**实验报告**

专业：自动化（控制）

姓名：先野孤寡蛙

学号：1145145

日期：2023/4/16

地点：东三409

课程名称：信号分析与处理实验 指导老师：季瑞松 实验类型：验证型

实验名称：幅度调制与解调

**一、实验目的**

1. 了解幅度调制的原理及常用方法

2. 了解解调的原理及常用方法

**二、实验设备**

1. PC机一台
2. NIMyDAQ设备一台（信号发生器和示波器）
3. 信号分析与处理实验板

**三、实验原理**

1. 调制与解调的作用

实现信号的远距离通信

2. 调制

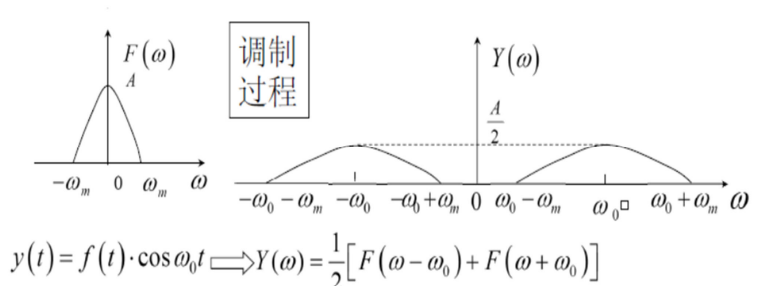
用调制信号控制载波信号的某个参数,使其与调制信号的变化规律成线性关系，实现频率提升

1. 主要调制方式

调幅、调频、调相

1. 远距离通信的关键

频率的提升：



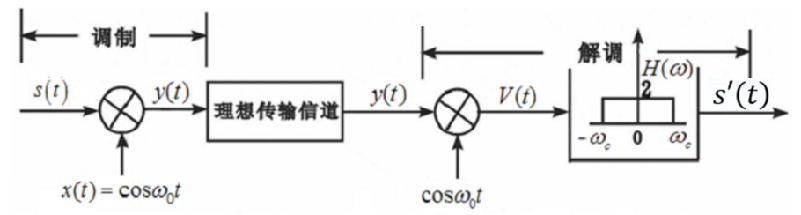
1. 普通调幅（AM）及其解调方法

调幅：用低频调制信号去控制高频载波信号的幅度，使高频载波信号的振幅按调制信号变化；

解调：在接收端中恢复出调制信号的过程；

幅度调制分类：普通调幅（AM）、双边带调幅（DSB-AM）、单边带调幅（SSB-AM）、残留边带调幅（VSB-AM）。

①正弦波幅度调制与相干解调原理



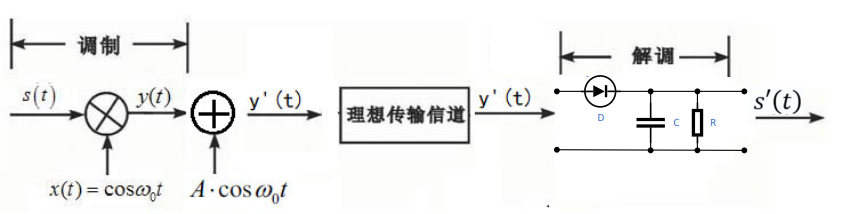
相干解调（同步解调）过程：

（1）从接收信号y(t)中提取与载波信号相干（同频同相）的参考信号。

（2）将（1）中得到的参考信号与AM相乘，得到v(t)。

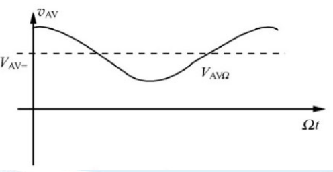
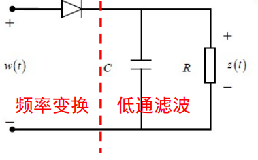
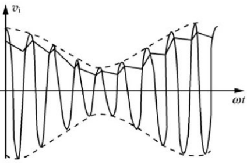
（3）将v(t)送入低通滤波器，滤除高频分量，得到解调信号s’(t)。

于是我们观察到最后的V(t)的形式，将其化简我们可以得到，可知前一项是高频分量，我们可以选择用合适的门函数，除去高频分量并使强度强度为2（注意到中低频分量是），以获得s(t)。

②正弦波幅度调制与相干解调原理

通过二极管的通断，导致电阻R上充电放电过程的电压变化，形成对载波信号的包络线模拟，即解调信号。

作用：从调幅波中取出低频原始信号，首先用二极管的伏安特性进行频率变换，接着用低通滤波电路实现平滑滤波。



包络检波器 包络线模拟 平滑滤波后的波形

**四、实验内容**

1. AM调制与相干解调

①连接电路;

