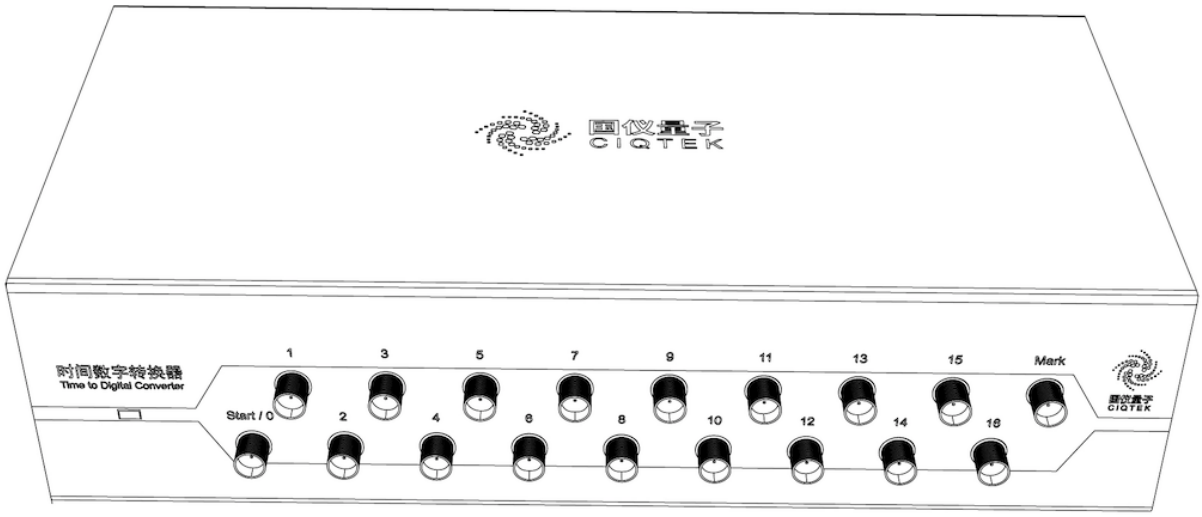
用户手册

TDC1610 时间数字转换器



国仪量子
CIQTEK

保证和声明

软件版本

软件升级可能会修改产品功能，请联系国仪量子（合肥）技术有限公司升级软件，必要时我司会主动与您联系。

声明

- 本公司产品受中国及其他国家和地区的专利（包括已取得和正在申请的专利）保护。
- 本公司拥有改变产品规格及价格的权利。
- 本手册提供的信息取代以往出版的任何资料。
- 未经我司事先书面许可，不得影印、复制或改变本手册的任何部分。
- 用户一旦使用产品，即视为对本声明的全部内容认可和接受。

