

华 中 科 技 大 学

网 络 空 间 安 全 学 院

本科：《通信原理与通信安全》实验报告

姓 名_____

班 级_____

学 号_____

联系方式_____

分 数_____100

评 分 人_____

实验报告及代码和设计评分细则

| 评 分 项 目 | | 满 分 | 得 分 | 备 注 |
|------------------------|-----------|-----|-----|-----|
| 实验 内容 | 系统设计 | 15 | | |
| | 详细设计 | 15 | | |
| | 代码实现 | 10 | | |
| | 测试及结果分析 | 20 | | |
| | 问题描述及解决方案 | 10 | | |
| 文档格式（段落、行间距、缩进、图表、编号等） | | 10 | | |
| 感想（含思政） | | 10 | | |
| 意见和建议 | | 10 | | |
| 实验报告总分 | | 100 | | |
| 教师签名 | | | 日 期 | |

目 录

幅度调制实验

| | |
|-----------------------|---|
| 一、 实验概述 | 1 |
| 1.1 实验名称 | 1 |
| 1.2 实验目的 | 1 |
| 1.3 实验环境 | 1 |
| 1.4 实验内容 | 1 |
| 1.5 实验要求 | 1 |
| 二、 实验过程 | 1 |
| 2.1 前后面板设计 | 1 |
| 2.2 载波和调制信号生成 | 2 |
| 2.3 AM 调制实现 (MOD 子程序) | 2 |
| 2.4 AM 解调实现 (DEM 子程序) | 2 |
| 2.5 频域分析 | 3 |
| 2.6 程序结构 | 3 |
| 三、 实验测试与分析 | 3 |
| 3.1 系统测试及结果说明 | 3 |
| 3.2 遇到的问题及解决方法 | 5 |
| 3.3 设计方案存在的不足 | 5 |

频率调制实验

| | |
|----------------|----|
| 一、 实验概述 | 6 |
| 1.1 实验名称 | 6 |
| 1.2 实验目的 | 6 |
| 1.3 实验环境 | 6 |
| 1.4 实验内容 | 6 |
| 1.5 实验要求 | 6 |
| 二、 实验过程 | 6 |
| 2.1 发送端程序设计 | 6 |
| 2.2 接收端程序设计 | 8 |
| 三、 实验测试与分析 | 10 |
| 3.1 系统测试及结果说明 | 10 |
| 3.2 遇到的问题及解决方法 | 11 |
| 3.3 设计方案存在的不足 | 12 |

数字调制解调实验 I

| | |
|-----------|----|
| 一、 实验概述 | 13 |
| 1.1 实验名称 | 13 |
| 1.2 实验目的 | 13 |
| 1.3 实验环境 | 13 |
| 1.4 实验内容 | 13 |
| 1.5 实验要求 | 13 |
| 二、 实验过程 | 13 |
| 2.1 主程序设计 | 13 |
| 2.2 子程序设计 | 15 |

| | | |
|-----|-----------------|----|
| 三、 | 实验测试与分析..... | 17 |
| 3.1 | 系统测试及结果说明..... | 17 |
| 3.2 | 遇到的问题及解决方法..... | 19 |
| 3.3 | 设计方案存在的不足..... | 19 |
| 四、 | 实验总结..... | 20 |
| 4.1 | 实验感想..... | 20 |
| 4.2 | 意见和建议..... | 21 |

幅度调制实验

一、实验概述

1.1 实验名称

实验一 幅度调制实验

1.2 实验目的

在本实验中你要完成一个 LabVIEW 程序，需要完成幅度调制 (Amplitude Modulation, AM) 的演示程序制。该实验将使你理解 AM 调幅的原理，初步了解图形化的编程方式，并学习 LabVIEW 的操作以及基本模块的使用和调试方法，为后续实验奠定基础。

1.3 实验环境

软件环境：LabVIEW 2012（或以上版本）；

硬件环境：无。

1.4 实验内容

参考实验指导书

1.5 实验要求

参考实验指导书

二、实验过程

2.1 前后面板设计

创建主程序，波形图使用 Waveform Chart 控件，滑块使用 Numeric Control 控件，确保用户交互直观，前后面板如实验指导书图 1-1 所示，包含以下两个主要部分：

四个波形图（右图）：载波信号时域图、调制信号时域图、已调信号频域图、解调信号时域图。

四个水平滑块（左图）：分别控制载波信号的幅度和频率、调制信号的幅度和频率。



图 1-1 前后面板示意图

2.2 载波和调制信号生成

使用“正弦波形”函数（Sine Waveform）生成载波信号 $c(t)$ ，数学表达式为：

$$c(t) = A_c \cos(\omega_c t + \theta_0) \quad (1)$$

其中， A_c 为载波幅度， ω_c 为载波角频率， θ_0 为初始相位（设为 0）。

使用另一个“正弦波形”函数生成调制信号 $m(t)$ ，形式为：

$$m(t) = A_m \cos(\omega_m t) \quad (2)$$

其中， A_m 为调制信号幅度， ω_m 为调制信号角频率。

通过滑块输入 A_c 、 ω_c 、 A_m 、 ω_m ，并将信号转换为动态数据类型（Dynamic Data），便于后续处理。

2.3 AM 调制实现（mod 子程序）

AM 调制公式为：

$$s_{AM}(t) = [A_0 + m(t)] \cdot c(t) = [A_0 + m(t)] \cdot \cos(\omega_c t + \theta_0) \quad (3)$$

其中， A_0 为直流分量，确保 $m(t) + A_0 \geq 0$ 以避免过调制。

在 LabVIEW 中使用“加法”函数将调制信号 $m(t)$ 与直流分量 A_0 相加， A_0 通过 Numeric Constant 设置（默认值为调制信号最大幅度的 1.5 倍）。使用“乘法”函数将 $[A_0 + m(t)]$ 与载波信号 $c(t)$ 相乘，生成已调信号 $s_{AM}(t)$ 。将已调信号输出至动态数据线，连接到前后面板的已调信号波形图。

2.4 AM 解调实现（dem 子程序）

采用包络检波法解调，使用“绝对值”函数（Absolute Value）对已调信号取绝对值，提取包络；使用“低通滤波器”函数（Lowpass Filter）去除高频分量，保留调制信号的低频部分；调整滤波器截止频率（通常设为调制信号频率的 2 倍）以优化解调效果。输出解调信号至前

后面板的解调信号波形图。

2.5 频域分析

使用“FFT”函数（Spectral Measurements）对已调信号进行快速傅里叶变换，生成频域波形。

使用“功率谱”函数（Power Spectrum）计算频谱，显示在频域波形图中，验证 AM 信号的双边带特性。

2.6 程序结构

主程序采用 While 循环结构，确保实时更新波形。各模块（信号生成、调制、解调、频域分析）通过数据流连接，程序框图如下图 1-2 所示。同样可以使用 LabVIEW 帮助文档查找所需函数，如“Waveform Generation”和“Spectral Measurements”。

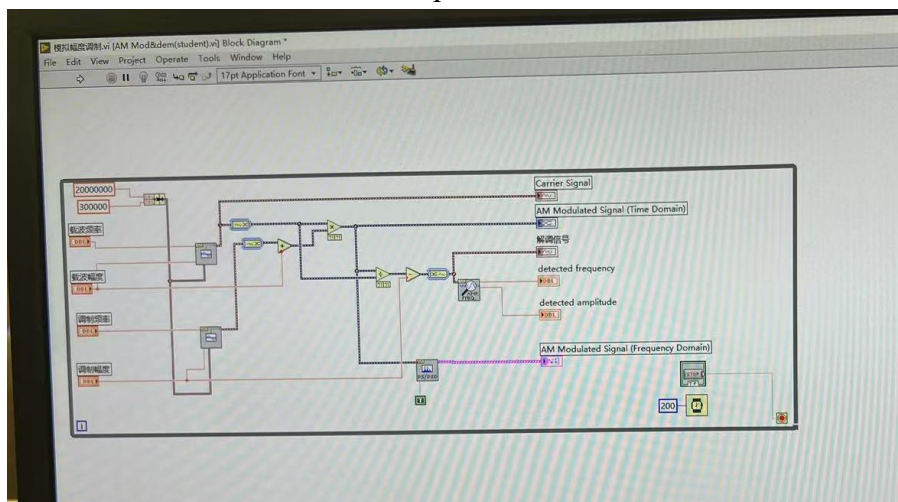


图 1-2 实验一程序框图

三、实验测试与分析

3.1 系统测试及结果说明

3.1.1 正常调制测试

参数：载波频率 768kHz， A_c 幅度 6.38V；调制信号频率 19kHz， A_m 幅度 4.19V。

调试结果如下图 1-3 和 1-4 所示，载波和调制信号时域波形为标准正弦波，频率和幅度符合设置。已调信号时域波形显示清晰包络，同时我们可以调整载波频率，可以看到频域信号的显示框跟随载波频率的大小在移动，如图 1-4 所示可知道显示的是中心频率，频域波形显示中心频率 750 kHz 附近，带宽为 20 kHz，即 $2 * f_m$ ，符合 AM 双边带理论。解调信号时域波形

