

# 基于 Matlab 的数字基带和频带调制系统

## 1. 实验目的

1.1 掌握数字基带传输系统和振幅键控调制/解调的原理和方法；

1.2 掌握数字基带和振幅键控信号的波形和功率谱特点；

1.3 掌握振幅键控调制系统的 MATLAB 仿真实现方法。

## 2. 实验原理

### 2.1 数字基带传输系统

在数字通信中，有些场合可以不经载波调制和解调过程而让基带信号直接进行传输。像这种不使用载波调制解调装置而直接传送基带信号的系统，称它为基带传输系统如图 1 所示。

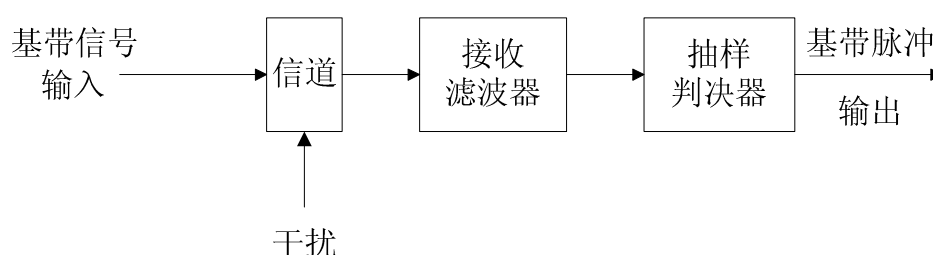


图 1 基带传输系统的基本结构

该结构由信道、接收滤波器、以及抽样判决器组成。这里的信道可以是允许基带信号通过的媒介(例如能够通过从直流至高频的有线线路等)；接收滤波器用来接收信号和尽可能排除信道噪声和其他干扰；抽样判决器则是在噪声背景下用来判定与再生基带信号。

#### 2.1.1 数字基带信号

数字基带信号是信源发出的、未经调制或频谱变换、直接在有效频带与信号频谱相对应的信道上传输的数字信号，是消息代码的电波形，是用不同的电平或脉冲来表示相应的消息代码。数字基带信号的种类很多，如单/双极性码、单/双极性归零码、差分码、AMI 码、HDB<sub>3</sub> 码、PST 码以及双相码等等。

在实际系统中，对传输用的基带信号的主要要求主要有两点：(1) 对各种代码的要求，期望将原始信息符号编制成适合于传输用的码型；(2) 对所选码型的电波形要求，期望电波形适宜于在信道中传输。前一问题成为传输码型的选择；后一问题称为基带脉冲的选择。本实验采用由矩形脉冲组成的单极性码波形。

#### 2.1.2 眼图

用一个示波器跨接在接收滤波器的输出端，然后调整示波器水平扫描周期，使其与接收码元的周期同步。这时就可以从示波器显示的图形上，观察出码间干扰和噪声的影响，从而估计出系统性能的优劣程度。由于在传输二进制信号波形时，示波器显示的图形很像人的眼睛故称之眼图。

在无噪声存在的情况下，一个二进制的基带系统将在接收滤波器输出端得到一个基带脉冲的序列。如果基带传输特性是无码间干扰的，用示波器观察信号波形，并将示波器扫描周期调整到码元的周期  $T$ ，这时信号波形的每一个码元将重叠在一起。由于信号波形时无码间干扰的，因而重叠的图形完全重合，故示波器显示的迹线又细又清晰，如图 2 所示，

