初赛选择的题目为第四题：

题目四：基于 FPGA 的波形产生、采集、显示装置

赛题内容：

使用 FPGA 制作一个波形产生、采集、显示装置。题目要求如下：

1. 产生如下参数的正弦波、方波、三角波，通过 DA 模块输出；

1) 正弦波：输出频率 100Hz~1000Hz 可调，步进值为 100Hz，幅值要 求可以设置为原波形的 1 倍、1/2 倍、1/4 倍、1/8 倍，其他参数不作要求;

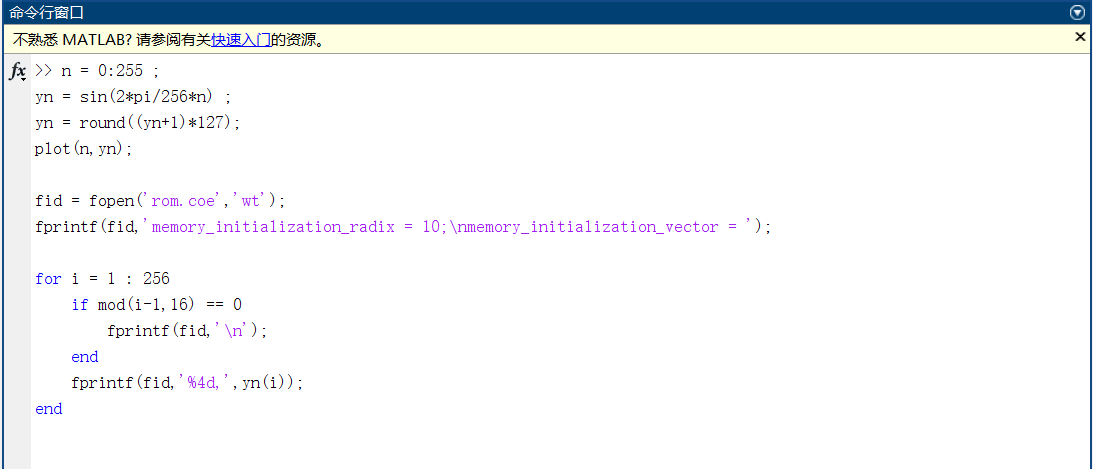
2) 方波：输出频率 100Hz~1000Hz 可调，步进值为 100Hz，幅值要求 可以设置为原波形的 1 倍、1/2 倍、1/4 倍、1/8 倍，占空比设置可切 换 10%、50%、80%，其他参数不作要求； 3) 三角波参数不作要求；

