

实验三

57119108 吴桐

一、实验目的

- 1、深入了解 FM 调制等模拟非线性调制系统的原理和实现方法；
- 2、加深对数字信号基带传输系统的理解，通过实验巩固奈奎斯特第一准则和眼图；
- 3、加深对数字信号载波传输系统的理解，实现简单的 2ASK、2FSK 和 2PSK 的调制解调系统原理图搭建。

二、实验内容

- 1、实现 FM 调制系统，观察调制增益与信道噪声对调制效果的影响；
- 2、设计系统巩固奈奎斯特第一准则和眼图；
- 3、实现简单的 2ASK、2FSK 和 2PSK 的调制解调系统。

三、实验过程及结果

5.1 加大 5.1.2 节例子中 FM 调制器的调制增益，观察输出 FM 信号的频谱变化。在解调器前面加入噪声，并逐步改变噪声功率，观察解调波形失真情况。

系统原理图如图 1 所示。FM 调制信号与解调信号的波形与频谱图如图 2 所示。

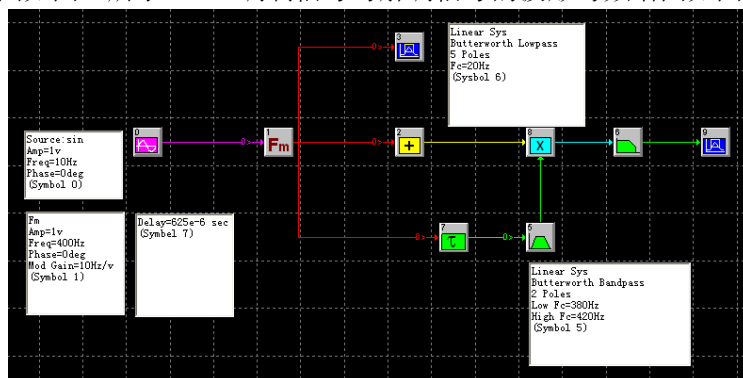


图 1

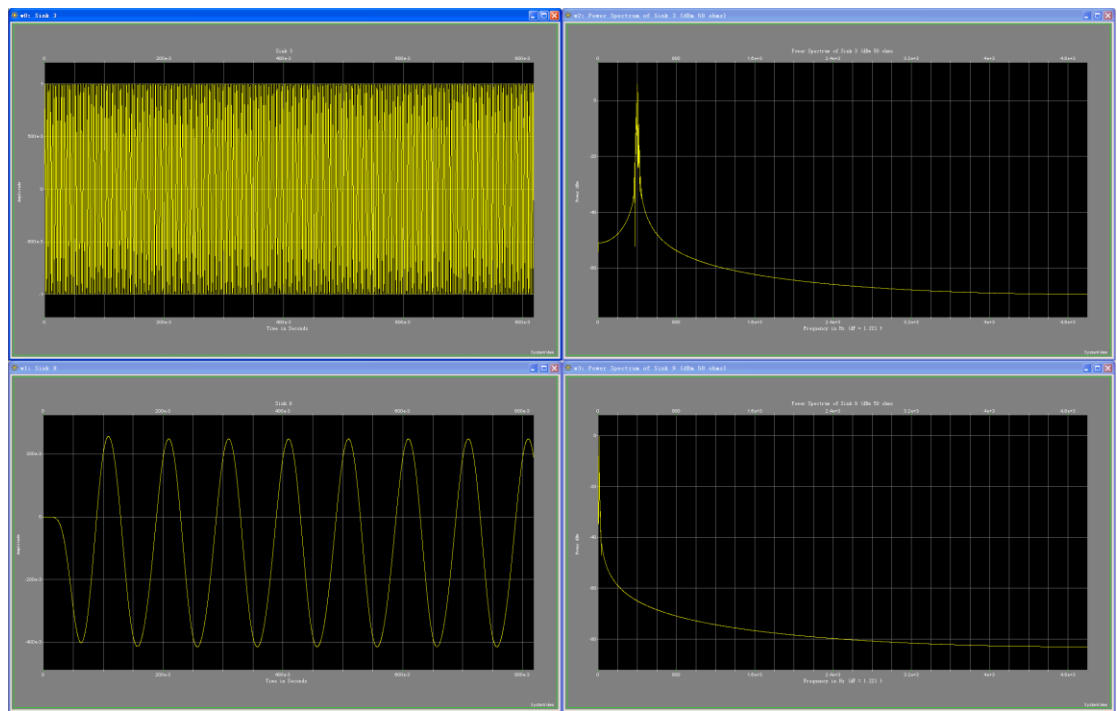


图 2