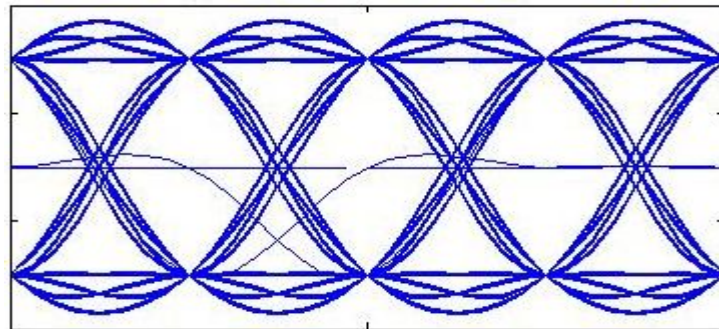


图 2 无码间干扰时的眼图

当波形存在码间干扰时，示波器显示的图像如图 3 所示，

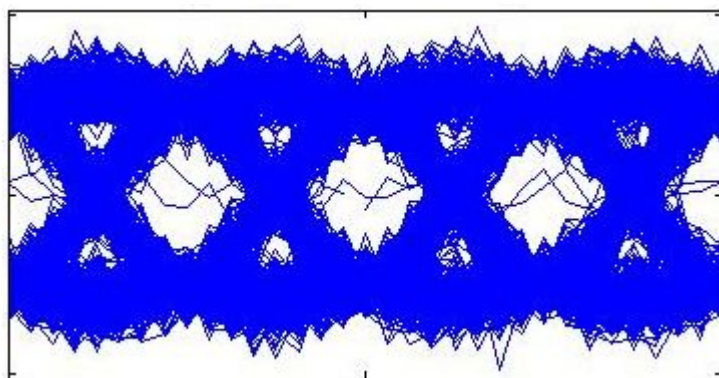


图 3 存在码间干扰时的眼图

从图 2 和图 3 我们可以看到，当波形无码间干扰时，眼图像一只完全张开的眼睛，当波形存在码间干扰时，示波器的扫描迹线不完全重合，形成的线迹较粗而且也不清晰。眼图中央的垂直线表示最佳的抽样时刻，眼图的“眼睛”张开大小反映着码间干扰的强弱。应该注意的是，从图形上并不能观察到随即噪声的全部形态。

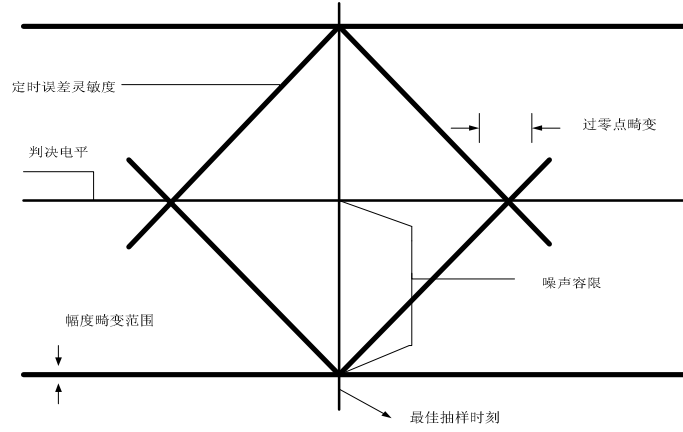


图 4 眼图的模型

图中，最佳抽样时刻应是“眼睛”张开最大的时刻，定时误差的灵敏度可由有眼图的斜边斜率决定。

## 2.1 数字频带传输系统

数字频带调制是将基带数字信号变换成适合带通型传输的一种信号处理方式，正如模拟通信中介绍的一样，可以通过对基带信号的频谱搬移来适应信道特性，也可以采用频率调制、相位调制的方式来达到同样的目的。其信号频谱通常是带通型的，适合于在带通型信道中传输，实现这种传输的系统称为数字频带传输系统。

本实验主要通过 matlab 来学习二进制振幅键控信号的调制解调方式，同时掌握二进制移频键控和移相键控信号的调制原理。

### 2.1.1 二进制振幅键控（2ASK）调制

如果将二进制码元“0”对应信号 0，“1”对应信号  $A \cos 2\pi f_c t$ ，则 2ASK 信号可以写成如下表达式

$$e_0(t) = \left[ \sum_n a_n g(t - nT_s) \right] A \cos 2\pi f_c t \quad (1)$$

这里， $g(t)$  是持续时间为  $T_s$  的矩形脉冲， $a_n$  的取值服从下述关系

$$a_n = \begin{cases} 0, & \text{概率 } P \\ 1, & \text{概率 } 1-P \end{cases} \quad (2)$$