2．采集 AD 数据，并将采集到的数据叠加到波形显示窗口进行显示；

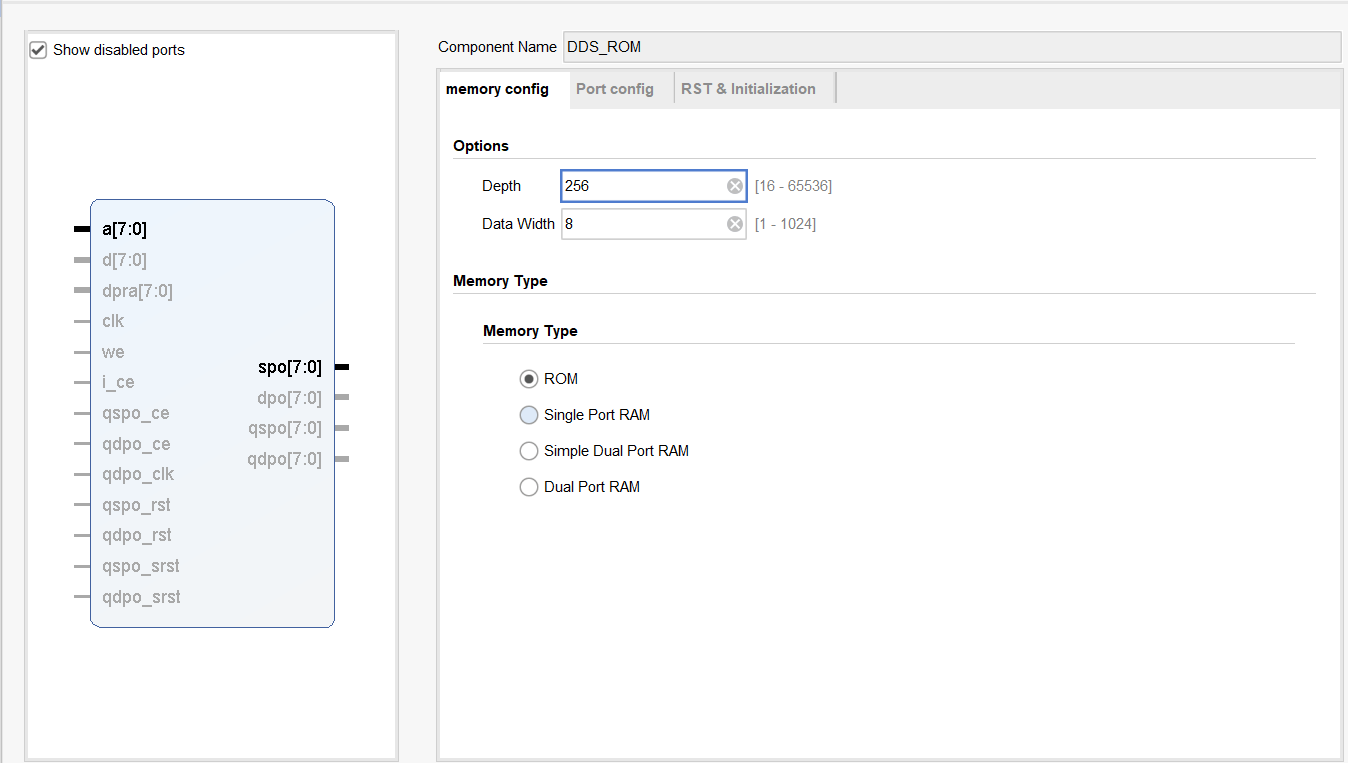
3．波形显示：基础部分要求通过 ILA 抓取信号显示，提高部分要求通过 HDMI\MIPI\VGA 在显示器上显示出来（要求有时间栅格，可以判断信号频率）。

