

HELIDA TECH DATA ACQUISITION BOARD

TCSPC(PC+TDC) + DIGITAL DELAY GENERATOR(DDG)

SPCB-PCIe-TCSPC-DDG数据采集与信号发生卡

2个触发输入+2个光子信号输入+4个波形发生

产品介绍

和力达科技的SPCB-PCIe-TCSPC-DDG (A2-D4)数据采集与信号发生卡，是专为波形发生与飞行时间（TOF）测量应用设计的板卡。该板卡的输入具有如下特性：

- 1 具有2个光子信号输入通道（可扩展至4个）
- 2 2个触发输入通道（带同步清零）
- 3 触发频率最大可达100MHz
- 4 每个输入通道具有高速比较器（4Gbps）
- 5 可进行直方图统计功能（TCSPC）
- 6 每个通道最大时间片个数为65K
- 7 PC模式时间片 $N \times 5\text{ns}$ （5ns、10ns、15ns等）
- 8 TDC模式时间片16ps至4096ps
- 9 8GB DDR存储空间

该板卡的输出具有如下特性：

- 1 具有4个门控通道
- 2 每个门控精度5ns
- 3 最小脉冲宽度5ns
- 4 最大脉冲宽度21s
- 5 每个输出最大门控4个



典型应用场所：

- 1 FLIM成像（TDC）
- 2 光致发光（TDC）
- 3 电致发光（PC）
- 4 激光雷达（TDC）
- 5 时序发生器（DDG）
- 6 自由基分析仪（PC）
- 7 瞬态光谱仪（TDC）
- 8 高端分析仪器