改变 FM 调制器的调制增益，调制信号频谱图如图 3-图 5 所示。

当 Mod Gain=10Hz/v 时的调制信号频谱图：

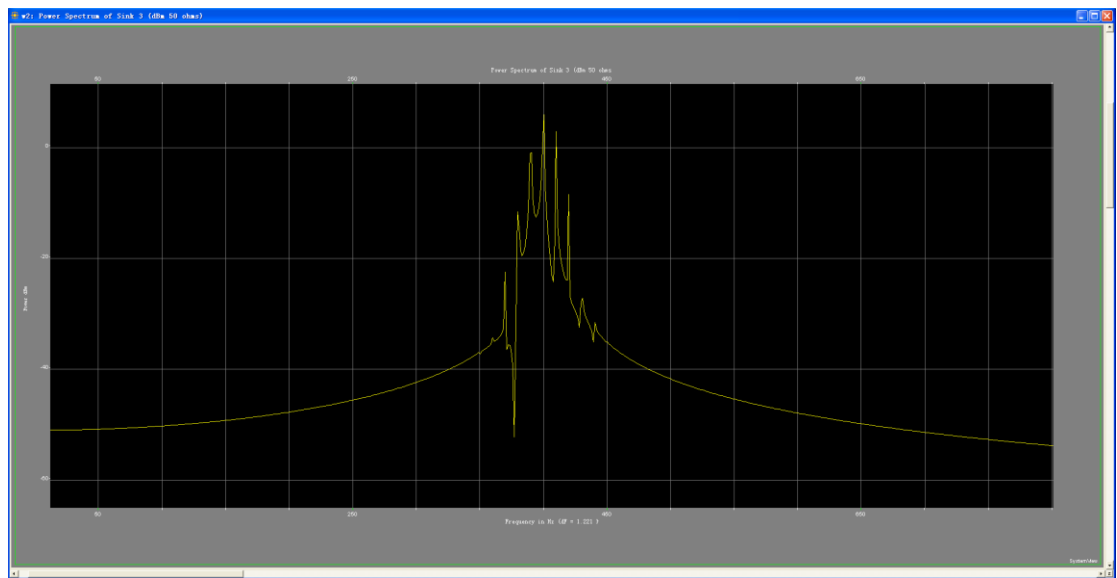


图 3

当 Mod Gain=20Hz/v 时的调制信号频谱图：

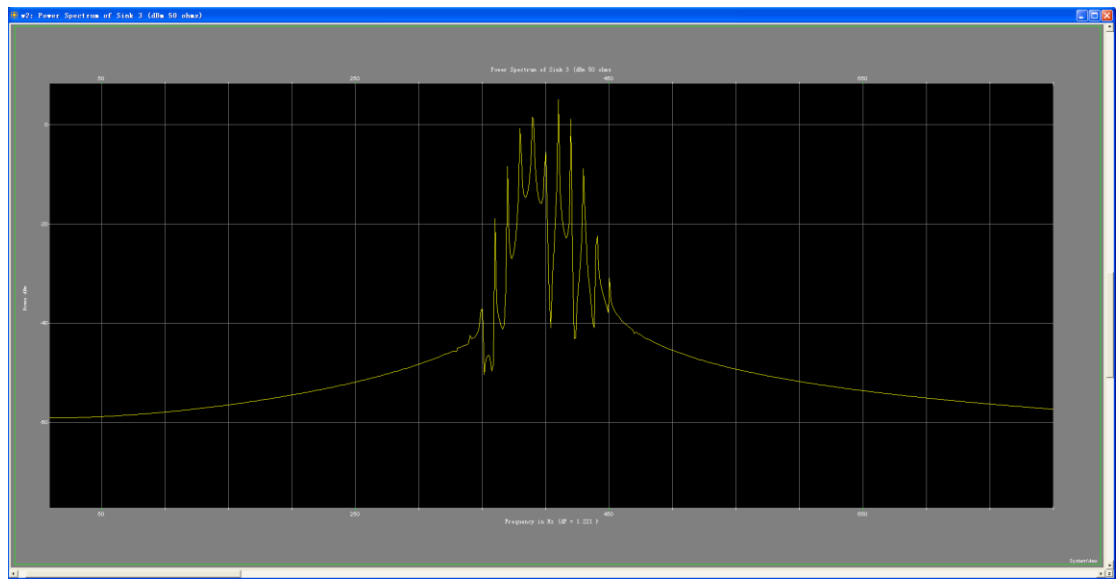


图 4

当 $\text{Mod Gain}=50\text{Hz/v}$ 时的调制信号频谱图：

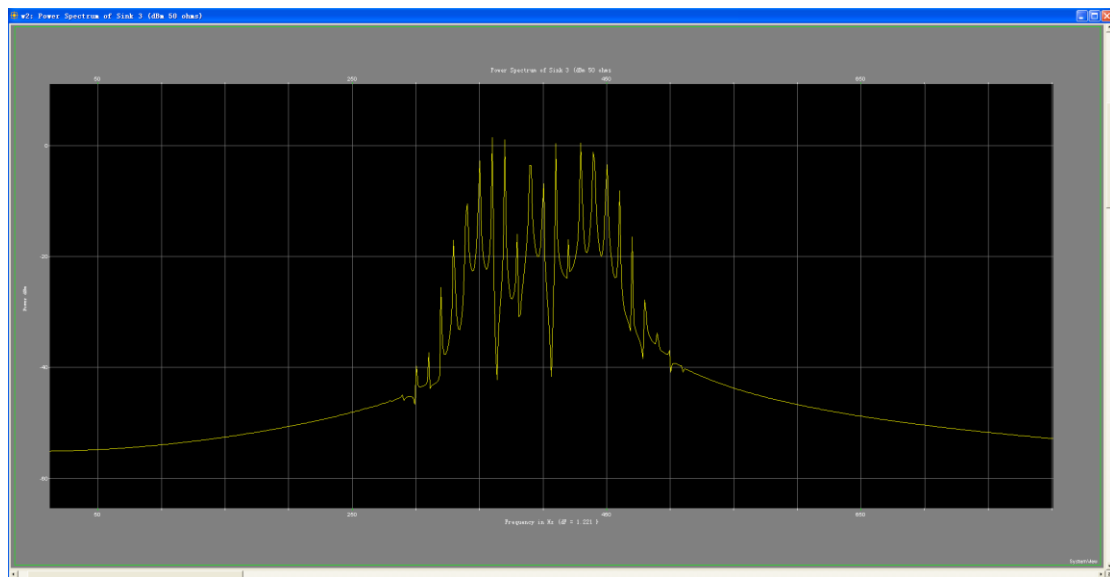


图 5

可以看到，加大 FM 调制器的调制增益，输出 FM 信号的频谱变宽。
在解调器前面加入噪声，系统原理图如图 6 所示。

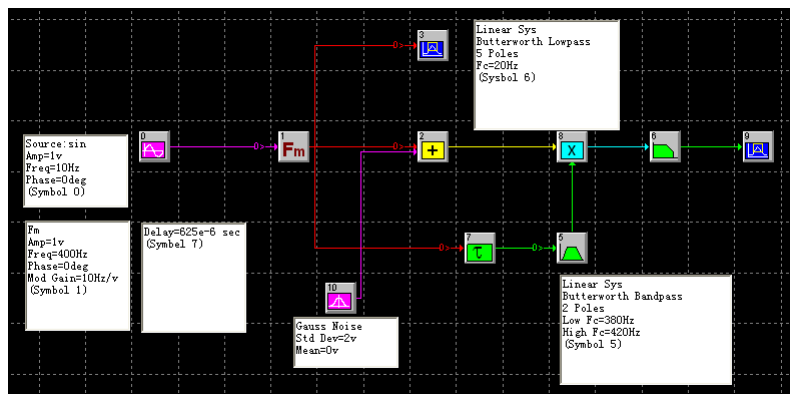


图 6

当高斯噪声 Std Dev=2v 时的调制信号频谱图:

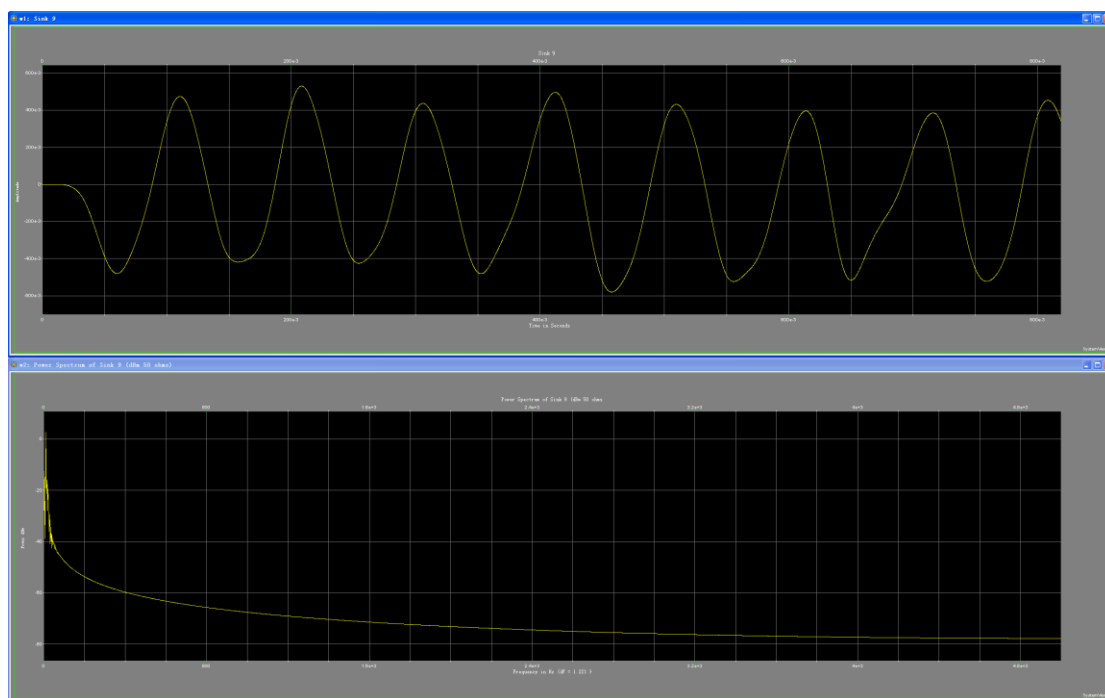


图 7

当高斯噪声 Std Dev=5v 时的调制信号频谱图:

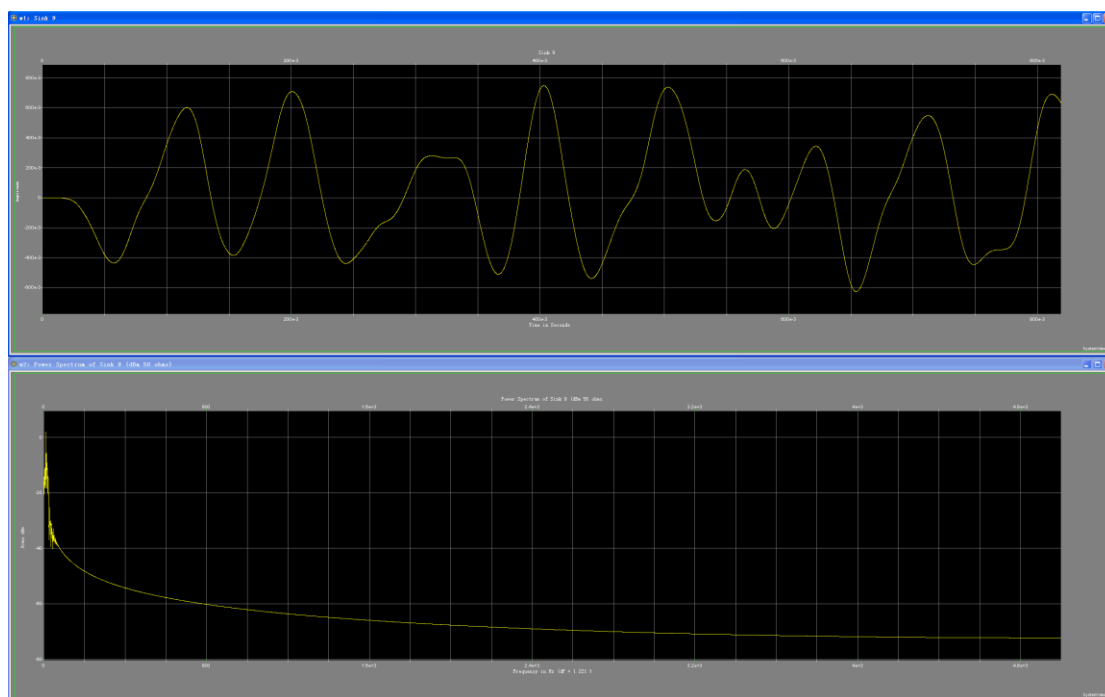


图 8

当高斯噪声 Std Dev=10v 时的调制信号频谱图:

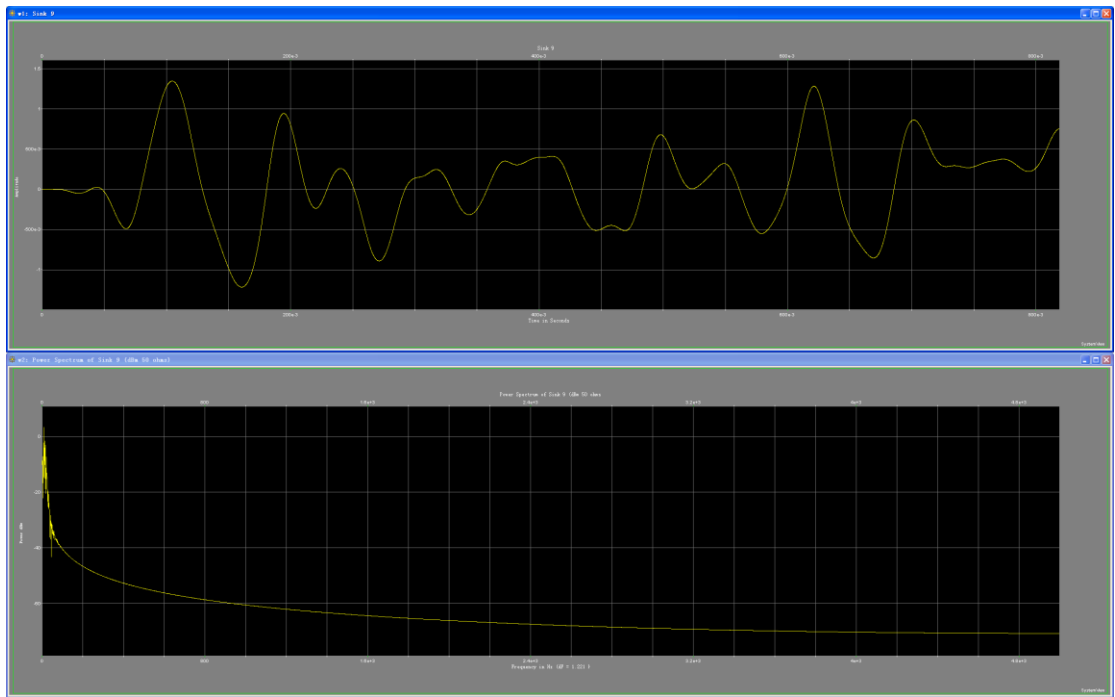


图 9

可见，在解调器前面加入噪声，并逐步改变噪声功率，解调波形失真越来越严重。

5.2 设载波频率为 1MHz，幅度为 3V，用 1V，2KHz 的正弦信号来调幅，产生的最大频偏为 4KHz。设计满足上述要求的 SystemView 仿真电路，运行并观察输出信号的波形及频谱。
系统原理图如图 10 所示。