②AM调制。用MyDAQ的波形发生器将调制信号和载波信号相乘，得到已调信号y(t);

③将y(t)乘上载波信号下x(t)，得到v(t);

④将v(t)输出至低通滤波器，根据连线情况，将v(t)输出至信号发生器对应的通道;

⑤用示波器观察解调的结果 (s’(t)），并记录波形;

⑥改变载波频率，测试载波频率接近117Hz时的解调波形。

2.AM调制与非相干解调

①连接电路;

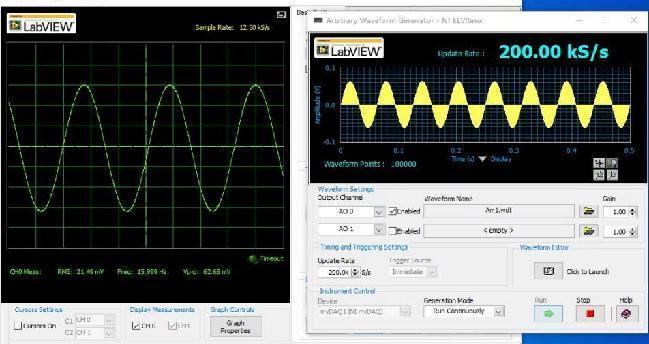
②调制对于已调信号y(t)加数倍的载波信号，得到y’(t)。

③解调将y’(t)通过myDAQ的AO0输出至包络检波器输入，得到s’(t)，将s’(t)接至myDAQ示波器的AI0通道，记录包络检波器输出波形。

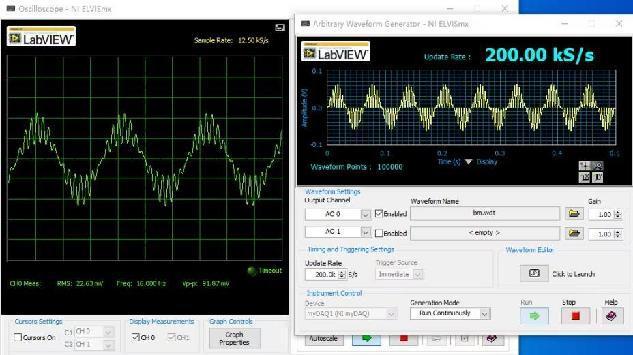
设置不同的A，比较解调的效果。

**五、实验数据记录和处理**

1. AM调制与相干解调

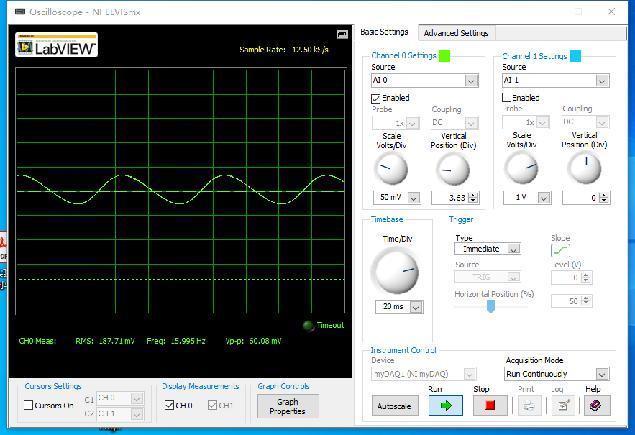
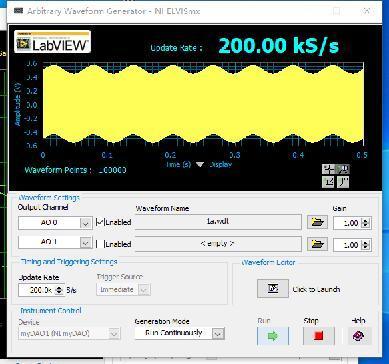