现令  $s(t) = \sum_n a_n g(t - nT_s)$ ，则(1)变为

$$e_0(t) = s(t) \cos 2\pi f_c t \quad (3)$$

$e_0(t)$  的功率谱密度为

$$P_E(f) = \frac{A^2}{4} [P_m(f - f_c) + P_m(f + f_c)] \quad (4)$$

二进制振幅键控信号的产生方法(调制方法)有两种：模拟调制法(相乘器)和键控法。模拟调制用乘法器实现；数字键控法受  $s(t)$  控制的开关电路实现。原理框图如图 5 和图 6 所示。

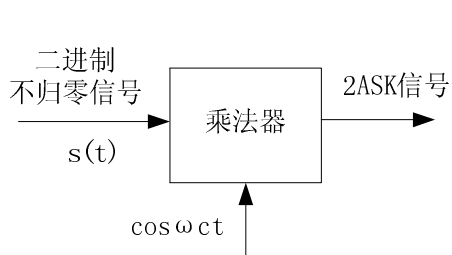


图 5 相乘器法

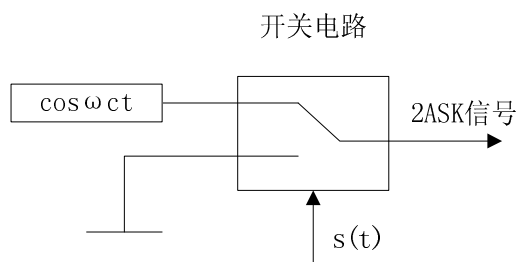


图 6 数字键控法

与模拟调制一样，数字调制也有调幅、调频和调相三种基本形式。不同于模拟调制，数字调制是用载波信号的某些离散状态来表征所传送的信息，在接收端也只要对载波信号的离散调制参量进行检测。数字调制信号，在二进制时有振幅键控(ASK)、移频键控(FSK)、移相键控(PSK)三种基本信号形式。