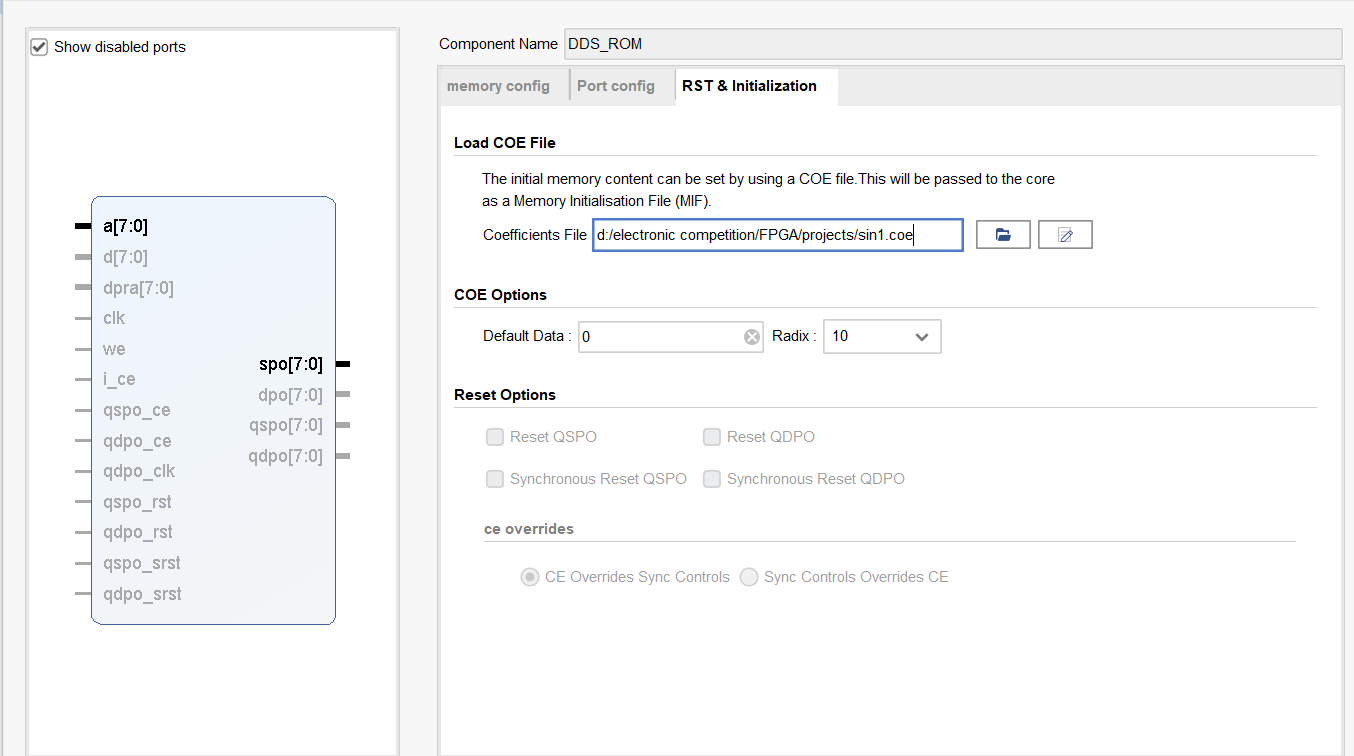
本设计使用的板子为digilent-Basys3，设计可分为三个模块，分别为：信号产生模块，信号采集接收模块，信号显示模块。

1. 信号产生模块包含三种信号源，分别为正弦波、三角波、锯齿波；因为对具体参数没有限制，所以三角波与锯齿波较为简单直接编写即可，而正弦波较为复杂，这里采用rom查表法来产生正弦波：先使用matlab生成“.coe”文件，如图：



然后调用ROM-IP核，确定深度与位宽，并将生成的“.coe”文件上传：

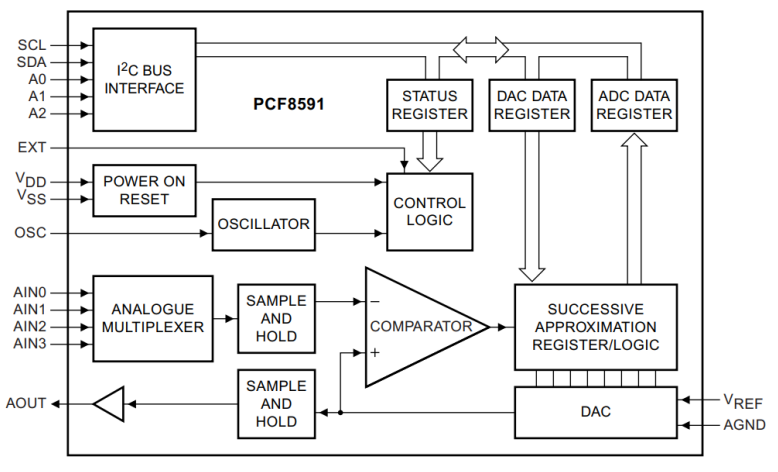




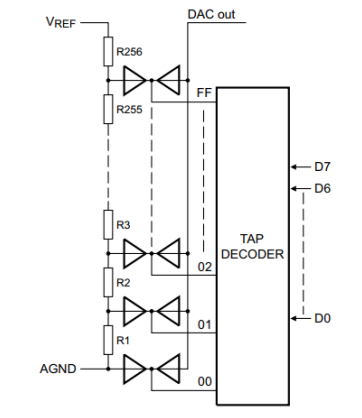
之后再例化模块即可；正弦波在给定的频率下通过相位自增模块来产生相位，每一个相位对应一个幅值，可以控制频率和步长（这对输出波形的完整性有影响），这便是rom查表法产生正弦波原理。