功能框图（Hardware block diagram）

Product Specifications

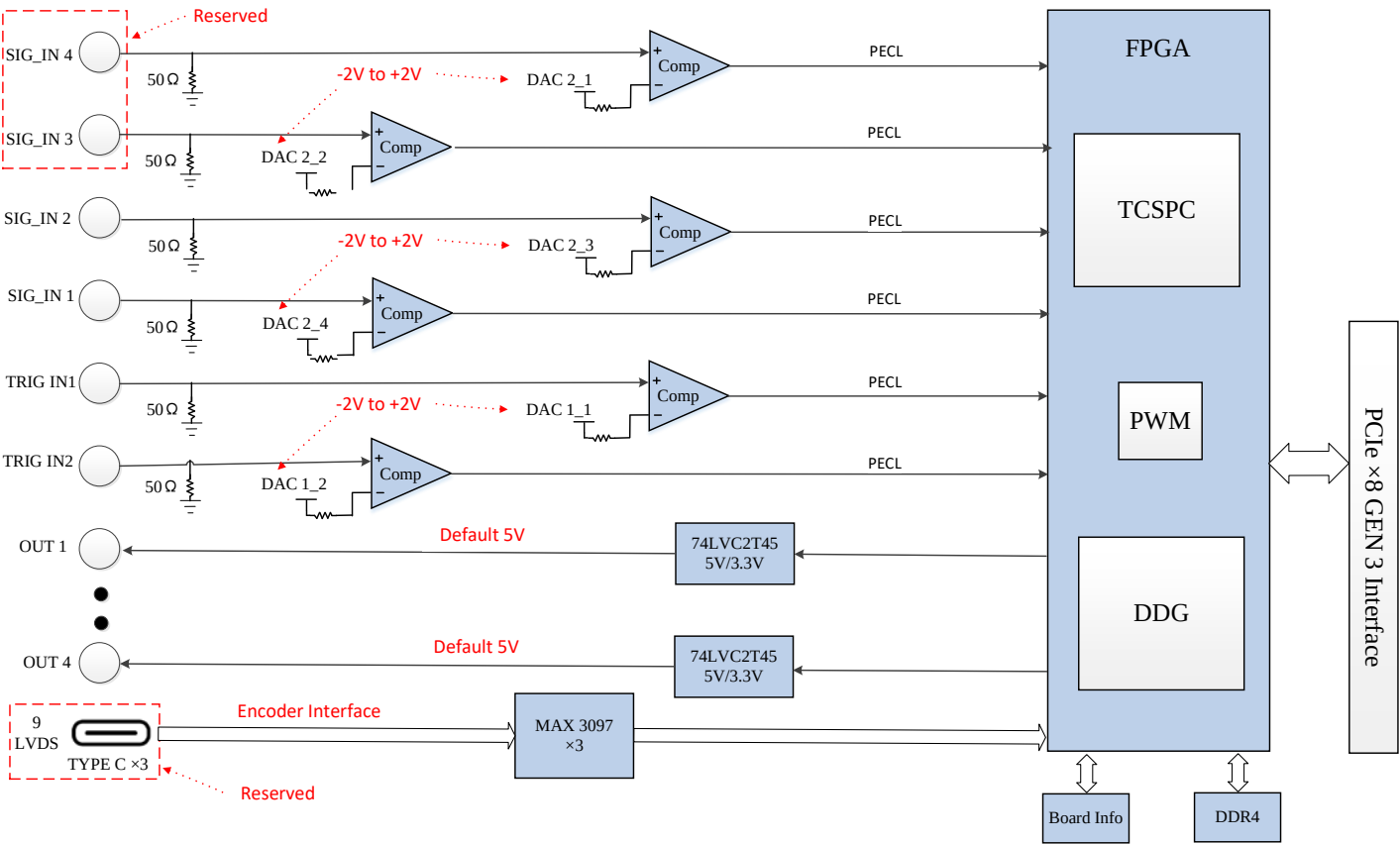


图2 电路架构框图

软件与平台（Software）

操作系统	编程语言	支持软件
- Windows10, 11 - Linux kernel 3.10+	- C, C++, C#, Python - Java, VB, Delphi	- HLD-DAQ - MATLAB - LabView

参数说明（Specifications）

Product Specifications

参数		规格	备注
信号输入	通道数量	2 通道	可扩展 4 通道
	输入类型	单端/ 50Ω/ DC	MMCX 内孔
	输入范围	-2.2V~+3V	
	比较器设置范围	-2V~+2V	程序配置
触发输入	输入类型	单端/ 50Ω/ DC	MMCX 内孔
	TRIG_IN1	触发输入	见图 3
	TRIG_IN2	清零（同步通道）	见图 4
	触发类型	上升沿、下降沿	程序配置
	最大频率	100MHz	
	最小脉宽	10ns	
	输入范围	-2.2V~+3V	
	比较器设置范围	-2V~+2V	程序配置
触发输出	输出数量	4 通道	
	输出类型	单端	MMCX 内孔
	输出高电平	5V	
	输出低电平	0V	
	输出精度	5ns	
	最小/大脉宽	5ns/21s	
功能	TCSPC 精度	16ps/ 32ps/ 64ps/ 128ps/ 256ps/ 512ps/ 1024ps/ 2048ps/ 4096ps	TDC
	TCSPC 精度	n×5ns（5ns/ 10ns/ 15ns 等）	Photon Counter
	通道数量	65K	程序配置
	DDG 脉冲数量	最多 4 个正脉冲/每通道	
传输接口	PCIe×8 Gen 3	使用 PCIe×8 或×16 插槽	
	传输方式	DMA	
其它	尺寸	230×120×20mm	长×宽×高
	占用空间	1 个标准插槽	注意散热风扇

工作模式（Hardware Features and Function）

1 TCSPC普通工作模式（无清零模式）

在该模式下，用户设置好时间片精度（Time Slice）、通道数（Time Channels）以及触发次数N（Frequency）这3个参数，运行后就会按照设置好的参数进行数据采集。采集到的数据通过FPGA的空中顺序存入DDR存储器中，并通过PCIe接口传送给计算机。TCSPC模式的工作示意图如下所示。

