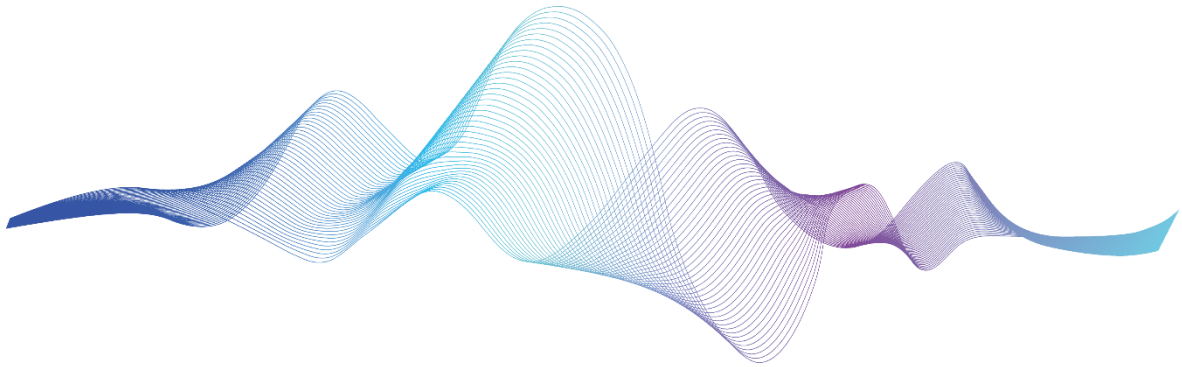
利影科技
LY Cancare

Ultra-S 系列
用户入门手册



产品名称	**宽频任意波超快超声成像与检测平台**
文件编号	**LY202609007**
当前版本	**V1.0**
发布日期	**2026-09-01**

浙江利影医疗科技有限公司

目 录 Contents

前言与法律声明 ..... **- 1 -**
总说明 ..... **- 2 -**
1 环境说明 ..... **- 2 -**
2 探头与设备连接说明 ..... **- 2 -**
3 探头配置说明 ..... **- 2 -**
4 探头与通道关系说明 ..... **- 3 -**
5 特别说明 ..... **- 4 -**
6 必要背景与概念说明 ..... **- 4 -**
6.1 基本工作流程 ..... - 4 -
6.2 聚焦波的发射与接收 ..... - 6 -
6.3 平面波的发射与接收 ..... - 8 -
6.4 基本概念 ..... - 9 -
7 扫查/采集 ..... **- 10 -**
7.1 成像与存储 ..... - 10 -
7.2 存储机制 ..... - 12 -
7.3 存储参数 ..... - 13 -
8 数据解析与成像 ..... **- 13 -**
8.1 数据格式 ..... - 13 -
8.2 数据查看 ..... - 14 -
8.3 数据转换 ..... - 14 -
8.4 数据重建成像 ..... - 14 -
9 PRF 与帧率 ..... **- 14 -**
10 发射波形 ..... **- 15 -**
10.1 方波 ..... - 15 -
10.2 正弦波 ..... - 16 -
10.3 chirp ..... - 16 -
10.4 自定义任意波发射波形 ..... - 17 -
11 降采样与滤波器 ..... **- 17 -**
12 模拟增益 ..... **- 18 -**
13 前置放大 ..... **- 19 -**

14 内控与外控 - 19 -
14.1 设置触发输出 - 19 -
14.2 设置外控模式 - 20 -
15 多路复用 - 20 -
15.1 设置发收同路 - 21 -
15.2 设置发收不同路 - 22 -
16 文件夹说明 - 23 -
附录 1. Pinmap（引脚映射）说明 - 25 -
附录 2. 数据头说明 - 26 -

前言与法律声明

操作人员资质要求

本手册仅供具备相应专业技术背景的人员（如超声科研人员、系统开发工程师或专业操作人员）阅读与参考。在使用本系统前，请务必仔细阅读本手册中关于“环境说明”、“探头与设备连接”及“探头配置”等章节。

硬件与电气安全免责

本系统包含高压发射及敏感信号处理模块。使用者在进行硬件连接、引脚映射（Pinmap）、内控与外接触发设置，或自定义发射波形（如方波、正弦波、Chirp 等）时，必须严格遵守本手册规定的电气参数及操作规范。

对于因未按规范连接探头、外接高压超标、引脚错接、自定义波形超负荷运行或非授权硬件改装所导致的人员伤害、设备损坏或元件烧毁，本公司不承担任何法律与经济赔偿责任。

科研/医疗用途限制

本系统及本手册提供的技术方案仅用于科研教学与技术开发（Research Use Only），未经本公司明确说明，不得直接用于临床诊断、人体治疗或任何未经批准的医疗行为。对于因将本设备用于未经许可的临床场景所产生的任何医疗风险及法律后果，本公司概不负责。

文档与规格更新说明

本手册旨在指导用户快速入门，手册中涉及的软件界面、参数设定及电路映射仅供参考。因产品技术升级或固件更新，实际系统可能与本手册描述存在细微差异。浙江利影医疗科技有限公司 保留随时修改本手册及产品规格的权利，恕不另行通知。

版权声明

本手册（含文字、结构图表、Pinmap 引脚定义等）版权归 浙江利影医疗科技有限公司 所有（© 2026）。未经本公司事先书面许可，任何单位和个人不得翻印、抄袭、传播或用于商业目的。

总说明

本套脚本在 MATLAB 环境中运行，通过底层 C++接口实现系统控制，并调用 CUDA 进行软波束合成计算。该工具主要面向具有开发背景的用户，为研究人员提供高度的系统功能自定义能力，带来高效、便捷且灵活的使用体验。

1 环境说明

电脑已经预装 MATLAB 和 CUDA 的特定版本，请勿随便卸载或更新，以免造成不兼容，影响正常使用。

请勿随意安装其它软件，若因环境冲突导致脚本失效，可能需要重装系统，相关后果及风险需由用户自行承担。

2 探头与设备连接说明

不同的探头在连接设备时，需要搭配相应的转接板。浙江利影可以为您提供多阵元探头常用的 260/408 接口转接板、单/少阵元探头常用的 SMB 转接板，以及对应的引脚定义（Pinmap），如有需要或者有其它的转接板需求，请联系售后技术支持。

为保证最佳兼容性：若您计划向厂家定制或自行制作探头，建议直接参考浙江利影提供的 Pinmap 进行设计与连线。如不清楚 Pinmap 的含义与使用，请参考附录 1。

3 探头配置说明

目前脚本支持线阵/凸阵/相控阵，使用脚本前请在 function 文件夹中的 Probe_para.m 定义所使用的探头（若已存在，则无需添加）

不同类型的探头参考的配置和所需修改的参数如下表所示

探头类型	参考	所需参数
线阵	L5-10	element_pitch（阵元间距）
		element_num（阵元数量）
凸阵	C2-5	element_pitch（阵元间距）
		element_num（阵元数量）
		element_radius（曲率半径）
相控阵	P4-2	element_pitch（阵元间距）

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

		element_num（阵元数量）

添加新探头时，可先复制参考探头的配置，再修改探头名称和所需参数即可。（参数一般详见探头厂家提供的规格说明书）。如果探头的 Pinmap 和利影提供的不一致，则还需修改 Probe.tx_ele_map 和 Probe.rx_ele_map（具体见下节）。如需使用特殊探头，请联系售后技术支持人员。

出于对探头的安全保护（防止用户使用疏忽），用户还需在 function 文件夹中的 check_probe_tx.m 添加相应的发射限制

参数	解释	建议
probe_max_voltage	最大发射电压，过高可能烧坏探头	刚开始使用时电压可设置的比较小，确认无问题再逐渐提高，若探头出现发热，则应谨慎操作，适当降低电压
probe_min_freq	最低发射频率，低于此可能图像质量较差	可见于探头的规格说明书（一般为-6 dB 的下限）
probe_max_freq	最高发射频率，高于此可能图像质量较差	可见于探头的规格说明书（一般为-6 dB 的上限）

定义好所使用的探头后，可在相应的脚本中将探头名称修改为定义的探头名称，并修改其它参数再运行。

4 探头与通道关系说明

使用设备时的通道数由设备本身的通道数决定，如果设备为 256 通道，则使用通道数为 128 或 256，如果设备为 128 通道，则使用通道数为 128。

探头阵元数量与通道数并不存在直接关系。如果使用一个阵元数量为 80 的探头，设备为 128 通道，那么使用通道数为 128，则其中连接了阵元的 80 个通道能接收到有效数据，其余 40 个通道的数据为噪声数据。如果使用阵元数量为 128 的探头，设备为 128 通道，则所有通道都连接了阵元，都是有效数据。

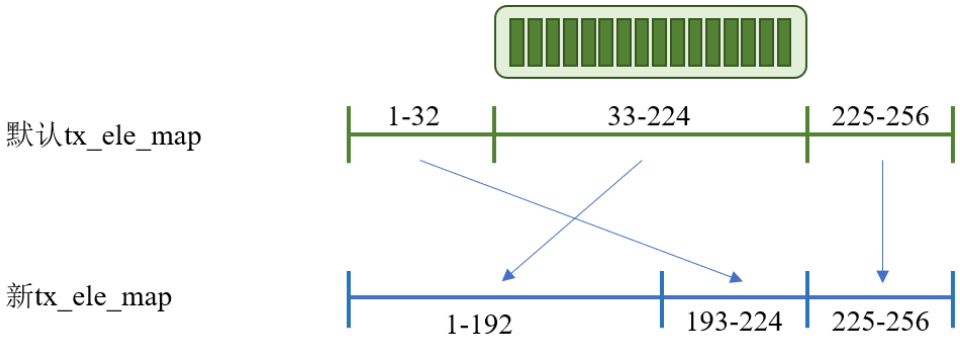
需要注意的是，除了自主定义发射序列的脚本，其它脚本都默认探头的阵元连接前 N 个通道。如自制探头连接到 SMB 转接板，请使用前 N 个通道的转接口；如需要定制探头，请告知厂家遵循 Pinmap 将阵元连接到前 N 个通道的引脚。

