

实验报告

(实验五 数字通信中的码元同步)

班级：通信 2 班

姓名： 颜梓杰

学号： 210210221

课程名称： 通信原理实验

指导教师： 高老师

日期： 2023.12.4

实验五 数字通信中的码元同步

一、实验目的

理解码元同步的基本原理和实现方法。

二、实验预习

了解码元同步的基本原理，以及两种实现码元同步的常用方法：最大能量法和前后门算法。

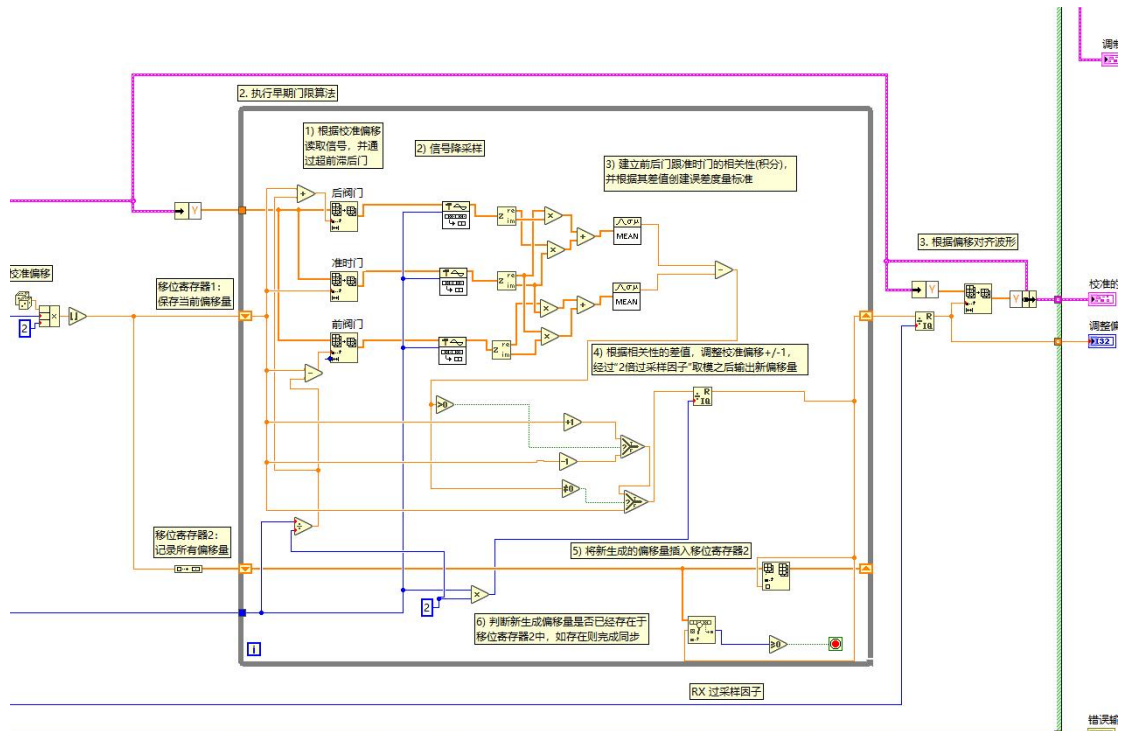
三、实验内容

本实验包含发送端和接收端两个主程序。发送端主程序的前面板如实验指导书中图 5.1 所示，首先是 USRP 的基本参数设置，包括 IP 地址、载波频率、采样率等；接下来是信道设置，包括信道模型和噪声能量等；然后是调制设置，包括调制类型和脉冲成形的相关参数；最后是调制后的星座图、眼图和 IQ 波形。接收端主程序的前面板如实验指导书中图 5.2 所示，开始的设置与发送端基本相同，在解调显示部分是接收解调后的文本以及它的星座图、眼图、IQ 波形和误码率曲线。可以通过这些来判断程序是否正确。

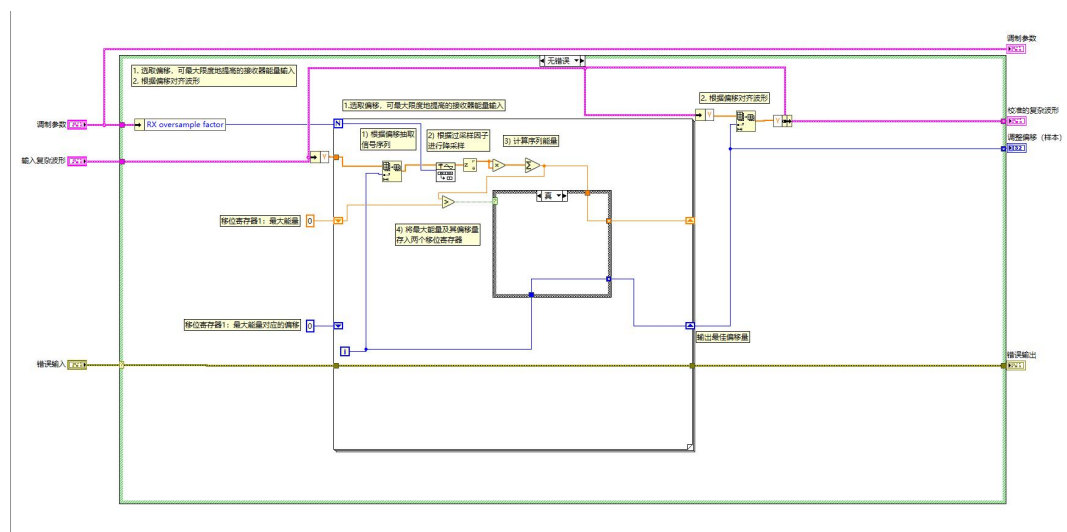
在本次实验中，需要完成 Exercises Max Energy.vi 和 Exercises ELgate.vi 两个子程序，并打开发送和接收主程序，查看同步效果。完成实验后，需要提交上述子程序，并完成实验报告。