误差小于 3%，符合预期。针对图 1-3 计算调制度 $= A_m/A_c = 4.19/6.38 \approx 0.66 < 1$ ，故该状态为正常调制。

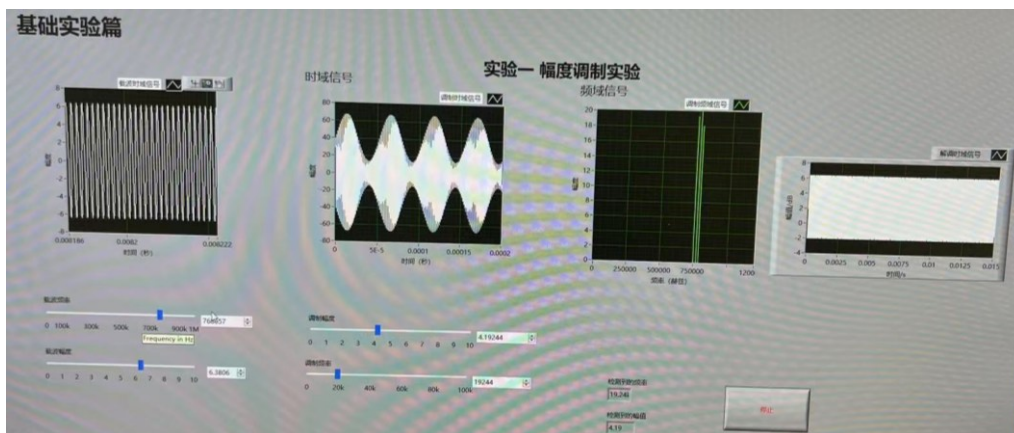


图 1-3 正常调制

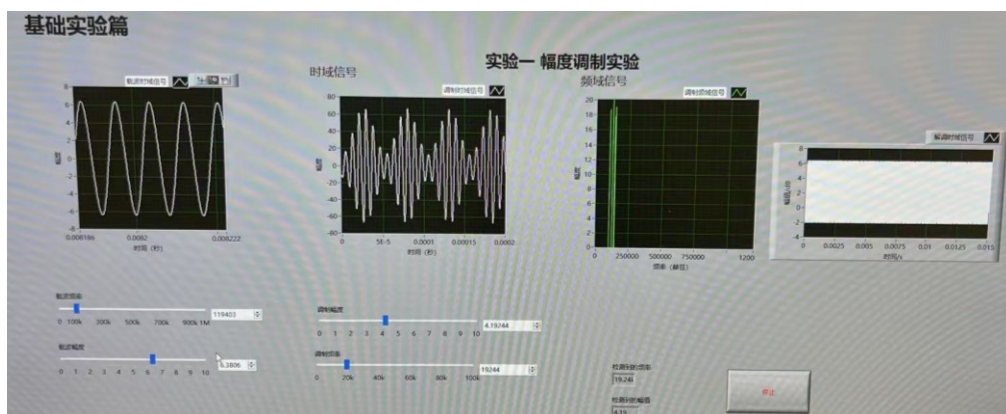


图 1-4 中心频率数据大小

3.1.2 过调制测试

参数：调制信号幅度增至 10 V。

调试结果如下图所示，已调信号包络出现负值，频域波形边带幅度异常增大。解调信号出现明显畸变，波形不再是标准正弦波，验证了过调制导致失真的理论。针对图 1-5 计算调制度 $= A_m/A_c = 10/6.38 \approx 1.57 > 1$ ，故该状态为正常调制。

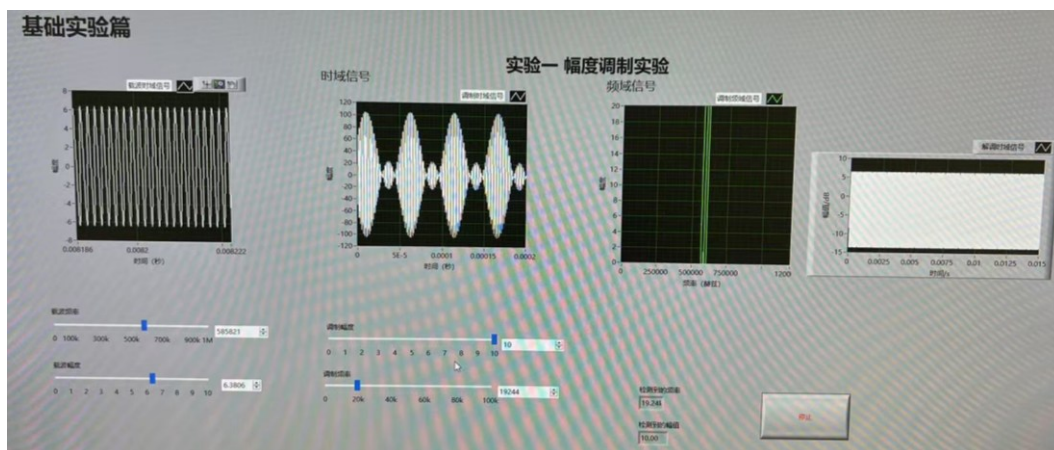


图 1-5 过调制

3.1.3 单边调制测试

参数：调制信号频率减至 0 V。

调试结果如下图 1-6 所示，已调信号包络出现单边调制状态。

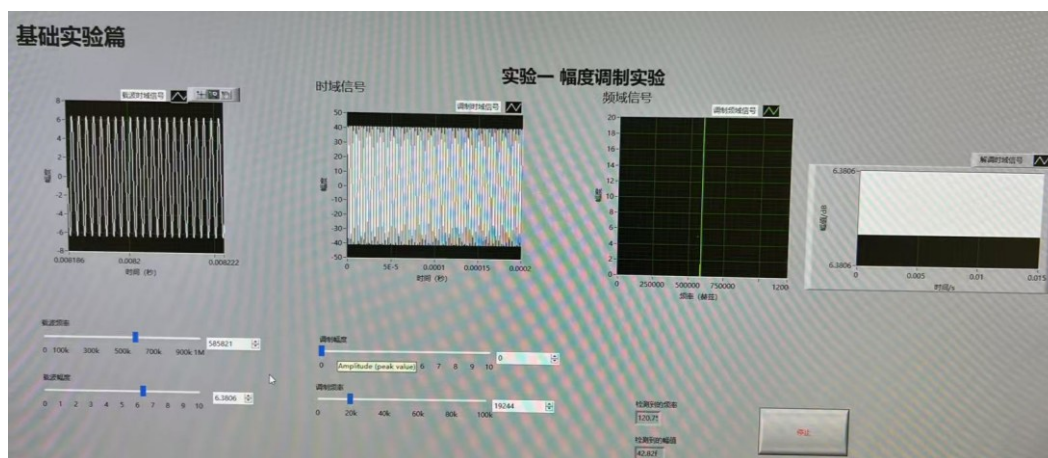


图 1-6 单边调制

3.2 遇到的问题及解决方法

问题一：解调信号出现高频噪声。因为低通滤波器截止频率设置过高，导致载波残留。

解决方法：将截止频率调整为调制信号频率的 2 倍，噪声显著减少。

问题二：过调制时解调信号失真严重。因为调制信号幅度过大， A_0 不足以保证 $m(t) + A_0 \geq 0$ 。

解决方法：增加直流分量 A_0 ，确保无过调制，解调信号恢复正常。

问题三：频域波形边带不明显。因为 FFT 采样点数不足，导致频谱分辨率低。

解决方法：增加采样点数调高，边带清晰可见。

3.3 设计方案存在的不足

未实现过调制自动检测功能，可能导致用户误操作时难以发现问题。

频率调制实验

一、实验概述

1.1 实验名称

实验二 频率调制实验

1.2 实验目的

在本实验中你要在 LabVIEW+USRP 平台上完成一对调频收发信机，要求可以通过接收端或者普通的 FM 收音机接收到发送端发射的 .wav 声音文件。本实验将加深你对频率调制相关概念的理解，并使你初步掌握 LabVIEW+USRP 软件无线电平台的使用方式。

