

浙江大学

基于新冠疫情紧急救援行动的声控红绿灯

课程名称： 信息、控制与计算

姓 名： 钱煜

学 院： 信息与工程学院

专 业： 微电子科学与工程

学 号： 3180103948

指导教师： 陈晓明 高智赫

2020 年 1 月 10 日

一、背景概述

近日，疫情再次开始蔓延，不少省份（如河北、辽宁等）都面临较为严峻的挑战。在遇到需要抢救的情况时，疾控安全中心联合交通指挥中心需要指挥交通，为救护车让出一条安全通道。

本项目即实现了简易的声控红绿灯，使得指挥中心能声控（用简短的钢琴音代替相对复杂的人声）某红绿灯及其旁边的大屏幕，对来往车辆进行隔空指挥。

二、问题分解

1. 信息内容

- a. 控制语言的选择
- b. 所有信息构成的集合的确定
- c. 每个信息出现概率的确定

2. 信源编码

- a. 信息的编码（压缩）方式
- b. 每个消息序列的码长

3. 信道编码

- a. 信道选择
- b. 参数设定

4. 信宿译码

- a. 去噪并数字化得到数字序列
- b. 转换成信息

5. 控制输出

- a. 能控性
- b. 能观性

三、解决思路

1. 信息内容

a. 控制语音的选择

为了方便,用钢琴音的片段模拟控制的语音。这一方面减小了人声由于音色、频率、身体状况(如哑嗓子)等带来的不确定性,一方面确定的音乐格式也便于机器识别。

b. 所有信息构成的集合的确定

假设传递的信息集合 S 为{(红灯, STOP), (绿灯, GO), (黄灯, CAREFUL)}, 共有三个元素。每个元素由两个部分组成,前者指示路灯的颜色,后者指示显示屏的内容。

c. 每个信息出现概率的确定

假设绿灯出现的概率是 50%, 红灯、黄灯均为 25%。

2. 信源编码

a. 信息的编码(压缩)方式

根据输入信息的集合以及概率分布,采用霍夫曼不等长编码,具体如下:

输入信息	概率	编码结果
(绿灯, GO)	0.5	0
(红灯, STOP)	0.25	10
(黄灯, CAREFUL)	0.25	11

b. 每个消息序列的码长

假设每个消息序列包含 10 则消息,即码长为 10。

3. 信道编码

a. 信道选择

采用高斯噪声信道,并采用 CRC 信道编码方式。

b. 参数设定

参考第四章课件,设定均值 $\mu=0$, 方差 σ^2 基准值为 0.01。

4. 信宿译码

- a. 去噪并数字化得到数字序列

根据一个周期波形中每个点对应数值的平均值进行判定。

- b. 转换成信息

根据前缀码的性质从前往后进行转换。

5. 控制输出

- a. 能控性

每次给出的 10 条命令，间隔 1s 执行一次。同时，系统会设定相应内部参数（在“实现过程”中将详细介绍）代表对应状态。让输入和状态一一对应即可符合能控性的要求。

