

通信原理第一次实验报告

实验小组成员：汪奕晖（19302058），马知行（19302045） 9.5

实验分工：收音机焊接：马知行

labview仿真：汪奕晖

实验日期：2022年 2 月 18 日

班级：2019级信息工程

第2章 模拟 AM 调制解调系统

一、实验目的

1. 通过AM调制实验引入离散化信号处理的概念。
2. 学习使用labview进行图形化编程。
3. 对基带信号进行AM调制和离散化处理。
4. 改变采样率、载波频率、调制信号频率等观察调制信号波形图变化。
5. 对AM信号解调得到原始信号。

二、实验仪器

1. Labview 软件仿真
2. 手工焊制收音机

三、实验原理

1. 幅度调制

设基带信号表达式为： $m(t) = M_b \cos(2\pi f_b t + \phi)$

设载波信号表达式为： $c(t) = A_c \cos(2\pi f_c t)$

若假设初始相位差 ϕ 为零，则调制后信号为：

$$(A_c + m(t)) \cos(2\pi f_c t) = A_c \cos(2\pi f_c t) + \frac{M_b \cos(2\pi(f_c - f_b)t)}{2} + \frac{M_b \cos(2\pi(f_c + f_b)t)}{2}$$

在软件无线电中，信号的产生与处理都是在DSP器件中以离散信号的形式进行，因此需要把连续的信号进行离散化。

假设采样率为 f_s ，则可以对AM信号抽样得到的离散信号为：

$$s[n] = (A + m(\frac{n}{f_s})) \cos(\frac{2\pi n f_c}{f_s})$$

2. 幅度解调：

AM信号的解调方法通常采用包络检波法。通过Labview编程得到AM已调信号的包络，再去除包络中的直流分量即可得到调制信号。

将已调信号经过希尔伯特变换得：

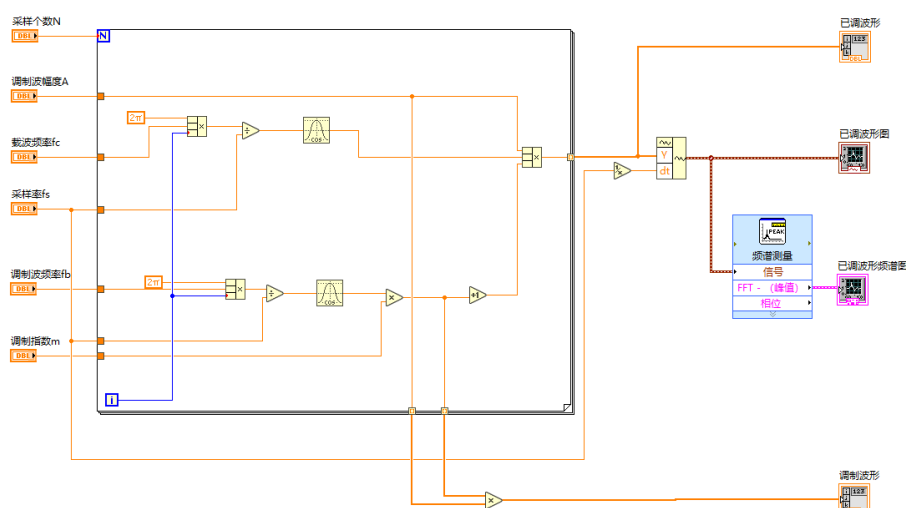
$$H((A_c + m(t)) \cos(2\pi f_c t)) = (A_c + m(t)) \sin(2\pi f_c t)$$

方法为将已调信号和经过希尔伯特变换的已调信号分别作为实部和虚部，输入“实部虚部至复数转换”函数中，再用“复数至极坐标转换”函数获取该复数信号的幅值即可得到包络信号 $A_c + m(t)$ ，然后去除直流成分 A_c ，即得到基带信号 $m(t)$ 。

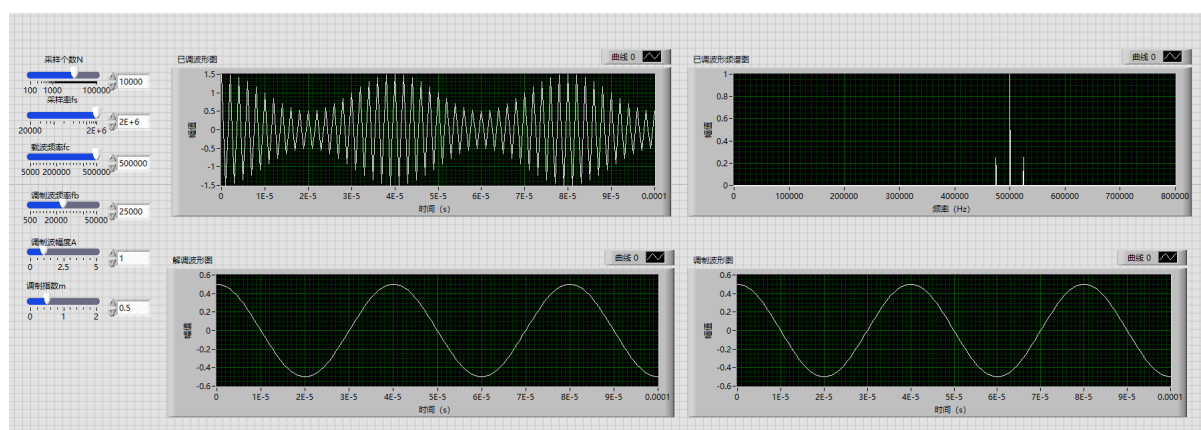
四、实验内容

1. 幅度调制

由 $s[n] = (A + m(\frac{n}{f_s})) \cos(\frac{2\pi n f_c}{f_s})$ 编写程序，得到LabView框图如下：



