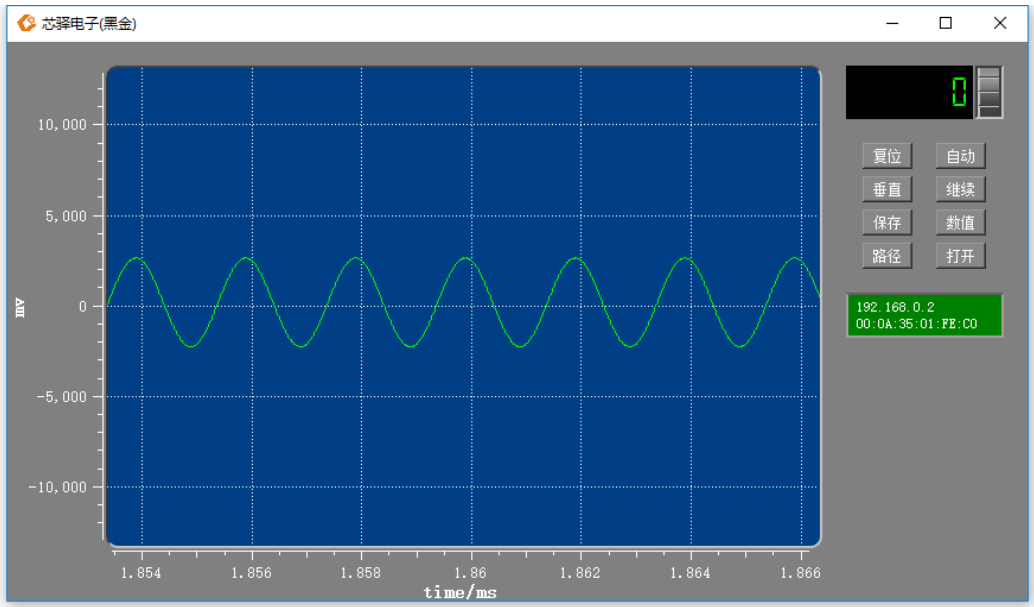


黑金动力社区 2023-02-24

本实验练习使用 ADC 的以太网传输，实验中使用的 ADC 模块型号为 AN926，最大采样率 65Mhz，精度为 12 位。基于前面讲到的以太网实验，在本实验中把 AN926 的采集数据以千兆以太网方式传输到上位机软件，我们可以用更加直观的方式观察波形，是一个数字示波器雏形，并且可以保存 ADC 数据。



AN926 双路 65M 采样 12 位 ADC 模块



实验预期结果

2 实验原理

2.1 制定 UDP 包协议

为了体现上位机的灵活性，基于 UDP 传输，制定了以下通讯协议，此协议包含在 UDP 数据包中。

一、获取板卡信息

(1) 询问命令（共 5 字节，由上位机通过以太网发送）

字节数	1	4
命令信息	Header	32'h00000000 或 32'h00010001

(2) 应答命令（共 27 字节，由开发板通过以太网发送）

字节数	命令信息
1	Header 8'h01
4	32'h00010001
6	板卡 MAC 地址
4	板卡 IP 地址
1	符号位 8'h00:无符号数 8'h01 有符号数（设置无效，上位机要求为有符号数）
1	ADC 有效数据长度，比如 AD9226 为 12 位，即 8'd12
1	采集一次 ADC 的字节数（设置无效，上位机要求 ADC 数据位宽为两个字节）
1	采样通道（此功能上位机未实现）

4	采样率，即采样的频率，程序中设为 65M
4	缓存的 ADC 数据长度，单位为字节

二、获取数据

(1) 控制命令（由上位机发送数据请求）

字节数	命令信息
1	Header
4	32'h00010002
6	板卡 MAC 地址，确认是本地的 MAC 地址
4	采样通道（此功能未实现）
4	采样次数（采集数据为 16 位，采样次数为缓存数据长度的一半）

