



# QPSK 传输系统实验

Simulink 仿真实验

在数字通信中，把包括调制和解调过程的数字系统叫做数字带通传输系统。这种传输方式在数字通信中占有很高的比例，日常生活中常见的蓝牙、WIFI、数字电视信号等等都是以数字带通的形式传输，在这些系统中，都不可避免的涉及到调制和解调。数字带通传输的调制方式有很多种，包括 FSK、QPSK 和 QAM 等。在本实验中，我们就将利用 Simulink 建立一个 QPSK 传输系统的仿真模型。

大连理工大学 电子信息与电气工程学部

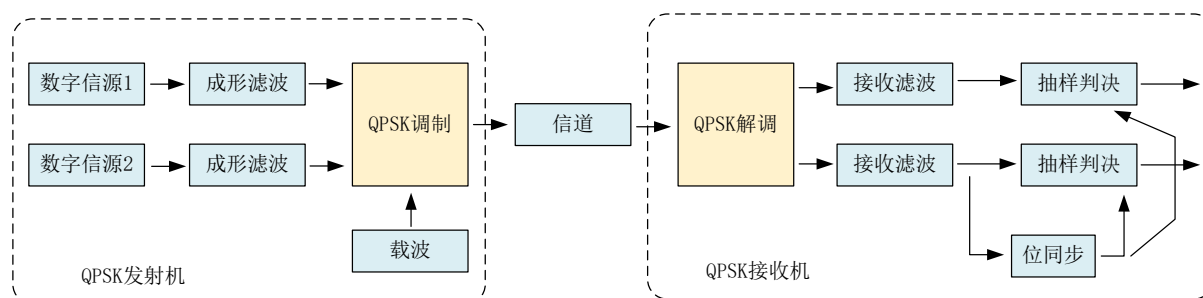
信息技术实验中心



## 实验背景知识

### QPSK 传输系统

QPSK 调制方式是一种多进制的相位调制方式，采用 QPSK 调制的传输系统框图见下图。



一个典型的数字带通传输系统由信源、成形滤波器、调制器、信道、解调器、接收滤波器、位同步提取、抽样判决器构成。本实验的重点放在 QPSK 调制和解调上，因此在进行实验之前，希望同学们能够复习一下通信原理课程中的相关知识。

下面是本实验涉及到的相关知识点

1. 正弦载波数字调制系统——相位调制（二进制相位调制和多进制相位调制）
2. 网上查找：基于 COSTAS 环的 QPSK 解调器原理



## 实验内容

### 1. 实现一个 QPSK 发射机

QPSK 发射机中最关键的一个模块就是 QPSK 调制器，除此之外其它模块的功能和具体实现都与之前基带传输系统中相应的模块类似。在本实验中，我们采取正交调制的方式完成基带信号到 QPSK 信号的调制。正交调制方式的 QPSK 调制器的功能框图如图 1 所示。

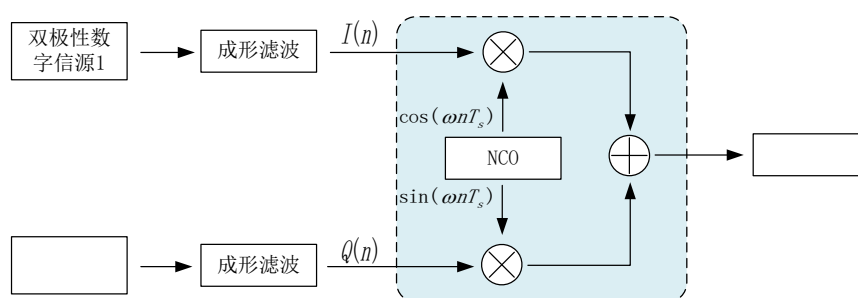


图 1

图 1 中虚线框内的是 QPSK 调制器，由两个乘法器、一个加法器和一个 NCO 构成。NCO 在这里的作用是产生一个固定频率的载波。在发射机中，NCO 的频率是不变的。这里需要注意一点，信源这里采用的是双极性码的数字信源。**在完成实验之后，思考一下：为什么这里要用双极性的数字信源？如果用单极性的数字信源会出现什么情况？**

实验报告内容

发射机要求设计指标：

数字信源码率：19.2Kbps

载波频率：100KHz

### 2. 测量 QPSK 信号的频谱

分别测量成形滤波器输出信号的频谱和 QPSK 调制器输出信号的频率，对比两个信号的频谱，理解调制过程中频谱搬移的含义。**思考题：如果没有成形滤波器，调制信号的频谱会是什么样子的？**

实验报告内容

### 3. 观察 QPSK 信号的星座图

星座图是一种用来定性的观察多进制调制信号质量的手段，类似于二进制调制中使用的眼图。对于本实验中的 QPSK 发射机来说，观察星座图所使用的信号为两成形滤波器的输出信号，使用示波器的 XY 显示方式（图 2-a 中 Sink 下的 XY



Graph)，将  $I(n)$  作为 X 轴坐标，将  $Q(n)$  作为 Y 轴坐标，就可以在屏幕上绘制出一个星座图（图 2-b）。因为这是使用发送端的信号做的星座图，没有任何噪声，所以四个星座十分清晰。

