

通信原理实验报告

(实验四：数字相移键控 PSK 调制解调系统)

班级：通信 2 班

姓名：杨承翰

学号：210210226

课程名称：通信原理

指导教师：高林

日期：11.20

实验四 数字相移键控 PSK 调制解调系统

一、实验目的

理解数字相移键控调制解调的基本原理。

二、实验预习

了解数字调制的基本方式，理解数字相移键控调制解调的原理和方法。

数字调制是在数字通信中将模拟信号转换为数字信号的过程，它的基本方式包括脉冲编码调制（PCM）、脉冲位置调制（PPM）、脉冲幅度调制（PAM）、正交振幅调制（QAM）等。其中，数字相移键控调制（PSK）是一种常见的数字调制方式之一。

数字相移键控调制（PSK）是一种通过改变载波的相位来传输数字信息的调制方式。在 PSK 调制中，数字信号被映射到不同的相位状态上，从而实现对数字信号的调制。PSK 调制一般包括二进制相移键控调制（BPSK）和四进制相移键控调制（QPSK）等多种方式。

PSK 调制的原理和解调方法如下：

– 原理：在 PSK 调制中，数字信号被映射到不同的相位状态上，例如 0 和 1 分别映射到相位为 0° 和 180° （BPSK），或者映射到相位为 0° 、 90° 、 180° 、 270° （QPSK）等。在发送端，将数字信号转换为相应的相位，并将其调制到载波上发送；在接收端，通过相干解调的方法将接收到的信号转换为数字信号。

– 方法：在接收端进行相干解调时，需要使用与发送端相同频率和初始相位的本地参考载波。接收到的信号经过与本地参考载波相乘后，再经过低通滤波器滤除高频部分，最终得到基带信号。然后，对基带信号进行采样和判决，将其转换为数字信号。

总之，PSK 调制通过改变载波的相位来传输数字信息，而相干解调则是通过与本地参考载波相乘并滤波的方法将接收到的信号转换为数字信号。

三、实验内容

本实验包括发送端和接收端两个主程序。**发送端**：首先是 USRP 的基本参数设置，包括 IP 地址、载波频率、采样率等；接下来是信道设置，包括信道模型和噪声能量等；然后是调制设置，包括调制类型和脉冲成形的相关参数；最后是调制后的星座图、眼图和 IQ 波形。**接收端**：开始的设置与发送端基本相同，在解调显示部分接收解调后的文本以及它的星座图、眼图、IQ 波形和误码率曲线，可以通过这些来判断程序是否正确。详细信息请参考实验指导书。

本次实验需要完成 Exercises 文件夹下的 PSK 调制（Exercises PSK Modulation.vi）和 PSK 解调（Exercises PSK Demodulation.vi）两个子程序中 QPSK、8PSK 以及 16QAM（选做）的调制解调程序，并配置和调试相移键控 TX、RX 两个主程序，实现完整的调制解调

传输过程。以下为参考的操作步骤：

1、完成 QPSK/8PSK/16QAM 调制和解调模块

打开 Exercises 文件夹中的 Exercises PSK Modulation.vi 和 Exercises PSK Demodulation.vi，完成 QPSK/8PSK/16QAM 调制和解调模块。在完成实验的过程中，始终要确保添加的调制解调模块的数据类型与所提供模块之间的数据类型的相匹配。

2、相移键控 TX 主程序

在该程序中，BPSK 的调制解调模块是完整的，需要在 BPSK 选板中完成发送和接收的 USRP 配置工作。程序中通过 USRP 发送数据所需的均已添加好，需要修改一些发送所需的参数，尤其注意载波频率和通道信噪比的参数设置。发送端的前面板上已设定好待发送的文本，请勿随意更改，否则将影响接收端的误码率。

