

浙江大学实验报告

课程名称： 信号分析与处理 指导老师： 杨欢 季瑞松 成绩： _____
实验名称： 幅度调制与解调 实验类型： 基础规范型 同组学生姓名： 无

一、实验目的和要求

- 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、实验内容和原理

1、调制与解调的作用

调制指，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。解调指在接收端中恢复出调制信号的过程，最简单的调制方式为调幅（Amplitude Modulation, AM）。调幅指，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。调制与解调常用于实现信号的远距离通信，是一项实用性极强的技术。

2、正弦波幅度调制与相干解调原理

最常见的调制方式有调幅（Amplitude Modulation, AM）调制，我们记输入信号（调制信号）为 $s(t)$ ，载波信号为 $x(t) = \cos\omega_0 t$ ，则经过 AM 调制后的输出信号为 $y(t) = s(t) \times x(t) = s(t) \times \cos\omega_0 t$ 。

对于 AM 常见的解调方式有：相干解调（同步解调）与非相关解调（检波）。

相干解调方式：将调制后的信号 $y(t)$ 与载波频率相干（同频同相）的参考信号相乘，即 $V(t) = y(t) \times \cos\omega_0 t$ 。然后将该输出通过低通滤波装置进行处理，滤除高频分量，得到原始信号 $s(t)$ 。

非相干解调方式：调制后的信号 $y(t)$ 与载波频率相干（同频同相）的参考信号相加，即 $y'(t) = y(t) + A\cos\omega_0 t$ 。然后将该输出通过包络检波器进行处理，实现对载波信号的包络线模拟，得到原始信号。

