

产品概述:

ELab v1 迷你电子实验室，是一款专注于电子元件与模块闭环测试的集成化实验平台。其核心功能涵盖波特图分析、FFT 频谱分析、频谱扫描、电压扫描，以及与 Matlab 的同步在线采集调试等，可实现对电子器件性能的全方位检测。该设备支持单台 PC 同步接收多通道信号，并能通过 TCP 协议将数据汇总至上级系统，确保测试数据的高效整合与集中管理。在兼容性方面，它完美适配 Python 与 Matlab 等主流数据分析平台，为用户提供灵活的数据分析工具选择。无论是课堂教学中的原理演示、科研阶段的设备预研，还是工程实践中的样机试制，ELab v1 都能精准契合多元场景的需求，为电子领域的教学、研发与实践工作提供稳定可靠的技术支持。

1. 输入测量功能

- **通道配置:** 双通道单端输入 (CH1、CH2)，直流耦合方式。
- **输入阻抗:** $300\text{ k}\Omega \sim 2\text{ M}\Omega$ (可调)，容抗 $\leq 10\text{ pF}$ 。
- **测量范围:**
 - **低档位:** $0 \sim 10\text{ V}$ (高精度模式)
 - **高档位:** $0 \sim 100\text{ V}$ (扩展模式)
- **ADC 精度:** 12 位分辨率，确保高精度信号采集。
- **采样率:** $50\text{ kS/s} \sim 15\text{ MS/s}$ (可编程调节)，适应不同带宽需求。

2. 输出功能

- **通道配置:** 两路独立输出 (OUT1、OUT2)，每路由两个子通道并联组成。
- **波形生成:**
 - **方波:** 幅度 $0 \sim 3\text{ V}$ ，频率 $1\text{ kHz} \sim 300\text{ kHz}$ ，占空比与相位可调。

- 正弦波/三角波/自定义波形：幅度 0~3 V，频率 100 Hz~30 kHz。
 - 电源输出：
 - 2.5 V / 5 V 直流输出：支持电子模块闭环测试，5 V 最大输出电流 50 mA。
 - OUT1 电流测量：最大测量电流 3 mA。
-

3. 数据传输与通信

- USB 接口：
 - 支持多设备并联工作。
 - 实时数据通过 TCP 协议上传至服务器，支持多客户端（PC）同步访问。
 - 软件支持：
 - 提供 Windows & Ubuntu 驱动及 API，兼容 MATLAB 等数学软件，便于二次开发。
 - 服务器端支持数据级联、汇总及高级分析。
-

4. 安全与限制

- 输入保护：
 - 输入电压严禁超过 100 V，否则可能导致设备永久损坏。
 - 禁止将设备 GND 直接连接至 110 V/220 V 市电，以免烧毁设备或 PC。
 - 误差说明：
 - 误差范围 1%~5%。
 - 触发功能：
 - 无硬件触发支持，采用直接采集显示模式。
-

5. 硬件接线示意图

（注：此处可插入接线图或提供详细引脚定义，例如：）

- 输入端子：CH1 (+/-)、CH2 (+/-)
- 输出端子：OUT1 (A/B)、OUT2 (A/B)
- 电源接口：5V_OUT、GND
- USB：Micro-USB 接口

应用场景

- 电子电路调试、传感器信号采集
- 嵌入式系统测试（如 PWM 波形生成）
- 教育实验、电化学、科研数据分析

程序安装与启动指南

1. 程序安装（绿色版）

- 下载验证:

下载程序包 qiftech.cn.lab.tar。

在终端运行以下命令验证文件完整性: bash

```
# 计算 MD5 校验值
```

```
CertUtil -hashfile qiftech.cn.lab.tar MD5
```

```
# 计算 SHA1 校验值
```

```
CertUtil -hashfile qiftech.cn.lab.tar
```

比对输出的哈希值与官方提供的校验值，确保文件完整无误。

- 程序启动:

- **Windows/Linux:**

解压后可直接运行 qiftech.cn.lab，无需安装。

- **Linux 建议:** 使用 `sudo ./qiftech.cn.lab` 启动，以避免权限问题。

- **注意事项:**

若遇到 USB 连接失败，可能是因高速 USB 设备占用总线导致。解决方法:

