

[19] 中华人民共和国国家知识产权局



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810105762.2

[51] Int. Cl.

G01N 29/00 (2006.01)

G01N 29/32 (2006.01)

G01N 29/04 (2006.01)

G01B 17/00 (2006.01)

G03B 42/06 (2006.01)

A61B 8/00 (2006.01)

[43] 公开日 2009 年 4 月 8 日

[11] 公开号 CN 101403727A

[22] 申请日 2008.4.30

[21] 申请号 200810105762.2

[71] 申请人 硕德(北京)科技有限公司

地址 100107 北京市朝阳区北苑路红军营南路天朗园(傲城融富中心)A座2506室

[72] 发明人 彭春香 勇彭波 王敏

权利要求书1页 说明书3页 附图1页

[54] 发明名称

基于数字波形相位差的超声相控发射细延时控制方法

[57] 摘要

超声相控阵技术的核心在于相位差(延时)的控制,多项相控效果都以相控延时为基础。比如,声束的动态聚焦、偏转,数字声束形成等都有赖于相控延时的实现,相控延时的精度直接影响到超声相控阵系统的整体性能,本发明设计了一种新颖的相位细调的方法,充分利用波形激励方式的优点,采用数字波形相位差的方法实现相控发射细延时,来提高相控发射延时分辨率。所谓数字波形相位差,就是不同通道的波形SRAM中存储的同频率数字化波形之间的相位差。数字化波形数据经D/A转换后变成模拟激励信号,而数字波形相位差也就转换为模拟激励信号的相位差。

1、 一种提高相控发射延时分辨率的技术，其特征是：充分利用波形激励方式的优点，采用数字波形相位差的方法实现相控发射细延时。

2、 如权利要求 1 所述的数字波形相位差，就是不同通道的波形 SRAM 中存储的同频率数字化波形之间的相位差。数字化波形数据经 D/A 转换后变成模拟激励信号，而数字波形相位差也就转换为模拟激励信号的相位差。

基于数字波形相位差的超声相控发射细延时控制方法

技术领域

本发明涉及超声相控阵技术，尤其是超声相控阵的发射延时技术。

背景技术

超声相控阵系统中的关键数字技术主要是指波束的时空控制，采用先进的数字电子技术和微计算机技术，对发射/接收状态的相控波束进行精确控制，以获得最佳的波束特性。这些关键数字技术有相控延时、动态聚焦、动态孔径、动态变迹、编码发射、声束形成等。

超声相控阵系统使用阵列换能器，并通过调整各阵元发射/接收信号的相位延迟，可以控制合成波阵面的曲率、指向、孔径等，达到波束聚焦、偏转、波束形成等多种相控效果，形成清晰的成像。可以说，相控延时是相控阵技术的核心，是多种相控效果的基础。

过去在超声成像设备如医用B超中，一般使用模拟延迟线来实现相位延迟，比如由LC网络组成多抽头延迟线直接对模拟信号进行延迟，用电子开关来分段切换以获得不同的延迟量。这种延迟方式有两大缺点^[65-67]：①延迟量不能精细可调，只能实现分段聚焦，当聚焦点很多时需要庞大的LC网络和电子开关矩阵；②由于是模拟延迟方式，电气参数难以稳定，延时量会发生温漂、时漂，波容易被噪声干扰。

新的发展方向是用数字延时来代替原来的模拟延时。数字延时的精度高、控制方便、稳定性好，可以大大提高相控阵超声成像质量。

数字延时的实现可以分成粗延时和细延时，粗延时一般基于采样时钟计数，延时值为采样周期的整数倍，而采样周期通常为几十ns以上。细延时量为采样周期的小数倍，一般应达到10ns以内的延时分辨率。

实现数字粗延时比较简单，但是实现细延时比较困难。目前有几种方法

实现细延时：一种是流水线式采样延迟聚焦，其延时分辨率一般大于10ns。

另一种方法是对采样数据做时域内插，获得N倍密集的输出序列从而减小量化延时，这需要很高的运算量和存储器支持，延时量化误差仍然不够小。还有人采用坐标变换的CORDIC算法来实现采样序列的相位旋转。有人提出基于多速率数字信号处理技术的多相滤波方法，可以实现5ns级精细延时，并且可以把动态变迹技术等一起考虑。还有人提出基于FIR滤波的延时方法，延时精度可达到5ns以内。

发明内容

解决问题：超声相控阵技术的核心在于相位差（延时）的控制，多项相控效果都以相控延时为基础。比如，声束的动态聚焦、偏转，数字声束形成等都有赖于相控延时的实现，相控延时的精度直接影响到超声相控阵系统的整体性能，本发明设计了一种新颖的相位细调的方法，充分利用波形激励方式的优点，采用数字波形相位差的方法实现相控发射细延时，来提高相控发射延时分辨率。

技术方案：为实现以上目的，本发明特提出以下技术方案：

充分利用波形激励方式的优点，采用数字波形相位差的方法实现相控发射细延时。所谓数字波形相位差，就是不同通道的波形SRAM中存储的同频率数字化波形之间的相位差。数字化波形数据经D/A转换后变成模拟激励信号，而数字波形相位差也就转换为模拟激励信号的相位差。

