

# 直接序列扩频通信系统 Simulink 的仿真设计

**摘要：**本次设计的是直接序列扩频通信系统，主要利用了 **Matlab/Simulink** 对直接序列扩频系统进行仿真，并详细的分析了仿真结果。首先介绍直接序列扩频的系统原理，然后基于 **Simulink** 的发射机和接收机仿真，设计误码率分析模块部分，再对前后扩频解扩频谱波形比较及收发误码率进行分析，最后对设计完成的系统加入干扰源，完成对系统抗干扰性能的分析。

**关键词：**直接序列扩频；扩频通信；**Matlab/Simulink**

## 目录

|                                |    |
|--------------------------------|----|
| 第一章 绪论 .....                   | 1  |
| 1.1 课题背景及意义 .....              | 1  |
| 1.2 课程设计的总体介绍 .....            | 1  |
| 1.3 课程设计的基本任务和要求 .....         | 1  |
| 1.4 Simulink 的简介 .....         | 2  |
| 第二章 直接序列扩频原理 .....             | 3  |
| 2.1 扩频通信的定义及原理 .....           | 3  |
| 2.2 直接序列扩频定义及原理 .....          | 3  |
| 2.3 PN 序列生成与作用 .....           | 4  |
| 第三章 基于 Simulink 的发射机仿真设计 ..... | 6  |
| 3.1 直接序列扩频通信系统发射机的设计 .....     | 6  |
| 3.2 基于 Simulink 的发射机的仿真 .....  | 6  |
| 3.3 基于 Simulink 的接收机仿真设计 ..... | 10 |
| 第四章 直接序列扩频通信系统的抗干扰性能分析 .....   | 12 |
| 第五章 结束语 .....                  | 18 |
| 参考文献 .....                     | 18 |

## 第一章 绪论

### 1.1 课题背景及意义

扩展频谱通信是现代通信系统中的一种新兴的通信方式，其较强的抗干扰、抗衰落和抗多径性能以及频谱利用率高、多址通信等诸多优点为人们所认识，并被广泛的应用于军事通信和民用通信的各个领域，从而推动了通信事业的迅速发展。

扩频通信，即(Spread Spectrum Communication) 扩展频谱通信，它与光纤通信、卫星通信，一同被誉为进入信息时代的三大高技术通信传输方式。

扩频通信是将待传送的信息数据被伪随机编码(扩频序列: Spread Sequence) 调制，实现频谱扩展后再传输；接收端则采用相同的编码进行解调及相关处理，恢复原始信息数据。

随着近年来大规模、超大规模集成电路和微处理器技术的广泛应用，以及一些新型器件的应用，扩频技术的应用形成了新的高潮。事实上，扩频通信已成为电子对抗环境下提高通信设备抗干扰能力的最有效的手段，并在近十几年来爆发的几场现代化战争中发挥了巨大的威力。随着 CDMA扩频通信技术在民用通信中的深入应用和不断渗透，以及在卫星通信、深空通信、武器制导、GPS全球定位系统和跳频通信等民用和国防民事通信的强烈需求下，扩频通信的地位越来越重要。

### 1.2 课程设计的总体介绍

首先设计直接序列扩频通信系统的发射机和接收机。发射机的设计采用 m序列来扩展二进制数据流，将其扩频为宽频信号，并采用 QPSK调制方式将信号调制后发送出去。信号经过 AWG信道传输到接收端。接收机采用相干解调原理解调信号，采用的解扩码序列与发射机扩频码序列完全相同，信号经解扩调制后，带宽恢复原始宽度。在 Simulink 平台上分别对系统的发射机和接收机进行仿真测试，研究信号在整个扩频调制、解扩调制过程中的变化情况。最后在该系统中加入特定的干扰，进行仿真测试，研究整个系统的抗干扰性能。

### 1.3 课程设计的基本任务和要求

- 1、说明直接序列扩频原理及 PN序列的生成和作用，画出直接序列扩频原理图。
- 2、熟悉 SIMULINK中各通信模块，根据原理图完成扩频通信仿真系统模块设计，分为发射机、接收机部分。

- 3、设计误码率分析模块部分，完成前后扩频解扩频谱波形比较及收发误码率分析。
- 4、对设计完成的系统加入干扰源，完成对系统抗干扰性能的分析。
- 5、按课程设计格式要求完成设计报告。

#### 1.4 Simulink 的简介

Simulink 是 MATLAB 最重要的组件之一，它提供一个动态系统建模、仿真和综合分析的集成环境。在该环境中，无需大量书写程序，而只需要通过简单直观的鼠标操作，就可构造出复杂的系统。Simulink 具有适应面广、结构和流程清晰及仿真精细、贴近实际、效率高、灵活等优点，并基于以上优点 Simulink 已被广泛应用于控制理论和数字信号处理的复杂仿真和设计。同时有大量的第三方软件和硬件可应用于或被要求应用于 Simulink。