3、相移键控 RX 主程序

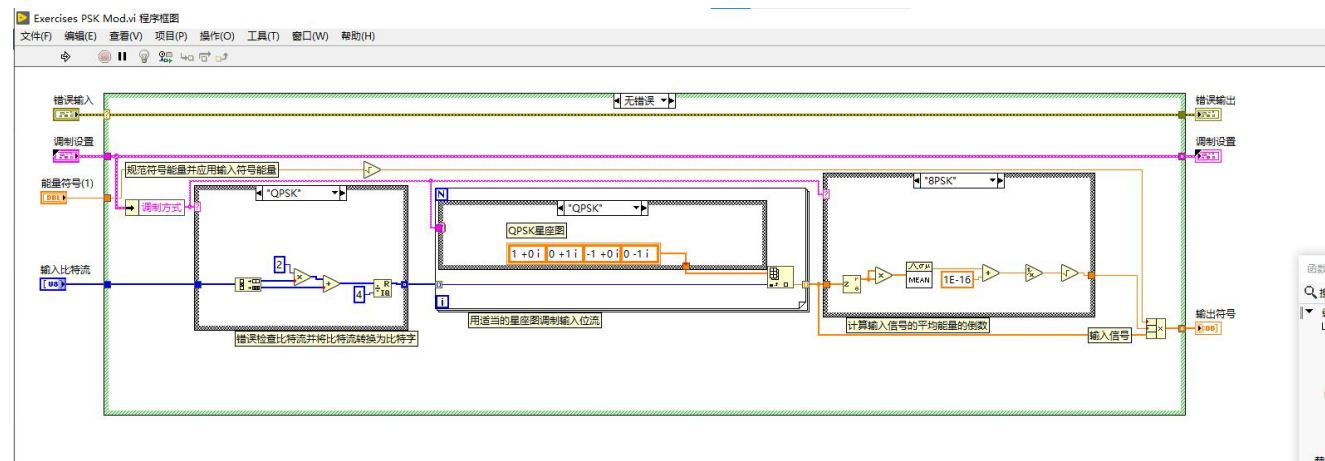
BPSK 调制解调完整的情况下，在接收端修改所需的参数。完成任务以后通过 USRP 发送和接收 BPSK 信号以检验所配置的 USRP 是否正确。

