

课程设计任务书

学生姓名: 专业班级: 通信 0906 班

指导教师：尹勇 工作单位：信息工程学院

题目:汉明码的性能分析

: 初始条件 MATLAB 软件, 电脑, 通信原理知识

•

要求完成的主要任务输入信号：速率为 100Bd 的矩形信号

信道: AWGN

要求：画出编码器输入、输出信号，信道的输出信号，译码器的输出信号的波形、频谱以及误码率与译码器输入信噪比的关系曲线

:

参考书目 徐明远主编 《MATLAB 仿真在通信与电子工程中的应用》

王兴亮主编《数字通信原理与技术》

孙屹 吴磊主编 《Simulink 通信仿真开发手册》

葛哲学主编 《精通 MATLAB》

樊昌信 曹丽娜主编 《通信原理》

： 时间安排第 1 周，安排任务（鉴主 15 楼实验室）

第 1-17 周，仿真设计（鉴主 13 楼计算机实验室）

第 18 周，完成（答辩，提交报告，演示）

指导教师签名:

年 月 日

系主任（或责任教师）签名：

年月日

目 录

摘要	
Abstract	4
1. 引言	
2.设计原理.....	
2.1 汉明码编码原理	
2.2 汉明码纠错原理	
2.3 程序函数及命令介绍	
3. 仿真与程序	
3.1 仿真	
3.1.1 SIMULINK 仿真	
3.1.2 模块属性设置	
3.1.3 M 文件程序	
3.1.4 仿真结果	
3.1.5 调试	
3.1.6 结果分析	
3.2 程序	
3.2.1 程序	
3.2.2 调试结果	
3.2.3 结果分析	
4. 总结	
参考文献.....	

摘要

随着信息时代和数字世界的到来,通信原理已成为当今一门极其重要的学科和技术领域。在通信原理中起着重要的作用并已获得广泛应用的是汉明码。汉明码是一种能够自动检测并纠正一位错码的线性纠错码,即 SEC 码,用于信道编码与译码中,提高通信系统抗干扰的能力。

MATLAB 是英文 MATrix LABoratory(矩阵实验室)的缩写。它是美国的 MathWorks 公司推出的一套用于科学计算和图形处理可视化、高性能语言与软件环境。它的信号处理工具箱包含了各种经典的和现代的数字信号处理技术,是一个非常优秀的算法研究与辅助设计的工具。在设计汉明码建模仿真时,通常采用 MATLAB 进行辅助设计和仿真。

本文主要利用 MATLAB 中 SIMULINK 通信系统仿真模型库进行汉明码建模仿真,并调用通信系统功能函数进行编程,绘制时域波形,频谱及误码率与信噪比关系曲线图。在此基础上,对汉明码的性能进行分析,得出结论。

关键词:通信原理 MATLAB 汉明码 SIMULINK

Abstract

With

In and technical fields. become an extremely important disciplines principles has in used role important and has been widely communication principles plays an can which is a linear error -correcting code Hamming Code. Hamming Code to and to SEC code applied an automatically detect and correct error. It is belongs the the anti-jamming capacity of to channel encoding and decoding improve communication system.

MATLAB is in English MATrix LABoratory (Matrix Laboratory) acronym. It is graphics of set computing and the United States, MathWorks has introduced a software language and high-performance processing for scientific visualization, a variety of classic and modern signal processing toolbox contains environment. Its aided good signal processing technology, is a very algorithm research and digital design tools. In the design of hamming code model to simulate , it is usually carried out using MATLAB-aided design and simulation.

In this paper, SIMULINK simulation model library of MATLAB is mainly used to build hamming code model to simulate. At the same time, communication system the spectrum, time-domain is called to program. And waveform, functions relationship between BER and SNR curve is drawn. On this basis, the property of the hamming code is analyzed to get the conclusion.

Hamming Coding Principles MATLAB Keywords:Communication
SIMULINK

1. 引言

MathWorks **MATLAB** 是矩阵实验室(Matrix Laboratory)的简称, 是美国数据分析以及数值计算公司出品的商业数学软件, 用于算法开发、数据可视化、通信工具箱是一套用于在的高级技术计算语言和交互式环境, 其中, **MATLAB** 主要系统开发、分析设计和仿真的专业化工具软件包。通信领域进行理论研究、两大部分。**MATLAB** 和 **Simulink** 包括通信系统功能函数库由七十多个函数组成, 每个函数有多种选择 **MATLAB** 信号源产生函数参数、函数功能覆盖了现代通信系统的各个方面。这些函数包括: 数、信源编码 / 解码函数、纠错控制编码 / 解码函数、调制 / 解调函数 (基带和 **CDMAFDMA**、滤波器函数、通带)、传输信道模型函数 (基带和通带)、**TDMA**、函数、同步函数、工具函数等。以纠错控制编解码函数为例: 函数库提供了线性、—**SOLOMON**) 分组码、汉明码、循环码、**BCH** 码、里德—索洛蒙码 (**REED** 种纠错控制编码, 每种编码又

