

《通信与网络》实验六 电平判决实验

清华大学 电子工程系

通信与网络课程组

2022年11月

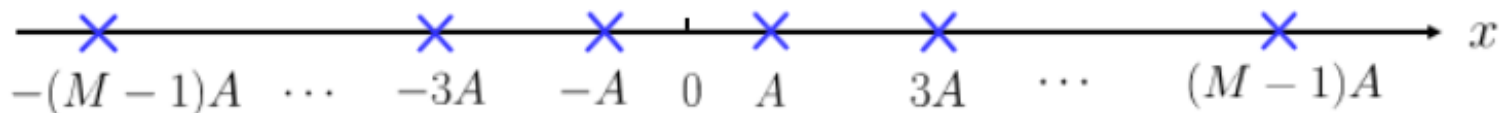
目录

- 电平信道与判决回顾
- 实验内容和流程

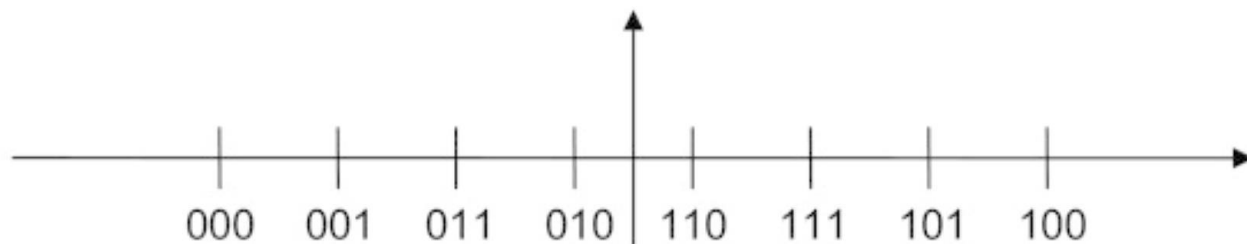
一、电平信道与判决回顾

电平信道

- 为了传输“逻辑”符号 $\{0, 1\}$ ，我们用物理量“电平”承载符号。
- 对于不同的符号发送不同幅度的电平

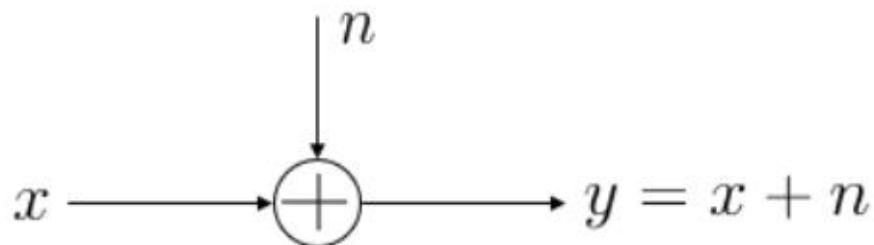


- 格雷映射 (Gray Mapping)
 - 例：M=8时



电平信道

- 信道：加性高斯噪声信道



$$n \sim \mathcal{N}(0, \sigma^2) \quad \text{即} \quad p(n) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \exp\left(-\frac{n^2}{2\sigma^2}\right)$$

- 信噪比（SNR）：符号功率与噪声功率的比值

判决方法

- 接收机根据接收电平进行符号判决

最大后验概率判决 (MAP)



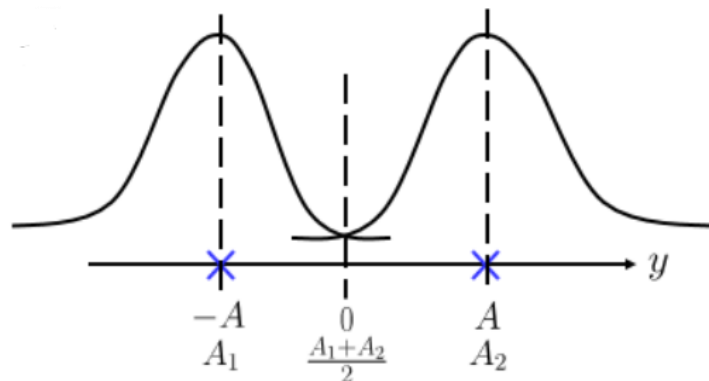
符号等概率发送

最大似然判决 (ML)



