移动通信原理

**实验指导书**

实验地点：机电楼310

电子工程学院

**目录**

实验一 m序列产生及特性分析实验 1

一、实验目的 1

二、实验器材 1

三、实验原理 1

四、实验步骤 3

五、实验报告 4

实验二 Gold序列及Walsh序列产生及特性分析实验 5

一、实验目的 5

二、实验器材 5

三、实验原理 5

四、实验步骤 7

五、实验报告 7

实验三 直接序列扩频实验 8

一、实验目的 8

二、实验器材 8

三、实验原理 8

四、实验步骤 10

五、实验报告 10

实验四 直接序列解扩实验 11

一、实验目的 11

二、实验器材 11

三、实验原理 11

四、实验步骤 15

五、实验报告 15

### 实验一 m序列产生及特性分析实验

#### 一、实验目的

1、学习移动通信原理实验箱的 使用。

2、了解m序列的产生及特性。

#### 二、实验器材

* + 1. 主控&信号源模块、14号模块 各一块
    2. 双踪示波器 一台
    3. 连接线 若干

#### 三、实验原理

1、主控及信号源模块

主控及信号源模块如图1所示，本次实验主要使用主菜单界面及控制按钮。



图1-1 主控&信号源按键及接口说明

按“主菜单”按键后的第一个选项“通信原理实验”，再确定进入各实验菜单。如图2所示。

进入“通信原理实验”菜单后，逆时针旋转光标会向下走，顺时针旋转光标会向上走。按下“选择/确认”时，会设置光标所在实验的功能。有的实验有会跳转到下级菜单，有的则没有下级菜单，没有下级菜单的会在实验名称前标记“√”符号。

在选中某个实验时，主控模块会向实验所涉及到的模块发命令。因此，需要这些模块电源开启，否则，设置会失败。实验具体需要哪些模块，在实验步骤中均有说明，详见具体实验。

 

（a）主菜单 （b）进入通信原理实验菜单

图1-2 设置为“通信原理实验”

2、14号模块的框图



图1-3 14号模块框图

3、14号模块框图说明（m序列）

该模块提供了四路m序列，m序列由模块FPGA产生，测试点分别为PN1\PN2\PN3\PN4，可通过拨码开关S1\S2\S3\S4选择不同的m序列码型。实验中可以观察PN序列和Walsh序列的合成波形（即序列1和序列2）之间的相关特性。通过将S2与S3进行相同的设置、S1与S4进行相同的设置，使序列1与序列2相同，则将序列1与序列2相乘再积分，在“相关函数值”测量点可以通过示波器测量显示序列的自相关特性。如果S2与S3进行不同地设置或S1与S4设置不同，则序列1与序列2不同，在“相关函数值”测量点可以得到互相关特性。