1. 重新插拔 USB 设备。
2. 关闭并重启 qiftech.cn.lab 程序。

2. 驱动安装

- Linux 系统:

大多数 Linux 发行版已自带驱动。

Ubuntu 额外支持:

运行以下命令安装 libusb 库: `bash`

```
sudo apt-get install libusb*
```

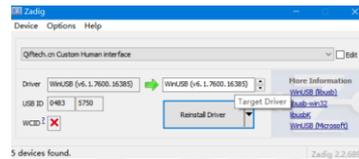
设备连接检查:

接入设备后, 执行 `sudo lsusb -t`, 查看是否有新设备识别。

- Windows 系统 (Win7/10) :

使用 [Zadig](#) 工具安装驱动。

选择 **WINUSB (推荐)** 驱动并完成安装。



安装成功后, 系统将识别设备。

3. 设备连接优化

直接连接 PC:

建议将 **ELab v1** 直接插入电脑 USB 接口, 避免使用 USB 集线器。
确保设备独占 USB 高速总线 (不与其他高速设备共享)。

供电要求:

典型工作电流 <500 mA, 建议使用 **优质 USB 2.0 线缆**。

支持 **3~5 台 ELab v1 并联使用**, 但需确保供电稳定。

设置保存:

退出程序时, 当前配置会自动保存, 下次启动时恢复。

4. 设备选择与界面操作

1. 启动程序后, 进入菜单:

Tools → Boards → 选择 **"ELab v1 迷你电子实验室"**。

2. 确认设备连接状态后, 即可开始使用。

常见问题处理

USB 连接不稳定:

更换 USB 端口或线缆。

关闭其他占用高速总线的设备（如摄像头、采集卡）。

驱动安装失败:

在 Windows 设备管理器中手动更新驱动，选择 WINUSB。

Linux 用户可尝试重新加载 libusb 模块: Bash

```
sudo modprobe usbcore
```

快速入门指南

1. 硬件连接

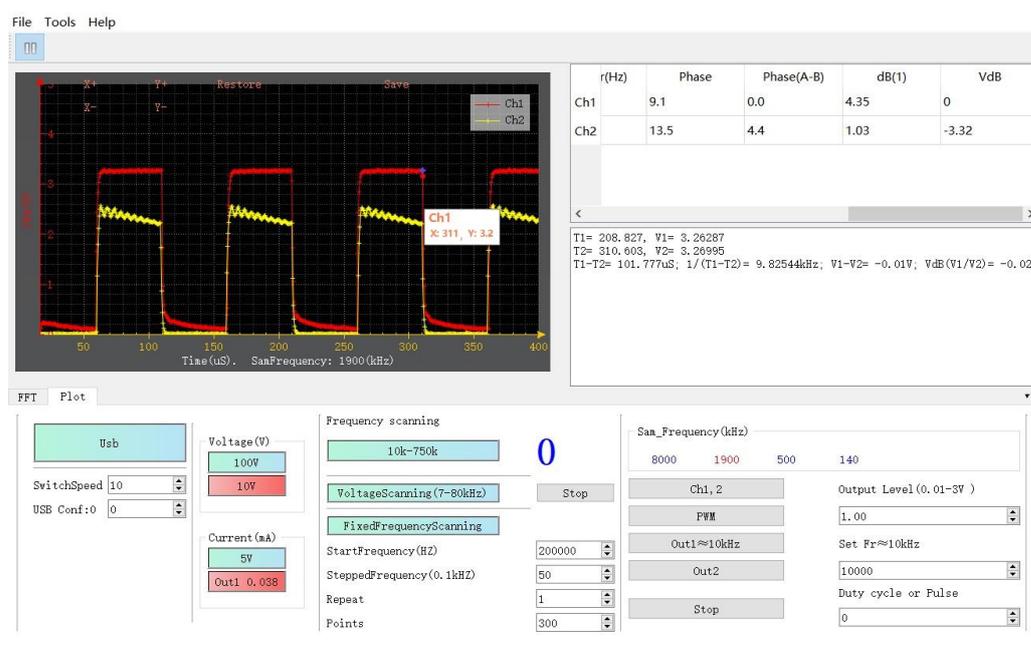
将两个探头上的 CH1、CH2 接口分别连接电感，并将其共同接入输出端 OUT1。