- b. 能观性

由于内部参数代表了系统状态，也控制了最终输出（一一对应），故可以通过输出反观系统当前的状态。

四、实现过程

1. 预处理

本项目采用 ios 自带软件 GarageBand 进行钢琴音乐制作（如图 1）。

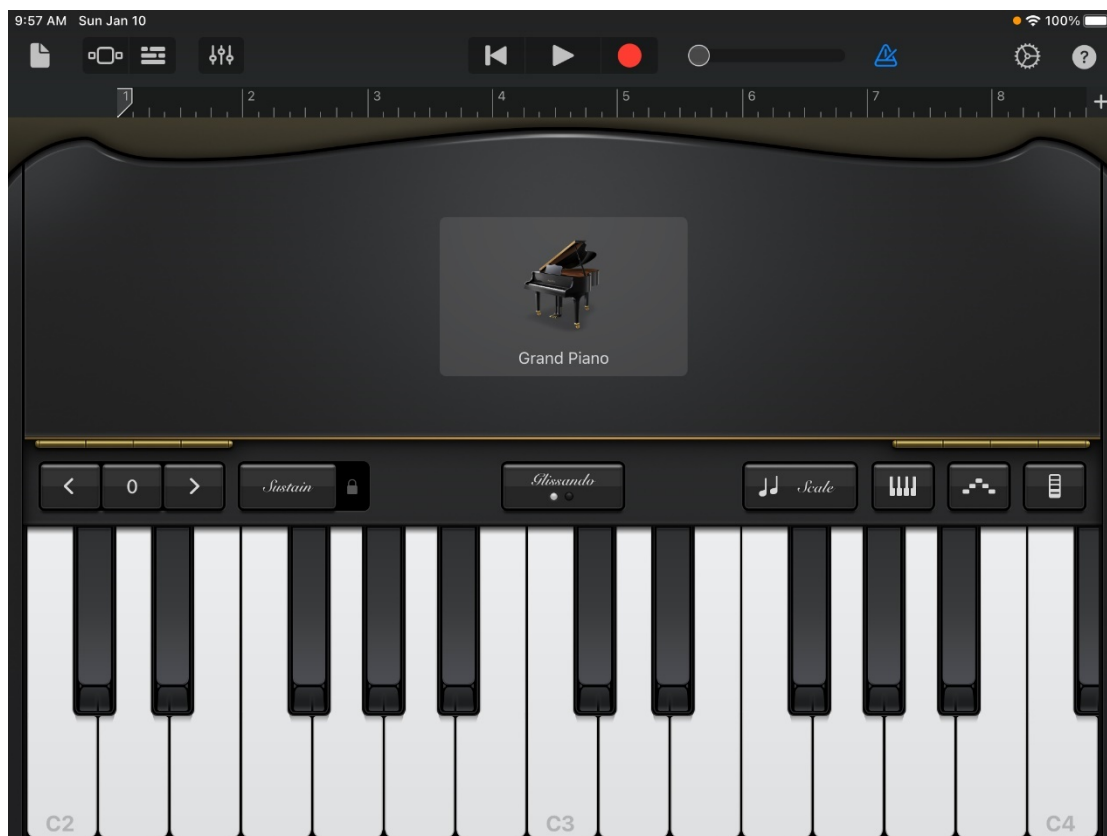


图 1 GarageBand 制作琴声示意图

其中，每次旋律分为 1 至 2 个小节不等。用一个小节的持续声音代表“绿灯”指令；用两个小节，其中第一个小节有声音，第二个小节没声音代表“红灯”指令；用两个小节，其中两个小节都有声音代表“黄灯”指令。