质保

公司货物免费保修一年，时间自最终验收合格并交付使用之日起计算。

联系我们

- 电子邮箱：gylz@ciqtek.com,
- 电　　话：4000606976, 0551-63367168
- 企业官网：www.ciqtek.com

安全要求

一般安全概要

为避免可能的危险，以及防止损坏本产品和与本产品连接的任何设备，用户需了解以下安全措施，并按照规定使用本产品。

使用正确的电源线

使用我司所提供的电源线。

确保供电电源正确

为避免对操作人员造成伤害或损坏产品，请在使用产品前仔细阅读本手册，并确保产品供电电源正确。

保持良好的散热条件

为避免因电路板过热而损坏，在使用本产品的过程中请勿堵住通风口。

请勿在潮湿环境下操作仪器

为避免产品内部电路出现短路等危险情况，请勿在潮湿环境下操作仪器。

请勿靠近易燃易爆物品

为避免人身伤害或产品损坏，严禁易燃易爆物靠近本产品。

注意搬运安全

为避免对产品面板上的按键、接口、指示灯等部件造成损坏，请注意搬运安全。

远离高温环境

为避免发生危险，严禁将本产品放置于高温环境中。

严禁不具备操作能力的人使用本产品

为避免造成人身伤害或产品损坏，严禁不具备操作能力的人（如老人、儿童）使用本产品。

保养与清洁

请经常对产品进行清洁，方法如下：先断开电源，再用干抹布轻轻擦拭产品外部。

目录

保证和声明.....I

安全要求.....II

1、产品介绍.....5

1.1 检查产品.....5

1.1.1 检查运输包装.....5

1.1.2 检查包装内容.....5

1.1.3 检测产品是否合格.....5

1.1.4 检查产品尺寸.....5

1.2 整机结构.....6

1.2.1 系统整体结构介绍.....6

1.2.2 面板介绍.....7

1.3 技术参数.....9

2、软件使用.....12

2.1 主机连接说明.....12

2.2 软件安装与连接.....12

2.3 软件界面介绍.....13

2.3.1 设备连接模块.....14

2.3.2 图像绘制模块.....15

2.3.3 参数设置模块.....16

2.3.4 仪表盘模块.....24

3、快速开始 25

3.1 基础功能使用 25

3.2 标记功能使用 29

4、故障处理 32

4.1 计算机无法识别设备.....32

4.2 计算机可以识别设备但软件中设备连接失败 32

4.3 设备正确但是无法显示采集信号.....32

4.4 设备正常但操作卡顿.....32

5、注意事项 33

5.1 硬件设备注意事项 33

5.2 其他注意事项.....33

1、产品介绍

1.1 检查产品

1.1.1 检查运输包装

用户收到产品后，请先检查包装是否完整，若包装已损坏，请保留被损坏的包装，并及时与我司联系。

1.1.2 检查包装内容

请根据装箱单检查随机附件，请确认：

- 一台 TDC1610 仪器
- 一根电源线
- 一根网线
- 一本 TDC1610 用户手册
- 一张合格证

如有损坏或缺失，请及时与我司联系。

1.1.3 检测产品是否合格

如产品存在机械损坏，或者产品未通过性能测试，请及时与我司联系。

1.1.4 检查产品尺寸

TDC1610 的尺寸如图 1.1 所示。

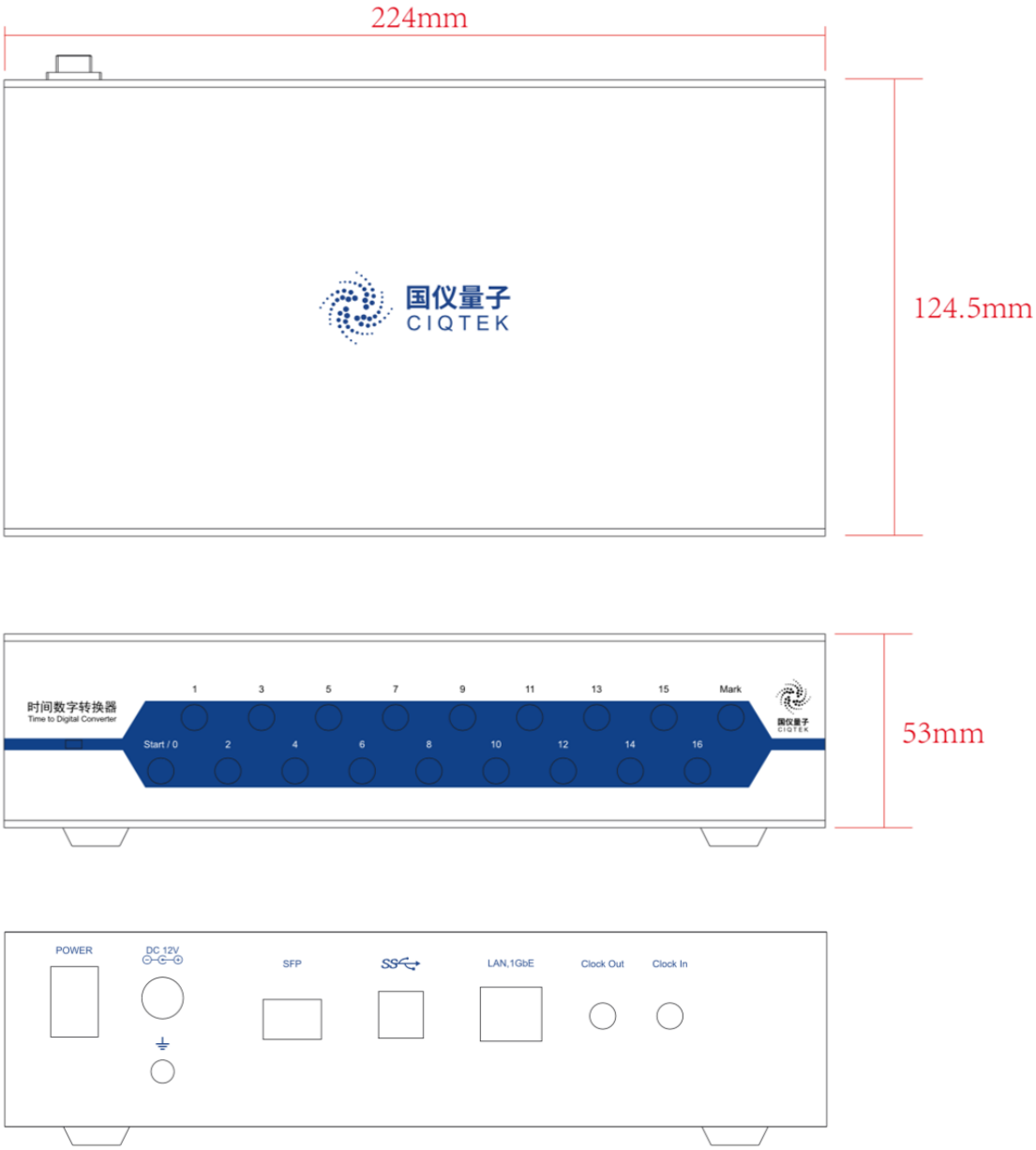


图 1.1 机箱前面板

1.2 整机结构

本章介绍 TDC1610 仪器的结构特征。第一部分为 TDC1610 系统整体结构介绍。第二部分详细介绍测量仪器的前面板和后面板。

1.2.1 系统整体结构介绍

图 1.2 所示的 TDC1610 由几个内部单元（蓝色）和几个接口单元（黑色）组成，面板于接口之间的箭头指示所选的物理连接和数据流。

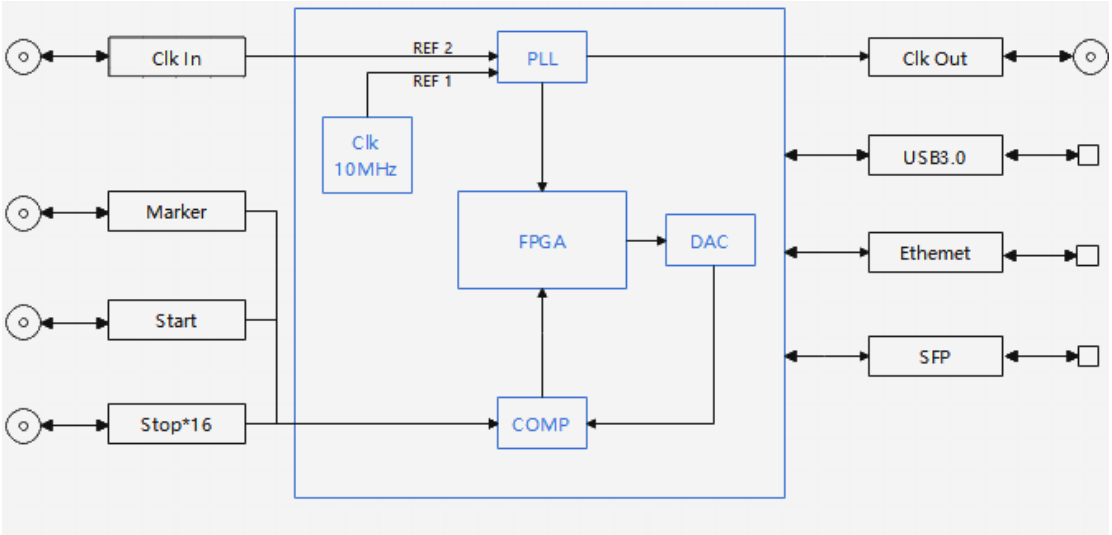


图 1.2 TDC1610 内部结构框图

1.2.2 面板介绍

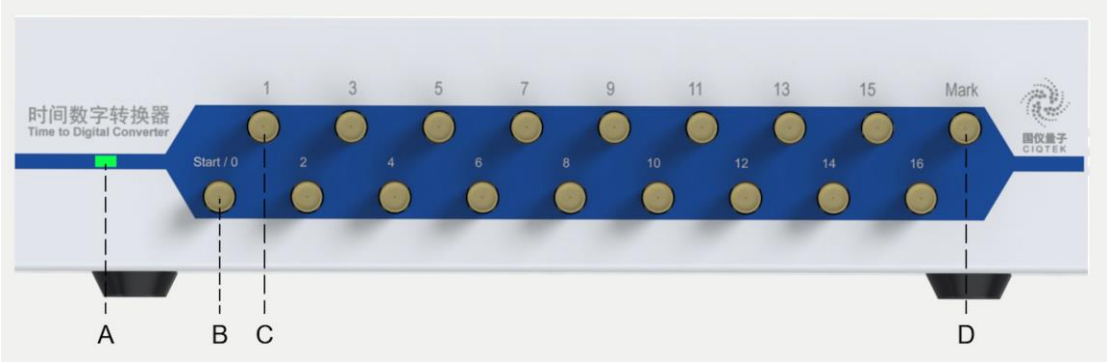


图 1.3 机箱前面板

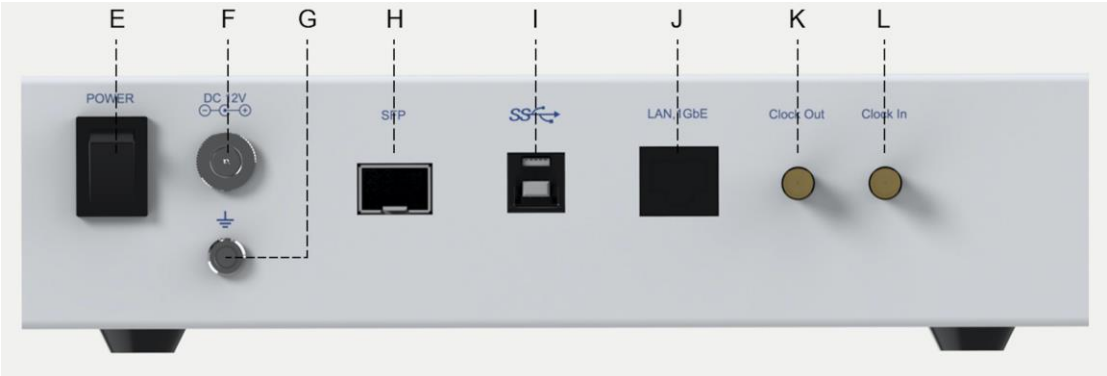


图 1.4 机箱后面板

编号	接口名称	描述
A	指示灯	显示设备是否正常上电
B	Start/0	该端口在内部触发模式下为 Stop 端口，在外部触发模式下为 Start 端口
C	1	1~16 均为 Stop 端口
D	Mark 接口	用于采集 mark 信号
E	Power	电源开关
F	DC 12V	电源输入端口，需接入直流 12V 电压源
G	GND	接地端口
H	SFP	预留端口
I	USB3.0	预留端口
J	LAN	千兆网口
K	Clock Out	时钟输出(10 MHz/100 MHz)
L	Clock In	时钟输入(10 MHz/100 MHz)

1.3 技术参数

TDC 时间数字转换器	
时间分辨率(最小时间宽度)	8 ps
死时间	<14 ns
Jitter	<17 ps
动态范围	4ns-16 ms(@分辨率:10ps)
通道饱和计数率	71Mcounts/sec 非并行
采集时间	1 ms~100 h
Start 通道	
通道数	1
接口类型	SMA
输入阻抗	50Ω
输入电压范围	-5 V ~ +5 V
阈值分辨率	1mV
触发方式	阈值触发（上升沿/下降沿）
Stop 通道	
通道数	16
接口类型	SMA
输入阻抗	50Ω
输入电压范围	-5 V ~ +5 V
阈值分辨率	1mV

触发方式	阈值触发（上升沿/下降沿）
标记通道	
通道数	1
接口类型	SMA
输入阻抗	50Ω
输入电压	-5 V ~ +5 V
阈值分辨率	1mV
时钟输入	
通道数	1
接口类型	SMA
输入阻抗	50Ω
输入电压	0.3 ~ 5.0 Vpp
耦合方式	DC
时钟频率	10 MHz/100 MHz
时钟输出	
通道数	1
接口类型	SMA
输出阻抗	50Ω
输出电压	1 Vpp
耦合方式	DC
时钟频率	10 MHz/100 MHz

连接及其他	
通信	千兆网口
供电要求	12V
尺寸	224*124.5*53mm(W*H*D)

2、软件使用

2.1 主机连接说明

1. TDC1610 后面板接入 DC12V 电源，按下开关后即可开机。
2. TDC1610 前面板包含 Start/Stop 通道、Marker 通道，可使用 SMA 接口接入[-5V, 5V]的 TTL 信号进行测量。
3. TDC1610 使用网口通信，在使用前需先确认上位机已安装网口驱动。(安装包中附带驱动文件，文件名称为 WinPcap_4_1_3.exe)。

2.2 软件安装与连接

用户可在我司官网下载中心模块中下载 TDC1610 安装包，安装包中的 setup.exe 文件可直接打开 TDC1610。

如果是将设备和上位机通过网线直连，或者两者是通过交换机进行连接时，都需要先确认自己的电脑 IP 配置情况，确保电脑通过 DHCP 方式或者手动配置方式配置了 IP 地址。通过打开上位机的“网络和 Internet“设置—”更改适配 器选项“页面，找到对应的网络连接，鼠标右键打开”属性“—”Internet 协议 版本 4(TCP/IPv4)“---”属性“下配置固定 IP 地址。