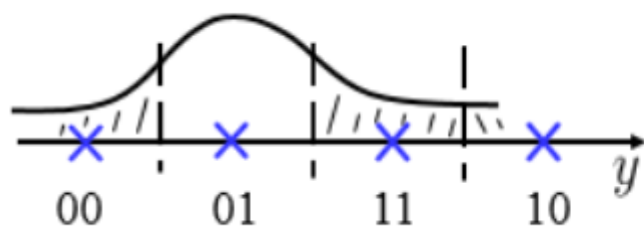
高斯分布的性质

最小欧氏距离判决 (MED)



评价方法

- 误符号率 (SER, Symbol Error Rate) : P_e
- 误比特率 (BER, Bit Error Rate) : P_b
- 在格雷映射下:



①相邻符号差1个bit

②错到相邻位置导致1个bit错

③高SNR时错到非相邻位概率极小

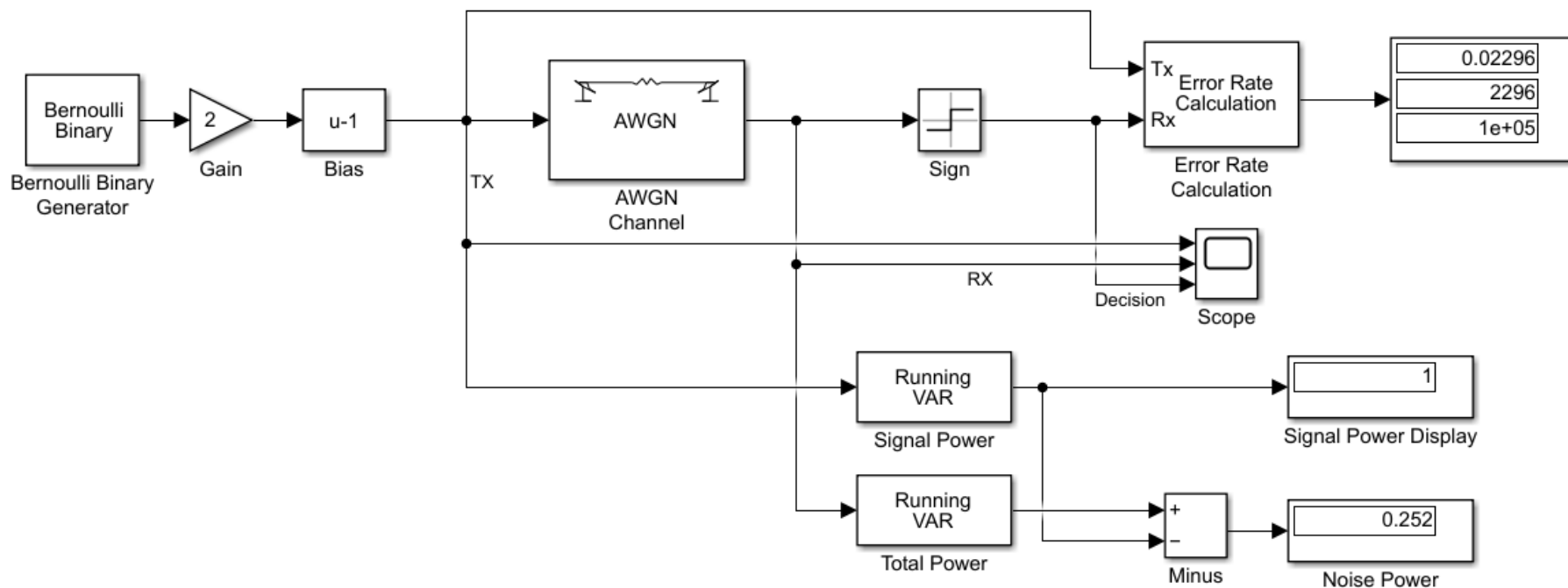
$$P_b \approx \frac{P_e}{\log_2 M}$$

二、实验内容介绍

1. AWGN电平信道与二元符号判决

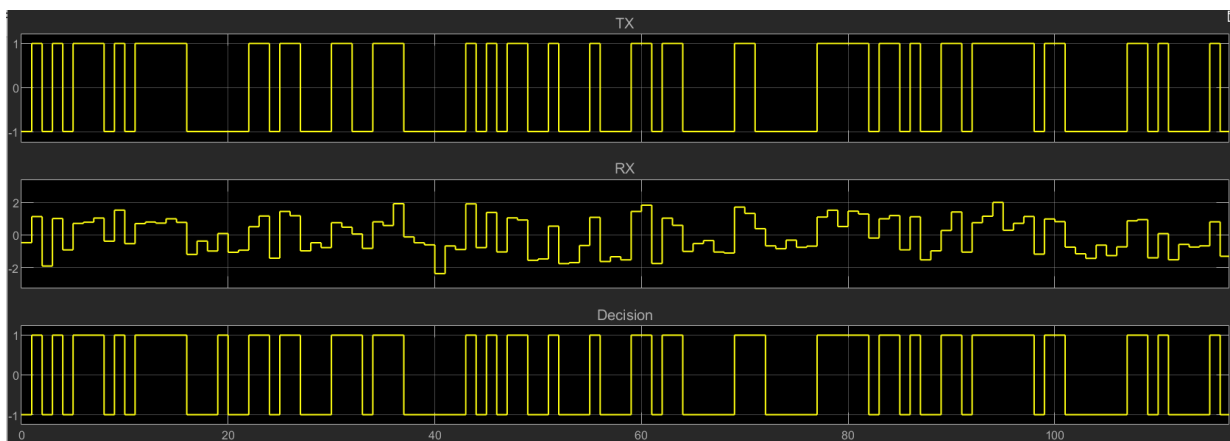
• 搭建模型

- 发送电平符号 $\{-1, 1\}$
- 判决：根据接收电平的正负



