

Dhyana 相机外触发说明

1. 外触发硬件接口定义

外触发硬件接口共有 4 个，其定义如表 1 所示，包含了一个触发输入，三个输出指示信号。

外触发接口编号	功能与定义
TRIG.IN	ISO0_IN 触发输入
TRIG.OUT1	ISO0_OUT 图像读出信号
TRIG.OUT2	ISO1_OUT 全局曝光信号
TRIG.OUT3	ISO2_OUT 曝光开始信号

表 1 外触发硬件接口定义

采用的外触发硬件接口示意图如图 1 所示。

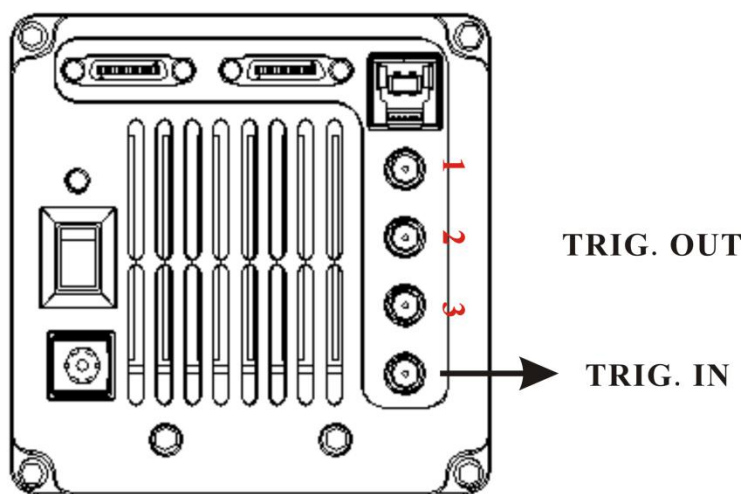


图 1 外触发硬件接口

2. 外触发和信号输出电路以及时序的关系

外触发输入及输出电路图如图 2 和图 3 所示。

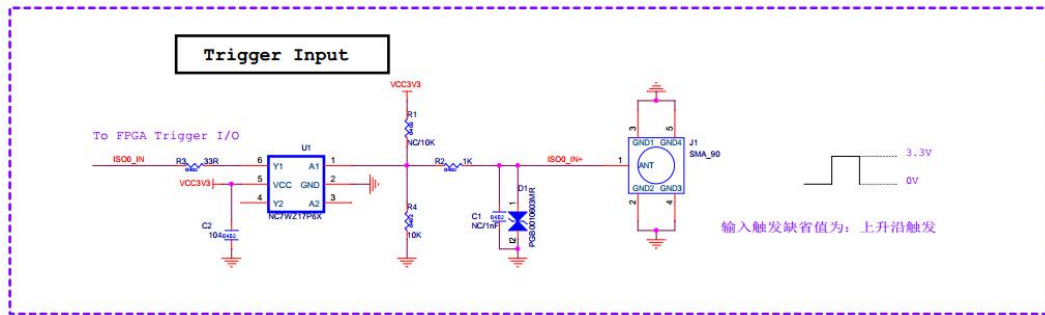


图 2 外触发输入电路图

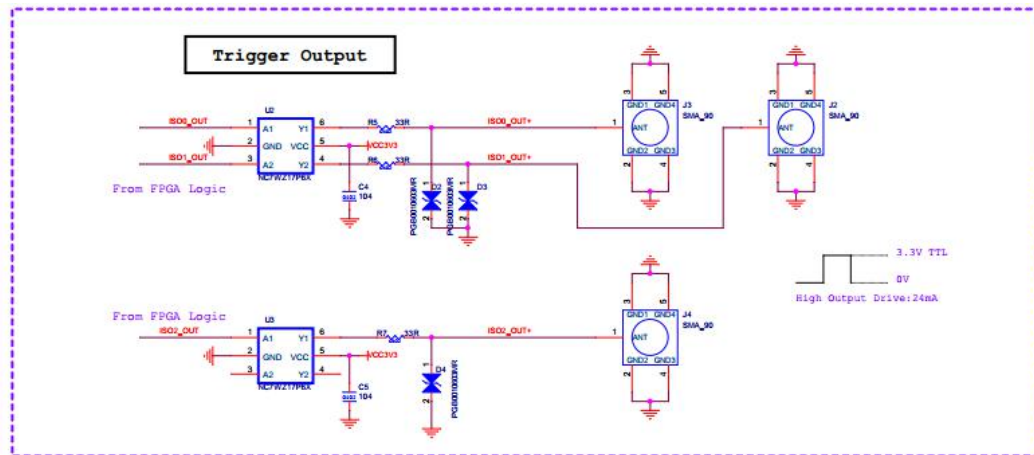


图 3 外触发输出电路图