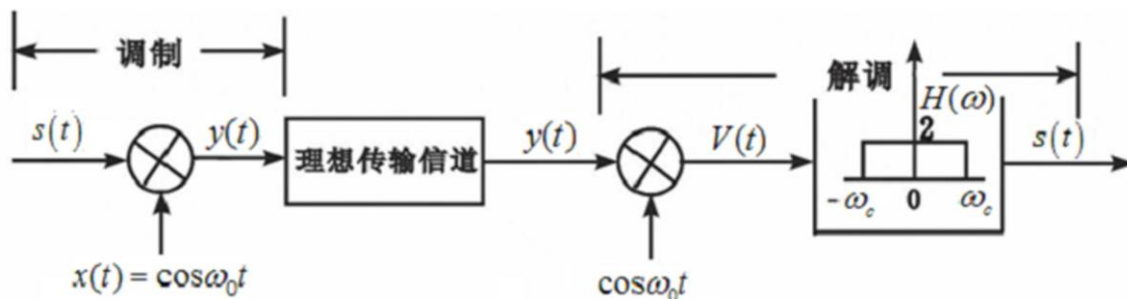


图 1 正弦波幅度调制与相干解调原理图

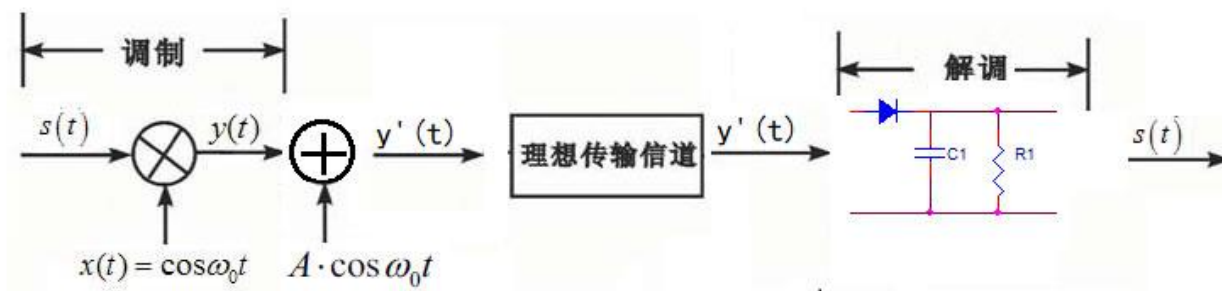


图 2 正弦波幅度调制与非相干解调原理图

3、包络检波器工作原理

包络检波器电路如右图所示：

二极管的通断与否导致电阻 R 上充电放电过程的电压发生变化，形成对载波信号的包络线模拟，即原始信号。

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。

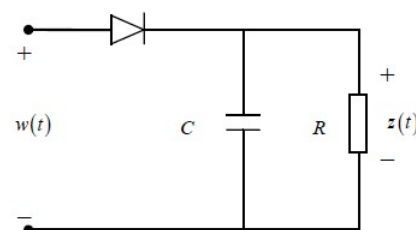


图 3 包络检波器电路图

三、主要仪器设备

- 1、PC 机以及 NI myDAQ 便携式数据采集设备各一套；
- 2、实验板

四、操作方法和实验步骤

1、AM 调制与相关解调

连接电路，设置 myDAQ 采样率为 200kHz，持续时间为 500ms，设置调制信号为正弦波,频率为 16hz,幅度为 0.25V。载波信号为余弦,频率为 1.6kHz,幅度为 0.5V。将两信号相乘得到已调信号 $y(t)$ 。从 AM 中提取相干载波信号，将该载波信号乘上已调信号 $y(t)$ ，得到 $v(t)$ ，保存待用。将 $v(t)$ 输出值 MyDAQ 的 AO1 通道，即将 $v(t)$ 送入低通滤波器，用 MyDAQ 示波器的 AI1 通道观察 $s'(t)$ (解调的结果)，并记录波形；改变载波频率，测试载波频率接近 117Hz 时的恢复波形。

2、AM 调制和非相关解调

- (1) 对于已调信号 $y(t)$ 加载波信号 $A\cos\omega_0 t$ ，得到 $y'(t)$ 。
- (2) 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 的 AI0 输入端利用示波器读取包络检波器输出波形，并记录。
- (3) 设置不同的 A 值，比较恢复效果。