在钢琴模拟人声过程中，因考虑到人声随着时间推移，功率不断衰减的情况，本项目采用了只在各小节开始按下琴键，之后让其自然变小，来更好地模拟现实环境。（见图 2）

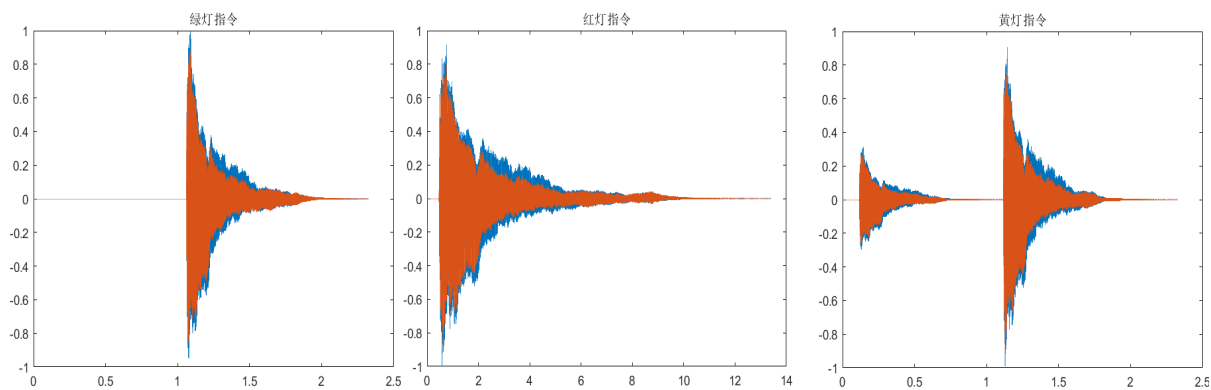


图 2 三种模拟人声波形示意图（横坐标为时间，纵坐标为归一化幅度值）

2. 信源编码

根据“解决思路”，三种信息的输入概率分别为 50%，25%，25%。因此，采用霍夫曼编码后结果如图 3。（具体代码实现将在下文说明）

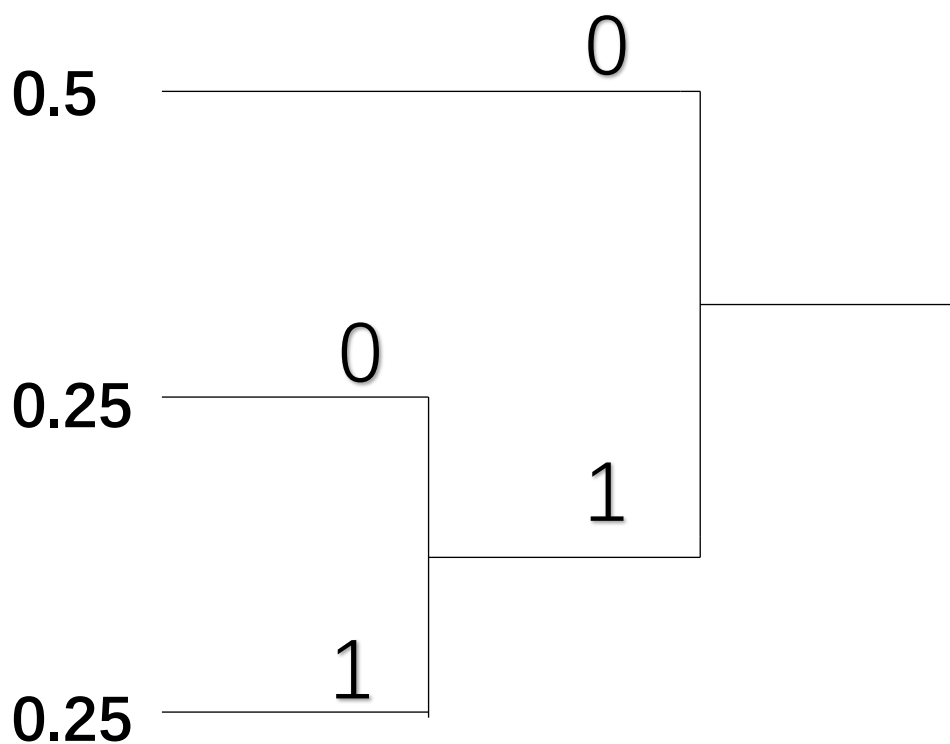


图 3 信源霍夫曼不等长编码

3. 信宿编码序列

对于输入概率的设定，本项目使用了 ransrc 函数。

```
temp=randsrc(1,1,[1 2 3; 0.5 0.25 0.25]);
```

在利用循环语句产生 10 条命令，构造消息序列后，利用 CRC 编码的性质，假设生成多项式 $G(x)=x^4+x+1$ ，通过模 2 除法得到 4 位的循环冗余校验码 $C(x)$ ，并附在原消息序列的末尾。

```
code_c=ori_code(1:k-1);
```

```
g=[1 0 0 1 1];%生成多项式  $g(x)=x^4+x+1$ ，crc-4 这个最简单
```