图 2.2 上位机配置 IP 地址

由于 TDC1610 和上位机软件之间可以通过跨网段连接，所以可以在保证 IP 地址不冲突的情况下，配置任何 IP，都可以搜索到设备。(设备出厂前会配置固 定的 IP 地址，一般不可更改，可以通过上位机软件搜索到)。

如果设备直连的情况下，注意观察下图 2.3 设备的网速是否为 1.0Gbps， 本设备目前支持百兆、千兆网连接。

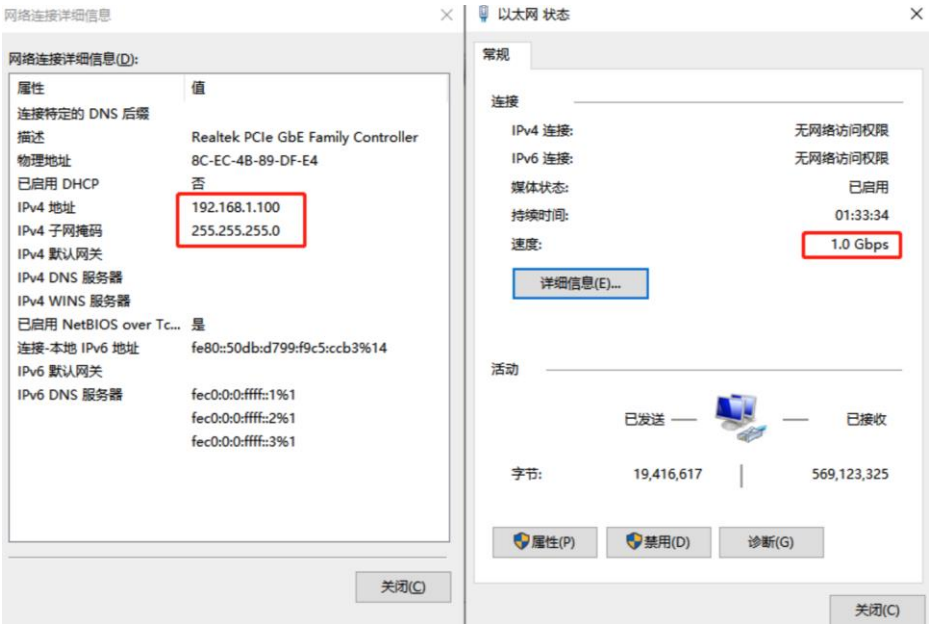


图 2.3 上位机软件安装 PC 的 IP 地址配置

2.3 软件界面介绍

TDC1610 程序可分为显示和控制两大部分，显示部分主要包括图像绘制和仪表盘模块，控制部分主要包括参数设置、设备连接模块，页面如图 2.1 所示。

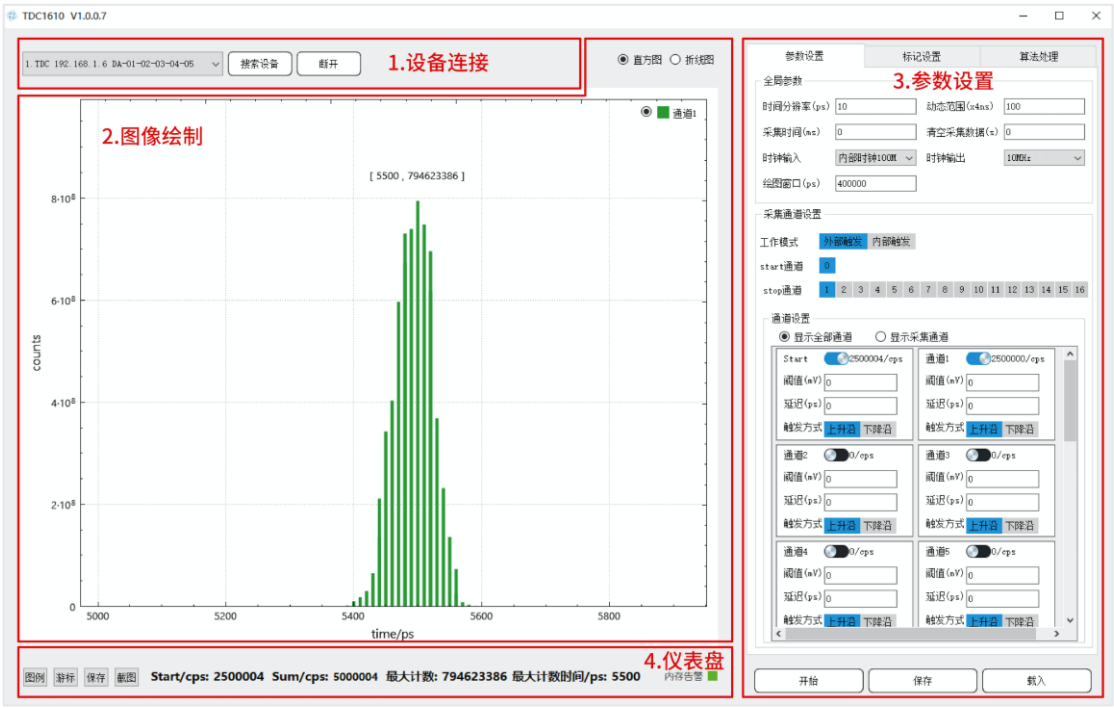


图 2.1 操作页面

2.3.1 设备连接模块

程序开启时对设备进行状态查询，在下拉框中可查看已搜索到的设备，设备连接成功后会弹框提示用户“设备连接成功”，如图 2.4 所示。

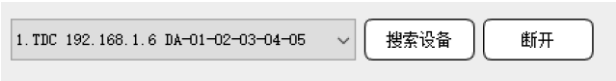


图 2.4 设备连接及断开

参数名称	描述
搜索设备	用户点击该按钮可在局域网内进行设备信息搜索，并将设备信息在下拉菜单中展示，设备信息由 IP 地址和 Mac 地址组成

连接/断开	用户在下拉菜单中选中需要连接的设备，点击连接即可，连接成功后该按钮文案会变成“断开”

2.3.2 图像绘制模块

在图像绘制模块，该软件可绘制单个通道的柱状图或者多个通道的折线图，初始状态下，绘图区域横坐标表示时间范围，与参数设置中的“绘图窗口”参数相关联，纵坐标表示 Counter 值，用户也可通过鼠标控制图像的缩放和拖动，同时在绘图区域会显示峰峰值坐标。

用户可在绘图区域右上角的图例中设置绘制图像的通道，直方图模式下只能绘制一个通道的数据，在图 2.5 中我们选择了柱状图显示，折线图模式下可以选择多个通道同时绘制，如图 2.6。

