

## 通信系统仿真实验任务书

**实验题目：**通信系统仿真基本方法

**实验目的：**通过对通信系统仿真基本方法学习和仿真实验，掌握采样重构方法、掌握带通信号和系统的低通等效方法、掌握一些典型的系统仿真的后处理方法。

**实验内容：**

实验2-1:

(1) 使用每秒10个采样的频率 $f_s$ 对信号

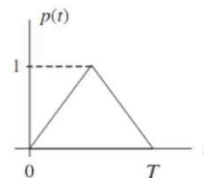
$$x(t) = 5\cos(6\pi t) + 3\sin(8\pi t)$$

进行采样，画出 $X(f)$ 和 $X_s(f)$ 。假定重构滤波器是带宽为 $f_s/2$ 的理想低通滤波器，具有通带增益 $T_s=1/f_s$ ，画出重构滤波器的输出。

(2) 用每秒7个采样点的采样频率重复上面的问题。



实验2-2:



采用  $x(t) = A \sum_{k=0}^{\infty} a_k p(t - kT - \Delta)$  模型进行数据传送，

(1) 成形脉冲为如图三角形脉冲。

(2) MSK信号的能量谱密度如下，其中  $T_b$  是比特时间。

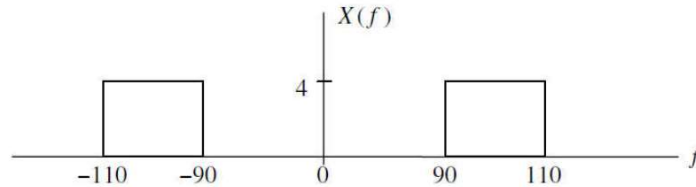
$$G_{MSK}(f) = \frac{16T_b \cos^2(2\pi T_b f)}{\pi^2 [1 - (4T_b f)^2]^2}$$

(3) QPSK信号的能量谱密度如下，其中  $T_b$  是比特时间。

$$G(f) = 2T_b \text{sinc}^2(2T_b f)$$

编写程序画出每符号从4到20采样点时的混叠信噪比(SNR)<sub>a</sub>。和矩形成形脉冲得到的结果都画在同一个坐标系里作比较，并解释其结果。

实验2-3: 信号 $x(t)$ 的傅里叶变换如图所示, 假设对于所有的 $f$ ,  $X(f)$ 都为正实数。



- (1) 对 $f_0=100$ 的情况, 确定并画出 $X_d(f)$ 和 $x_d(t)$ 。
- (2) 对 $f_0=95$ 的情况, 确定并画出 $X_d(f)$ 和 $x_d(t)$ 。
- (3) 对 $f_0=90$ 的情况, 确定并画出 $X_d(f)$ 和 $x_d(t)$ 。
- (4) 比较并讨论以上结果。

实验2-4: 某角度调制信号定义如下

$$X(t) = 6 \cos[240\pi t + 2 \sin 24\pi t]$$

- (1) 解析地确定并画出 $x_d(t)$ 和 $x_q(t)$ 。
- (2) 使用MATLAB和FFT变换, 确定并画出 $X(f)$ , 要求画出幅度和相位。
- (3) 使用MATLAB, 确定并画出等效低通信号的频谱。
- (4) 使用MATLAB, 确定并画出 $x_d(t)$ 和 $x_q(t)$ 。
- (5) 比较 (1) 和 (4) 的结果。