1. 信号采集接收模块，即AD-DA模块，这里采用的是pcf8591模块，简介如下：PCF8591是一个单片集成、单电源供电、低功耗的8位CMOS数据采集转换（AD/DA）器件，具有4个模拟输入、1个模拟输出和1个串行I2C总线接口。PCF8591的功能包括多路复用模拟输入、片上跟踪和保持、8位AD（模数）转换和8位DA（数模）转换，其最大转换速率取决于I2C总线的最高速率。

内部功能框图如图所示：



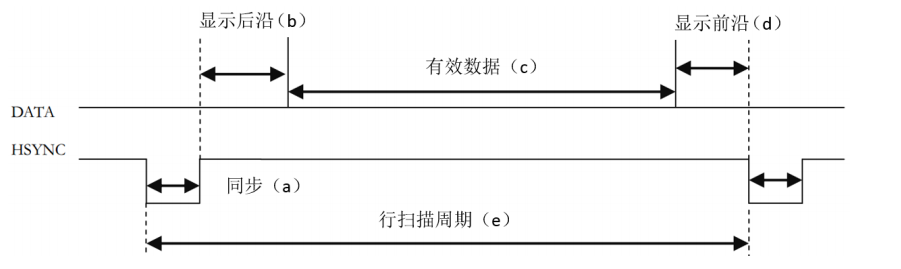
当使用I2C总线配置完状态寄存器（STATUS REGISTER）后，传送数模转换的数据到DAC数据寄存器（DAC DATA REGISTER）。经片内数模转换器（DAC）转换成对应的模拟电压。片内DAC由连接至外部参考电压的具有256个接头的电阻分压电路和选择开关组成。接头译码器切换一个接头至DAC输出线经AOUT接口输出，如下图：

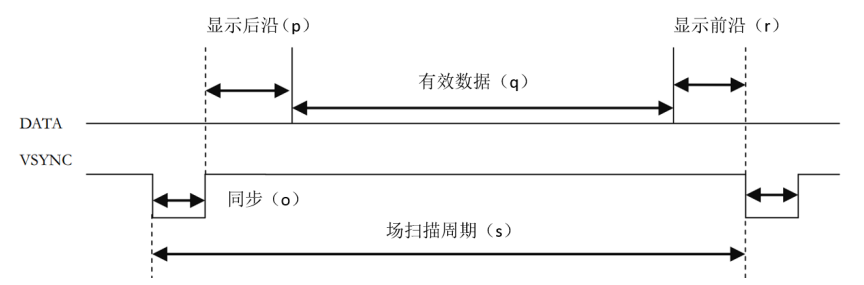


片内DAC也可用于逐次逼近式ADC。为了在AD转换进行时能够保持DA转换的电压输出，器件内配备了采样和保持电路（SAMPLE AND HOLD）。

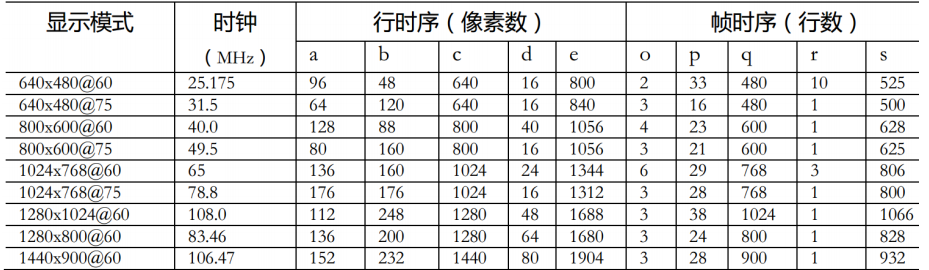
这里pcf8591将通过IIC协议，将采集到的数据通过AOUT端口输出（DA转换），然后在通过AIN0端口输入（AD转换），然后将收集到的数字量传送给信号显示模块。