Simulink 是 MATLAB 的一种可视化仿真工具，是一种基于 MATLAB 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 可以用连续采样时间、离散采样时间或两种混合的采样时间进行建模，它也支持多速率系统，也就是系统中的不同部分具有不同的采样速率。为了创建动态系统模型，Simulink 提供了一个建立模型方块图的图形用户接口(GUI)，这个创建过程只需单击和拖动鼠标操作就能完成，它提供了一种更快捷、直接明了的方式，而且用户可以立即看到系统的仿真结果。

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。

Simulink 与 MATLAB 紧密集成，可以直接访问 MATLAB 量的工具来进行算法研发、仿真的分析和可视化、批处理脚本的创建、建模环境的定制以及信号参数和测试数据的定义。

## 第二章 直接序列扩频原理

### 2.1 扩频通信的定义及原理

扩频通信是扩展频谱通信的简称。它是一种信息传输方式，在发端采用扩频码调制，使信号所占的频带宽度远大于所传信息必需的带宽，在收端采用相同的扩频码进行相关解扩以恢复所传信息数据。它的原理如图 2-1 所示：

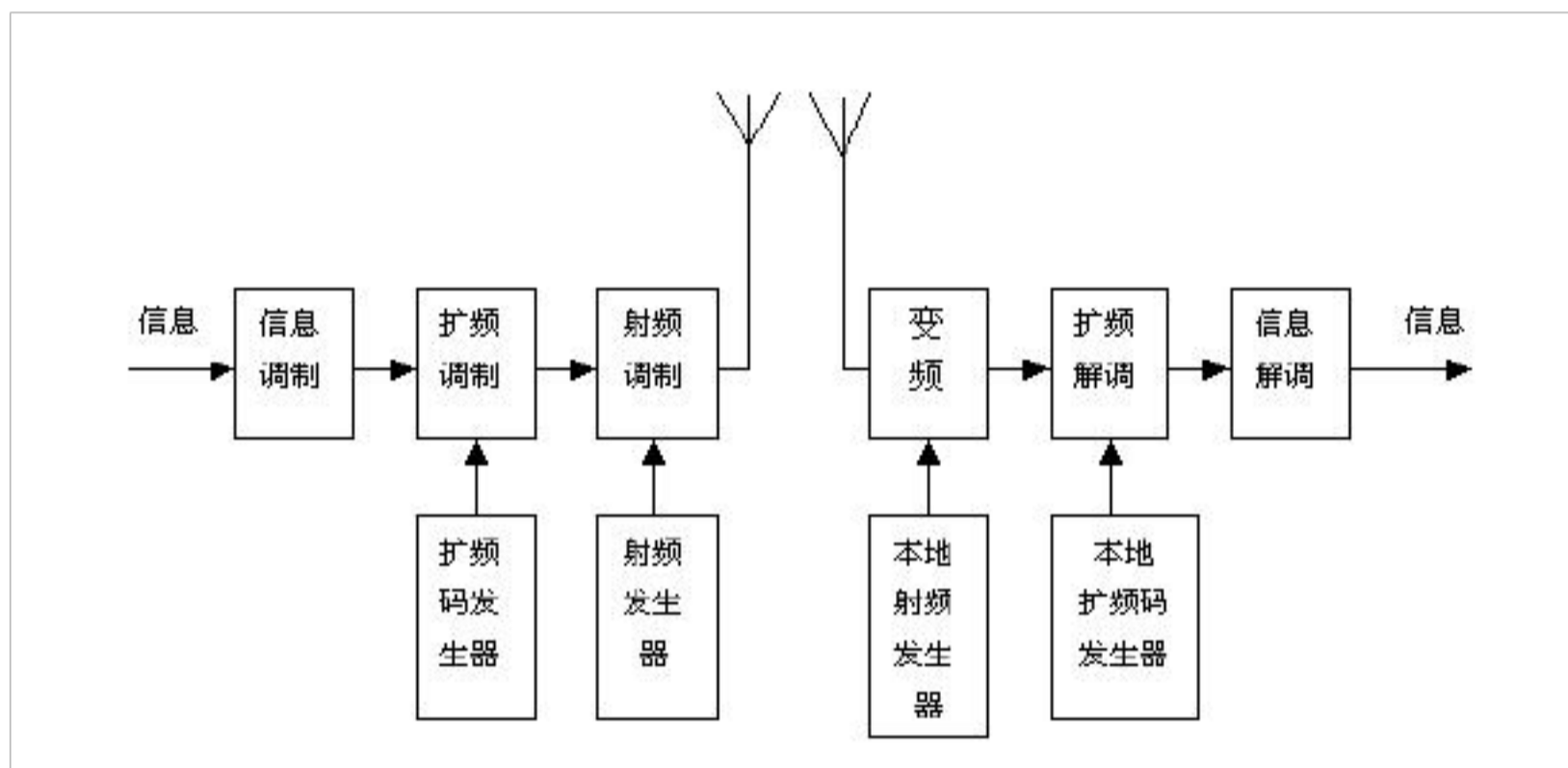


图 2-1 扩频通信原理框图

### 2.2 直接序列扩频定义及原理

直接序列扩频（Direct Sequence Spread Spectrum）工作方式，简称直扩方式（DS 方式）。就是用高速率的扩频序列在发射端扩展信号的频谱，而在接收端用相同的扩频码序列进行解扩，把展开的扩频信号还原成原来的信号。