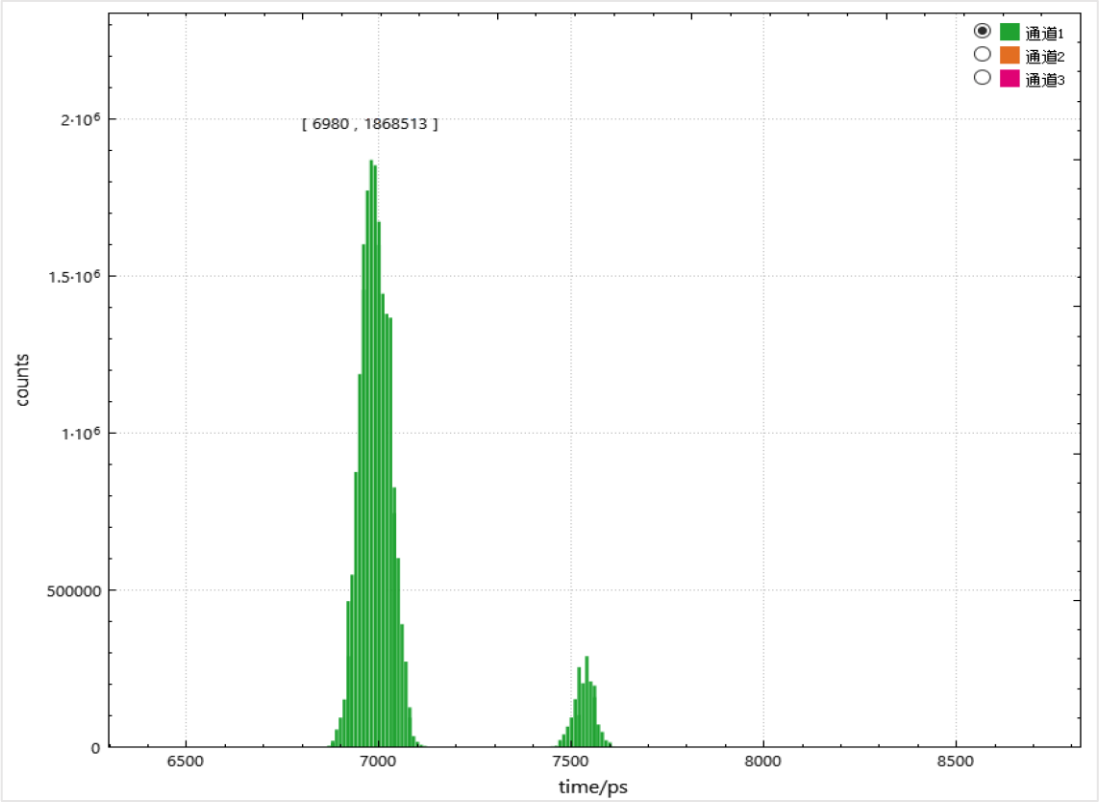


图 2.5 直方图绘制

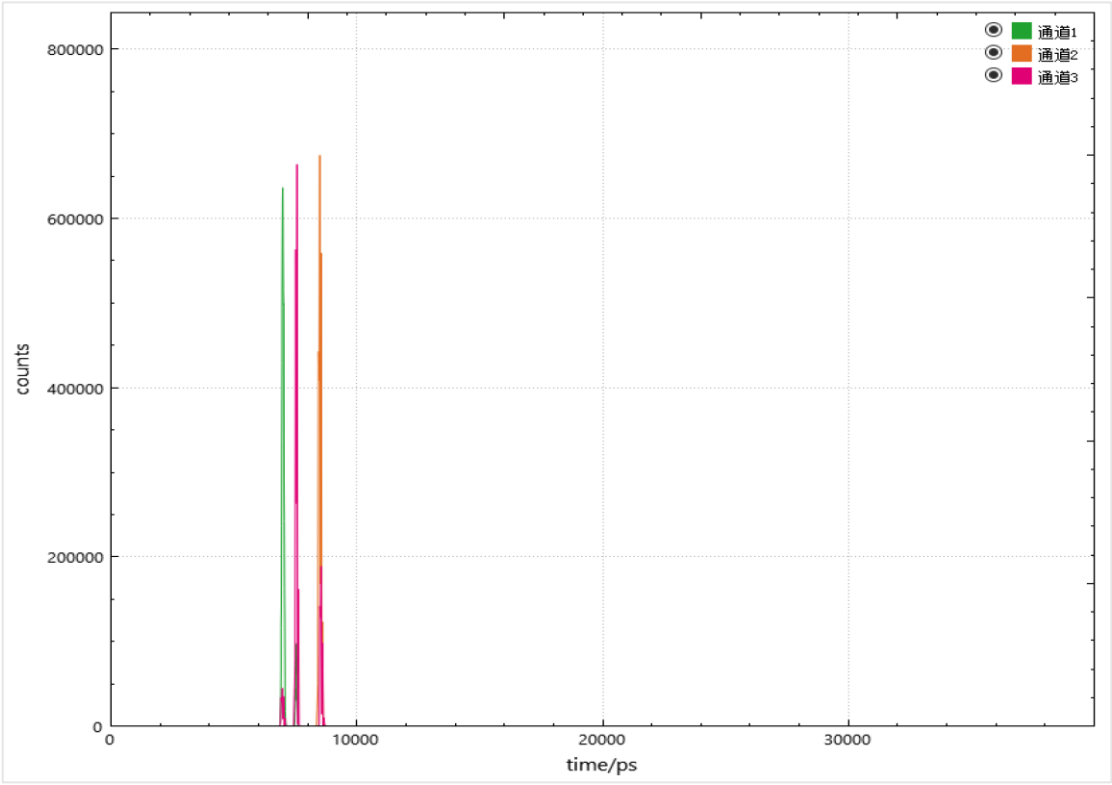


图 2.6 折线图绘制

图像绘制区域左下角有四个按钮分别为图例、游标、保存、截图;

按钮名称	描述
图例	控制绘图区域右上角的图例显示与否
游标	当游标按钮处于选中状态时，游标功能打开，用户可在绘图区域拖动游标位置，查看游标所处位置的坐标值
保存	触发保存按钮，可保存本次采集数据到本地，保存文件以时间戳命名，文件格式为.csv
截图	可保存当前屏幕显示内容到本地

2.3.3 参数设置模块

2.3.3.1 参数设置

全局参数模块主要涉及时间数字转换器的时间分辨率、动态范围，内部时钟和外部时钟的切换，以及绘图时间、绘图窗口大小，如图 2.7 所示。



图 2.7 全局参数设置

参数名称	描述
时间分辨率	用户可在[10ps, 1ns]范围内设置分辨率，步进为 10ps
动态范围	用户可在动态范围的区间内设置动态范围大小;(分辨率将会影响动态范围大小，动态范围= 2^32*分辨率/4ns)
采集时间	在这里设置所需的测量时间。单位是秒。允许的范围是 0.001 到 360,000，步进为 0.001
清空采集数据	在采集过程中，用户可设置清空采集数据时间间隔，该参数的范围[0, 24h]，精度 1s;该参数默认值为 0，当参数值为 0 时，即没有时间间隔
时钟输入	用户可在时钟输入的下拉框中选择内部时钟 10MHz、外部时钟 100 MHz、外部时钟 10 MHz
时钟输出	用户可在时钟输出的下拉框中选择 10/100MHz
绘图窗口	用户可设置绘图窗口横坐标大小，最大不超过动态范围的最大值

注:以上参数在采集过程中不能修改

采集通道设置模块主要控制 TDC1610 通道的工作状态，以及工作模式的选择，如图 2.8 所示。

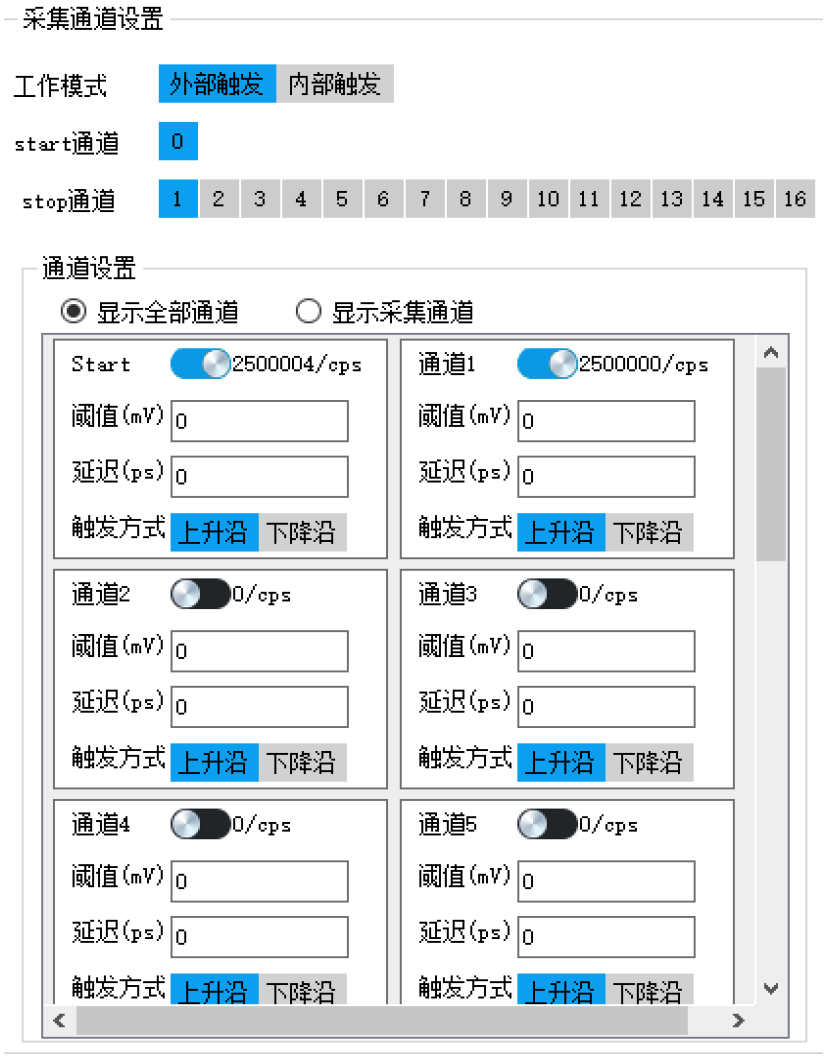


图 2.8 采集通道参数设置



图 2.8 内部触发参数设置

参数名称	描述
工作模式	我们为用户提供了两种工作模式，分别为内部触发和外部触发; 1. 外部触发模式下，需要在 Start 端口接入触发信号(即端口 0), 1~16 端口可作为 Stop 信号输入使用; 2. 内部触发模式下，内部时钟作为 Start 信号.0~16 端口都可作为 Stop 信号输入使用，用户需要设置时钟周期， 范围[10us, 10ms], 精度 10us 如图 2.9 所示
Start/Stop 通道	用户可在该模块下设置通道的工作状态，此处开关与通道设置中的开关联动
通道设置	1. 通道开关:该模块下通道开关的设置与 Start/Stop 通道处的通道启动状态按钮联动，通道打开代表通道处于待采集状态下，同时显示通道计数率; 2. 通道阈值: 用户可以设置通道阈值[-5V, 5V] 3. 延迟: [-200ns , 200ns] 4. 触发方式: 上升沿、下降沿 注意:需要用户手动编辑的参数，会在鼠标失焦或者触发 Enter 后生效