实验2-5: 试编写Matlab程序对 $\pi/4$  DQPSK接收机进行仿真。通过对接收机和前面发射机进行联合仿真, 证明接收机仿真可以正常工作。

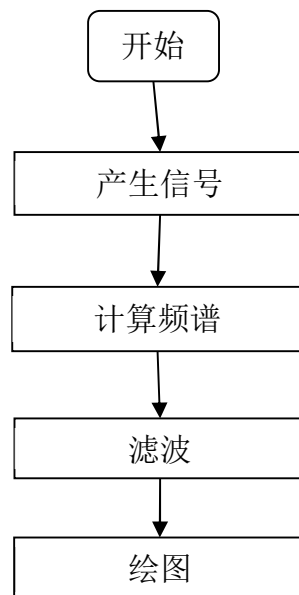
# 实验一

## 1 基本原理

无限长模拟信号的离散傅里叶变换对应的序列可等效为对信号用矩形窗截断后与采样冲激序列相乘及与延拓序列卷积得到。冲激序列强度为 1，延拓序列强度为窗口时间长度。

## 2 仿真实验设计

信号频率为 3Hz 和 4Hz，频率分辨率应为 3、4 的最大公因数，即 1Hz，则信号时间为 1s。

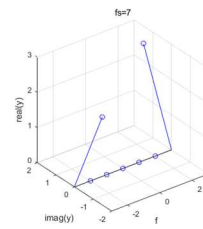
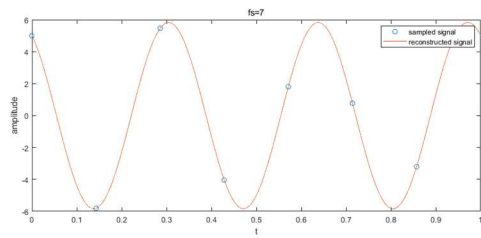
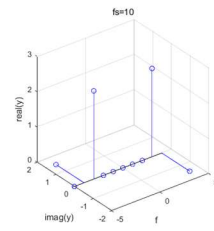
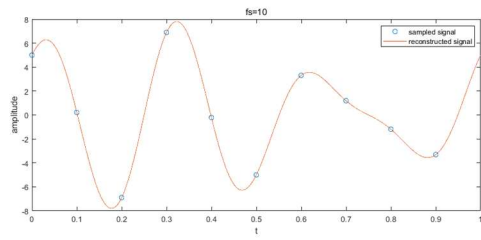


## 3 仿真实验实现

以 1000 倍过采样信号近似作为模拟信号，采用频域滤波方式实现信号重构。

## 4、仿真实验结论

仿真结果如图所示。采样率为 10 时仿真频谱和理论频谱一致。采样率为 7 时频谱发生混叠。

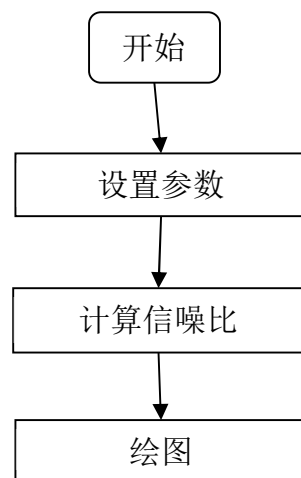


## 实验二

### 1 基本原理

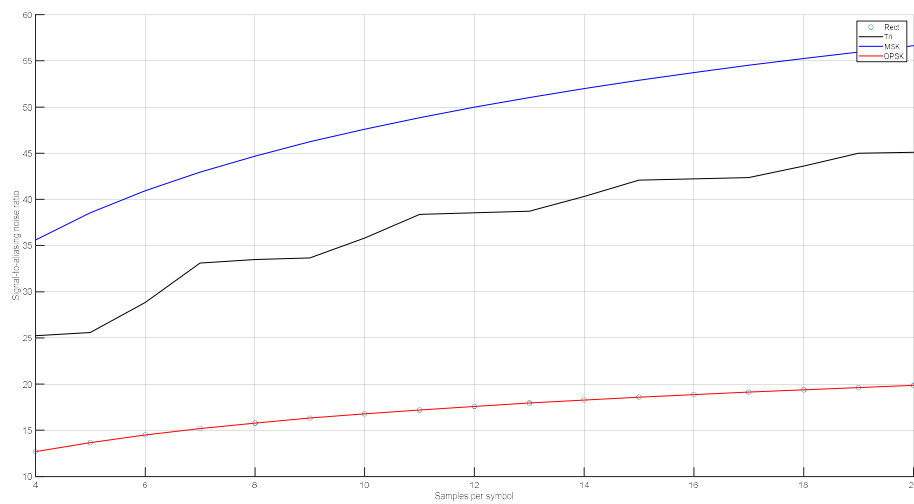
采样频率低于奈奎斯特频率是频谱会发生混叠。有限长度信号具有无限长度频谱，采样时无法避免频谱混叠，引入混叠噪声。

### 2 仿真实验设计



## 4、仿真实验结论

仿真结果如图所示。



QPSK 和方波脉冲抗混叠性能相同。MSK 抗混叠性能最优于三角波优于 QPSK 和方波。

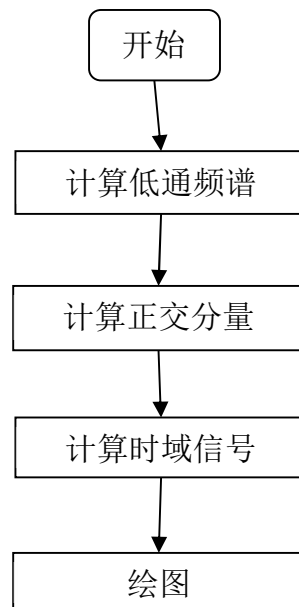
QPSK 和方波脉冲功率谱形状一致，三角波频谱等于方波频谱拉伸并平方，功率相对更集中，MSK 带外功率衰减快。