(2) 应答命令（由开发板发送）

字节数	命令信息
1	Header 8'h01
4	32'h00010002
1024	ADC 数据

每个 UDP 包都包含有 Header，在第一个字节，其格式如下：

比特位	值 (0)	值 (1)
bit 0	查询或控制	应答
bit1~bit7	随机数据	

注：当应答时，高 7 位随机数据保持不变，bit0 设置为 1

2.2 程序实现

首先在空闲状态，上位机会通过以太网广播发送询问命令，因此在 IP 层接收时要加上判断是否是广播 UDP 数据，如果是，也接收数据，此段代码在 ip_rx.v 中，如下所示：

```
if ((mac_rx_destination_mac_addr == local_mac_addr && ip_rec_destination_addr == local_ip_addr) ||
    (mac_rx_destination_mac_addr == 48'hff_ff_ff_ff_ff_ff_ff_ff_ff_ff && ip_rec_destination_addr == 32'hff_ff_ff_ff))
```

之后在 eth_cmd.v 文件中判断接收到的数据信息，是否是询问命令或控制命令，从而产生出命令的应答请求信号 cmd_reply_req，或请求数据的信号 ad_data_req。

信号名称	方向	宽度 (bit)	说明
clk	in	1	系统时钟
rst_n	in	1	异步复位，低电平复位
udp_rec_data_valid	in	1	UDP 接收数据有效

udp_rec_ram_rdata	in	8	UDP 接收到的数据
udp_rec_ram_read_addr	out	11	UDP 接收数据 RAM 地址
udp_rec_data_length	in	16	UDP 接收数据长度
udp_rd_en	in	1	UDP 发送读使能信号
reply_data	out	8	命令应答数据
local_ip_addr	in	32	本地 IP 地址
local_mac_addr	in	48	本地 MAC 地址
ch_sel	out	32	通道选择（未使用）
sample_num	out	32	采样长度
header	out	8	命令头
cmd_reply_ack	in	1	命令应答响应
cmd_reply_req	out	1	命令应答请求
cmd_send_len	out	16	命令应答数据长度
ad_data_ack	in	1	ADC 数据应答信号
ad_data_req	out	1	ADC 数据请求信号

mac_ctrl.v 文件实现以太网的传输控制，在 IDLE 状态下等待一定时间，进入 CMD_WAIT 状态，判断是否有命令请求 cmd_reply_req 或数据请求 ad_data_req，之后进入 CHECK_ARP 状态，检查对应的 IP 地址是否在缓存列表中，如果没有，将发送 ARP 请求，等待应答。之后根据命令请求或数据请求进入相应的数据发送状态，CMD_SEND 或 AD_SEND 状态。

信号名称	方向	宽度 (bit)	说明
clk	in	1	系统时钟
rst_n	in	1	异步复位，低电平复位
udp_send_data_length	out	16	UDP 发送数据长度
ip_rec_source_ip_addr	in	32	UDP 接收到的广播 IP 地址
destination_ip_addr	out	32	目的 IP 地址
fifo_data	in	16	从 FIFO 中读出的 ADC 数据
fifo_data_count	in	11	FIFO 中可读数据数量
fifo_rd_en	out	1	FIFO 读信号