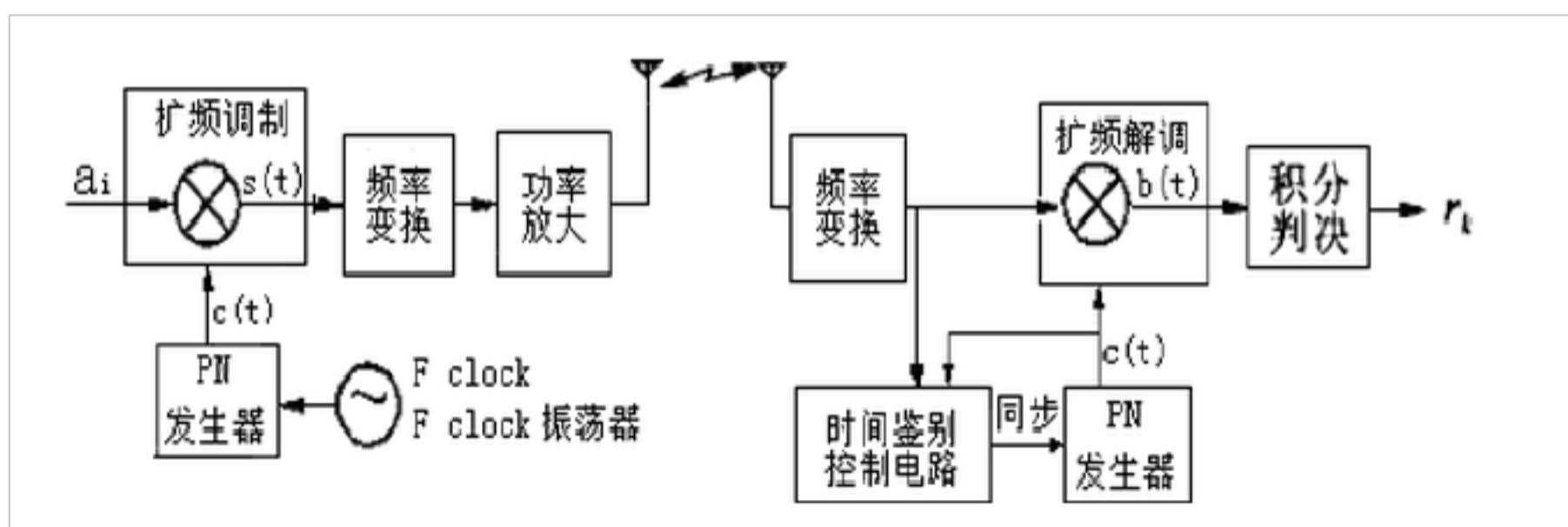


图 2-2 直接序列扩频通信系统的原理框图

图 2-2 是直接序列扩频通信系统的原理框图。欲传输的数字信号与码片速率很高的扩频码进行调制，其输出为频谱带宽被扩展的信号，这个过程称为扩频。扩展频谱信号再变换为射频信号发射

出去。

在接收端，射频信号经过变频后输出中频信号，通常是  $N$  个发射信号和干扰及噪声的混合信号。它与发端相同的本地扩频码进行扩频解调（解扩），使宽带信号变为窄带信号。再经信息解调器恢复成原始数字信号。扩展频谱的特性取决于所采用的扩频码序列的码型和码片速率。为了获得具有近似噪声的频谱，采用伪噪声（PN）序列作为扩频系统的扩频码。