外触发输入脉冲、输出指示信号与相机曝光时序之间的关系如图 4 所示（以上升沿电平，标准触发模式为例）。

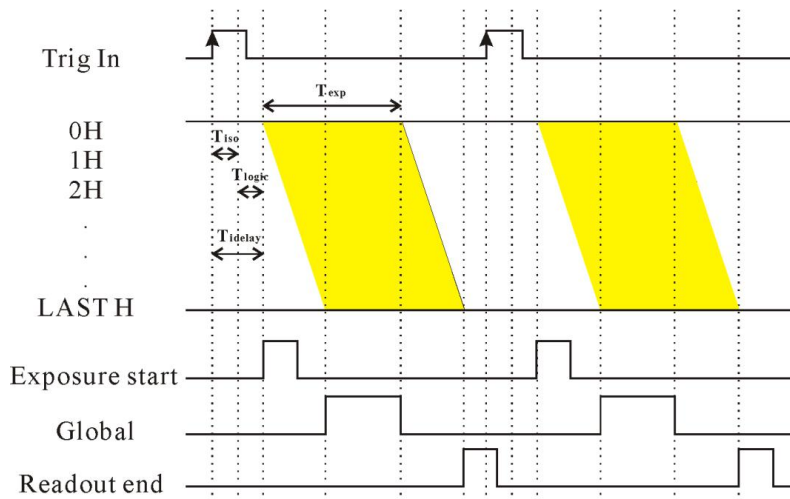


图 4 外触发输入输出时序图

当外触发电平信号到来时，首先经过硬件电路时会有延迟 T_{iso} (纳秒级别的延时，这是由硬件延时决定的)。

经过硬件电路延迟后，输入到相机内部的电平信号经过转换，有一定的逻辑

延迟 T_{logic} ，这个值范围为 0~1 个最小曝光单位 T_{line} 。相机的最小曝光单位为一行图像的曝光时间 T_{line} ($0\mu s \sim 21\mu s$ ，Dhyana 95 为 $21\mu s$)。即逻辑延迟时间范围会在 $0\sim 21\mu s$ 。

总的来说，外部触发输入到曝光开始的总延迟 $T_{idelay}=T_{iso} + T_{logic}$ 。当外触发电平信号到来时，经过一段延时 T_{idelay} 后，开始进行曝光。