1.3 实验环境

软件环境：LabVIEW 2012（或以上版本）；

硬件环境：两套 USRP（子板频带含 97~108MHz）和两台计算机。

1.4 实验内容

参考实验指导书

1.5 实验要求

参考实验指导书

二、实验过程

2.1 发送端程序设计

2.1.1 前后面板设计

首先设计发送端前后面板如图 2-1 所示，左侧为输入部分，包含音频文件路径输入框（String Control），用于选择 .wav 文件；USRP 配置参数，如载波频率（默认 100 MHz）、I/Q 采样率、增益等（Numeric Control）。右侧为输出部分，包含时域波形图（Waveform Chart），显示音

频信号波形；频域波形图（Waveform Chart），显示调制后的频谱。确保界面直观，用户可通过控件实时调整参数。

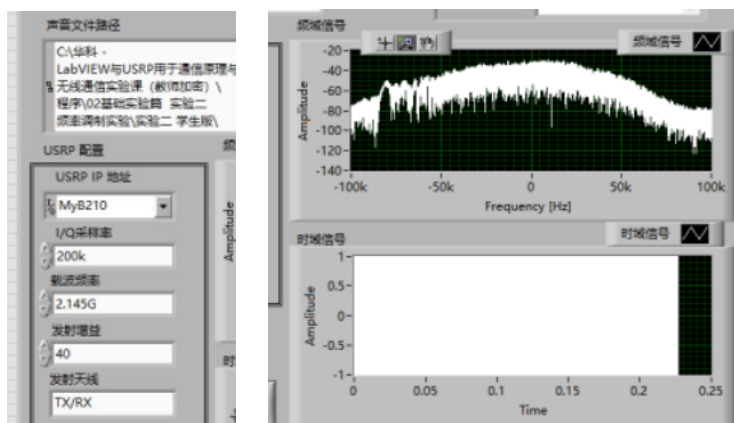


图 2-1 前后面板示意图

2.1.2 音频文件读取（subGetSoundFile 子程序）

参考实验参考书中的图 2-2（左），设计 subGetSoundFile 子程序。输入为音频文件路径（.wav 格式）。输出为采样点数、声音文件引用句柄、任务 ID。使用 LabVIEW 的“读取文件”函数（File I/O）读取.wav 文件，解析音频采样数据。

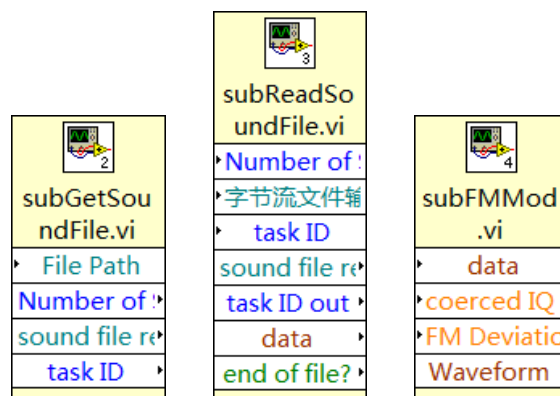


图 2-2 三个子程序设计汇总

2.1.3 波形转换（subReadSoundFile 子程序）

参考实验参考书中的图 2-2（中），设计 subReadSoundFile 子程序。输入为 subGetSoundFile 的输出（采样点数、文件引用、任务 ID）。输出为波形数组数据、文件引用、任务 ID、文件结束标志。使用“声音文件读取”函数（Sound File Read）将音频数据转换为波形数组，同时输出到声卡（Sound Output），允许在发送端监听音频。

2.1.4 FM 调制（subFMMod 子程序）

参考实验参考书中的图 2-2（右），设计 subFMMod 子程序，完成 FM 调制，分两步：

- 1) 重采样：由于声卡采样率（如 44.1 kHz）与 USRP 要求的 I/Q 采样率（如 200 kHz）不匹配，使用“波形重采样”函数（Resample Waveforms）调整音频信号采样率；
- 2) F 调制：使用 LabVIEW 的“MT Modulate FM”函数（位于 RF Communications > Modulation > Analog > Modulation），输入重采样后的波形数据、I/Q 采样率和频率偏差（FM Deviation），生成调制后的时域波形。

输出调制信号至 niUSRP Write Tx Data (poly) 函数，根据 USRP 配置参数（如载波频率 100 MHz）发射信号。具体实现程序框图如下所示。

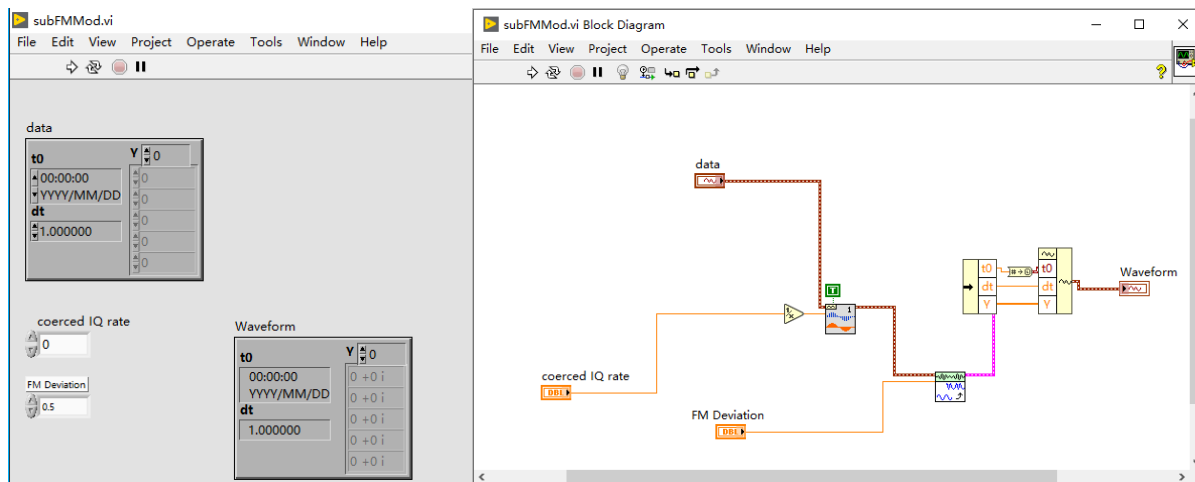


图 2-3 subFMMod 子程序设计框图

2.1.5 程序结构

主程序采用 While 循环，实时读取音频数据并进行调制。使用数据流编程，确保各模块按序执行，发送端程序框图如下图 2-4 所示。

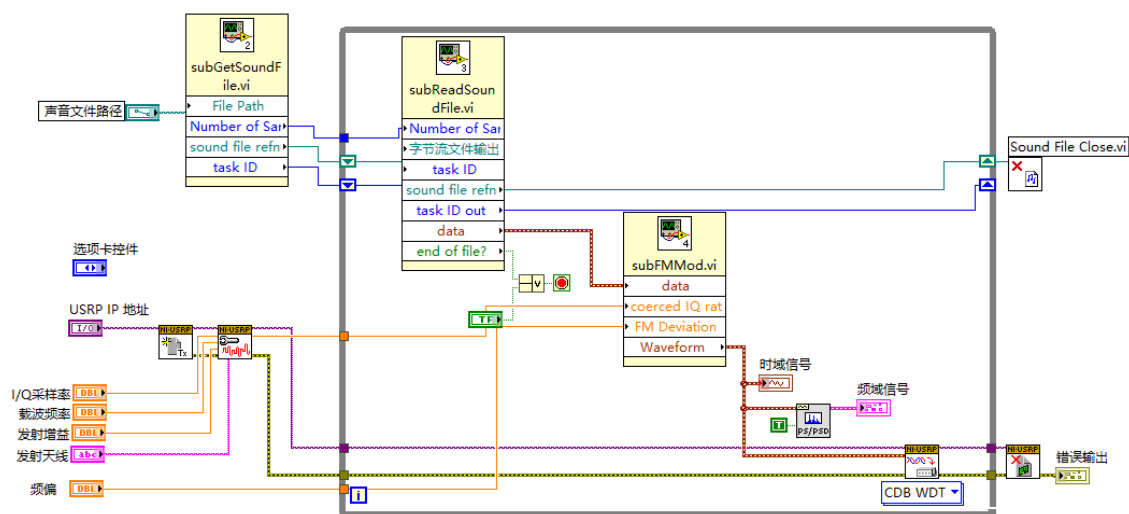


图 2-4 发送端程序框图

2.2 接收端程序设计

2.2.1 前后面板设计

首先设计接收端前后面板如下图 2-5 所示，左侧为输入部分，包含 USRP 配置参数（载波频率、I/Q 采样率、增益）和声卡采样率设置。右侧为输出部分，包含解调信号的时域波形图和解调信号的频域波形图。然后使用 Waveform Chart 显示波形，确保参数调整实时反映。