4、实验原理框图



图1-4 m序列相关性实验框图

5、实验框图说明

m序列的自相关系数为



式中，A为序列与循环移位序列对应位码元相同的数目；D为对应位码元不同的数目。自相关系数随着移位位数或移位时间的变化而变化的函数称为m序列的自相关函数。

对于m序列，其码长为P=2n－1，在这里P也等于码序列中的码元数，即“0”和“1”个数的总和。

m序列的自相关函数为





图1-5 m序列的自相关函数

#### 四、实验步骤

1、开电，设置主菜单，选择【通信原理】→【m序列产生及特性】。

2、将14号模块的拨码开关S1、S2、S3、S4全拨为“0000”。将开关S6拨至“127位”，设置PN序列长度为127位。按复位开关S7。

3、观测测试点PN1或PN3，了解m序列波形。

4、观测TH9（相关函数值）测试点，了解m序列自相关特性。

#### 五、实验报告

1、分析实验电路的工作原理，简述其工作过程。

2、观测并分析实验过程中的实验现象。

### 实验二 Gold序列及Walsh序列产生及特性分析实验

#### 一、实验目的

1、了解Gold序列、Walsh序列的特性及产生。

2、观察CDMA序列的波形特点。

#### 二、实验器材

1、主控&信号源模块、14号模块 各一块

2、双踪示波器 一台

3、连接线 若干

#### 三、实验原理

1、14号模块的框图



图2-1 14号模块框图

2、14号模块框图说明

该模块提供了四路m序列，m序列由模块FPGA产生，测试点分别为PN1\PN2\PN3\PN4，可通过拨码开关S1\S2\S3\S4选择不同的m序列码型。可通过拨码开关S2、S3、选择不同的PN序列2的码型。两路Gold序列由模块FPGA将两路PN序列复合得到，测试点分别为G1(Gold序列)和G2(Gold序列)。Walsh序列由模块FPGA产生，该模块提供了两路Walsh序列，分别可通过拨码开关S1和S4选择码型，测试点分别为W1(Walsh序列)和W2(Walsh序列)。

实验中可以观察PN序列和Walsh序列的合成波形（即序列1和序列2）之间的相关特性。通过将S2与S3进行相同的设置、S1与S4进行相同的设置，使序列1与序列2相同，则将序列1与序列2相乘再积分，在“相关函数值”测量点可以通过示波器测量显示序列的自相关特性。如果S2与S3进行不同地设置或S1与S4设置不同，则序列1与序列2不同，在“相关函数值”测量点可以得到互相关特性。

3、实验原理论述

m序列的自相关系数为



式中，A为序列与循环移位序列对应位码元相同的数目；D为对应位码元不同的数目。自相关系数随着移位位数或移位时间的变化而变化的函数称为m序列的自相关函数。

对于m序列，其码长为P=2n－1，在这里P也等于码序列中的码元数，即“0”和“1”个数的总和。m序列的自相关函数为





图2-2 m序列的自相关函数

虽然m序列有优良的自相关特性，但是使用m序列作CDMA（码分多址）通信的地址码时，其主要问题是由m序列组成的互相关特性好的互为优选的序列集很少，对于多址应用来说，可用的地址数太少了。而Gold序列具有良好的自、互相关特性，且地址数远远大于m序列的地址数，结构简单，易于实现，在工程上得到了广泛的应用。

Gold序列是m序列的复合码，它是由两个码长相等、码时钟速率相同的m序列优选对进行对应位模二加构成的。其中m序列优选对是指在m序列集中，其互相关函数最大值的绝对值最接近或达到互相关值下限（最小值）的一对m序列，也即互相关函数波动最小，满足理想三值公式的（相关知识见教材P99）。

Walsh码是一种同步正交码， 即在同步传输情况下， 利用Walsh码作为地址码具有良好的自相关特性和处处为零的互相关特性。实验中利用Walsh序列与Gold序列复合产生CDMA序列提供更多的地址数。