会产生 4 位冗余码

```
R=length(g)-1; %冗余码长为生成多项式长度减 1
```

```
[q,r] = deconv([code_c zeros(1,R)],g);
```

%为数据右边补 K 个 0，然后用 deconv 计算数据多项式除以生成多项式

```
r=mod(r(end-R+1:end),2); %取余数的最后 R 位 mod2 运算
```

```
code_source=[code_c r];
```

4. 理想传输波形

本项目采用取绝对值的 sin 函数作为基本载波信号。在一个周期内，如果波形为正常的波峰，则代表 1，否则代表 0。

假设一个周期为 1000us（工作频率为 1KHZ），通过

```
input_y=sin(0.001 * pi * input_x);
```

```
input_y=abs(input_y);
```

实现了原始波形产生。

同时采用变量 tail 指示“当前时刻”，从而正确刻画“随时间改变的波形”。

如下为具体代码。

```
if (temp ==1)    %0
    input_y(tail:1:tail+999)=0;
    tail=tail+1000;
else
    if (temp ==2)    %10
        input_y(tail:1:tail+999)=1;
        input_y(tail+1000:1:tail+1999)=0;
        tail=tail+2000;
```

```
else %11
    %input_y(tail:1:tail+1999)=1;
    tail=tail+2000;
end
end
```

最终得到原始传输（理想传输）数据波形如图 4。

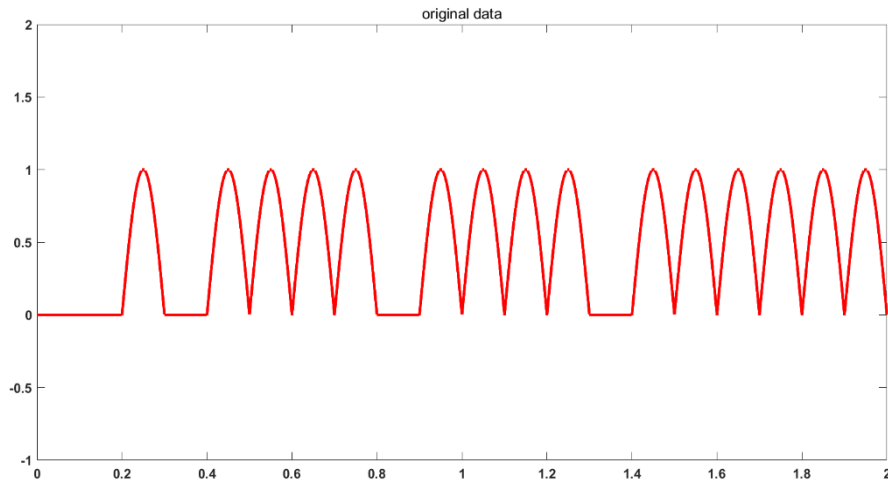


图 4 理想传输波形

5. 高斯信道加噪

在原始数据波形的基础上，本项目采用高斯加噪来模拟高斯信道，取均值为 0，方差为 0.01。得到结果如图 5。

```
raw_data=imnoise(input_y,'gaussian',0,0.01);
```