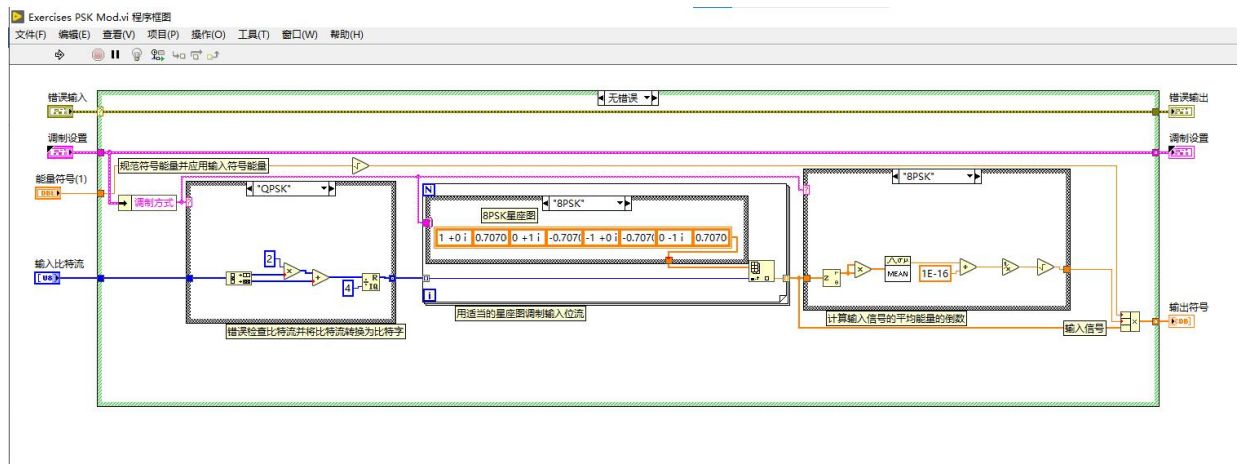
4、更换调制方式运行程序

分别将相移键控 TX 和 RX 主程序前面板上的调制方式选定为“QPSK/8PSK/16QAM”，运行程序，对比不同调制方式的运行结果。

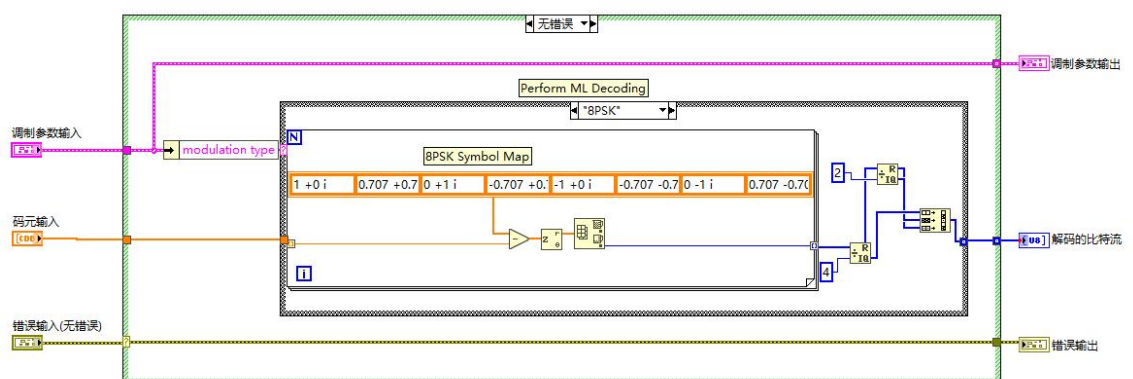
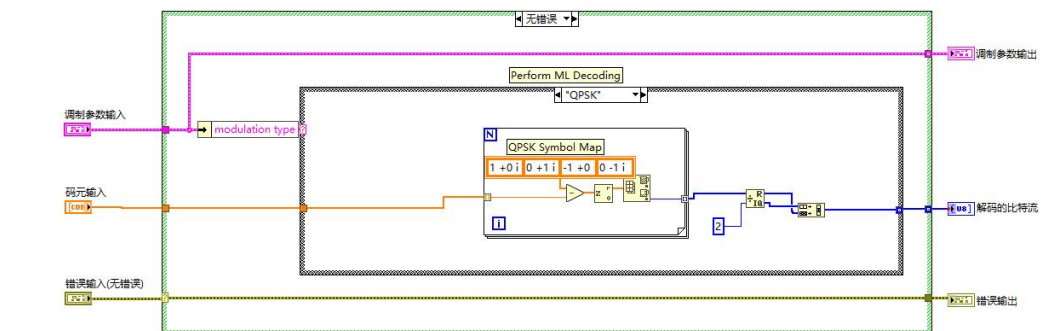
四、实验任务

3.1 完成 QPSK 和 8PSK 调制子程序的完整设计图 (Exercises PSK Modulation.vi)



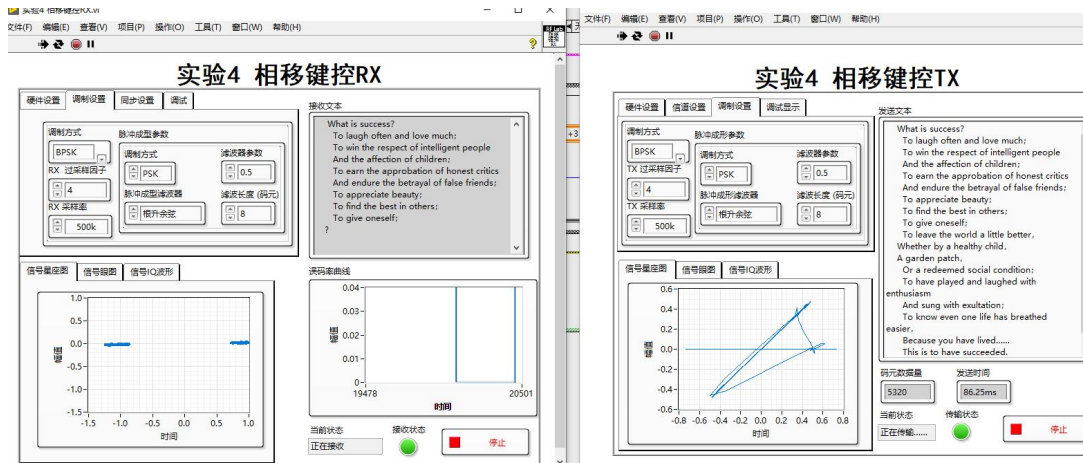


3.2 完成 QPSK 和 8PSK 解调子程序的完整设计图 (Exercises PSK Demodulation.vi)