如果探头阵元没有连接到前 N 个通道，可以通过修改 Probe.tx_ele_map 和 Probe.rx_ele_map 改变设备内部映射关系。比如一个 192 阵元的探头，连接的是第 33-224 通道对应的引脚，按照默认的 Probe.tx_ele_map 和 Probe.rx_ele_map 即连接第 33-224 通道。可以参考以下方式使探头连接到 1-192 通道（以下仅为 tx_ele_map，rx_ele_map 操作相同）

```
tx_ele_map_temp = 0:255;
Probe.tx_ele_map(1:192) = tx_ele_map_temp(33:224);
```

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

```
Probe.tx_ele_map(193:224) = tx_ele_map_temp(1:32);
Probe.tx_ele_map(225:256) = tx_ele_map_temp(225:256);
```



对于探头的 Pinmap 和提供的 Pinmap 不一致的情况，同理，先比对出实际的连接关系，再按相同的做法进行 tx_ele_map 和 rx_ele_map 的修正。

5 特别说明

使用脚本或 GUI 进行扫查时鼠标请勿**放置**于图窗上或**点击/移动**图窗，有一定概率导致资源卸载失败。（若卸载失败/卡住，请关闭 MATLAB 再重新打开）

扫查/采集过程中请勿随便点击 MATLAB 工具栏的停止，否则会导致数据传输异常，需要重启设备。

扫查/采集过程中请关闭其它不相关的软件和提供的成像软件，避免冲突或占用后台资源影响数据传输和存储。

扫查/采集过程中请不要进行其它文件数据拷贝，避免占用后台资源影响数据传输，造成数据丢失。

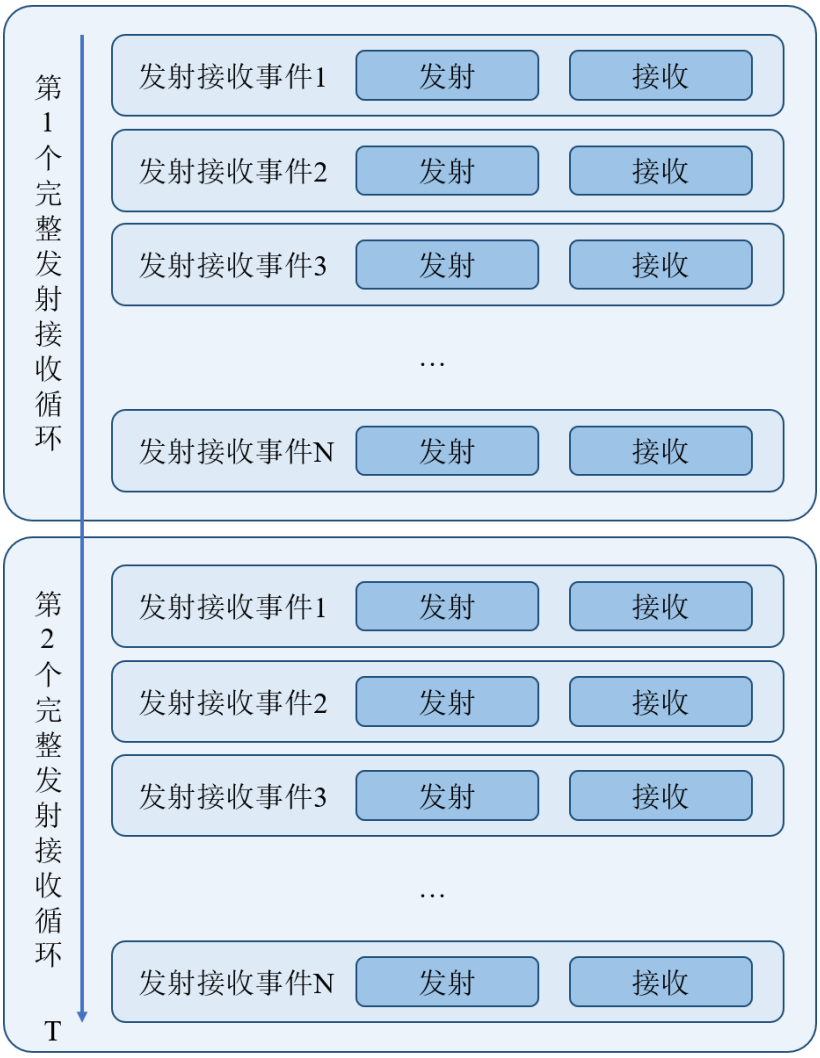
6 必要背景与概念说明

6.1 基本工作流程

设备基本的工作流程为：用户通过脚本计算与配置发射接收事件，相应的指令下发到设备，设备驱动探头发射声波，设备接收数据，数据经由高速链路传输到电脑，程序对接收到的数据进行存储或实时成像。

以下图介绍基本工作流程的一些定义

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

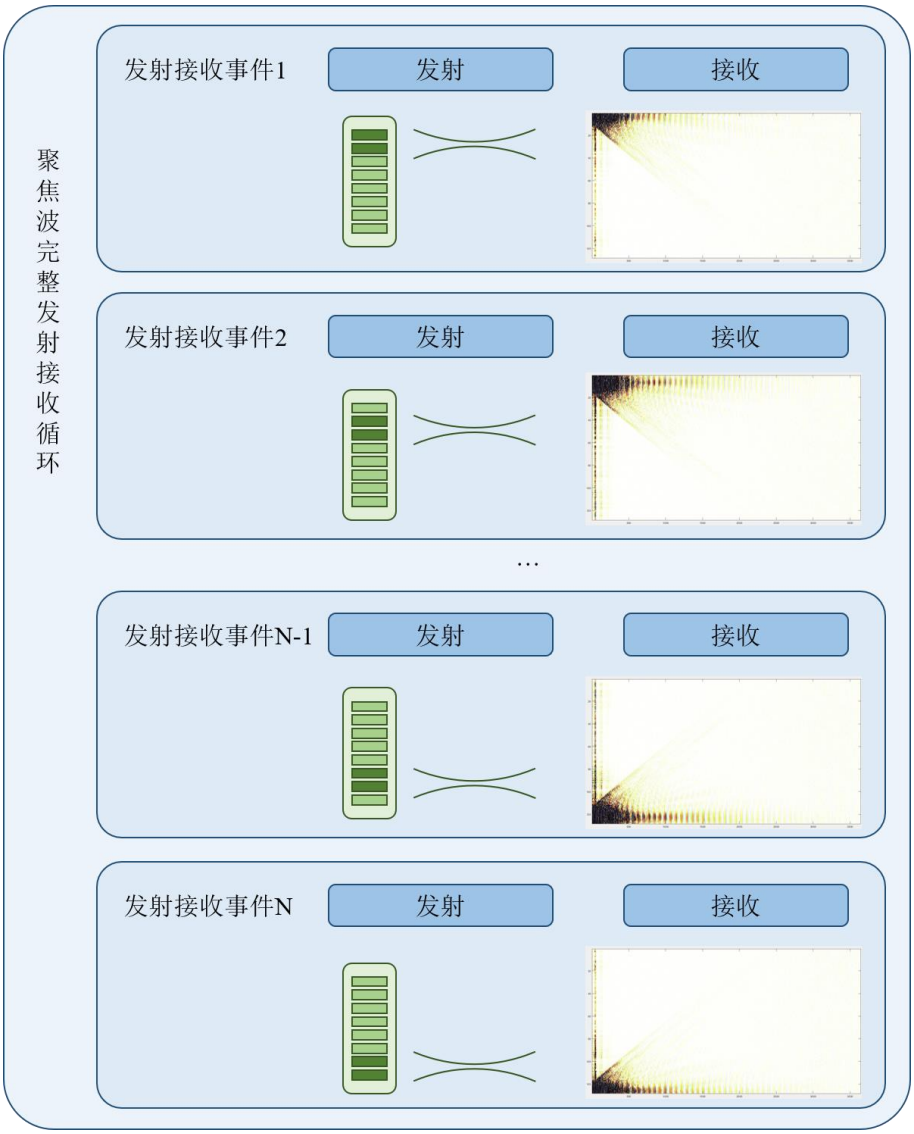


在一个发射接收事件中，包含发射与接收，发射即执行发射序列，比如用户配置了 N 条发射序列，则设备会从第 1 条发射序列开始，依次执行，当执行完最后 1 条发射序列，即完成第 1 个发射接收循环，设备会开始进行第 2 个发射接收循环，又从第 1 条发射序列开始，依次执行，如此直到发出停止命令。接收序列与发射序列一一对应，执行一次发射便会相应执行一次接收。