对于三个输出信号，意义如下：

TRIG.IN(输入)：相机接收触发脉冲信号。

TRIG.OUT1 (图像读出信号)：选择图像读出终止信号时，OUT1 接口将会输出从最后一行开始读出的指示电平信号，脉宽默认 5ms，可配置。

TRIG.OUT2 (全局曝光信号)：选择全局曝光信号时，OUT2 接口将会输出：最后一行开始曝光至第一行结束曝光的指示电平信号(曝光时间需大于帧时间)。

TRIG.OUT3(曝光开始信号)：选择曝光开始信号时，OUT3 接口将会输出从第一行开始曝光的指示电平信号，脉宽默认 5ms，可配置。

三种输出信号默认是始终开启状态，相机将电平信号输出给第三方设备作为其输入信号。三种信号可以同时输出到不同设备。

3. 外触发输入模式说明

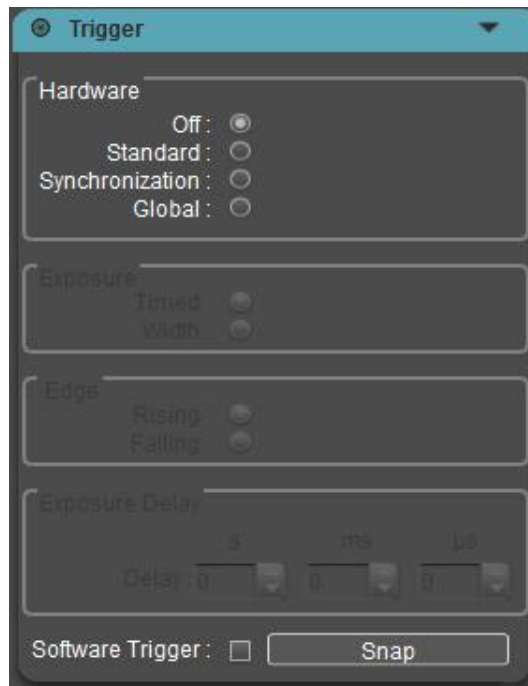


图 5 Mosaic 软件触发设置界面

3.1 外触发模块简介

图像输出有两种输出方式：流模式和帧模式。

流模式：即实时预览模式，是以数据流为输出方式。在流中嵌入图像数据。图像像流水一样循环输出。

帧模式：即外部触发模式，外部来一个触发脉冲信号，相机就拍摄一张图像，是以帧为单位，通过触发信号来输出图像，分硬件触发（Hardware）和软件触发模式（Software Trigger）。

硬件触发模式（Hardware）包含标准（Standard）、同步（Synchronization）和全局（Global）三种模式。

3.2 API 介绍

外触发的 API 介绍请见 TUCAM-API 开发指南。

3.3 外触发功能详细说明

3.3.1 Off（关闭模式）

表示关闭外触发模式，相机以流模式运行。在该模式下，曝光时间根据软件手动设置或自动曝光设置，帧频的设置为连续成像。

3.3.2 Standard（标准模式）

标准触发模式有两种类型：电平触发模式和边缘触发模式。

电平触发模式下，通过输入外部触发信号电平的上升或者下降来控制曝光的开始和结束，**曝光时间长短则由电平的持续时间来决定**。电平触发模式存在着 Trigger ready output，常用来拍摄静止或者缓慢运动的物体。

边缘触发模式下，则是通过在**软件界面上直接设置曝光时间的长短**。在使用的时候要注意触发信号的每个脉冲周期的时间（脉宽+脉冲间隔）必须大于或等于每一帧图像输出所用的总时间（即帧率的倒数，包含延时时间、曝光时间和读出时间），才能保证一帧图像是完整无误的。

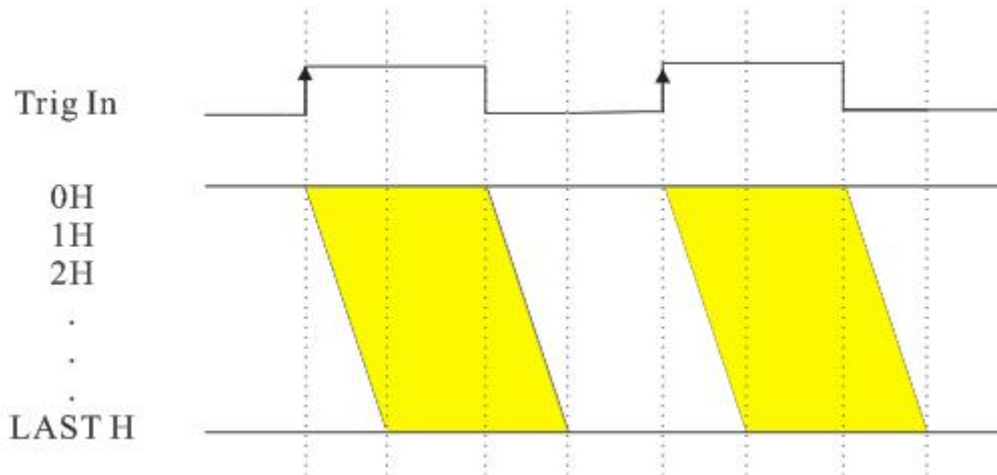


图 6 标准模式 (width/rising)