有编码、解码、矢量输入输出、序列输卷积码等 6 入输出等四种形式的函数表达。 Simulink 是 MATLAB 中的一种可视化仿真工具，是一种基于 MATLAB 的框图设计环境，是实现动态系统建模、仿真和分析的一个软件包，被广泛应用于线性系统、非线性系统、数字控制及数字信号处理的建模和仿真中。 Simulink 是用于动态系统和嵌入式系统的多领域仿真和基于模型的设计工具。对各种时变系统，包括通讯、控制、信号处理、视频处理和图像处理系统， Simulink 提供了交互式图形化环境和可定制模块库来对其进行设计、仿真、执行和测试。

汉明码是由 Hamming 首先构造的，它是一种能够自动检测并纠正一重错的线性纠错码，即 SEC (Single Error Correcting) 码。汉明码利用了奇偶校验位的概念，通过在数据位后面增加一些比特，可以验证数据的有效性。利用一个以上的校验位，汉明码不仅可以验证数据是否有效，还能在数据出错的情况下指明错误位置。它不仅性能好，而且编译码电路非常简单，易于实现。从 20 世纪 50 年代问世以来，在提高系统可靠性方面获得了广泛的应用。

2.设计原理

2.1 汉明码编码原理

一般来说，若汉明码长为 n ，信息位数为 k ，则监督位数 $r=n-k$ 。若希望用 r 个监督位构造出 r 个监督关系式来指示一位错码的 n 种可能位置，则要求

$$2^r \geq k+r+1 \quad (公式或 2-1)$$

下面以 (7, 4) 汉明码为例说明原理：

设汉明码(n,k)中 k=4, 为了纠正一位错码, 由式(1)可知, 要求监督位 SSS_{aaaaaa} ₃₁₂

用个码元, 来表示这 7r=3, 则 n=k+r=7。我们用数 $r \geq 3$ 。若取 $SSS_{0524136}$ ₃₁₂ 的值与错误码元位置的对应关系的值表示 3 个监督关系式中的校正子, 则 2-1 所列。可以规定如表 2-1 校正子和错码位置的关系表

SSS_{312}	错码位置		SSS_{321}	错码位置
001	a_0		101	a_4
010	a_1		110	a_5
100	a_2		111	a_6
011	a_3		000	无错码

则由表 1 可得监督关系式：

$$s \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix}_{25614} \quad (公式 2-2)$$

$$s \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \quad \text{公式 2-3) (}$$

$$s \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \quad \text{2-4)}$$

(公式

aaaa 的值决定于输入信号，因此它们是随机的。在发送端编码时，信息位应根据信息位的取值按监督关系来确定即监督位应使式监督位 (2,)、³⁶⁵⁴sss 的值为 0 式 (表示编成的码组中应无错码) 、~ (4) 中、⁰¹²123 6

武汉理工大学《MATLAB 应用》课程设计报告

$$a \begin{bmatrix} a & a & a & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a & 0 \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-5)}$$

式 (5) 经过移项运算，接触监督位

$$a \begin{bmatrix} a & a & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-6)}$$

式 (5) 其等价形式为：

$$a \begin{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a & a & a & a \end{bmatrix} \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-7)}$$

式(6)还可以简记为 $\begin{bmatrix} H & A & 0 & A & H & 0 \end{bmatrix}$ 或 (公
式 2-8)

其中

$$\begin{bmatrix} 1110100 & 110101H & 0 & aaaaA & aaa & 10110100000 & 1542306 \\ 1110010 & 1111000P & 0011011 & \end{bmatrix}$$

$$\text{所以有 } \begin{bmatrix} P & H & H \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-9)}$$

$$\text{) 等价于式 (6) } \begin{bmatrix} 111 & 011 & Qaaaaaa & a & aaa & 110 & 101 \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-10)}$$

7

武汉理工大学《MATLAB 应用》课程设计报告

$\begin{bmatrix} Q & P \end{bmatrix}$ 其中 Q 为 P 的转置，即 (公式 2-11)

式 (10) 表示，在信息位给定后，用信息位的行矩阵乘矩阵 Q 就产生出监督位。我们将 Q 的左边加上一个 k×k 阶单位方阵，就构成一个矩阵 G

$$\begin{bmatrix} 1000111 & 0001101 & I & G & Q & 1110000 & 1100010 \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-12)}$$

G 称为生成矩阵，因为由它可以产生整个码组，即有

$$\begin{bmatrix} G & aaaaaaaaaa \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-13)}$$