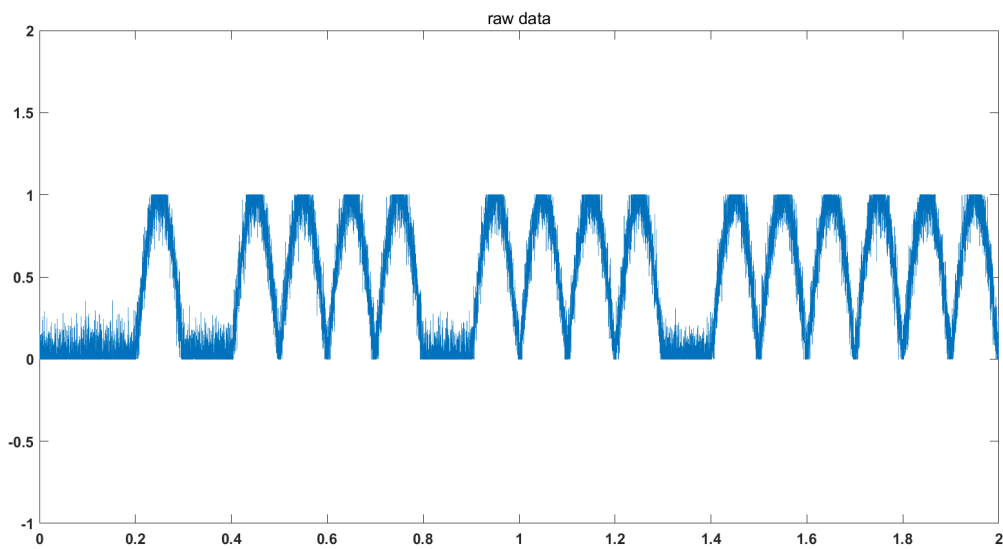


图 5 高斯加噪后的数据波形

6. ADC 转换

根据观察加噪后的波形，和多次尝试，本项目最终采用基于 mean 函数的平均值指标来判定每个周期代表的数值。具体代码如下。

```
tail=1;
decode=zeros(1,20);
j=1;
while (j<=20)
    temp=raw_data(tail:1:tail+999);
    %max1=max(raw_data(tail:1:tail+999));
    mean1=mean(temp(:));
    if (mean1 >= 0.5)
        decode(j)=1;
    else
        decode(j)=0;
    end
    tail=tail+1000;
    j=j+1;
end
```

7. 霍夫曼译码

按照前缀码的性质，任意码的后缀码能被唯一分解，且具有实时性。接受方采用从前往后，逐次寻找码字并译码的过程进行译码。具体代码如下。

```
info=zeros(1,10);
index=1;
i=1;
while(i<=10)
    if (index>20)
        break
    end
    if (decode(index)==0)
        info(i)=1;
        index=index+1;
    else
        index=index+1;
        if (index>20)
            break
        end
        if (decode(index)==0)
            info(i)=2;
            index=index+1;
        else
```

```

        info(i)=3;
        index=index+1;
    end
end
i=i+1;
end

```

8. CRC 校验

基于接收方和发送方约定好的 $G(x)$, 接收方将收到的消息序列 decode 与 $G(x)$ 相除, 若余数为 0, 则说明无误差, 若不为 0, 则说明传输过程中出现了误码。

需要注意, 由于 CRC 校验码本身并不代表完全校验, 例如两个码的反转可能导致最终“无误差”的校验结果。

在此基础上, 本项目通过调整信噪比和计算对应的误码率, 关键代码和结果图如下。

```

while(i<=10000)
fangcha=i*0.1;
[info,decode,raw_data,wumalv] =
xindao(input_y,code_source,fangcha);
curve_wumalv(i)=wumalv;
sigPower =

sum(abs(input_y).^2)/length(input_y);           %求出信号功
率
noisePower=sum(abs(raw_data-
input_y).^2)/length(raw_data);    %求出噪声功率

SNR(i)=10*log10(sigPower/noisePower);           %由信噪比定义

求出信噪比, 单位为 db

i=i+1;
end

