

# 《通信原理》实验指导书



北京科技大学计通学院通信工程系

2019年9月

# 目录

前言.....	4
第一部分 模拟通信系统.....	5
实验一 幅度调制解调系统的实验 .....	5
一、实验目的.....	5
二、实验环境.....	5
三、实验内容.....	5
四、实验步骤.....	5
五、实验结论与思考题 .....	7
实验二 AM 调制信号的 Labview 实现.....	8
一、实验目的.....	8
二、实验环境.....	8
三、实验内容.....	8
四、实验步骤.....	8
五、实验结论及思考题 .....	9
第二部分数字基带系统.....	10
实验三 线路码型的 labview 实现 .....	10
一、实验目的.....	10
二、实验环境.....	10
三、实验内容.....	10
四、实验步骤.....	10
五、实验结论与思考题 .....	10
实验四 眼图观察实验 .....	12
一、实验目的.....	12
二、实验环境.....	12
三、实验内容.....	12
四、实验步骤.....	12
五、实验结论与思考题 .....	14
第三部分数字频带系统.....	15

实验五 2ASK 和 2FSK 信号的 labview 实现.....	15
一、实验目的.....	15
二、实验环境.....	15
三、实验内容.....	15
四、实验步骤.....	15
五、实验结论及思考题 .....	16
实验六 AWGN 下 DPSK 调制解调系统的设计（综合性实验） .....	17
一、实验目的.....	17
二、实验环境.....	17
三、实验内容.....	17
四、实验步骤.....	17
五、实验结论及思考题 .....	17

## 前言

《通信原理》课程是我校通信工程专业的一门专业基础课，学生对本门课程的掌握程度直接影响到后续专业课程的学习。在实际教学中需要大量相关的实验操作实现对理论知识的理解和消化。传统的通信原理实验箱通过硬件电路实现各功能模块，由信号发生器产生信号，用示波器观察各点波形，但面对复杂的电路板学生难以从系统的观点去分析各点波形。设计与传统实验相配合的仿真实验教程，采用软件模拟的方法，可灵活调节各个实验参数，控制实验进程，使学生能够更好掌握实现通信系统的基本方法，培养学生理论联系实际和自主开发创新的能力。

本课程安排有12个学时的实验，分为三个部分进行：第一部分是模拟通信系统的调制解调实验，要求学生完成调幅系统在实验箱上的验证及Labview的仿真实现；第二部分是数字基带调制解调实验，要求学生独立完成各种PAM码型的编译实验；第三部分是数字频带调制解调实验，要求学生完成二进制数字调制信号的仿真实现，进一步完成加性高斯白噪声信道下的DPSK系统的综合设计。

# 第一部分 模拟通信系统

## 实验一 幅度调制解调系统的实验

### 一、实验目的

1. 掌握用集成模拟乘法器实现包络调制、抑制载波双边带调幅的方法；
2. 研究已调波与调制信号、载波信号的关系；
3. 掌握用示波器测量调幅系数的方法；
4. 掌握用集成电路实现 AM 和 DSB 同步检波器的方法；
5. 了解输出端的低通滤波器对调幅波解调性能的影响。

### 二、实验环境

1. 集成乘法器幅度调制电路模块
2. 集成乘法器幅度解调电路模块
3. 高频信号源或“PSK 调制模块”
4. 双踪示波器
5. 信号（夹子）连接线
6. 噪声模块（噪声模块的具体设置为： 3W01:噪声电平调节； 3W02: 加噪后信号幅度调节； 3TP01:噪声信号测试点，电平由 3W01 调节； P01:外加信号输入铆孔； 3P02:加噪后信号输出铆孔。）

### 三、实验内容

1. 实现 AM 波，用示波器观察 其波形，并测量相应的调幅系数；
2. 实现抑制载波的双边带调幅波，用示波器观察 DSB 波形；
3. 实现高斯白噪声信道下的调幅信号的接收，观察其相干解调波形。