在发射序列中，用户可以配置每个通道的状态（发射或不发射）、发射时间、发射波形等，在接收序列中，用户可以配置采样点数、采样率、开始采样时间等，在发射接收事件中，用户可以配置发射接收事件的数量、每个事件的持续时间、与其它设备的交互（如触发输出、触发输入）等。具体如何配置请参考余下章节和《用户编程手册》。这些参数在不同的应用场景下一般有不同的配置。下面结合聚焦波和平面波的发射接收过程进一步解释。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

6.2 聚焦波的发射与接收



在程序计算出 N 条发射序列并下发后，系统会循环依次执行。一轮循环的完整执行过程及数据采集流程如下：

首先执行：第 1 条发射与接收事件（序列）

- 发射阶段（1st transmit sequence）：

  系统根据第一条序列的延时配置，激励换能器阵列中特定位置的一组阵元（如图中顶部深绿色的有源孔径）。通过施加特定的延时，这些阵元发射的声波在介质中相干叠加，形成一个聚焦在空间特定侧向位置的聚焦波（Focus wave）。

- 接收阶段（1st received data）：

  发射结束后，系统立即切换为接收状态。换能器阵元接收来自介质内部的反射和散射回波。各通道采集到的模拟信号经放大和数字化后，被记录为随时间 T 变化的通道数据（ADC 数据），即第 1 次接收数据。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

接着执行：第 2 条发射与接收事件（序列）

- 发射阶段（2nd transmit sequence）：
  系统切换至第二条发射序列。此时，有源发射孔径（活跃的阵元组）在换能器阵列上向下方（或相邻方向）平移。系统以相同的方式施加延时，在空间中相邻的另一个侧向位置发射聚焦声波。
- 接收阶段（2nd received data）：
  换能器阵列再次转为接收状态，采集对应这一发射方向的回波信号，记录为第 2 次接收数据。

依次递进：第 3 条至第 $N-1$ 条事件（序列）

- 系统以相同的工作原理，依次沿着换能器阵列逐步平移发射孔径（如省略号 ..... 所示）。
- 每次发射一个聚焦在不同空间位置的声束，并采集对应的多通道回波数据。至第 $N-1$ 次发射与接收序列时，有源孔径已平移至换能器阵列的偏下方，采集并记录第 $N-1$ 次接收数据。

最后执行：第 N 条发射与接收事件（序列）

- 发射阶段（N^{th} transmit sequence）：
  系统执行最后一条发射序列。此时发射孔径平移至阵列的另一端（如图中底部的深绿色阵元），发射最后一个位置的聚焦声波。
- 接收阶段（N^{th} received data）：
  采集并记录最后一个扫描位置的回波信号，形成第 N 次接收数据。

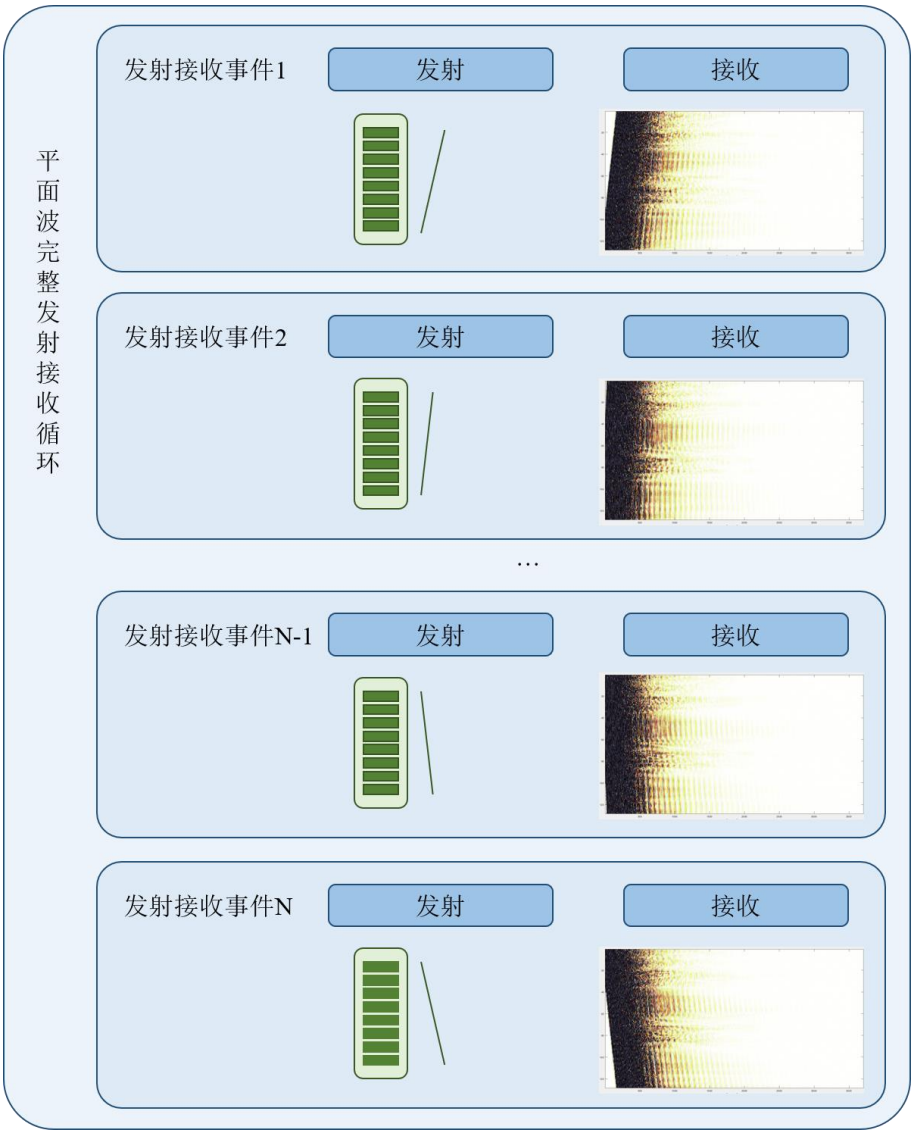
后续的数据处理与成像重建

当系统依次完成了这 N 次“发射-接收”循环，集齐了全部 N 次多通道接收数据后：

- **波束合成（Beamforming）**：计算机会对每一组接收数据分别进行接收延时叠加（Delay-and-Sum, DAS）等声束形成算法，重建出对应每一条扫描线的单维（1D）深度图像信号。
- **图像后处理**：将这 N 条重建好的扫描线数据拼接在一起，经过包络检波（Envelope Detection）、对数压缩（Logarithmic Compression）以及动态范围调整等后处理。
- **扫描变换（Scan Conversion）**：将数据映射到直角坐标系（如果使用的是凸阵或相控阵换能器，则进行极坐标到直角坐标的插值），最终生成一幅完整的二维 B 模式（B-mode）超声图像。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

6.3 平面波的发射与接收



在程序计算出 N 条发射序列并下发后，系统会循环依次执行。一轮循环的完整执行过程及数据采集流程如下：

首先执行：第 1 条发射与接收事件（序列）

- 发射阶段（1st transmit sequence）：

  系统根据第一条序列的延时配置，激励换能器阵列中的所有（或大部分）阵元。通过施加特定的线性递增或递减延时，使得所有阵元同时发射的声波在介质中相干叠加，形成一个具有特定倾斜角度（如图中左侧的斜线所示）的平面波（Plane wave）。

- 接收阶段（1st received data）：

  平面波发射结束后，系统立即切换为接收状态。换能器阵列的所有阵元同时接收来自介质内部的反射和散射回波。各通道采集到的模拟信号经放大和数字化后，被记录为随时间 T 变化的、覆盖整个成像视野的通道射频（RF）数据，即第 1 次接收数据。

接着执行：第 2 条发射与接收事件（序列）

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

- 发射阶段（2nd transmit sequence）：

  系统切换至第二条发射序列。此时，换能器阵列再次激励所有阵元，但施加的延时不同，使得发射的平面波具有另一个不同的倾斜角度（如图中第二个斜线，角度可能与第一个不同或相反）。

- 接收阶段（2nd received data）：

  换能器阵列再次转为接收状态，采集对应这一发射角度的平面波回波信号，记录为第 2 次接收数据。与第一次类似，这次接收的数据也覆盖整个成像视野。

依次递进：第 3 条至第 $N-1$ 条事件（序列）

- 系统以相同的工作原理，依次发射一系列具有不同倾斜角度的平面波（如省略号 ..... 所示）。
- 每次发射后都采集对应整个视野的多通道回波数据。至第 $N-1$ 次发射与接收序列时，系统发射一个具有特定倾斜角度的平面波，并采集并记录第 $N-1$ 次接收数据。

最后执行：第 N 条发射与接收事件（序列）

- 发射阶段（N^{th} transmit sequence）：

  系统执行最后一条发射序列。此时所有阵元被激励，发射最后一个预设角度的平面波。

- 接收阶段（N^{th} received data）：

  采集并记录对应最后一个平面波发射的回波信号，形成第 N 次接收数据。

后续的数据处理与成像重建

当系统依次完成了这 N 次“发射-接收”循环，集齐了全部 N 组多通道接收数据后：

- **波束合成（Beamforming）**：计算机会分别对这 N 个不同角度的接收数据进行延时叠加（Delay-and-Sum, DAS）或其他更高级的算法，然后将来自不同角度的平面波数据进行“相干叠加”。
- **图像后处理**：合成的图像数据经过包络检波、对数压缩、动态范围调整等后处理。
- **扫描变换**：最终生成一幅完整的二维 B 模式（B-mode）超声图像。