四、实验任务

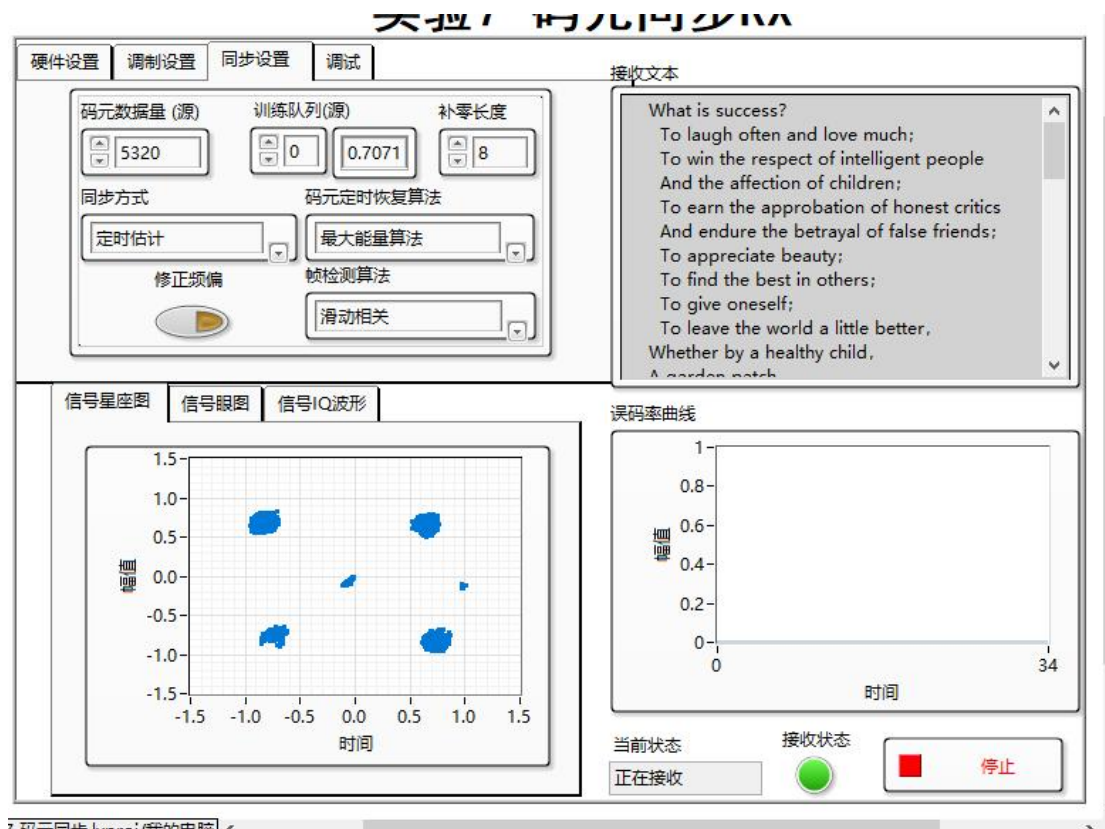
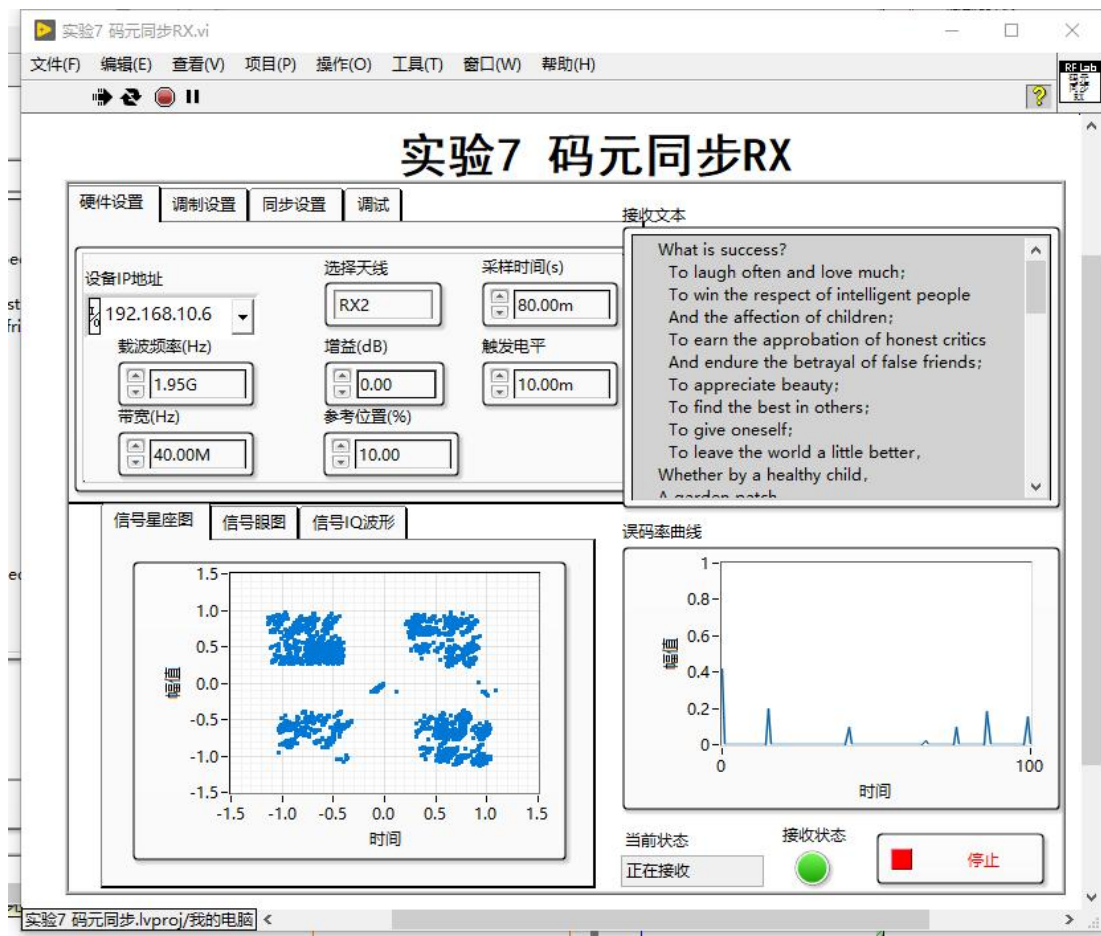
3.1 完成 Exercises ELgate.vi 的完整设计图