### 四、实验步骤

#### 1. 实验准备

（1）选择好需做实验的模块：集成乘法器幅度调制电路、集成乘法器幅度解调电路和噪声模块。接通实验箱右侧电源开关,即可开始实验。

（2）调制信号源采用非同步函数信号，其参数调节如下（示波器监测）：

- 频率范围：1kHz □
- 波形选择：正弦波 □
- 输出峰-峰值：300mV

(3) 载波源：采用高频信号源（用“PSK调制模块”上的1M正弦载波37TP02），

- 工作频率：1MHz用频率计测量；□
- 输出幅度（峰-峰值）：300mV，用示波器观测。

## 2. 输入失调电压的调整（交流馈通电压的调整）

集成模拟相乘器在使用之前必须进行输入失调调零，也就是要进行交流馈通电压的调整，其目的是使相乘器调整为平衡状态。因此在调整前必须将开关8K01置“off”（往DSB拨），以切断其直流电压。交流馈通电压指的是相乘器的一个输入端加上信号电压，而另一个输入端不加信号时的输出电压，这个电压越小越好。

### （1）载波输入端输入失调电压调节

把调制信号源输出的音频调制信号加到音频输入端（8P02），而载波输入端不加信号。用示波器监测相乘器输出端（8P03）的输出波形，调节电位器8W02，使此时输出端（8P03）的输出信号（称为调制输入端馈通误差）最小。

### （2）调制输入端输入失调电压调节

把载波源输出的载波信号加到载波输入端（8P01），而音频输入端不加信号。用示波器监测相乘器输出端（8P03）的输出波形。调节电位器8W01使此时输出（8P03）的输出信号（称为载波输入端馈通误差）最小。

## 3. 调幅波的产生

在保持输入失调电压调节的基础上，将开关8K01置“on”（往AM拨），即转为正常调幅状态。载波频率仍设置为1MHZ（幅度300mv），调制信号频率1KHZ（幅度300mv）。示波器CH1接8TP02、CH2接8TP03，即可观察到AM波形，如图1-1所示。

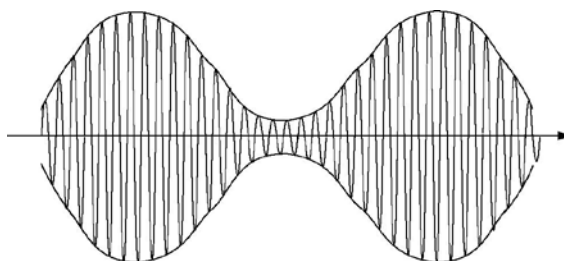


图1-1 AM 波形示意图

调整电位器8W03，通过改变调幅波的调制度，可以实现DSB和AM波。在观察

输出波形时，改变音频调制信号的频率及幅度，输出波形应随之变化。记下AM波对应 $V_{\max}$ 和 $V_{\min}$ ，并计算调幅度 $m$ 。

#### 4. 调幅波的解调

将幅度调制电路的输出与噪声模块的输出相接后，接到幅度解调电路的调幅输入端(9P02)。解调电路的恢复载波，可用铆孔线直接与调制电路中载波输入相连，即9P01与8P01相连。示波器CH1接调幅信号9TP02，CH2接同步检波器的输出9TP03。调节3W01逐步增加噪声电平大小，观察AM调制信号的解调信号变化。

### 五、实验结论与思考题

1. 分别观察当 $a = 30\%$ 、 $a = 100\%$ 、 $a > 1$ 时三种调幅波的波形，并与调制信号作比较，分析过调幅的原因。
2. 当噪声电平为 0 时，分别观察并记录当 $a = 30\%$ 、 $a = 100\%$ 、 $a > 1$ 时三种解调输出波形。
3. 调节 3W01 逐步增加噪声电平大小，看是否还能正确解调出基带信号，并分析原因。