```

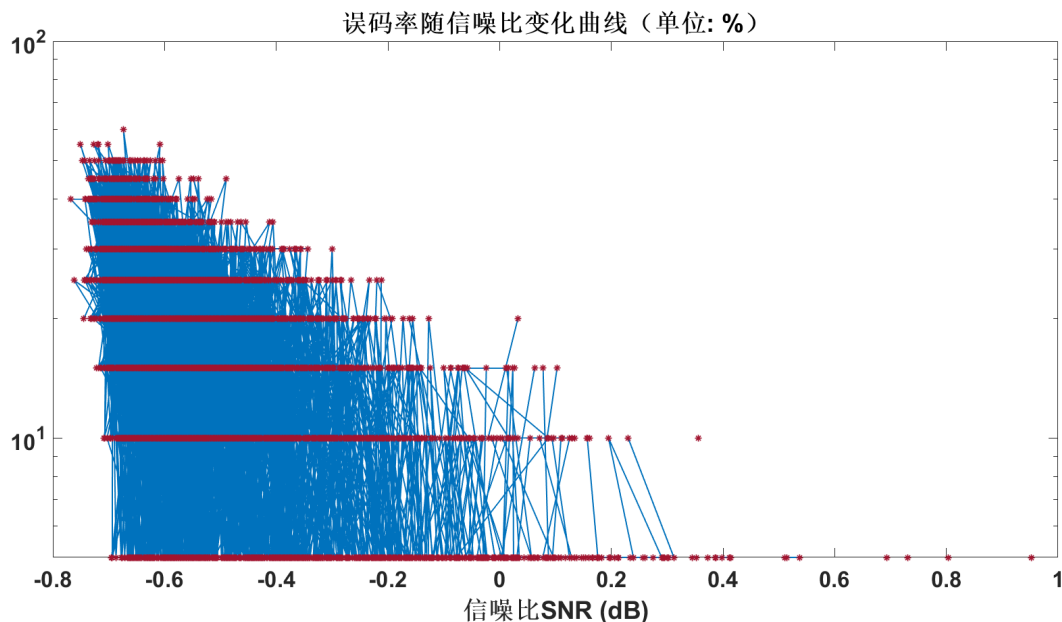


图 6 误码率随信噪比变化曲线

可以看到，基本当信号功率小于噪声功率时，误码率才会显著上升。

7. 控制输出

假设输入的控制命令为 1/2/3，对应的系统状态为“绿”/“红”/“黄”，对应的输出为“绿灯+GO!!!”/“红灯+STOP!!!”/“黄灯+CAREFUL!!!”。从该设定可以看到，系统的能观性得到了满足，即可以从输出观测系统当前的状态。为了满足能控性，该系统设置了每间隔 1s 执行下一条命令，考虑到一次传输 10 条命令，故一定能在 10s 内控制系统的状态和输出，这也符合了能控性的要求。

为了方便展示“时间”因素，本项目加入了 datanow 函数，并在显示屏模块的输出中添加了当前的时间以便更好地展示效果。具体代码和结果图如下。

```
i=1;
while(i<=10)
    if (info(i)==1)
        a=datestr(now);
        fprintf('GO!!!      %s\n',a);
        %disp('STOP!!!');

rectangle('Position',[100,100,10,10],'Curvature',[1,1],
'FaceColor','g');
    else
        if (info(i)==2)
            a=datestr(now);
```

```

        fprintf('STOP!!!      %s\n',a);

rectangle('Position',[100,100,10,10],'Curvature',[1,1],
'FaceColor','r');
    else
        a=datestr(now);
        fprintf('CAREFUL!!!    %s\n',a);

rectangle('Position',[100,100,10,10],'Curvature',[1,1],
'FaceColor','y');
    end
end
i=i+1;
pause(1);
end