## 实验三

### 1 基本原理

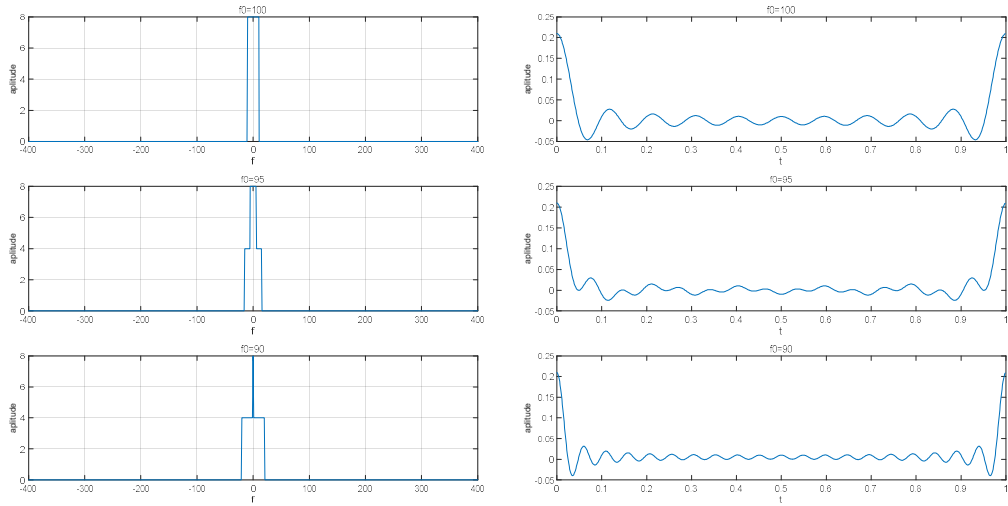
可用低通信号频谱映射带通信号频谱。通频带内中心对称的信号可直接分解为低通分量与载波之积。非中心对称信号可取其正频率部分的两倍作为其低通频谱，此时低通频谱对应时域信号为复信号，可分解为实部和虚部。低通信号的实部和负虚部分别为其同相正交分量，对应信号低通频谱的共轭对称及负共轭反对称分量。