## 实验二 AM 调制信号的Labview 实现

### 一、实验目的

1. 加深对AM调制解调原理的理解。
2. 系统掌握模拟线性调制系统的组成和性能测试。

### 二、实验环境

labview2013软件

- (1) 数值输入控件（基带频率，基带幅值，载波频率，载波幅值，直流分量）
- (2) 波形图控件（基带信号，基带频谱，AM 信号，AM 信号频谱，AM 解调信号）
- (3) 基本函数发生器
- (4) 加法器
- (5) 乘法器
- (6) 低通滤波器
- (7) 频谱测量仪

### 三、实验内容

1. 在labview仿真软件上实现AM调制信号，要求能够观察调制信号、载波信号及已调信号的时域波形和频谱波形。
2. 给调制信号和载波信号设置合适的参数，设置直流分量的值，观察AM调幅信号波形及频谱特性。
3. 改变调制信号的幅值或直流分量的值，观察调制信号幅度分别小于、等于、大于直流分量时，调幅信号的波形变化，

### 四、实验步骤

根据在仿真软件中的实现过程写出详细的实验步骤（可参照以下步骤书写）

1. 新建 VI 工程并命名为 AM 信号调制解调；
2. 在工程前面板中放置数值输入控件，分别命名为基带频率，基带幅值，载波频率，载波幅值，直流分量；右键→数值→数值输入控件。
3. 在工程前面板中放置波形图控件，分别命名为基带信号，基带频谱，AM 信号，AM 信号频谱，AM 解调信号；右键：控件→图形→波形图。



4. 快捷键 **Ctrl+E** 进入 AM 调制与解调的程序框图中放置基本函数发生器两个，分别用来产生基带信号和载波信号；用线将其与数值控件连接；
5. 根据 AM 调制原理，构件调制过程，用到乘法器和加法器进行连接。
6. 用低通滤波器构件解调过程；
7. 在前面板中输入参数，观察波形变化。

.....

## 五、实验结论及思考题

1. 记录不同参数下的AM调幅信号波形及频谱特性。
2. 计算调制信号幅度分别小于、等于、大于直流分量时，调幅信号的波形变化，并分析原因。
3. 对仿真过程中遇到的困难及解决方法进行分析总结。

## 第二部分数字基带系统

### 实验三 线路码型的labview 实现

#### 一、实验目的

1. 理解线路码型的设计原则。
2. 熟悉掌握AMI、HDB3、CMI和双相码的编码规则。

#### 二、实验环境

labview2013软件

- (1) 数组+数值输入控件
- (2) 数组+数值显示控件
- (3) 数组+字符串显示控件
- (4) 数值输入控件（计数，除数，被除数）
- (5) 布尔（停止按钮，圆形指示灯）
- (6) 波形图控件
- (7) 结构（While 循环，For 循环，条件结构，层叠式顺序结构）
- (8) 数组（数组大小，索引数组，创建数组，替换数组子集）
- (9) 数值（数值常量，+1，÷，向下取整）
- (10) 比较（=）

#### 三、实验内容

1. 根据线路码型的编码规则，在labview仿真软件上自主设计完成AMI、HDB3、CMI和双相码的编码波形。
2. 在每个码型编码仿真图中，输入消息代码，观察变换后的码型及其波形，并验证编码是否正确。

#### 四、实验步骤

根据在仿真软件中的实现过程写出详细的实验步骤。

#### 五、实验结论与思考题

1. 比较分析各个码型的特点，指出各自的优点与不足，并说明原因。

2. 对仿真过程中遇到的困难和解决办法进行分析总结。

## 实验四 眼图观察实验

### 一、实验目的

1. 了解眼图的形成原理。
2. 学会观察眼图及其分析方法。

### 二、实验环境

1. 时钟与基带数据发生模块，位号：G
2. PSK调制模块，位号A
3. 噪声模块，位号B
4. PSK解调模块，位号C
5. 复接/解复接、同步技术模块，位号：I
6. 20M双踪示波器1台
7. 底板右边“眼图观察电路”