3.2 完成 Exercises Max Energy.vi 的完整设计图



3.3 配置 USRP 参数, 运行主程序, 记录并分析结果。



五、 扩展问题

1、 演示在没有噪声时， 公式

$$z(t) = \alpha e^{j\phi} \sqrt{E_x} \sum_m s[m] g_{tx}(t - mT - \tau_d) + v(t) \quad (5.15)$$

中的 α 和 ϕ 没有对输出能量最大化解产生任何影响。

$z(t)$ 是接收信号； α 是一个复数常数，表示信道的衰落系数； ϕ 是一个实数常数，表示信道的相位偏移； E_x 是一个实数常数，表示发送信号的平均能量；

$s[m]$ 是一个复数序列，表示发送信号的符号，它们是从一个有限的调制星座中选择的，比如 QPSK 或 16-QAM； $g_{tx}(t)$ 是一个实数函数，表示发送滤波器的冲激响应，它通常是一个矩形窗或一个根升余弦窗； T 是一个实数常数，表示 OFDM 符号的周期，它等于子载波间隔的倒数； T_d 是一个实数常数，表示信道的时延； $v(t)$ 是一个复数函数，表示接收信号的噪声。

对接收信号进行了离散傅里叶变换

$$Z[k] = \alpha e^{j\phi} \sqrt{E_x} S[k] e^{-j2\pi k T_d / T} + V[k]$$

$$E = |\alpha|^2 E_x \sum_k |S[k]|^2$$

如果没有噪声，那么输出能量可以简化为

可以看出，输出能量只与 α 的模有关，而与 α 的相位无关。因此， ϕ 没有对输出能量最大化解产生任何影响。

另一方面，输出能量是 α 的模的二次函数，它的最大值是在 α 的模趋向无穷时达到的。因此， α 的模越大，输出能量越大，但是没有有一个有限的 α 的模可以使输出能量达到最大值。所以， α 也没有对输出能量最大化解产生任何影响。

2、 在对一个以 $1/T$ 速率采样的序列进行以 M 为因子的降采样后，所产生的信号样本周期是多少？

$$M/T$$

六、 总结和实验心得

在实验中实现了码元同步，同时采用了最大能量算法和超前滞后门进行码元同步，实现了误码率较低的效果，成功接受到信号，对信道传输接受端的信号处理有了实验性的认知。