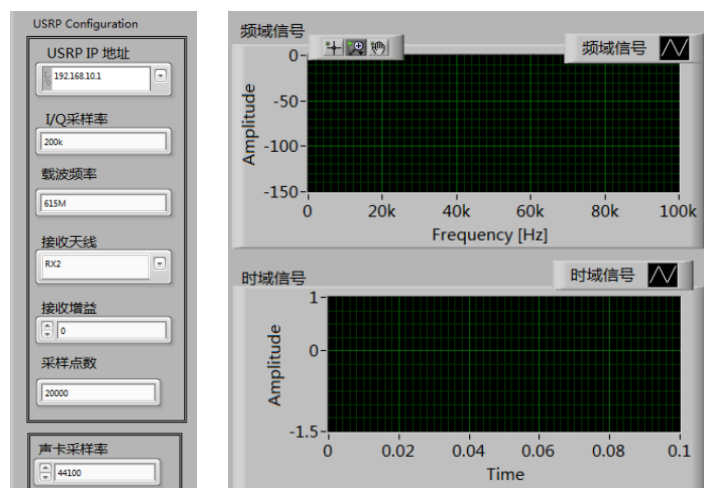


图 2-5 前后面板示意图

2.2.2 信号接收

使用 niUSRP Fetch Rx Data (poly)函数接收 USRP 设备捕获的无线信号，输出波形数据。以及根据声卡采样率和 I/Q 采样率，计算重采样率，准备解调。

2.2.3 FM 解调（subFMDemod 子程序）

采用反正切解调方法，步骤如下：

- 1) 信号转换：使用 subComplextoPolarWF 子程序将接收的基带信号转换为极坐标形式，提取相位信息；
- 2) 相位处理：使用 subUnwrap Phase-Continuous 子程序消除相位不连续性，确保相位平滑；
- 3) 差分运算：使用 subDifferentiate Continuous 子程序对相位进行逐点差分，得到原始调制信号，数学表达式为：

$$s(n) = A_0 \cos[\omega_c n + \Phi(n)] \quad (4)$$

其中， $\Phi(n) = k \sum m(n) + \Phi_0$ ，通过反正切运算：

$$\Phi(n) = \arctan\left(\frac{X_Q(n)}{X_I(n)}\right) \quad (5)$$

差分后：

$$\Phi(n) - \Phi(n-1) = m(n) \quad (6)$$

得到调制信号 $m(n)$ 。

- 4) 重采样：使用“波形重采样”函数将解调信号采样率调整为声卡采样率（如 44.1 kHz）。

输出解调信号至 subSound Out 16b mono 函数，通过声卡播放音频。具体实现程序框图 2-6 如下所示。

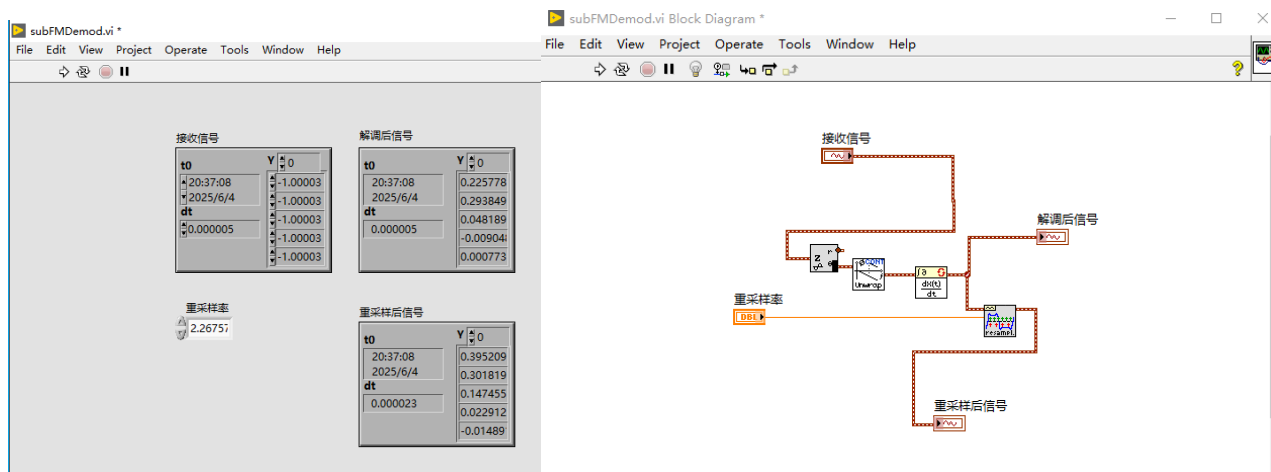


图 2-6 subFMDemod 子程序设计框图

2.2.4 频域分析

使用“FFT”函数生成解调信号的频谱，显示在频域波形图中，验证解调效果。

2.2.5 程序结构

主程序采用 While 循环，实时读取音频数据并进行调制，使用数据流编程，确保各模块按序执行，接收端程序框图如下图 2-7 所示。

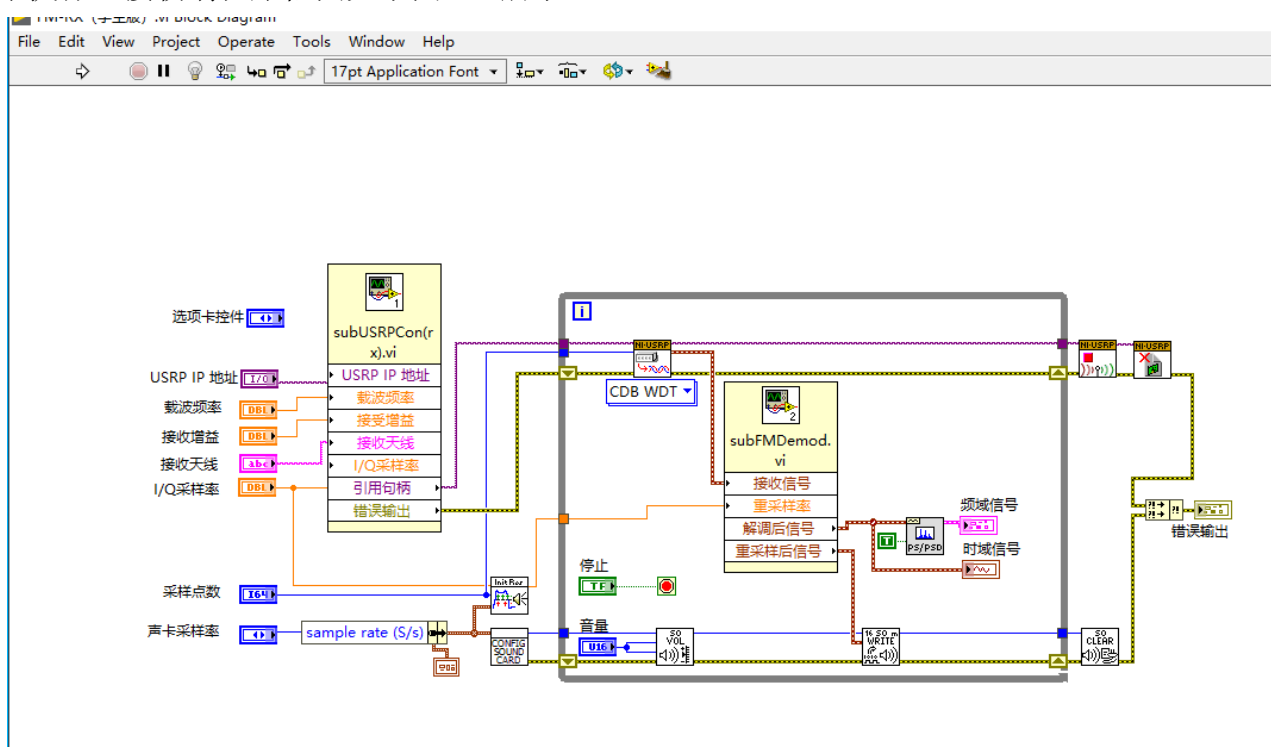


图 2-7 接收端程序框图

三、 实验测试与分析

3.1 系统测试及结果说明

参数：USRP IP 地址为 MyB210（如图 2-8 所示，可以进行查询），载波频率 2.145GHz，I/Q 采样率 200 kHz，加载.wav 音频（44.1 kHz 采样率）。