### 2.1.2 二进制振幅键控（2ASK）解调

如同 AM 信号的解调方法一样，2ASK 信号也有两种基本的解调方法：非相干解调(包络检波法)及相干解调(同步检测法)。相应的接收系统组成方框图如图 7 所示

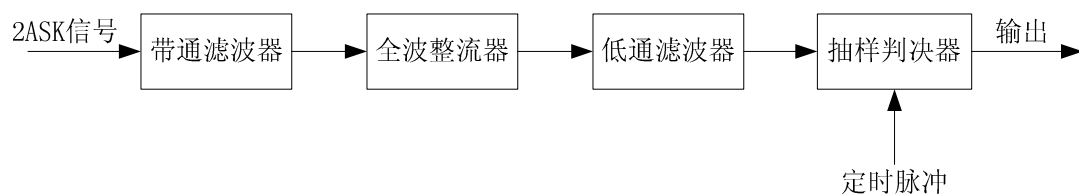


图 7 非相干解调

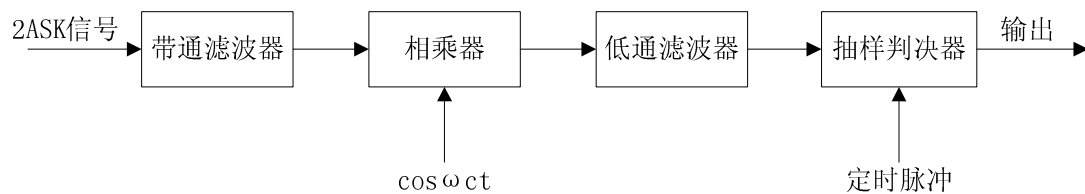


图 8 相干解调

## 3. 实验内容及步骤

### 3.1 实验内容

#### 3.1.1 基本内容：

实现 2ASK 信号的调制解调系统

#### 3.1.2 拓展内容：

实现 M-ASK 信号的调制解调系统。

### 3.2 实验步骤

Step1. 打开 matlab 新建一个 M 文件

Step2. 编写调制代码

(1) 产生基带信号

- (2) 产生载波
- (3) 与载波信号相乘

Step3. 添加噪声

Step4. 带通滤波

Step5. 相干解调

- (1) 经过乘法器
- (2) 低通滤波
- (3) 抽样判决

主要函数介绍:

➤ (单极性不归零) 线路码 将比特流转换为基带脉冲信号

`bit=[1 0 1 0 1 0 1 0];g`为比特流

`N=100;`

`bits=[]; sig=[];` 定义空矩阵`bits`用来存放`N`个0, 或`N`个1; `sig`用来存放基带脉冲信号。

`for i=1:length(bit)%length(m)`表示信号`m`的长度

`if bit(i)==0`

`bits=zeros(1,N);`

`else`

`bits=ones(1,N);`

`end`

`sig=[sig,bits];`

`end`

➤ 添加噪声:

`y = awgn(x,SNR)` 在信号 `x` 中加入高斯白噪声。信噪比 `SNR` 以 `dB` 为单位。`x` 的强度假定为 `0dBW`。如果 `x` 是复数, 就加入复噪声。

`y = awgn(x,SNR,SIGPOWER)` 如果 `SIGPOWER` 是数值, 则其代表以 `dBW` 为单位的信号强度; 如果 `SIGPOWER` 为 `'measured'`, 则函数将在加入噪声之前测定信号强度。

`y = awgn(...,POWERTYPE)` 指定 `SNR` 和 `SIGPOWER` 的单位。`POWERTYPE` 可以是 `'dB'` 或 `'linear'`。如果 `POWERTYPE` 是 `'dB'`, 那么 `SNR` 以 `dB` 为单位, 而 `SIGPOWER` 以 `dBW` 为单位。如果 `POWERTYPE` 是 `'linear'`, 那么 `SNR` 作为比值来度量, 而 `SIGPOWER` 以瓦特为单位。

➤ 滤波器设计:

在 `MATLAB` 下设计 `IIR` 滤波器可使用 `Butterworth` 函数设计出巴特沃斯滤波器, 使用 `Cheby1` 函数设计出契比雪夫 I 型滤波器, 使用 `Cheby2` 设计出契比雪夫 II 型滤波器, 使用 `ellipord` 函数设计出椭圆滤波器。下面主要介绍第三种方法。

主要函数用到的函数有:

`Wp=a/(fs/2);` 若为低通, `a` 为一个频率值, 若为带通 `a` 为一个频率范围`[a1 a2]`

`Rp=c; %% c` 为通带最大衰减分贝

```
Rs=d; %% d 为阻带最小衰减分贝  
[b,a]=ellip(n,Rp,Rs,a);  
sf0=filter(b,a,signal)
```

### (3) 功率谱绘制

```
[Pxx,Pxxc,f] = pmtm(X,3.5,1024,fs,0.99);X为信号，fs为信号采样率，1024为  
FFT点数，其他参数不必更改  
hpsd = dspdata.psd(Pxx,'Fs',fs);  
plot(hpsd)
```

## 4. 实验报告内容及要求

(1) 写出 2ASK 信号的实验原理框图，实验结果及分析，程序源代码;

(2) 要求画出码元速率为 100Hz，载波频率为 1000Hz,采样率 4000Hz，为信噪比为 10 时，对应框图每一点的波形及功率谱图（信息信号，已调制信号，加噪后的信号，带通滤波后的信号，解调后的信号）并附上程序源代码。