 $V(t)$ 则可以表达如下:

$$[0033] \quad V(t) = V_{RF} \left\{ \sin \int_0^t [2\pi f_c + s_1(\tau)] d\tau + \sin \int_0^t [2\pi f_c + s_2(\tau)] d\tau + \sin 2\pi f_k t \right\} \quad (4),$$

[0034] 在上式中:

$$[0035] \quad s_1(\tau) = 2\pi \frac{\Delta f_c}{T_{FM}} \left(\tau - \frac{T_{FM}}{2} \right), 0 \leq \tau \leq T_{FM} \quad (5),$$

$$[0036] \quad s_2(\tau) = \begin{cases} 2\pi \frac{\Delta f_c}{T_{FM}} \tau, 0 \leq \tau \leq T_{FM}/2 \\ 2\pi \frac{\Delta f_c}{T_{FM}} \left(\tau - \frac{T_{FM}}{2} \right), T_{FM}/2 \leq \tau \leq T_{FM} \end{cases} \quad (6),$$

[0037] 在上式(4)、(5)和(6)中, V_{RF} 为合成信号的幅度(V_{RF} 为预设的固定值), f_c 为中心频率, Δf_c 为带宽, T_{FM} 为锯齿波信号周期, f_k 为单频信号频率, $s_2(\tau)$ 为0度相位锯齿波表达式, $s_1(\tau)$ 为180度相位锯齿波表达式。

[0038] 由式(4)可知,合成信号 $V(t)$ 为上述三个信号之和,因此要实现这三个信号的合成,首先需要分别产生0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号以及一个单频信号,然后进行功率合成。基于此,如图1所示,本发明的多路频率信号产生及合成装置包括依次串联的一信号参数获取模块1、一信号产生模块10、一信号合成模块5、以及一合成信号输出模块6。其中,该信号产生模块10包括分别并联在信号参数获取模块1与信号合成模块5之间的一0度相位锯齿波调频信号产生模块2、一180度相位锯齿波调频信号产生模块3和一单频信号产生模块4。

[0039] 下面分别对各个模块进行详细说明:

[0040] 信号参数获取模块1用于根据外围输入的实际需求指令获取对应的各信号参数,包括:上述中心频率 f_c 、带宽 Δf_c 、调制周期 T_{FM} 以及单频信号频率 f_k 等。当需求发生变化时,获取的各信号参数将实时更新。

[0041] 0度相位锯齿波调频信号产生模块2包括依次连接在信号参数获取模块1与信号合

成模块5之间的一初始0度相位锯齿波产生单元21和一0度相位锯齿波调频单元22,其首先通过初始0度相位锯齿波产生单元21产生一待调制的初始0度相位锯齿波,再通过0度相位锯齿波调频单元22对该初始0度相位锯齿波进行调频处理,其中,调频过程为现有技术,具体步骤如下:首先将初始0度相位锯齿波的带宽调整为带宽 Δf_c ,然后将经过带宽调整的初始0度相位锯齿波上变频至中心频率 f_c ,从而得到最终所需的0度相位锯齿波调频信号。

[0042] 180度相位锯齿波调频信号产生模块3包括依次连接在信号参数获取模块与信号合成模块之间的一初始180度相位锯齿波产生单元31和一0度相位锯齿波调频单元32,其首先通过初始180度相位锯齿波产生单元21产生一待调制的初始180度相位锯齿波,再通过180度相位锯齿波调频单元22对初始180度相位锯齿波进行调频处理,其中,调频过程如下:首先将初始180度相位锯齿波的带宽调整为 Δf_c ,然后将经过带宽调整的初始180度相位锯齿波上变频至中心频率 f_c ,从而得到最终所需的180度相位锯齿波调频信号。

[0043] 单频信号产生模块4用于产生频率为 f_k 的一单频信号(即正弦波信号),其中,该信号的数据长度与0度、180度相位锯齿波调频信号的数据长度相同。

[0044] 信号合成模块5用于将前述0度相位锯齿波调频信号、180度相位锯齿波调频信号和单频信号进行功率合成,从而得到一合成信号。

[0045] 合成信号输出模块6用于将上述合成信号输出。

[0046] 本发明的多路频率信号产生及合成装置的硬件可以基于任意信号发生器或者基于FPGA(现场可编程门阵列)+DDS(直接数字频率合成器)或者基于FPGA+DAC(数字模拟转换器)实现。下面以图2所示实施例中的PXI(PCI extensions for Instrumentation,面向仪器系统的PCI扩展)任意信号发生器7为例进行说明。

[0047] 如图2所示,PXI任意信号发生器7包括通信连接的一控制器71以及一输出通道72,其中,信号参数获取模块1、信号产生模块10以及信号合成模块5集成在控制器71中,合成信号输出模块6即可通过PXI任意信号发生器的一个输出通道72实现。在该实施例中,控制器71还通过以太网接口与一外围的OPI(Operator Interface,操作员控制接口)8连接,从而可以通过OPI8输入对应的需求指令以供控制器71中的信号参数获取模块1更新对应的信号参数。