W06：接收滤波器特性调整电位器。

3W01：噪声电平调节电位器

P17：接收滤波器输出升余弦波形测试点。

3TP01：噪声输出测试点

注：本实验电路要求输入的基带信号为32Kb/s速率。

### 三、实验内容

1. 观察BPSK信号在无噪声情况下的眼图。
2. 观察BPSK信号在高斯白噪声信道下的眼图。

### 四、实验步骤

1. 插入有关实验模块：

在关闭系统电源的条件下，将“时钟与基带数据发生模块”、“PSK 调制模块”、“噪声模块”、“PSK 解调模块”，插到底板“G、A、B、C”号的位置插座上（具体位置可见底板右下角的“实验模块位置分布表”）。注意模块插头与底板插座的防呆口一致，模块位号与底板位号的一致。

2. BPSK信号线连接：

用专用导线将4P01、37P01；37P02、3P01；3P02、38P01；38P02、P16连接（底板右边“眼图观察电路”）。注意连接铆孔的箭头指向，将输出铆孔连接输入铆孔。

### 3. 加电：

打开系统电源开关，底板的电源指示灯正常显示。若电源指示灯显示不正常，请立即关闭电源，查找异常原因。

### 4. 跳线开关设置：

“PSK调制模块”跳线开关37K02的1-2、3-4相连。“时钟与基带数据发生模块”的拨码器4SW02：设置为“00001”，4P01产生32Kb/s 的 15位m 序列输出。

### 4. 无噪声眼图波形观察：

- (1) 调整好PSK调制解调电路电路状态。
- (2) 噪声模块调节：调节3W01，将3TP01噪声电平调为0；
- (3) 调节3W02，调整3P02信号幅度为4V。
- (4) 调整接收滤波器（这里可视为整个信道传输滤波器）的特性，使之构成一个等效的理想低通滤波器。
- (5) 用示波器的一根探头CH1放在4P02（码元时钟）上，另一根探头CH2放在P17（数字基带信号的升余弦波）上，选择示波器触发方式为CH1，调整示波器的扫描旋钮，则可观察到若干个并排的眼图波形。眼图上面的一根水平线由连1引起的持续正电平产生，下面一根水平线由连0码引起的持续的负电平产生，中间部分过零点波形由1、0交替码产生。
- (6) 观看眼图，调整电位器W06直到眼图波形的过零点位置重合、线条细且清晰，此时的眼图为无码间串扰、无噪声时的眼图。在调整电位器W06过程中，可发现眼图波形过零点线条有时弥散，此时的眼图为有码间串扰、无噪声时的眼图，并且线条越弥散，表示码间串扰越大；在调整过程中，还可发现W06在多个不同位置，眼图波形的过零点都重合，由于W06不同位置，对应不同的传输特性，它正好验证了无码间串扰传输特性不是唯一的。

### 6. 有噪声眼图波形观察：

调节3W01，增加噪声电平。因为噪声的影响，PSK解调输出的基带信号中将出现干扰的毛刺信号（实为电平毛刺，在后续再生信号中容易引起判决错误，出现误码），此时的眼图线条变粗、变模糊并且呈毛刺状。噪声越大，线条越粗，越模糊。

## 五、实验结论与思考题

1. 记录实验中观察到的各种眼图。
2. 说明眼图的形成原理。
3. 从“眼睛”的张开程度，观察码间干扰和加性噪声对接收基带信号波形的影响，从而分析系统的性能。

## 第三部分数字频带系统

### 实验五 2ASK 和2FSK 信号的labview 实现

#### 一、实验目的

1. 熟悉掌握2ASK和2FSK的调制原理。
2. 掌握 ASK 非相干解调的原理。

#### 二、实验环境

labview2013软件

- (1) 数组+数值输入控件
- (2) 数值输入控件（采样点数 N，采样率，载波频率，码速率 Rb，相位输入，噪声标准差，调制信号，高斯噪声信号，信道输出信号，载波相位，一个码周期内的点数，载频 1，载频 2）
- (3) 数组+数值显示控件（输入序列波形，输出序列）
- (4) 布尔（停止按钮，圆形指示灯）
- (5) 波形图控件
- (6) 结构（For 循环，条件结构）
- (7) 数组（数组大小，索引数组）
- (8) 数值（数值常量，+，÷，×，最近数取整）
- (9) 比较（=0，>）
- (10) 波形测量（FFT 频谱（幅度-相位），频谱测量）
- (11) 滤波器（Butterworth）
- (12) 信号生成（正弦信号发生器，高斯白噪声）