或者

$$\begin{bmatrix} G & aaaA \end{bmatrix} \quad \text{(公式 2-14)}$$

式 (13) 即汉明码的编码原理

2.2 汉明码纠错原理

当数字信号编码成汉明码形式后在信道中传输，由于信道中噪声的干扰，可能由于干扰引入差错，使得接收端收到错码，因此在接收端进行汉明码纠错，以提高通信系统的抗干扰能力及可靠性。

一般来说接收码组与 A 不一定相同。若设接收码组为一 n 列的行矩阵 B ，即

$$B = [b_1 \ b_2 \ \dots \ b_n] \quad (公式 2-15)$$

则发送码组和接收码组之差为

$$B \oplus A = E \quad (公式 2-16)$$

E 就是传输中产生的错码行矩阵

$$E = [e_1 \ e_2 \ \dots \ e_n] \quad (公式 2-17)$$

若 $e_i=0$ ，表示接收码元无错误，若 $e_i=1$ ，则表示该接收码元有错。式 (16) 可改写成

8

武汉理工大学《MATLAB 应用》课程设计报告

$$B \oplus A = E \quad (公式 2-18)$$

$B \oplus A = E \oplus A$ ，将它代入式 (8) 若 $E=0$ ，即接收码组无错，则，该式仍成立，即有

$$H^T B = 0 \quad (公式 2-19)$$

当接收码组有错时， $E \neq 0$ ，将 B 带入式 (8) 后，该式不一定成立。在未超过检错能力时，式 (19) 不成立。假设此时式 (19) 的右端为 S ，即

$$H^T B = S \quad (公式 2-20)$$

$B \oplus A = E$ 代入式 (20)，可得 将 $H^T A = H^T (H S) = (H^T H) S = I S = S$

由式 (8) 可知，所以

$$H^T E = S \quad (公式 2-21)$$

S 有着——对应关系，则 S 此处 S 与前面的能代表错码位置。因此，纠错原

理即，接收端收到码组后按式 (20) 计算出 S ，再根据表 1 判断错码情况，进行差错纠正。

2.3 程序函数及命令介绍

MATLAB 中提供了汉明码的编码和译码函数，本程序直接调用进行编程。

(1) encode 函数

功能：编码函数

语法：code=encode(msg,N,K)

说明：对信息 msg 进行汉明编码，K 为信息位长度，N 为码字长度。msg 是一个 K 列矩阵。

(2) decode 函数

功能：译码函数
语法：`rcvcode=decode(code,N,K)`
说明：对接受码字进行译码，恢复出原始信息。
(3) `rand` 函数

9
应用》课程设计报告 MA 武汉理工大学《TLAB

功能：均匀分布随机矩阵 `rand(m,n)`，用法： 的伪随机数。1(不包括 1)`randm` × `n` 均匀分布的随机矩阵，产生的是 0 到说明：产生 `rem4`) (函数 功能：求整除余数 `rem(x,y)` 用法： `x/y` 的余数说明：求整除 计算向量或矩阵长度 `length` 命令：(5) 开始进行仿真命令 6) `sim`: (7) (命令：显示结果，不显示变量名 `disp` 10

武汉理工大学《MATLAB 应用》课程设计报告

3. 仿真与程序

3.1 仿真

3.1.1 SIMULINK 仿真

在设计中，本系统信号产生模块选用伯努利二进制序列产生器（Bernoulli Binary Generator）来输出速率为 100Bd 的随机数字信号，进入 Hamming encoder 进行编码，在送入 AWGN 信道（加入高斯白噪声）传输，接收信号送入 Hamming decoder 进行差错纠正，其后加一误码率计算模块（Error Rate Calculation）计算误码率。再用示波器 scope 观察波形，用 spectrum scope 观测频谱。由 To Workspace 模块将运算结果送入 M 文件，并画出信噪比与误码率关系的曲线。电路如图 3-6 所示。