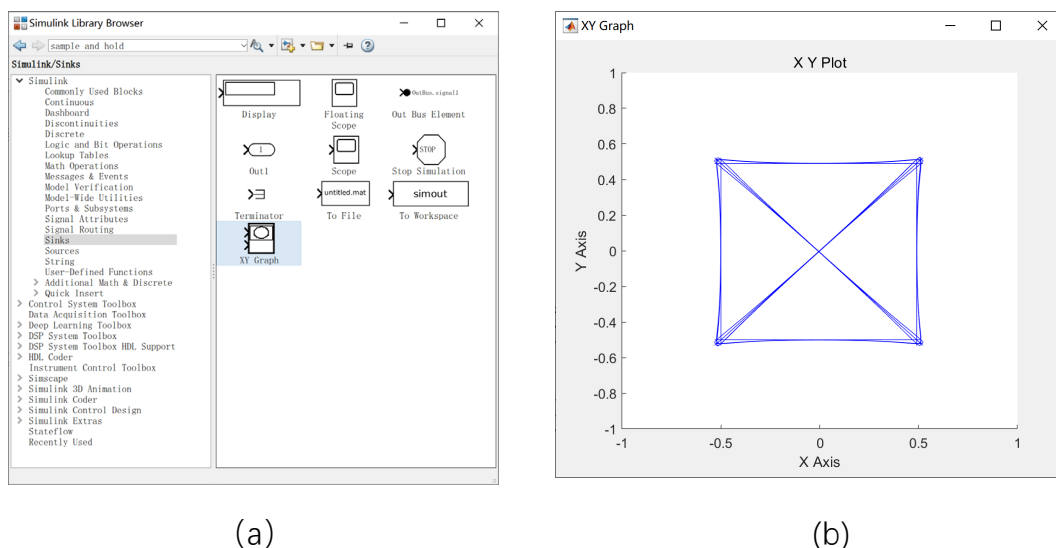


图 2

#### 4. 实现 QPSK 信号的解调

在工程应用中，对 QPSK 解调最常用的方法就是 Costas 环法。使用 Costas 环对 QPSK 解调的功能框图如图 3 所示。从图中可见 Costas 环是一个上下对称的结构，其工作原理类似于一个数字锁相环，也是由 NCO，环路滤波器和鉴相器构成，只是这里的鉴相器比普通的数字锁相环复杂一些，在图中除了 NCO 和环路滤波器之外，所有的模块构成了一个正交的鉴相器。图 3 中的符号函数是一种非线性函数，当输入为正时，输出为 1；当输入为 0 时，输出为 0；当输入为负时，输出为 -1。这个函数可以使用 Simulink 中的 Math Operations/Sign 模块。

我们需要的解调信号  $I(n)$  和  $Q(n)$  就是两个成形滤波器的输出。对这两个信号进行位同步，再使用位时钟对这两个信号进行抽样判决，即可得到原始的数字信源产生的两路数字信号。这里注意，如果两个数字信源是同步的，那么只要对一路基带信号进行位同步即可。位同步可以使用之前设计的 Gardner 同步环来实现。

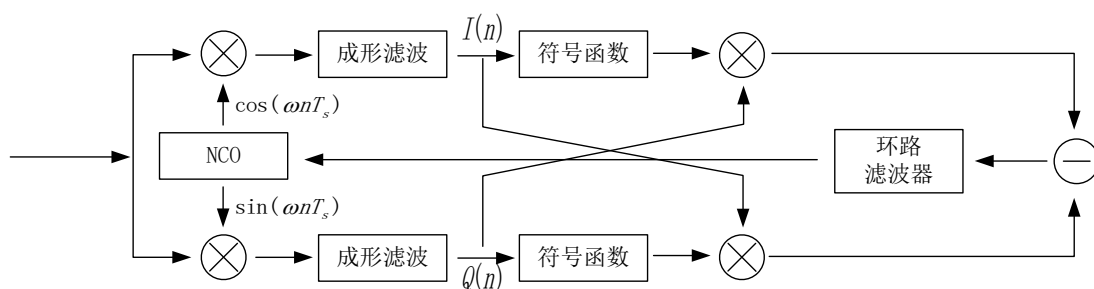


图 3

在实现了 QPSK 接收机之后，完成下面的几个实验内容。

## 5. 观测接收机信号的星座图

按照第 3 步的方法观测接收机信号的星座图。如果信道没有噪声的话，那么在这里观测到的星座图基本和第 3 步得到的星座图一样。**在看到没有噪声的星座图之后，我们在信道中加入噪声，改变噪声的幅值，观察星座图的变化。**

实验报告内容

噪声可以使用 Simulink/Source/Random Number 模块产生，用一个加法器加到 QPSK 信号上。

## 6. 测量 Costas 环的锁定带宽

改变发射机载波的频率，参考实验 1 中的方法，测量 QPSK 接收机中 Costas 环的锁定带宽。**思考一个问题：Costas 环是否锁定的判据是什么？**

## 7. 频分复用通信实验

实验报告内容

用前面实现的 QPSK 收发机，实现两对 QPSK 收发机在同一个信道中的频分复用通信。两对收发机的载波频率为 100KHz 和 150KHz。**请在实验报告中给出设计图，并给出相应的设计说明。**

实验报告内容