平面波成像的优势在于，通过少量几次平面波发射就能合成一帧图像，相比传统的聚焦波逐线扫描，可以显著提高帧率，这对于观察快速运动的结构（如心脏跳动、血流）或进行实时弹性成像等应用非常有利。

6.4 基本概念

为了后续更好地解释与避免混淆，以下就几个基本概念作统一说明：

- **PRF**(Pulse Repetition Frequency)，脉冲重复频率，指设备 1 秒执行多少个发射接收事件。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

- **ADC 数据**，也称**通道数据**或**原始数据**，指设备执行发射序列之后接收到的原始数据，执行 1 次发射序列接收到 1 帧 ADC 数据。
- **RF 数据**，也称**图像数据**，指设备接收到原始数据经过处理（波束合成）得到的数据。

Matlab 脚本存储的数据即为 **ADC 数据**，PRF 设置为多少则 1 秒可以接收到多少帧数据。

7 扫查/采集

将探头插入设备并旋紧固定，使用相应的采集脚本（一般是名称中带 Acq 的脚本）进行扫查。

7.1 成像与存储

扫查采集脚本中的基本功能控制参数

参数名	说明
imgshowflag	是否实时显示图像/通道，0 为不显示，1 为显示
savedataflag	是否保存 ADC 数据，0 为不保存，1 为自动开始保存，2 为手动开始保存

如果 imgshowflag=1，程序开始运行后会有实时成像窗口和控制窗口。



控制窗口的按钮在不同的 savedataflag 设置表现如下

Panel	savedataflag=0	savedataflag=1	savedataflag=2
Stop Scanning	停止	可提前停止	可提前停止
Freeze	冻结/解冻	\	\
Save Data	\	程序开始时自动开始保存数据，达到存储设定值停止。（存储设定值	点击开始保存数据，达到存储设定值停止。（存储设定值见下一节）

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

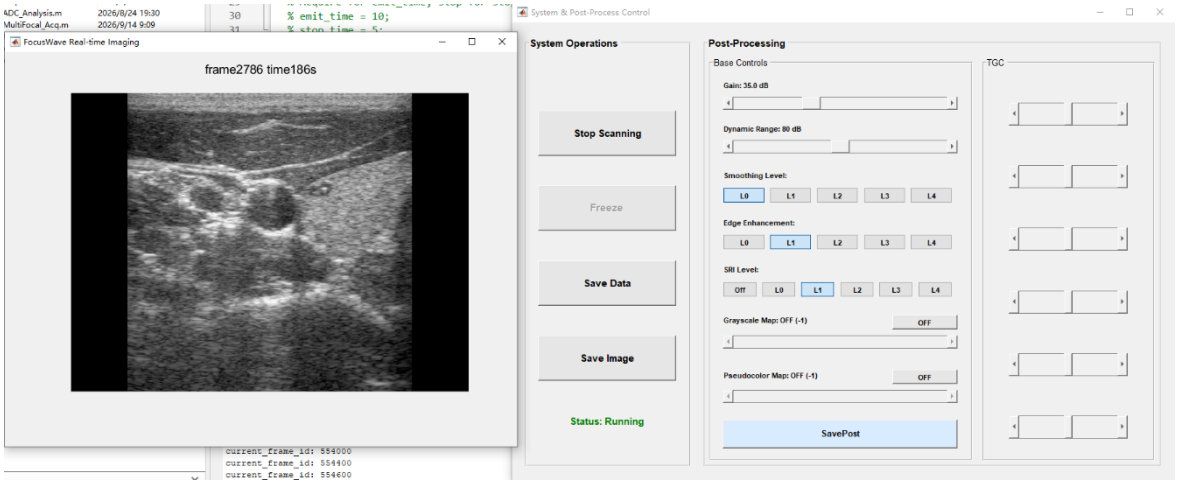
		见下一节）	
Save image	截图保存到当前文件夹	截图保存到数据文件夹	截图保存到数据文件夹

如果 imgshowflag=0，程序开始运行后不会有实时成像的窗口和控制窗口。只支持自动开始保存数据（savedataflag=1），不支持手动开始保存数据（savedataflag=2）。

当 savedataflag=1 或 2，设备运行前会弹出文件夹选择窗口，选择好并确定后，程序会自动获取当前时间并在所选择的文件夹中创建一个名称为当前时间的文件夹，扫查开始后会将数据存储在此文件夹中，数据为从编号 0 开始的 bin 文件，以及采集参数 Param.mat；若 savedataflag = 0，因为不保存数据，则不需要选择文件夹。

imgshowflag 和 savedataflag 除上述的其它设置，程序不会运行。

对于最常用的线阵聚焦波和线阵平面波成像采集脚本，还提供实时后处理和参数调节，



各实时可调节参数意义如下：

Gain：增益/亮度

Dynamic range：显示的对数压缩范围

Smoothing Level：平滑滤波等级，L0-L4 平滑逐渐增强

Edge Enhancement：边缘增强等级，L0-L4 逐渐增强

SRI Level（Speckle Reduction Imaging）：斑点噪声抑制等级，L0-L4 逐渐增强

Grayscale Map：灰阶映射，-1 为不使用，1-15 为 15 种映射表

Pseudocolor Map：伪彩映射，-1 为不使用，1-15 为 15 种映射表

TGC（Time Gain Compensation）：6 段横向滑块（从上至下依次对应浅层到深层），向右滑动变亮，向左滑动变暗。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

7.2 存储机制

参数名	说明
frameN	复合帧数（所有发射序列复合成 1 帧）
timeN	时间/秒数

存储数据量提供了两种方式，分别是帧数和秒数。

如果指定复合帧数（frameN），总 ADC 帧数 = 复合帧数 × 发射序列长度；

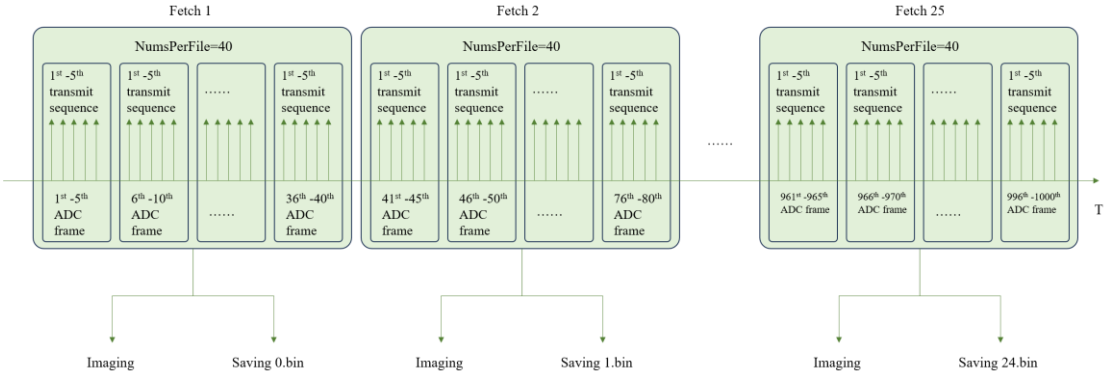
如果指定时间，根据采集时长（秒）和脉冲重复频率（PRF），计算出理论上所需的原始帧数。用理论帧数除以发射序列长度，并向上取整计算出最少需要多少个完整的复合帧才能覆盖这段时间，最后用向上取整后的复合帧数重新计算最终的总 ADC 帧数。

参数名	说明
fetch_frequency	每秒钟数据被打包的次数
NumsPerFile	每包数据含有 ADC 数据帧数

fetch_frequency 和 NumsPerFile 都是可以控制数据接收和存储的参数，两者互斥。如果不需要特别指定，可以将二者注释，程序将采用默认参数计算。

以 PRF=1000，发射序列长度=5 举例说明

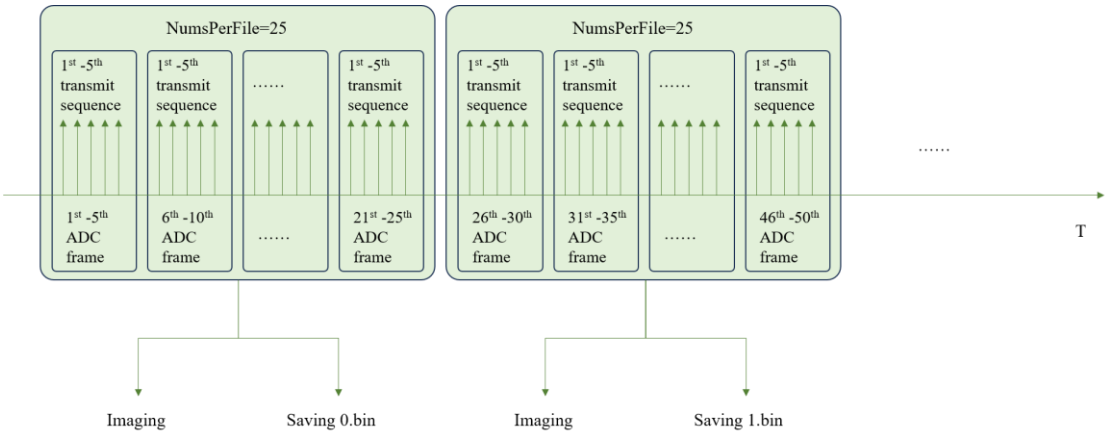
指定 fetch_frequency：



如上图所示，如果指定 fetch_frequency=25，则程序计算出每一次接收 ADC 数据帧数=1000/25=40，包含 40/5=8 个完整发射序列。如果开启了数据存储，则会相应被存储到 bin 文件中。特殊地，如果 PRF/fetch_frequency 的结果不为发射序列长度的整倍数，则会取值相近的发射序列长度的整倍数，以便后续数据处理。