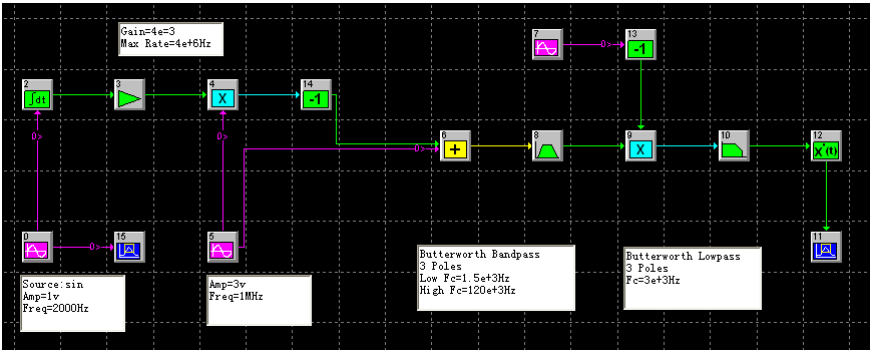


图 10

解调信号的波形与频谱图、输入信号的波形与频谱图如图 11 所示。可见解调后的信号与原信号基本一致。

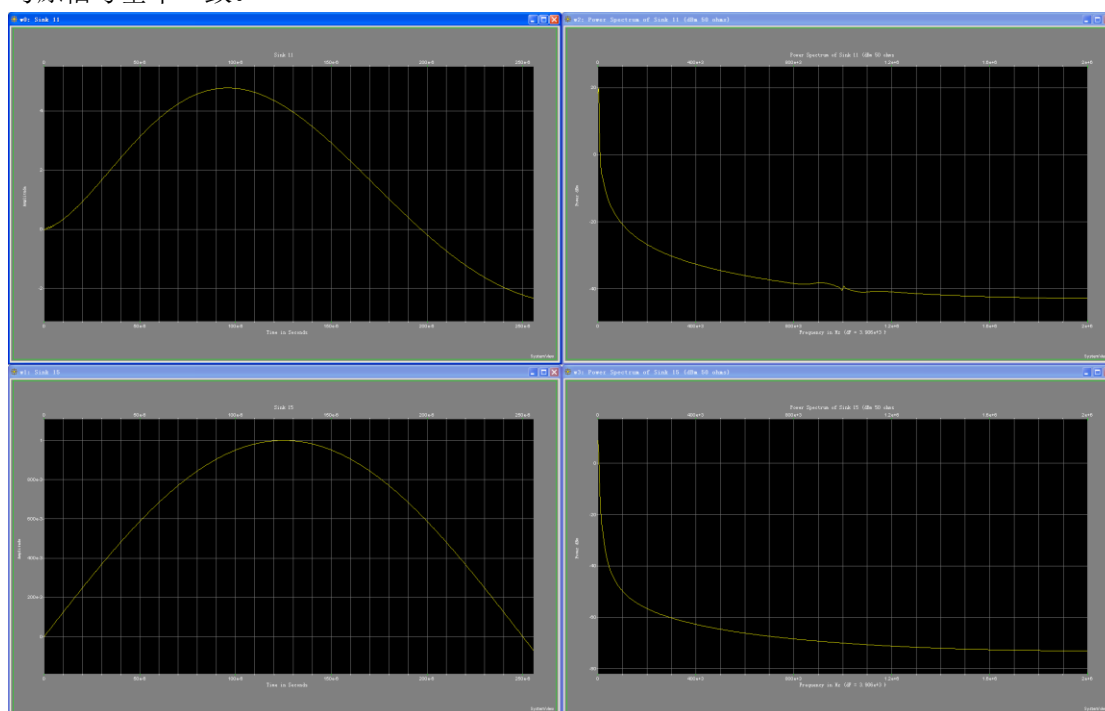


图 11

例题 7.2

为了加深对数字信号基带波形串扰以及升余弦滚降滤波特性的认识，可以用如图 12 所示的 SystemView 仿真电路来验证奈奎斯特第一准则。系统的采样速率为 1KHz。该电路中信号源（图符 0）为幅度 1V，码速率为 100bps 的伪随机信号。用一个抽头数为 259 的 FIR 低通滤波器（图符 8）来近似模拟理想的传输信道，滤波器的截止频率为 50Hz，在 60Hz 处有 -60dB 的衰落。因此，信道的传输带宽可近似等价于 50Hz，该频率正好是传输信号的奈奎斯特带宽。基带数据在输入信道以前，先通过一个升余弦滚降滤波器（图符 2）整型，以保证信号有较高的功率而无码间干扰。滚降系数设置为 0.3，信道的噪声用高斯噪声（图 7）表示。图符 10、11、13 完成接收端信号的抽样判决和整形输出。为了比较发送端和接收端的波形，在发送端接收器前和升余弦滚降滤波器后各加入一个延迟图符，具体延迟数据需要实际操作得出。

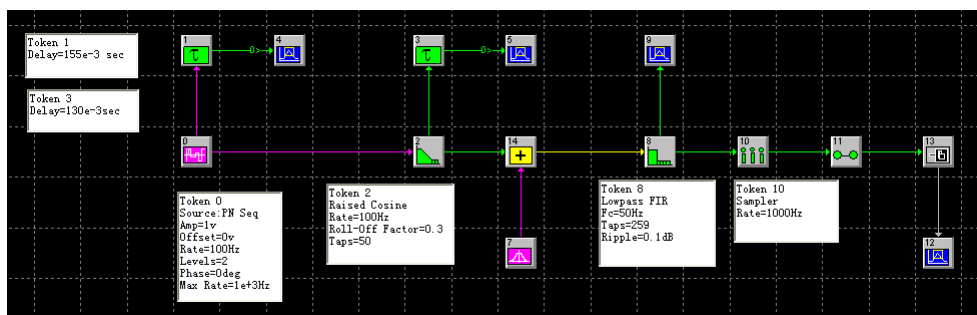


图 12

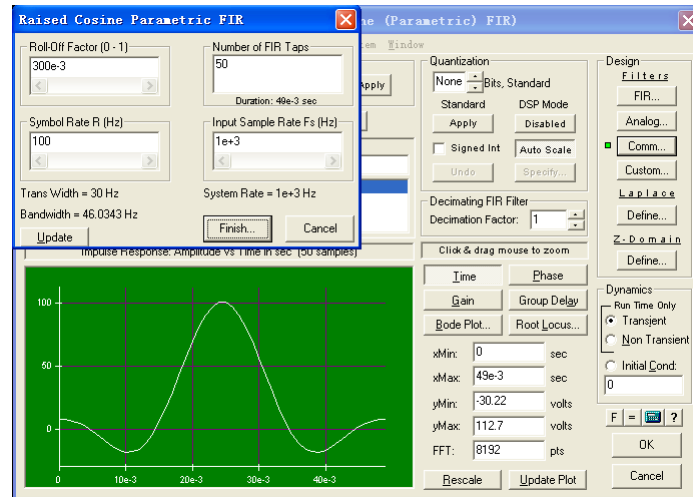


图 13

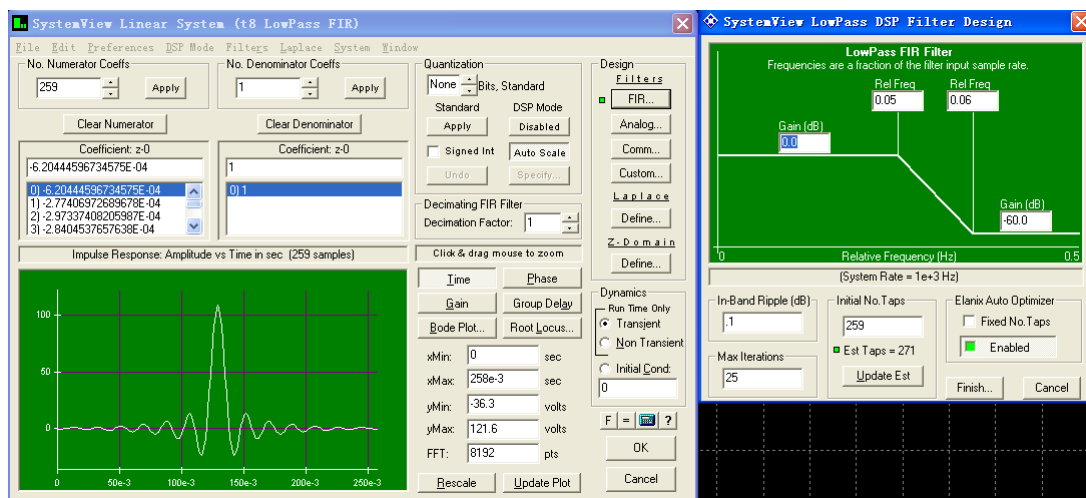


图 14

实验前，先关闭噪声信号。图 15 所示为输入信号波形、通过升余弦滤波器整形之后信号的波形、通过升余弦滚降滤波器后的信号与原输入信号的波形叠加。图 16 为通过低通滤波器之后信号的波形、输出信号波形、输入与输出信号波形的叠加，可观察到收发波形基本一致，加入一定幅度的噪声仍然能正常传输（图 17）。奈奎斯特第一准则得到验证。

