

通信原理 实验 8 MPSK/MQAM 信号的星座图

一、实验目的

- 1、了解 MPSK 信号的星座图；
- 2、了解 MQAM 信号的星座图。

二、实验仪器

- 1、序列码产生器
- 2、2-M 进制转换器
- 3、PSK 调制器
- 4、QAM 调制器
- 5、星座图

三、实验的理论基础

1. MPSK 信号的二维矢量表示：

MPSK 的每个信号波形可由完备的两个归一化正交函数的线性组合构成，此两个归一化

正交基函数 $f_1(t)$ 与 $f_2(t)$ 为：
$$f_1(t) = \sqrt{\frac{2}{T_s}} \cos 2\pi f_c t \quad 0 \leq t \leq T_s,$$

$$f_2(t) = -\sqrt{\frac{2}{T_s}} \sin 2\pi f_c t \quad 0 \leq t \leq T_s.$$

MPSK 的正交展开式为 $s_i(t) = s_{i1}f_1(t) + s_{i2}f_2(t) \quad 0 \leq t \leq T_s$ ，其中：

$$s_{i1} = \int_0^{T_s} s_i(t)f_1(t)dt = \sqrt{E_s} \cos \frac{2\pi}{M}(i-1) = \sqrt{E_s} a_{i_c} \quad i = 1, 2, \dots, M$$

$$s_{i2} = \int_0^{T_s} s_i(t)f_2(t)dt = \sqrt{E_s} \sin \frac{2\pi}{M}(i-1) = \sqrt{E_s} a_{i_s} \quad i = 1, 2, \dots, M$$

$$s_i(t) = \sqrt{E_s} [a_{i_c} f_1(t) + a_{i_s} f_2(t)] \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad 0 \leq t \leq T_s$$

MPSK 信号的二维矢量表示为 $s_i = [s_{i1}, s_{i2}] = [\sqrt{E_s} a_{i_c}, \sqrt{E_s} a_{i_s}] \quad i = 1, 2, \dots, M$ ，由该式得到的 $M = 2, 4, 8$ 的 MPSK 信号空间图如图 8.1 所示，MPSK 相邻信号矢量的欧氏距离为：

$$d_{\min} = \sqrt{E_s (1 - \cos \frac{2\pi}{M})} = 2\sqrt{E_s} \sin \frac{\pi}{M} = 2\sqrt{E_b \log_2 M} \sin \frac{\pi}{M}$$

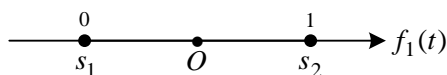


图 8.1(a) 2PSK 信号空间图

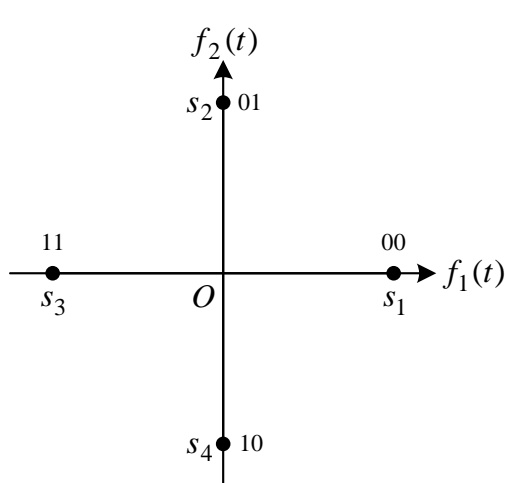


图 8.1 (b) 4PSK 信号空间图

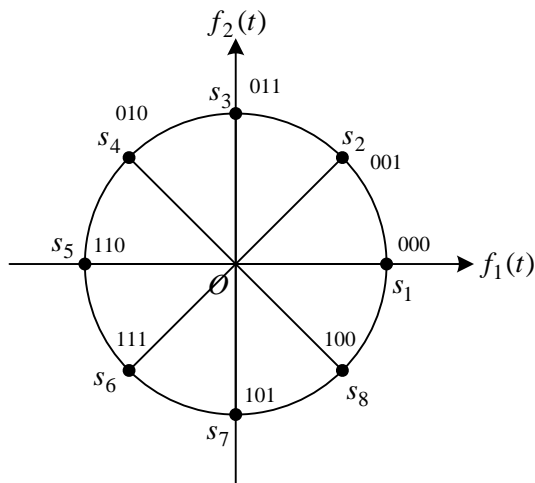


图 8.1 (c) 8PSK 信号空间图

2. MQAM 信号的矢量表示:

MQAM 信号波形可表示为两个归一化正交基函数的线性组合，即：

$$s_i(t) = s_{i1}f_1(t) + s_{i2}f_2(t) \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad 0 \leq t \leq T_s$$