#### 四、实验步骤

**（一）、Gold序列产生及特性**

1、开电，设置主菜单，选择【通信原理】→【Gold序列产生及特性】。

2、将14号模块的拨码开关S1、S4全拨为“0000”。将开关S6拨至“127位”，设置PN序列长度为127位。

3、设置S2和S3为0001，使G1和G2输出相同的Gold序列。按复位开关S7。

4、观测TH9（相关函数值）测试点，了解GOLD序列自相关特性。

5、设置S2为0001，S3为0010，使G2与G1输出的Gold序列不相同。按复位开关S7。

4、观测TH9（相关函数值）测试点，了解GOLD序列互相关特性。

**（二）、Walsh序列产生及特性**

1、开电，设置主菜单，选择【通信原理】→【Walsh序列产生及特性】。

2、将14号模块的拨码开关S2、S3全拨为相同，使G1和G2一致。

3、设置S1和S4为0001，使W1和W2输出Walsh序列相同。按复位开关S7。

4、观测TH9（相关函数值）测试点，了解Walsh与Gold序列经模2加后的序列自相关特性。

5、设置S1为0001，S4为0010，使W2与W1输出Walsh序列不相同。按复位开关S7。

6、观测TH9（相关函数值）测试点，了解Walsh与Gold序列经模2加后的序列互相关特性。

#### 五、实验报告

1、分析实验电路的工作原理，简述其工作过程。

2、观测并分析实验过程中的实验现象。

### 实验三 直接序列扩频实验

#### 一、实验目的

1、了解直接序列扩频原理和方法。

2、了解扩频前后信号在时域及频域上的变化。

#### 二、实验器材

* + 1. 主控&信号源模块、10号、14号模块 各一块
    2. 双踪示波器 一台
    3. 连接线 若干

#### 三、实验原理

1、实验原理框图



图3-1 14号模块框图



图3-2 直接序列扩频实验框图

2、实验框图说明

信号源PN序列经过14号模块扩频处理，再加到10号模块的调制端，形成扩频调制信号发送出去。其中，从14号模块可以看到扩频码可以通过拨码开关设置为Walsh序列、m序列和Gold序列。

（1）PN序列&Walsh序列的产生。由ALTERA的FPGA产生固定的PN序列和可调的Walsh序列。其中PN序列有127位和128位可选。Walsh序列长度为16位。

（2）不同PN序列&Walsh序列的选取。通过设置不同的初始状态，可以得到不同偏移位置的PN序列。通过拨码开关更改Walsh序列。

（3）Gold序列的产生。由两路PN序列模2相加可得Gold序列并观测。

（4）Walsh序列与Gold序列的合成。可得到最终的复合扩频调制序列并观测。

（5）扩频调制输出。通过产生最终复合扩频调制序列对输入NRZ信号进行扩频调制，输出最终CDMA信号。

（6）相关函数的观测。两路不同的最终复合扩频调制序列进行相乘并积分，可得到两者相关函数值供实验观测。

|  |  |
| --- | --- |
| **名称** | **说明** |
| PN序列长度设置 | 127位/128位切换开关。 |
| S2,S3 | 更改PN序列1偏移量。 |
| S1,S4 | 更改不同Walsh序列。 |
| 复位 | 设置完PN序列偏移后一定要此复位开关。 |
| PN1,PN3 | FPGA产生的固定PN序列观测点。 |
| PN2,PN4 | 通过S2,S3改变偏移后的PN序列观测点。 |
| 起始指示 | 用来指示PN序列的起始位置观测点。 |
| G1,G2 | 通过PN序列模2相加所得的Gold序列观测点。 |
| W1,W2 | Walsh序列观测点。 |
| 序列1，序列2 | Walsh序列与Gold序列合成的复合扩频序列观测点。 |
| NRZ1,NRZ2 | 待扩频的非归零码信号输入点。 |
| NRZ-CLK1,NRZ-CLK2 | 待扩频的非归零码信号时钟输入点。 |
| CDMA1，CDMA2 | 扩频调制后的CDMA信号输出点。 |
| BSOUT | 扩频调制后的CDMA1信号的位同步时钟信号输出点。 |
| 序列相乘 | 序列1与序列2相乘后的信号观测点。 |
| 相关函数值 | 序列1与序列2相乘后经过积分得到的相关性函数观测点。 |
| S5 | 模块总开关 |

#### 四、实验步骤

1、按框图所示连线。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **源端口** | **目标端口** | **连线说明** |
| 信号源：PN | 模块14：TH3(NRZ1) | 数据送入扩频单元 |
| 信号源：CLK | 模块14：TH1(NRZ-CLK1) | 时钟送入扩频单元 |
| 模块14：TH4(CDMA1) | 模块10：TH3(DIN1) | 扩频后加调制 |
| 模块10：TH7（I-Out） | 模块10：TH6（I-In） | I路成形信号加载频 |