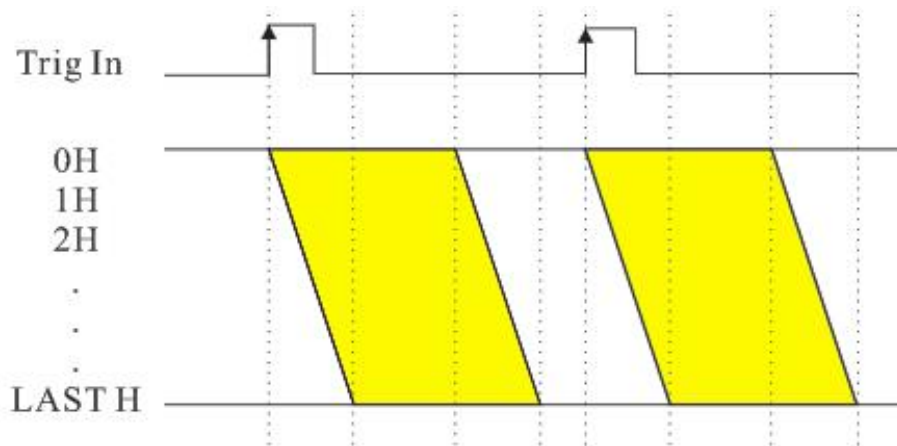
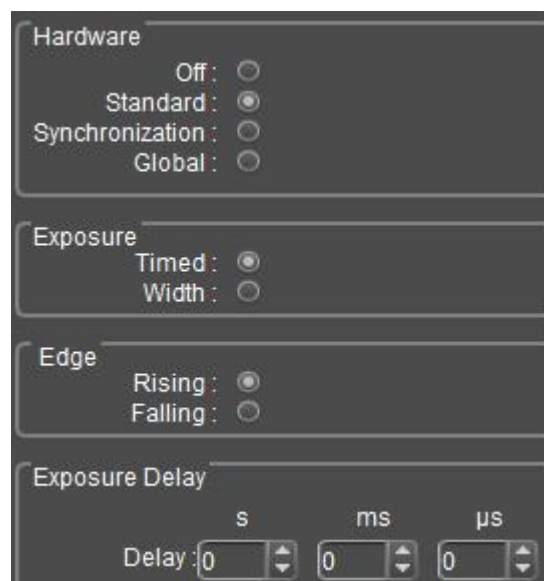


图 7 标准模式 (timed/rising)

选择 Standard 模式后，当相机接收到电平信号后（由激发电平信号 Edge 决定）开始进行曝光，曝光输出帧数由曝光时间、脉冲周期、脉冲数量共同决定。

Standard Mode 包含以下几个配置模块：



(1) Exposure (曝光时间)

Timed(定时曝光时间): 选中该选项后, 接收到触发信号后, 曝光时间由软件设置的 **Exposure Time** 所决定;

Width(脉宽): 选中该选项后, 接收到触发信号后, 曝光时间由脉冲的宽度所决定;

(2) Edge (激发电平信号)

Rising (上升): 表示触发信号为上升沿开始曝光;

Falling (下降): 表示触发信号为下降沿开始曝光;

注: 在曝光未结束时, 对于新来的脉冲信号均屏蔽掉。

(3) **Delay (曝光延迟)**: 表示接收到一个触发信号后, 可以设置多长的延迟时间才使相机进行触发曝光。是对每一张输出的图像进行延时。延迟范围为 0-10s

触发信号的每个脉冲周期的时间 (脉宽+脉冲间隔) 必须大于或等于每一帧图像输出所用的总时间 (即帧率的倒数, 包含延时时间、曝光时间和读出时间), 才能保证一帧图像是完整无误的。

若触发信号的每个脉冲周期的时间 (脉宽+脉冲间隔) 小于每一帧图像输出所用的总时间, 则在一帧图像未输出前会屏蔽下一个脉冲, 导致输出帧数比脉冲数量少。一个脉冲过程中, 图像读出的时间等于一行图像的曝光时间乘以总行数, 从第一行曝光结束后开始逐行读出。

比如 Dhyana 400BSI 相机的最高帧率 35fps (Dhyana 400BSI V2.0 的最高帧率为 40fps@USB3.0, 74fps@cameralink), 则每帧时间 $1000/35 \approx 29\text{ms}$, 此时若设置脉冲周期 10ms, 脉冲个数 10 个, 则在进行第一张图曝光时, 会屏蔽第二、三个脉冲 (总时间 30ms), 然后输出第一张图; 第四个脉冲开始第二张图曝光, 屏蔽第五、六个脉冲, 然后输出第二张图; 最终结果是输出 4 张图。