1. 信号显示模块，这里采用VGA进行对信号的显示，VGA显示的关键在于场同步与行同步：





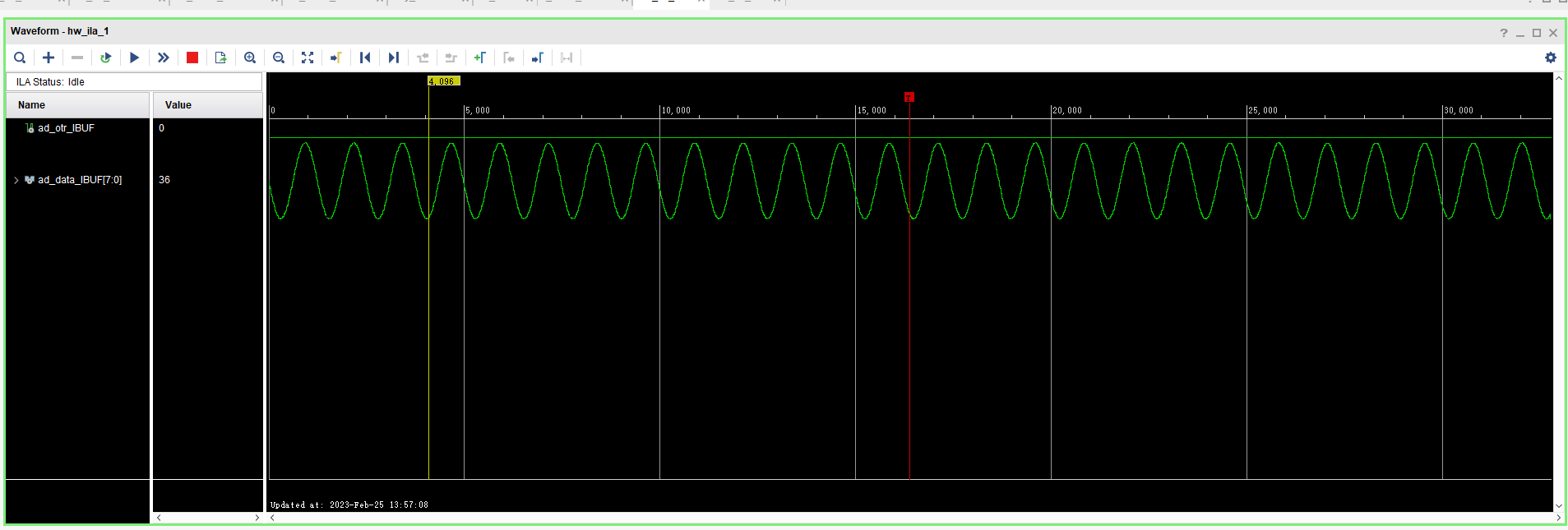
从上面两幅图中我们可以看到VGA传输过程中的行同步时序和场同步时序非常类似，一行 或一场（又称一帧）数据都分为四个部分：低电平同步脉冲、显示后沿、有效数据段以及显示前沿。行同步信号HSYNC在一个行扫描周期中完成一行图像的显示，其中在a段维持一段时间的低电平用于数据同步，其余时间拉高；在有效数据期间（c段），红绿蓝三原色数据通道上输出一行图像信号，其余时间数据无效。 与之类似，场同步信号在一个场扫描周期中完成一帧图像的显示，不同的是行扫描周期的基本单位是像素点时钟，即完成一个像素点显示所需要的时间；而场扫描周期的基本单位是完 成一行图像显示所需要的时间。下图为常见的几种分辨率及其对应的时序：