按照实验参考书上设置输入参数，得到波形如下：

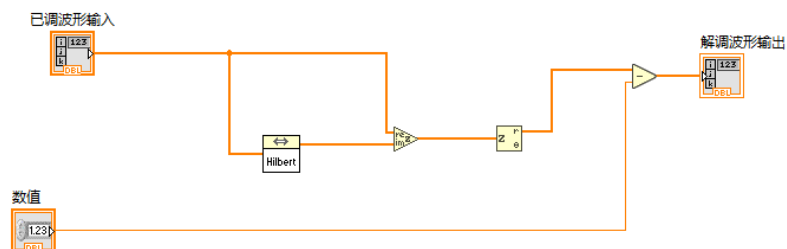


调制波频率为25k

1. 幅度解调

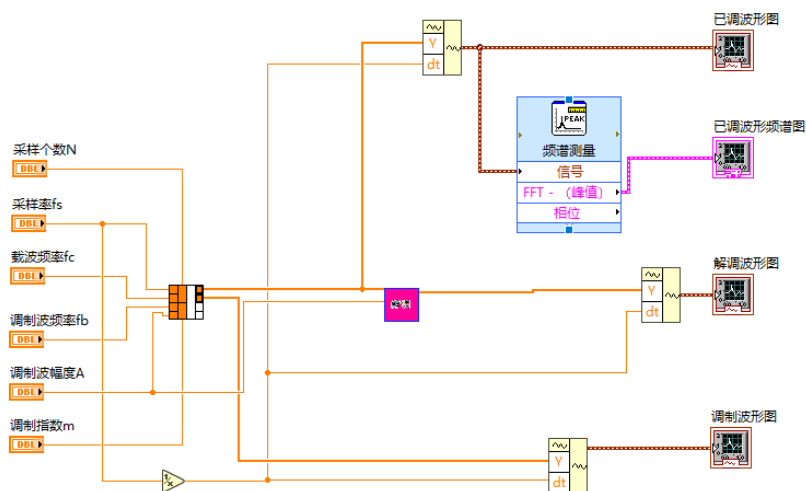
按 $H((A_c + m(t)) \cos(2\pi f_c t)) = (A_c + m(t)) \sin(2\pi f_c t)$ 得到希尔伯特变换，后再分别将已调信号和经过希尔伯特变换的已调信号分别作为实部和虚部，输入“实部虚部至复数转换”函数中，再用“复数

至极坐标转换”函数获取该复数信号的幅值得到包络信号 $A_c + m(t)$ ，然后去除直流成分 A_c ，即得到基带信号 $m(t)$ 。程序框图如下：



3. 仿真运行

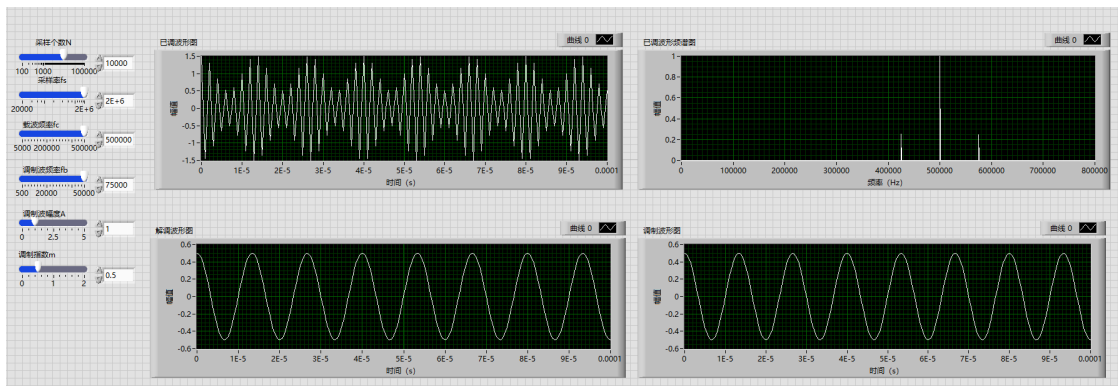
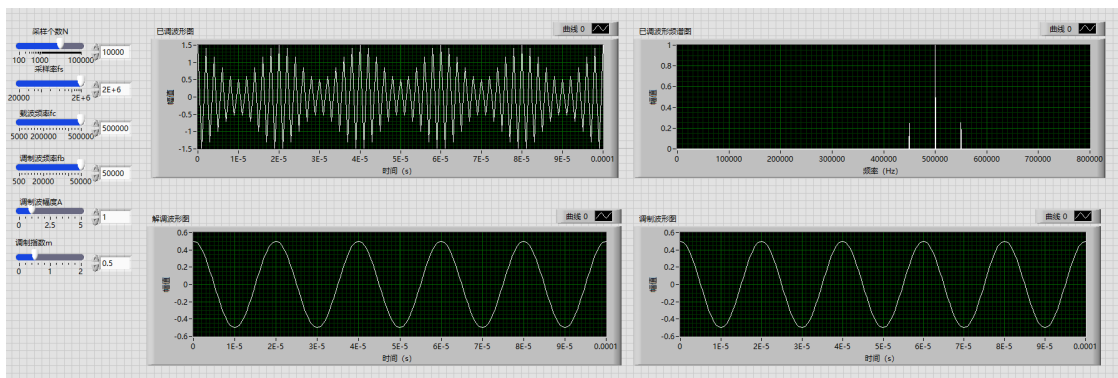
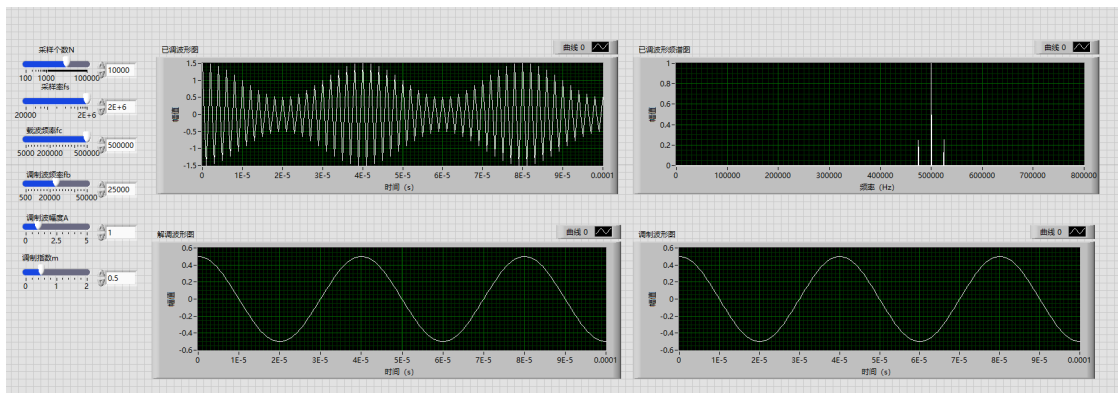
在新建文件中，分别将上述幅度调制文件和幅度解调文件放入程序框图中，并在前面板中放置相应的输入输出控件。程序框图如下：