在正常情况下, 输出的每张图像之间的时间间隔就是每个脉冲周期的间隔。从接收到触发信号到输出一张图像的时间介于 “每一帧图像读出所用的总时间” 和 “每个脉冲周期的时间” 之间。

3.3.3 Synchronization (同步模式)

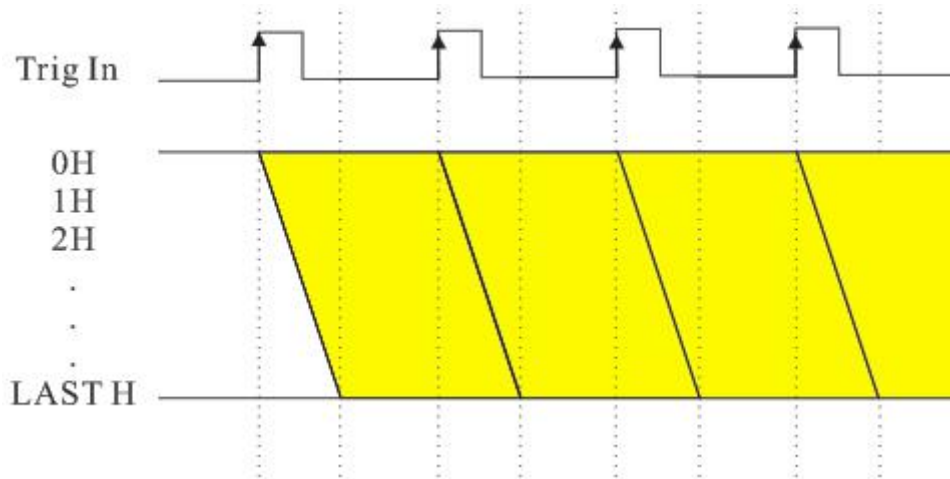


图 8 同步模式（上升沿脉冲为例）

选择该模式后，当相机接收到某电平信号后（类型由 Edge 决定）开始进行曝光拍摄，当收到下一个电平信号后，结束曝光、开始读出并开始新一轮曝光，以此类推，即实现每一帧的开始曝光与读出均与外触发信号完全同步。

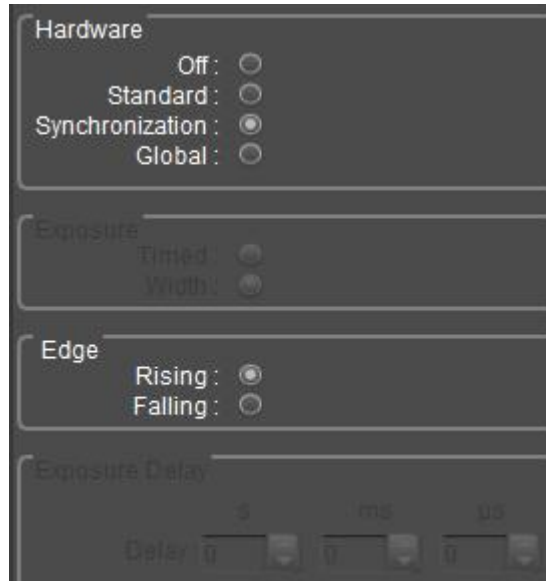
对于该模式，**曝光时间的长短只能由电平的周期来决定**。进入该模式第一次触发时，若是单脉冲，第一次不出图，第二次才会有图像生成；若是多脉冲，第一次触发，会比预设的少一帧，第二次触发才会等于预设的帧数。该模式对共聚焦显微成像非常有用，如可以实现相机的曝光时间和转盘共聚焦转速的同步控制，以消除不均匀光的影响。

3.2. 同步触发模式

同步触发模式（以上升沿脉冲为例）

该模式对共聚焦显微成像非常有用，如可以实现相机的曝光时间和转盘共聚焦转速的同步控制，以消除不均匀光的影响。

对于该模式，**曝光时间选项默认为电平宽度决定，只能进行 Edge 配置。**



Edge: 对开始进行曝光操作的触发响应电平沿的类型进行配置。

Rising:选中该选项后，接收到的触发电平处于上升沿时开始曝光；

Falling: 选中该选项后，接收到的触发电平处于下降沿时开始曝光；

注: 所有的模式在曝光未结束时，对于新来的触发均设置为无效。

假设外部脉冲信号的脉宽大小为 T_1 ，脉冲之间的间隔为 T_2 ，则该模式图像的曝光时间等于 T_1+T_2 。以 Dhyana 400BSI 相机为例，帧率 35fps,则每帧的图像大概为 29ms，则发送的脉冲 T_1+T_2 要大于或者等于 29ms，保证每一帧能有足够的时间曝光结束并读出。当 T_1+T_2 小于 29ms，在第二个脉冲到来时，第一帧图像还没全部读出，所以第二个脉冲信号无效。