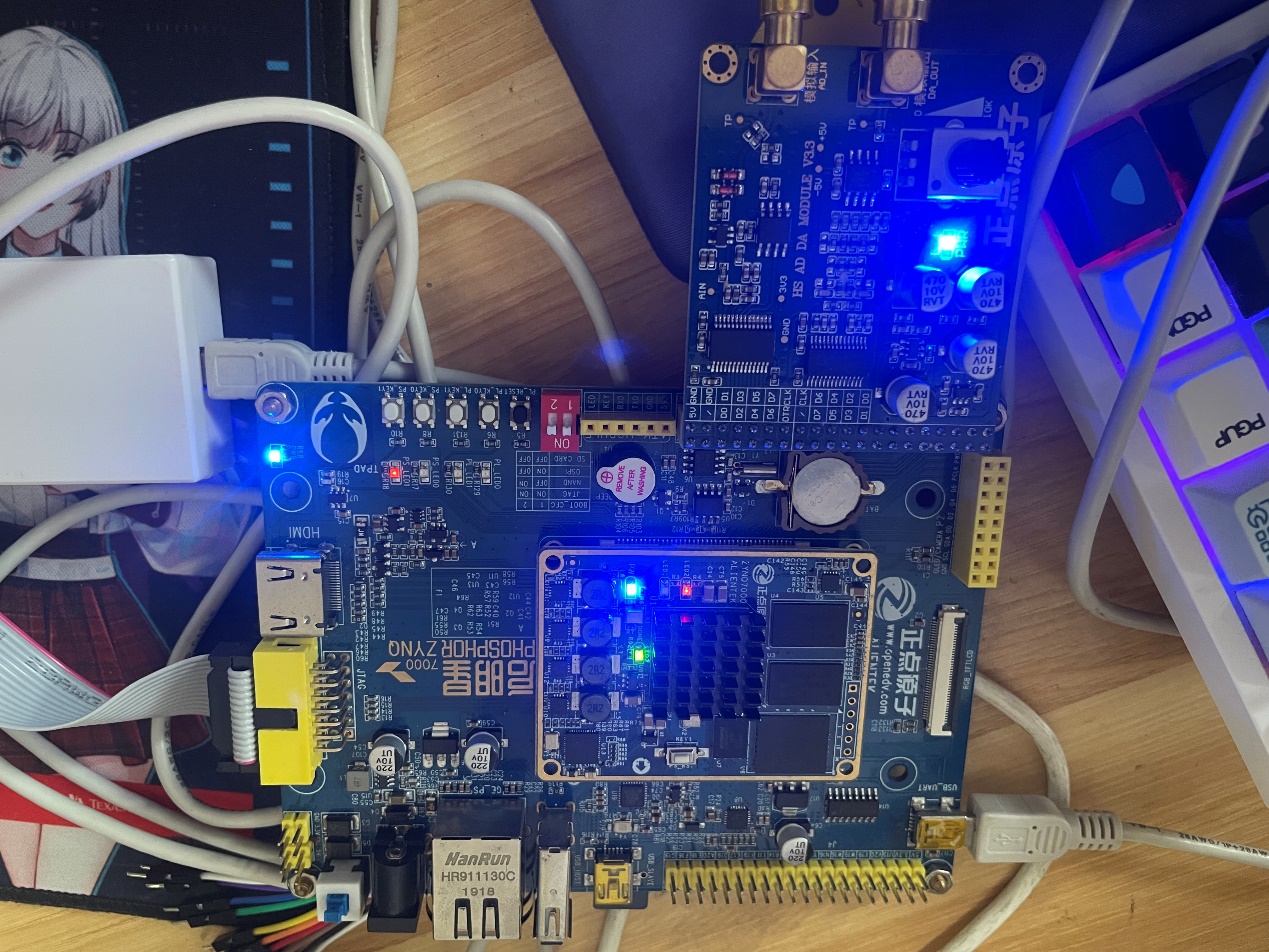


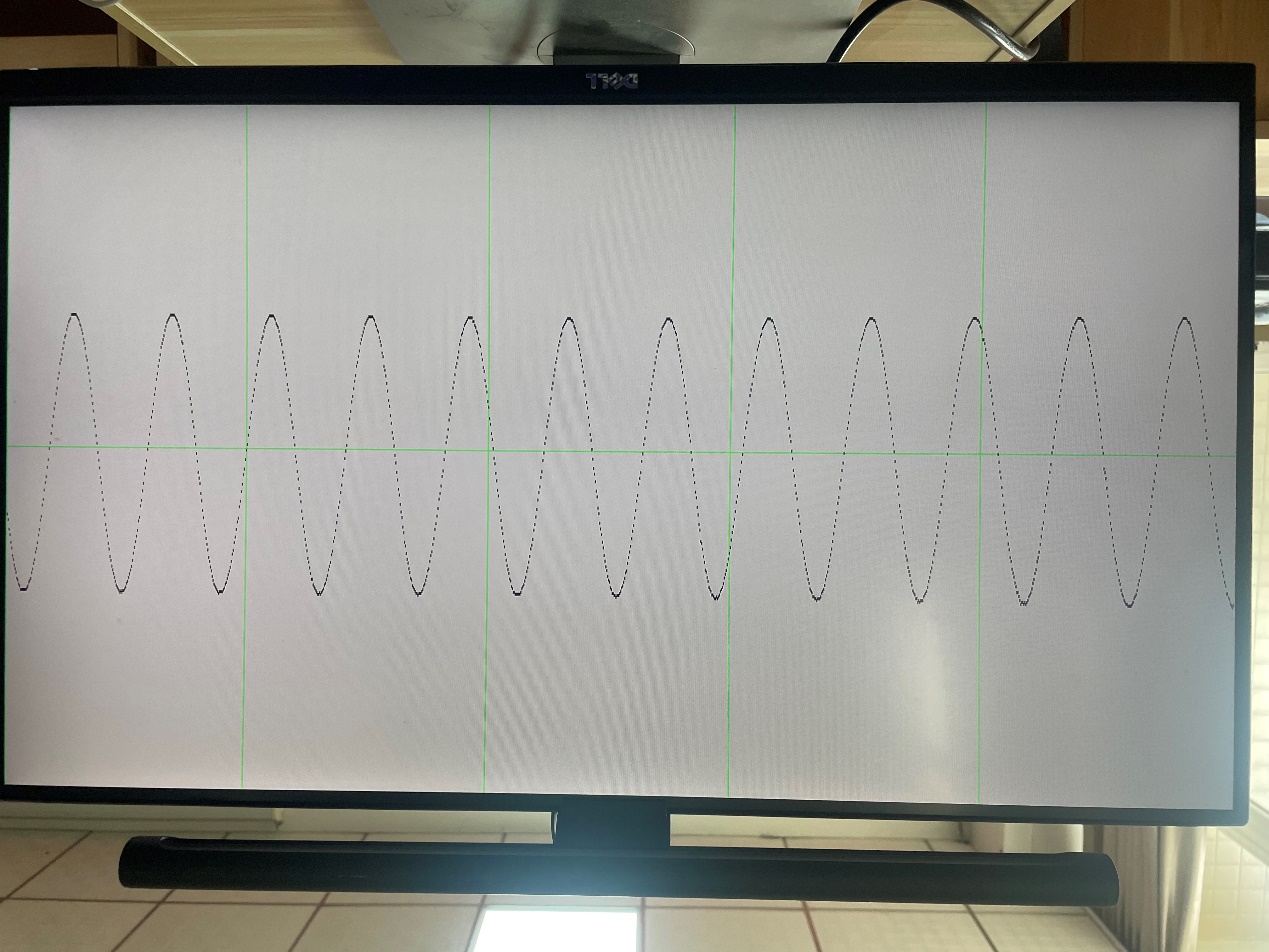
这里采用的是720x1280的显示模式。

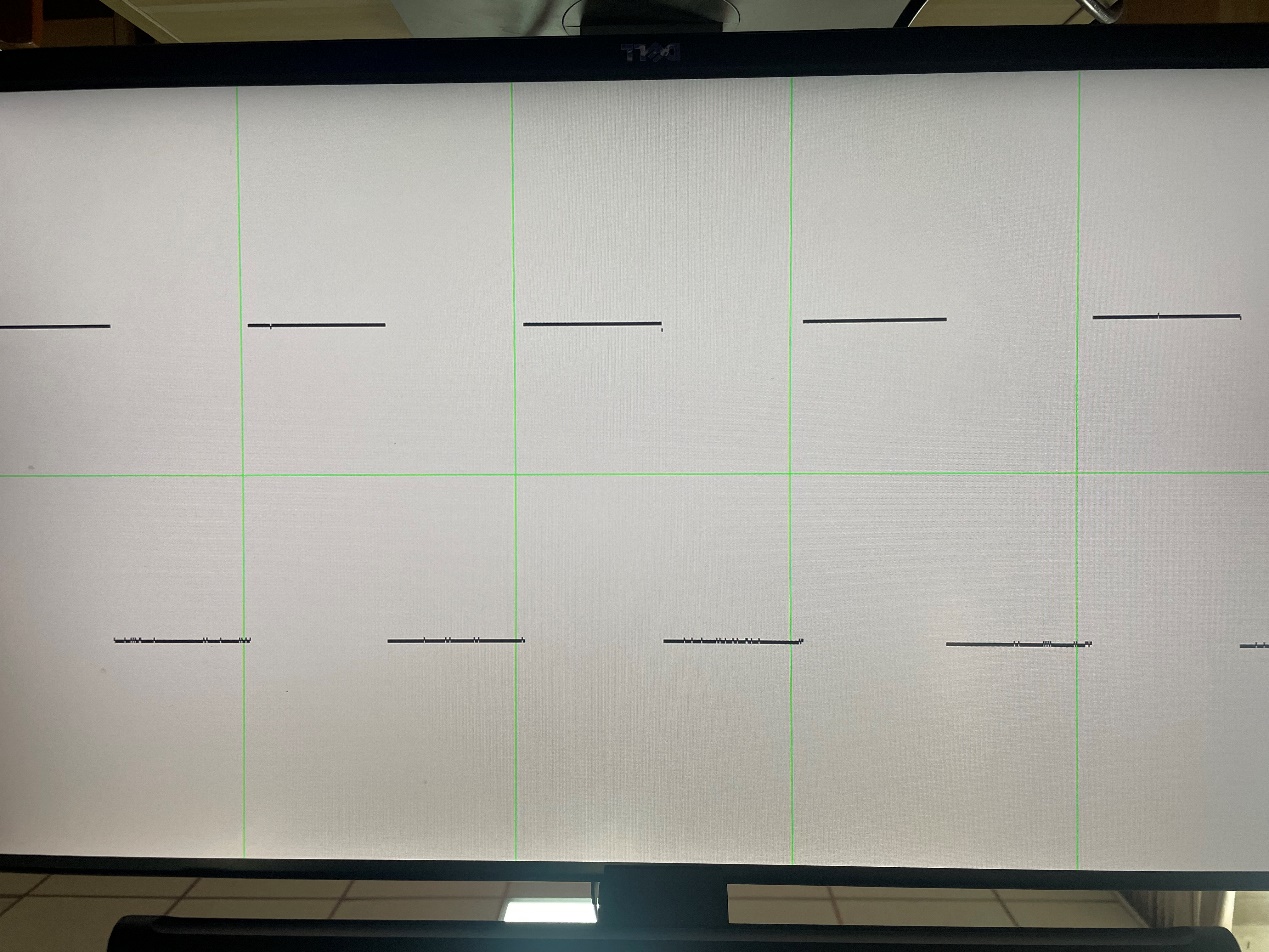
因为传输的信号为一个八位的数字信号，且由于VGA扫描为一行一行扫描，故坐标轴方向则选择为从上到下，选择屏幕正中间为坐标轴（这里采用红色线标示），每次扫描完一行则读取下一个相位的幅值，对该点进行显示，显示的一个个点连接起来便是我们所要显示的图形；对于时间栅格的显示则确定间距直接显示即可，这里使用蓝色线标示，对于频率的显示则采用字模软件对相与的频率进行取模然后显示即可。

最后产生的结果：









代码使用gitee进行托管，仓库地址为：

https://gitee.com/liang-xiqing/preliminary.git