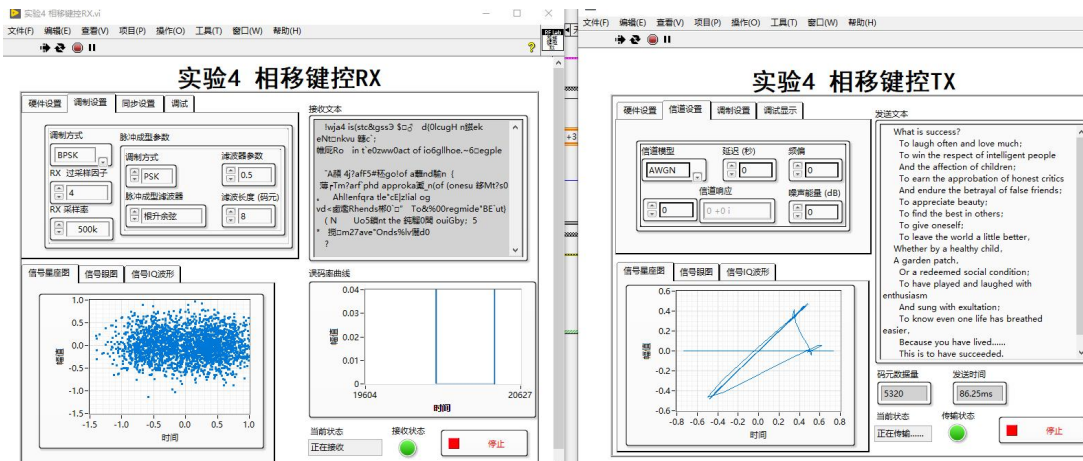


3.3 配置 TX 和 RX 参数，并运行发送端和接收端主程序。修改调制方式，分别运行，观察实验结果。设置不同的噪声功率，观察三种调制模式的星座图，分析其抗噪声性能。