2. 波形设置

进入 PWM 波形设置界面，输入 10000Hz 参数，设备将自动生成并显示方波轨迹。

3. 频率测量

点击暂停键冻结波形后，点击方波轨迹上的任意两点，系统可自动计算并显示两点间的频率值。



电压测量

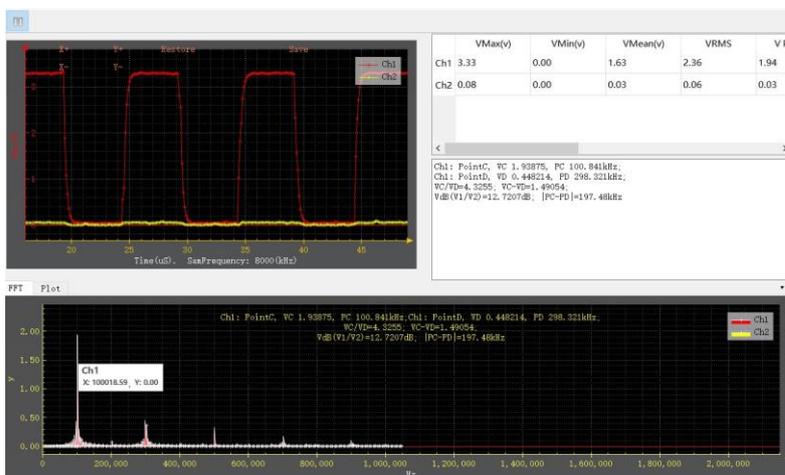
- **单端电压测量**：支持同时测量 CH1、CH2 通道与 GND 之间的单端电压。
- **数据显示**：可显示通道名称、电压范围、频谱范围、峰峰值、直流电压分量、交流电压分量、分贝值、相位与相位差、dB 与 dB 差，以及支持 CH1-CH2 差值计算、CH2/CH1 比值计算、Abs 绝对信号值计算。

电流测量

- **5V 输出电流测量**：专为 5V 电子产品测试设计，最大可提供 50mA 电流。
- **OUT1 输出电流测量**：适用于低功耗设备测试，最大可提供 3mA 电流。

FFT 频谱分析

- **奈奎斯特频率提示**：采样频率需满足奈奎斯特采样定理（采样频率 ≥ 2 倍信号最高频率），否则高于奈奎斯特频率的信号将产生混叠，导致高频分量被镜像到低频区域。
- **频谱计算操作**：点击暂停后，使用鼠标双击频谱图上任意两点，系统将自动计算并显示两点间的 FFT 频谱相关数值。



