

哈爾濱工業大學

电子信息类实践课II
通信系统仿真

题 目 直接序列扩频通信系统仿真
专 业 通信工程
学 号 _____
姓 名 _____
日 期 _____

(本报告仅供参考)

1、课程设计目的

通过对直接序列扩频通信系统的设计，深入了解直接序列扩频通信系统，理解直接序列扩频通信系统的基本原理和性能，掌握利用 Matlab/Simulink 软件进行通信系统的建模和分析方法。

2、课程设计要求

2.1 组内分工如表 1 所示。

表 1 组内分工

课程设计要求	负责人
Gold序列直接序列扩频通信系统仿真	
m序列 bpsk 调制直接序列扩频通信系统仿真	
m序列 qpsk 调制直接序列扩频通信系统仿真	

2.2 主要内容：

Gold序列直接序列扩频通信系统仿真：

本系统主要包括信号生成、信号误码率计算、调制解调、扩频解扩、信道等部分。扩频码采用 Gold序列，调制方式分别采用 BPSK、QPSK，信道分别为 AWGN 信道、Rayleigh+AWGN信道、Rician+AWGN信道。结果为不同调制方式、不同信道、不同信噪比条件下误码率曲线的比较。

2.3 基本原理：

扩频通信系统是指待传输信息信号的频谱用某个特定的扩频函数扩展频谱后成为宽频带信号，然后送入信道中传输，在接收端再利用相应的技术或手段将扩展了的频谱进行压缩，恢复为原来待传输信息信号的带宽，从而达到传输信息目的的通信系统。

直接序列扩频通信系统（DSSS），通过用待传输的信息信号与高速率的伪噪声码波形相乘后，直接控制载波信号的某个参量，达到扩展传输信号的带宽的目的。用于频谱扩展的伪随机码序列称为扩频码序列。简化框图如图 1 所示。

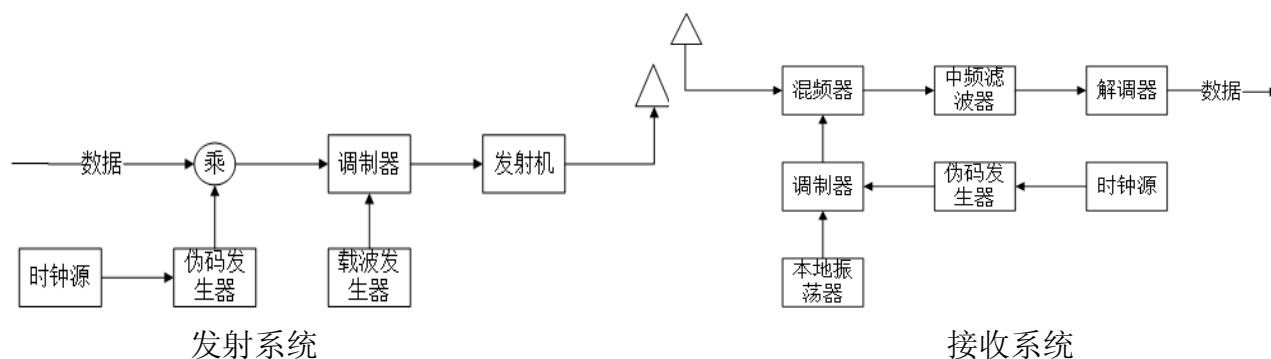


图 1 直接序列扩频通信系统简化框图

在发信机端，待传输的数据信号与伪随机码波形相乘，用形成的复合码对载波进行调制，然后由天线发射出去。在收信机端，要产生一个与发信机中的伪随机码同步的本地参考伪随机码，对接收信号进行相关处理，这一相关处理过程通常称为解扩。解扩后的信号送到解调器解调，恢复出传送的信息。

在直接序列扩频系统中，通常对载波进行相移键控 PSK 调制。

干扰信号与本地参考伪噪声码相关处理后，其频带被展宽，也就是干扰信号的能量被扩展到整个传输频带内，降低了干扰信号的功率谱密度，由于有用信号和本地参考伪噪声码有良好的相关性，再通过相关处理后被压缩到中心频率为 f_{IF} 、带宽为 B_b 的频带内，因为相关器后的中频滤波器通频带很窄，通常为 $B_b = 2R_b$ ，所以中频滤波器只输出被基带信号调制的中频信号和落在滤波器通频带内的那部分干扰信号和噪声，而绝大部分的干扰信号和噪声的功率被中频滤波器滤除这样就大大地改善了系统的输出信噪比。如图 2 所示。