扩频和解扩的频谱变化过程如图 2-2 所示：

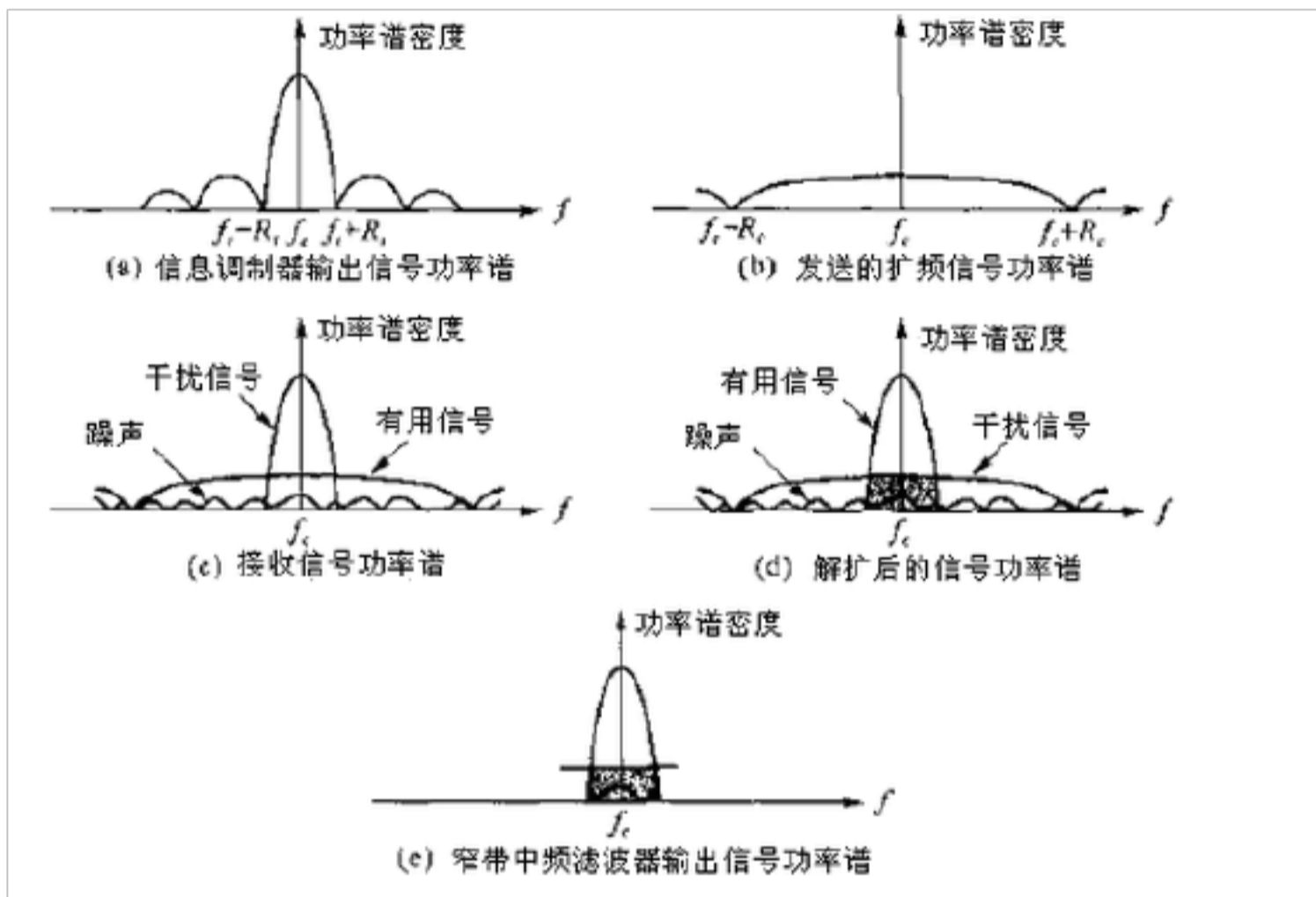


图 2-3 扩频和解扩的频谱变化

采用码片速率很高的 PN 码序列进行扩频调制，通过扩频解扩处理能够提高抗干扰能力。扩展频谱信号在接收端做相关解扩处理，有用信号被解扩为窄带谱信号；宽带无用信号与本地伪码不相关，因此不能解扩，仍为宽带谱；窄带干扰信号则被本地伪码扩展成为宽带谱。

### 2.3 PN 序列生成与作用

PN 序列（Pseudo-noise Sequence）伪噪声序列，这类序列具有类似随机噪声的一些统计特性，但和真正的随机信号不同，它可以重复产生和处理，故称作伪随机噪声序列。PN 序列有多种，其中最基本常用的一种是最长线性反馈移位寄存器序列，也称作  $m$  序列，通常由反馈移位寄存器产生，PN 序列一般用于扩展信号频谱。伪随机序列具有良好的随机性和接近于白噪声的相关函数，并且有预先的可确定性和可重复性。这些特性使得伪随机序列得到了广泛的应用。

$m$  序列是有  $n$  级线性移位寄存器产生的周期为  $2^n - 1$  的码序列，是最大长度线性反馈移位寄存器

序列的简称。码分多址系统主要采用两种长度的  $m$  序列：一种是周期为  $2^{15}-1$  的  $m$  序列，又称短 PN 码。另一种是周期为  $2^{42}-1$  的  $m$  序列，又称长 PN 序列

$m$  序列主要功能为：扩展调制信号的带宽到更大的传输带宽，即扩展频谱，提高系统抗干扰能力；区分通过多址接入方式使用同一传输频带的不同用户的信号，在移动通信 CDMA 系统中作为用户地址码和基站地址码；除此外还可以作为扰码，平衡通信中“0”和“1”的数目。