频率扫描功能说明

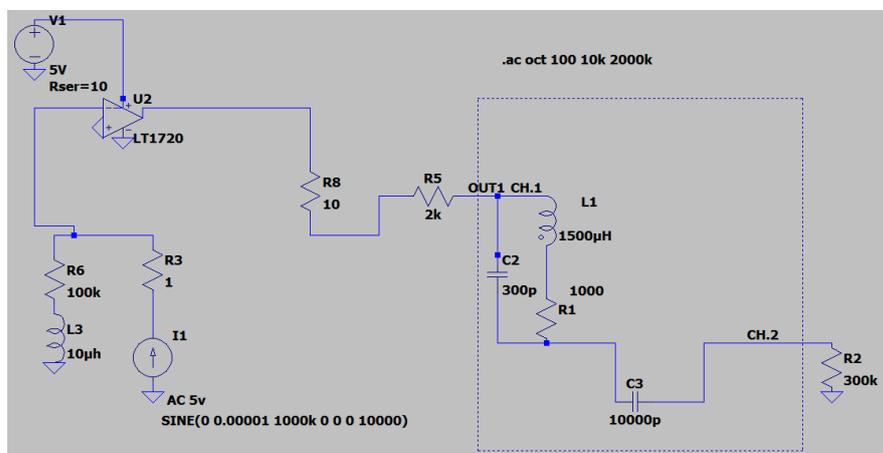
频率范围设置

频率扫描范围为 1kHz-1.5MHz，各采样通道可独立设置。以下为 LC 谐振电路频率扫描操作指南：

LC 频率扫描配置

1. **硬件连接参考**：请参考 LTspice 模拟原理图进行连线，需添加以下关键元件：
 - L1: 三脚升压电感 (1.5mH, 工形电感)
 - C3: 10nF 电容
2. **设备连接**:
 - CH1: 连接至被测电路信号输入端
 - CH2: 连接至被测电路信号输出端
 - OUT1: 连接至被测电路激励源输入端

注意：原理图中未标注的元件为电路寄生参数，实际测试时无需额外添加。



- **采样频率设置**
 - 将 CH1 和 CH2 的采样频率设为 8MHz（确保满足奈奎斯特采样定理）。
- **扫描范围设置**
 - 起始频率 (Start Frequency)：输入 100kHz
 - 步进频率 (Stepped Frequency)：输入 5kHz（即 0.1kHz 的 50 倍）
- **扫描精度设置**
 - 重复次数 (Repeat)：设为 1（增大该值可提高结果精度，但会降低扫描速度）
 - 采样点数 (Points)：建议设置为 100-300 点
- **启动与结果查看**

设置完成后点击“开始”按钮，扫描完成后可通过打开“波特图 DEMO2”查看频率扫描结果。



波特图操作指南

基本操作

- **数据查看:** 频率扫描完成后, 打开波特图界面, 点击曲线上任意点可查看对应的 X 轴 (频率) 和 Y 轴 (幅度 / 相位) 数值。

演示案例

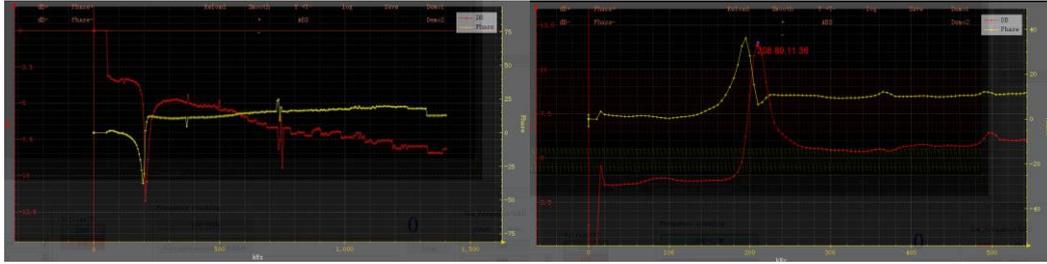
- **DEMO1:** 升压电感 68mH 与 10nF 电容串联的频率扫描结果
- **DEMO2:** 升压电感 1.5mH 与 10nF 电容串联的频率扫描结果 (推荐使用此案例观察谐振现象)

功能说明

- **Log 模式:** 切换对数坐标显示
- **ABS 绝对值:** 显示信号绝对值
- **Smooth 平滑:** 通过算法平滑曲线, 提升可视化效果 (**注意:** 过度平滑可能导致关键数据失真)