2.3.3.2 标记设置

在某些应用中，例如荧光寿命测量、远距离单光子测距系统中，关注的是光子信号与 Start 信号之间的相对时间差。在该模式下，可以对同一时间参考时间轴上的每个事件打上“时间标签”，并按照标记信号的先后和通道加以分类。我们会将数据保存至本地，依照这个文件可以对数据进行分析和统计，包括生成直方图、荧光寿命图像。

使用该模块需在仪器面板的 Mark 接口接入标记信号，打开软件界面上的标记

开关，设置标记信号的触发阈值和触发方式;被标记的数据会存储在计算机的缓存中，并在历史数据表中按照生成时间显示在相应的文件夹下，文件格式为.csv，用户可勾选需要保存的文件保存至本地，也可以删除勾选文件。断开连接后，历史数据表中的数据会被清空，如图 2.10。

在标记模式下，我们将会记录整个动态范围的数据， 所以在荧光寿命测量、远距离单光子测距相关实验中， 由于光子信号强度很弱， 用户在使用过程中请注意阈值的设置，避免噪声影响测量结果。

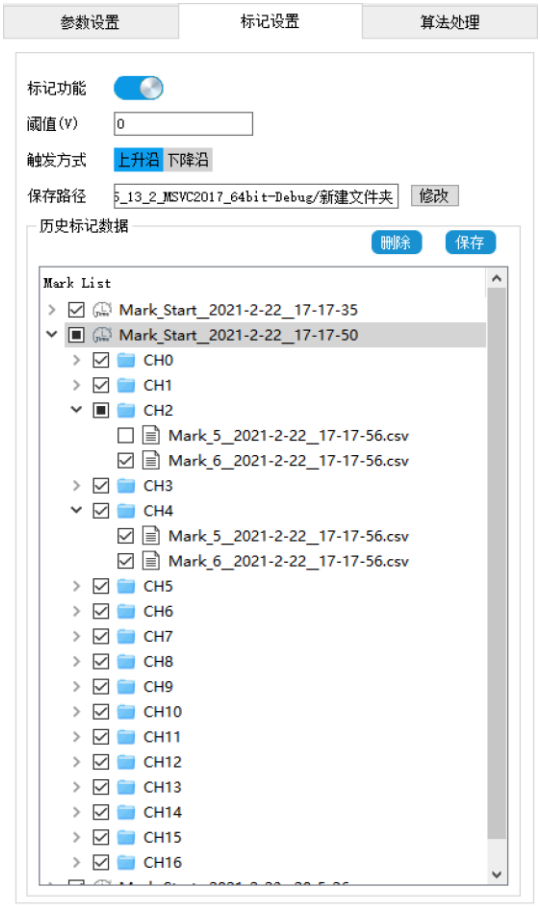


图 2.10 标记参数设置

参数名称	描述
标记开关	标记功能需要在标记开关打开的状态下才能使用;
阈值	阈值: 用户可以设置 Mark 通道阈值 [-5V, 5V]
触发方式	触发方式: 上升沿、下降沿

保存路径	用户可选择标记数据的保存路径
历史标记数据	被标记的数据会存储在计算机的缓存中，并在历史数据表中按照生成时间显示在相应的文件夹下，文件格式为.csv;用户可勾选需要保存或者移除的文件进行操作

2.3.3.3 算法处理

为了满足用户在实验中的需求，我们提供了生成随机数、符合计数的功能，用户可以根据实际场景需要选择生成随机数或符合计数的通道，下面我们将分别介绍随机数、符合计数的生成原理。

用户可以使用 TDC1610 做一些相关的量子光学实验，并使用生成随机数算法理解量子随机数的概念和光子的量子态性质;用户可在处于工作状态中的通道中任意选择两个处于通道分别生成随机数 0 和 1， 用户可以通过设置保存点数将生成的随机数保存至本地，参数设置如图 2.11。我们会通过识别通道的上升沿或者下降沿生成相应的数字，并按时序拼接在一起，组成最终的随机数，需要注意的是，当生成随机数的通道同时识别到沿的变化时，不会产生随机数。原理如图 2.12。

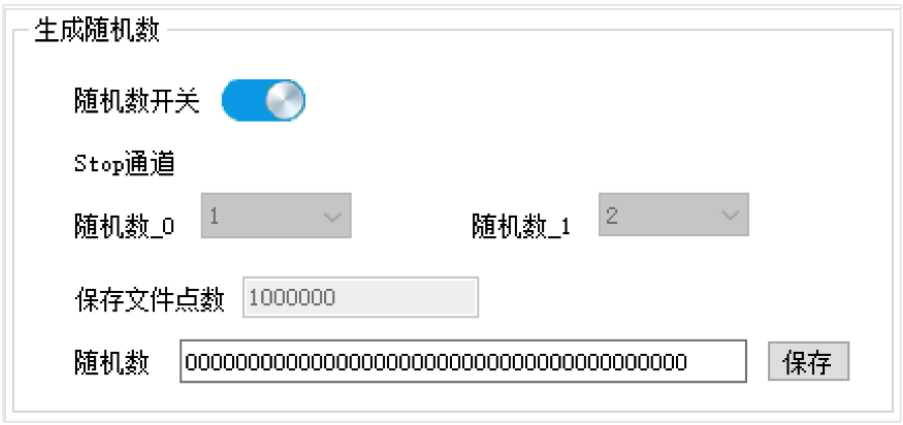


图 2.11 随机数参数设置

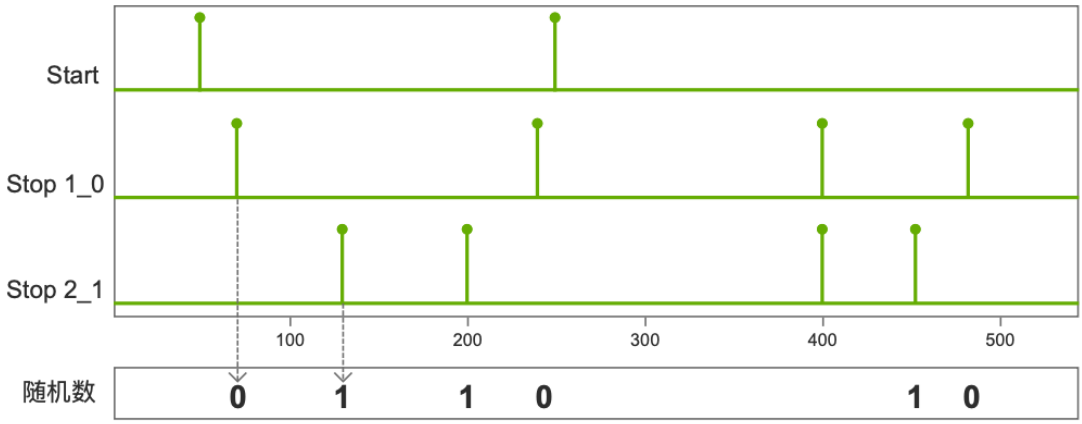


图 2.12 随机数生成原理

随机数参数名称	描述
随机数开关	用户需打开随机数开关，该算法才能生效;需要注意的是，生成随机数算法的参数在采集过程中设置无效
Stop 通道选择	用户需要选择生成随机数 0 和随机数 1 的通道，软件会帮助用户只在工作状态的通道中作出选择， 生成随机数的规则如图 2.12
保存文件点数	生成的随机数可在软件中保存值本地，但用户需要设置保存文件的点数，范围[1, 10000000]
随机数显示	在该窗口用户可观察到所产生的随机数

符合计数常用于表征光子之间的关联性，在关联光子对、多光子纠缠、单光子源等实验中有重要的作用。TDC1610 支持 3 个通道间的符合， 以三通道(Stop1，Stop2，Stop3)的符合为例，系统会自动选择编号最小的那个通道(本例中即 Stop1)作为主通道，其余(本例中为 Stop2 和 Stop3) 作为从通道，用户可通过设置符合计数区间作为符合时间窗口，参数设置如图 2.13 所示。