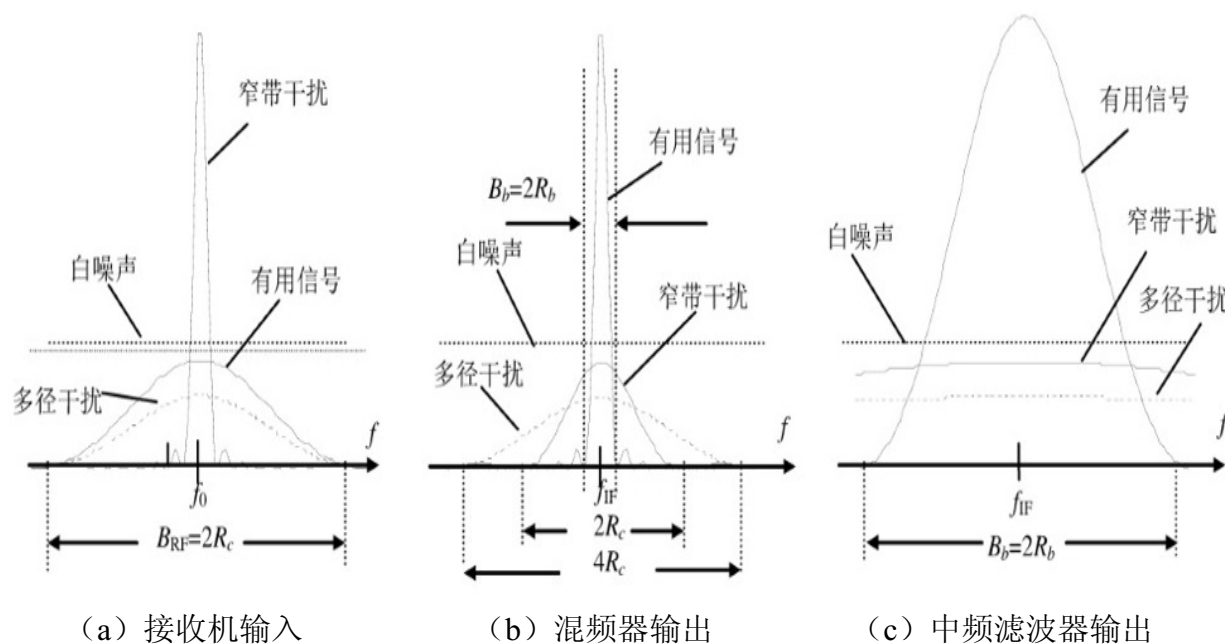


图 2 扩频接收机中各点信号的频谱示意图

3、 设计与实现过程

3.1 主要设计思想。

主要设计思想如图 3 所示。

仿真主要包括信号产生、扩频解扩、调制解调、信道设计、误码率检测等方面。信号直接采用二进制序列，扩频码采用 Gold 序列，两者相乘实现扩频，调制可以采用多种 PSK 调制方式，信道以 AWGN 信道为基础，同时可以加入瑞利衰落和莱斯衰落，解扩采用同步 Gold 序列与接收信号相乘实现解扩，最后将接收到的二进制序列与发送的进行比较，得出误码率。