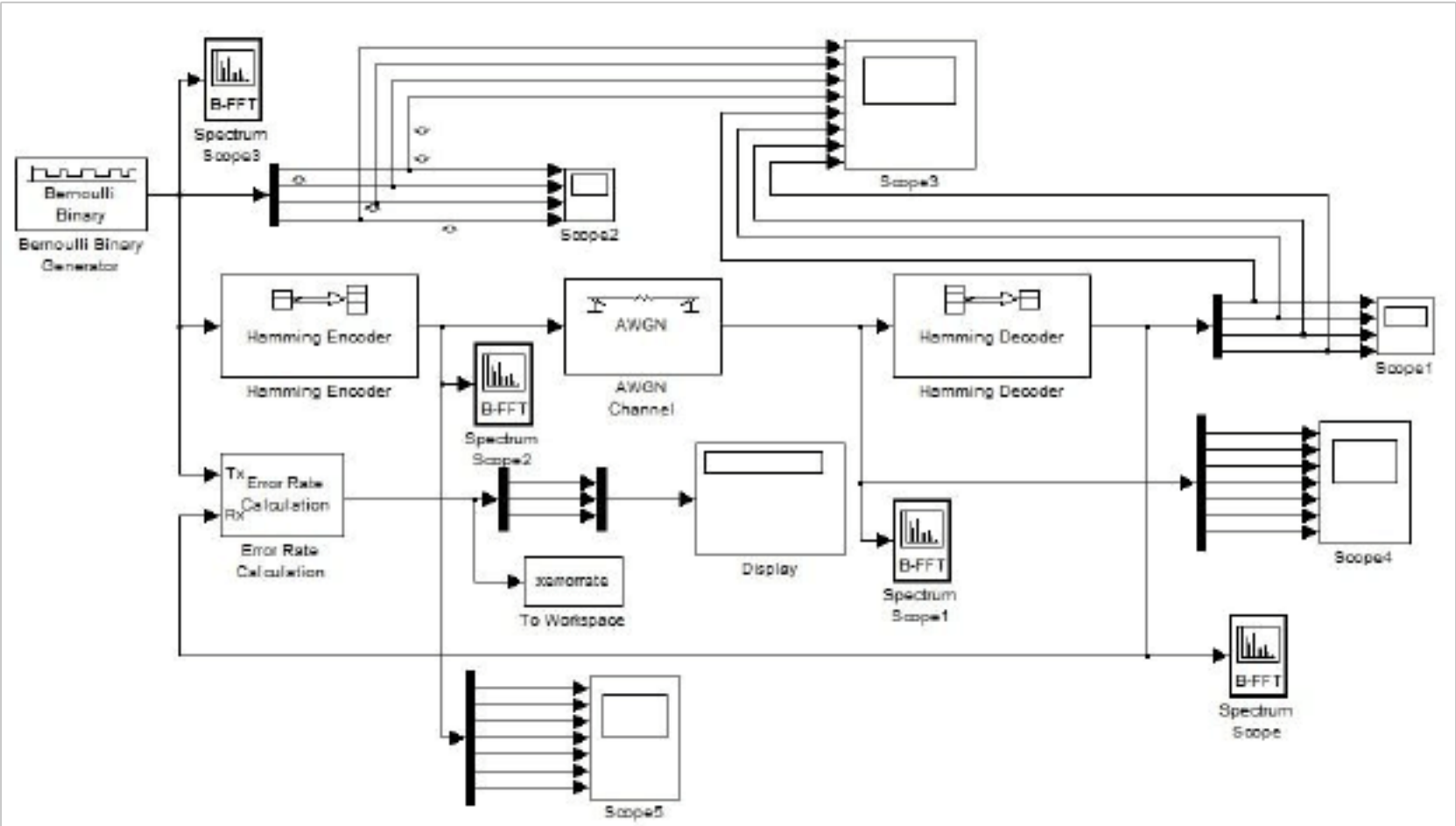
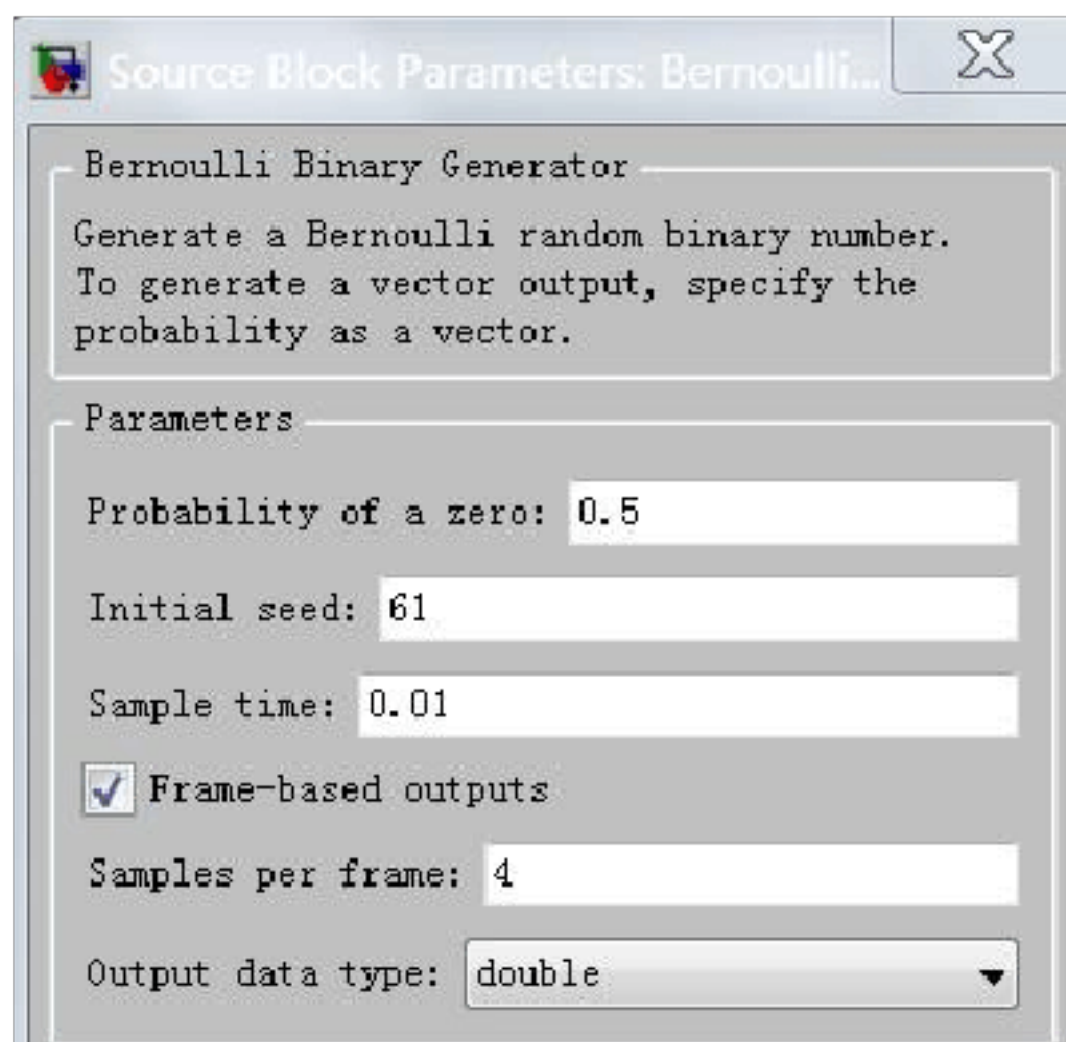