#### 三、实验内容

1. 设计实现2ASK的Labview仿真系统，要求能得到2ASK的时域波形图和频谱图。
2. 设计实现2FSK的Labview仿真系统，要求能得到2FSK的时域波形图和频谱图。

#### 四、实验步骤

1. 实现2ASK信号的步骤：根据实现过程写出详细的仿真步骤。

2. 实现2FSK信号的步骤：根据实现过程写出详细的仿真步骤。

## 五、 实验结论及思考题

1. 在2ASK实验中，调整前面板中“采样点数”、“采样率”、“载波频率”、“码速率”和“相位输入”的值，观察相应波形和功率谱图形的变化，记录波形和参数，分析原因。哪些参数情况下得到的2ASK调制是正确的？哪些参数情况下的2ASK是不正确的？为什么？
2. 改变载波频率的值，观察2ASK信号的功率谱、带宽，记录载频增加和减小时的功率谱，说明什么问题。
3. 改变码速率的值，记录不同码速率下的功率谱和信号波形，并予以分析说明。
4. 在2FSK实验中，调整前面板中“采样点数”、“采样率”、“载波频率”、“码速率”和“相位输入”的值，观察相应波形和功率谱图形的变化，记录波形和参数，分析原因。哪些参数情况下得到的2FSK调制是正确的？哪些参数情况下的2FSK是不正确的？为什么？
5. 载频1和载频2及码速率三者的关系是什么？增大载频1，观察并记录功率谱的变化；减小载频1，观察并记录功率谱的变化，解释原因。
6. 当抽样速率/码速率不为整数时，记录2FSK信号的波形，出现什么现象？



## 实验六 AWGN下DPSK调制解调系统的设计（综合性实验）

### 一、实验目的

1. 比较分析PSK与DPSK的异同。
2. 掌握DPSK的调制解调原理。
3. 掌握数字频带传输系统的组成和性能测试方法。

### 二、实验环境

labview2013软件

- (1) 数组+数值输入控件
- (2) 数值输入控件（采样点数 N，采样率，载波频率，码速率 Rb，相位输入，噪声标准差，调制信号，高斯噪声信号，信道输出信号，载波相位，一个码周期内的点数，载频 1，载频 2）
- (3) 数组+数值显示控件（输入序列波形，输出序列）
- (4) 布尔（停止按钮，圆形指示灯）
- (5) 波形图控件
- (6) 结构（For 循环，条件结构）
- (7) 数组（数组大小，索引数组）
- (8) 数值（数值常量，+，÷，×，最近数取整）
- (9) 比较（=0，>）
- (10) 波形测量（FFT 频谱，频谱测量）
- (11) 滤波器（Butterworth）
- (12) 信号生成（正弦信号发生器，高斯白噪声）

### 三、实验内容

在labview仿真软件上自主完成加性高斯白噪声下2DPSK调制解调系统的设计。要求实验得到正确的2DPSK调制与解调信号时域波形图，并能够观测2DPSK频谱图。

### 四、实验步骤

根据 2DPSK 调制解调系统的实现过程写出详细的仿真步骤。

### 五、实验结论及思考题

1. 调整2DPSK前面板中“采样点数”、“采样率”、“载波频率”、“码速率”和“相位输入”的值，观察相应的波形和功率谱图形的变化，记录波形和参数，分析原因。
2. 载频与码速率的关系是什么？增大载频、减小载频，观察并记录功率谱的变化。解释原因。
3. 逐渐增加噪声的值，观察解调信号的变化，看是否还能正确解调出输入信号。
4. 比较2ASK、2FSK、2PSK、2DPSK功率谱的异同点。
5. 对仿真过程中遇到的困难及解决方法进行分析总结。