操作建议

1. 打开 DEMO2 案例
2. 适度应用平滑功能优化曲线显示
3. 观察谐振频率点 (约 200kHz 附近) 的幅度峰值和相位突变特征



真实数据

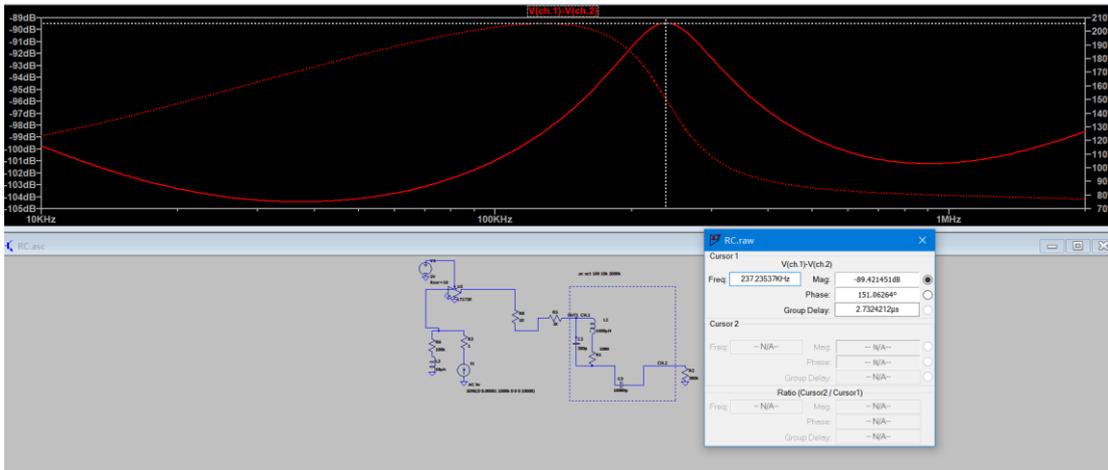
平滑功能等

LTspice 模拟与实际测量对比分析

将 LTspice 模拟结果与 DEMO2 实测数据对比可见：

- **谐振频率吻合度：**两者均在 200kHz 附近出现明显的谐振峰，理论计算与实测结果高度匹配。
- **曲线形态差异：**LTspice 模拟曲线更光滑，而实测曲线因噪声干扰存在轻微波动，可通过设备的 "Smooth 平滑" 功能优化显示效果。
- **品质因数 (Q 值)：**实测 Q 值略低于模拟值，反映实际电路存在额外损耗（如寄生电阻）。

结论：设备测量结果与 LTspice 仿真高度一致，验证了电路设计的准确性。



电压扫描功能说明

基本配置

- **电流选择：**支持切换测量模式，可选择 5V 输出电流或 OUT1 输出电流。
- **核心原理：**通过调节 PWM 占空比实现电压调节，需配合电容完成电压扫描过程。

二极管扫描实验配置

1. 元件准备（需额外添加）

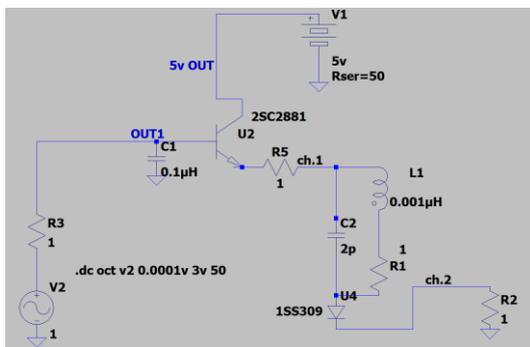
- C1: 电解电容
 - U2: 9013 三极管
 - U4: IN4007 二极管
- (注：电路中其他未标注元件为寄生参数，无需额外接入)

2. 硬件连接

按图示完成接线，具体接口对应：

- 5V 输出端
- CH1、CH2 信号测量端
- OUT1 信号输出端
- GND 接地端

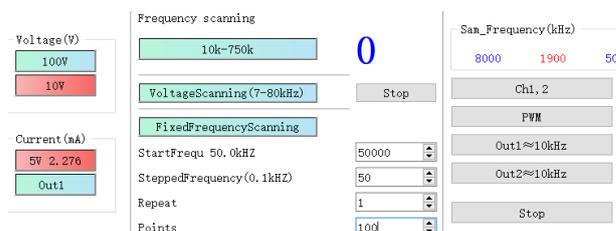
连接完成后即可启动电压扫描，通过监测 PWM 占空比变化与电压响应的关系，实现对二极管电路特性的分析。



电压扫描参数配置指南

1. 采样频率设置
 - 将 CH1 和 CH2 的采样频率设置为 "NO2 档" (适用于当前实验的预设档位)。
2. 电流模式选择
 - **Current(mA)**: 选择 "5V" 模式 (对应 5V 输出电流测量)。
3. 扫描范围设置
 - **起始频率 (Start Frequency)**: 输入 50kHz
 - **步进频率 (Stepped Frequency)**: 电压扫描模式下无需设置, 系统自动忽略该参数。
4. 扫描精度设置
 - **重复次数 (Repeat)**: 设为 1 (增大该值可提高结果精度, 但会降低扫描速度)
 - **采样点数 (Points)**: 设置为 100 点
5. 启动与结果查看