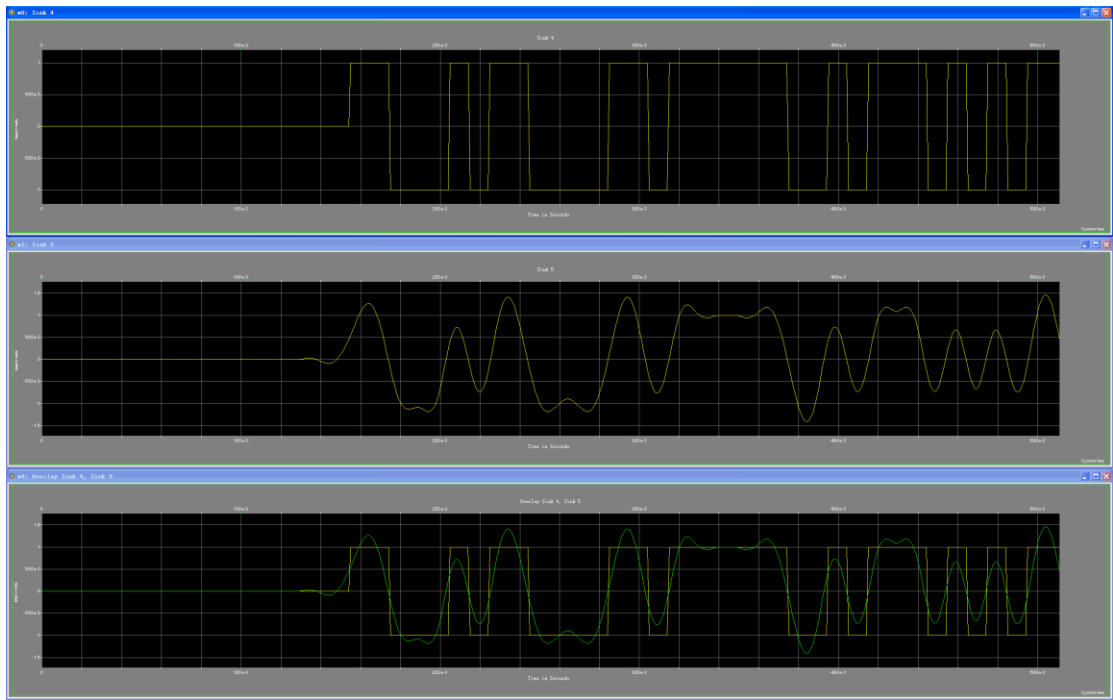


图 15

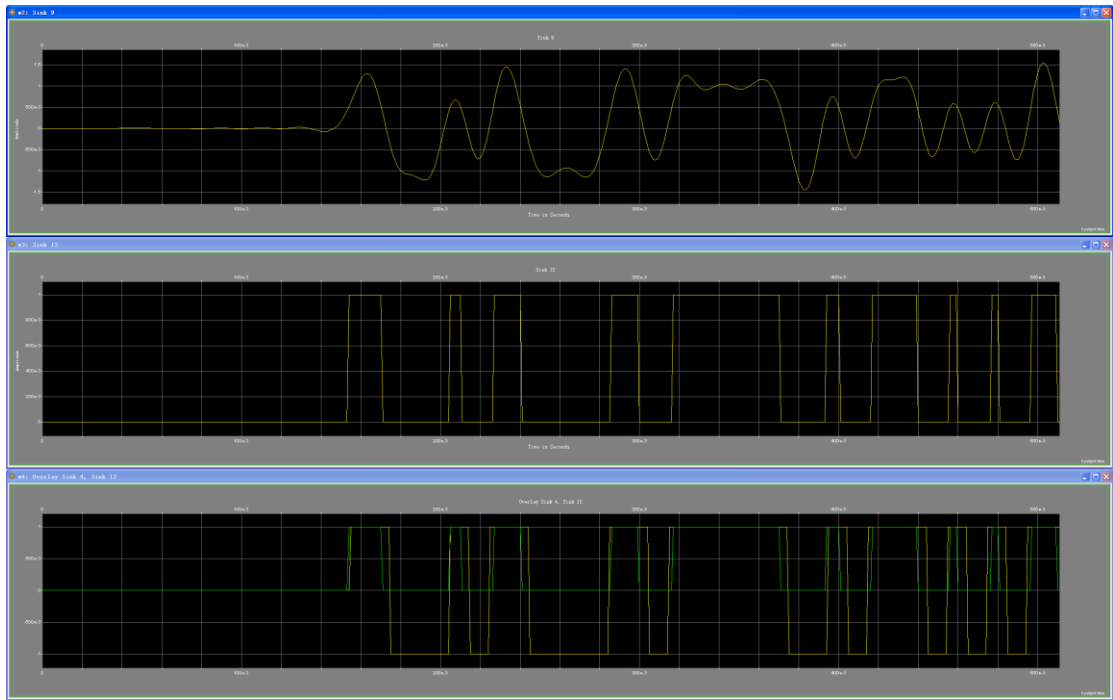


图 16

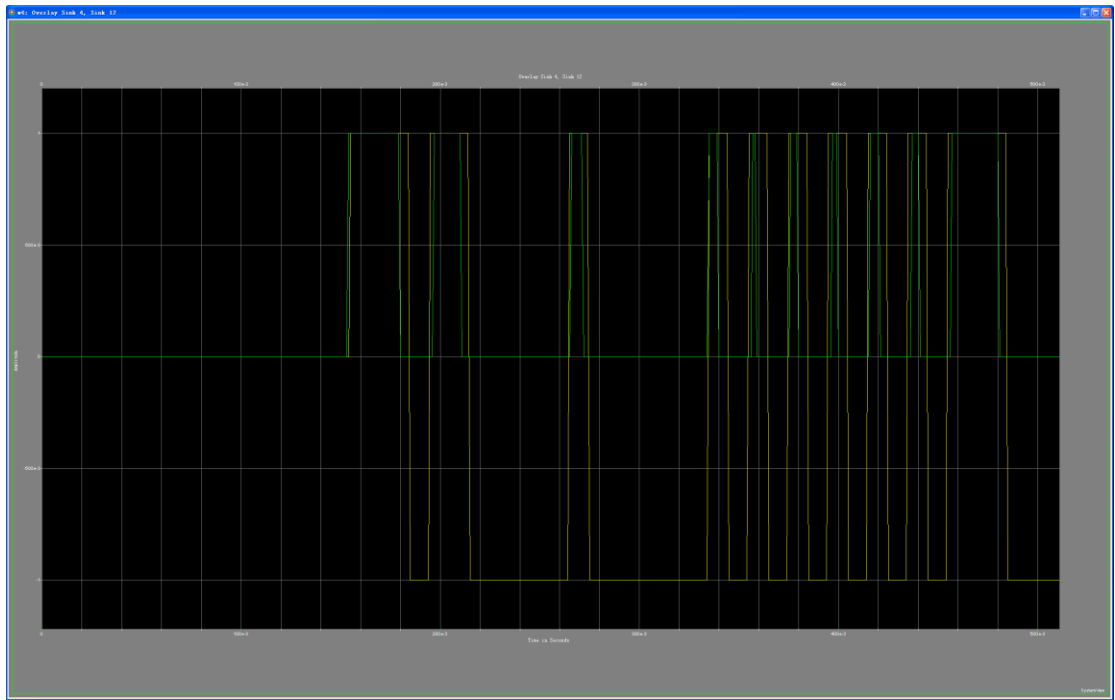


图 17

将输入信号的波特率由 100bps 改为 110bps，此时的条件已不满足奈奎斯特第一准则，重新运行系统，可观察到信号传输错误，如图 18 所示。改变噪声幅度，错误波形可能增多。

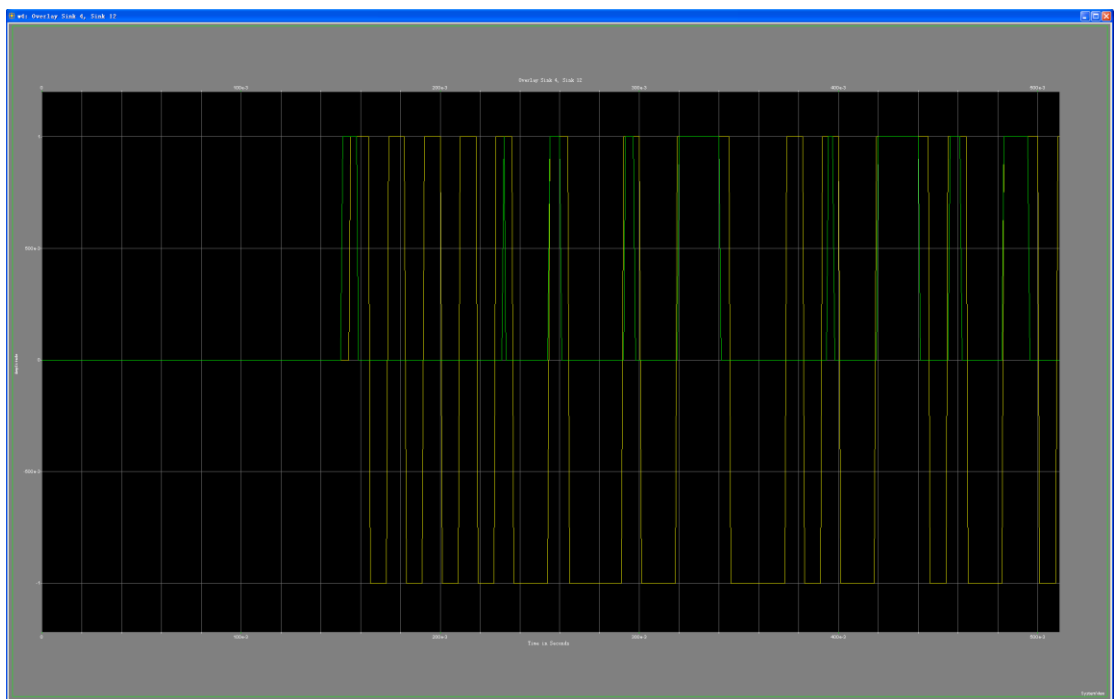


图 18

例题 7.3

为了研究噪声和信道带宽引起的信号失真与眼图关系，我们可以用如图 7.7 所示的 SystemView 仿真电路来观察。其中，信号源（图符 0）采用幅度为 1V、速率为 100bps 的伪随机序列，信道用一个 50Hz 的低通滤波器（图符 5）来模拟，并在信道中加入了噪声（图符 3），设定信噪比（SNR）为 10dB，在接收器图符前加入了一个抽样器图符，用来调整输