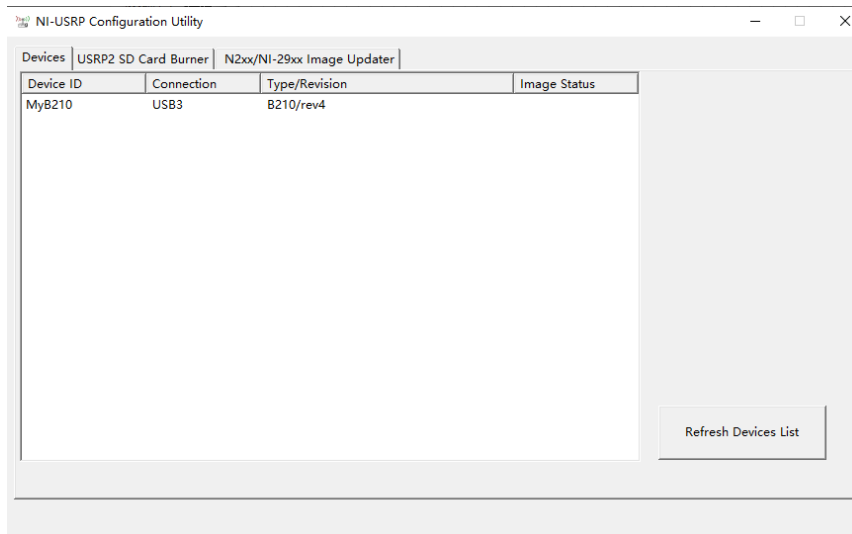


图 2-8 USRP IP 地址查询

调试结果如下图 2-9 所示，时域波形显示音频信号包络，符合 FM 调制特性。FM 收音机在 2.145GHz 接收到清晰音频，音质良好，无明显噪声。

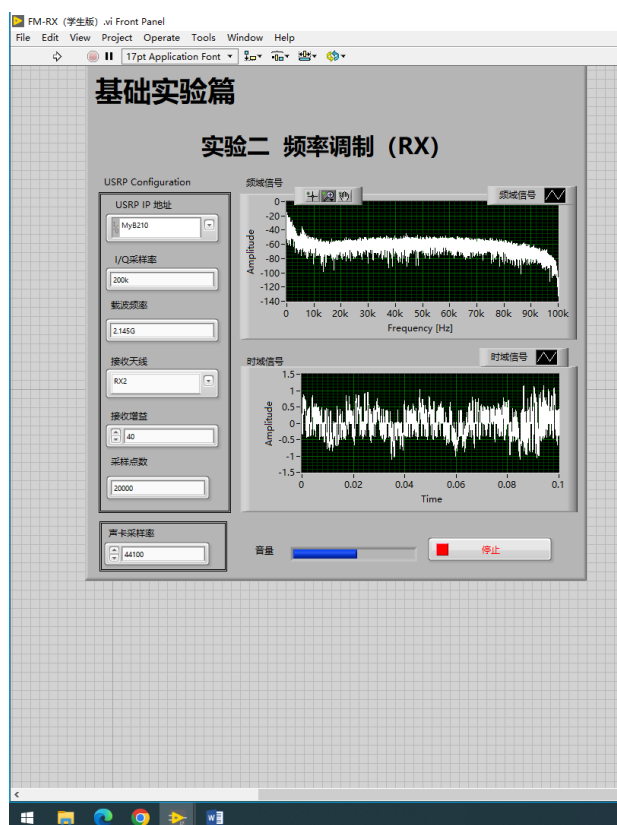
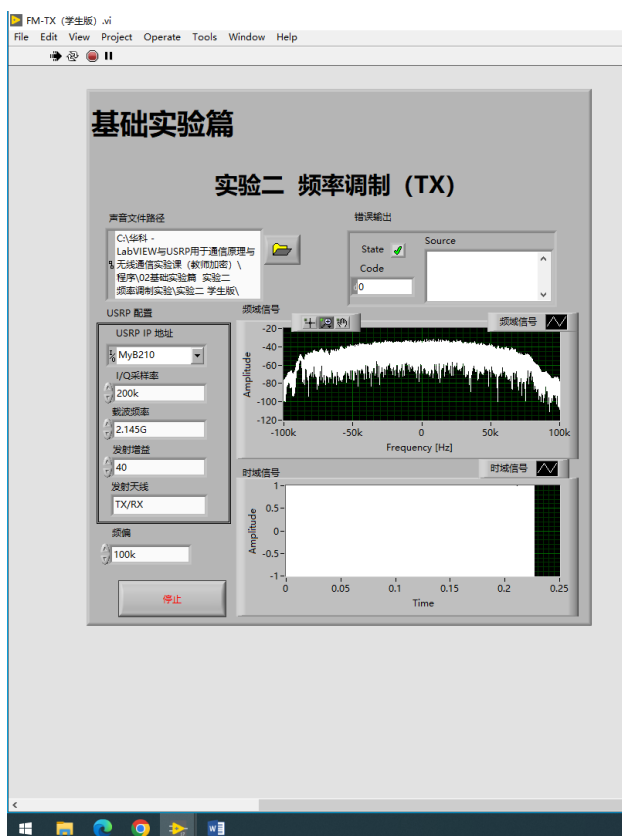


图 2-9 实验二测试情况截图

3.2 遇到的问题及解决方法

问题 1: 接收端音频有明显噪声。因为 I/Q 采样率与声卡采样率不匹配，导致重采样误差。

解决方法: 在 `subFMDemod` 子程序中优化重采样参数, 确保输出采样率精确匹配 200kHz, 噪声消失。

问题 2: FM 收音机有时接收不到。因为可能该频率段被其他人使用了。

解决方法: 修改载波频率数值, 再次进行测试。

问题 3: 解调信号出现相位失真。因为 `subUnwrap Phase-Continuous` 子程序未正确消除相位跳变。

解决方法: 检查相位解缠绕算法, 调整相位阈值参数, 确保相位连续性, 失真问题解决。

3.3 设计方案存在的不足

USRP 配置复杂, 初学者可能难以正确设置载波频率和增益, 建议增加自动化配置模块。

数字调制解调实验 I

一、 实验概述

1.1 实验名称

实验四 数字调制解调实验 I

1.2 实验目的

在本实验中你要完成一个 LabVIEW 程序，它能够将 PN 序列或文本作为信源并对其进行数字调制解调。实验的目的是让你进一步熟悉 LabVIEW 编程软件的基本操作，并且在编程的过程中可以加深对常见数字调制方式的理解，巩固基础知识。

1.3 实验环境

软件环境：LabVIEW 2012（或以上版本）；

硬件环境：无。

1.4 实验内容

参考实验指导书

1.5 实验要求

参考实验指导书

二、 实验过程

实验程序基于 LabVIEW 开发，主程序为“Digital modulation”，参考指导书的程序框图，包含信源生成、调制、噪声添加、解调和误码率计算等模块。具体设计步骤如下：

2.1 主程序设计

2.1.1 前后面板设计

参考图 3-1，设计前后面板，包含输入部分为信源类型选择（PN 序列或文本）、调制方

式选择（BPSK/QPSK）、信噪比设置（Numeric Control）。输出部分为星座图（XY Graph）、误码率显示（Numeric Indicator）、解调数据（String Indicator）、时域/频域波形图（Waveform Chart）。确保界面布局清晰，用户可直观调整参数并观察结果。

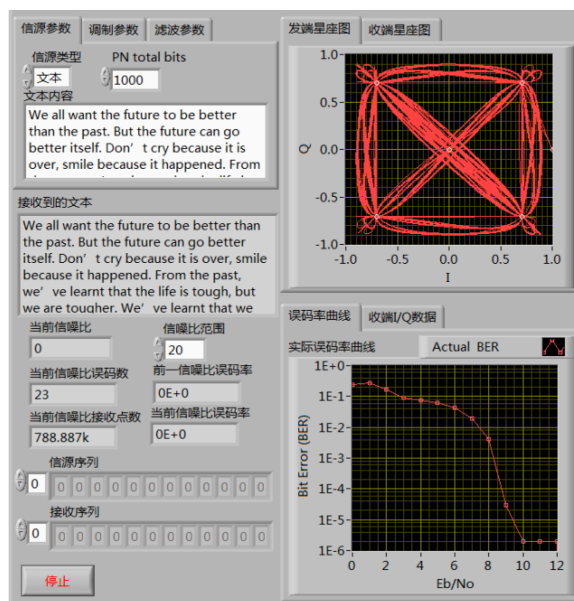


图 3-1 前后面板示意图

2.1.2 程序结构

主程序采用 While 循环，实时处理信号并更新输出。包含四个核心子程序：subTX（信源生成与调制）、subAddAWGN（噪声添加）、subRX（解调）、subGetBer（误码率计算）。数据流驱动各模块，程序框图如下图 3-2 所示。