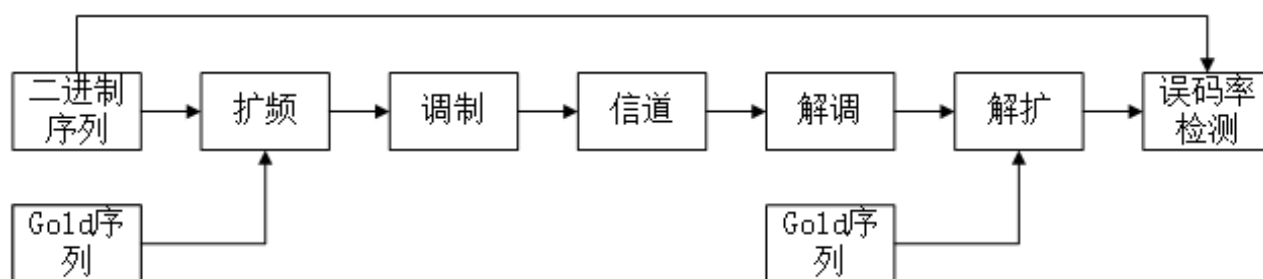


图 3 主要设计思想

3.2 设计流程如图 4。

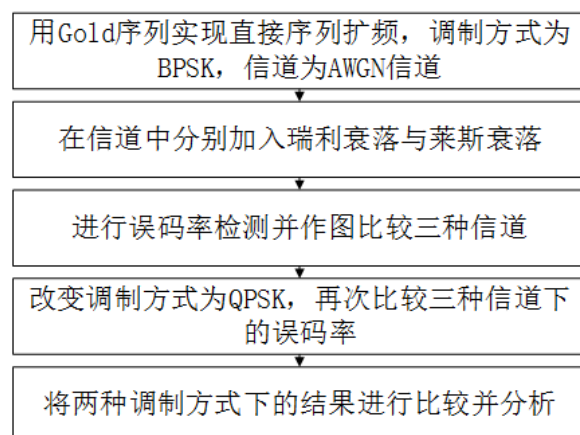
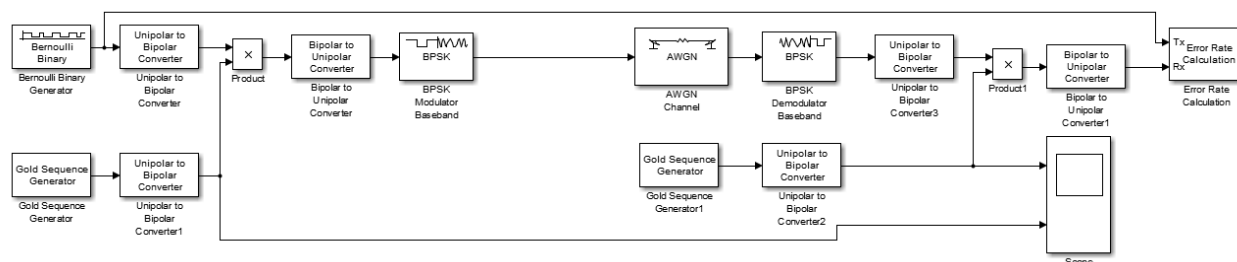