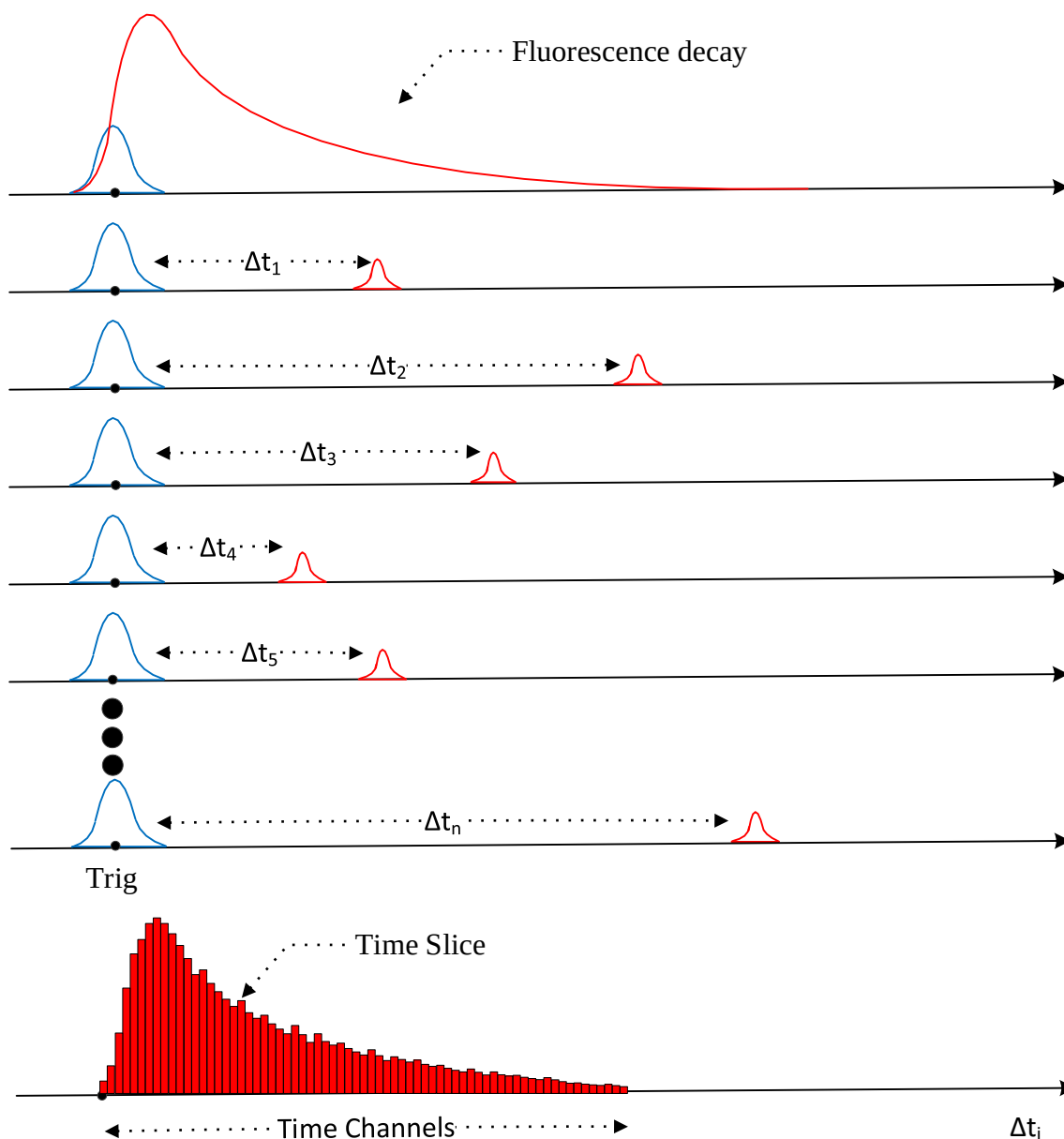


图3 TCSPC普通工作模式示意图

注意： 设置参数时会有一些限制，具体如下：

- 1) 触发周期要大于时间片乘以通道数：Time Slice $\times$ Time Channels;

$$\frac{1}{F} > (Time\ Slice \times Time\ Channels)$$

- 2) 每通道的通道数量（Time Channels）不能大于65K;
- 3) TCSPC有两种模式可选，分别是TDC与PC模式，两种模式的精度不同，低成本板卡没有TDC模式（皮秒精度），只有PC模式（纳秒精度）。