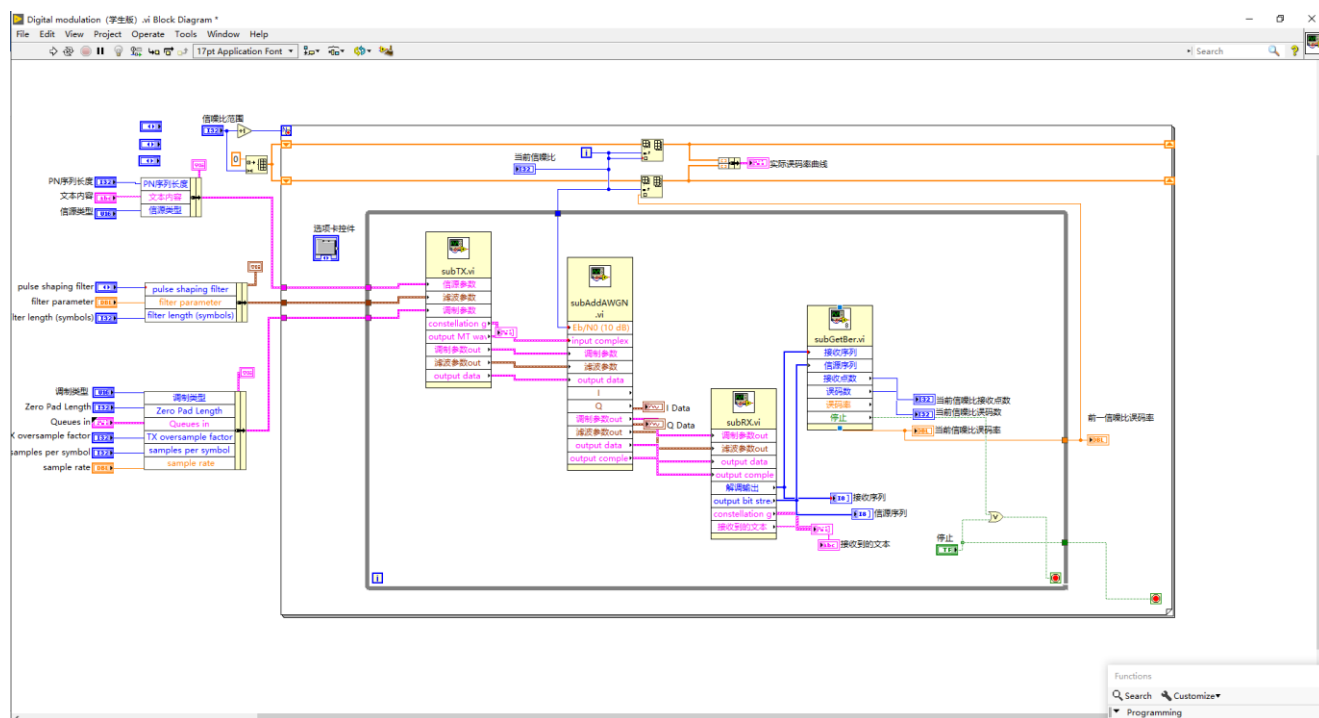


图 3-2 Digital modulation 程序框图

2.2 子程序设计

2.2.1 subMOD 子程序

输入：bit 序列（来自 subSource 子程序）；输出：复数符号数组。

功能：实现 BPSK 或 QPSK 基带调制，将输入的 bit 序列映射到复数符号。

BPSK 每个 bit 映射为一个复数符号，参考指导书公式

$$s_b(t) = \cos(2\pi f_m t + \phi_b) \quad (7)$$

选择相位偏移为 $\pi/2$ (b=0, 映射为 $0 + i$) 和 $3\pi/2$ (b=1, 映射为 $0 - i$)。

QPSK 每 2 个 bit 映射为一个复数符号，相位偏移为 $\pi/4$ 、 $3\pi/4$ 、 $5\pi/4$ 、 $7\pi/4$ ，对应复数为：

$$\begin{aligned} 00 &\rightarrow 0.707 + 0.707i \\ 01 &\rightarrow -0.707 + 0.707i \\ 10 &\rightarrow 0.707 - 0.707i \\ 11 &\rightarrow -0.707 - 0.707i \end{aligned} \quad (8)$$

使用“Case Structure”根据调制方式选择 BPSK 或 QPSK 映射规则。具体实现框图如下所示：

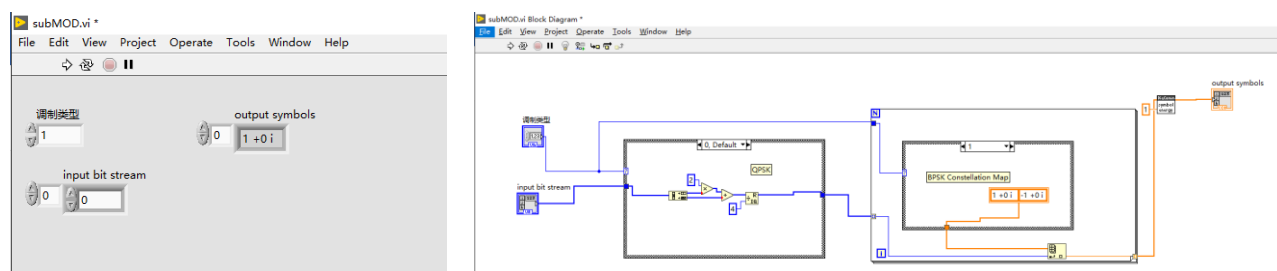


图 3-3 subMOD 子程序设计框图

2.2.2 subPulseShaping 子程序

输入：subMOD 输出的复数符号；输出：成型后的波形数据。

功能：对调制符号进行上采样和脉冲成型，优化信号频谱。

使用升余弦滤波器（Raised Cosine Filter）进行脉冲成型，设置滚降系数。使用“上采样”函数（Upsample）增加采样点，典型值为 4（Samples per Symbol）。参考指导书，脉冲成型通过卷积实现，减少符号间干扰（ISI）。具体实现框图如下所示：

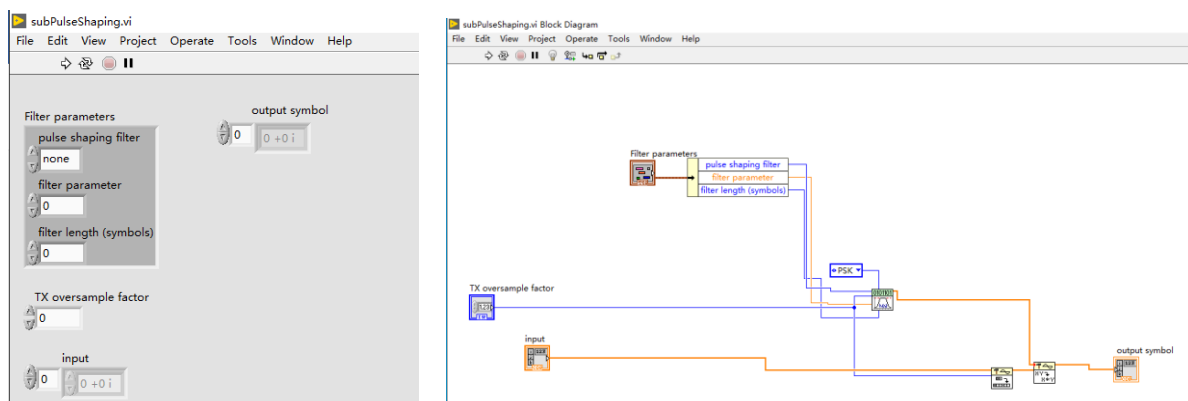


图 3-4 subPulseShaping 子程序设计框图

2.2.3 subMatchFilter 子程序

输入：含噪声的接收波形（来自 subAddAWGN）；输出：滤波后的符号数据。

功能：对接收信号进行匹配滤波，优化信噪比。

使用与 subPulseShaping 相同的升余弦滤波器，执行匹配滤波。确保滤波器参数与发送端一致，以最大化信号能量。具体实现框图如下所示：

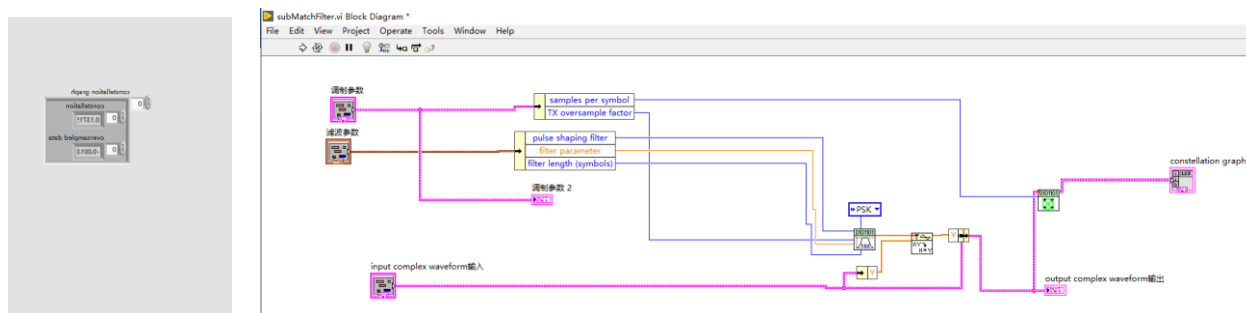


图 3-5 subMatchFilter 子程序设计框图

2.2.4 subDemod 子程序

输入：同步后的符号数据（来自 subSync）；输出：解调后的 bit 序列。

功能：实现 BPSK/QPSK 解调，将接收符号映射回 bit 序列。

BPSK 根据复数符号的虚部判断， $Im > 0$ 映射为 0， $Im < 0$ 映射为 1。而 QPSK 根据复数符号的象限判断，映射回 2 位 bit 序列，与 subMOD 的映射规则对应。使用“Case Structure”实现 BPSK/QPSK 解调逻辑。具体实现框图如下所示：