五、实验结果与分析

实验结果记录：

1、负载信号为 1.6kHz、117Hz 时，相关解调结果如下图所示：



图 4 载波信号 1.6kHz 时解调信号



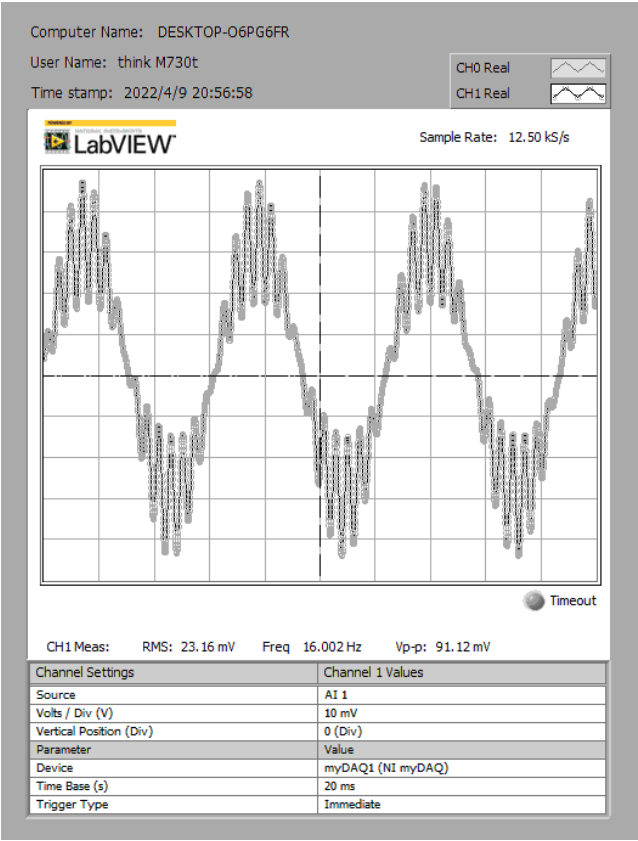


图 5 和图 6 载波信号 117Hz 时解调信号

2、A 取值为 0.25、0.5、0.05 时，非相关解调结果如下图所示：

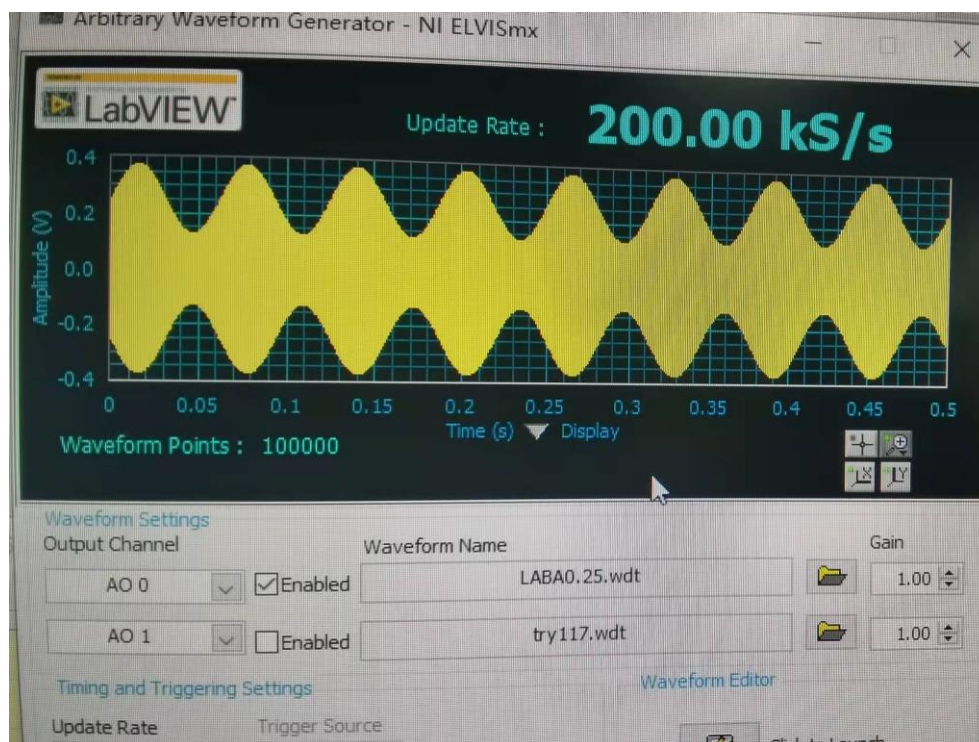
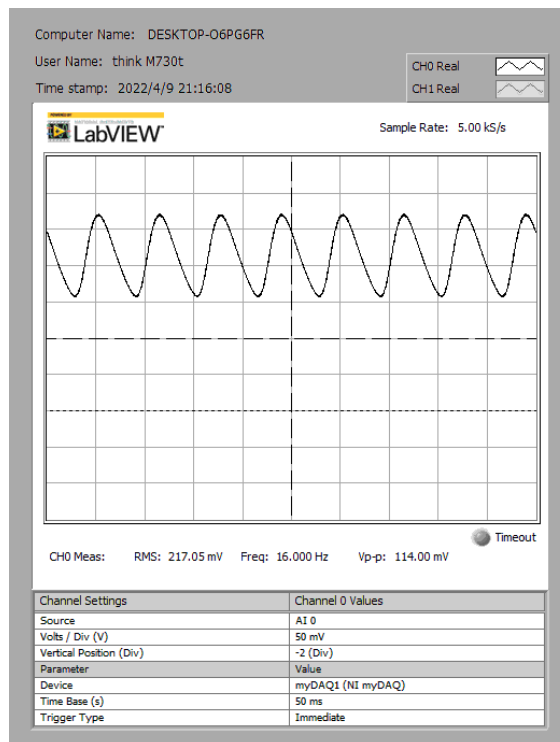