1. AWGN电平信道与二元符号判决

- 观察AWGN信道对二元电平信号的影响

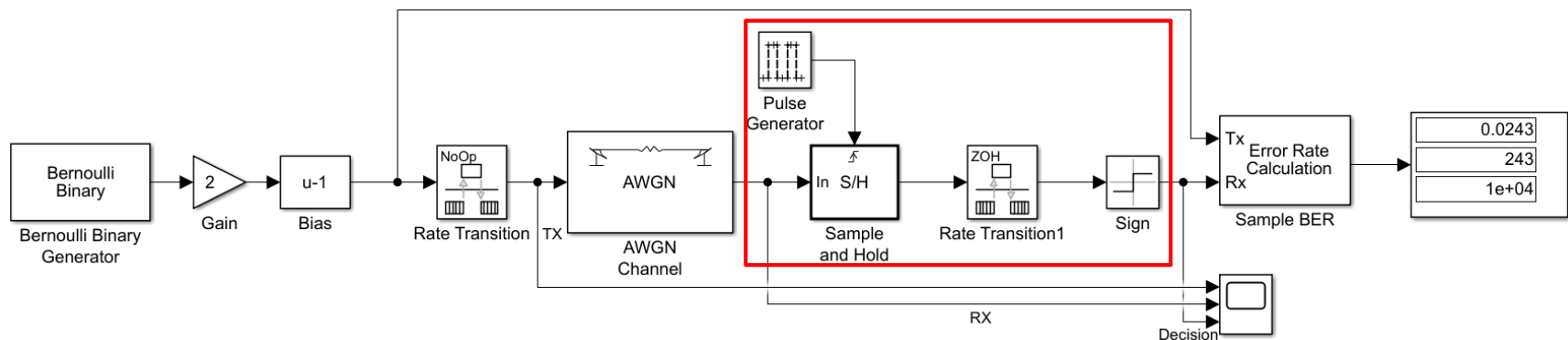


- 测量信号、噪声功率和误符号率并计算信噪比

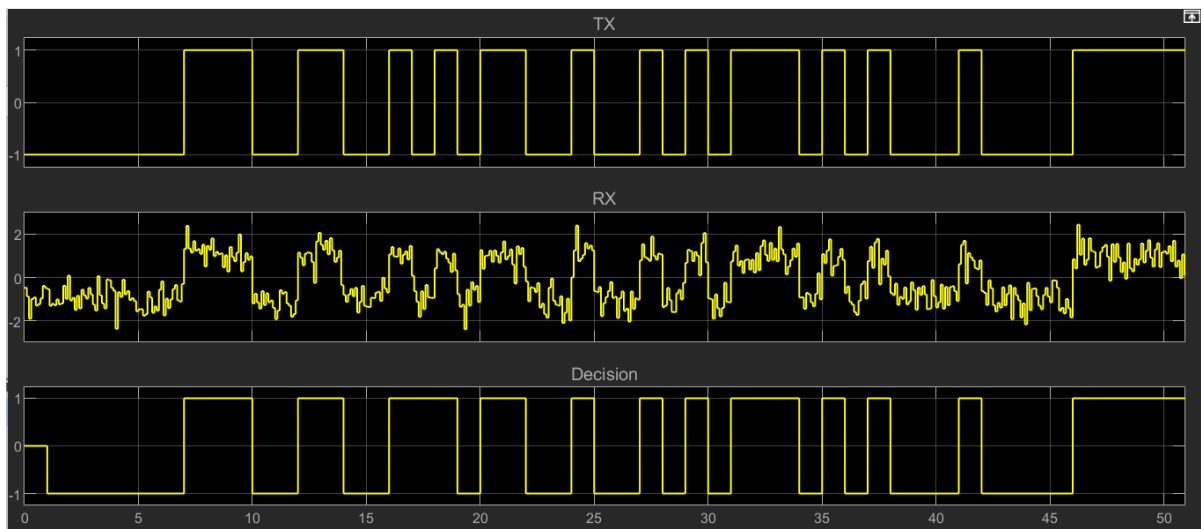
信号功率 E_s					
噪声功率 σ^2					
信噪比 E_s/σ^2					
误符号率 P_e					