2 TCSPC同步工作模式（带清零模式）

该模式与普通模式不同在于，具有同步清零信号（TRIG_IN2）。当有TRIG_IN2信号输入后，会产生清零信号，内部数据与计数值全部清零。这种工作模式一般用于具有扫描功能的成像系统中,如FLIM成像系统等。该工作模式工作示意图如下所示：

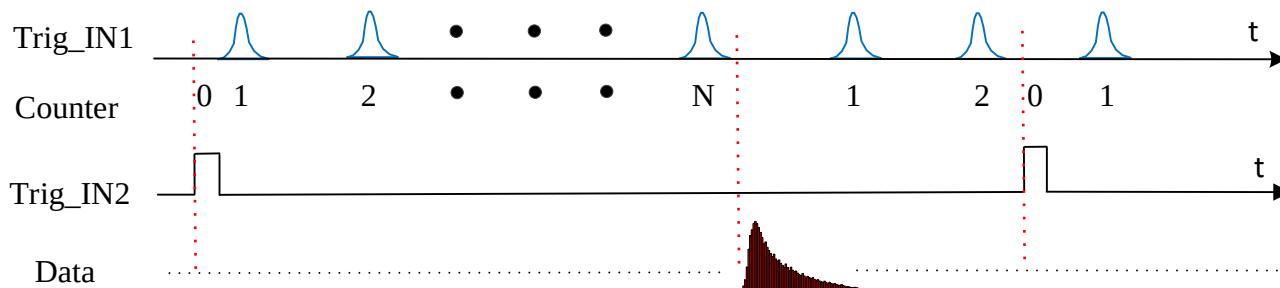


图4 TCSPC同步工作模式示意图

注意： 设置参数时会有一些限制，具体如下：

- 1) 设置的Trig_IN1触发次数N占用的时间要小于Trig_IN2的周期。

3 DDG工作模式

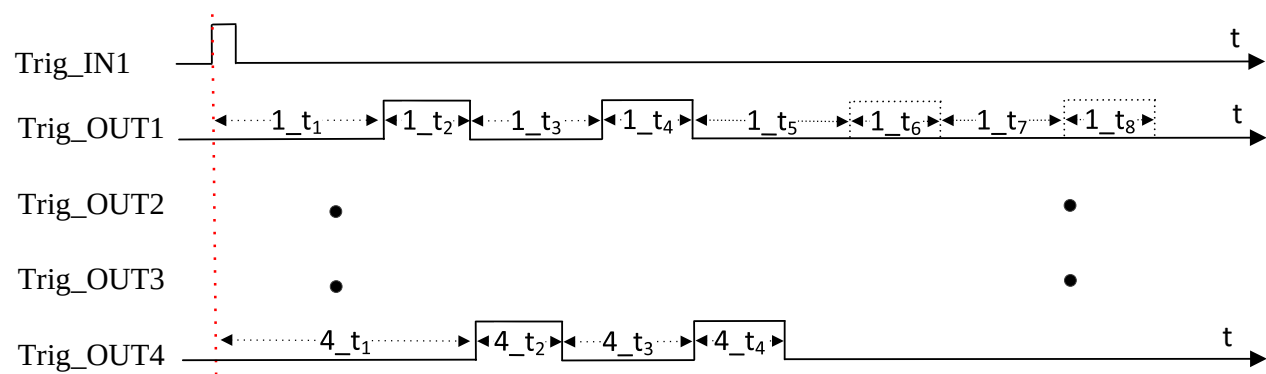


图5 DDG工作模式示意图（外触发）

注意：设置参数时会有一些限制，具体如下：

- 1) 通过程序可配置成内部触发，此时Trig_OUT输出以内部触发为基准源；
- 2) 每个输出通道最多可输出4个脉冲；
- 3) 每个通道设置的时间总和要小于Trig_IN1的周期