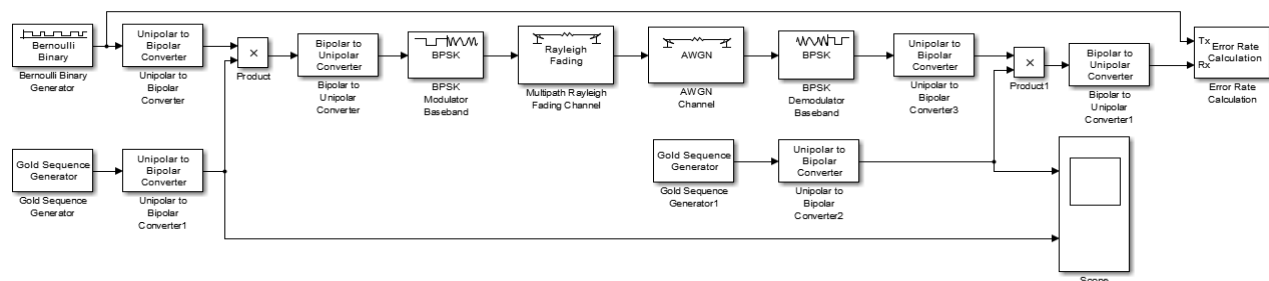
图 4 总体设计流程

3.3 具体实现过程

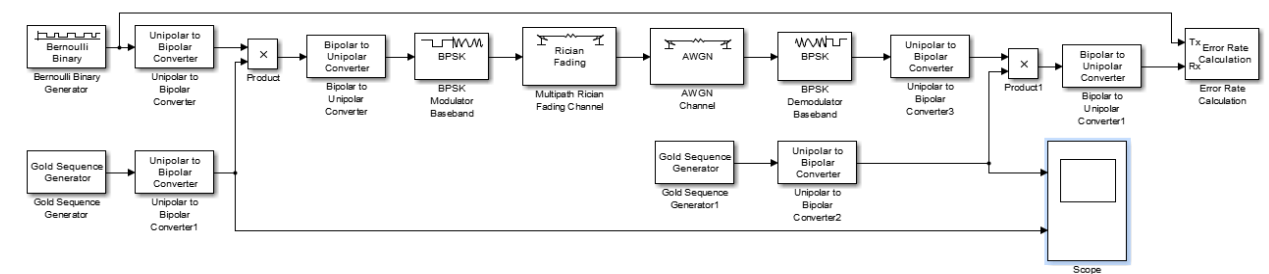
Simulink 框图：



(a) AWGN 信道

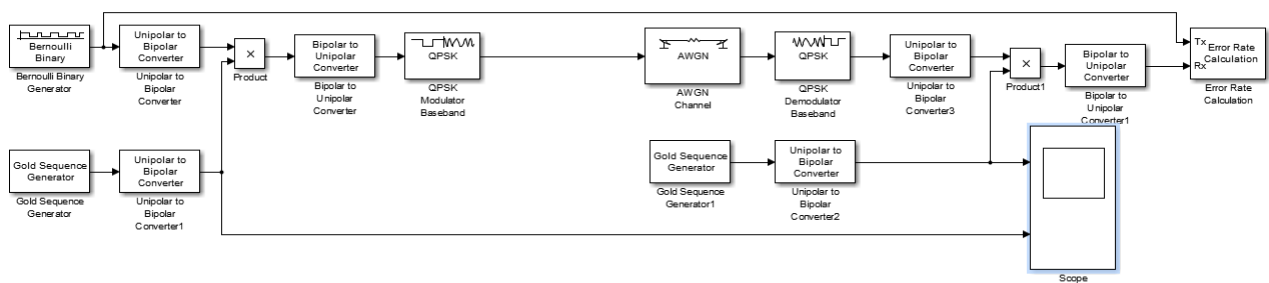


(b) 瑞利+AWGN信道

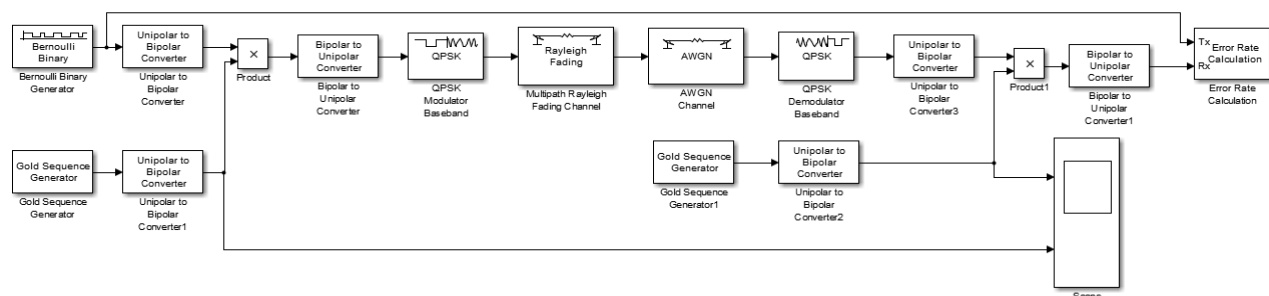


(c) 莱斯+AWGN信道

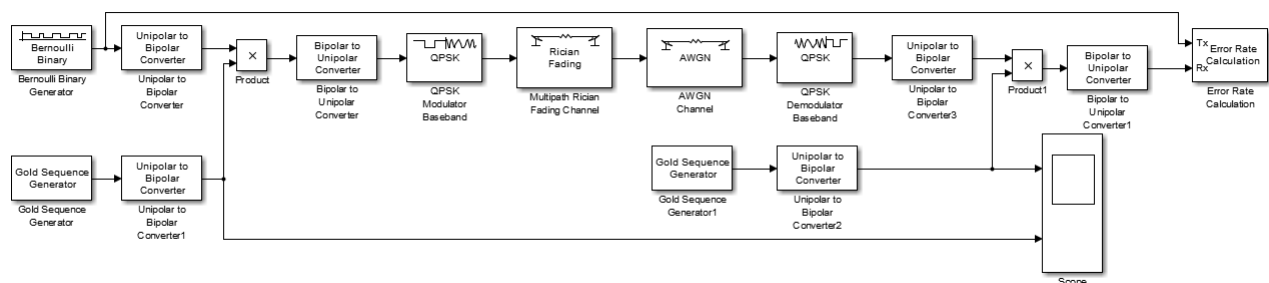
图5 直接序列扩频系统，扩频码为Gold序列，BPSK调制



(a) AWGN信道



(b) 瑞利+AWGN信道



(c) 莱斯+AWGN信道

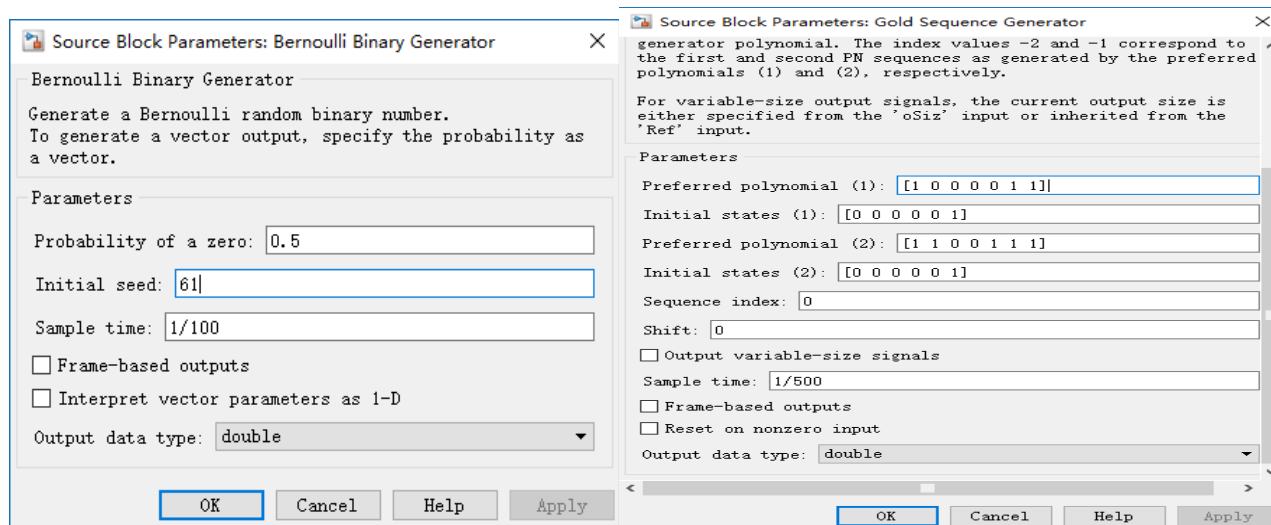
图6 直接序列扩频系统，扩频码为Gold序列，QPSK调制

采用 Gold 序列为扩频码，BPSK 调制实现直接序列扩频通信系统如图 5。采用 Gold 序列为扩频码，QPSK 调制实现直接序列扩频通信系统如图 6。

对于发送端，Bernoulli Binary Generator 贝努利二进制发生器，产生 0/1 二进制序列，设置如图 7（a）所示，Sample time 为 1/100，表示每秒产生 100 个二进制数；Gold Sequence Generator Gold 序列发生器，产生 Gold 序列，设置如图 7（b）所示，Sample time 为 1/500，表示每秒产生 500 个二进制数。