图 3-1 SIMULINK 仿真电路图

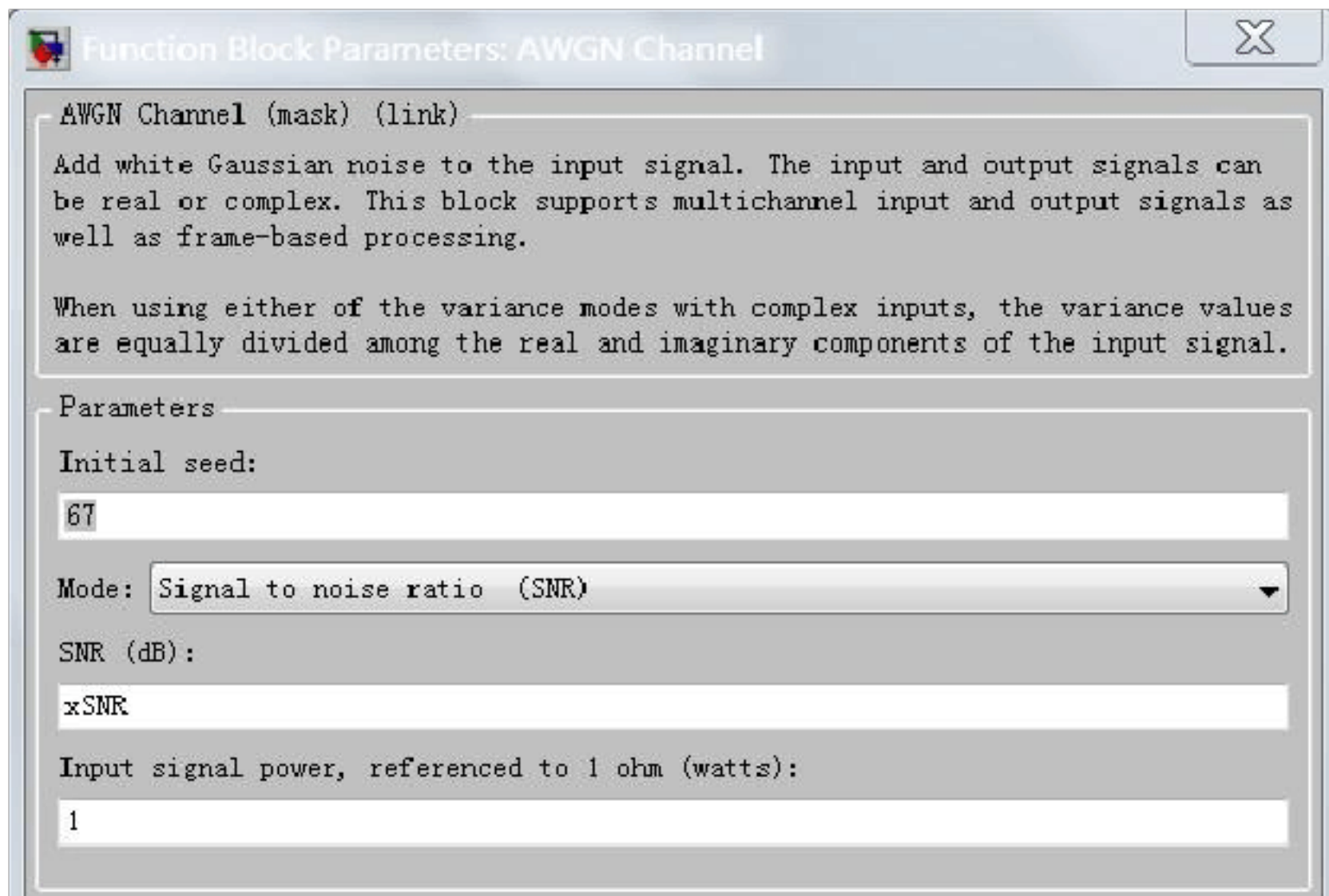
11

武汉理工大学《MATLAB 应用》课程设计报告

3.1.2 模块属性设置



Bernoulli Binary Generator 3-2 图



AWGNA Channel 图



Function Block Parameters: Error Rate Calculation



Error Rate Calculation (mask) (link)

Compute the error rate of the received data by comparing it to a delayed version of the transmitted data. The block output is a three-element vector consisting of the error rate, followed by the number of errors detected and the total number of symbols compared. This vector can be sent to either the workspace or an output port.