$$\frac{1}{F} > (t_1 + t_2 + *** + t_8)$$

- 4) 输出高电平默认为5V，需要3.3V需要出厂前设置。

4 触发与信号输入设置（阈值与边沿）

输入端可配置为在脉冲的上升沿或下降沿触发计数。采集卡的外部触发输入及信号输入电路均内置了支持正负电平的高速比较器，因此能够处理正负信号输入。当输入信号按照选定的触发方向（上升沿或下降沿）越过设定的阈值电平时，即允许有效信号进入下一个处理环节。具体如下图6所示。

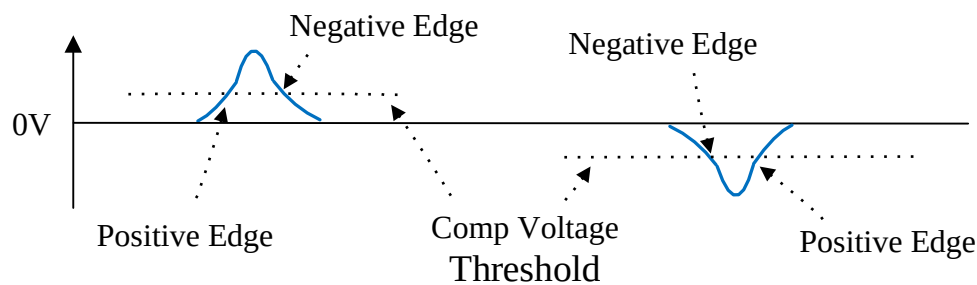


图6 信号与触发输入的比较器阈值、上升沿、下降沿之间的关系

5 触发输入设置（鉴别滤波）

在外部触发输入信号上设置了鉴别滤波功能，以防止触发输入信号质量较差导致的误触发现象。若启用该鉴别滤波功能，触发输入的第1秒内为判断和调整阶段，采集卡在第1秒时间内的工作会受到影响，1秒后进入到正常工作状态。若外部触发输入信号质量较好，则可不启用触发输入的鉴别滤波功能。

另外，内部具有触发频率检测模块，可实时探测触发频率值，该值会实时传递给用户，通过该值的准确与否来判断触发信号的质量好坏。

小窍门：在不启用触发输入的鉴别滤波器时，通过比较器阈值的调整也可以将外部触发频率值调整正常。

注意：鉴别滤波功能的启用与否不影响触发时刻的改变，即鉴别滤波模块不会导致触发输入信号的延迟。

6 TCSPC模式中累计次数设置要求

由于数据的处理、存储有一定的时间要求，所以本板卡对数据累计的次数的设置有一定的要求，具体如下：

$$\text{累计次数} > \frac{(5\text{ns} \times \text{信号数} \times \text{通道数}) + 400\text{ns}}{\text{触发周期}}$$

触发周期的单位是ns；信号数是指外部输入的信号，一般为2或4；通道数指最小时间片的数量，最大为65K；时间片为设置的最小时间分辨率，如TDC模式的16ps-4096ps，PC模式的N×5ns。

注意：时间片×通道数所占用的时间长度，要小于触发周期，即：

$$\text{时间片} \times \text{通道数} < \text{触发周期}$$

由于系统设置的是触发对齐，那么当设置的时间片×通道数大于触发周期，那么大于触发周期的那些通道的值保持不变。

典型应用（Applications）

1 探测器需要探测激光的发射波长（如LiDAR）

该模式用于在激光器应用中保护光电探测器。其核心是利用门控技术与激光发射进行精确时序同步。

1) **激光触发与门控关闭：**由内部触发信号（经 DDG 处理）产生激光器触发信号（Trig_IN），启动激光发射。在此期间，探测器的门控输入（Gate_IN）保持非激活状态（门控关闭），使探测器对光不响应。