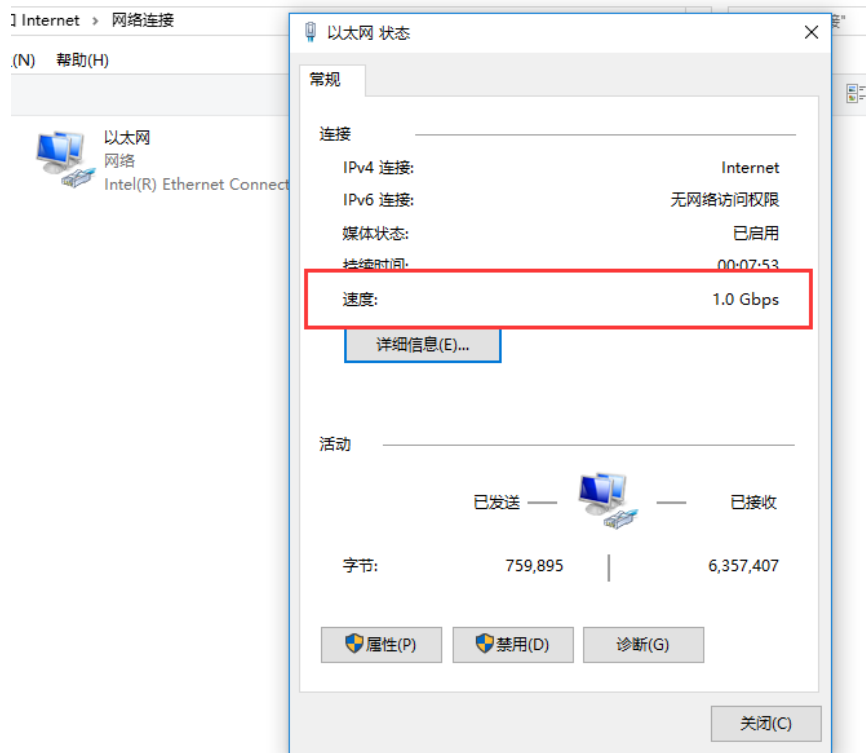
udp_rd_en	in	1	UDP 发送读请求信号
header	in	8	命令头
sample_num	in	32	采样长度
sample_len	out	32	采样长度 latch
reply_data	in	8	命令应答数据
cmd_reply_ack	out	1	命令应答响应
cmd_reply_req	in	1	命令应答请求
cmd_send_len	in	16	命令应答数据长度
ad_data_ack	out	1	ADC 数据应答信号
ad_data_req	in	1	ADC 数据请求信号
ad_sample_req	out	1	ADC 采集请求信号
ad_sample_ack	in	1	ADC 采集应答信号
mac_send_end	in	1	MAC 发送结束信号
mac_not_exist	in	1	IP 对应 MAC 不存在
arp_found	in	1	接收到 MAC
udp_tx_req	out	1	UDP 发送请求
arp_request_req	out	1	ARP 发送请求
udp_data	out	8	UDP 发送数据
read_req_ack	in	1	读 FIFO 应答
read_req	out	1	读 FIFO 请求
identify_code	out	16	IP 序列号

注意：上位机设置的缓存空间为 1M 字节，请求数据间隔为 100ms，因此在设置采样深度时要考虑到这两点。在 eth_top.v 程序中设置为 32'h00080000，即 512K 字节，采样频率为 65MHz，ADC 采样端数据为两个字节长度，因此采样长度为采样字节除以 2，即 32'h00040000，计算得到 4ms 即可采集完成。ad9226_sample.v 中将 12 位数据扩展 16 位，便于存储。移除了 UDP 发送数据的检验和。

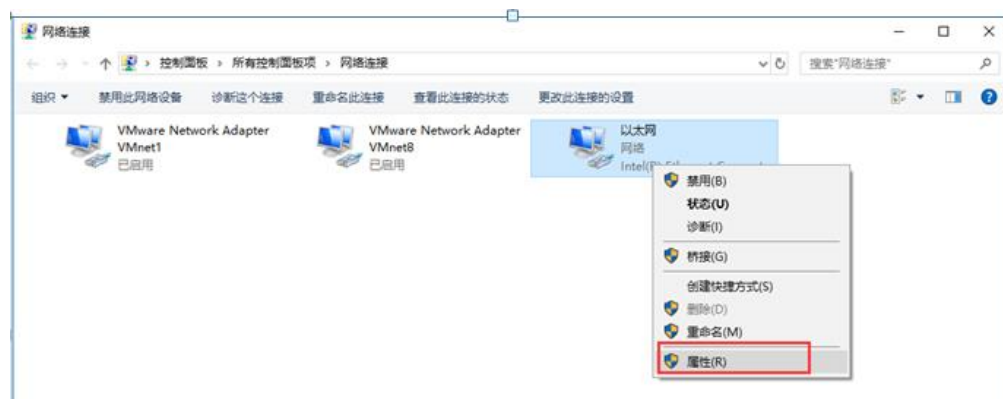
```
eth_cmd
#(
    .SAMPLE_RATE    (32'd65000000), //65Mps
    .SAMPLE_DEPTH  (32'h00080000), //524KB
    .DATA_SIGN      (8'h01),        //00,unsinged;01,signed
    .DATA_LEN       (8'd12),         //adc data width
    .DATA_BYTE      (8'h02),         //data byte number
)
```