2. AWGN波形信道预习

- 采样判决



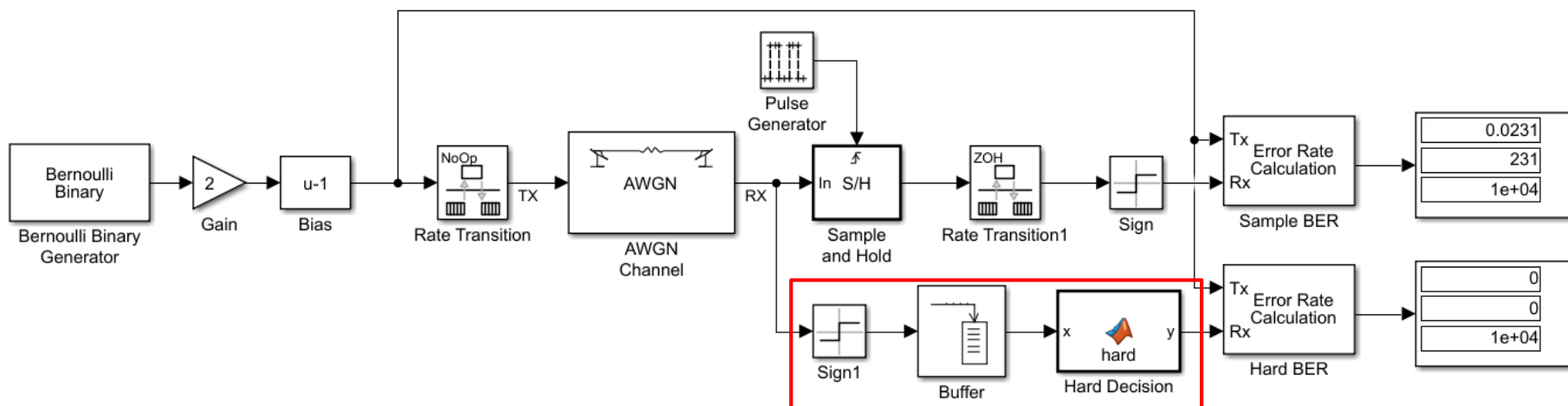
- 观察AWGN信道对波形影响



2. AWGN波形信道预习

- 硬判决(Hard Decision)

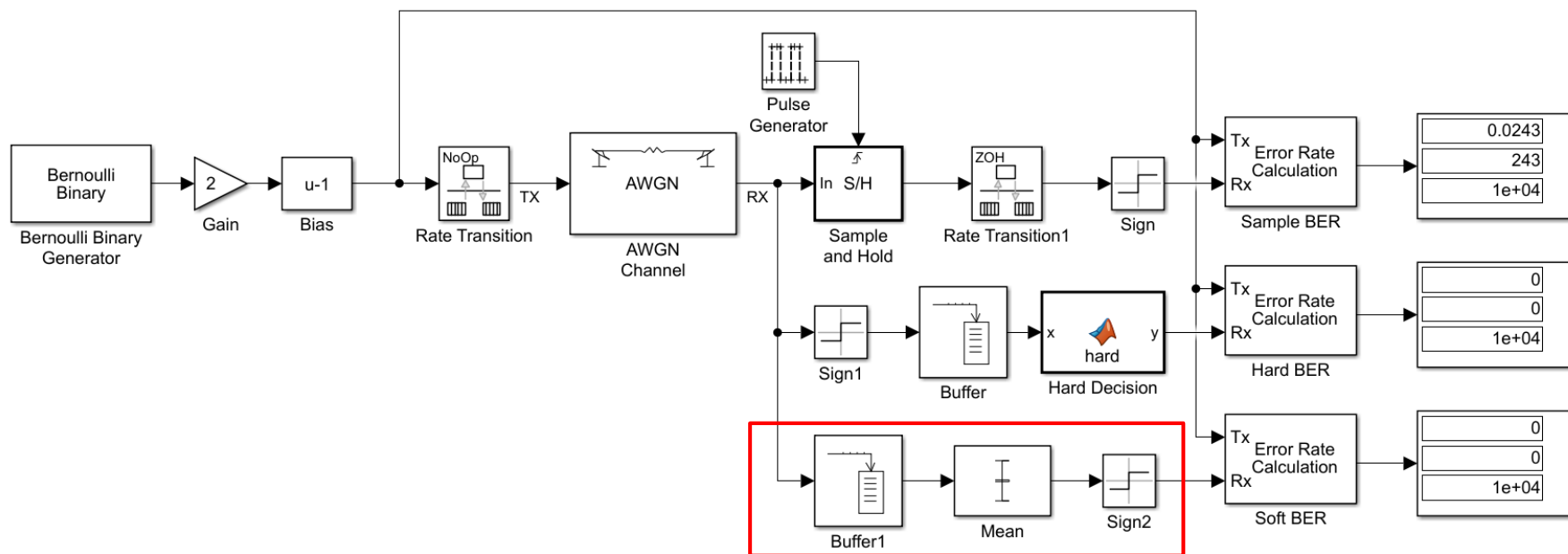
- 对高速率信号的每个采样进行判决后，取判决结果最多的符号作为最终判决，等价于汉明距离最小