当每个窗口内均有光子计数时，则符合计数加一， 最后给出在一定采集时间内的符合计数总和，符合计数生成原理 2.14。



图 2.13 算法处理

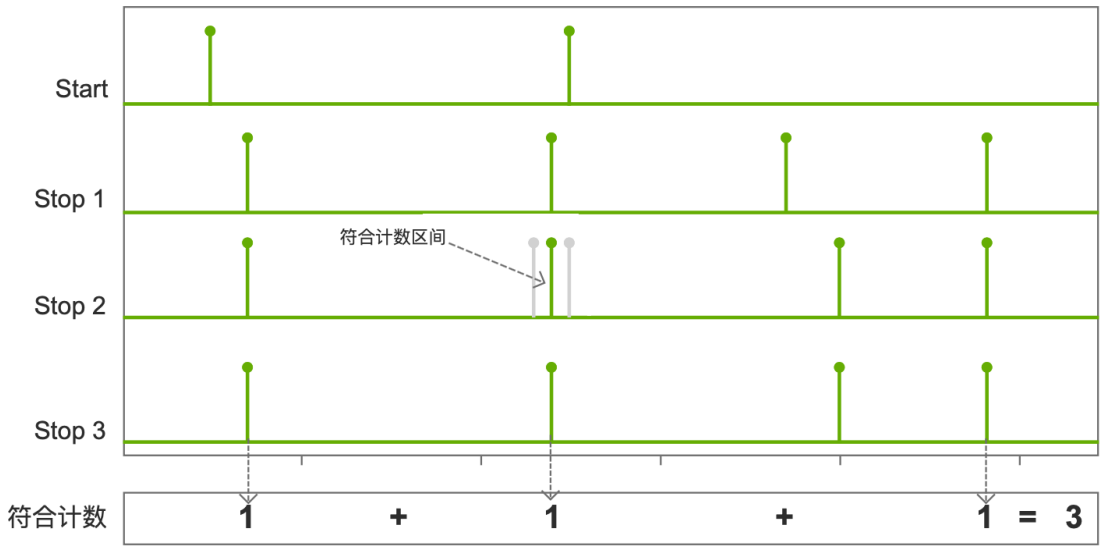


图 2.14 符合计数生成原理

符合计数参数名称	描述
符合计数开关	用户需打开符合计数开关，该算法才能生效;需要注意的是， 符合计数算法的参数在采集过程中设置无效

Stop 通道选择	用户需要在处于工作过程中的通道中选择 2 到 3 个通道，来产生符合数，符合计数的规则如图 2.13
符合计数区间	用户可通过设置符合计数区间参数来控制可以生成符合计数的范围;对于符合计数区间的定义我们在图 2.13 中做了标注
符合计数率	该窗口显示每秒钟的符合数个数
选中通道计数率	在这里用户可观察到选中通道的计数率

2.3.4 仪表盘模块

1. “Start/cps”:该参数实时显示 Start 通道每秒脉冲个数;
2. “Sum/cps”：该参数实时显示所有 Stop 通道每秒脉冲个数的总和;
3. “最大计数”：该参数实时显示最大计数值;
4. “最大计数时间(s)”:该参数实时显示最大计数值对应的时间差;
5. “内存告警”:当红灯亮起时，表示 FIFO 溢出，此时存在丢失数据的风险，此时设备会立即停止采集;

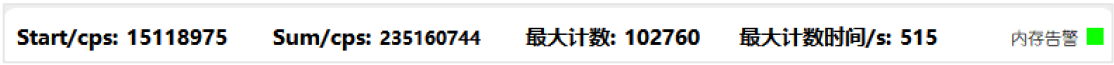


图 2.12 仪表盘

3、快速开始

本模块的目的是演示 TDC1610 的基本使用方法，我们将会使用到信号源和我司自主研发的 ASG8100(数字延时脉冲发生器)来产生信号，使用 TDC1610 作为采集设备。

3.1 基础功能使用

3.1.1 线路连接

前面板线路连接如图 3.1 所示，将信号源的 OUT1 作为 Start 信号，OUT2 作为 Stop 信号接入 TDC1610 的 6 号采集通道，将 OUT3 作为 Mark 信号接入 TDC1610 的 Mark 接口。后面板在直连状态下，只需将 TDC1610 的 LAN 端口与计算机连接即可。

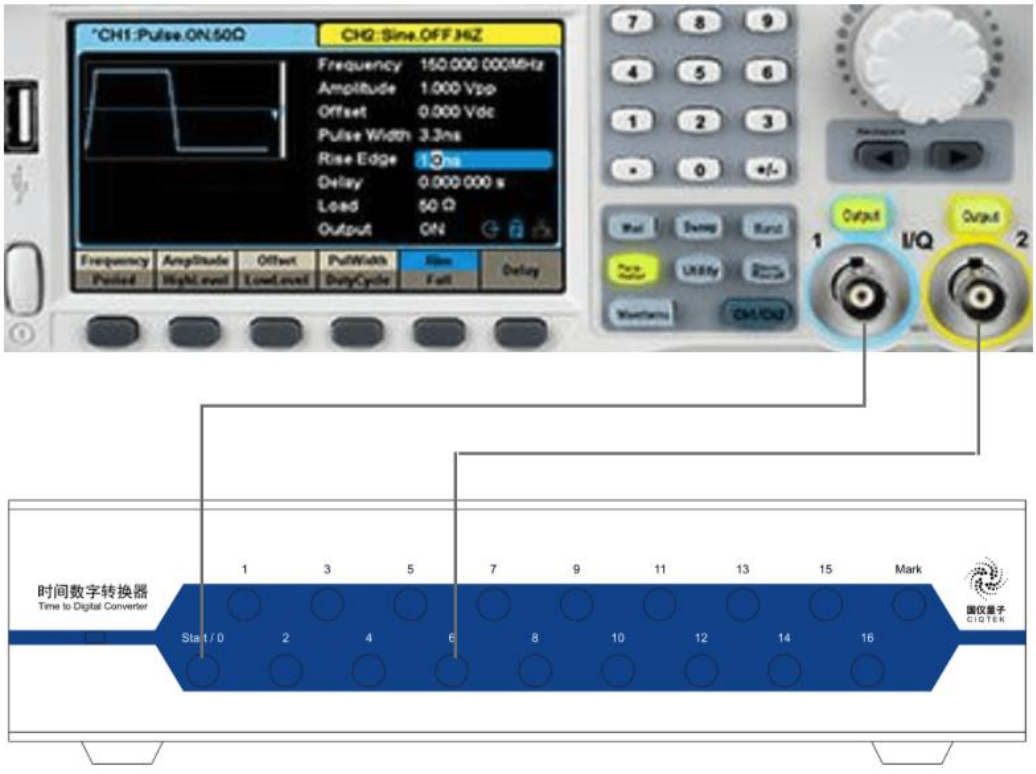


图 3.1 前面板连接

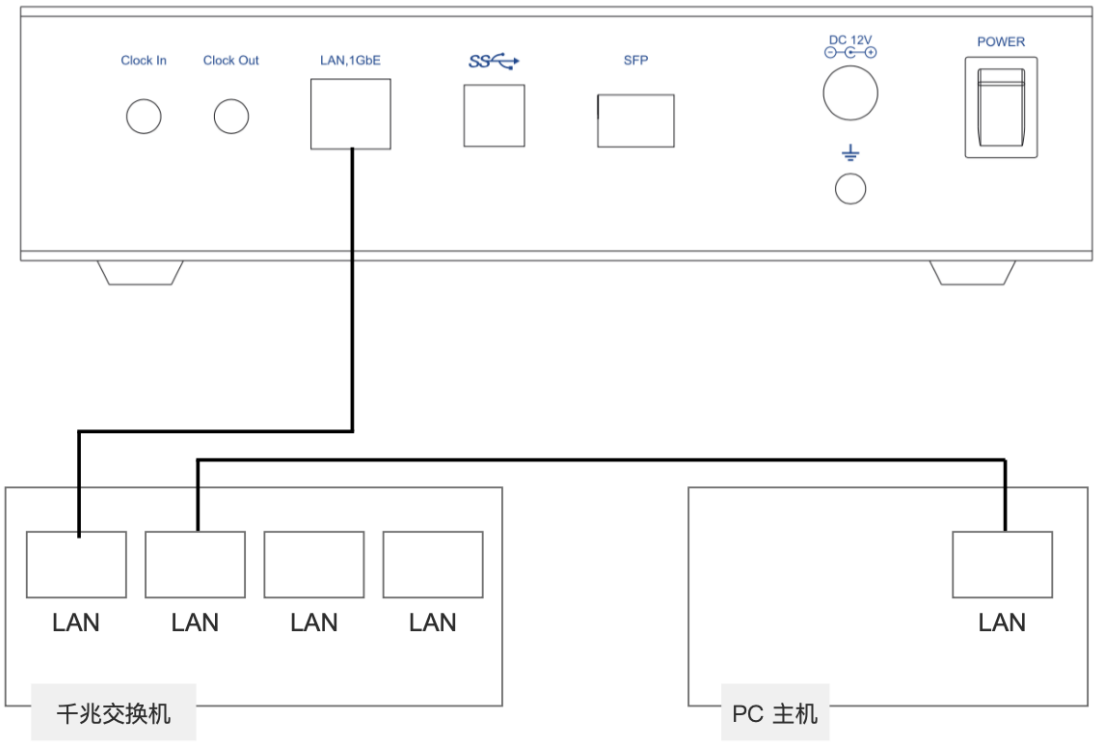


图 3.2 后面板连接

3.1.2 参数设置及实验结果

首先我们需要设置信号源输出信号，这里我们设置两个频率为 1MHz，脉宽 10ns，通道 2 相对于通道 1 延迟 10ns 的方波信号，如图 3.3、3.4 所示。