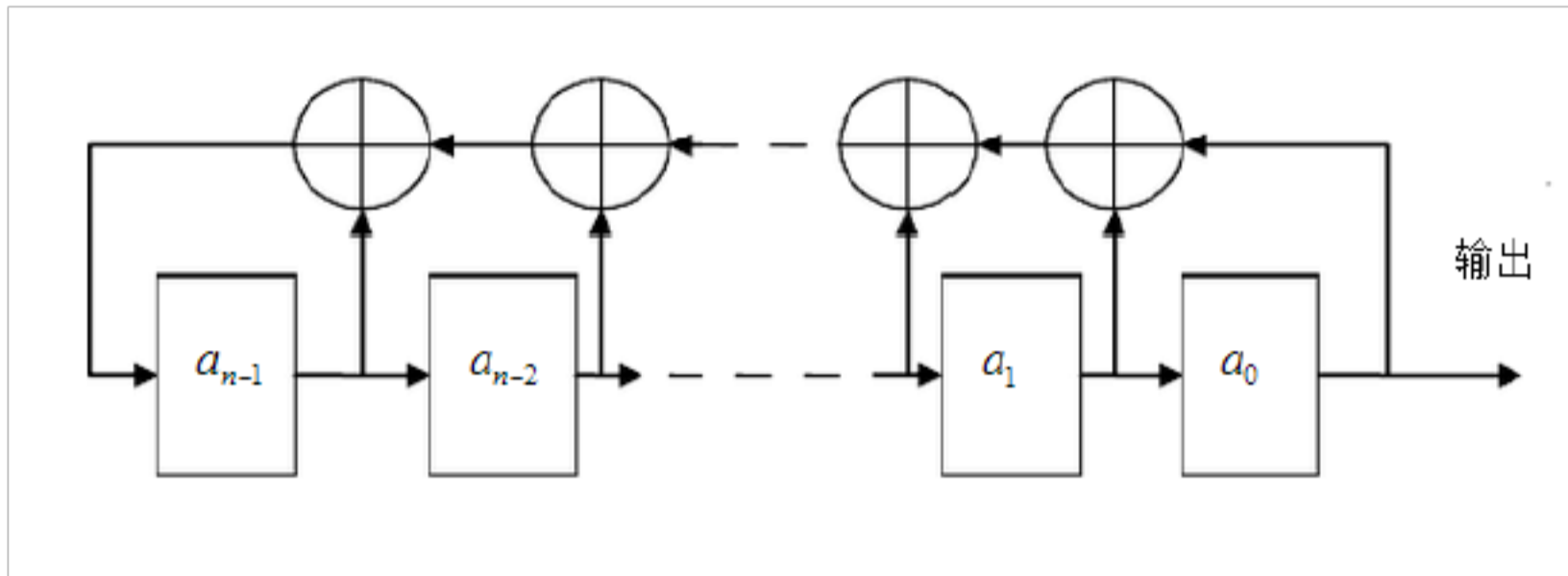


图 2-4 最长线性移位寄存序列的产生



### 第三章 基于 Simulink 的发射机仿真设计

#### 3.1 直接序列扩频通信系统发射机的设计

直接序列扩频通信系统的发射机系统结构如图 3-1 所示。其中设数据序列  $a(t)$  对应的电平取值为  $\pm 1$ ，码元速率为  $R_a$  bps，码元宽度为  $T_a=1/R_a$  s。扩频所使用的伪随机序列  $c(t)$  也是电平取值为  $\pm 1$  的双极性波形，伪随机序列的码元也称之为码片（chip），码片率设为  $R_c$  chip/s，对应的码片宽度就是  $T_c=1/R_c$  s。码片速率通常是数据速率的整数倍。对于双极性的波形而言，扩频过程等价于数据流  $a(t)$  与伪随机序列  $c(t)$  相乘的过程，扩频输出序列设为  $d(t)$ ，也是取值为  $\pm 1$  的双极性波形，其速率等于码片速率。扩频序列经过调制后得到调制输出信号  $s(t)$  送入信道。

