



西安交通大学  
XI'AN JIAOTONG UNIVERSITY

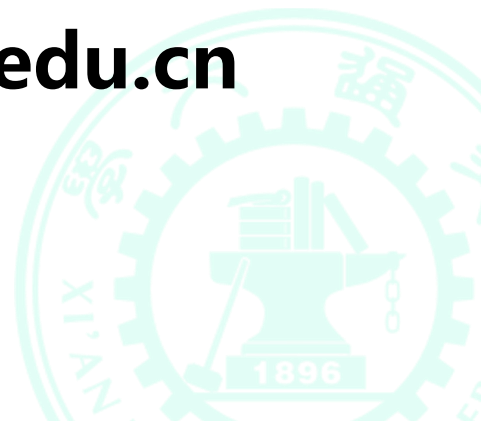
# 通信原理实验

## 4 调频收音机

姓 名：张翠翠

办公室：西一楼520

邮 箱：zhangcuicui@mail.xjtu.edu.cn





# 内容回顾

调制解调
差错控制
同步处理
调频收音机



# 实验内容

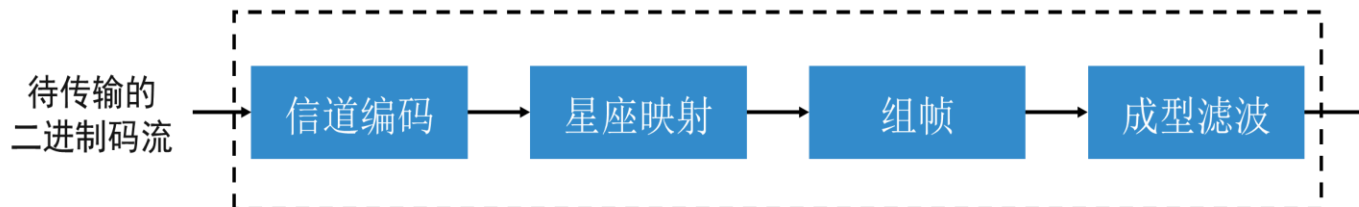
---

- 基于PlutoSDR实现调频收音机

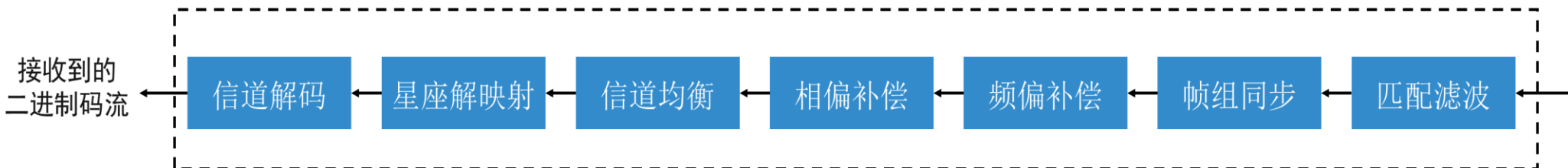


# 实验内容

## 发送端-基带处理



## 接收端-基带处理



## Matlab上基带处理

### ■ 调频收音机与之前讲的体系不同

- 1 调频如何通过IQ正交调制来实现？
- 2 不做发端，调频的接收如何实现？



# 实验内容

---

- 频率调制解调的原理
- Simulink实现频率调制
- Simulink实现调频收音机



# 频率调制解调的原理

- 标准FM调制信号:

$$s_{fm}(t) = \cos(2\pi(f_0 + ks(t))t + \varphi) = \cos(2\pi f_0 t + 2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau + \varphi)$$

- FM在正交调制下的表达:

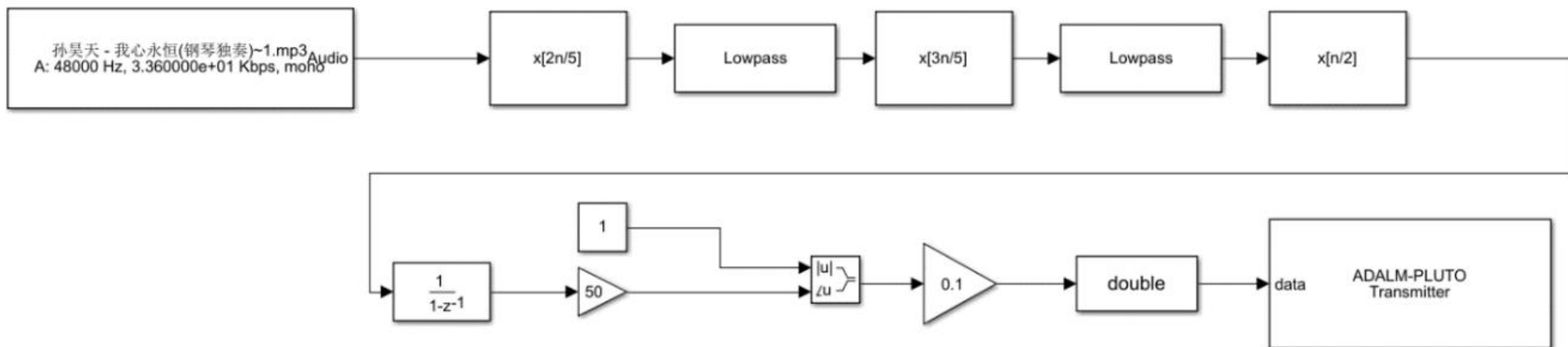
$$\begin{aligned} s_{fm}(t) &= \cos(2\pi(f_0 + ks(t))t + \varphi) = \cos(2\pi f_0 t + 2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau + \varphi) \\ &= \cos(2\pi f_0 t + \varphi) * \cos\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) - \sin(2\pi f_0 t + \varphi) * \sin\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) \end{aligned}$$

$$\begin{cases} I_{s_{fm}(t)} = \cos\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) \\ Q_{s_{fm}(t)} = \sin\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) \end{cases}$$