其中，两个归一化正交基函数为：

$$f_1(t) = \sqrt{\frac{2}{E_g}} g_T(t) \cos \omega_c t \quad 0 \leq t \leq T_s,$$

$$f_2(t) = -\sqrt{\frac{2}{E_g}} g_T(t) \sin \omega_c t \quad 0 \leq t \leq T_s;$$

$$\text{系数 } s_{i1} = \int_0^{T_s} s_i(t) f_1(t) dt = a_{i1} \sqrt{\frac{E_g}{2}} \quad i = 1, 2, \dots, M,$$

$$s_{i2} = \int_0^{T_s} s_i(t) f_2(t) dt = a_{i2} \sqrt{\frac{E_g}{2}} \quad i = 1, 2, \dots, M$$

MQAM 信号波形的二维矢量表示 $s_i = [s_{i1}, s_{i2}] = [a_{i1} \sqrt{\frac{E_g}{2}}, a_{i2} \sqrt{\frac{E_g}{2}}]$ $i = 1, 2, \dots, M$ ，式中的

E_g 为脉冲 $g_T(t)$ 的能量，MQAM 信号的信号空间图如图 8.2 所示。

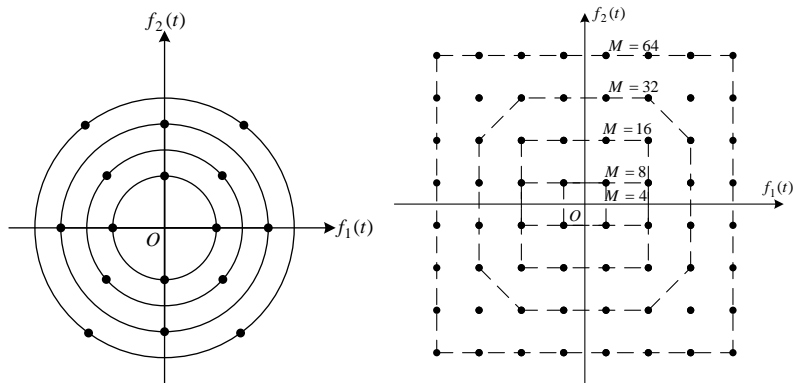


图 8.2(a) 16QAM 信号空间图

图 8.2(b) 矩形 QAM 信号空间图

若 MQAM 信号空间图中矢量端点的分布是矩形的，即 MQAM 信号的星座图是矩形的，则 MQAM 的两相邻信号矢量的欧氏距离与 MPAM 的一样，其最小欧氏距离为：

$$d_{\min} = \sqrt{2E_g} = \sqrt{\frac{6E_b \log_2 M}{M-1}}。$$

四、实验内容及步骤

1、按照实验模型图 8.3 中所示从器材库中选取器材进行连接：本实验通过搭建 MPSK/MQAM 信号的星座图实验来观察 64PSK 和 64QAM 信号的星座图，加深对 MPSK/MQAM 信号的理解。