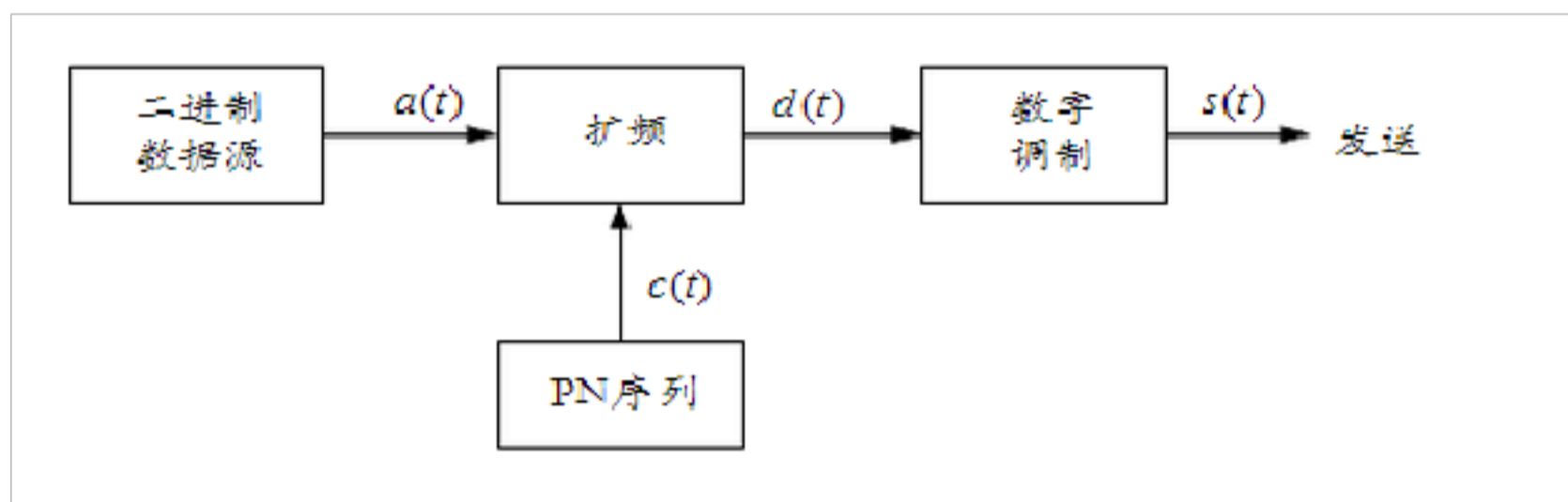


图 3-1 直接序列扩频通信系统发射机结构图

本次设计采用 QPSK(四相相移键控) 将信号调制发送出去，这样能大大提高通信系统的可靠性传输效率。由于 QPSK调制器内部有两条通道，I 通道和 Q通道两条正交的通道，两条通道的输入信号可以是相同的，也可以不同。本次设计中两通道都将用于调制同一数据，输入数据  $a(t)$ ，经过 QPSK调制后，输出信号有  $s(t)$ 。

#### 3.2 基于 Simulink 的发射机的仿真

建立一个传输速率为  $R_a=100$ bps，扩频码片速率为  $R=2000$  chip/s， $R_c/R_a=20$ ，采用 m序列作为扩频序列，以 QPSK为调制方式的仿真模型，进行发射系统的仿真，观察其扩频前后的输出波形及频谱。发射机的系统仿真模型如图 3-2 所示：