3 实验现象

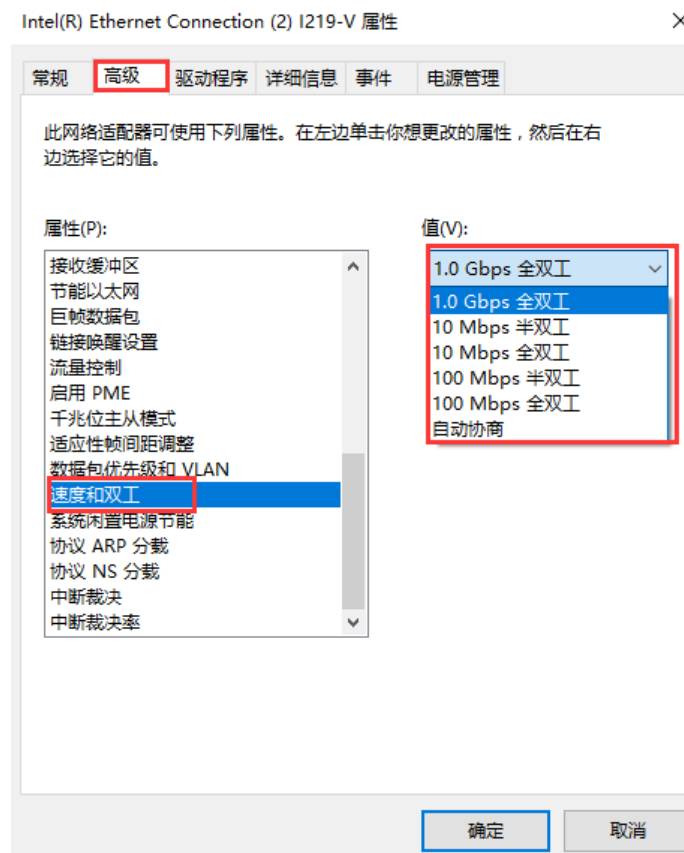
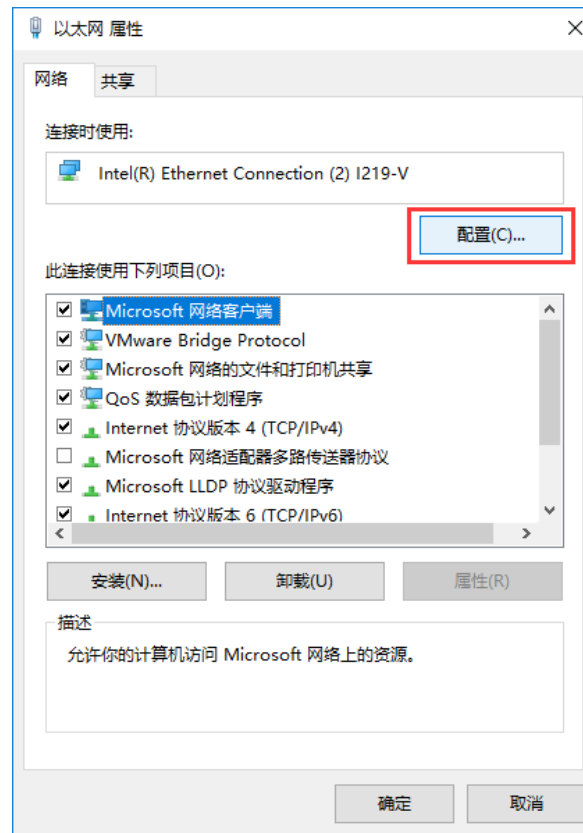
- (1) 首先要确保 PC 的网卡速度为千兆，否则无法显示。在网络连接中找到本地以太网，双击出现如下界面，千兆网络默认连接如下图：