出采样率以配合 SystemView 接收计算器的时间切片绘图功能来观察眼图。时间切片功能可以把接收计算器在多个时间段内记录到的数据重叠起来显示。时间段的起始位置和长度都可由计算器窗口设置。为满足时间切片周期和码元同步并且能完整地观察到一个眼图的要求，一般将时间切片的长度设置为当前采样率下采样周期的两倍时长。例如，采样频率为 100Hz，采样周期为 10ms，则时间切片应设为 20ms。图 20 为高斯噪声 Std Dev=0.1v 时的眼图。

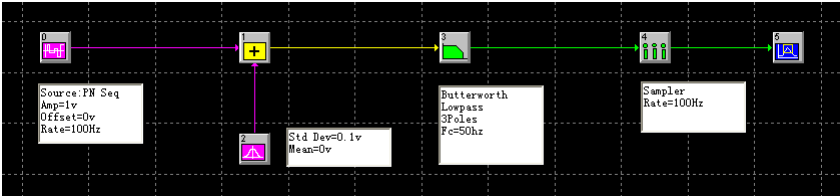


图 19

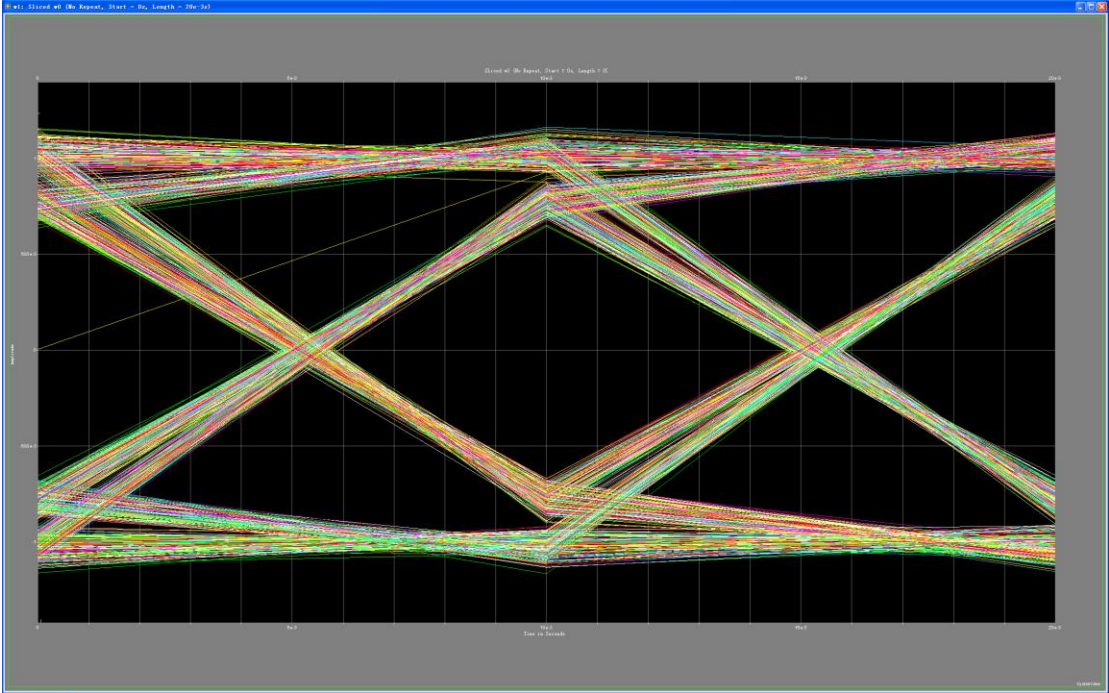


图 20

例题 8.1 2ASK 的调幅调制与相干/非相干解调。

系统原理图如图 21 所示。其中上支路为非相干解调，下支路为相干解调。

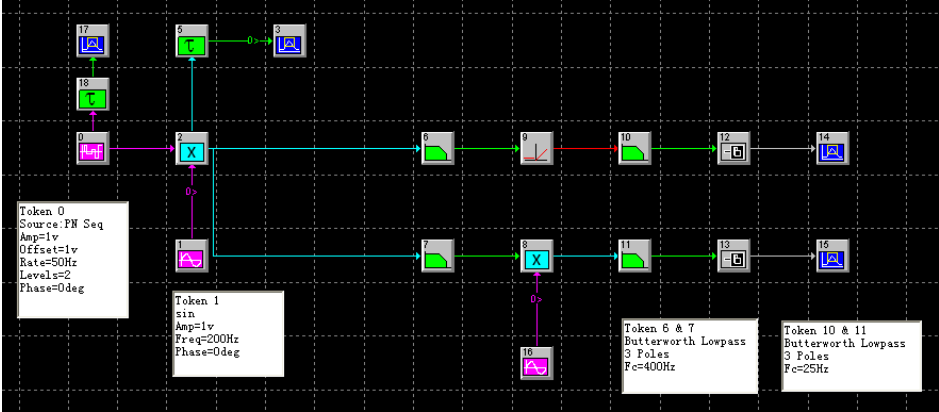