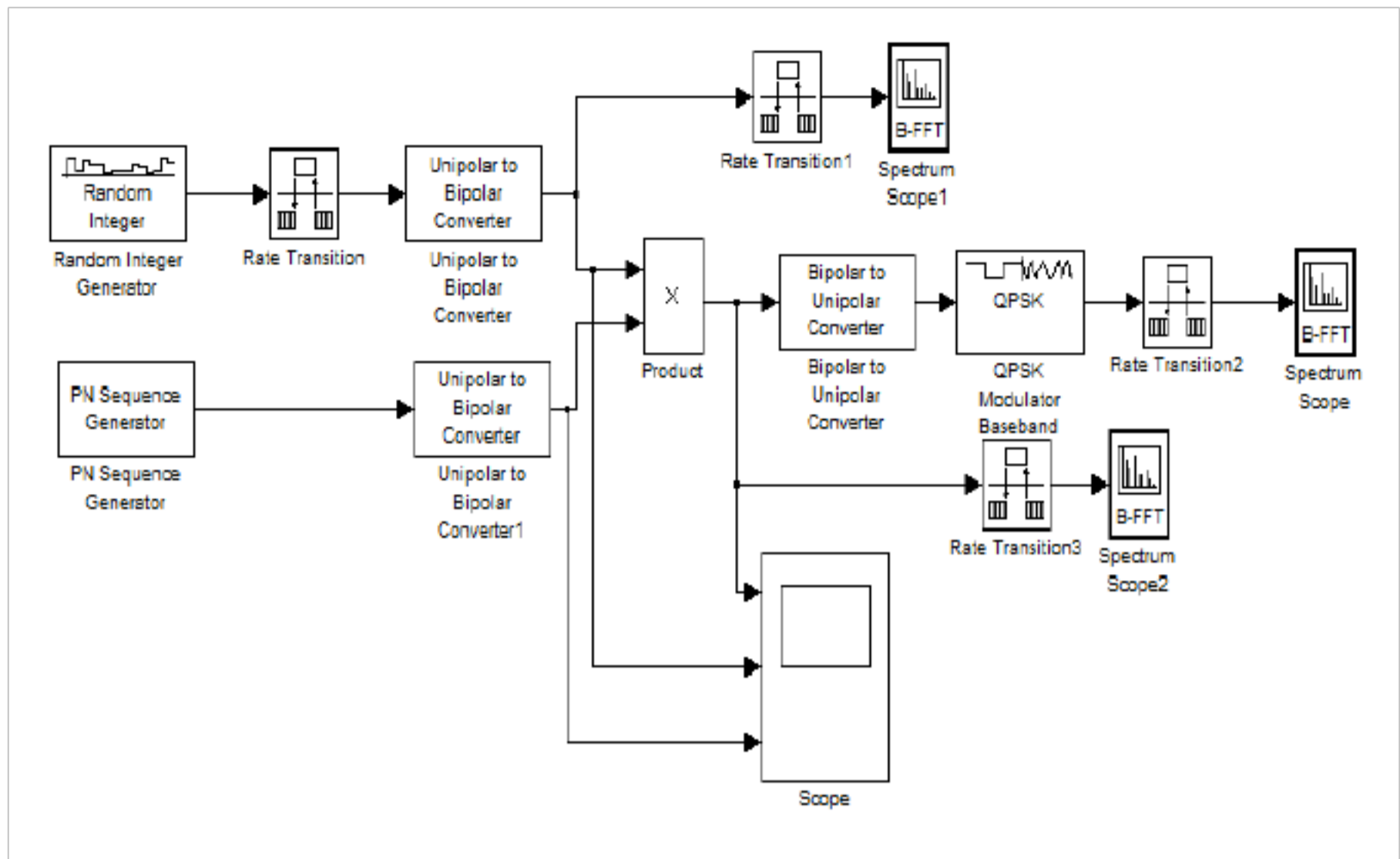


图 3-2 发射机系统仿真模型

参数设置：

**Random Integer Generator** : 数据输入源，用于产生数据流，采样时间 0.01s 。

**PN Sequence Generator** : 伪码产生器，用于产生伪随机扩频序列，其采样时间为 0.0005s 。

**Rate Transition** : 升速处理器，用于做升速处理，使扩频模块上的数据采样速率相同。输出速率为 2000chip/s 。

**Unipolar to Bipolar Converter** : 单双极转换器，用于完成数据和扩频的单双极变换。

**Product** : 乘法器，用于完成输入信号与扩频码的模 2 加。其输出就是扩频输出，其码速率等于采样速率，即每个采样点代表一个码片。