指定 NumsPerFile：

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利



如果指定 NumsPerFile=25，则程序每一次接收 ADC 数据帧数=25，包含 25/5=5 个完整发射序列。如果开启了数据存储，则会相应被存储到 bin 文件中。在平面波和扩散波脚本中，如果 NumsPerFile 不为发射序列长度的整倍数，则会导致实时成像错误。

值得注意的是，由于程序读取的缓冲区的大小有限制，每一次取的数据量不能过大，如果发射序列长度较大，可能导致一次无法取到完整的一次发射序列的数据，此时程序会对 NumsPerFile 进行限制。

7.3 存储参数

如前所述，如果开启了存储，文件夹中除了从编号 0 开始的 bin 文件，还有采集参数 Param.mat（变量为 AcqConfig）。若想查看参数，可以把参数文件移动到 MATLAB 的命令行窗口加载，在 MATLAB 工作区查看。具体的包含的参数和参数含义请参考编程手册。

8 数据解析与成像

8.1 数据格式

每个发射接收事件收到的 1 帧数据，大小为（128+通道数×采样点数×2）字节，其中前 128 字节为数据头（数据头的具体字段请参考附录 2），通道数×采样点数×2 为采样数据（每个采样点为 short 类型，占 2 字节）。bin 文件即将完整的原始数据（数据头+通道数据）原封不动地存储到磁盘的结果。

若要将原始数据解析为常用的[采样点数, 通道数]矩阵，可以先读取采样数据，重塑（reshape）为[通道数, 采样点数]，再调换维度（permute）成[采样点数, 通道数]，最后用 Probe.rx_ele_map 进行通道重排。如果不理解，可以使用提供的下述 GUI。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

8.2 数据查看

查看原始数据可以使用 RawDataViewer 中的 ADCViewer_AMode 或 ADCViewer_MapMode，这两者都会将 bin 读取解析为**[采样点数，通道数，发射序列，复合帧数]**。

ADCViewer_AMode 以一维的形式展现，适用于观察各通道波形，展示的是[:,m,n,p]，即第 m 个通道、第 n 个发射序列、第 p 个复合帧，展示随时间/深度变化的一维信号。

ADCViewer_MapMode 以二维的形式展现，适用于观察全通道信号分布，展示的是[:,:,n,p]，即第 n 个发射序列、第 p 个复合帧，展示所有通道（纵轴）与采样点（横轴）构成的二维信号图

具体使用参见文件夹中的说明书。

8.3 数据转换

用户若想自行对原始数据进行处理和分析，可以使用 RawDataConverter 中的 ADCConverter，会将 bin 读取解析为**[采样点数，通道数，发射序列，复合帧数]**，并保存为 mat 等格式，具体使用参见文件夹中的说明书。

8.4 数据重建成像

如果想进行重建和成像，也可以使用提供的相应的分析脚本（一般是名称中带 Analysis 的脚本），程序将读取数据并进行图像重建。

9 PRF 与帧率

如前所述，脉冲重复频率（PRF）指系统每秒的发射次数，假设系统循环执行的发射序列为 N 条，这 N 条发射序列接收到的原始数据形成 1 帧，那么成像帧率为 PRF/N。

以聚焦波成像和平面波成像为例。

- 聚焦波示例中，若设定 PRF=3000，N=扫描线数=200，那么成像帧率为 PRF/N=3000/200=15；
- 平面波示例中，若设定 PRF=3000，N=角度数量=5，那么那么成像帧率为 PRF/N=3000/5=600.

值得注意的是，在其它参数不变的情况下，PRF 存在上限，该上限主要取决于设备的数据传输带宽。（在 128 通道配置下，系统带宽上限为 3.3 GB/s；在 256 通道下，带宽上限为 6.6 GB/s）PRF 最大值=带宽上限/单帧数据大小。（单帧数据大小如前文所述，为 128+通道数×采样点数×2 字节）

根据公式可以看出，要想获得更高的 PRF，就需要减少单帧数据大小。由于通道数通常固定，主要途径便是减少采样点数，常见做法是**减小成像深度**或**增大降采样倍数**（降低有效采样率）。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

因此，用户通常需要在纵向分辨率与成像帧率之间作出权衡。不过在实际物理特性中，这种矛盾往往能自然互补：

- 发射高频信号时：为保证保真度需要更高的采样率，但高频信号在组织中衰减快，实际探测深度较浅，因而采样点数并不会过大；
- 发射低频信号时：信号穿透力强、衰减慢，需要更深的采样深度，但由于其信号频率较低，无需过高的采样率，采样点数也不会过大。

10 发射波形

必要背景里所介绍的聚焦波与平面波为声场空间波束的类型，主要通过设置不同阵元的发射时间实现；这里要介绍的发射波形，是**换能器阵元的激励信号波形**。

本系统支持多种波形类型，支持任意波发射。系统通过灵活的参数化配置，可以生成从简单到复杂的各种发射信号。

10.1方波

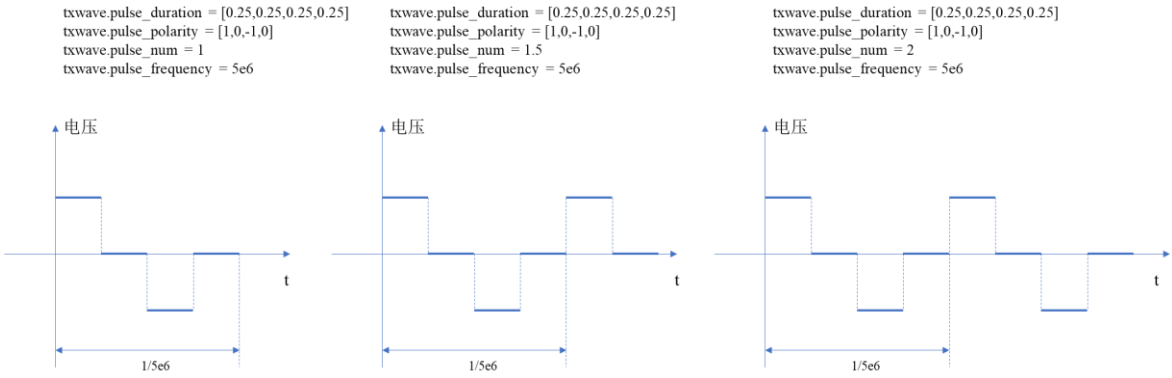
参数	说明
txwave.pulse_type	发射波形，rect:方波
txwave.pulse_level_type	电平类型　A 或 B
txwave.pulse_cw_flag	连续波，1 代表连续波
txwave.pulse_voltage	发射电压 V
txwave.pulse_num	发射周期，支持 1 1.5 ...
txwave.pulse_duration	周期比，0.5 代表半个周期，0.25 代表 1/4 个周期
txwave.pulse_polarity	发射极性，1 代表正波形，-1 代表负波形，0 代表零电平
txwave.pulse_frequency	发射频率 Hz

参数	普通方波例子	五电平方波例子	自定义方波例子
txwave.pulse_type	'rect'	'rect'	'rect_user'
txwave.pulse_level_type	{'A'}	{'A','A','B','B'}	txwave.pulse_level_type{i,1} = {'A','A','B','B'};
txwave.pulse_cw_flag	0	0	
txwave.pulse_voltage	20	[40,40,15,15]	txwave.pulse_voltage{i,1} = [40,40,20,20];
txwave.pulse_num	2	1	txwave.pulse_num{i,1} = 1.5
txwave.pulse_duration	[0.5,0.5]	[0.25,0.25,0.25,0.25]	txwave.pulse_duration{i,1} = [0.5,0.5];
txwave.pulse_polarity	[1,-1]	[1,-1,1,-1]	txwave.pulse_polarity{i,1}= [1,-1,1,-1];

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

txwave.pulse_frequency	5e6	5e6	txwave.pulse_frequency{i,1} =5e6;

- txwave.pulse_type 如果为'rect'，不需要每个通道都进行配置，如果为'rect_user'，则需要每个通道都进行配置
- txwave.pulse_level_type 和 txwave.pulse_voltage 数量必须对应，如果只设置单电压，则可为'A'或'B'。
- txwave.pulse_num 支持 0.5 的倍数且最小为 1。
- txwave.pulse_duration 和 txwave.pulse_polarity 数量必须对应，且 txwave.pulse_duration 的和必须为 1。txwave.pulse_duration 和 txwave.pulse_polarity 定义的波形为 1 周期的波形，完整波形还由 txwave.pulse_num 决定，txwave.pulse_num 只能为 0.5 的倍数且最小为 1，如果 txwave.pulse_num 大于 1，则波形会按照 1 个周期内的规律延伸。



10.2 正弦波

参数	说明	例
txwave.pulse_type	发射波形，sin:正弦波	'sin'
txwave.pulse_level_type	电平类型 C	{'C'}
txwave.pulse_voltage	发射电压 V	20
txwave.pulse_num	发射周期，支持 1 1.5 ...	2
txwave.pulse_frequency	发射频率 Hz	5e6