如未出现如上所述界面，先确认是否是千兆网线连接的和网卡是否支持千兆，网卡判别则右键属性



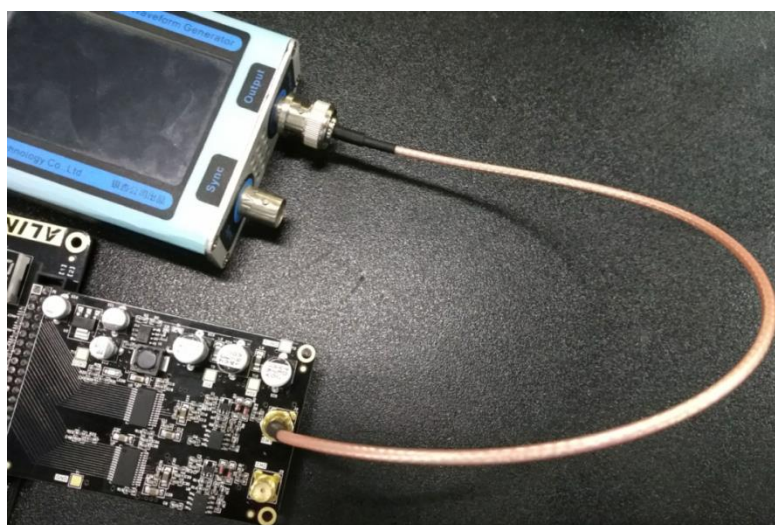
点击配置，可看到网卡型号查下是否支持千兆。



在链接速度中，可以看到目前的链接状态是多大速度，可在下拉菜单中查找链接选项，务必确保链接速度为 1.0Gbps 全双工，如果没有这个选项，说明网卡不支持千兆以太网。

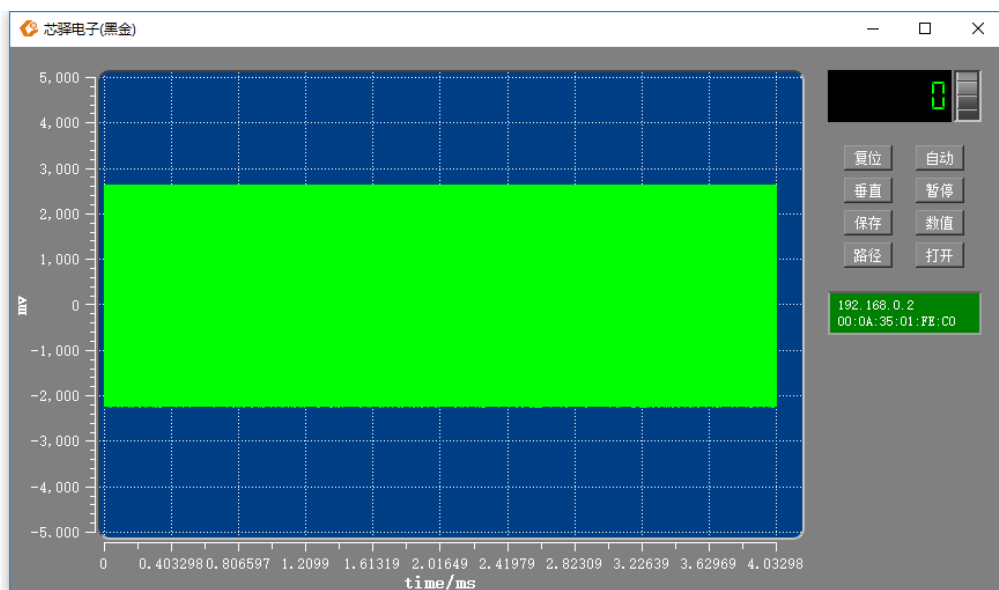
(2) 将 AN926 模块插入开发板，**AX7101(AX7201)接 J11、AX7102(AX7202)接 J5、AX7103(AX7203)接 J13，注意 1 脚对齐，不要插错、插偏，不能带电操作**，不清楚连接的可参考“AD9226 波形显示例程”的教程。