**Bipolar to Unipolar Converter** : 双单极转换器：完成扩频输出由双极性到单极性转换。

**QPSK—调制器**：用于将扩频信号调制到中频。调制输出信号是复信号，采样率为 2000 次/s 。

仿真结果：

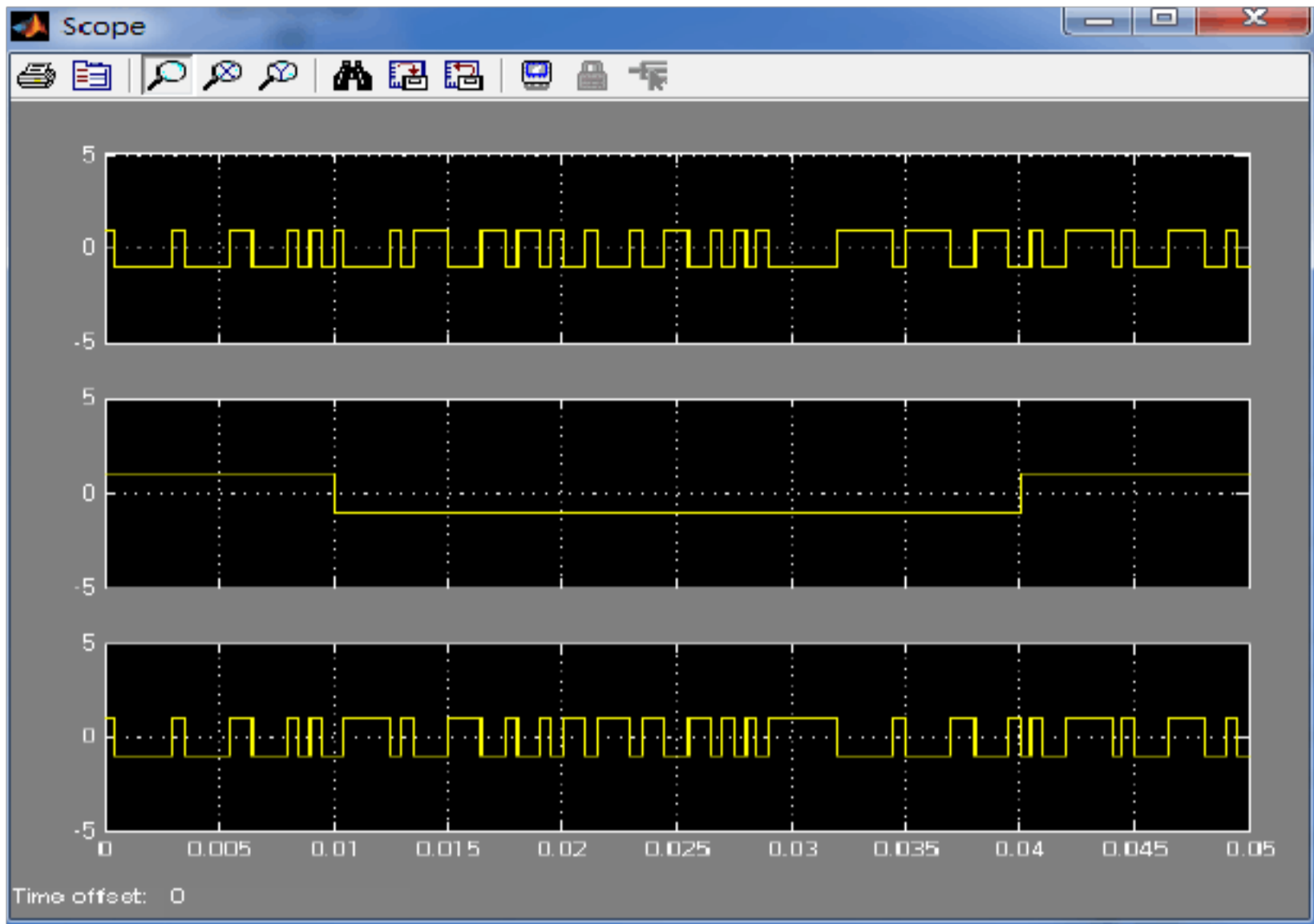


图 3-3 发射机各点波形图

时域分析：第一条波形是扩频后的波形，第二条波形是原始信号波形，第三条波形是 PN 序列波形。从波形经分析得到：当数据流为+1 时，扩频输出是对应的 PN 序列的原序列，当数据为-1 时，扩频输出就是 PN 序列的反相结果，且输出信号码元速率增加，码元宽度变窄。

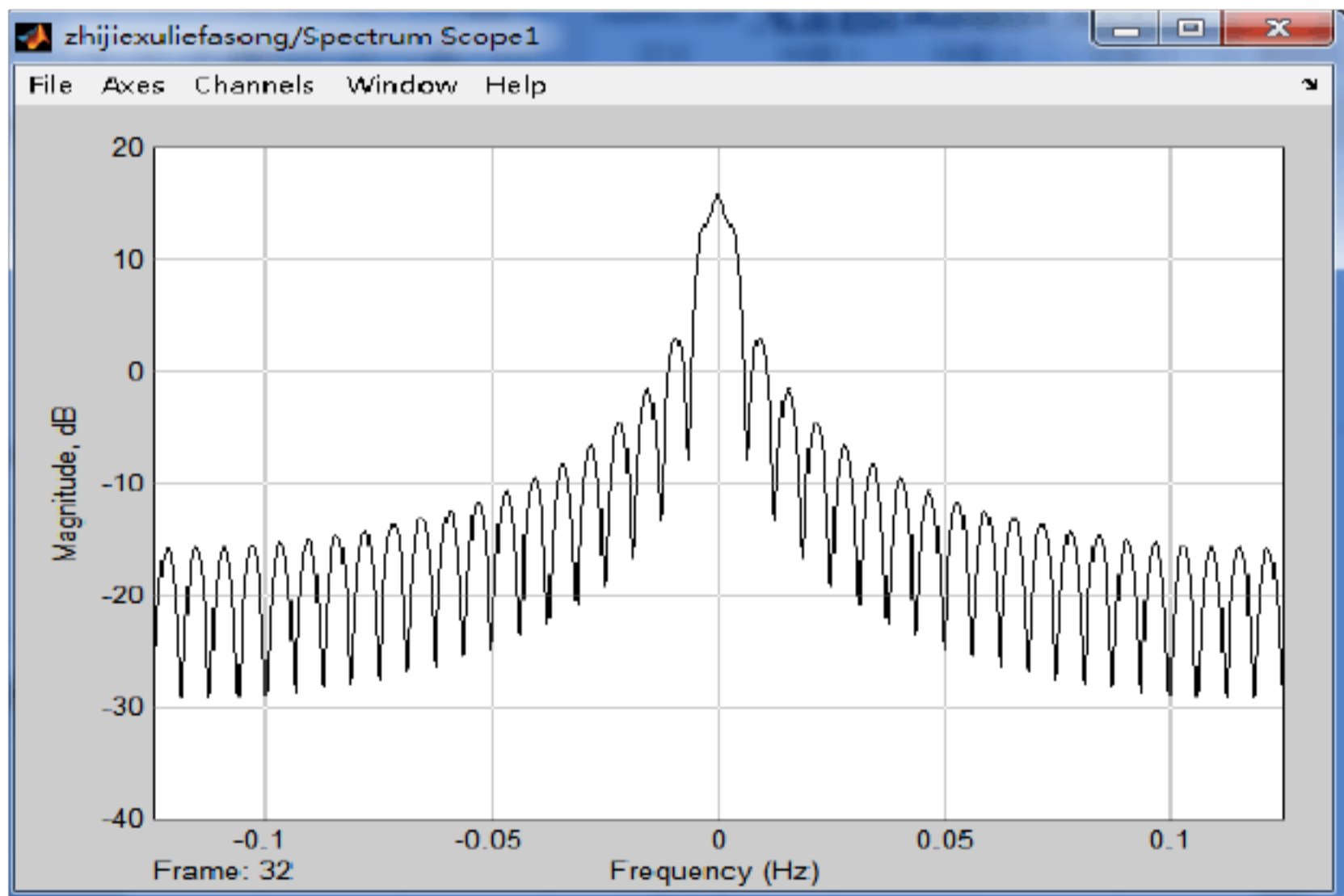


图 3-4 原数据信号的频谱

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/955331243103011340>