10.3 chirp

参数	说明	例
txwave.pulse_type	发射波形	'chirp'
txwave.pulse_voltage	发射电压 V	20
txwave.pulse_num	发射周期	10
txwave.pulse_frequency	发射频率 Hz	[2e6,10e6] 第一个值是起始频率，第二个值是结束频率

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

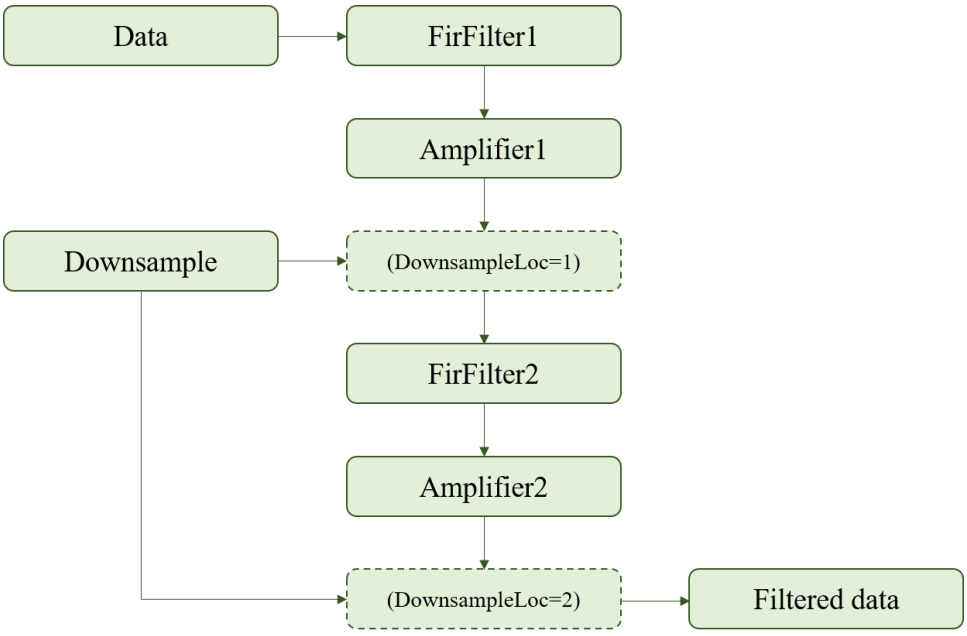
10.4自定义任意波发射波形

参数	说明	例
txwave.pulse_type	发射波形	'linear_user'
txwave.pulse_voltage	发射电压 V	大小为 channel 的数组
txwave.pulse_frequency	发射频率 Hz	txwave.pulse_frequency{i,1} = 7.5e6;
txwave.wave_shape	发射波形	每个通道的 wave_shape 都是一个时间序列，以 1/250M 为时间分辨率
txwave.pulse_num	发射周期	txwave.pulse_num{i,1}=2

11 降采样与滤波器

内置降采样和两级滤波器，以下是相关参数说明和数据流图示

参数	说明
DownsampleM	降采样倍数，最小为 1（即不降采样），最大为 16，仅支持整数倍降采样，降采样后的采样频率为 125MHz/ DownsampleM，如降采样=2，采样频率为 62.5 MHz
DownsampleLoc	降采样位置（1 或 2），1 表示第一级滤波器后降采样，2 表示第二级滤波器后降采样
FirFilter.Fir_coef1	第一级滤波器参数（65 阶）
FirFilter.Fir_amp1	第一级放大系数（数值为 0-16，0 输出原数据，1 放大 2 倍，2 放大 4 倍，3 放大 8 倍…）
FirFilter.Fir_coef2	第二级滤波器参数（64 阶）
FirFilter.Fir_amp2	第二级放大系数（数值为 0-16，0 输出原数据，1 放大 2 倍，2 放大 4 倍，3 放大 8 倍…）



© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

- 两级滤波器相互独立，可使用其中一级 或 两级都使用 或 都不使用。（注释为不使用，不注释为使用）
- 滤波器（FirFilter）后有数据放大（Amplifier），如果配置滤波器必须配置数据放大
- 如果使用降采样，则必须配置低通滤波器，且降采样要位于低通滤波器后（Nyquist 定律）
- 可以改变截止频率修改滤波范围

Example:

```
% Downsampling parameter, 1 = no downsampling, max 16x
DownsampleM = 4;
% Downsampling position: 1 = downsample after Fir_coef1, 2 = downsample after Fir_coef2
DownsampleLoc = 2;
% 64th-order FIR high-pass filter coefficients, not used if not configured
FirFilter.Fir_coef1 = fir1(64, 1/(sysrate/2/1e6), 'high', hamming(65));
% Data amplification, 0-16, 0 = original data, 1 = 2x amplification...
FirFilter.Fir_amp1 = 8;
% 63rd-order FIR low-pass filter coefficients, not used if not configured
FirFilter.Fir_coef2 = fir1(63, 15/(sysrate/2/1e6), 'low', hamming(64));
% Data amplification, 0-16, 0 = original data, 1 = 2x amplification...
FirFilter.Fir_amp2 = 7;
```

降采样倍数为 4，在第二级滤波器之后降采样，降采样后的采样频率为 125/4=31.25MHz；使用两级滤波器，第一级为 1M 以上的高通滤波，数据放大 256 倍，第二级为 15M 以下的低通滤波，数据放大 128 倍。

12 模拟增益

配置将影响 ADC 数据（注释则不配置）

参数	名称	解释
atgc_depth	模拟增益深度	单位：m
atgc_value	深度对应增益(dB)	单位：dB，范围为[-40,0]

注：每个数组元素数量无要求，保证 atgc_depth 与 atgc_value 数量相同即可，每两个数值间采用线性渐变。

Example:

```
atgc_depth = [0 0.01 0.02 0.03 0.04];       % Depth (m)
atgc_value = [-25 -20 -15 -10  -5];         % Gain corresponding to depth (dB)
```

深度为 0 增益为-25dB，深度为 0.01m 增益为-20dB，深度为 0.02m 增益为-15dB，…

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

13 前置放大

一些应用场景中（如光声），原始信号比较微弱，设备内置的信号放大无法满足需求，利影可提供带前置放大器的转接板，进一步放大信号。若使用带有前置放大器的转接板，则需要在 function 文件夹中的 helper_ConfigureDevice 额外设置：

```
    % Preamplifier Board - Ultrasound
%     calllib(sdkName, 'set_device_en', uint8(1), uint8(0), uint8(0));
    % Preamplifier Board - Photoacoustic
%     calllib(sdkName, 'set_device_en', uint8(1), uint8(1), uint8(1));
    % Normal
    calllib(sdkName, 'set_device_en', uint8(0), uint8(0), uint8(0));
```

普通转接板默认使用 Normal 下一行代码配置；

若使用带有前置放大的转接板，且使用超声脚本，请将 `Preamplifier Board - Ultrasound` 下一行代码取消注释，将 Normal 下一行代码注释；

若使用带有前置放大的转接板，且使用光声脚本，请将 `Preamplifier Board - Photoacoustic` 下一行代码取消注释，将 Normal 下一行代码注释。

14 内控与外控

当设备运行时自行发射与接收数据，称为**内控**/内触发模式；当设备根据外部其它设备进行发射与接收数据，称为**外控**/外触发模式。

当用户需要设备与其它设备进行联动，可使用**内控+触发输出**或者使用**外控模式**。

设备有 5 个输入/输出端口（详见设备说明书）。当设备为内控模式，5 个端口皆可作为触发输出端口，且最多可同时设置 5 个触发输出；当设备为外控模式，5 个端口皆可作为触发输入端口，但是仅接受 1 个触发输入。

脚本默认为内控模式，且默认不对外输出触发。

14.1 设置触发输出

触发输出的相关参数说明

参数	说明
trigger_out	激活的触发输出端口，数值范围为 1-5，对应设备后方 5 个端口
trigger_out_width	激活的触发输出端口对应的输出脉宽（单位：微秒）（范围：不能超过两次发射的间隔时间）
trigger_out_delay	激活的触发输出端口输出的相对延迟（0 表示与超声同时刻，正数表示延迟，负数表示提前） （单位：微秒，范围：-32000 至 32000）

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

trigger_out_sequence	触发输出的发射序列

触发输出只有内控模式支持，输出的触发为 5V ttl

全部注释时即没有触发输出，需要触发输出时至少需要指定 trigger_out、trigger_out_width、trigger_out_delay，三个数组大小需要一致

Example:

```
trigger_out = [2 3];
trigger_out_width = [20 30];
trigger_out_delay = [0 10];
```

激活的触发端口为第 2 和第 3 端口，第 2 端口输出脉宽为 20 微秒，延迟为 0 微秒，第 3 端口输出脉宽为 30 微秒，延迟为 10 微秒。

trigger_out_sequence 注释时默认全部发射序列都有触发输出，如果只需某些发射序列有触发输出，可以通过 trigger_out_sequence 指定。

14.2 设置外控模式

```
trigger_mode = 1;   % 0 for internal trigger, 1 for external trigger

trigger_in = 1;     % If trigger_mode = 1, a trigger input must be specified.
% Range: 1-5, corresponding to Trigger 1-5 on the back of the device.
```

5 个端口皆可作为触发输入端口，但是仅接受 1 个触发输入，选定好使用的端口后，将 trigger_in 设定为使用的端口数字，接受的触发输入为 5V ttl，脉宽要求为 1 微秒，系统识别上升沿。