注意：数字化FM与FSK是不同的！



# Simulink实现频率调制





# 频率调制解调的原理

$$\begin{aligned} s_{fm}(t) &= \cos(2\pi(f_0 + ks(t))t + \varphi) = \cos(2\pi f_0 t + 2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau + \varphi) \\ &= \cos(2\pi f_0 t + \varphi) * \cos\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) - \sin(2\pi f_0 t + \varphi) * \sin\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) \end{aligned}$$

- FM解调:

$$\begin{aligned} Rx &= I_{s_{fm}(t)} + j * Q_{s_{fm}(t)} \\ &= e^{j * 2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau} \end{aligned}$$

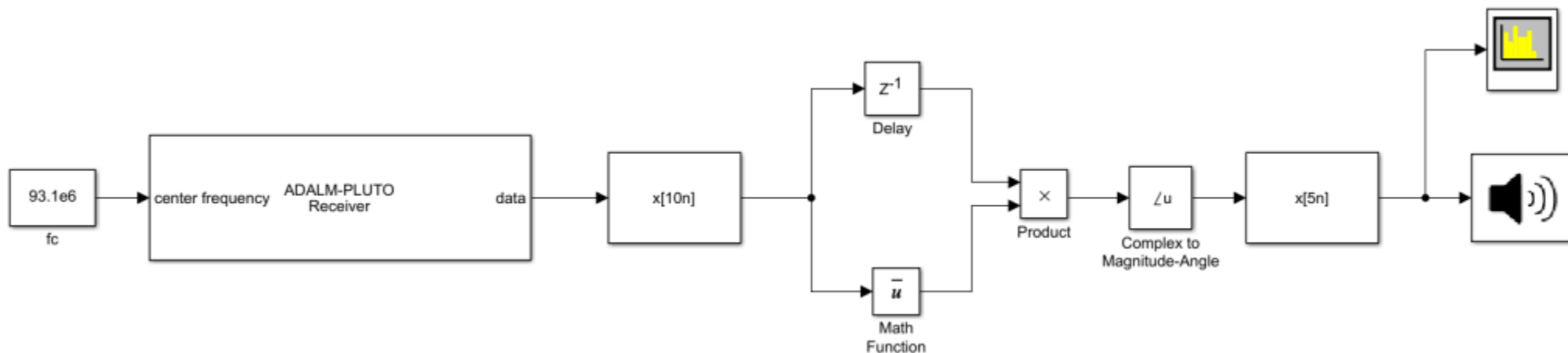
$$\begin{cases} I_{s_{fm}(t)} = \cos\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) \\ Q_{s_{fm}(t)} = \sin\left(2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau\right) \end{cases}$$

对接收到的复数序列取相角后微分





# Simulink实现调频收音机



$$Rx = I_{s_{fm}(t)} + j * Q_{s_{fm}(t)} = e^{j*2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau}$$
$$e^{j*2\pi k \int_{-\infty}^{t-\Delta t} s(\tau) d\tau} * e^{-j*2\pi k \int_{-\infty}^t s(\tau) d\tau}$$

延时、共轭相乘、取相角



# 实验任务

---

- 使用Simulink实现调频收音机
- 设计实现本地音频的调频发送和接收（选做）
- 思考：  
频偏和相偏对调频接收的影响



# 陕西调频广播频道

- 1.FM89.6: 陕西经济广播
- 2.FM90.4: 西安新闻广播
- 3.FM91.6: 陕西交通广播
- 4.FM93.1: 西安音乐广播
- 5.FM95.5: 中央电台音乐之声
- 6.FM96.4: 中央电台中国之声
- 7.FM98.8: 陕西音乐广播
- 8.FM99.9: 陕西电视台（都市快报）调频广播
- 9.FM100.7: 咸阳电台新闻综合
- 10.FM101.1: 陕西秦腔广播（西安乱弹）
- 11.FM101.8: 陕西都市广播（陕广新闻）
- 12.FM102.4: 西安综艺广播
- 13.FM103.0: 中央电台经济之声
- 14.FM104.3: 西安交通旅游广播
- 15.FM105.5: 陕西青春广播
- 16.FM106.1: 西安资讯广播（城市之声）
- 17.FM106.6: 陕西新闻广播



# 实验报告要求

## 通信原理·实验报告

学号:

班级:

姓名:

实验报告撰写说明:

1) 将以上学号班级姓名补全

2) 严禁粘贴复制, 若发现雷同, 报告零分处理

### 4·调频收音机

#### 一·实验内容

1.1·调频收音机的 Simulink 实现

#### 二·实验原理

2.1·频率调制解调的原理

2.2·频率调制解调基于 IQ 调制的实现原理

#### 三·具体实现

3.1·调频收音机的具体实现

3.2·本地音频调频的发送和接收 (实验中完成的同学写此部分)

#### 四·实验结果图示及分析

#### 五·总结

5.1·总结实验中遇到的问题及解决方法

5.2·回答思考题: 频偏相偏对调频接收的影响