图 7 和图 8 $A=0.25$ 时解调信号

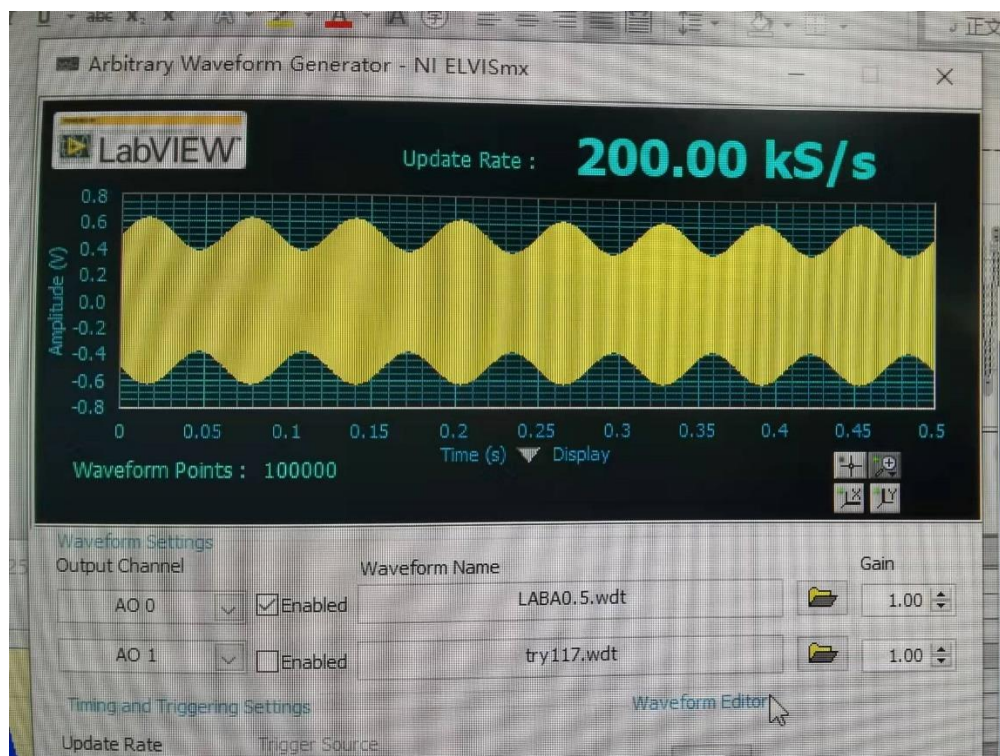
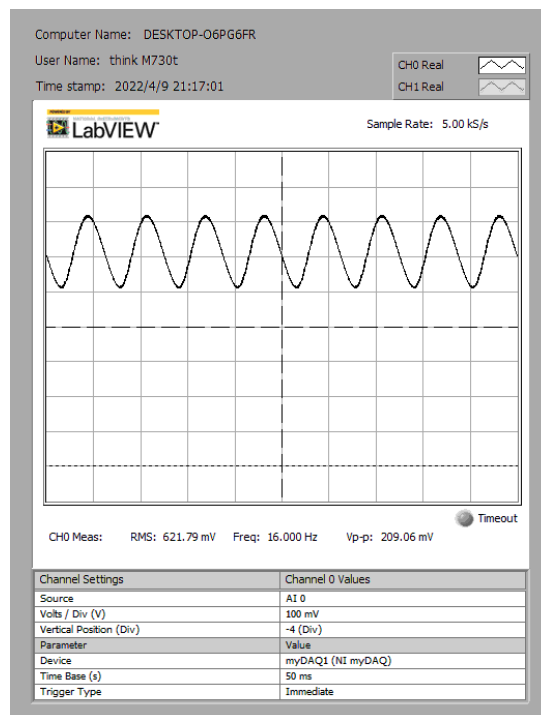


图 9 和图 10 $A=0.5$ 时解调信号

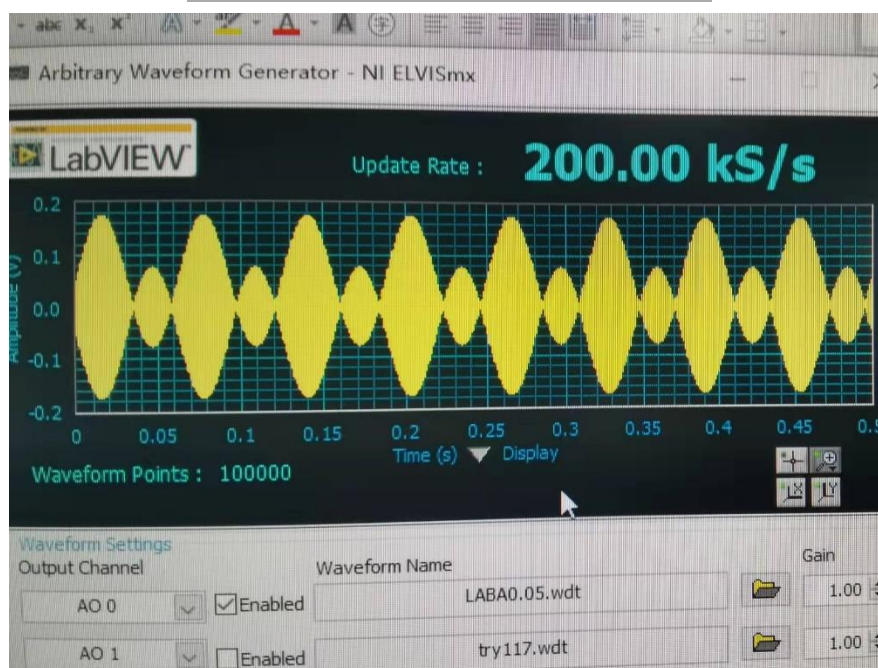
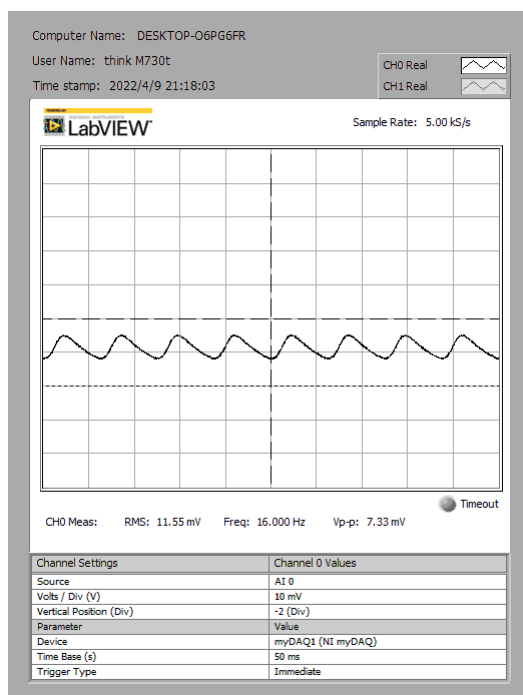


