



# 生物医学信号处理综合实验

## 项目二实验报告

小组成员：吴東霖

学号：516082910022

黄海鹏

学号：516082910012

2019 年 11 月

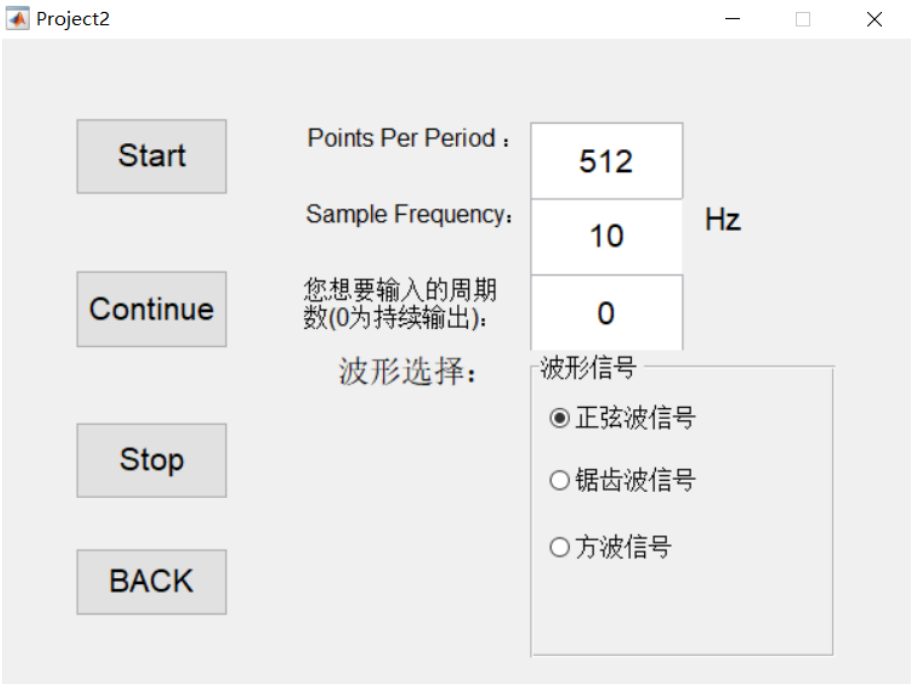
一、程序开发逻辑

1. 需要实现的功能

- (1) 编写界面提供用户交互；
- (2) 生成输出波形的数据；
- (3) 能够显示波形并且改变波形频率及周期输出点数；
- (4) 可暂停及继续输出信号并且能固定周期或持续输出

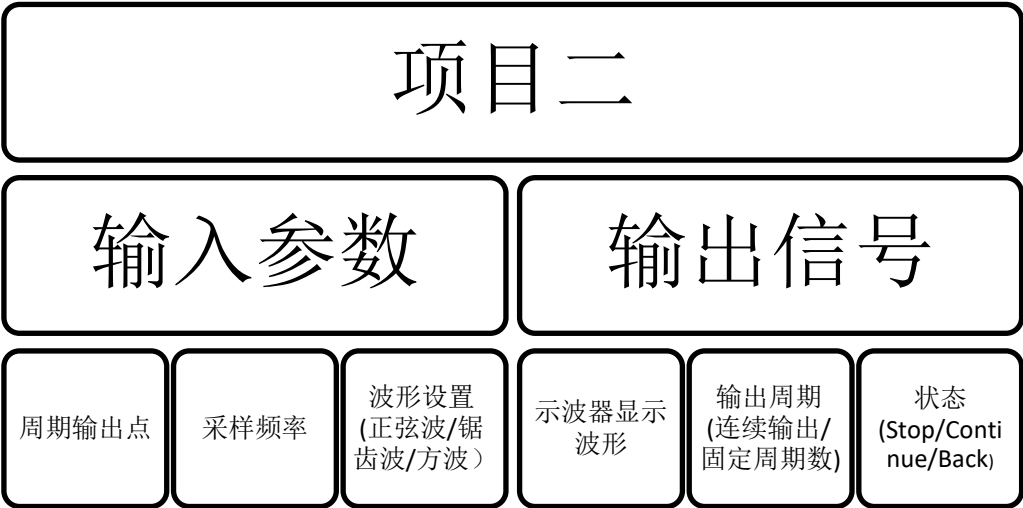
2. 功能的实现方案

我们在系统提供的 MATLAB 的 demo——“StaticAO.m”的基础上修改并增添相关代码以实现相应功能，然后编辑 GUI 供用户交互。我们设计的界面如下：