2. AWGN波形信道预习

- 软判决(Hard Decision)

- 计算整个采样序列的似然比，进行最大似然判决 (ML, Maximum Likelihood)
- 最大似然判决等同于采样平均值的最小距离 (MD) 判决



2. AWGN波形信道预习

- 研究采样次数 N_s 与抗噪声性能的关系
 - 改变AWGN信道的噪声方差, 写出信号功率和信噪比
 - 运行仿真并记录三种判决方法的误比特率

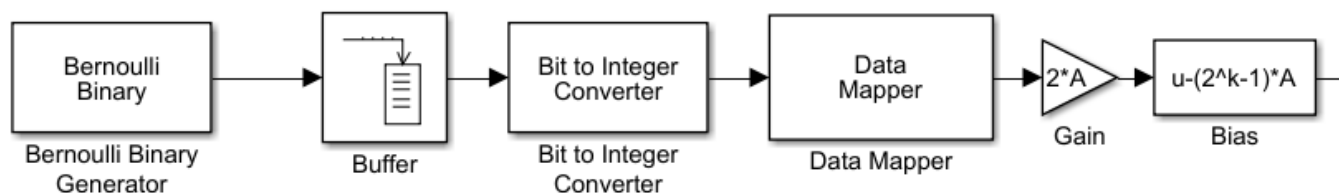
信号功率 E_s			
噪声功率 σ^2	4.0	1.0	0.25
信噪比 E_s/σ^2			
采样速率	$N_s = 5$		
采样判决 P_b			
硬判决 P_b			
软判决 P_b			
采样速率	$N_s = 10$		
采样判决 P_b			
硬判决 P_b			
软判决 P_b			

2. AWGN波形信道预习

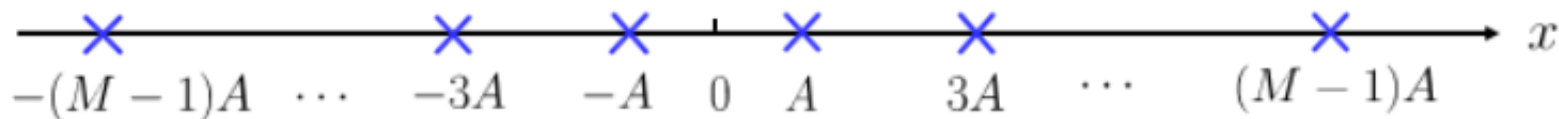
- **三种判决方法的误比特率曲线绘制**
 - 在3种采样速率 ($N_s=5, 10, 20$) 和11种信噪比取值下对比不同的判决方法
 - 确定误比特率 (BER) 在0.01时三种判决方法所需的最低信噪比，并写出软判决相比于硬判决和采样判决的“信噪比增益”。

3. 多元符号判决（选做）

- 搭建Bit to Symbol模块



- 用 M 元符号表示 k 个比特的信息, $M = 2^k$
- Data Mapper进行格雷映射
- 符号取值:



- 创建子系统并封装为模块以便重复使用

3. 多元符号判决（选做）

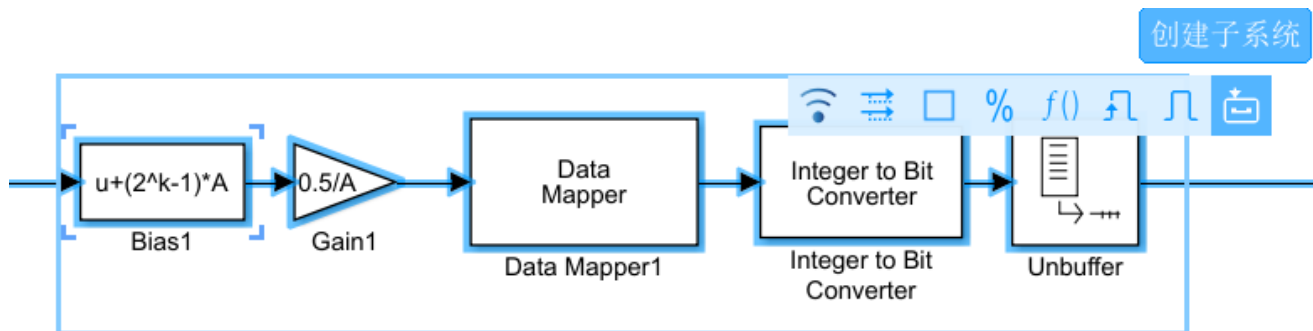
- 编写自定义Matlab函数实现最小距离判决

```
function y = decision(x, A, k)
```

```
% TODO: y = ?
```

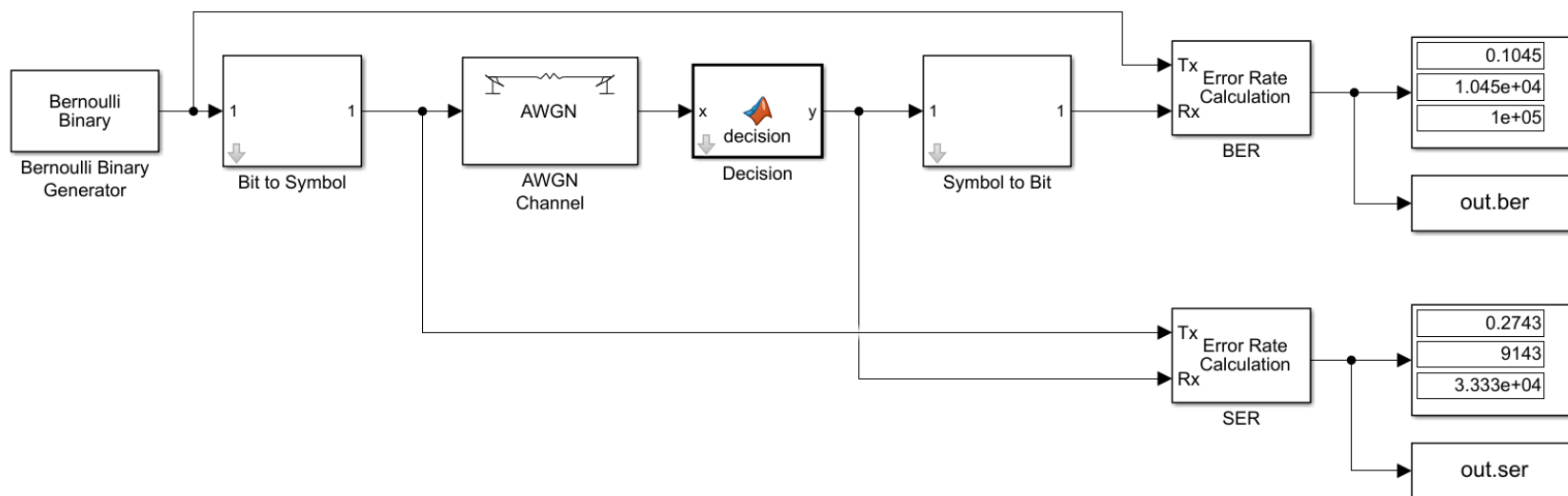
- 提示：线性变换后利用`round()`函数进行判决，需注意两端的判决

- 搭建Symbol to Bit模块



3. 多元符号判决（选做）

- 最终模型



- 绘制M元符号AWGN信道曲线

- 计算填写噪声功率 σ^2
- 计算填写误符号率和误比特率的理论值
- 分析实验结果和理论的符合关系

注意事项

- **提交实验报告至网络学堂**
- **实验报告需包括代码、实验流程记录、思考题回答**