对于=1600Hz峰峰值1V,相位90°

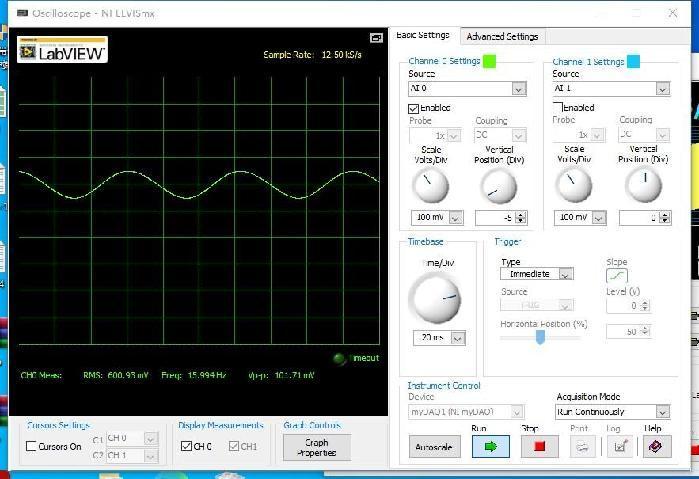
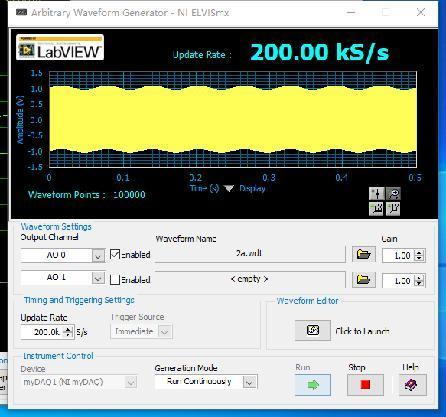


对于=117Hz峰峰值1V,相位90°

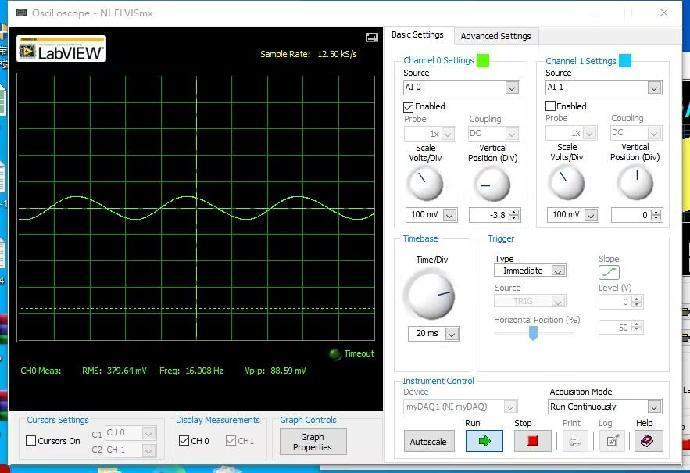
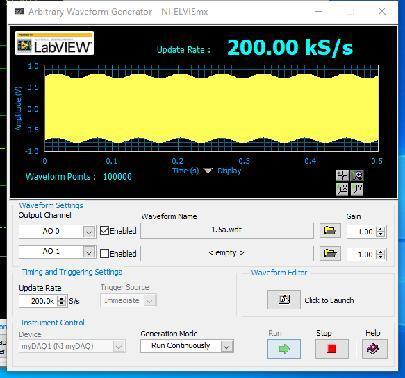
2. AM调制与非相干解调