```

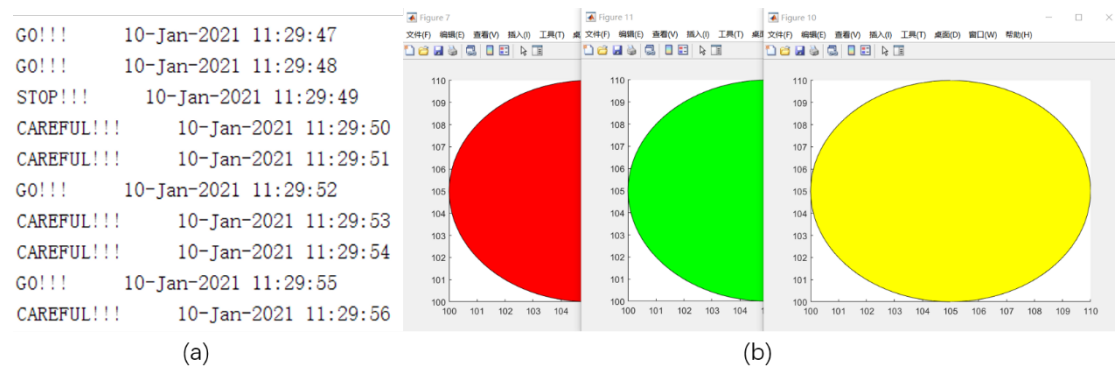


图 7 (a)显示屏结果图 (b)红绿灯结果图（部分）

五、总结感想

1. 项目感想

在本次大作业中，我用到了一些课上讲到的知识，如消息序列传输、霍夫曼编码等，通过自己动手编程，让整个流程更加清晰明了，加深了对课程的理解。在实验内容上，我也根据时间、自己的能力进行了一定的调整，通过跟助教交流和讨论，最终完成了该项目。虽然整体难度不是很大，但对于基于信息传输的整个系统的把控，我有了更好的理解。

2. 意见和建议

a. 安排尽早明确

对于本次大作业，老师们似乎都没有给予明确的说明和指导，学生们也都多少有些云里雾里。就我个人而言，我记得在第五周前后问过老师，当时老师的回复是不用担心，后续会讲，且当时的讲课进度无法开展大作业，但到了期末阶段，好像也没有相关的安排。

b. 内容目的明确

本次大作业的所有内容都是我个人所想，我在构思的过程中也尝试着尽可能多地利用上课所讲知识，但能用到实践中的并不多。在完成了将近四分之三后，我询问了助教，虽然他表示我的内容是符合要求的，但他也不是很明白该大作业的具体内容和目的。我在和助教交流前，总是会担心自己做的是否偏离主题，或者不符合要求等。因此我希望以后的课程里，有关的要求和目的能更好的明确，例如附上一张流程图、明确考察重点是应用编码/能观能控性等，否则从单纯的宏观文字描述来看，该项目是一个很宏大很复杂的工程。

c. 坚持改革

作为做大作业的第一年，势必会遇到一些问题，但作为信电学院的专业课程，文字形式的考试的确不能塑造一个全面的学生，大作业的布置的确是必要的。希望之后的改革能越来越完善，能帮助以后的学弟学妹更好地理解和应用信息论。

d. 明确 ddl

这次大作业的 deadline 在期末阶段有所修改，我认为这是不公平的。就我个人而言，我根据之前的 ddl 制定了计划，并在原 ddl 之前完成了大作业。但是

ddl 推迟后,很多同学来问我做了什么,怎么做的,我自然也告诉了他们。而客观来说,ddl 的推迟对于那些一开始没有制定计划,没能在原定 ddl 前完成的同学来讲,他们可以“集大成”,通过询问已经做好的同学,集思广益,既节省了自己的时间,也能在短时间内汲取其他同学的作品优势。在本学期,我还上了另一门“硬件描述语言原理与应用”的课程,当时只有 4 个人(包括我)在老师制定的 ddl 前完成了作业。老师最后的解决方案是,给在原定 ddl 前上交作业的同学给予一定优惠,我觉得这不失为一种好的方法。

参考文献

- [1]叶青,刘瑞明,自兴发.基于 MATLAB 的 BFSK 在高斯白噪声信道中的传输性能研究[J].楚雄师范学院学报,2015,30(03):21-25.
- [2]李宝山,戴仁辉,刘客,周鹏,钱婷,孙俊海.Matlab 在音频、图像噪声及数据拟合中的应用[J].电脑与信息技术,2019,27(03):10-14.
- [3]魏西媛,蓝洋.CRC 纠错原理及其 Matlab 仿真[J].科技信息,2008(26):407-408.