4. 观察参数的作用

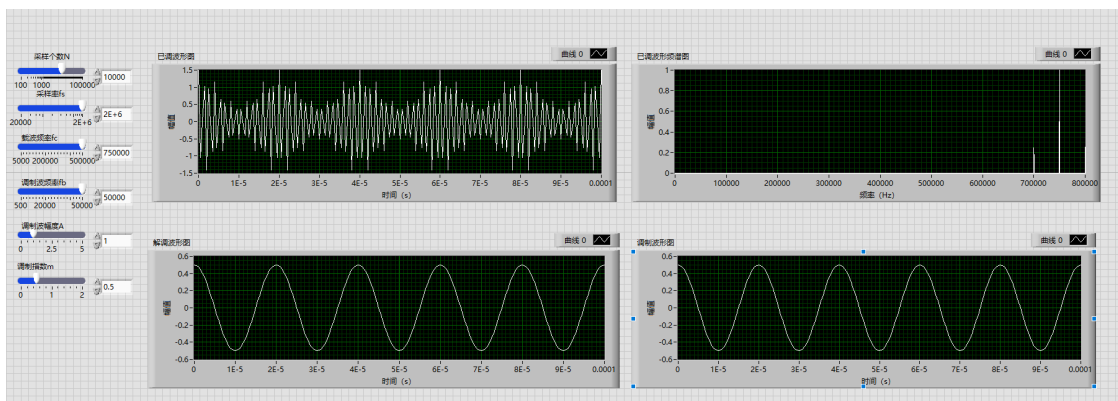
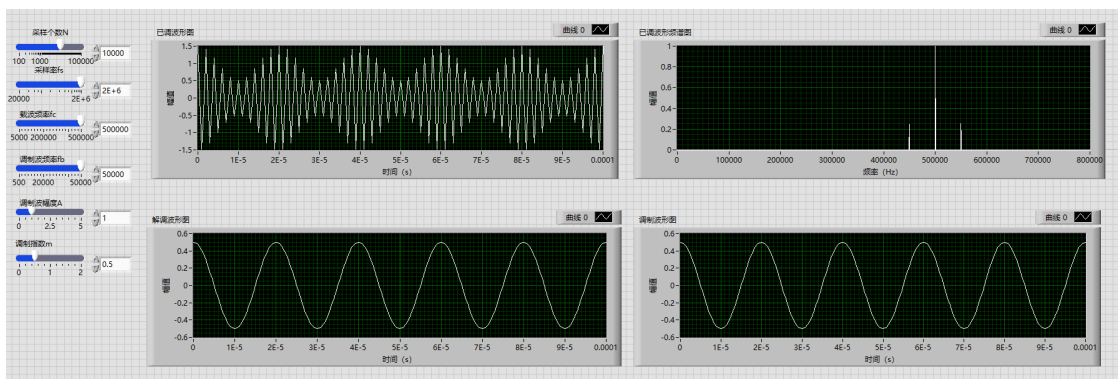
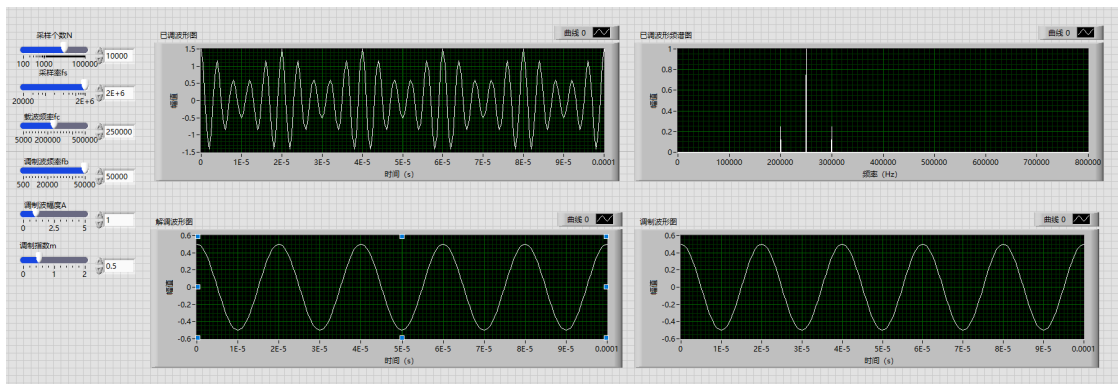
改变输入的参数，观察输出波形图像的变化。