设置完成后点击 "开始" 按钮, 扫描完成后打开 "电压扫描图" 查看结果, DEMO 示例展示了频率 - 电压扫描的典型结果。



打开电压扫描结果 DEMO 后, 可按以下步骤调整视图:

1. 点击菜单 "X1T2", 实现 XY 坐标翻转;
2. 选择 "Y+T-", 完成 Y 坐标轴正负方向翻转;
3. 启用 "LOG (对数)" 模式, 即可得到目标视图 (如下图示)。

通过坐标变换与显示模式调整, 可更清晰地观察电压随扫描参数的变化规律, 便于分析电路的电压响应特性。

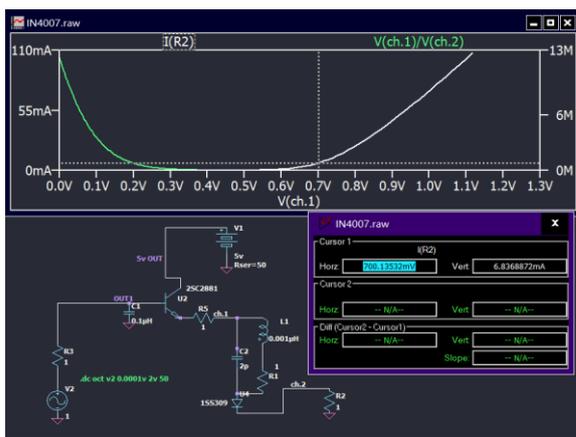


LTspice 模拟与实测结果对比分析

将实测数据与 LTspice 模拟结果对照，关键参数对应关系及特征如下：

- **电压比值对应：** 实测中 CH1/CH2 的比值，与模拟电路中 $V(CH1)/V(CH2)$ 的计算值相对应；
- **电流参数对应：** 实测 5V 输出电流（单位 mA），对应模拟电路中流过电阻 R2 的电流 $I(R2)$ 。

通过对比可见，二者在二极管特性曲线的关键拐点处高度吻合：当二极管两端电压达到 0.7V 的导通阈值时，电流均呈现明显上升趋势，拐点处电流值稳定在 5-6mA 区间，验证了实测数据的准确性与电路模型的可靠性。