### 2 仿真实验设计



## 4、仿真实验结论

仿真结果如图所示。



带通信号的中心频率选择会对低通频谱产生影响。中心频率接近通带中心可降低低通频谱带宽。



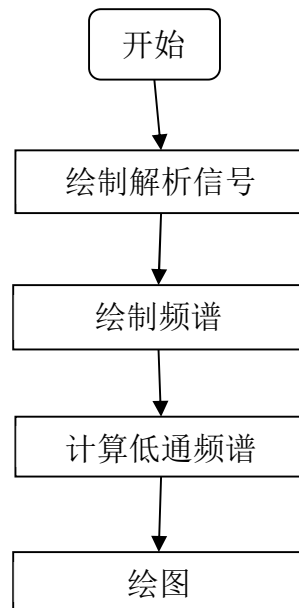
## 实验四

### 1 基本原理

理论分析参见实验三。解析表达式推导过程如下：

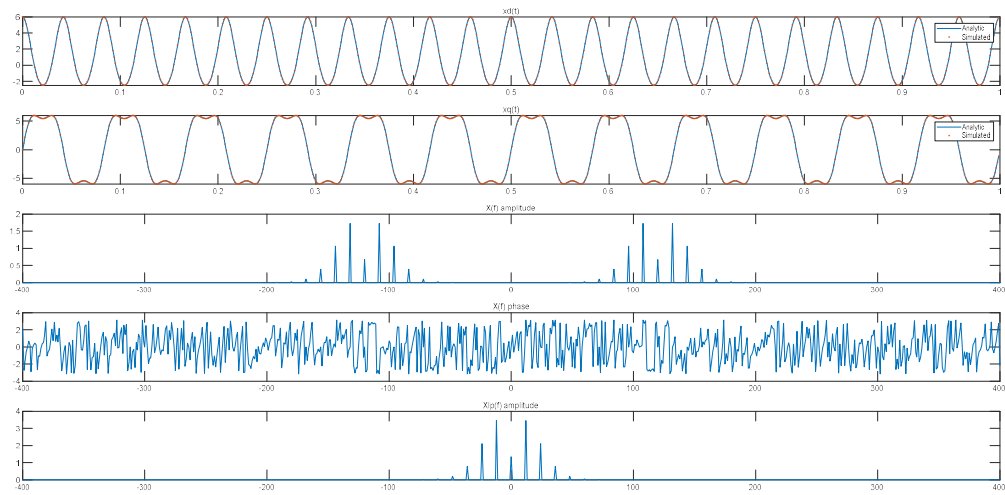
$$\begin{aligned} X(t) &= 6 \cos[240\pi t + 2 \sin 24\pi t] \\ &= 6 \cos(240\pi t) \cos(2 \sin 24\pi t) - 6 \sin(240\pi t) \sin(2 \sin 24\pi t) \\ X_{f>0} &= \operatorname{Re}\{3 \cos(\sin(24\pi t)) \exp(j240\pi t) + j3 \sin 2 \sin 24\pi t \exp(j240\pi t)\} \\ &= \operatorname{Re}\left\{\frac{1}{2}(x_d + jx_q) \exp(j240\pi t)\right\} \end{aligned}$$

### 2 仿真实验设计



## 4、仿真实验结论

仿真结果如图所示。



使用 Matlab 在频域处理，得到的低通信号与解析形式一致。

## 实验五

### 1 基本原理

系统的后处理包括绘制波形图、星座图、眼图等，为分析系统性能提供基础。

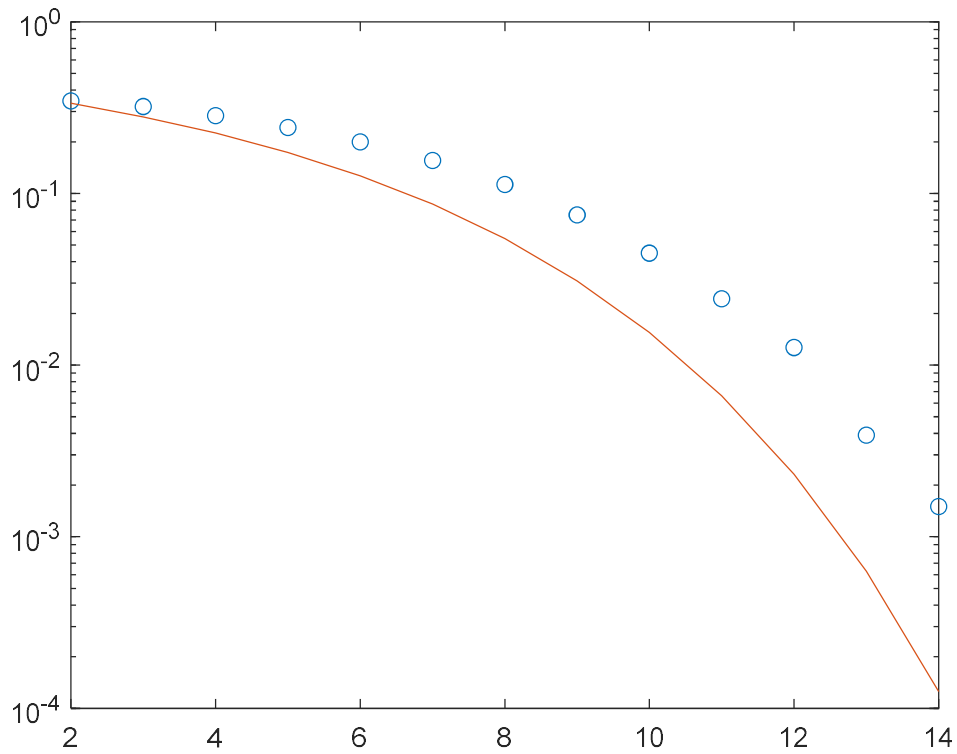
### 2 仿真实验设计

发射机为基带传输系统，分析发射机参数：

$$\begin{aligned}f_s &= 10R_b \\B &= R_b \\f_{LP} &= 0.2f_s \\&= 2B\end{aligned}$$

信道带宽足够，可以不使用均衡。

#### 4、仿真实验结论



以 QDPSK 误码率作为理论误码率，接收机性能与理论值相近。