a. 改变基带频率



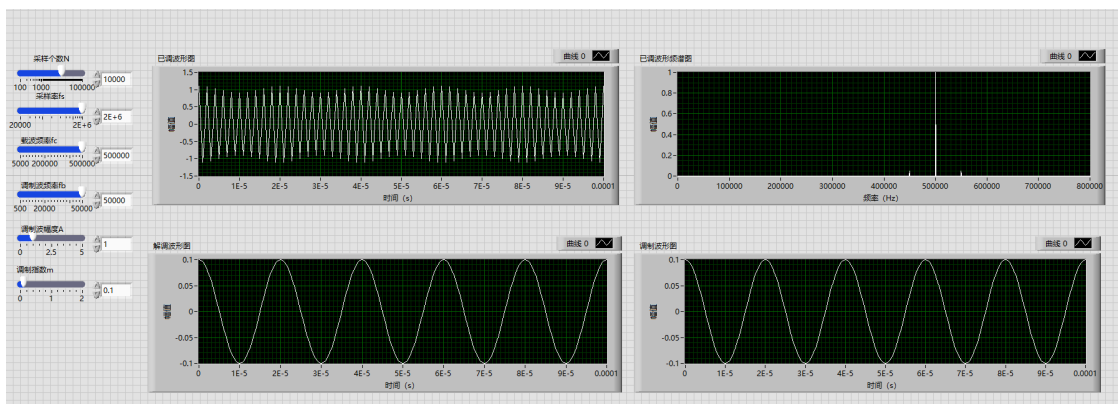
可以发现通过改变基带频率，在时域改变了信号包络的形貌，在频域改变了信号的频偏

b. 改变载波频率

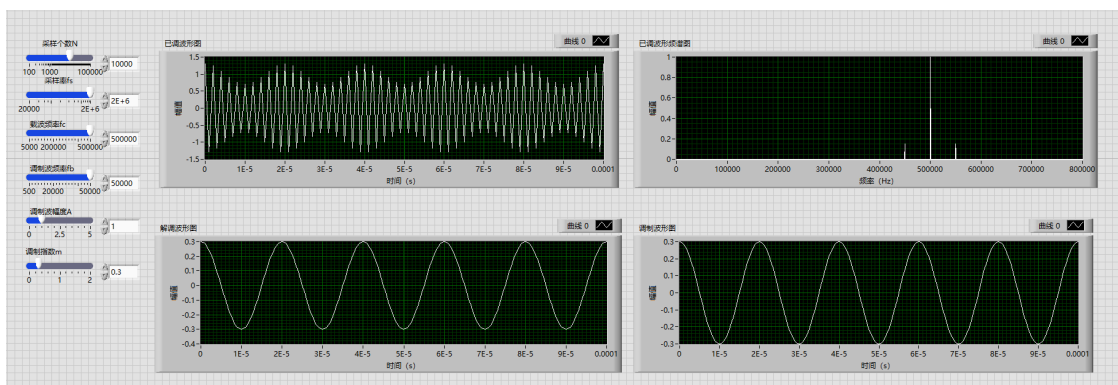


可以发现通过改变调制波频率，在频域改变了信号的中心频率，上组图从上到下中心频率依次为：250k、500k、750k

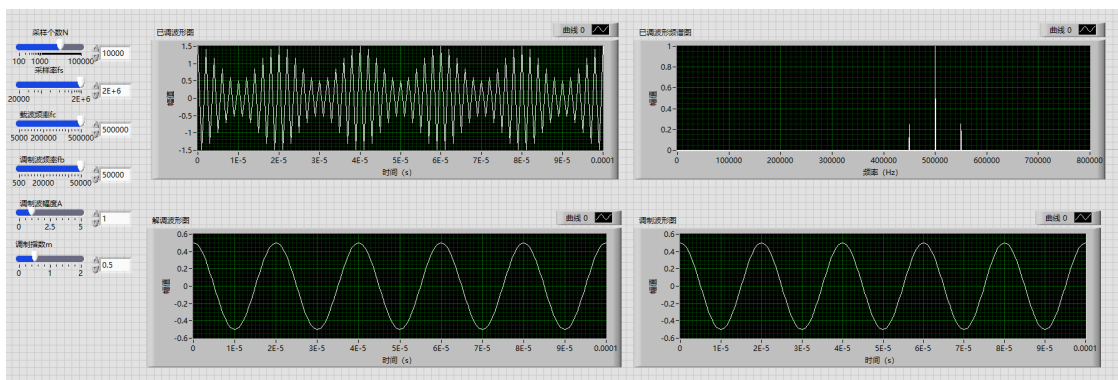
c. 改变调幅指数



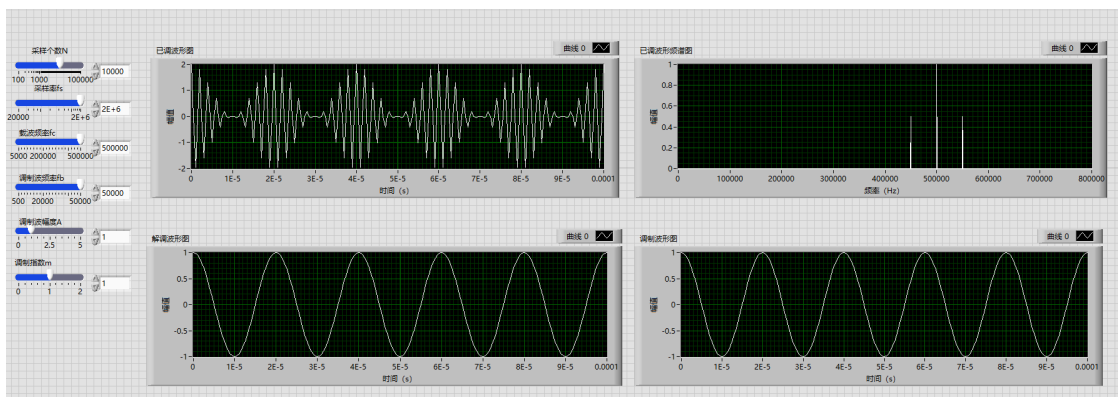