Unipolar to Bipolar Converter 将 0/1 序列变为 -1/1 序列，便于之后相乘进行扩频，Bipolar to Unipolar Converter 将 -1/1 序列变为 0/1 序列，M-ary number 设为 2。BPSK Modulator Baseband 和 QPSK Modulator Baseband 分别为 BPSK 和 QPSK 调制器，进行 BPSK/QPSK 调制。Multipath Rayleigh Fading Channel 为瑞利衰落信道，AWGN Channel 为高斯白噪声信道，Multipath Rician Fading Channel 为莱斯衰落信道，AWGN Channel 为高斯白噪声信道，Mode 设为 Signal to noise ratio (SNR)，如图 7（c）所示。

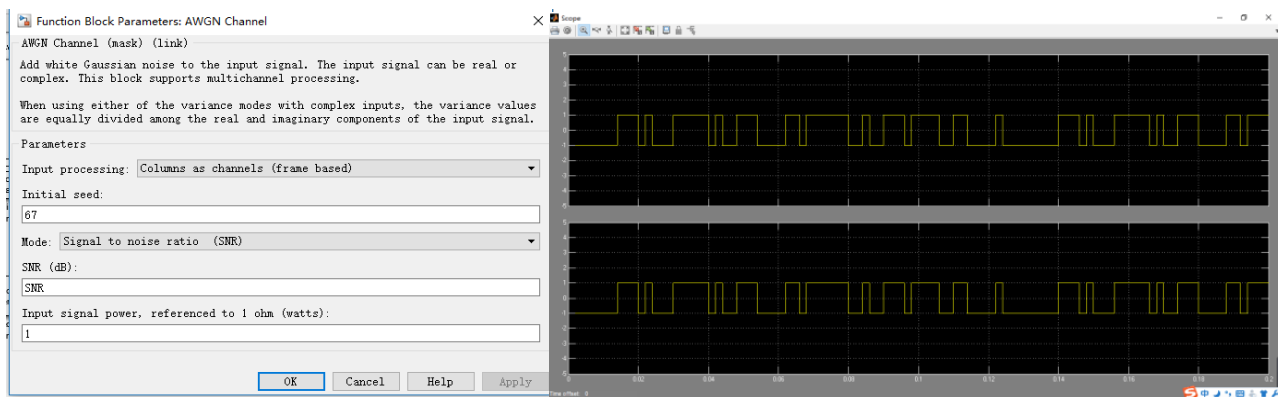
对于接收端，首先是 BPSK Demodulator Baseband/QPSK Demodulator Baseband，进行 BPSK/QPSK 解调。然后通过 Unipolar to Bipolar Converter 将 0/1 序列变为 -1/1 序列，再与 Gold Sequence Generator 产生的同步 Gold 序列相乘解扩，再经过 Bipolar to Unipolar Converter 变为 0/1 序列。