技术效果：提高相控发射延时分辨率，容易想到的是采用更高的延时计数频率。但由于受硬件速度的限制，要超过100MHz（延时分辨率为10ns）就很困难了。采用数字波形相位差的方法实现相位细调，可以得到更高的延时分辨率。理论分析和实验证明，采用数字波形相位差的方法实现相位细调，相位差分辨率可达到 1.41° ，可以实现对应于3.094MHz激励频率下的1.25ns延时分辨率。从而可以显著地抑制旁瓣，提高声束的横向和纵向分辨力，改善成像清晰度。

具体实施方式

如图 1 (b) 所示, 两个通道存储的是同频但不同相的正弦波数据。D/A 时钟均为 66MHz, 发射延时值相同, 即同时开始读取各自波形 SRAM 中的数据进行 D/A 转换。但是在同一时刻下, 从各自波形 SRAM 中读出的数据却是不一样的, 具有一定数字相位差, 这个相位差的分辨率由下述的数字正弦表的长度决定。

以上是从图形的角度直观描述了数字波形相位差的思路, 下面进行数学表达。相控发射时, 第 m 个和第 n 个阵元在某时刻的相位可表示为:

$$\phi_m = \omega_0 t_m + \theta_m \quad (1)$$

$$\phi_n = \omega_0 t_n + \theta_n \quad (2)$$

ω_0 为激励信号的角频率, t_m 和 t_n 分别表示两个阵元通道以各自 D/A 发射起始时刻为原点的时间量, θ_m 和 θ_n 表示各自的数字波形初始相位。式 (1) 减去式 (2), 得到两通道发射相位差

$$\phi_m - \phi_n = \omega_0 (t_m - t_n) + \theta_m - \theta_n \quad (3)$$

当 $\theta_m = \theta_n = 0$ 时, 两通道的波形数据完全相同, 没有数字波形相位差。这时仅有 $\omega_0 (t_m - t_n)$ 形成两通道的发射相位差, 发射相位差分辨率取决于 $t_m - t_n$ 的分辨率。 t_m 和 t_n 都是以发射延时计数时钟周期为量化单位的, 系统中发射延时计数时钟即为 66MHz 的 D/A 时钟, 因而 $t_m - t_n$ 的分辨率为 $1/66\text{M}=15\text{ns}$, 对应于 3MHz 激励信号下的 16.4° 发射相位差。

当 $\theta_m \neq \theta_n$ 时, 两通道的波形数据具有数字波形相位差, 这时 $\omega_0 (t_m - t_n)$ 和 $(\theta_m - \theta_n)$ 共同形成两通道的发射相位差。若 θ_m 和 θ_n 的分辨率优于 16.4° , 则发射相位差分辨率就取决于 θ_m 和 (或) θ_n 。

附图说明

图 1 为相控发射细延时示意图。图中对比显示了基于时钟和数字相位的延迟方法, 其中 (a) 利用时钟延时, 波形数据无相位差, (b) 波形数据具有相位差

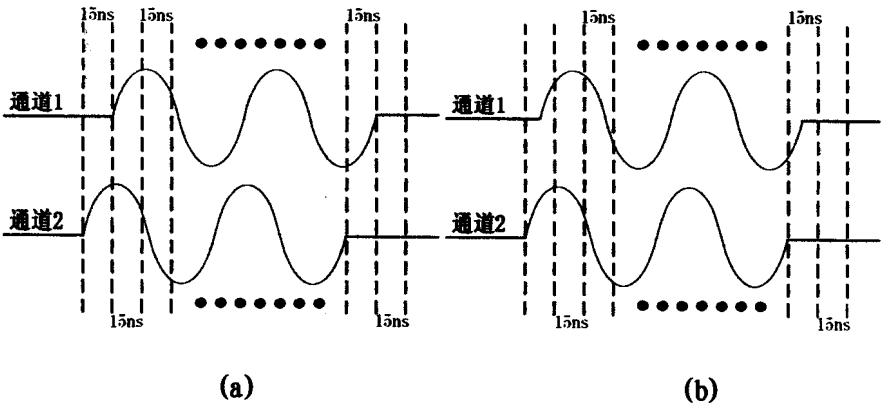


图 1

专利名称(译)	基于数字波形相位差的超声相控发射细延时控制方法		
公开(公告)号	CN101403727A	公开(公告)日	2009-04-08
申请号	CN200810105762.2	申请日	2008-04-30
[标]申请(专利权)人(译)	硕德(北京)科技有限公司		
申请(专利权)人(译)	硕德(北京)科技有限公司		
当前申请(专利权)人(译)	硕德(北京)科技有限公司		
[标]发明人	彭春 香勇 彭波 王敏		
发明人	彭春 香勇 彭波 王敏		
IPC分类号	G01N29/00 G01N29/32 G01N29/04 G01B17/00 G03B42/06 A61B8/00		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

超声相控阵技术的核心在于相位差(延时)的控制, 多项相控效果都以相控延时为基础。比如, 声束的动态聚焦、偏转, 数字声束形成等都有赖于相控延时的实现, 相控延时的精度直接影响到超声相控阵系统的整体性能, 本发明设计了一种新颖的相位细调的方法, 充分利用波形激励方式的优点, 采用数字波形相位差的方法实现相控发射细延时, 来提高相控发射延时分辨率。所谓数字波形相位差, 就是不同通道的波形SRAM中存储的同频率数字化波形之间的相位差。数字化波形数据经D/A转换后变成模拟激励信号, 而数字波形相位差也就转换为模拟激励信号的相位差。