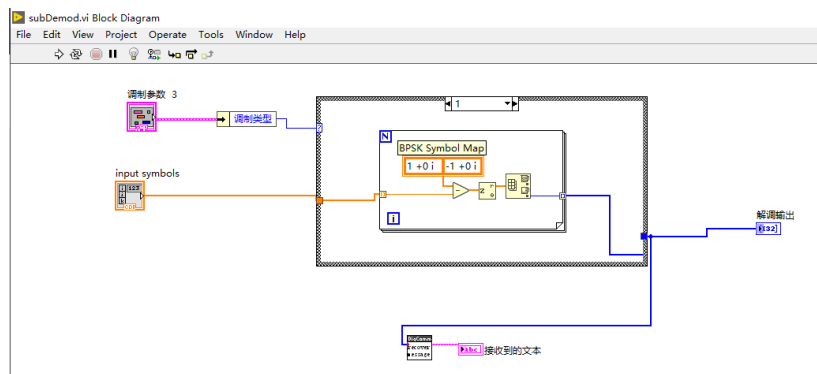


图 3-6 subDemod 子程序设计框图

2.2.5 其他模块

subAddAWGN: 添加高斯白噪声，设置信噪比（SNR）范围（如 0-30 dB）。

subGetBer: 比较原始 bit 序列与解调 bit 序列，计算误码率：

$$\text{BER} = \frac{\text{错误bit数}}{\text{总bit数}} \quad (9)$$

星座图生成：使用“XY Graph”显示接收符号的实部和虚部，验证调制正确性。

三、实验测试与分析

3.1 系统测试及结果说明

3.1.1 QPSK 调制解调测试

打开“Digital modulation.vi”主程序，在“信源参数”选项卡中，设置信源类型为“文本”，并输入一段自定义的英文文本，然后将调制方式设为 QPSK，“信噪比范围”从 0dB 到 30dB，不一定必须要 30，只要是个稍大的数字均可。运行程序，系统会自动从设定的最低信噪比开始，逐步增加信噪比进行仿真，并实时绘制误码率曲线。

信噪比较低时，例如 5dB 如图 3-7 左图所示，星座图点分布扩散，误码率较高，不过解调数据仍大部分正确，证明系统鲁棒性。而在较高的信噪比时，例如 30dB 如图 3-7 右图所示，星座图显示四个象限点，位置准确，误码率趋于 0，解调数据正确，并且频域波形显示带宽约为符号率的 2 倍，符合理论。

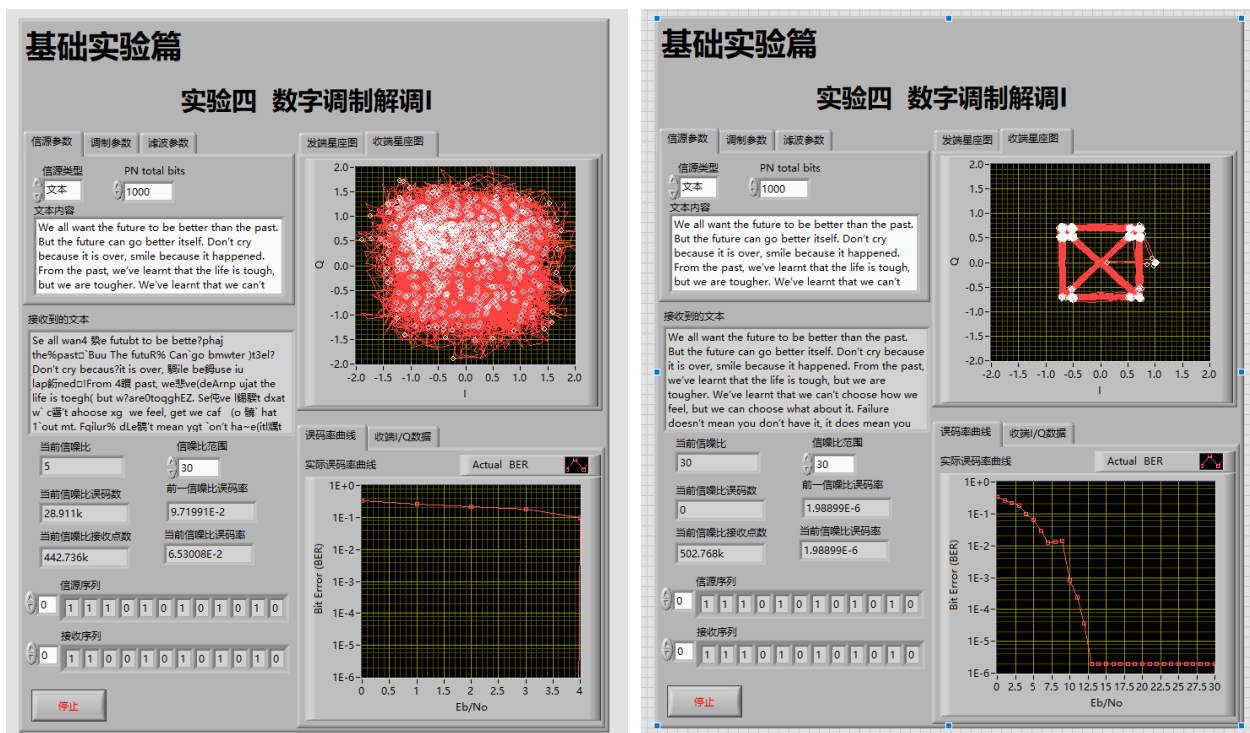


图 3-7 低质量通信(左)和高质量通信(右)

当然我们可以进一步对信噪比值进行测试，比如 100dB 如下图 3-8 所示，在该情况下的理想信道环境中，星座图上的信号点呈现出显著的聚集特性，与理论映射位置实现了精准契合。同时我们可以进一步得出结论，在 20dB 左右的场景中误码率可以维持在一个较低的水平，星座图展示也较为清晰，而大于 30dB 的一个高信噪比的情况下，星座图的恢复效果呈现出最优的表现，可以结合实际生产需求情况进行选择。

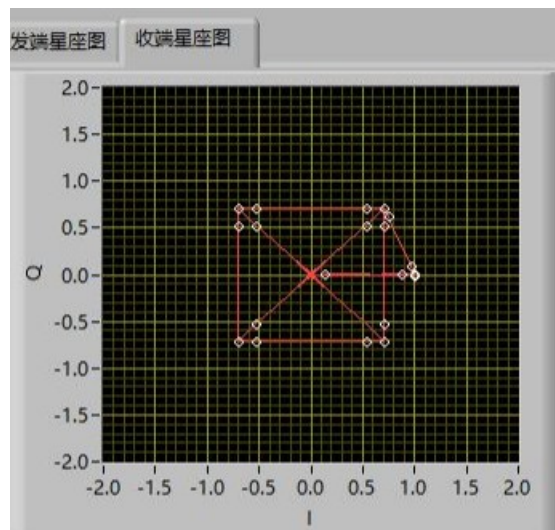


图 3-8 极高质量通信

3.1.2 BPSK 调制解调测试

然后我们进一步对 BPSK 调制进行测试，与上面 QPSK 的过程基本相同，将调制方式设为 BPSK，“信噪比范围”从 0dB 到 20dB，对比下图 3-9 可知随着信噪比的上升星座图显示逐渐清晰，主要分布于虚轴，误码率低，解调数据与信源完全一致，符合实验预期。