The delays are specified in number of samples, regardless of whether the input is a scalar or a vector. The inputs to the 'Tx' and 'Rx' ports must be sample-based scalars or frame-based column vectors.

The 'Stop simulation' option stops the simulation upon detecting a target number of errors or a maximum number of symbols, whichever comes first.

Parameters

Receive delay:

0

Computation delay:

0

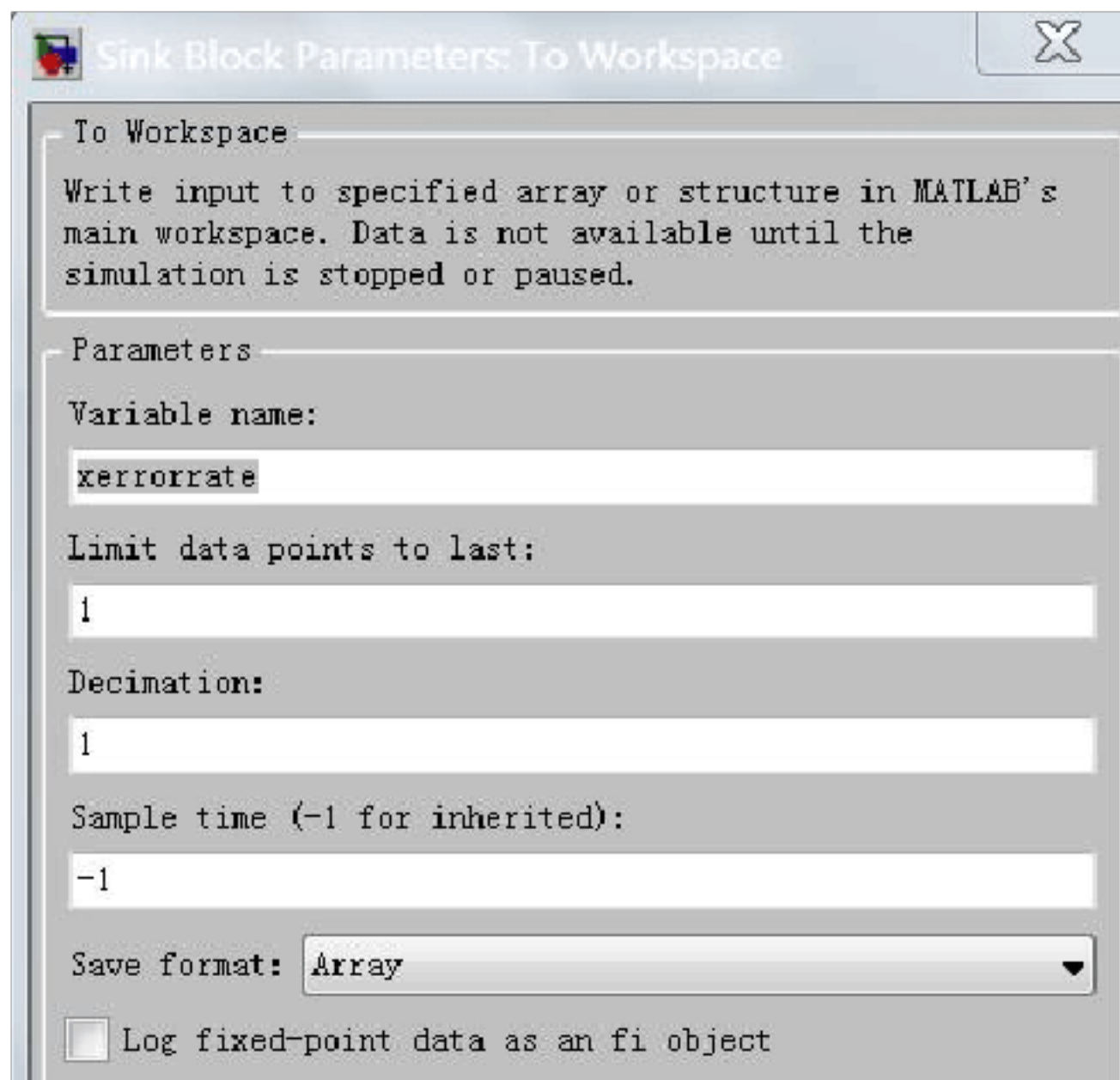
Computation mode:

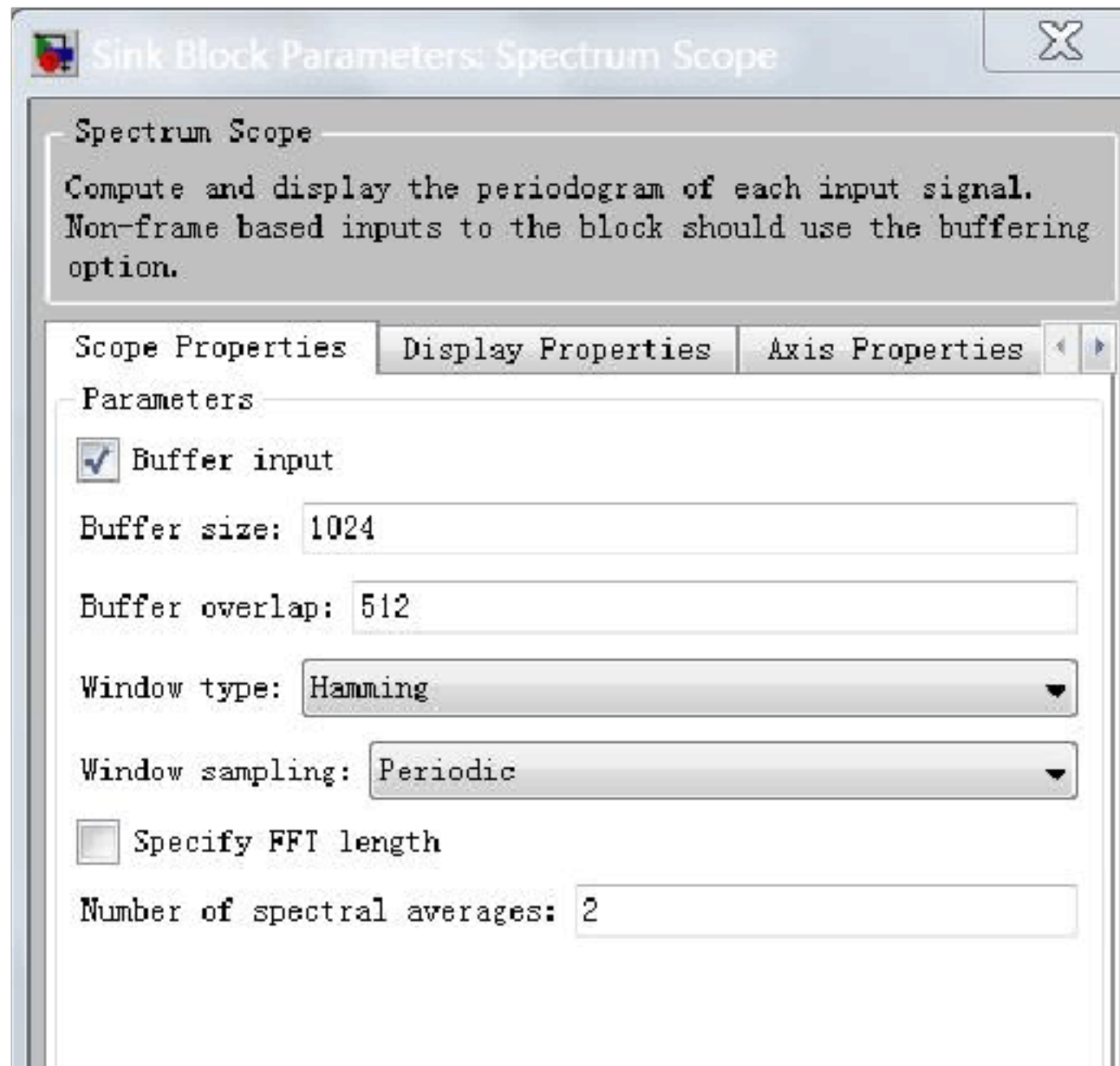
Entire frame

Output data:

Port

☐ Reset port





Spectrum Scope 图 3-6

3.1.3 M 文件程序

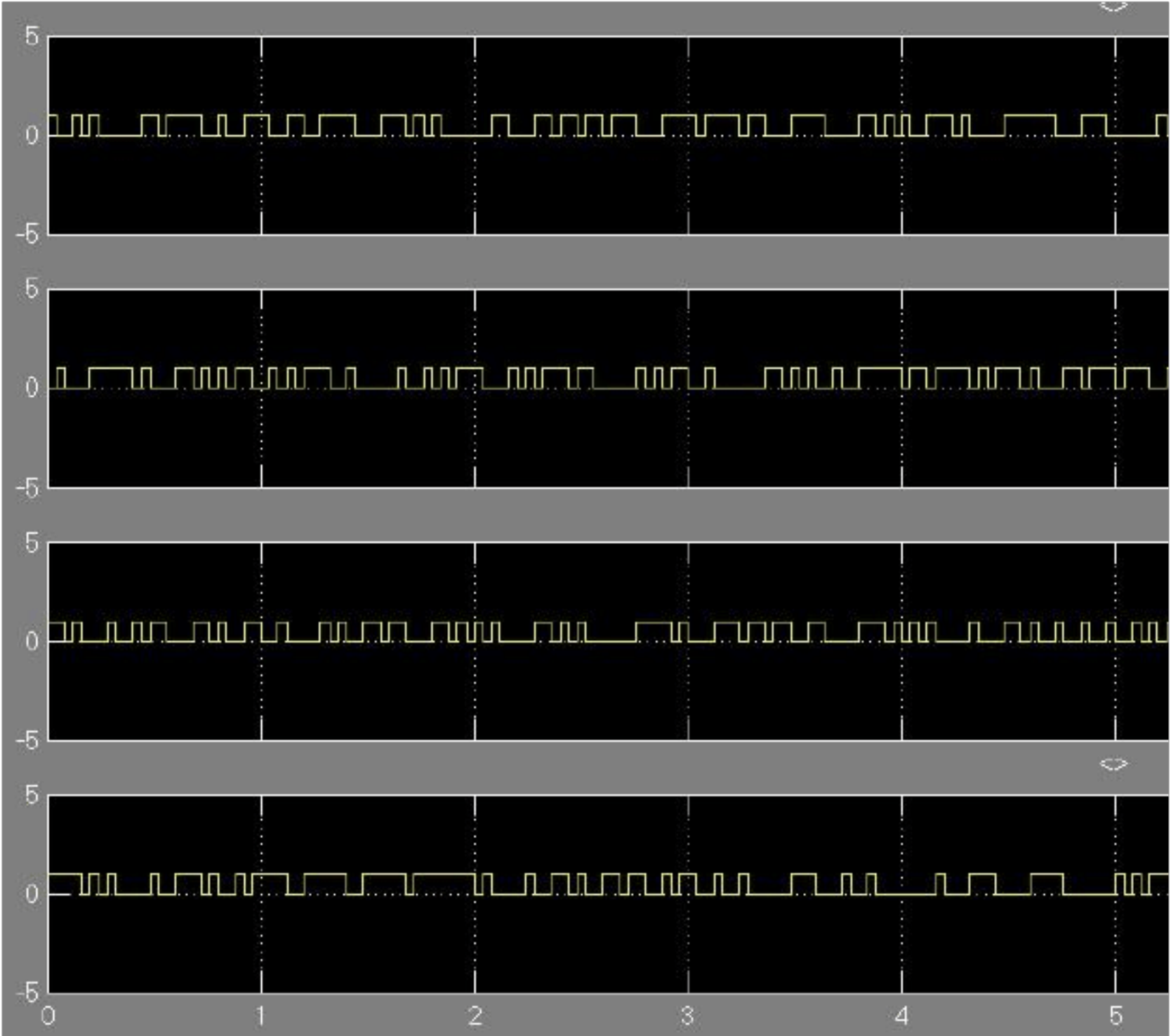
```

x=0:30          % 定义信噪比的范围
y=x;
for i=1:length(x)
    xSNR=x(i);    % 输入信噪比
    sim('hammingmat'); % 运行 Simulink 仿真模型'hammingmat', 运算结果保存在
    xerrorrate 中
    y(i)=xerrorrate(1); % 误码率
end
semilogy(x,y);    % 对 y 取对数画图
grid on;          % 画网格图
xlabel('高斯信道中的信噪比/dB');

```

```
    ');  
title('汉明码误码率与信噪比的关系')
```

3. 1. 4 仿真结果



输出信号波形 3-7 Bernoulli Binary Generator 图

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/716020205002010044>