[0048] 以上所述的,仅为本发明的较佳实施例,并非用以限定本发明的范围,本发明的上述实施例还可以做出各种变化。即凡是依据本发明申请的权利要求书及说明书内容所作的简单、等效变化与修饰,皆落入本发明专利的权利要求保护范围。本发明未详尽描述的均为常规技术内容。

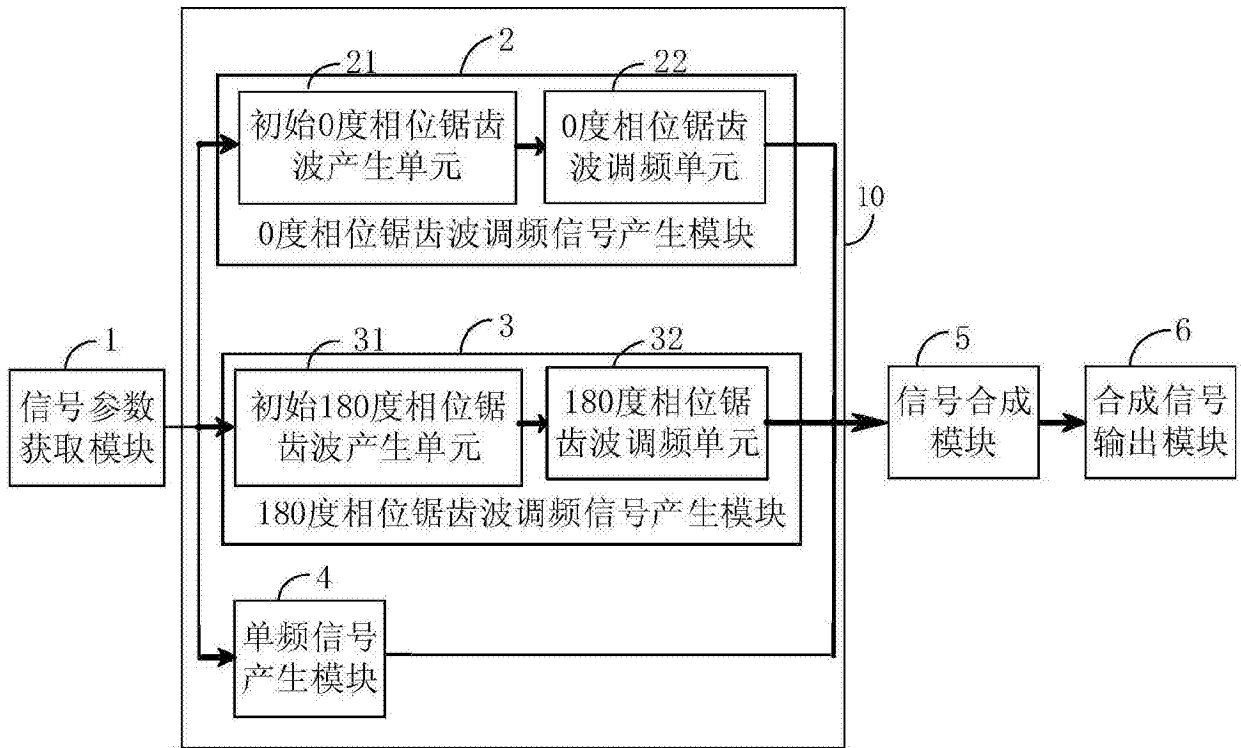


图1

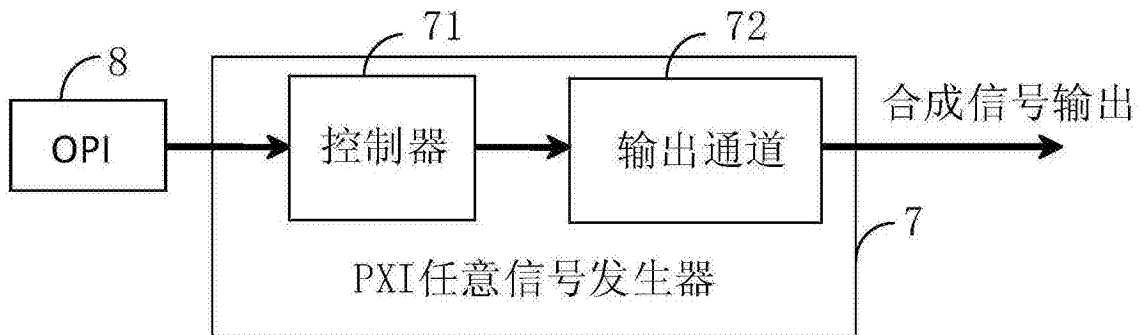


图2