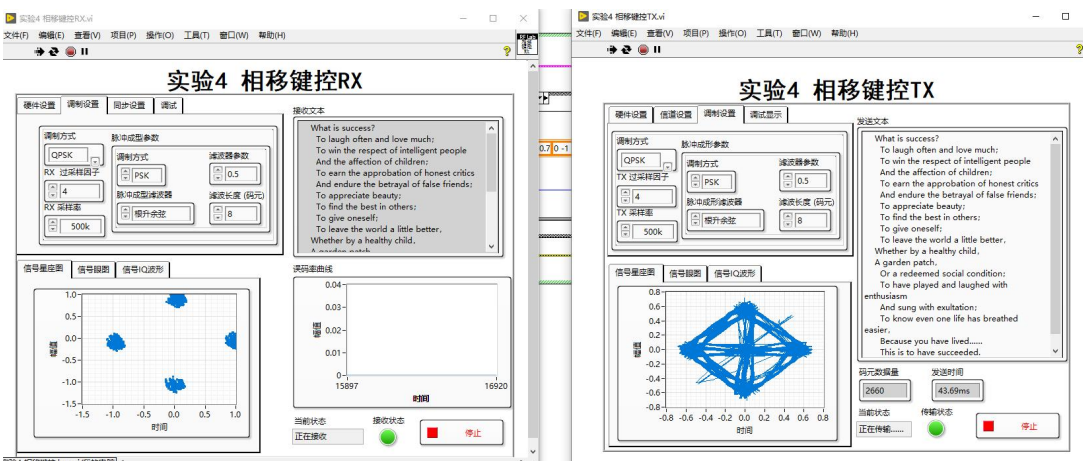
BPSK&-100dB 噪声



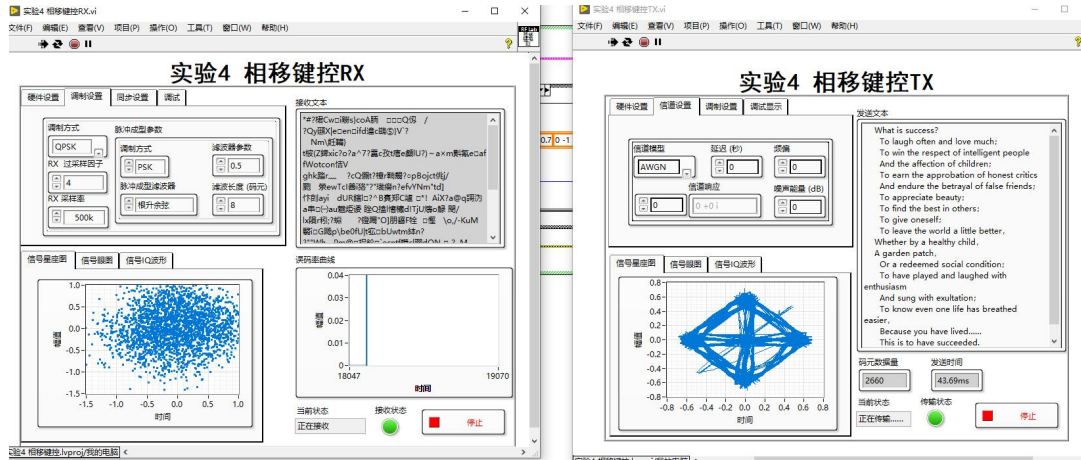
BPSK&0dB 噪声



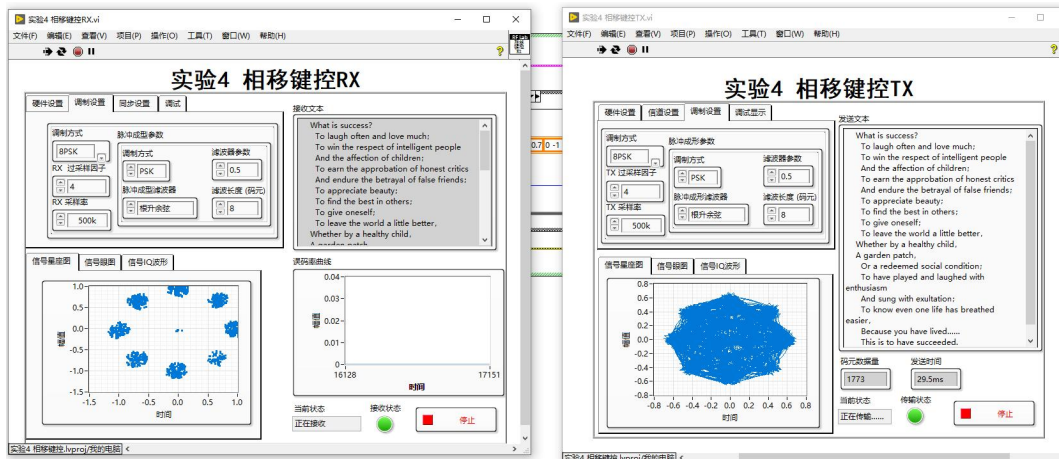
QPSK&-100dB 噪声



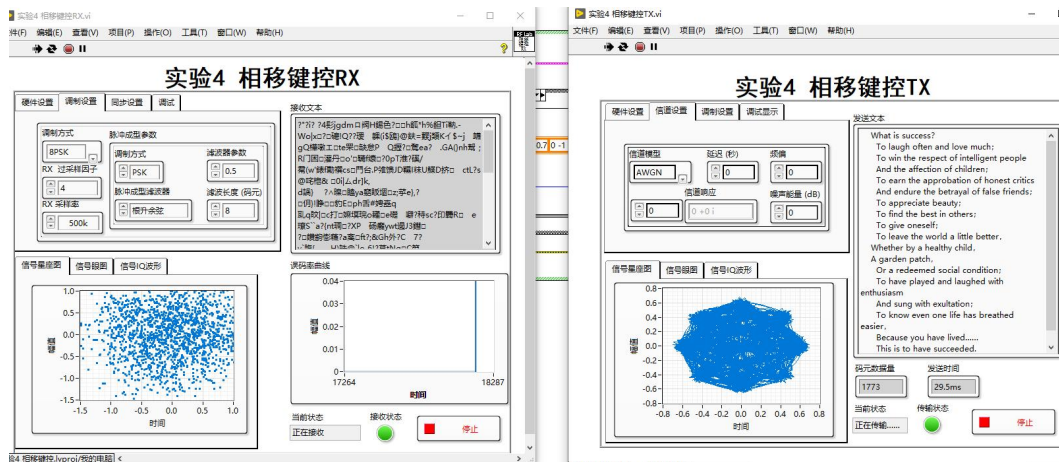
QPSK&0dB 噪声



8PSK&-100dB 噪声