图 21

输入信号波形如图 22 所示。

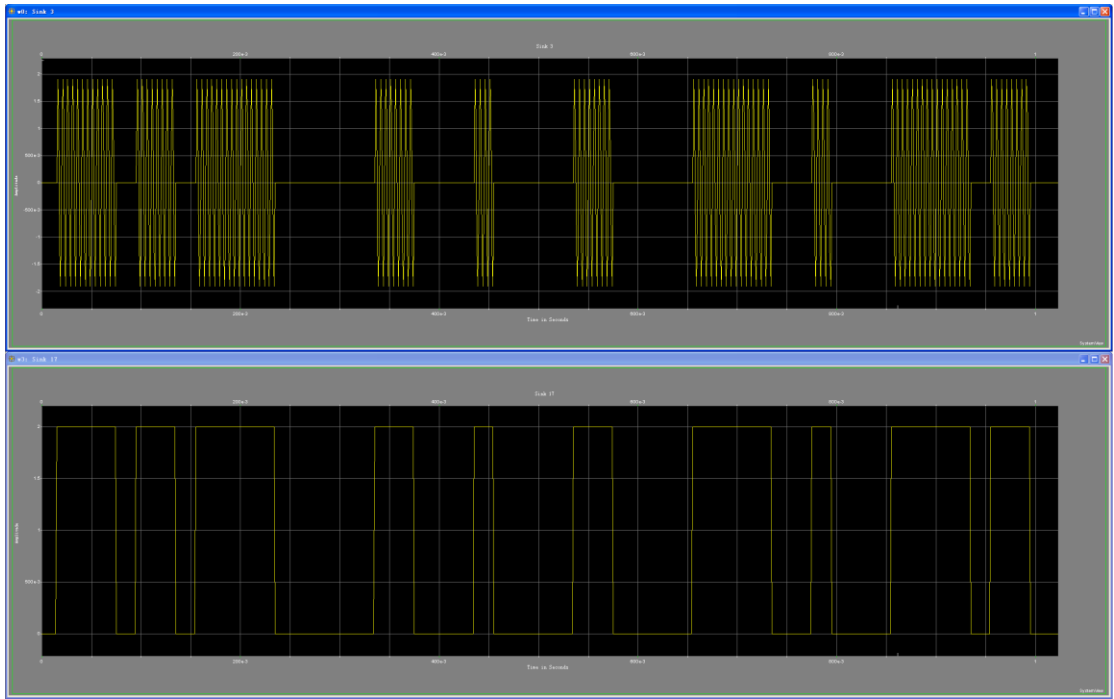


图 22

相干解调信号波形（黄）与输入信号波形（绿）叠加如图 23 所示。非相干解调信号波形（黄）与输入信号波形（绿）叠加如图 24 所示。

可见相干解调与非相干解调的解调效果大致相同。

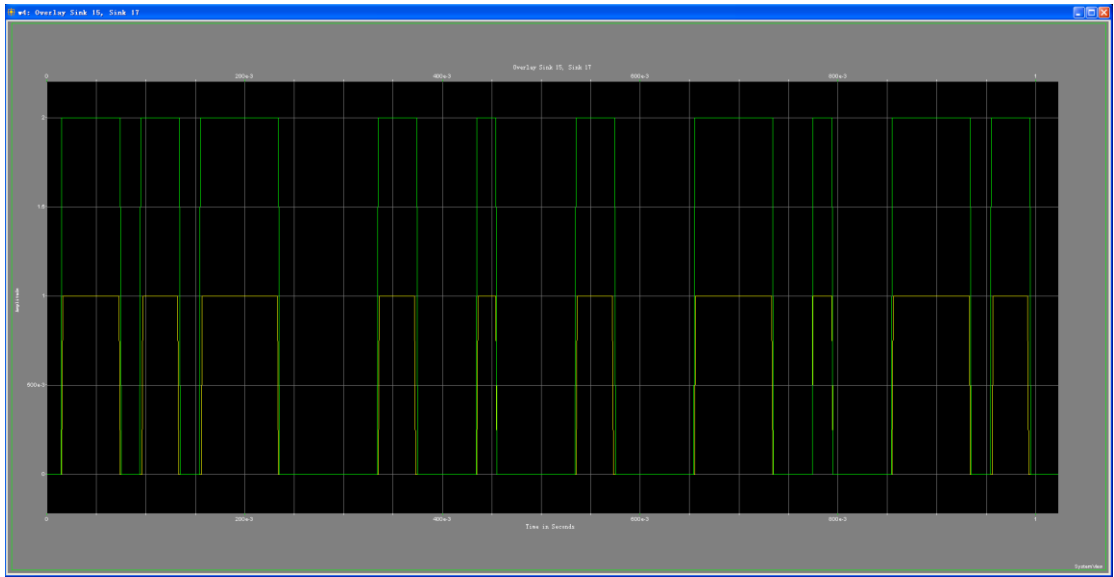


图 23

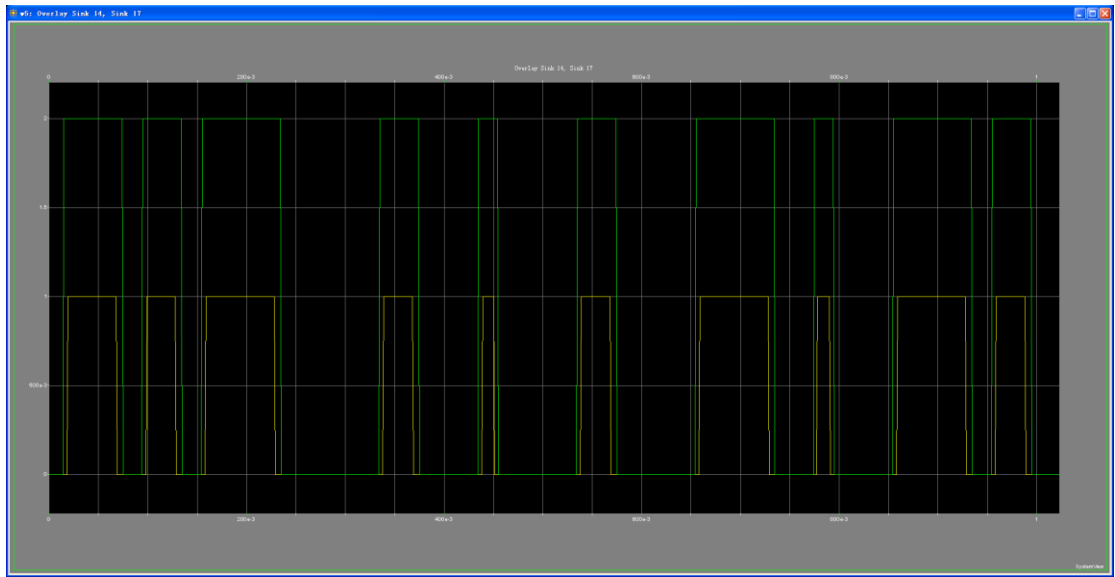


图 24

例题 8.2 2FSK 的键控调制与非相干解调。

系统原理图如图 25 所示。输入信号波形如图 26 所示，输出信号波形（绿）与输入信号波形（黄）叠加结果如图 27 所示。

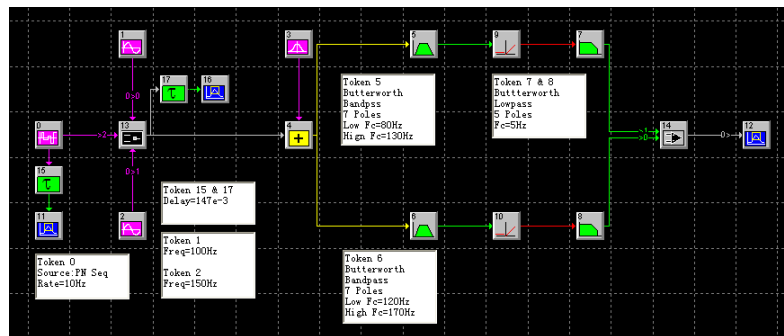


图 25