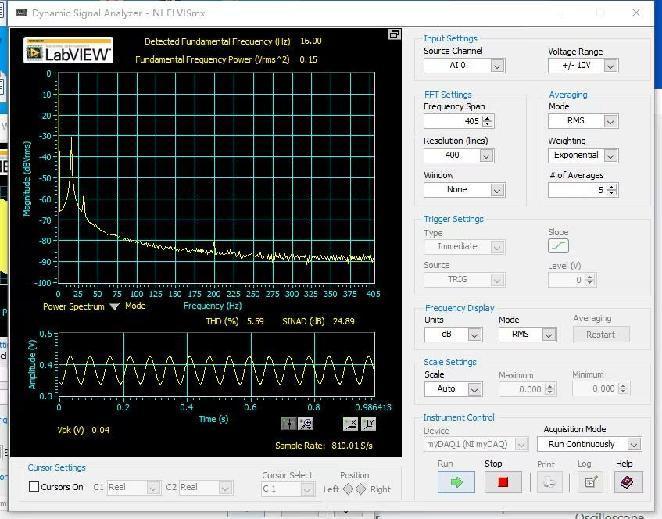


A=0.5



A=1





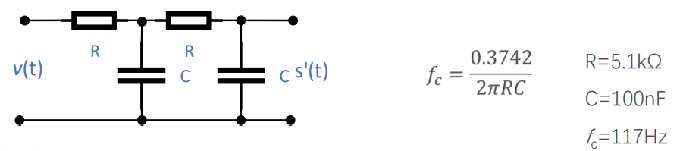
A=0.75

**六、实验结果分析**

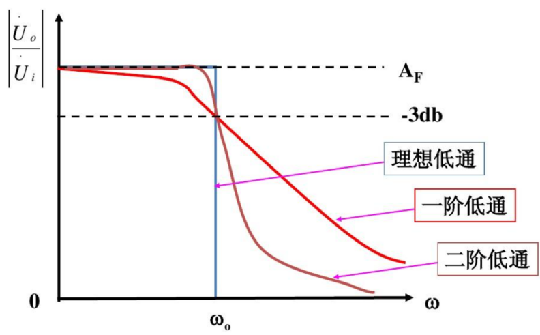
实验一结果分析：

从结果截图中我们可以明显观测到，不同载波频率下所还原得到的波形存在明显区别。

最后所恢复得到的V(t)的形式来看，可以将其化简为。我们知道，信号还原的本质在于滤去高频成分，留下低频（即原始信号）部分。而其中完成滤去高频分量的工作是由低通滤波器完成，这里我们使用的是无源头低通滤波器，它的Fc=117Hz,



该滤波器并非理想低通滤波器，可能近似于下图的二阶低通滤波的幅频特性曲线。

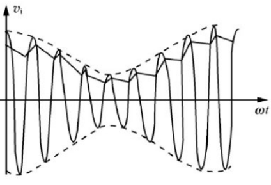


因此当我们选择载波频率较高（如1600Hz）时，滤波效果会更好。但当我们选择载波频率较低（如117Hz） 时，实测效果会大不相同，滤波器不能有效地过滤掉较高的频率成分，因此在还原后的波形图像上会呈现出类似锯齿状的波形特征。

实验二结果分析：

1. 通过观察不同的A值下信号处理的结果，我们发现随着A的增加，在波形还原的最后阶段，还原的波形逐渐接近于初始波形。在A约等于0.75时，还原得到的波形已经相当接近正弦波形状了。我们可以在动态信号分析仪中看到，此时信号的主要能量在16Hz处，而由于纵轴单位为dB，第二个波峰也是指数级小于16Hz处的波峰。当A大于0.75后，提升A对波形还原的质量已经影响不大了。

2. 当处理的信号A较小时，所还原得到的信号波形所呈现出的特征是比较接近锯齿波形的形状，并且在一个完整周期中，最大值通常出现得较早。这是因为包络检波器的特性导致的。



其拟合后的信号波形下降得相对缓慢，而上升的速度相比下降要快，这种现象在整周期内的信号波形就呈现出锯齿波形的特征。然而，随着A值的增加，所调制的信号波形相对于载波的占比越大，信号波形的振幅相对于载波就更加明显，相当于是在上，以A作为基础上下浮动，更容易分离出来。因此，当A值较大时，所实现的调制信号波形更具特征，解调的质量也就更高，还原效果也会更好。

3. 随着A值增大，其解调的波形会变得平缓。因此在选择A值时要综合考量，选择还原效果好、振幅更明显的A值。

**七、思考题**

1. 解释幅度调制的原理：见“三、实验原理”部分。

2. 比较相干AM解调和非相干AM解调的差别及他们的性能差异。

（1）比较

相干解调: 需要一个与载波信号频率和相位完全相同的本地振荡器，将接收到的调制信号与本地载波信号混频，然后通过低通滤波器提取信息信号。

非相干解调: 不需要本地载波信号，直接通过包络检波器等电路提取信息信号的包络，从而还原原始信号。（2）性能差异

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | 抗噪声性能 | 选择性 |
| 相干解调 | 由于利用了与载波信号同步的本地振荡器，相干解调能够有效抑制与载波频率不同的噪声成分。这种同步性使得解调器能够从噪声中提取出所需的信号，从而提高信噪比，尤其在低信噪比环境下表现出色。 | 通过与本地振荡器的混频操作，相干解调可以选择性地提取特定频率的信号，有效抑制邻近频率的干扰信号。 |
| 非相干解调 | 直接对接收信号进行包络检波，无法区分噪声和信号。因此，噪声会直接叠加到解调后的信号上，导致信号失真和质量下降。 | 选择性较差，容易受到邻近频率信号的干扰。当存在邻频干扰时，解调后的信号会包含来自干扰信号的成分，导致信号失真和信息丢失。 |

3. 根据实验内容要求整理各波形，并作相关说明：见“五、实验数据记录和处理”部分。

4. 讨论、心得

这次实验将之前学习的多个知识点串联起来，让我对信号处理有了更系统化的认识。从模拟电路实验到示波器软件的学习，再到信号课上的理论知识，最终在这次调制解调实验中融会贯通。我深刻体会到傅里叶变换在信号分析中的重要性，也更加清晰地认识到时域和频域分析方法的互补性。做这次实验我是比较晚才走的，也是为了通过实验加深自己对相关概念的理解，并提高自己把理论融入实践的动手操作能力。收获很大。