定点频率扫描操作指南

1. 功能说明

定点频率扫描用于固定频率和占空比条件下的电流测量，支持选择 5V 输出电流或 OUT1 输出电流。

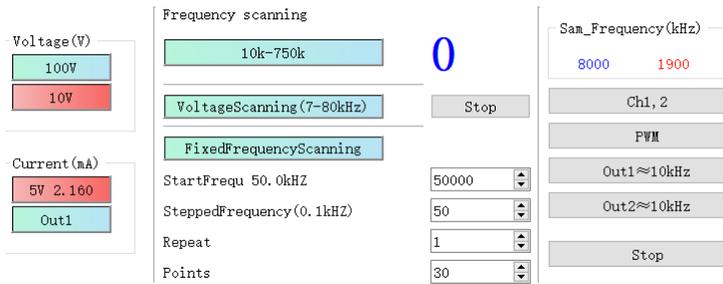
2. 参数设置

- 采样频率：选择 CH1、CH2 的采样频率为 "NO2 档"
- 频率：设置为 50kHz（保持恒定）
- 采样点数：设置为 30 点

3. 操作步骤

- 完成参数设置后点击 "开始" 按钮
- 扫描完成后打开 "电压扫描图" 查看结果
- 点击 "SAVE" 按钮保存当前结果

此模式适用于特定频率点下的电路特性分析，如测量谐振点电流、验证特定频率响应等场景。



定制波形功能说明

1. 输入规范

需输入长度为 127 的数组
数组中每个元素取值范围为 0-4095（12 位精度）

2. 功能应用

通过自定义数组数值，可实现以下功能：

- 调节输出信号幅度
- 生成任意波形（方波、三角波、锯齿波等）
- 设计特定频率 / 相位的复杂信号

将数组输入系统后，可通过波形预览功能验证输出效果，适用于信号处理实验、设备驱动测试等场景。

- 其他波形：支持 0V-3V 输出，频率 100Hz-30kHz，包含正弦波、三角波及自定义波形（通过 "Output Level" 调节输出幅度）

5. PWM4、PWM5 模式

- 通道特性：单通道独立输出（OUT1 对应 PWM4，OUT2 对应 PWM5）
- 参数调节：频率独立设置，占空比均可灵活调节

通过多模式切换与参数配置，可满足复杂电路测试、波形合成及相位特性分析等多样化需求。

Output Level (0.01-3V)
1.00
Set Frequency
1000
Duty cycle or Pulse
0

数据导出与 MATLAB 协作指南

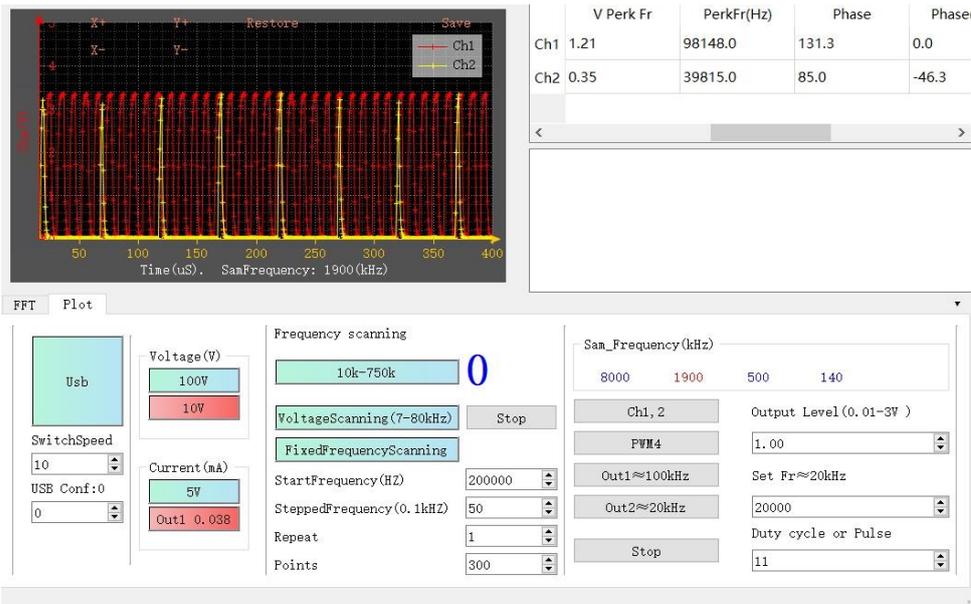
数据导出功能

- 文本导出：**右侧文本窗口支持将测量样本导出为 TXT 格式文件，可直接用于 MATLAB、Excel 等软件进行后续数据处理与分析。

与 MATLAB 协作操作步骤

- 硬件连接**
 - 连接设备：将 OUT1 输出端接入 CH1 通道，OUT2 输出端接入 CH2 通道。
- 参数配置**
 - 设定 CH1 信号为 100kHz 脉冲（模拟时钟信号）
 - 设定 CH2 信号为 20kHz 脉冲，并修改脉宽参数，使其每隔一定时间生成一个触发信号（实现时钟与触发的同步联动）。
- 数据获取与处理**
 - 启动设备采集数据后，导出 TXT 格式文件
 - 在 MATLAB 中导入数据，可通过编写脚本实现时钟信号与触发信号的时序分析、脉冲间隔计算、同步性验证等深度处理。

此方案适用于时序逻辑验证、触发机制模拟等实验场景，为数字电路设计与信号同步研究提供便捷的软硬件协同平台。



打开 qiftech.cn.yanan.server.exe

```

start qiftech.cn.yanan.server - 9
qiftech.cn.yanan.server running
    
```

打开 MATLAB 在线免费版本，即可在线联调。