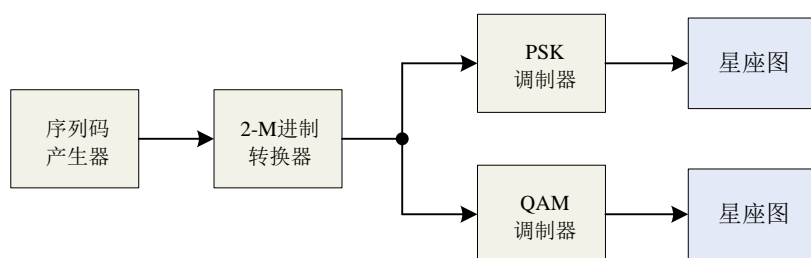


图 8.3 MPSK/MQAM 信号的星座图实验框图

2、设置器材参数：（关于器材使用方法可以参考器材的参数说明）

（MPSK/MQAM 信号的星座图实验）

序列码产生器：序列的个数设置为 2400；

2-M 进制转换器：输出数据的进制数设置为 64；

PSK 调制器：输入数据的进制数设置为 64；

QAM 调制器：输入数据的进制数设置为 64；

星座图：绘制符号个数设置为 400。（该值的设置须小于等于 $\frac{2400}{\log_2 64} = 400$ ）

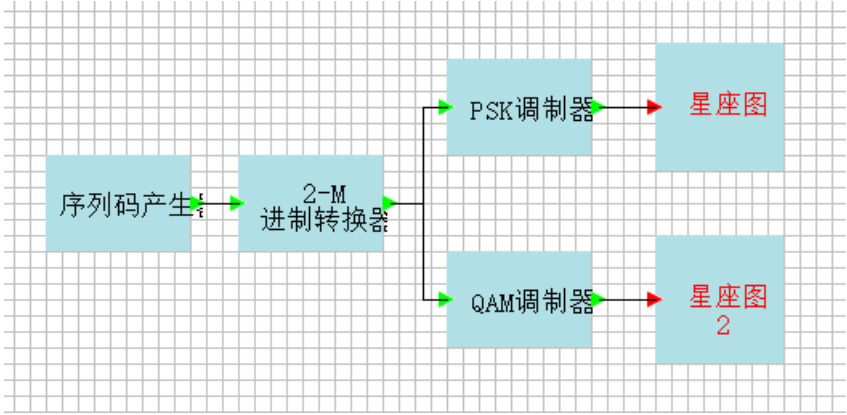
3、以上述仿真参数运行实验模型：

（1）观察 64PSK 和 64QAM 信号的星座图，与理论分析结果对比得出实验结论。

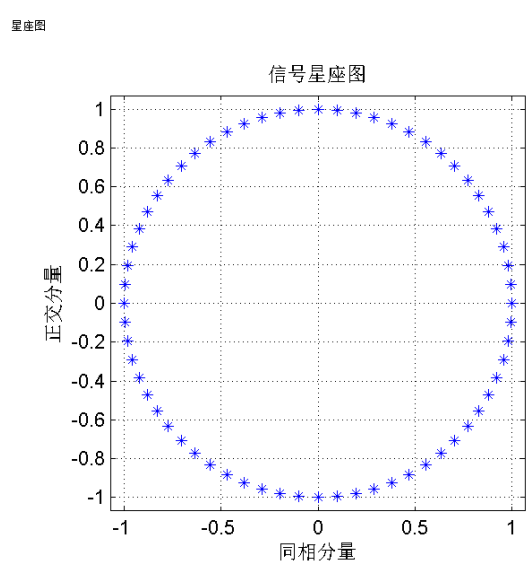
五、实验结果及分析

1、完成实验的仿真，并填写观察结果（包括观察 64PSK 和 64QAM 信号的星座图与理论分析结果进行对比）；

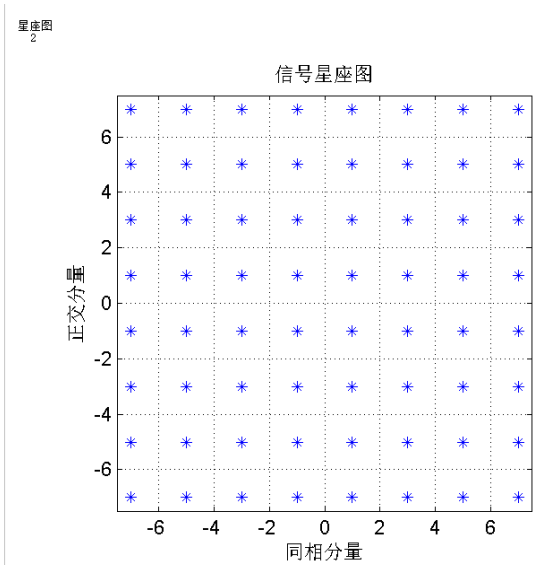
实验框图



64PSK 信号星座图



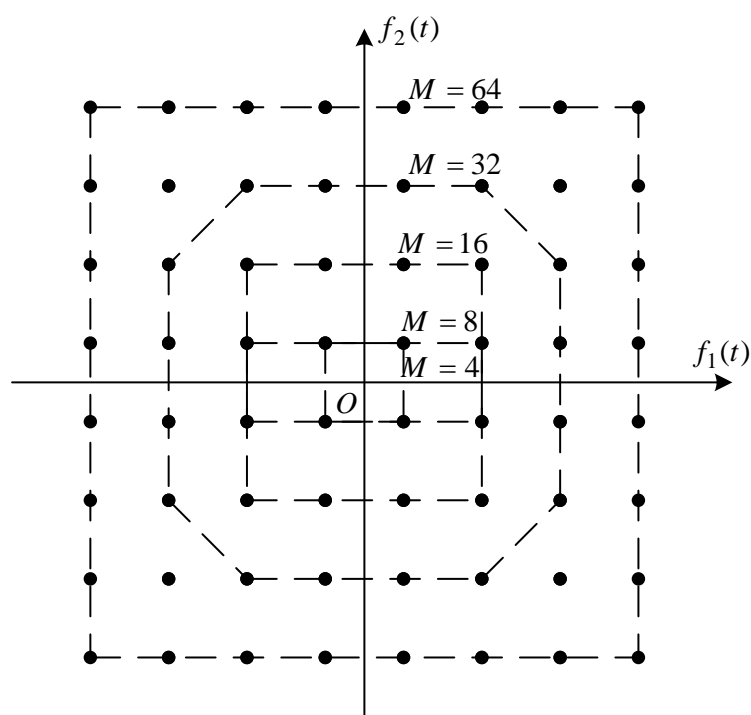
64QAM 信号星座图



64PSK 信号的星座图构成了为一个半径为 1，圆心在原点的由 64 个点组成的圆，有 64 个不同的相位取值，这符合理论分析。

64QAM 信号的星座图为矩形，一共有 64 个点，符合理论分析。

2、画出矩形 QAM 信号的空间图，虚线代表不同的 M 值的边界。



六、实验总结

通过本次实验，我们对 MPSK 和 MQAM 信号有了更加深刻的理解。从两个输出的星座图中可以看出，64QAM 中不同点的间距远大于 64PSK 图，即在高 M 时 MQAM 信号更好。MPSK 信号的可靠性不高，但其包络恒定，随着多进制数 M 的增大，更多的信号点被限制在单位圆上，有更多的噪声干扰。而 MQAM 可以充分利用二维信号空间的平面来安排信号点，可以在增加 M 的时候，不会明显减小信号点间距，从而使频带利用率和误码率的综合性能更好。