调幅指数为0.1



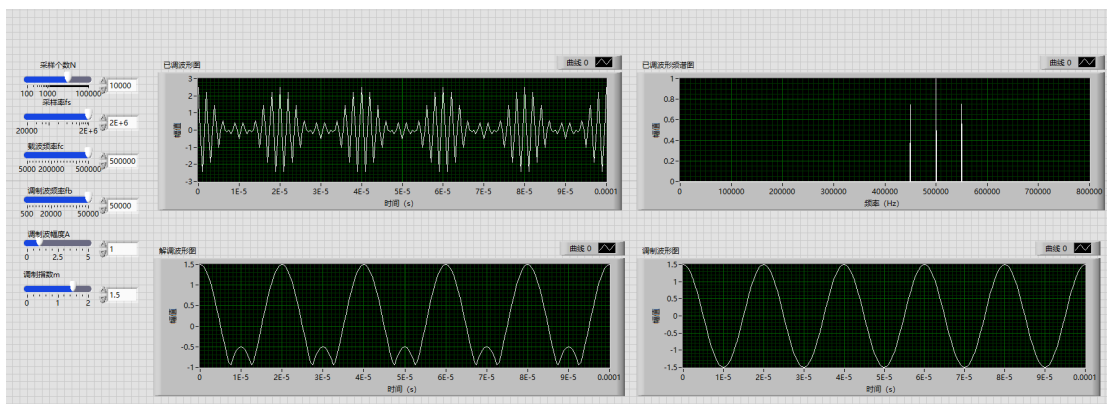
调幅指数为0.3



调幅指数为0.5



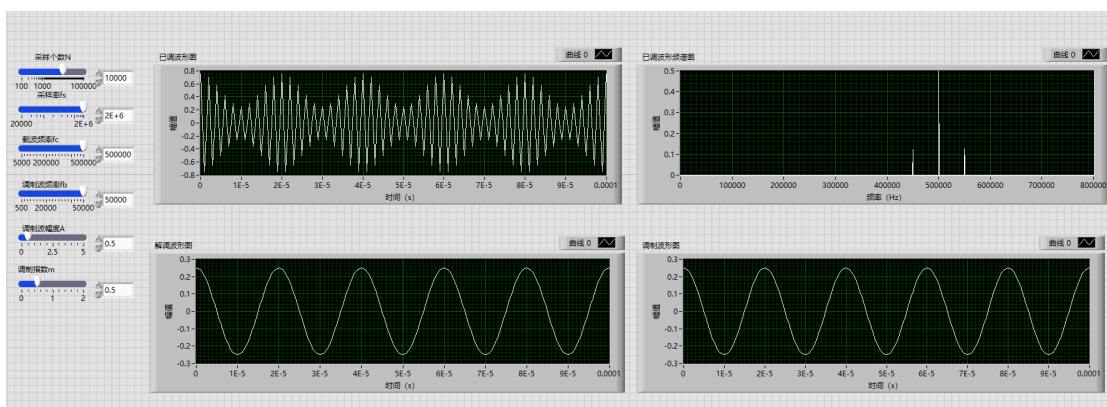
调幅指数为1



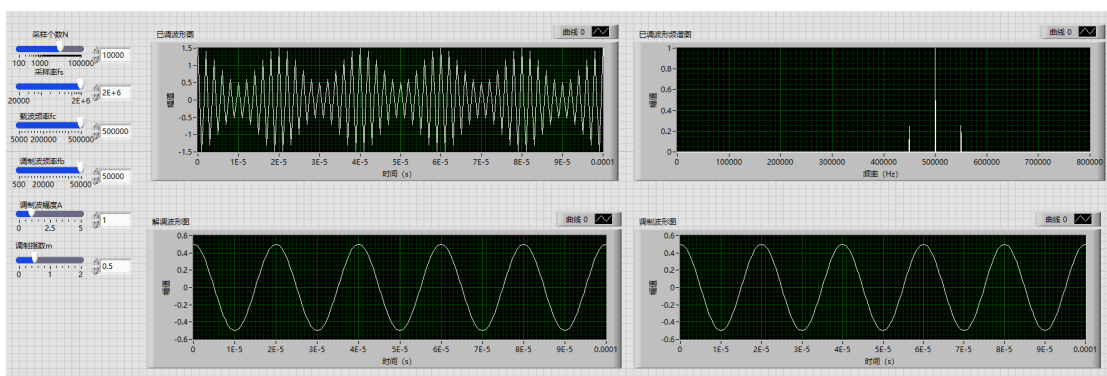
调幅指数为1.5（过调幅）

调幅指数越大，调幅波幅度变化越大，其中 $m = 1$ 为满调幅情况，若调幅指数大于一则出现过调幅，在时域产生失真，但不影响频域，用单纯的包络检波无法恢复原信号。