2、开电，设置主菜单，选择【通信原理】→【直接序列扩频】。再根据实验框图说明，分别设置不同的扩频码，并按复位键S7进行确认。

3、此时系统初始状态为：PN序列输出频率16KHz，载频为10.7MHz。

4、实验操作及波形观测。

（1）对比观测NRZ1和CDMA1，从时域和频域上观测扩频前后波形变化情况。

（2）观测“调制输出”，对比扩频前后调制信号变化情况。

#### 五、实验报告

1、观测并分析实验过程中的实验现象。

### 实验四 直接序列解扩实验

#### 一、实验目的

1、了解直接序列解扩原理和方法。

2、观察解扩时本地扩频码与扩频时扩频码的同步情况。

3、观察已调信号在解扩前后的频域变化情况。

#### 二、实验器材

* + 1. 主控&信号源模块、10号、14号、15号模块 各一块
    2. 双踪示波器 一台
    3. 连接线 若干

#### 三、实验原理

1、扩频实验原理框图



图4-1 14号模块框图

2、14号模块框图说明

信号源PN序列经过14号模块扩频处理，再加到10号模块的调制端，形成扩频调制信号发送出去。其中，从14号模块可以看到扩频码可以通过拨码开关设置为Walsh序列、m序列和Gold序列。

（1）PN序列&Walsh序列的产生。由ALTERA的FPGA产生固定的PN序列和可调的Walsh序列。其中PN序列有127位和128位可选。Walsh序列长度为16位。

（2）不同PN序列&Walsh序列的选取。通过设置不同的初始状态，可以得到不同偏移位置的PN序列。通过拨码开关更改Walsh序列。

（3）Gold序列的产生。由两路PN序列模2相加可得Gold序列并观测。

（4）Walsh序列与Gold序列的合成。可得到最终的复合扩频调制序列并观测。

（5）扩频调制输出。通过产生最终复合扩频调制序列对输入NRZ信号进行扩频调制，输出最终CDMA信号。

|  |  |
| --- | --- |
| **名称** | **说明** |
| PN序列长度设置 | 127位/128位切换开关。 |
| S2,S3 | 更改PN序列1偏移量。 |
| S1,S4 | 更改不同Walsh序列。 |
| 复位 | 设置完PN序列偏移后一定要此复位开关。 |
| PN1,PN3 | FPGA产生的固定PN序列观测点。 |
| PN2,PN4 | 通过S2,S3改变偏移后的PN序列观测点。 |
| 起始指示 | 用来指示PN序列的起始位置观测点。 |
| G1,G2 | 通过PN序列模2相加所得的Gold序列观测点。 |
| W1,W2 | Walsh序列观测点。 |
| 序列1，序列2 | Walsh序列与Gold序列合成的复合扩频序列观测点。 |
| NRZ1,NRZ2 | 待扩频的非归零码信号输入点。 |
| NRZ-CLK1,NRZ-CLK2 | 待扩频的非归零码信号时钟输入点。 |
| CDMA1，CDMA2 | 扩频调制后的CDMA信号输出点。 |
| BSOUT | 扩频调制后的CDMA1信号的位同步时钟信号输出点。 |
| 序列相乘 | 序列1与序列2相乘后的信号观测点。 |
| 相关函数值 | 序列1与序列2相乘后经过积分得到的相关性函数观测点。 |
| S5 | 模块总开关 |

3、15号模块框图



图4-2 15号模块框图

4、解扩实验框图说明

CDMA接收模块用于扩频通信系统的接收端。处于接收部分的最前端，其解扩的信号会送到解调模块进行解调。CDMA接收模块主要是解决两个问题。第一是序列的同步问题，由于扩频序列的自相关性，当序列在非同步情况下是无法获取有用信息的。第二是时钟同步问题，由于接收端产生解扩序列的时钟与发送端是非同步的。因此，当序列同步，如果时钟不同步，序列会逐渐产生偏差，最终失步。只有序列和时钟都达到同步，才能完成解扩。

模块包含如下4大功能：

（1）捕获支路：用来捕获扩频序列，达到序列同步的状态。

（2）跟踪支路：用来进行时钟同步。

（3）序列产生单元：产生解扩序列，序列产生可受滑动控制单元控制，是序列相位滑动。

（4）滑动控制单元：产生序列的滑动控制脉冲信号。该脉冲信号由前面的门限判决信号控制，当门限判决输出为高时，说明序列已经捕获，滑动控制单元停止产生滑动控制脉冲信号；当门限判决输出为低时，说明序列未捕获，滑动控制单元产生滑动控制脉冲信号。