Scope 为示波器，显示发送端和接收端的 Gold 序列，确保两者同步，如图 7（d）所示。Error Rate Calculation 可以进行误码率计算，再通过编写 m 文件代码将 Error Rate Calculation 的结果记录保存下来，并画成曲线，便于观察。



(a)

(b)



(c)

(d)

图 7 各模块配置

m 文件代码: (QPSK 与 BPSK 的基本相同, 在此不再列出)

(1) gold_bpsk_awgn_m.m 文件:

```
clear all;
clc;
snr=-6:6;                                %设置信噪比范围
SimulationTime=10;                       设置仿真时间
for ii=1:length(snr)                     信噪比循环赋值
    SNR=snr(ii);
    sim('gold_bpsk_awgn');               运行 gold_bpsk_awgn.slx 文件, 即 simulink 仿
    ber(ii)=ErrorVec(1);                 保存误码率结果
end
```

真

(2) gold_bpsk_rayleigh_awgn_m.m 文件:

```
clear all;
clc;
snr=-6:6;
SimulationTime=10;
gold_bpsk_awgn_m;                        运行 gold_bpsk_awgn_m.m, 得到
gold_bpsk_awgn.slx 中的误码率
for ii=1:length(snr)
    SNR=snr(ii);
    sim('gold_bpsk_rayleigh_awgn');
    ber1(ii)=ErrorVec(1);
end
```

(3) gold_bpsk_rician_awgn_main.m 文件:

```
clear all;
clc;
snr=-6:6;
SimulationTime=10;
gold_bpsk_rayleigh_awgn_m;              运行 gold_bpsk_rayleigh_awgn_m.m, 得到
gold_bpsk_rayleigh_awgn.slx 中的误码率
```

```

for ii=1:length(snr)
    SNR=snr(ii);
    sim('gold_bpsk_rician_awgn');
    ber2(ii)=ErrorVec(1);
end
figure %作图比较
semilogy(snr,ber2,'-r*',snr,ber,'-ro',snr,ber1,'-rs')
legend('Gold+BPSK+rician+AWGN','Gold+BPSK+AWGN','Gold+BPSK+raylei
gh+AWGN')
title('直接序列扩频系统性能')
xlabel('信噪比 (dB)')
ylabel('误码率')
    
```