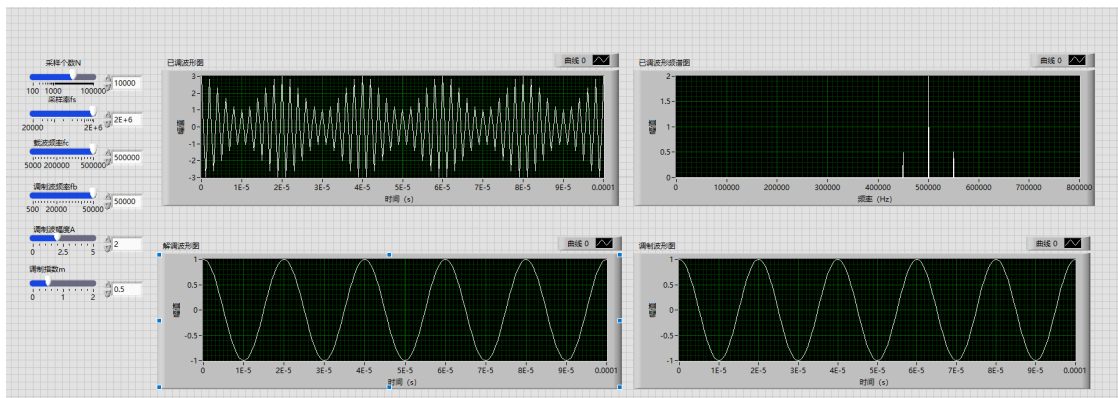
d. 改变调制波幅度



调制波幅度为0.5



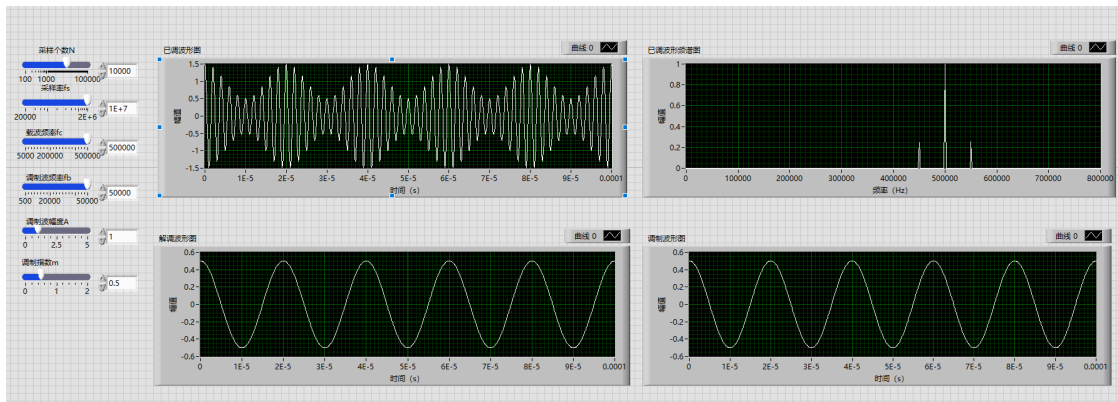
调制波幅度为1



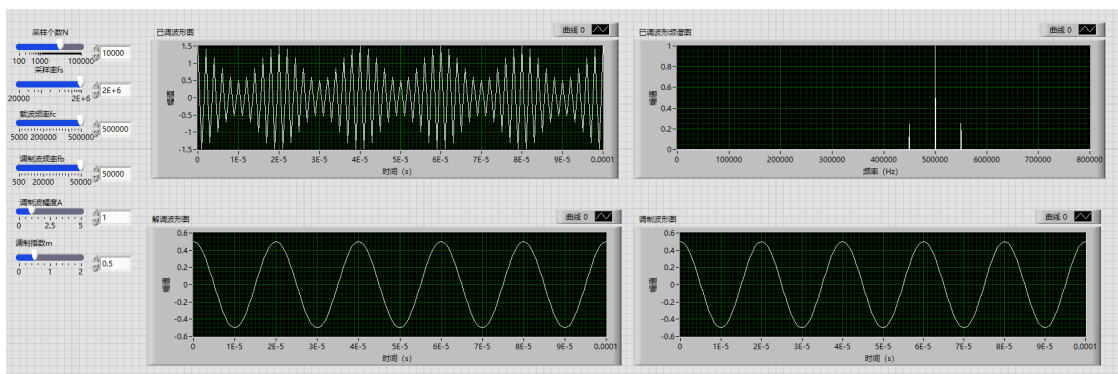
调制波幅度为2

若改变调制波幅度，相应的也会改变已调波的幅度和频域中的频率分量大小

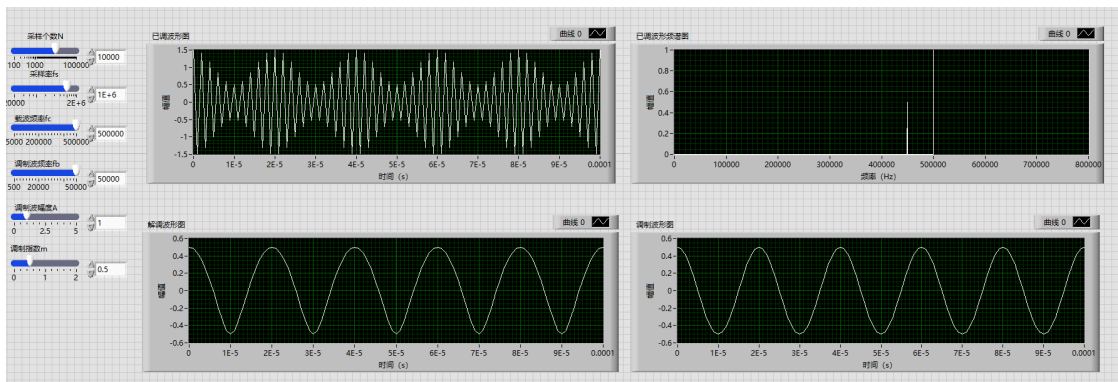
e. 改变采样率



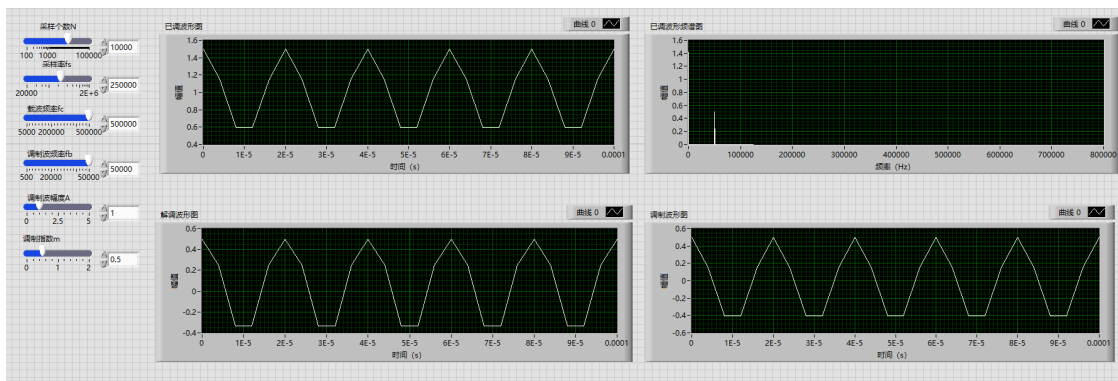
采样率为10M



采样率为2M



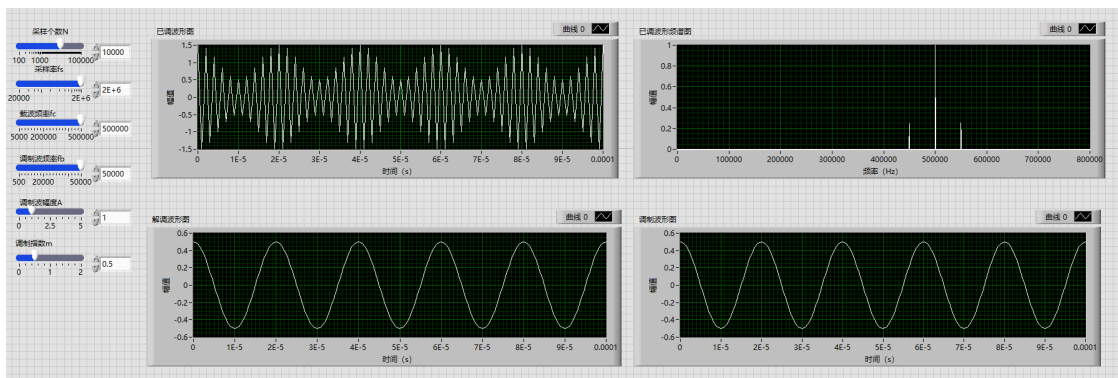
采样率为1M



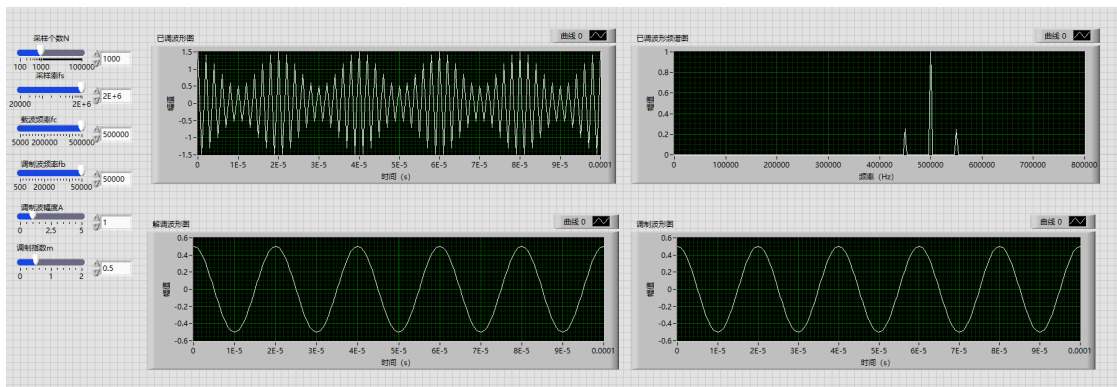
采样率为250k

若改变采样率，当采样率变大时，信号更接近连续信号，当采样率变小时，信号波形离散化，当采样率低于奈奎斯特速率时，信号发生失真。

f. 改变采样个数



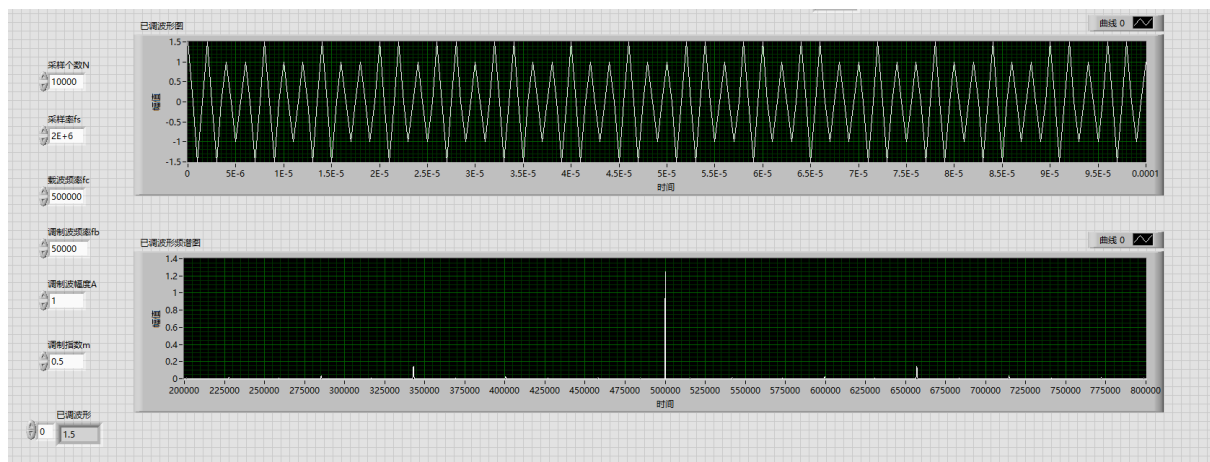
采样个数为10k



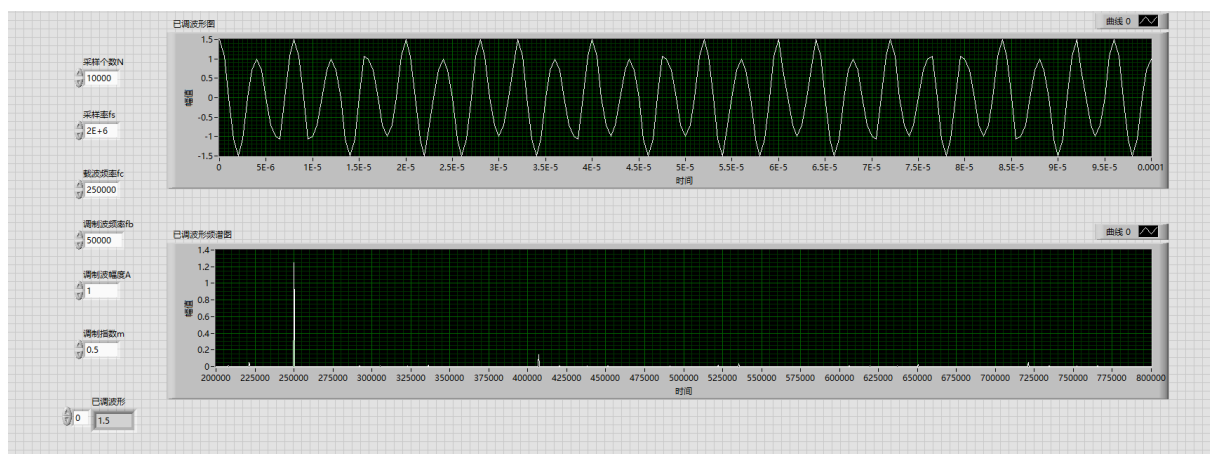
采样个数为1k

但采样点数减少时，在时域上无明显变化，而在频域上出现了在频点处的延展，采样精度下降。

采用方波作为输入信号

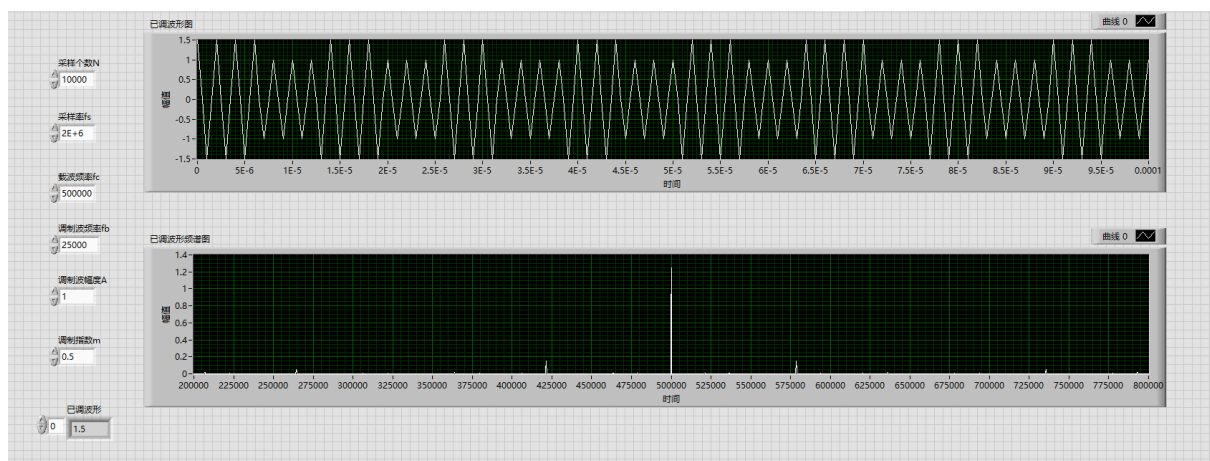


改变载波频率

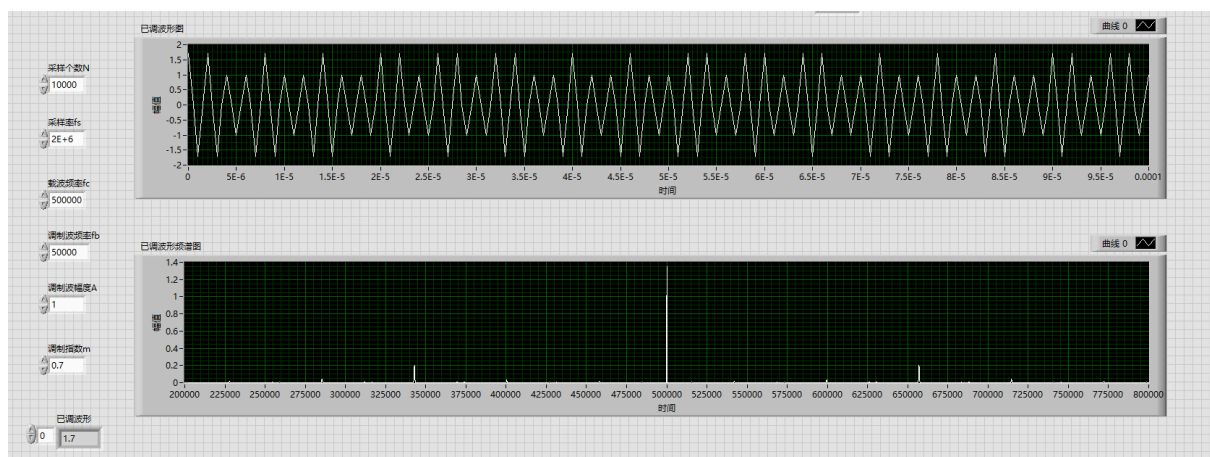




改变调制波频率



改变调幅指数



得到结果与正弦波类似，这里不再多做讨论。

五、回答问题