进入该模式第一次触发，若是单脉冲，第一次不出图，第二次才会有图像生成；若是多脉冲，第一次触发，会比预设的少一帧，第二次触发（不点击 apply 或者做 ROI，做 ROI 会做一次 apply 操作）才会等于预设的帧数；原因是相机接收到某电平信号后开始进行曝光拍摄，当收到下一个的电平信号后，结束曝光、读出并开始新一轮曝光，当点击 apply，相当于第一次进入该模式，需要一个电平信号后开始进行曝光拍摄。

3.3.4 Global (全局模式)

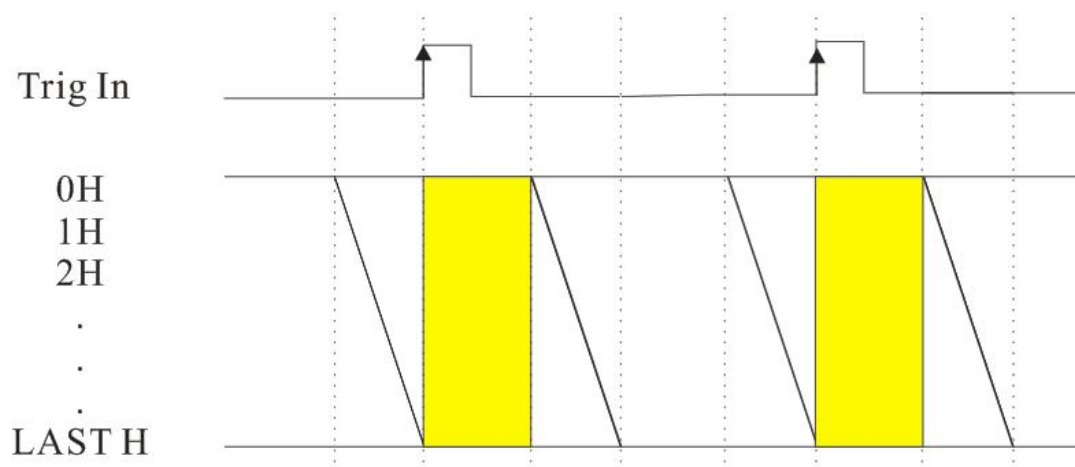
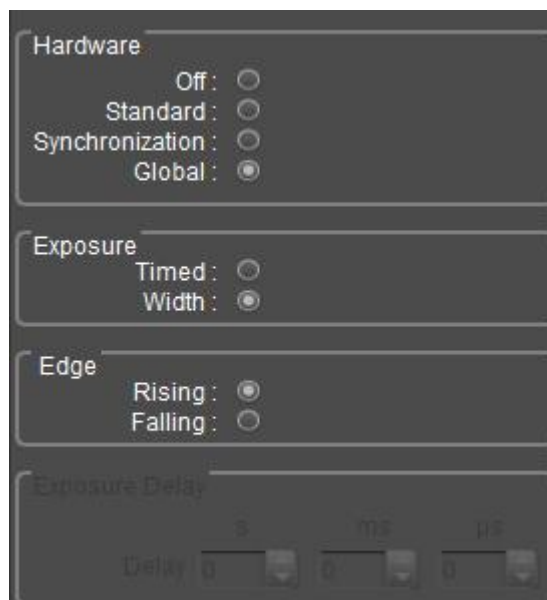


图9 全局模式 (timed/rising)

选择该模式后，在相机未触发前对所有像素同时进行预触发复位，当相机接收到某电平信号后（由 Edge 决定）或者软件设定曝光时间时，然后所有的像素同时曝光。该模式常用于光源可控制的场景。（芯片不支持全局宽门，一般不推荐使用）

该模式只支持曝光（Exposure）和 Edge（激发电平信号）两种配置：



(1) Exposure:

Timed（时间）：选中该选项后，接收到触发信号后，曝光时间由软件设置的 Exposure 所决定；

Width（触发电平宽度）：选中该选项后，接收到触发信号后，曝光时间由电

平的宽度所决定；

(2) Edge (边界)

Rising (上升)：选中该选项后，接收到的触发电平处于上升沿时开始曝光；

Falling (下降)：选中该选项后，接收到的触发电平处于下降沿时开始曝光；

全局模式的特点是在卷帘模式的相机，通过预触发以及与外界光源配合的方式实现所有行同时开始曝光。卷帘模式下，复位一行后，该行就开始曝光直至读出，且每复位一行都需要一行的行周期，全局模式下只有所有行都复位后，所有行才能都开始曝光。

选择 **Timed** 模式时，图像的亮度取决于软件界面设置的曝光时间。假设外部脉冲信号的脉宽大小为 T_1 ，脉冲之间的间隔为 T_2 ，则发送的脉冲 T_1+T_2 要大于软件界面设置的曝光时间加上所有行的行周期之和，保证每一帧能有足够的时间进行复位，曝光并读出。当 T_1+T_2 小于软件界面设置的曝光时间加上所有行的行周期之和，在第二个脉冲到来时，第一帧图像还没全部读出，所以第二个脉冲信号失效。

选择 **Width** 模式时，假设外部脉冲信号的脉宽大小为 T_1 ，脉冲之间的间隔为 T_2 ，则 T_2 要大于或者等于所有行的行周期之和。

注：Dhyana 400D：行周期 13us，所有行的行周期之和 $2048*13us=26.624ms$ 。

Dhyana 95：行周期为 21us，则所有行的行周期之和 $2048*21us=43ms$ 。

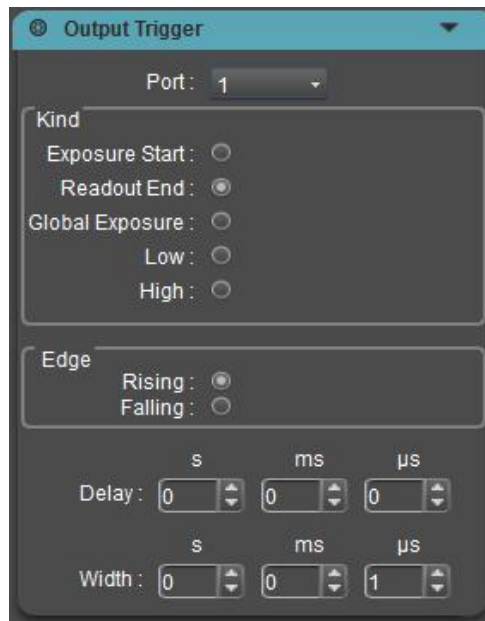
Dhyana 400BSI：行周期 14us，则所有行的行周期之和 $2048*14us=28.672ms$ 。