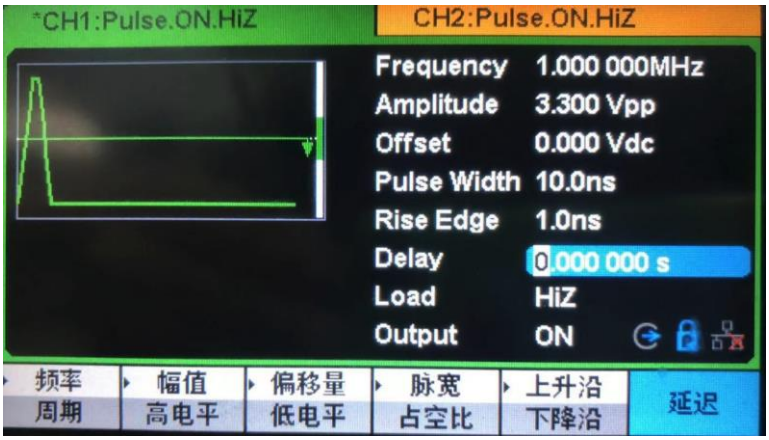


图 3.3 通道 1 输出信号



图 3.4 通道 2 输出信号

在确保 TDC 已经处于连接状态下，我们来设 TDC 参数设置模块中的参数，首先我们需要打开 Start 通道、6 通道的采集开关，设置为上升沿采集，具体参数设置如图 3.5，参数设置完成后点击开始采集，采集结果如图 3.6。需要注意的是，在采集过程中，全局参数是不可以修改的。



图 3.5 参数设置模块

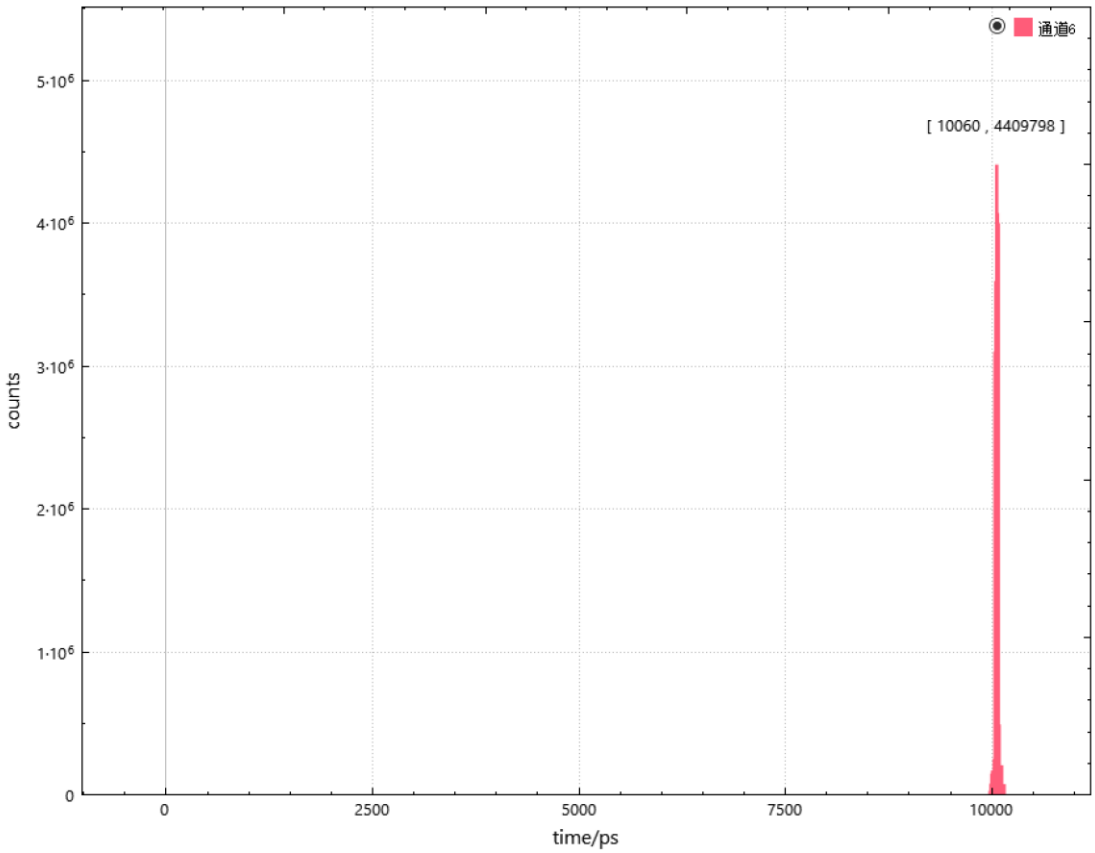


图 3.6 实验结果

我们也可以在软件上设置通道间的延迟，如果你将通道 6 的延迟设置为 1000ps，如图 3.7 所示，那么我得到的时间差测量结果应该在 11000ps 左右，如图 3.8。

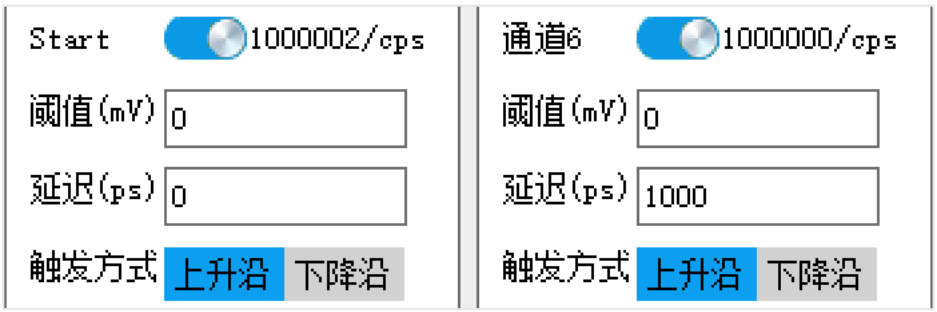


图 3.7 通道延迟设置

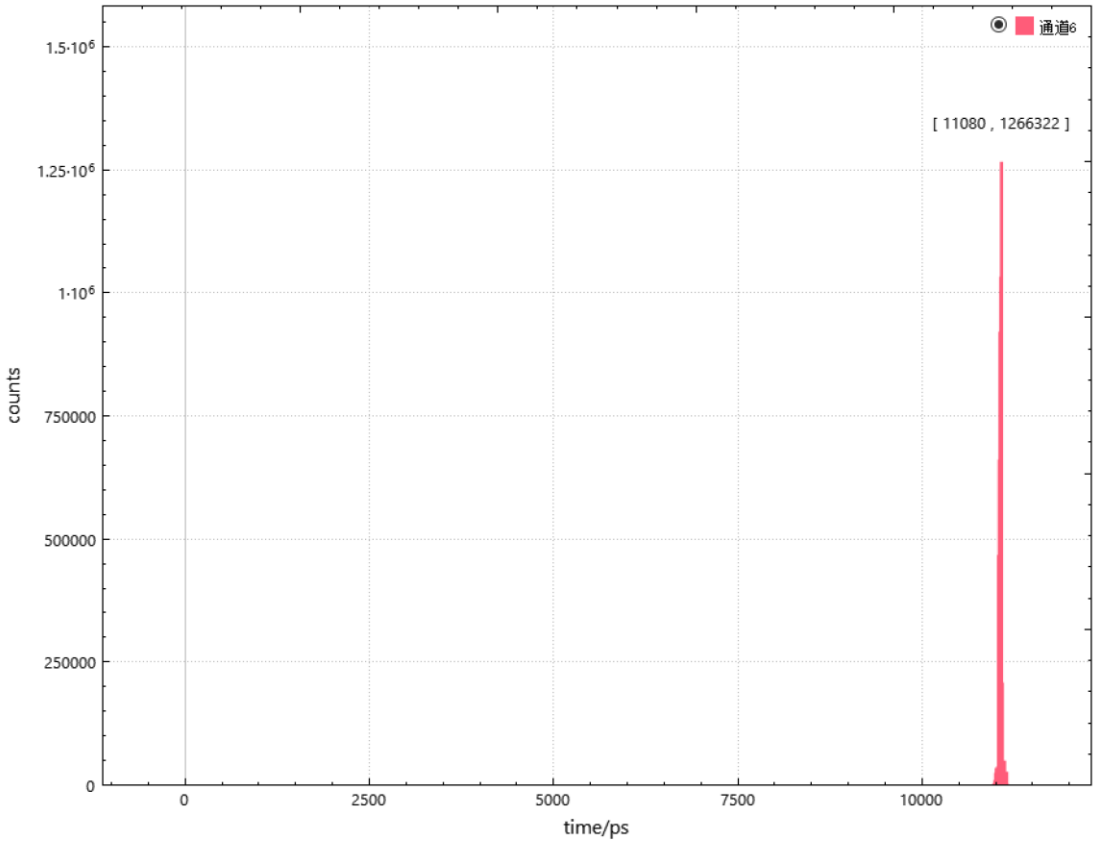


图 3.8 实验结果

3.2 标记功能使用

3.2.1 线路连接

前面板线路连接如图 3.9 所示，将 ASG8100(数字延时脉冲发生器)的 OUT1 作为 Start 信号，OUT2 作为 Stop 信号接入 TDC1610 的 2 号接口，将 OUT3 作为 Mark 信号接入 TDC1610 的 Mark 接口。