1. 改变基带频率，载波频率，调幅指数和调制波幅度，波形和频谱发生了哪些变化？

答：1. 改变基带频率，波形包络会随着基带频率的增加而变密，频偏会随着基带频率的增大而增大

$$m(t) \cos(f_c t) \leftrightarrow \frac{1}{2}(M(f - f_c) + M(f + f_c))$$

2. 改变载波频率，波形会随着载波频率的增加而变密，信号的中心频率会发生改变

3. 由 $m = \frac{A_c}{A_m}$ ，改变调幅指数，调幅指数越大，调幅波幅度变化越大，同时由于调制波幅度不变，故会改变已调波的幅度。其中 $m = 1$ 为满调幅临界情况，若调幅指数大于1则出现过调幅，在时域产生失真。

4. 改变调制波幅度，波形除了幅度改变没有其他变化，频谱各分量的幅值也随之产生变化。

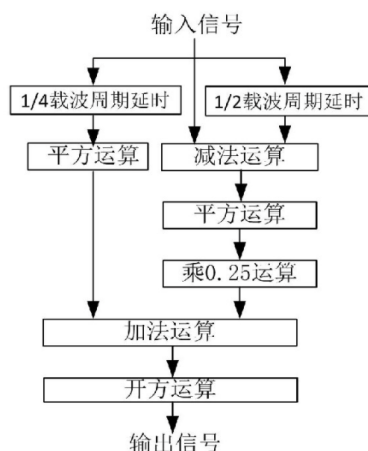
2. 观察采样率，采样个数的设置对波形离散化的影响？

答：采样率：采样率越大，波形越连续，越接近真实的模拟信号，采样率越小，波形越离散，当采样率小于奈奎斯特频率时，波形会出现失真

采样个数：采样个数越多，频谱越接近理想的冲激函数，采样个数越少，频谱会出现延展，精度下降

3. 思考其他的包络检波方法。

答：1. 零相位包络检波方法



2. 小信号平方律检波

当检波器的输入调幅信号幅度较小 ($\leq 0.2V$) 时的检波称为小信号平方律检波。其特点是二极管运用在伏安特性曲线的弯曲部分，而且在整个信号周期内二极管总是导通的。二极管小信号平方律检波由于失真大，效率低，输入阻抗小等缺点，所以在现代通讯和广播接收机中已很少使用。但因它具有线路简单，能对很小的信号检波，以及检波输出电流与输入载波电压幅度的平方（即与输入信号的功率）成正比等优点，因而，在无线电测量仪表中得到较为广泛的应用。