程序下发发射序列后，若无触发输入，则一直等待，直到接收到触发输入。1 个触发输入执行 1 条发射序列，即发射与接收数据。外控模式下设置 PRF 或 PRT 不生效，采集频率取决于触发输入的频率，如 1 秒输入 1000 个，则系统发射与接收数据 1000 次，但是触发输入的频率不能超过系统带宽允许的最大发射频率。

15 多路复用

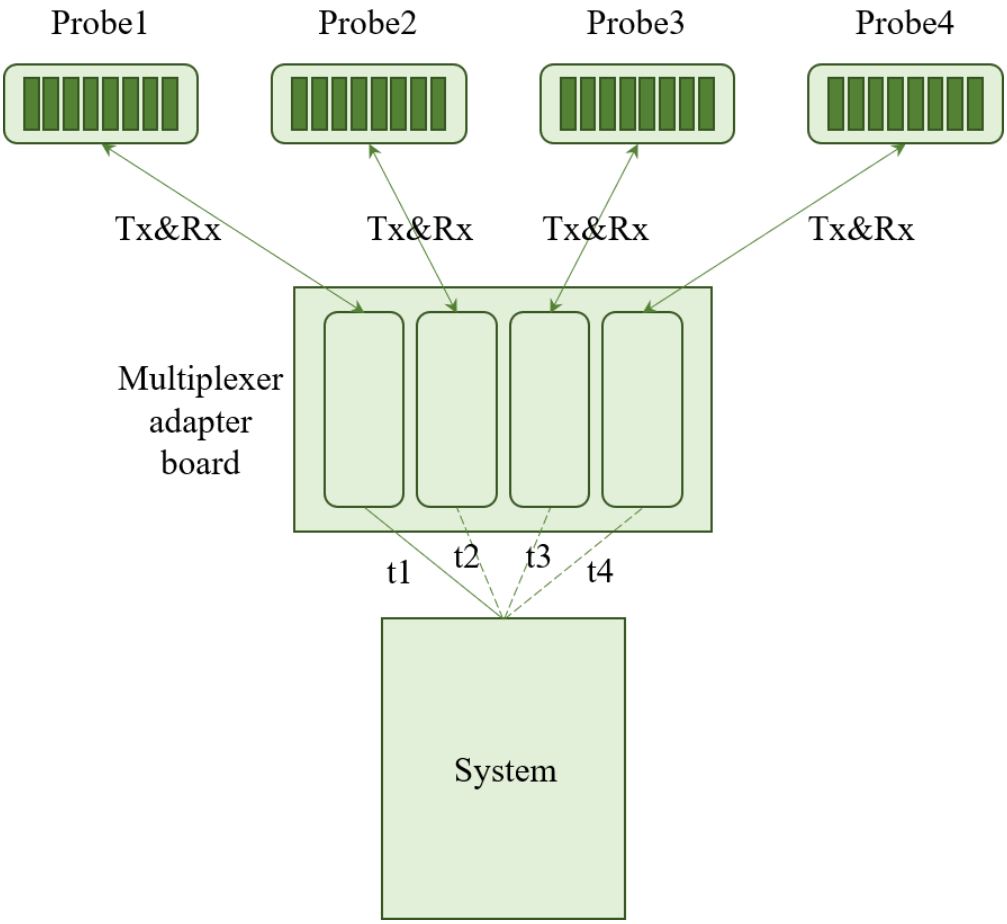
仅在使用多路复用转接板需要了解

超声探头阵元数量（如 512 或 1024）或超声探头数量有时远超系统物理通道数（如 256），受限于成本、功耗及带宽，无法做到全并行连接；因此必须通过多路复用（MUX）将多个阵元时分复用到同一通道上，以硬件复杂度换取通道规模与系统成本的平衡。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

15.1 设置发收同路

发收同路：即每次发射与接收都使用同一路，一般适用于多个探头同时成像或者光声成像（不需要发射）



以上图为例子，图中指向第一个子模块的 t_1 为实线，表示当前时刻系统处于 t_1 状态，多路复用板将主系统与 Probe 1 接通，此时只有 Probe 1 在进行发射与接收（Tx&Rx）工作。t_2, t_3, t_4 为虚线，表示在其他对应的时间段内，系统会依次断开前一个连接，并分别接通 Probe 2、Probe 3 或 Probe 4。

代码设置发收同路：

```
mux = 0;     % When a standard adapter board is installed on the device, mux = 0.
                % When a multiplexer adapter board is installed,
                % mux is an array representing the active ports.
                % For example, if ports 1, 2, and 3 are used, mux = [1, 2, 3].
```

多路复用转接板上不同的转接口标识不同的数字，使用相应的转接口便把对应数字写进 mux 数组。

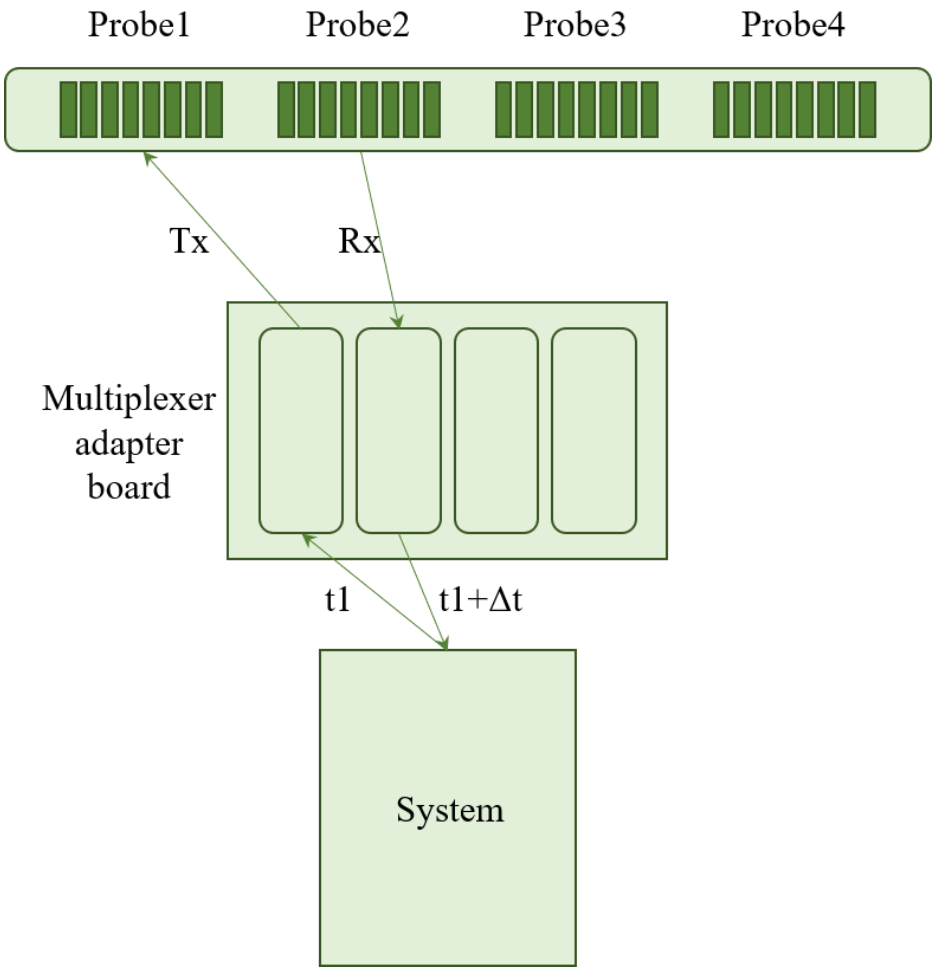
注释状态和赋值为 0 都代表不使用多路复用。

脚本默认不同转接口使用相同的探头，执行相同的发射序列。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

15.2 设置发收不同路

发收不同路：即发射与接收不使用同一路，一般适用于超声 CT



在此模式下，多路复用适配板需要对发射（Tx）和接收（Rx）进行物理通道和时序上的独立控制，以上图为例子，在某次发射与接收中：主系统在 t_1 时刻触发发射，此时适配板连接 MUX1（连接 Probe 1） 用于输送高压发射脉冲（Tx）。发射完成后，系统内部进行开关状态的物理切换。经过 Δt ，适配板在 $t_1 + \Delta t$ 时刻连接 MUX2（连接 Probe 2） 并切换为接收状态（Rx），主系统开始接收来自 Probe 2 的信号。