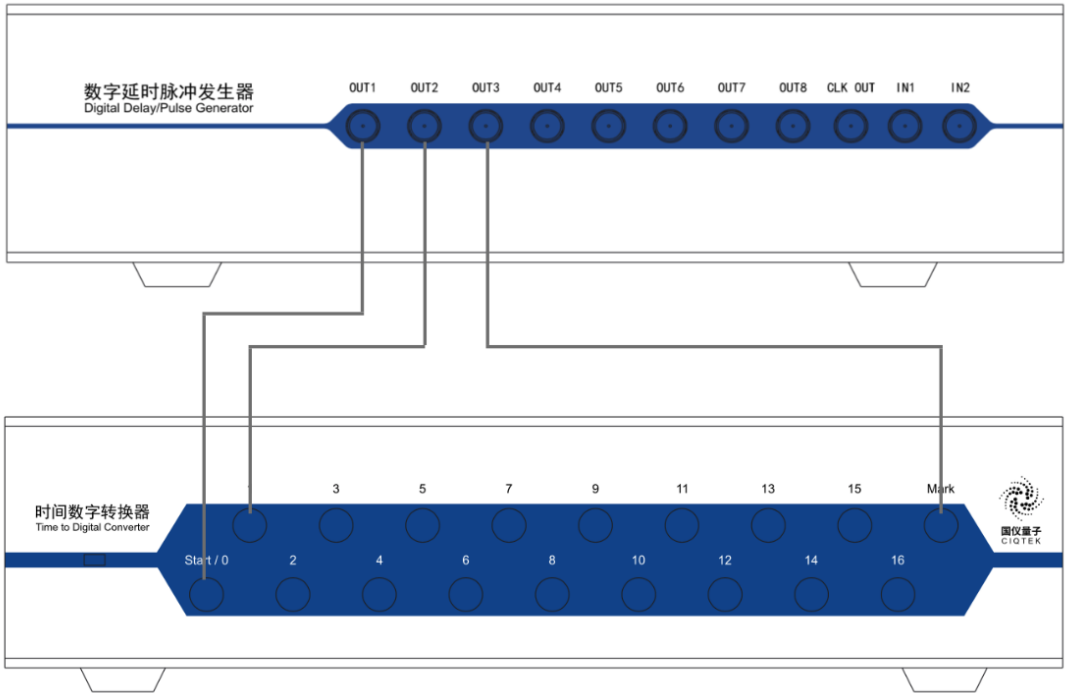


图 3.9 前面板线路连接

3.2.2 参数设置及实验结果

首先我们先设置 ASG8100 的输出波形，方波信号脉宽 100ns，如图 3.10。在 TDC1610 软件界面上，我们只需将标记功能的开关打开，同时需要注意的是全局参数重的绘图窗口参数需要设置成为大于 500000ps 的数值，因为我们只对绘图窗口范围内的数据进行绘图。参数设置完成后，我们点击开始采集按钮，会观察结果，如图 3.11。

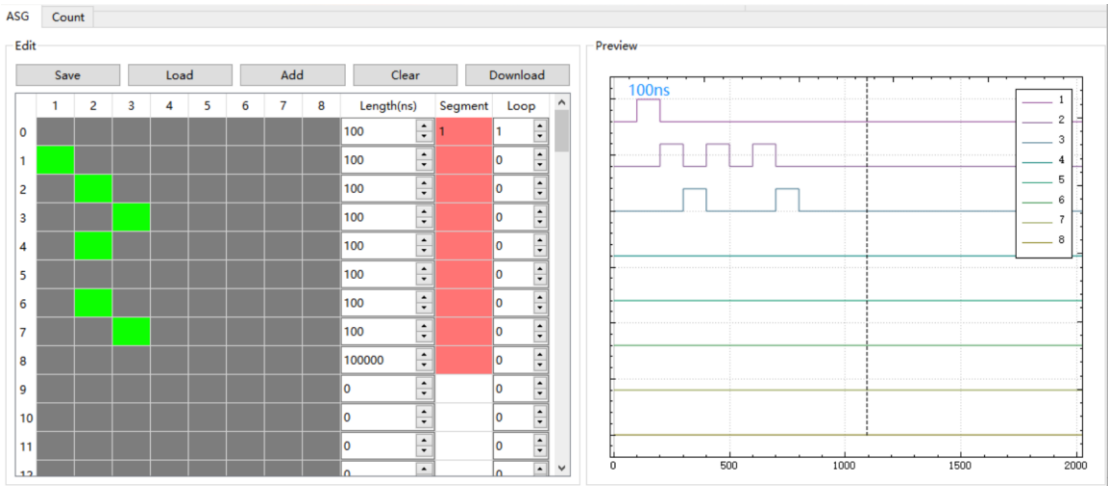


图 3.10 ASG 输出波形

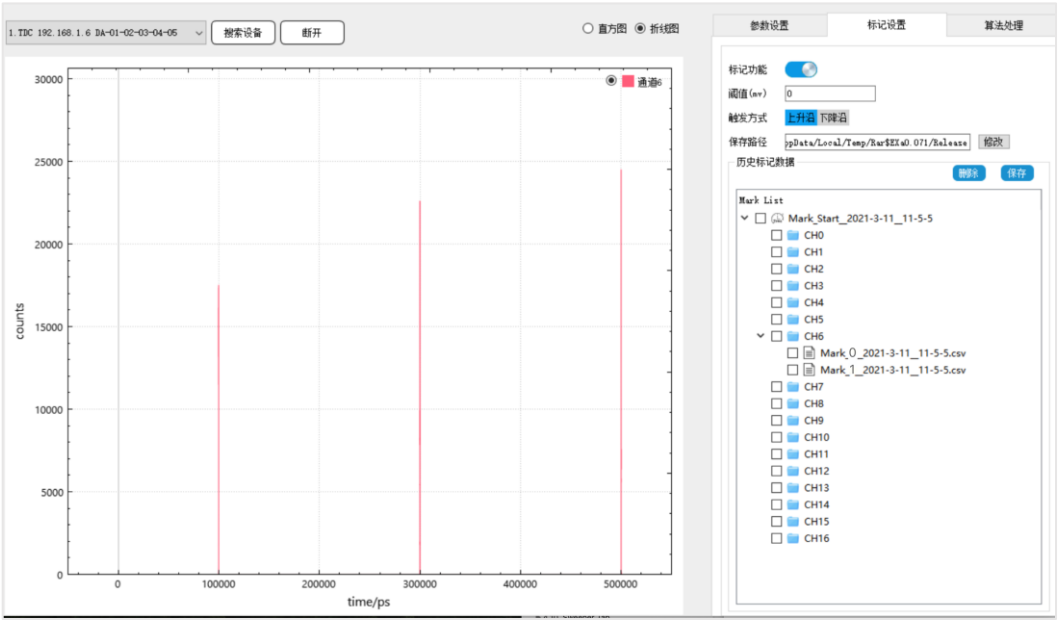


图 3.11 绘图结果及历史数据显示

我们可以观察到绘图结果与我们预计的实验结果基本一致，同时生成了两个 Mark 标记后的文件，文件格式为.csv，我们以时间戳命名文件夹，并将标记后的文件放在相应的通道文件夹下。历史标记数据存储缓存之中，您可以将数据手动保存在本地，方便后续使用，缓存文件将会在您断开连接后被清空。

4、故障处理

下面列举了 TDC1610 在使用过程中可能出现的故障及排查方法。 当您遇到这些故障时，请按照相应的步骤进行处理，如不能处理，请及时与我司联系。

4.1 计算机无法识别设备

1. 确认计算机与设备在相同网段下;
2. 确认是否安装网口驱动，若已安装请检查网口是否正常连接，若多次重新插拔后仍无法识别设备，请及时与我司联系。

4.2 计算机可以识别设备但软件中设备连接失败

计算机的设备管理器显示正确识别设备但是软件中设备连接失败，则重启软件进行尝试，如果还是显示无法连接，重启设备。

4.3 设备正确但是无法显示采集信号

1. 检查 SMA 线缆是否与相应的通道采集端口紧固连接，检查 SMA 线缆是否有内部损伤。
2. 以上三条均检查无误后，若仍无方波信号输出，请及时与我司联系。

4.4 设备正常但操作卡顿

当超过 15 个采集通道同时使用时，会占用计算机的内存过大，会导致软件使用卡顿，不流畅等现象，可以减小绘图窗口的大小，或者将不必要的采集通道关闭。

5、注意事项

5.1 硬件设备注意事项

1. TDC1610 的外界工作环境温度必须在-10 ◦C 至 +50 ◦C 以内。
2. 搬运仪器时请轻拿轻放，切勿将重物放置在机箱上。

5.2 计算机配置

建议计算机配置为 win10 系统， 8G 内存，该配置下软件运行更流畅。

5.3 其他注意事项

如果您怀疑本产品出现故障，请立即联络我司授权的维修人员进行检测。任何由未经我司允许的维护、调整或零件更换而造成损失，我司概不承担任何责任。