2) **门控开启延迟：**激光脉冲结束后，需要延迟一段时间再开启探测器门控。因为门控型探测器（特别是门控 PMT）从接收 Gate_IN 信号到实际开启（能有效探测光子）存在一个固有的响应时间或开启延迟，典型值为 150ns 到 180ns。

3) **精确时序控制：**必须精确控制 Trig_IN 与 Gate_IN 信号的相对时序。Gate_IN 的触发时刻相对于 Trig_IN 的延时，必须大于激光脉冲宽度与探测器开启延迟之和，以确保探测器在激光完全结束后才开始工作。

4) **典型实现（参考图7）：**DDG接收内部触发信号后，通过其不同通道输出具有精确、可调延时的 Trig_IN 和 Gate_IN 信号，实现所需的时序配合。

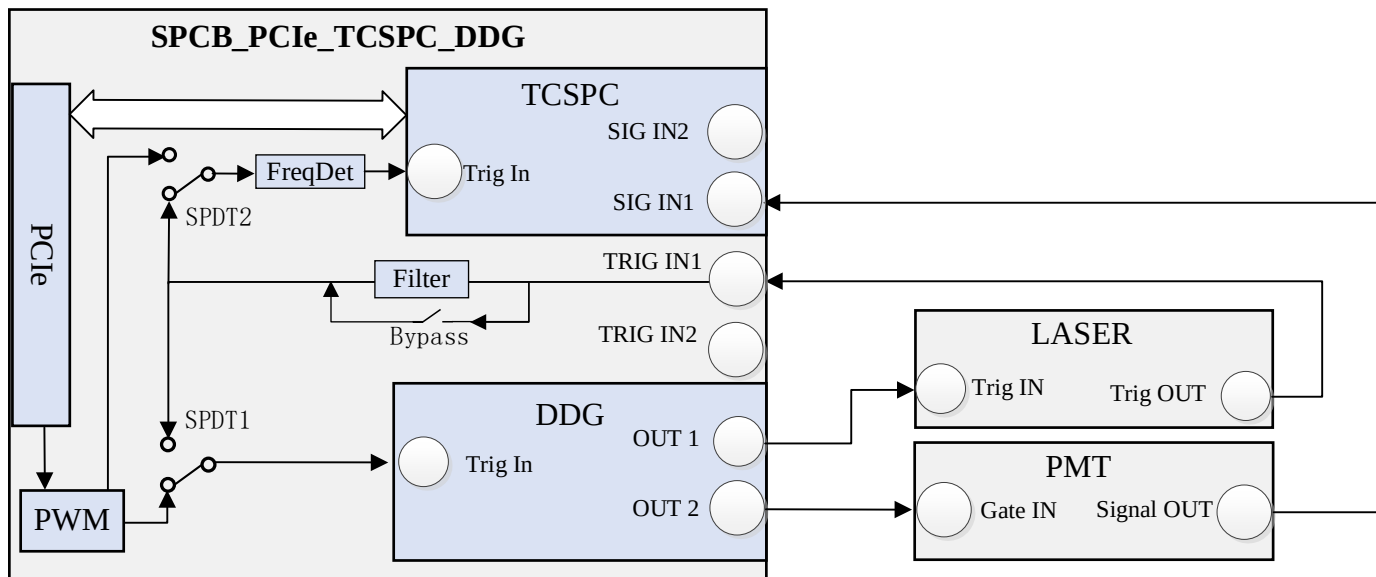


图7 采集卡典型应用（DDG使用内触发、TCSPC外触发）

协议（DLL）（采购后提供；）