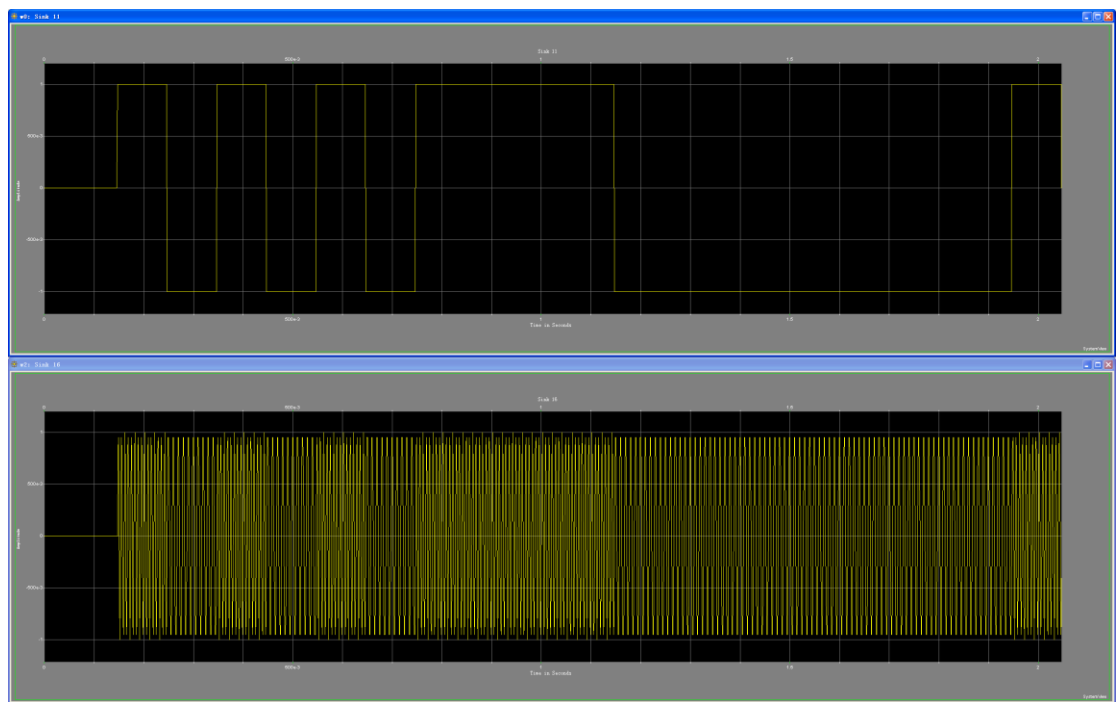


图 26

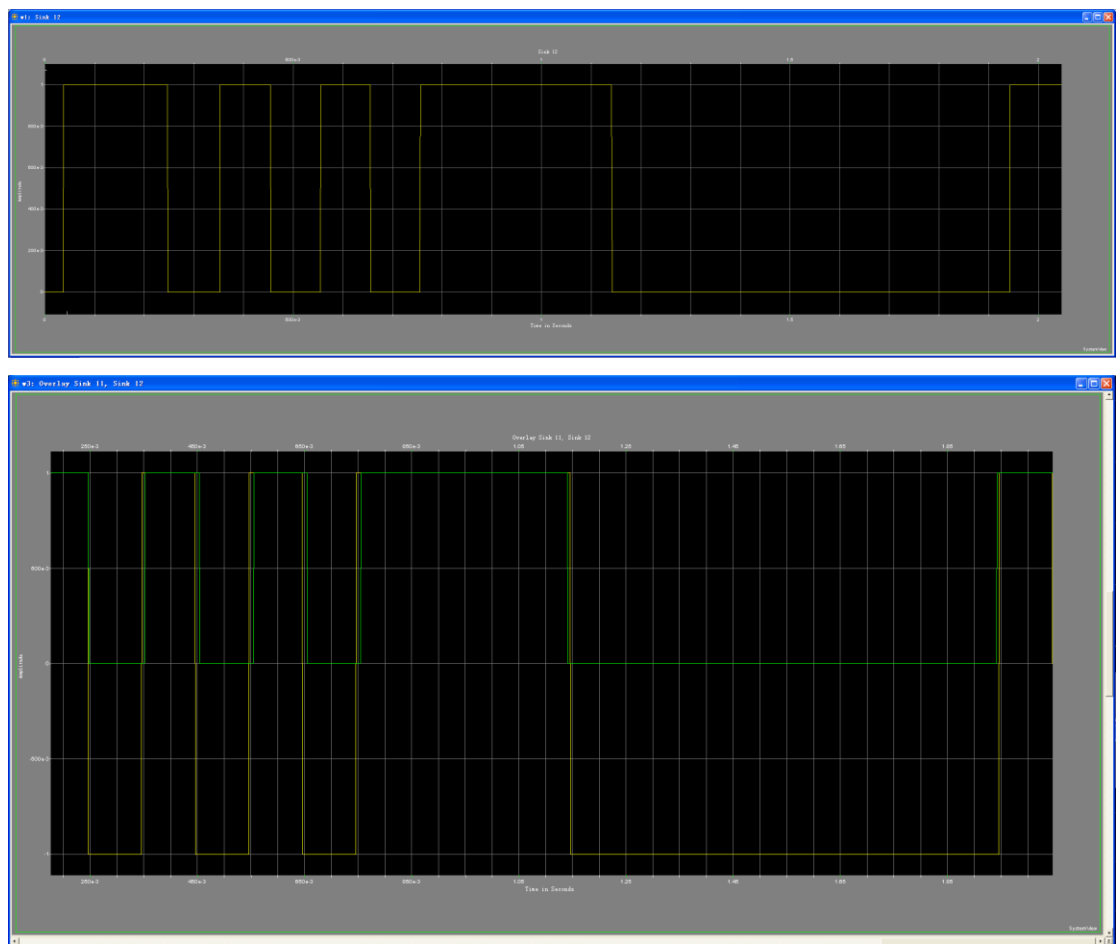


图 27

例题 8.3 2PSK 的键控调制

系统原理图如图 28 所示。注意 PN Seq 需要连接到 SPDT 的 Control 端。

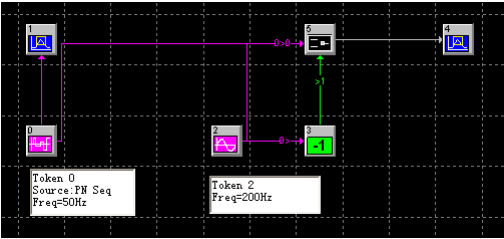


图 28

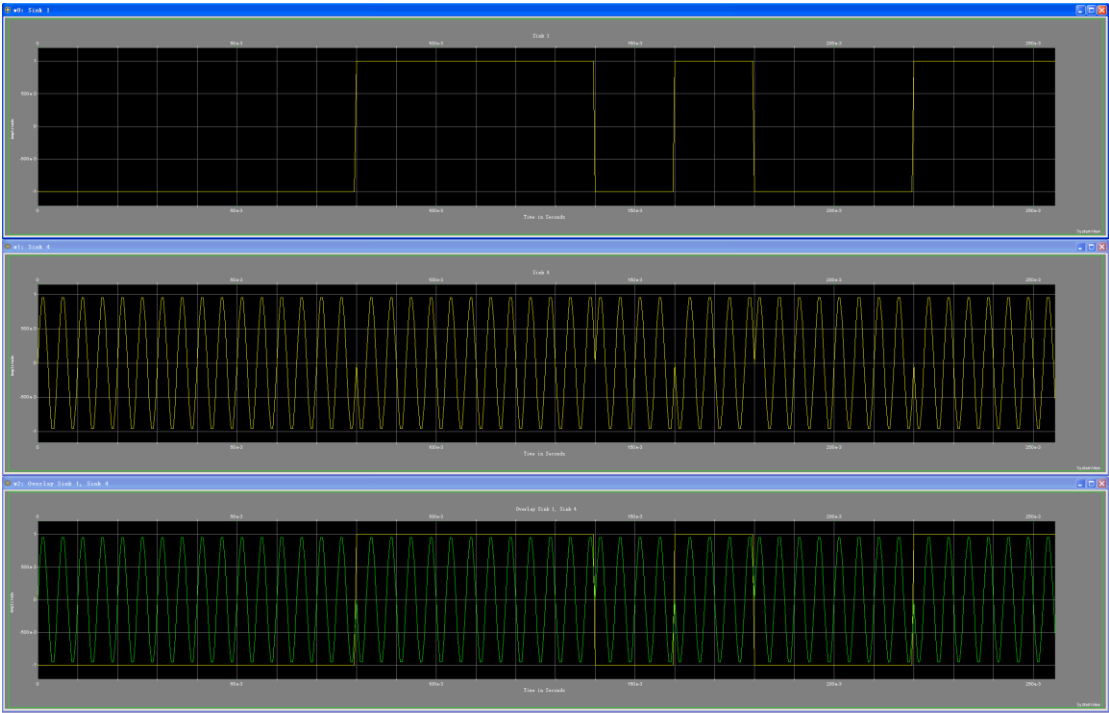


图 29

四、实验总结

本次实验内容较多，难度主要集中在各个元件参数的设置，尤其是滤波器。在实验开始前一定要清楚系统的原理图，明确每个位置的滤波器的作用，根据作用和题目要求设置滤波器的带宽。在完成数字调制系统实验时，为了达到一个较好的比对效果，我花费了部分时间设置输入端的时延，使输入输出的波形能够对齐，这些工作比较考验人的耐心，好在最后呈现出来的结果还是比较优美的。