(3) 连接 AN926 的 CH1 输入到信号发生器的输出，**这里使用的是专用屏蔽线，如果使用其他线可能会有较大干扰。**

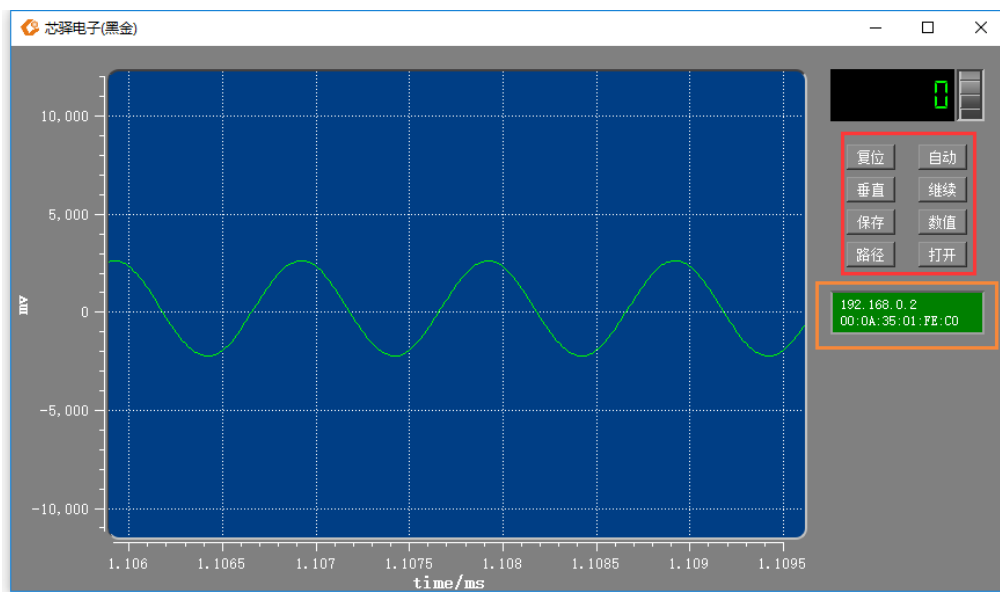


AN926 连接信号源示意图

(4) 下载程序，调节信号发生器的频率和幅度，AN926 输入范围-5V-5V，因此幅度最大设置为 10Vpp，为了便于观察波形数据，建议信号输入频率 1Khz 到 5Mhz。打开示波器.exe 即可自动显示波形。此实验不需要设置 PC 的 IP 地址，连接 PC 和开发板即可，如果使用 AX7101(AX7201)开发板，网线连接 Ethernet1 端口 (J1)，如果使用 AX7103(AX7203)开发板网线连接 ETH1 端口 (J3)，其它网口需自己修改代码。



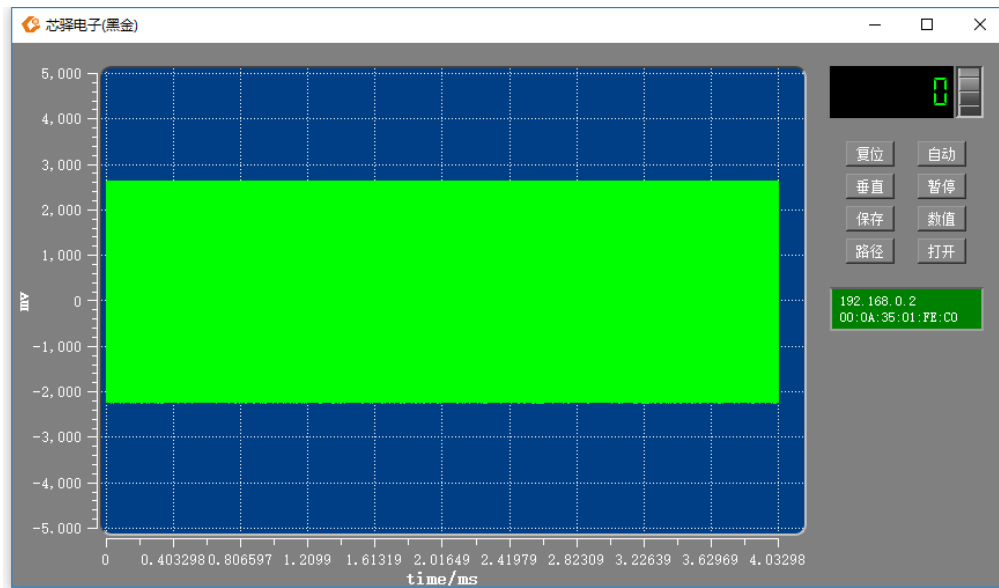
附：上位机软件说明



绿色框显示发送板卡的 MAC 和 IP 地址。

红色框中为控制按钮，功能如下：

复位： 点击复位可使波形显示到初始状态，如下图



自动：没有用处

垂直：“垂直”与“水平”切换，点击此按钮可进行水平垂直方向缩放的切换，在垂直状态下，滚动鼠标滚轴可进行垂直方向的缩放，水平状态下，进行水平方向的缩放。

暂停：“暂停”与“继续”切换，点击暂停波形，可再点击“继续”显示波形。

保存：保存 ADC 数据为 TXT 文档，保存路径在“路径”按钮处设置，默认为软件所在路径。

数值：“数值”与“电压”切换，Y 方向坐标单位为原始值，即接收到的原始数据值，点击“电压”则显示电压值。

路径：选择保存路径

打开：打开已保存的 TXT 波形文件