图 11 和图 12 A=0.05 时解调信号

实验结果分析:

1、解释幅度调制的原理

频率的提升是远距离通信中的关键,我们可以通过 AM 调制来提升信号频率。若输入信号(调制信号)为 $s(t)$,载波信号为 $x(t) = \cos w_0 t$,则有调制输出信号为 $y(t) = s(t) \times x(t) = s(t) \times \cos w_0 t$ 。若对原信号 $s(t)$ 进行傅里叶变化得到 $F(w)$,则对调制后信号 $y(t) = s(t) \times \cos w_0 t$ 进行傅里叶变化得到 $\frac{1}{2} [F(w - w_0) + F(w + w_0)]$,发现原本频率为 w 的信号,变成了频率为 $w - w_0$ 和 $w + w_0$ 的两部分信号,成功达成提高频率的目的。

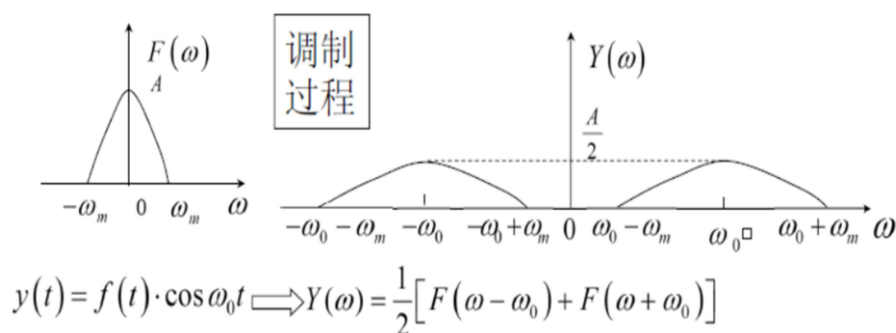


图 13 调制产生新频率分量

2、比较相关 AM 解调和非相干 AM 解调的差别及他们的性能差异

相干解调也称作同步解调，适用于所有线性调制信号的解调。相干解调必须要恢复出一个与调制载波信号严格同步的相干载波，利用这个相干载波与调制信号的作用，得到最初的输入信号（调制信号）。其优点为可以解调所有线性调制信号，缺点为必须要有与调制相干载波相同的相干载波。

非相干解调也称作包络检波，指直接从调制过的信号幅度中恢复出原信号 $s(t)$ ，在非相干解调中不要相干载波信号。AM 信号的非相干解调一般通过包络检波器实现：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，作用是可以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；当非相干检波解调时附加的正弦信号幅度大于二极管导通压降时，基本可以恢复得到原信号，优点是不需要相干载波，缺点是恢复原信号时，若附加正弦信号幅值较小，恢复得到的原信号会失真。

六、讨论、心得

本次实验的内容在理论课程中涉及较少，在通过理解消化实验课上老师讲解的理论知识，学会了一种信号调制的方法与两种解调的方法，明白了信号在远距离传输中，频率提升十分重要的道理。