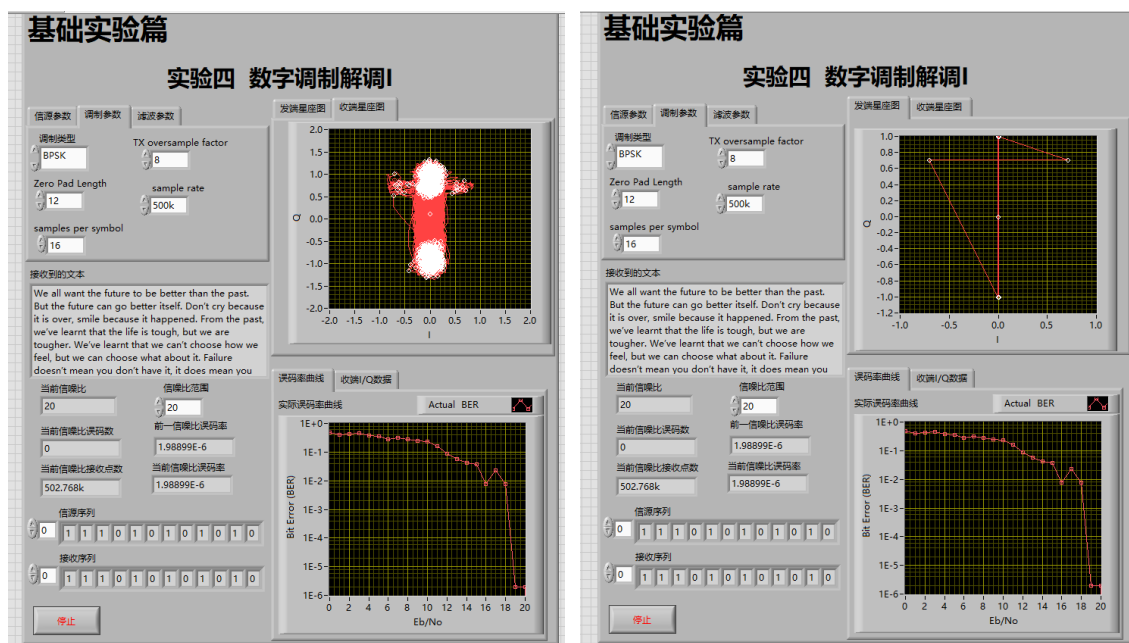


图 3-9 低质量通信(左)和高质量通信(右)

综上程序成功实现 BPSK 和 QPSK 调制解调，星座图和误码率符合理论预期。脉冲成型和匹配滤波有效减少符号间干扰，提升信噪比，同时低信噪比下误码率升高，验证了噪声对数字通信的影响，符合香农定理。因此满足功能需求，可靠性高，适应不同信噪比场景。

3.2 遇到的问题及解决方法

问题 1：QPSK 星座图点位置偏移。因为 subMOD 子程序中相位映射规则错误，未使用标准 QPSK 相位（ $\pi/4$ 等）。

解决方法：修正映射规则为 $\pi/4, 3\pi/4, 5\pi/4, 7\pi/4$ ，星座图恢复正常。

问题 2：高信噪比下误码率非零。因为 subMatchFilter 滤波器参数与发送端不匹配，导致信号失真。

解决方法：统一升余弦滤波器的滚降系数，误码率降至预期。

问题 3：解调数据偶尔出现错误。因为 subSync 子程序同步精度不足，符号边界偏移。

解决方法：优化同步算法，增加训练序列长度，解调数据准确率提高。

3.3 设计方案存在的不足

仅支持 AWGN 噪声，未模拟其他信道干扰（如多径衰落）同时星座图和误码率显示较为简单，缺乏实时统计分析功能。

四、 实验总结

4.1 实验感想

4.1.1 幅度调制实验实验感想

通过本次幅度调制（AM）实验，我深入掌握了 AM 调制技术的核心原理，深刻理解了调制信号、载波信号和直流分量之间的数学关系，即公式 $s_{AM}(t) = [A_0 + m(t)] \cdot \cos(\omega_c t)$ 。通过 LabVIEW 的图形化编程，我不仅能够直观地设计和调试程序，还能实时观察信号在时域和频域的变化，这种可视化的方式极大地加深了我对理论知识的理解。例如，通过调整调制信号的幅度，我观察到过调制现象（当 $m(t) + A_0 < 0$ 时），信号包络失真，解调信号出现畸变，这让我认识到保持 $m(t) + A_0 \geq 0$ 对确保信号质量的至关重要性。编程过程中遇到的问题，如解调信号中的高频噪声和频域边带不清晰，促使我深入分析程序逻辑和参数设置，学会了如何通过优化滤波器参数和增加采样点来提升系统性能。这些调试经验不仅提升了我的编程能力，也让我认识到理论与实践结合的重要性，为后续的通信实验奠定了坚实的基础。

4.1.2 频率调制实验实验感想

通过频率调制（FM）实验让我首次接触到 LabVIEW 与 USRP 平台的结合，深刻体会到软件无线电技术的灵活性与强大功能。通过设计 FM 收发信机，我完成了从音频文件读取、FM 调制到信号发射和接收的完整流程，这是一个充满挑战但令人兴奋的过程。特别是在调试 USRP 硬件和优化反正切解调算法时，我遇到了诸如音频噪声和信号断续的问题，通过反复调整 I/Q 采样率和增益参数，最终成功通过 FM 收音机听到清晰的音频信号，那一刻的成就感无以言表。实验让我深入理解了 FM 调制的原理，尤其是反正切解调方法的核心公式 $\Phi(n) - \Phi(n-1) = m(n)$ ，通过编程实现相位解缠绕和差分运算的过程让我对理论推导有了更直观的感受。观察发送端和接收端的波形变化，以及成功接收交通广播信号的测试，使我对无线通信系统的实际操作有了深刻认识。这不仅增强了我对通信技术的兴趣，也让我意识到 FM 技术在广播和无线通信中的重要性。

4.1.3 数字调制解调实验I实验感想

通过数字调制解调实验让我深入理解了二进制相位键控(BPSK)和正交相位键控(QPSK)的调制解调原理，通过 LabVIEW 实现符号映射、脉冲成型和匹配滤波的编程过程极大地提升了我的技术能力。观察星座图的变化，例如 QPSK 在高信噪比下的清晰四点分布和低信噪比下的扩散现象，让我直观感受到信噪比对数字通信系统性能的影响，这与香农定理的理论分析高度吻合。调试过程中，我遇到了星座图偏移和误码率异常的问题，通过检查映射规则和优化同步算法，最终解决了这些问题，这让我深刻体会到调试复杂系统时细致分析和耐心验证的重要性。实验中计算误码率（BER）的过程让我认识到数字通信的鲁棒性和抗噪能力，这对网络空间安全领域尤为重要。

作为一名网络空间安全专业的学生，通过这三个实验，我不仅掌握了通信系统的核心技术，还深刻认识到技术在国家安全中的重要作用。幅度调制、频率调制和数字调制解调技术是现代通信系统的基石，而通信安全是网络空间安全的核心组成部分。实验过程中，我意识到信号的抗干扰能力和数据传输的可靠性直接关系到信息安全，例如在无线通信中，信号失真或高误码率可能被攻击者利用，导致数据泄露或篡改。这让我更加明确了自己的专业使命：将通信技术与网络安全技术深度融合，研发更安全的通信协议和防护机制，为维护国家网络空间主权贡献力量。正如习近平总书记强调的，“网络安全和信息化是事关国家安全和国家发展、事关广大人民群众工作生活的重大战略问题”，我深刻感受到科技报国的责任感，激励我在未来的学习和工作中以实际行动践行这一使命。

4.2 意见和建议

本次通信实验设计科学、内容丰富，与理论课程紧密结合，极大地提升了我的实践能力和理论理解。实验指导书内容详尽，提供了清晰的程序框图和参考图片，帮助我快速上手 LabVIEW 编程。老师和助教在实验过程中细致耐心，及时解答疑问，确保我们能够顺利完成实验内容，收获颇丰。除此之外，我有一点小建议实验二的 USRP 硬件在配置的时候由于起初不太了解上手有点复杂，建议增加配置向导或视频教程，可以供同学们反复学习和观看。

原创性声明

本人郑重声明本报告内容，是由作者本人独立完成的。有关观点、方法、数据和文献等的引用已在文中指出。除文中已注明引用的内容外，本报告不包含任何其他个人或集体已经公开发表的作品成果，不存在剽窃、抄袭行为。

已阅读并同意以下内容。

判定为不合格的一些情形：

- （1） 请人代做或冒名顶替者；
- （2） 替人做且不听劝告者；
- （3） 实验报告内容抄袭或雷同者；
- （4） 实验报告内容与实际实验内容不一致者；
- （5） 实验代码抄袭者。

作者签名：