3. 大信号峰值滤波

大信号峰值滤波由于输出电压交流部分与调制信号最大值成正比，故又称为直线性检波，其特点是：(1) 输入电压幅度一般500毫伏以上；(2) 没有偏置电压E，由于输出电压的反作用，实际上工作点处于u 因此，大信号检波二极管，在载波一周期内，只有一段时间导通，而另一段时间截止。

六、实验体会

第一次实验分为两个部分：焊接收音机以及运用Labview编写AM调制及解调程序。

老师设计收音机焊接的环节，初衷是想让大家温习之前学过的焊接知识，但对于之前并没有接触过焊接，来自系统科学与工程学院的我们来说，焊接是一次新奇而充满挑战的体验。如何将融化的金属锡顺利引导到对应的引脚，而不干扰其他未焊接的引脚；如何把握电焊笔上锡的用量，而不使得笔头上的锡快速氧化影响导

热；如何把握握笔姿势，让电焊笔稳定而准确地将锡融化在正确的位点；如何将过量的锡从pcb板上移除，同时避免将相邻引脚相接造成短路.....焊接实在是一门需要耐心、细心和实践相结合的大学问。本次焊接实验我们进行的其实并不顺利，但这次实验为我们补上了重要的一课，相信下次再拿起电焊笔焊接时，我们会焊得更快更好。

编写AM调制和解调程序的过程也遇到了许多困难。虽然在通信原理的理论课上学习过AM调制和解调的基本思路和实现方法，但实际使用编程的方法来实现它时，却发觉有些无从下手；此前我们并没有接触过Labview，首次使用图形化编程也十分不习惯。一开始我们总没有得出正确波形，有些着急，但冷静下来仔细查阅函数说明和教材后，其实编程的思路和学习的知识完全一致，Labview特有的图形化编程使得编程也更加直观。本次实验让我们意识到，光学习理论知识并不行，更要会使用它，虽然编程环境不一定和我们熟悉的一致，但最终还是会回归到最基本的理论知识。所以我们应该加深对理论知识的理解，并善用软件给予的说明和便利条件，更好更快捷地将我们理解的过程实现。