Dhyana 400BSI V2：行周期 6.6us，则所有行的行周期之和 $2048*6.6us=13.517ms$ 。

3.3.5 Software Trigger (软件触发模式)

选择软件触发模式，点击 **snap**，软件将会下发命令模拟触发信号给相机，每点击一次，每次只输出一张图。

4. 触发输出



相机有三个输出端口 TRIG.OUT1、TRIG.OUT2 和 TRIG.OUT3，对应软件界面的 Port1、Port2 和 Port3。

三个端口默认开启，信号由软件控制。当软件开启时，开始输出信号。相机的输出信号输出到第三方设备作为其输入信号。三个信号独立工作，可以同时配置三个信号同时输出。

4.1 接口

触发输出有三个硬件输出口。输出默认开启，三个信号互不干扰，可以独立配置。

4.2 类型

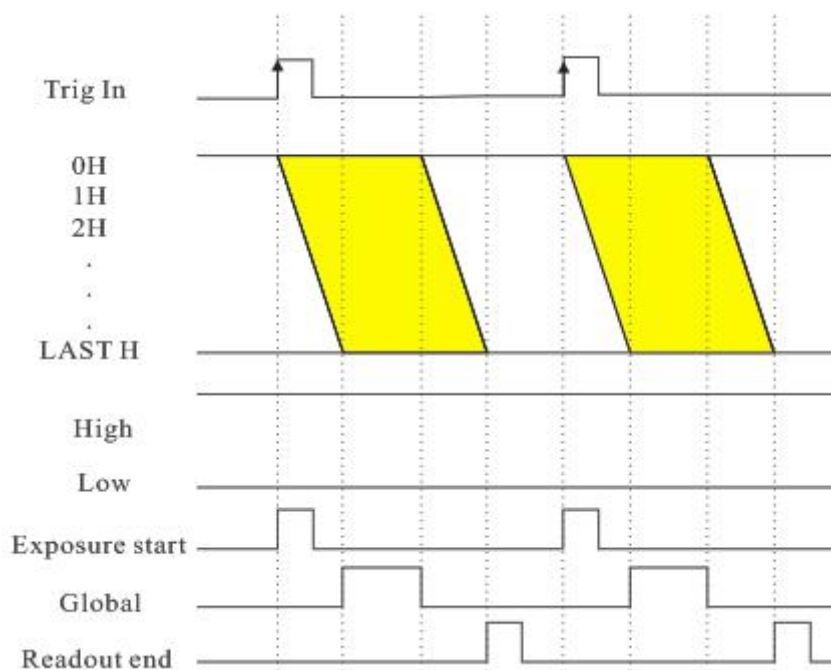


图 10 输出信号草图

High: 始终输出高电平;

Low: 始终输出低电平;

Exposure start: 曝光开始信号从第一行开始曝光起, 脉宽默认 5ms, 可自定义;

Readout end: 读出终止信号从最后一行曝光结束读出起, 脉宽默认 5ms, 可自定义;

Global: 全局信号从最后一行开始曝光起, 到第一行曝光结束终止 (曝光时间大于帧时间有效)。

4.3 边沿配置

Rising: 输出信号为上升沿有效;

Falling: 输出信号为下降沿有效。

4.4 延迟

输出电平支持延迟配置，默认为 0。

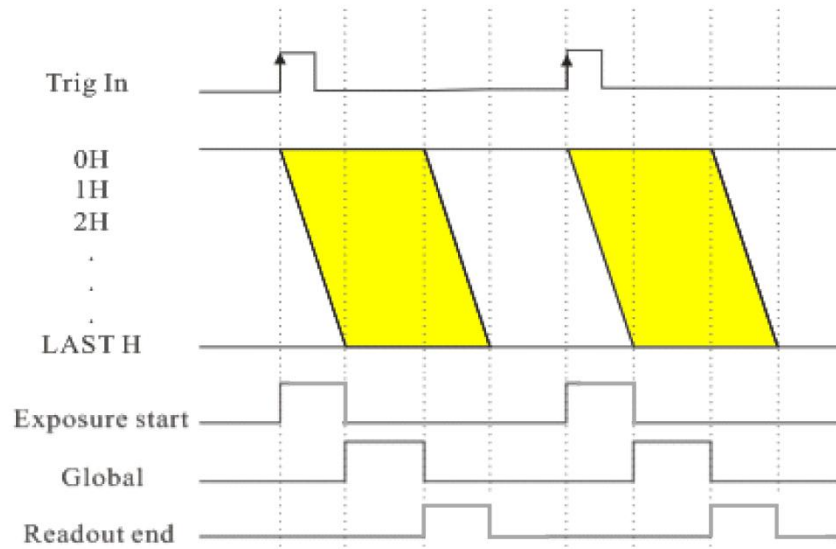
4.5 脉宽

输出信号脉宽可配置，默认为 5ms。

注意：

- 1) 当选择全局曝光信号时，输出脉宽配置无效；
- 2) 当选择高电平或低电平时，其他配置无效；
- 3) 在流模式下延迟和脉宽不能太长，不然其他帧的信号会丢失；
- 4) 延迟和脉宽的配置精度为 1us，延迟的设置范围为 0-10s，脉宽的配置范围为 1us-10s。

Dhyana V1 相机输出信号



Exposure signal: 从第一行开始曝光开始到最后一行开始曝光截止，脉宽为帧读出时间；

Global signal: 从最后一行开始曝光开始到第一行曝光结束截止（曝光时间大于帧读出时间有效）；

Readout signal: 从第一行曝光结束读出开始到最后一行曝光结束读出截止，脉宽为帧读出时间。