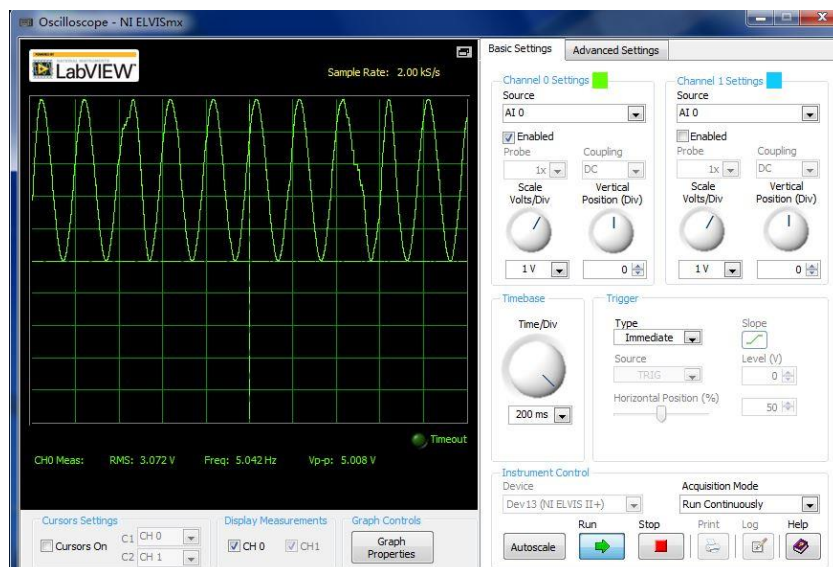
具体实现的功能如下：

用户正确连接设备后开启项目界面，依次输入周期输出点、采样频率和输出方式以及确定输出波形，然后按下 “Start”，计算机上的示波器便会出现输出的波形；若想暂停输出并改变周期输出点，先点击 “Stop”，修改相应参数后再点击“Start”即可；暂停后点击“Continue”就会继续输出；“BACK”返回到项目四的界面。综上，本项目的程序开发逻辑如下：



## 二、项目运行部分结果

以下是运行项目二时的部分结果。



上图为周期输出点为 100，采样频率为 5Hz 时示波器上显示的波形，可以看出频率基本符合，波形稍有失真但输出大致完整。

## 三、测试中出现的问题及解决方案

### 1. 原函数 StaticAO.m 的输出方式

问题描述：系统自带的“StaticAO.m”函数经测试后仅能输出一个周期，输出完一个周期后函数就结束运行，无法做到连续输出；

解决方案：在 TimerCallback 函数中定义了一个变量 i 用于计算输出的点数并进行判断，若 i 大于用户输入的周期输出点，即输出一个波形后，将 i 减去周期输出点使得 i 重新变为 1 开始下一个周期的输出；此外也定义了变量 q 用于计数周期数，当 q 与用户输入的固定周期数相等时即停止输出。

```
if i>=Points_Per_Period;          if(x(2)== Points_Per_Period*Designed_period)
    i=i-(Points_Per_Period-1);      clear functions;
    q=q+1;                          stop(obj);
                                    delete(obj);
end                                  end
```

## 2. 波形的失真

问题描述：初始我们在修改程序时在界面上添加了绘图功能，即用户点击“Start”后项目界面及示波器会同时显示输出波形，但如此随着输出时间增加，波形会出现失真且采样频率越大出现失真的时间越早；

解决方案：测试程序后发现绘图的功能会占用程序运行速度最后导致 timer 的频率与输出频率不一致导致失真，因此我们起初的解决方案是固定界面上绘图的横坐标，即固定时间显示，例如仅显示前 2s 的波形，但后来与组员讨论后觉得这样的话就失去显示意义，最后决定放弃实现这一功能，顺利解决了这个问题。

## 3. 周期输出点初始值的设定

问题描述：“StaticAO.m”源程序默认的每周期输出点为 512，然而 MATLAB 中 timer 函数不支持这么高的输出频率；

解决方案：将每周期输出点数的初始值设为 100 便能契合 timer 的输出频率，且用户也能自行决定该参数。

## 4. timer 的周期设置问题

问题描述：timer 函数的最小计时长度为 0.001s，但若采样频率为 3Hz 或 6Hz 等除不尽的频率时，假如是 3Hz，则实际周期即为 3.333ms，但由于 timer 的分度值为 1ms，所以采样频率为 3Hz 时，timer 计算得到的周期为 3ms，造成了 10% 的误差，因此示波器上显示的波形频率就会与用户设置的采样频率有 10% 的误差；

解决方案：在转换采样频率与 timer 周期时可以扩大倍数，便能够尽可能地避免误差。

# 四、设置周期输出点数时考虑的因素

## 1. 针对不同频率的信号设置合适的周期输出点数

我们程序中采样频率与 timer 函数周期的关系为

$$\text{Period of timer} = \left( \frac{1}{\text{sample frequency}} \right) / (\text{points per period})$$

考虑到 timer 函数周期最小值为 0.001s，因此经过计算，理论上频率×周期输出点≤1000 会比较合适，但实际值应该会比 1000 小，经实测，频率×周期输出点≤600 输出的波形比较完整。

## 2. 设置周期输出点数时考虑的因素

周期输出点与频率两者乘积不大于 600，但周期输出点的选择也要对应合适的频率；如果输出点太少就无法完整地还原一个波形，会出现严重失真；但输出点如果太大，超过 timer 的频率也会造成波形失真。

# 五、USB-4704 模拟输出功能可输出信号的频率范围

## 1. 输出信号的频率范围

由上述分析可知周期输出点与频率两者乘积不大于 600 的同时也要保证周期输出点不能太少，因此经过实测 USB-4704 模拟输出功能可输出信号的频率范围应该是 1~8Hz。

## 2. 若输出信号在该范围外会出现的问题及可能的解决方案

若选择的频率超出了最大频率，将出现波形失真；

解决方案：优化程序；适当减小每周期输出点数保证乘积维持在正常范围；选用其他示波器；

## 六、小组分工

吴東霖 负责程序功能代码的实现、GUI 界面的搭建和功能的实现以及实验报告的撰写

黄海鹏 负责程序功能代码的实现、debug 和代码的优化