模块端口名称、可调参数及说明如下所述：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **模块** | **端口名称** | **端口说明** |
| 捕获支路 | 同步序列 | 输出解扩序列 |
| 解扩输出 | 输出解扩信号，是BPSK的数字调制信号 |
| 相关1 | 同步序列与扩频信号相关计算输出 |
| 512K | 解扩序列的时钟信号 |
| 跟踪支路 | 接收天线 | 解扩天线接收端口 |
| 扩频信号输入 | 解扩同轴电缆输入端口 |
| 超前序列 | 与同步序列相比相位超前1/2码元 |
| 滞后序列 | 与同步序列相比相位滞后1/2码元 |
| 相关2 | 超前序列与扩频信号相关计算输出 |
| 相关3 | 滞后序列与扩频信号相关计算输出 |
| 压控电压 | 控制压控晶振频率变化的信号 |

（1）增益调节：调节天线接收小信号放大的增益。

（2）判决门限调节：调节相关峰的判决门限（由于接收信号幅度不同，相关峰的幅值也有所不同）。

（3）压控偏置调节：调节压控晶振的中心频率。

（4）PN序列长度设置：设置PN序列长度为127或128位。

（5）PN初始状态设置：设置PN序列初始状态。

5、直接序列解扩实验原理框图



图4-3直接序列解扩实验原理框图

#### 四、实验步骤

1、按图4-3所示的框图所示连线，连线说明见下表。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **源端口** | **目标端口** | **连线说明** |
| 信号源：PN | 模块14：TH3(NRZ1) | 数据送入扩频单元 |
| 信号源：CLK | 模块14：TH1(NRZ-CLK1) | 时钟送入扩频单元 |
| 模块14：TH4(CDMA1) | 模块10：TH3(DIN1) | 扩频后加调制 |
| 模块10：TH7（I-Out） | 模块10：TH6（I-In） | I路成形信号加载频 |
| 模块10：P1(调制输出) | 模块15：J4(扩频信号输入) | 送入解扩单元 |

2、运行仿真，开启所有模块的电源开关。

3、设置主控菜单，选择【通信原理】→【直接序列扩频及解扩】。

4、此时系统初始状态为：PN序列输出频率16KHz，载频为10.7MHz。

5、调用示波器观测14号模块“起始指示”和14号模块“序列1”。这里“起始指示”作为辅助测试点，方便示波器中稳定显示扩频序列。

6、调用示波器观测14号模块“起始指示”和15号模块“同步序列”。

7、调用示波器观测15号模块“相关1”。

8、先设置14号模块和15号模块上的拨码开关，是扩频端的扩频序列和解扩端的解扩序列一致。例如，14号模块开关S1=0000，S2=0001，按14号模块的复位键进行确认；15号模块开关S1=0001，S4=0000，按15号模块的复位键进行确认。

9、先将15号模块的判决门限调节旋钮W2逆时针到底，增益调节旋钮W1调至适当的位置。调节示波器，观察“相关1”输出的序列相关特性峰值情况。记录此时15号模块的捕获指示灯的亮灭情况。观察此时“序列1”和“同步序列”的序列波形以及波形之间是否相对滑动。

10、顺时针缓慢调节15号模块的门限调节旋钮W2，注意“序列1”和“同步序列”相对“起始指示”位置关系，使二者同步。记录此时指示灯亮灭情况。观察此时“相关1”输出情况。

11、自行设置扩频码和解扩码的相关拨码开关，使二者序列不相同，再观察扩频解扩模块中各测试点波形变化情况。

12、自行设计观测方法，观察15号模块中“超前序列”、“滞后序列”、“相关2”、“相关3”等测试点，了解CDMA解扩中超前滞后锁相环的作用。

#### 五、实验报告

1、观测并分析实验过程中的实验现象。