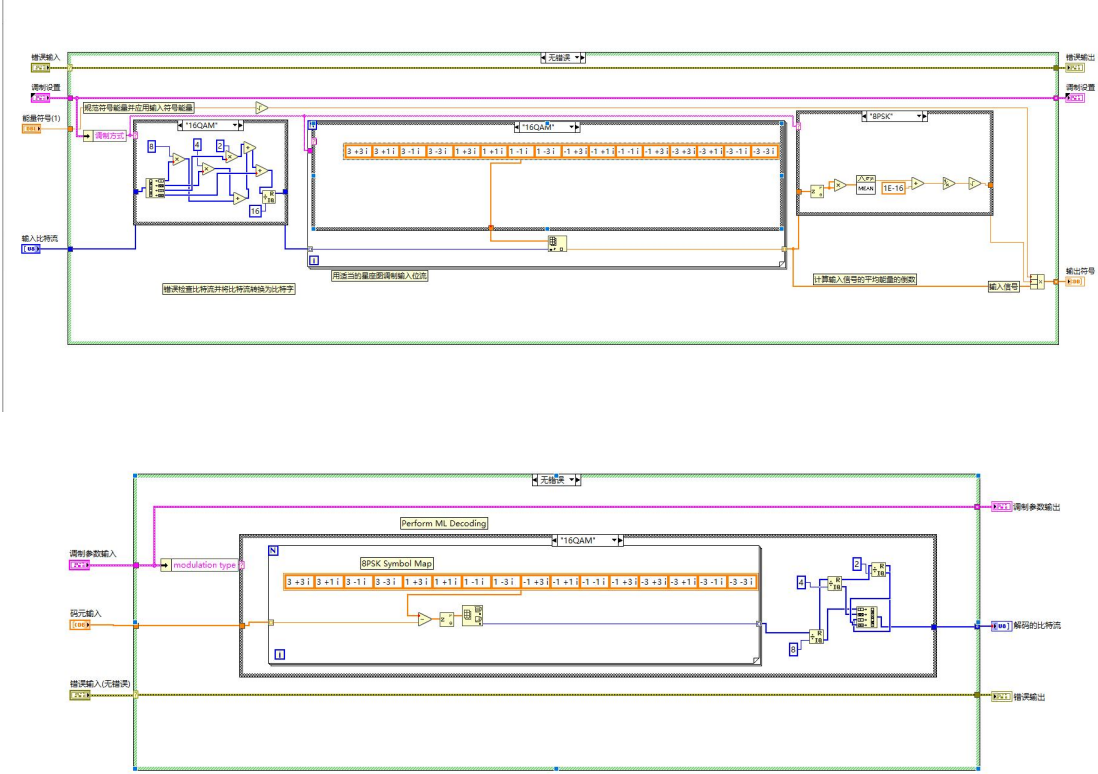


8PSK&0dB 噪声



可以观察到，当噪声功率为-100dB, 星座图上的点十分集中，而且符合理论结果，能够很好地解调出信息，当噪声功率为 0dB 时，星座图上的点变得十分分散，，明显失真，解调输出乱码，但是观察眼图得知，此时其抗噪声性能 BPSK>QPSK>8PSK, 因为其眼图失真情况逐渐增大，且其星座图混乱程度逐渐增大，当逐渐增大噪声时，8PSK 率先失真，次之是 QPSK, BPSK 最后才失真，所以得出结论。