4、结论

4.1 仿真结果

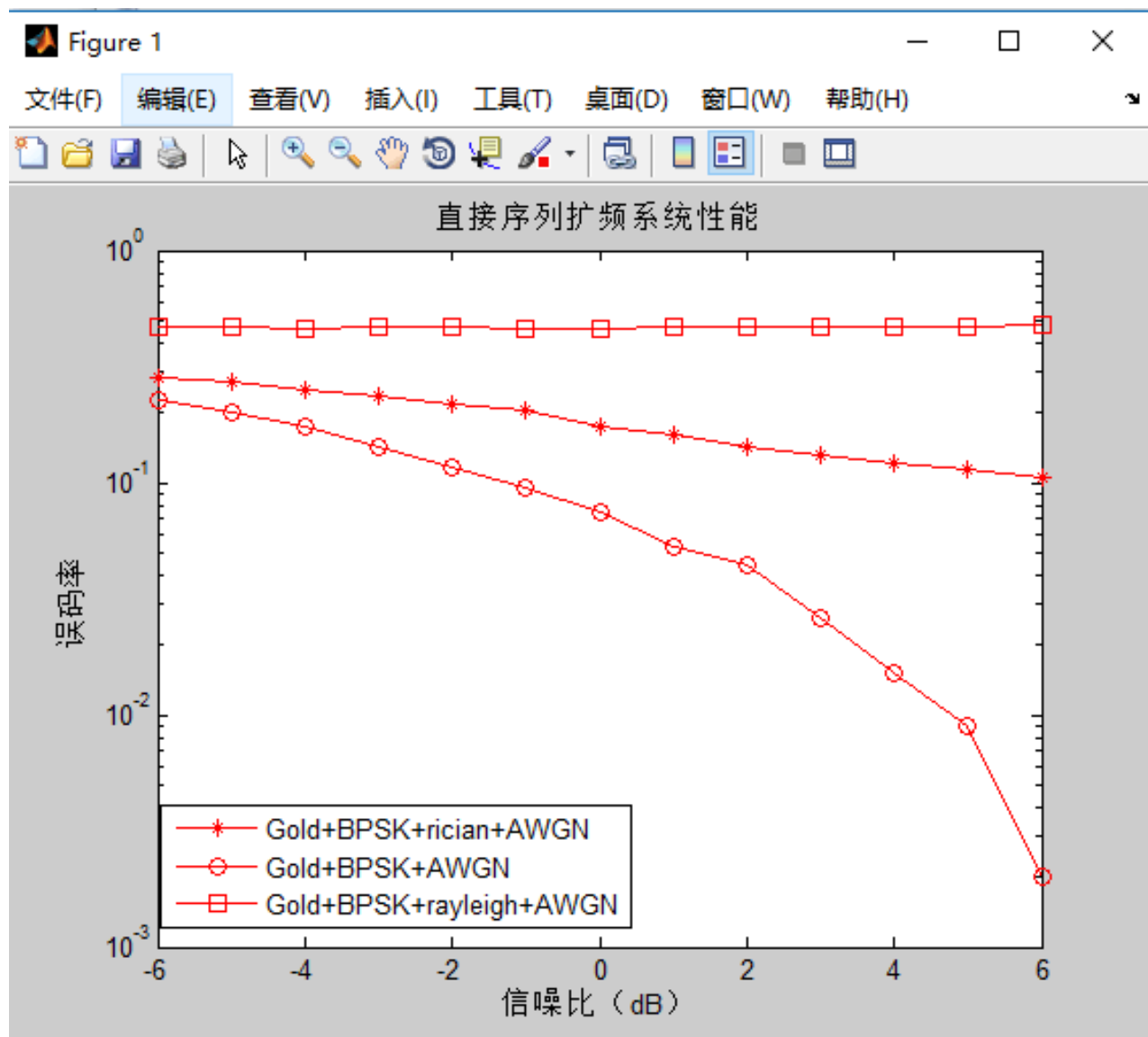


图 8

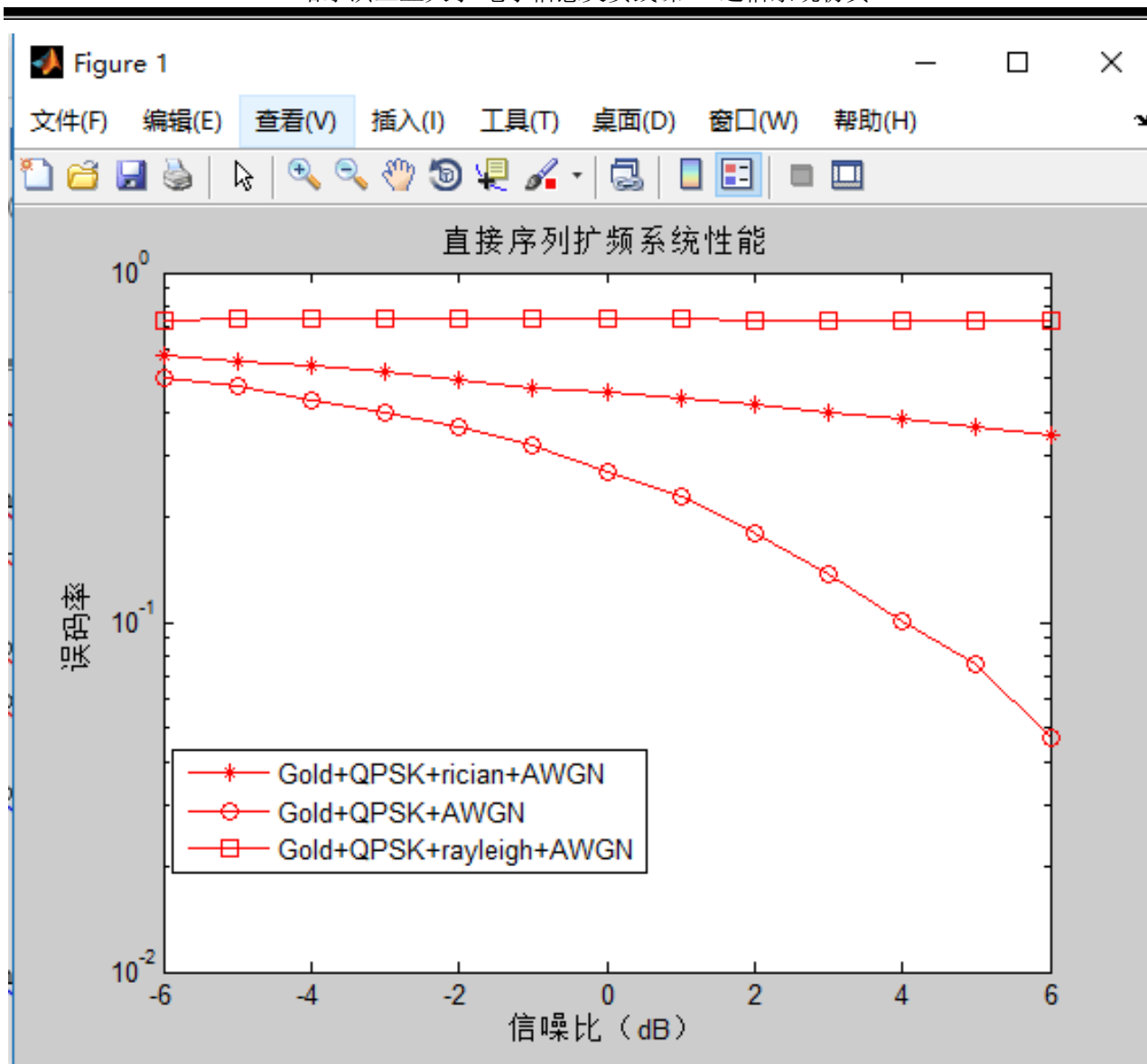


图 9

图 8 为采用 Gold 序列为扩频码，BPSK 调制实现直接序列扩频通信系统的结果，图 9 为采用 Gold 序列为扩频码，QPSK 调制实现直接序列扩频通信系统的结果。

从两张结果中可以看出，在相同误码率条件下，AWGN 信道的误码率最低，加入瑞利衰落和莱斯衰落后误码率升高，但莱斯衰落信道的性能比瑞利衰落好。随着信噪比的升高，误码率呈现下降趋势，但瑞利衰落信道却几乎不变，一直维持在一个较高的误码率。

在高斯白噪声信道下，随着信噪比的提高，误码率也在不断下降，这是由于信号相比噪声功率越强，信号的接收差错概率就会越低。加入瑞利和莱斯衰落，导致接收信号存在多径分量，对信号的接收造成干扰，误码率增加。相比瑞利分布，莱斯分布中存在一个主要的、稳定的信号分量，这一分量使得信号的接收更容易，误码率更低一点。在瑞利衰落中，没有直射波路径，存在大量的反射波路

径，所以即使信噪比很高，信号接收干扰也依然很大，误码率几乎没有变化。如果采用一些其他的信号接收方式，例如 RAKE 接收技术等克服多径的影响，误码率则会有所改善。

4.2 结论与心得体会

本次设计中建立的仿真模型，可以实现直接序列扩频通信，同时能够检测系统的误码率。此外，本次仿真的结果也说明了直接序列扩频通信系统能够以较小的差错概率恢复出原始信号，是一种可行的提高信息传输可靠性的通信系统。

本次设计让我学习到了很多。首先，我学会了去查阅资料，翻阅读书、搜索网页寻找有用的信息；其次，过程中尝试了很多种模型，但结果都不是很理想，最后不断探索，得出了最终可行的模型，学会了坚持、变通；最后，通过本次设计，我学会了 Matlab/Simulink 软件的使用，为以后的学习工作打下了良好的基础。

成绩评定表

成绩 评定	项目	比例	得分
	报告成绩（百分制）	20%	
	答辩成绩（百分制）	80%	
	总评成绩（百分制）	100%	
<p>评语：</p> <p>评审教师：</p> <p>时 间：</p>			