代码设置发收不同路：

需要在每个 AcqConfig.Tx.sequence 中配置 mux_sequence（路径控制）和 mux_delay（时刻控制）两个参数

```
AcqConfig.Tx.sequence{idx}.mux_sequence = [mux1 mux2 mux3 …];
AcqConfig.Tx.sequence{idx}.mux_delay = [2 13 100 …];
```

mux_sequence 配置要求与含义：

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

mux_sequence 表示这条发射序列的切换端口和顺序，如 mux_sequence = [mux1 mux2 mux3] 表示这条发射序列执行过程中从 mux1 切换到 mux2，再从 mux2 切换到 mux3。多路切换最多只支持切换 5 次（即 mux_sequence 长度最大为 5）。

mux_delay 配置要求与含义：

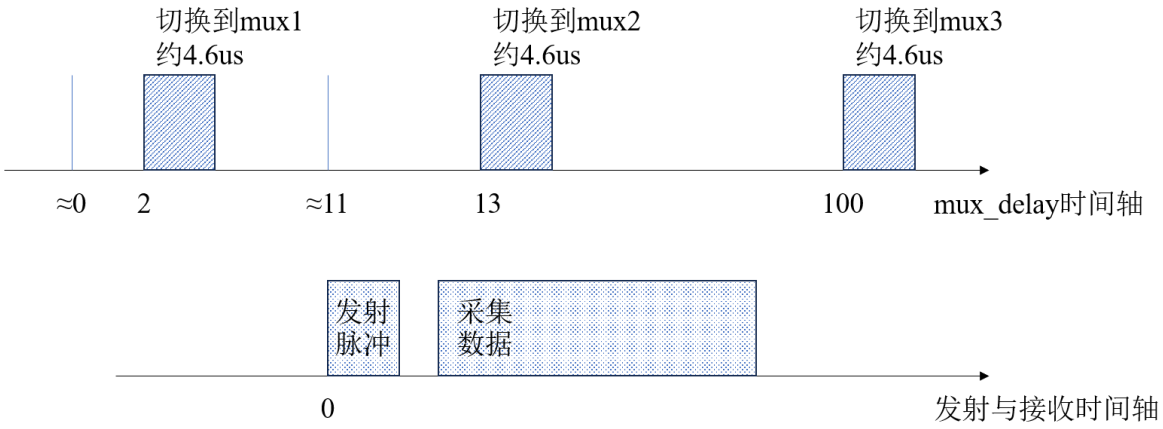
mux_delay 单位为微秒。**mux_delay 定义的是具体切换的时刻（不是切换的持续时间）**。以上的例子表示 2 微秒时开始切换到 mux1，13 微秒时开始切换到 mux2，100 微秒时开始切换到 mux3。

注意：

mux_delay=0 并非发射脉冲的瞬间，而是发射前约 11 微秒（假定配置的发射脉冲的 delay 为 0）。

mux 切换时，会在接通的通道上形成一个近 10V 的电平台阶，持续时间约 3us，从信号上升沿到台阶结束约为 4.6us。为了减少台阶对阵元形成激励产生信号，可在上一条发射序列采集结束后，切换到下一次 mux 的发射位置（即 AcqConfig.Tx.sequence{idx}. mux_sequence 的最后一个值为 AcqConfig.Tx.sequence{idx+1}.mux_sequence 的第一个值）。

为了更好地理解以上例子与注意事项，下图为具体的时刻时间与系统执行的操作。



特别地，如果前后两个 mux 值相等，如 mux1=mux2，或上一条序列最后一个 mux 与这一条序列的第一个 mux 相同，则设备不会发生物理意义上的切换，也即不会产生切换的台阶信号。

16 文件夹说明

以下仅对每个文件夹的脚本作大致说明，具体使用请参见每个文件夹中的说明书。

FocusWave（聚焦波）

此文件夹下为**超声聚焦波成像**相关脚本，支持采集原始通道数据、实时显示图像、数据回放内有 Linear 文件夹（支持线阵探头）、Convex 文件夹（支持凸阵探头）、Phase 文件夹（支

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

持相控阵探头）。

PlaneWave（平面波）

此文件夹下为**超声平面波成像**相关脚本，支持采集原始通道数据、实时显示图像、数据回放（重建）、数据后处理等。

内有 Linear 文件夹（支持线阵探头）、Convex 文件夹（支持凸阵探头）、RCA 文件夹（支持行列寻址探头）。

DivergingWave（扩散波）

此文件夹下为**超声扩散波成像**相关脚本，支持采集原始通道数据、实时显示图像、数据回放（重建）。

内有 Linear 文件夹（支持线阵探头）、Phase 文件夹（支持相控阵探头）。

PA（光声）

此文件夹下为光声成像相关脚本，支持采集原始通道数据、实时显示通道数据、数据回放（重建）、数据后处理等。

注意：使用此文件夹的脚本需要有相关实验条件（如激光器）

Simulation（仿真）

此文件夹为超声仿真脚本（不涉及采集数据和数据重建），便于使用者理解超声原理和选择参数。

Function

此文件夹含有其它文件夹脚本中调用的函数

Lib

此文件夹含有其它文件夹脚本中调用的库

RawDataViewer

原始数据查看工具

RawDataConverter

原始数据转换工具

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

附录 1. Pinmap（引脚映射）说明

Pinmap（引脚映射表）是连接探头物理阵元与**系统硬件通道**的“地图”。它规定了系统上的每一个通道，具体对应到探头接口的哪一个物理引脚（Pin）上。

以 260 接口、128 通道的系统为例：

下图是 260 接口 128 通道的 Pinmap

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
A	GNDSNS	AGND	ID_PDAT	ID_PCLK	ID_PSEL	ID_PWEN	ID_PPWR	AGND	AGND	AGND	A
B	AGND		PRE_EN		KEY1	KEY2	LED1	LED2		AGND	B
C	AGND									AGND	C
D	AGND	DO	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	AGND	D
E	AGND	VPP	VHH	VDD		MLE	MCLK		AGND	AGND	E
F	AGND	12V	12V							AGND	F
G	AGND									AGND	G
H	AGND									AGND	H
J	AGND									AGND	J
K	AGND	E93	E94	E95	E96	E97	E98	E99	E100	AGND	K
L	AGND	E92	E91	E90	E89	E104	E103	E102	E101	AGND	L
M	AGND	E85	E86	E87	E88	E105	E106	E107	E108	AGND	M
N	AGND	E84	E83	E82	E81	E112	E111	E110	E109	AGND	N
P	AGND	E77	E78	E79	E80	E113	E114	E115	E116	AGND	P
R	AGND	E76	E75	E74	E73	E120	E119	E118	E117	AGND	R
S	AGND	E69	E70	E71	E72	E121	E122	E123	E124	AGND	S
T	AGND	E68	E67	E66	E65	E128	E127	E126	E125	AGND	T
U	AGND	E4	E3	E2	E1	E64	E63	E62	E61	AGND	U
V	AGND	E5	E6	E7	E8	E57	E58	E59	E60	AGND	V
W	AGND	E12	E11	E10	E9	E56	E55	E54	E53	AGND	W
X	AGND	E13	E14	E15	E16	E49	E50	E51	E52	AGND	X
Y	AGND	E20	E19	E18	E17	E48	E47	E46	E45	AGND	Y
Z	AGND	E21	E22	E23	E24	E41	E42	E43	E44	AGND	Z
AA	AGND	E28	E27	E26	E25	E40	E39	E38	E37	AGND	AA
BB	AGND	E29	E30	E31	E32	E33	E34	E35	E36	AGND	BB
CC	AGND	AGND		RT1	RT2			RTGND	AGND	AGND	CC
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	

其中，Ei 为第 i 个通道，E1-E128 对应第 1 通道-第 128 通道

要实现“第 i 个阵元”由“第 i 个系统通道”控制，硬件上的物理连接必须遵循以下路径：

探头第 i 阵元→经过探头的内部排线→连接到接口的 Ei 引脚→探头插入转接口→Ei 引脚→经过系统的内部排线→连接到系统的第 i 通道

（因此，Pinmap 是提供给探头厂家的加工依据，要求厂家按照该映射关系进行内部排线，确保各阵元与引脚准确对应）

对于自制探头，亦有相应的 Pinmap 指示，按照对应的指示连接转接板端口和相应阵元即可。

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利

符合 Pinmap 的探头：在 Probe_para 中定义的 Probe.tx_ele_map 和 Probe.rx_ele_map 即可使用默认配置

不符合 Pinmap 的探头：如果在制作探头时没有按照 Pinmap（或是已有的探头不符合 Pinmap），如将第 1 阵元连接到了 E2 通道，那么硬件关系就错位了。此时，虽然探头依然可以工作，但必须在配置中修改 Probe.tx_ele_map 和 Probe.rx_ele_map，将错位的索引调换，以纠正这种物理错位。

不确定符合不符合 Pinmap 的探头：可以先使用默认的 Probe.tx_ele_map 和 Probe.rx_ele_map，查看通道信号是否正常。（售后工程师可提供支持）

注：如果是 Verasonics 上正常使用的探头，一般符合 Pinmap。

附录 2. 数据头说明

128 字节的数据头从前到后的字段如下表：

名称	数据位数/bit	说明
modetype	无符号 4bit	B\C\D…模式，B 为 0，C 为 1，D 为 2
sln	无符号 12bit	线号，一般用于判断这 1 帧数据是发射序列第几帧，如配置了 128 条发射序列，则 sln 为 0、1、2…127
frame	无符号 16bit	帧号，即形成一幅图像的帧号，假设空间复合需要三帧图像，则序列中的帧号为 0、1、2
scanlength	无符号 16bit	接收的 ADC 数据的采样点数
framestart	无符号 1bit	帧起始位置，为 1 时代表帧开始位置
frameend	无符号 1bit	帧结束位置，为 1 时代表帧结束位置
pulsetype	无符号 4bit	正反脉冲类型，正脉冲为 0，负脉冲为 1
beam	无符号 4bit	波束数，接收波束数
packsize	无符号 6bit	血流包数或者谐波数，假设为谐波，正脉冲为 0，负脉冲为 1，血流即是正常包数，或者自定义
frame id	无符号 32bit	FPGA 上传的数据序号，第 1 帧数据为 0，第 2 帧数据为 1...
timeinfo	无符号 64bit	FPGA 上传的时间戳，用于判断数据间的采集时间
reserved	保留 N bit	扩展位

© 浙江利影医疗科技有限公司 • 保留所有权利