

文档说明

日期： 2025/12/30

内容：根据马博在 ScanConfig-v0.1 中描述的 Rongbuk 硬件 Scan 配置定义与方式，结合成像的具体需求，草拟该方案供讨论。

每次扫查，成像相关的配置主要有：1. 发射与接收通道选择，2. 波形（或 Pattern）配置，3. Scan 序列及发射 Delay 的配置。下面将展开分别描述：

1. 发射与接收通道选择

发射通道选择：通过下发一个名为 **Tx_apodization** 的 32 阵元的数组控制 TX7332 对应 32 通道的开启或关闭（Register PDN_PUL_n）。数组内各阵元数值范围为[0, 1]，其中 0 为关闭，大于 0 的数值为开启。对于非 0 数值，1 为开启并满幅电压激励，0 到 1 之间的数值控制发射变迹，即控制当前发射通道的激励电压相对于满幅电压的比值。每组 **Tx_apodization** 中非零数值需相邻，即探头的发射阵元需连续。

接收通道选择：类似的，接收通道的开启或关闭通过下发一个名为 **Rx_apodization** 的 64 阵元的数组控制。数组内各阵元数值范围为 0 或 1：其中 0 为关闭，1 为开启。

2. 波形（或 Pattern）配置

波形（pattern）主要包含三个设置：pattern Profile、repeat 和 tail，分别通过定义 pattern_profile、pattern_repeat 和 pattern_tail 的变量来下发相关参数配置。

（说明：Pattern Profile，含最多 16 个 slot，每个 slot 可以指定时长（以 BF_CLK 为单位），高电平，低电平，地，和 float 四种状态；repeat，即 Pattern 的重复次数；tail，Pattern（包括 repeat）结束后，给低电平的时间，以 BF_CLK 为单位（该设置实际上是为了高压信号之后充分释放线路上的电压，以免给回波带来较高的本底电压）。）

每次 Scan 的所有 Capture 使用同样的 Pattern。

3. Scan 序列及发射 Delay 的配置

固件的一次完整采集称为 **Scan**。当前固件使用的需求要求是一次 Scan 包含多个 Angle，一个 Angle 包含多个 Step。Step 是按照 Sliding Window 的方式选取超声发射通道；每个 Step 内开启的通道数目和位置可选，最多 64 通道，单个通道的一次扫描称为 Capture。

一次 Scan 的总 Capture 数量 = Angle # × Step # × Active channel #

Angle 相关的配置需给出开角范围与 Angle 个数，如 60°开角、21 个 angle，则本次 Scan 内偏转角度依次为-30°、-27°、-24°、-21°、-18° ... 18°、21°、24°、27°、30°。

每个 Step 内的发射和接收通道的选取按 Tx_apodization 和 Rx_apodization 给出的值进行配置。理论上每个 Angle 都应有一组对应的 Tx_apodization 和 Rx_apodization，若未给出则按全部为 1 配置。

每个 Angle 都应配置一组发射 Delay，对应每个 Tx_apodization 开启的发射通道激活的相对延时时间。发射 Delay 应由 MCU 内置的程序依据相关的参数计算得出，然后控制 TX7332 对应通道的发射延时。发射 Delay 相关的下发参数有 focus、Angle 与 Tx_apodization，其中 focus 为发射波前聚焦点距探头表面的距离，单位为 mm，如下图所示。

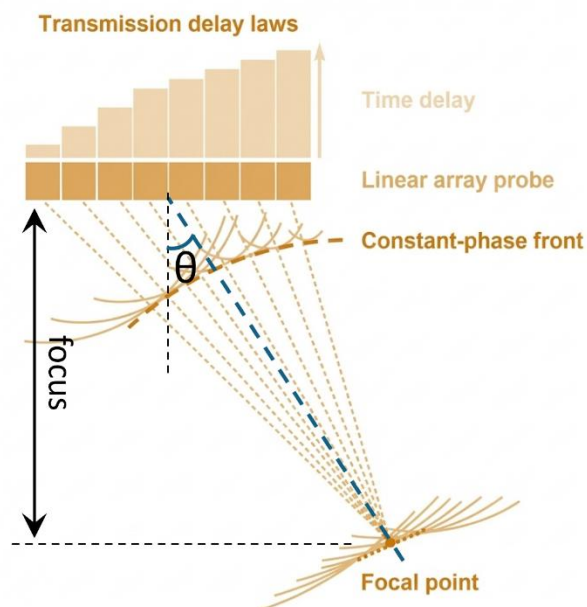


图 1. 聚焦波束发射延时示意图

对聚焦波 delay 的计算公式为：

$$Delay = \frac{focus}{c} \times \left(1 - \sqrt{1 + \left(\frac{x_n}{focus} \right)^2 - 2 \frac{x_n}{focus} \cdot \sin \theta} \right) \quad (1)$$

其中 c 为人体组织中的声速，一般为 1540m/s； x_n 为第 n 个阵元相对于探头中心的距离，假设 Tx_apodization 中定义的开启动道数为 N ($N \leq 32$)，探头相邻两阵元的中心间距为 $pitch$ ，则 $x_n = (-\frac{N-1}{2}, -\frac{N-1}{2} + 1, -\frac{N-1}{2} + 1, \dots, \frac{N-1}{2} - 1, \frac{N-1}{2}) \times pitch$ 。

若 $focus = 0$ 则发射平面波，其 delay 的计算公式为：

$$Delay = 1 + \frac{x_n}{c} \cdot \sin \theta \quad (2)$$

注意，Delay 应为非负数。通过加上或减去该组 Delay 中最小数值的绝对值，将整个数组的最小值平移至 0。

其他相关配置：发射电压，ATGC 等，待定。

参数下发规则：

参数以 **Scan** 为单位下发。即对每次 Scan，所有相关的控制参数会统一下发至 MCU；在硬件执行完所有控制命令并将全部通道数据处理完成存储至 buffer 之前，不会下发其他 Scan 相关的参数。