3.4 （选做）16QAM 的调制解调子程序的完整设计图以及发送接收结果。



五、扩展问题

1、 如果在发送端的主程序中，将噪声功率加大，星座图会有什么变化？

1. 增加噪声功率会导致星座图的点分散性增加。噪声的引入会使接收信号受到干扰，导致星座图上的每个符号点周围出现更多的噪声点，从而使得星座图的分布更加分散。
2. 增加噪声功率会使星座图点的分布更加模糊。由于噪声的存在，接收到的信号将受到随机干扰，因此星座图上的各个符号点会变得模糊，难以清晰地区分每个符号点的位置。
3. 噪声功率的增加可能会导致错误符号的出现。当噪声功率增加到一定程度时，可能会导致接收端无法准确识别每个符号点的位置，从而造成误判，进而导致错误的解调结果。

在 LabVIEW 中，可以通过改变发送端的噪声功率参数来模拟不同噪声条件下的 PSK 调制解调系统，并实时观察星座图的变化。透过这种仿真方式，可以直观地了解噪声对 PSK 系统性能的影响，有助于系统设计和性能评估。

2、比较 BPSK/QPSK/8PSK 三种调制方式，根据所观测到的星座图、误码率曲线等，判断哪种调制方式的抗噪性能更好，假设两种调制方式都使用相同的平均符号能量。

1. BPSK（二进制相移键控调制）：

星座图：BPSK 的星座图只包含两个点，通常为正弦波的两个相位状态（ 0° 和 180° ）。星座图上的两个点相距较远。

误码率曲线：BPSK 的误码率曲线相对于 QPSK 和 8PSK 来说，较为平缓，即在相同的信噪比条件下，BPSK 的误码率较低。

2. QPSK（四进制相移键控调制）：

星座图：QPSK 的星座图包含四个点，分别代表四个不同的相位状态（ 0° 、 90° 、 180° 、 270° ）。星座图上的点相对较近，但仍然能够清晰区分。

误码率曲线：相较于 BPSK 和 8PSK，QPSK 的误码率曲线相对平缓。在相同的信噪比条件下，QPSK 的误码率介于 BPSK 和 8PSK 之间。

3. 8PSK（八进制相移键控调制）：

星座图：8PSK 的星座图包含八个点，分别代表八个不同的相位状态。星座图上的点更加密集，相对于 BPSK 和 QPSK 来说，点的间距更近。

误码率曲线：由于星座图上的点更密集，8PSK 对信噪比的要求相对较高，误码率曲线比 BPSK 和 QPSK 要陡峭，即在相同的信噪比条件下，8PSK 的误码率相对较高。

根据观察到的星座图和误码率曲线，可以得出以下结论：

1. 在相同的平均符号能量下，BPSK 具有最好的抗噪性能，因为它只有两个相位状态，星座图上的点分散程度最大，且误码率曲线最平缓。

2. QPSK 的抗噪性能介于 BPSK 和 8PSK 之间，由于星座图有四个点，点的密度相对较高，但误码率曲线较为平缓。

3. 8PSK 的抗噪性能相对较差，由于星座图上的点更密集，对信噪比的要求更高，误码率曲线较为陡峭。

六、总结和实验心得

本实验让我收获很大，动手能力增强的同时理论基础更加扎实，在此次实验中，我加深了对于通信原理知识的理解，而且锻炼了我的实验思维，可以拓展课本之外的能力，让自己不仅仅依靠书本上的知识发展自己的认知，我认为本课程极具教育意义。