

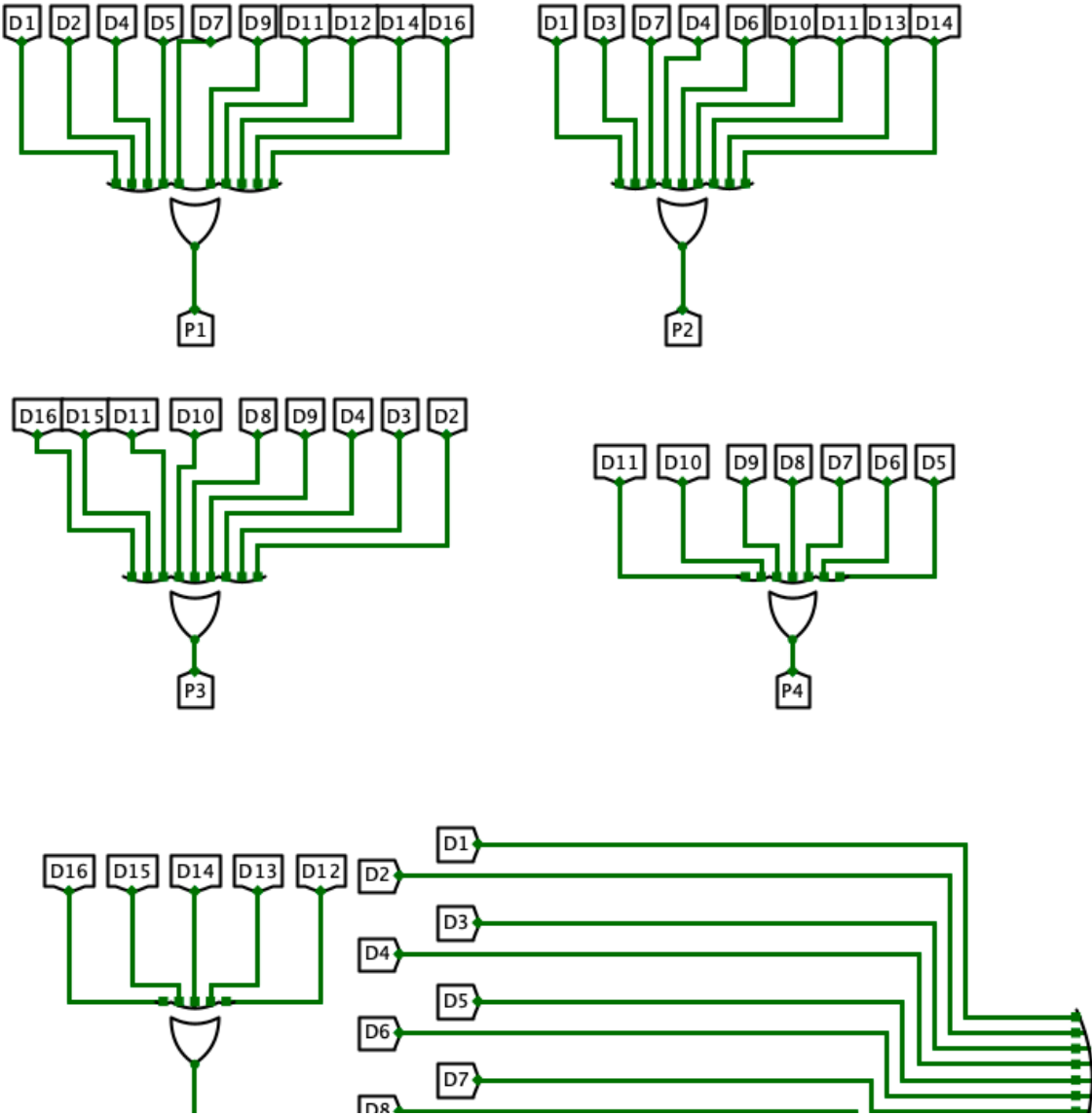
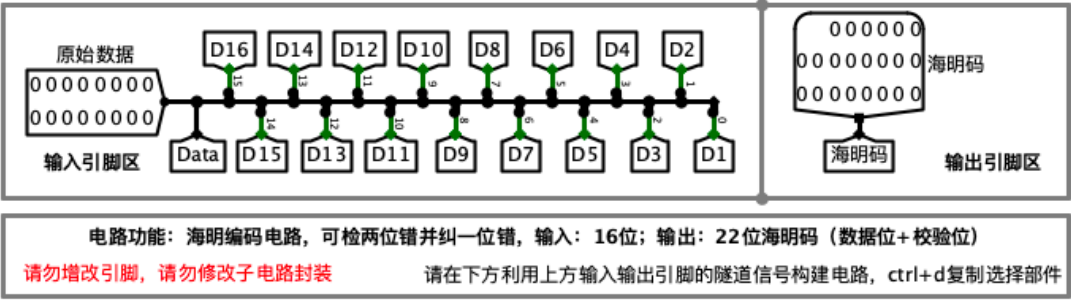
# 计算机组成原理研讨课实验报告

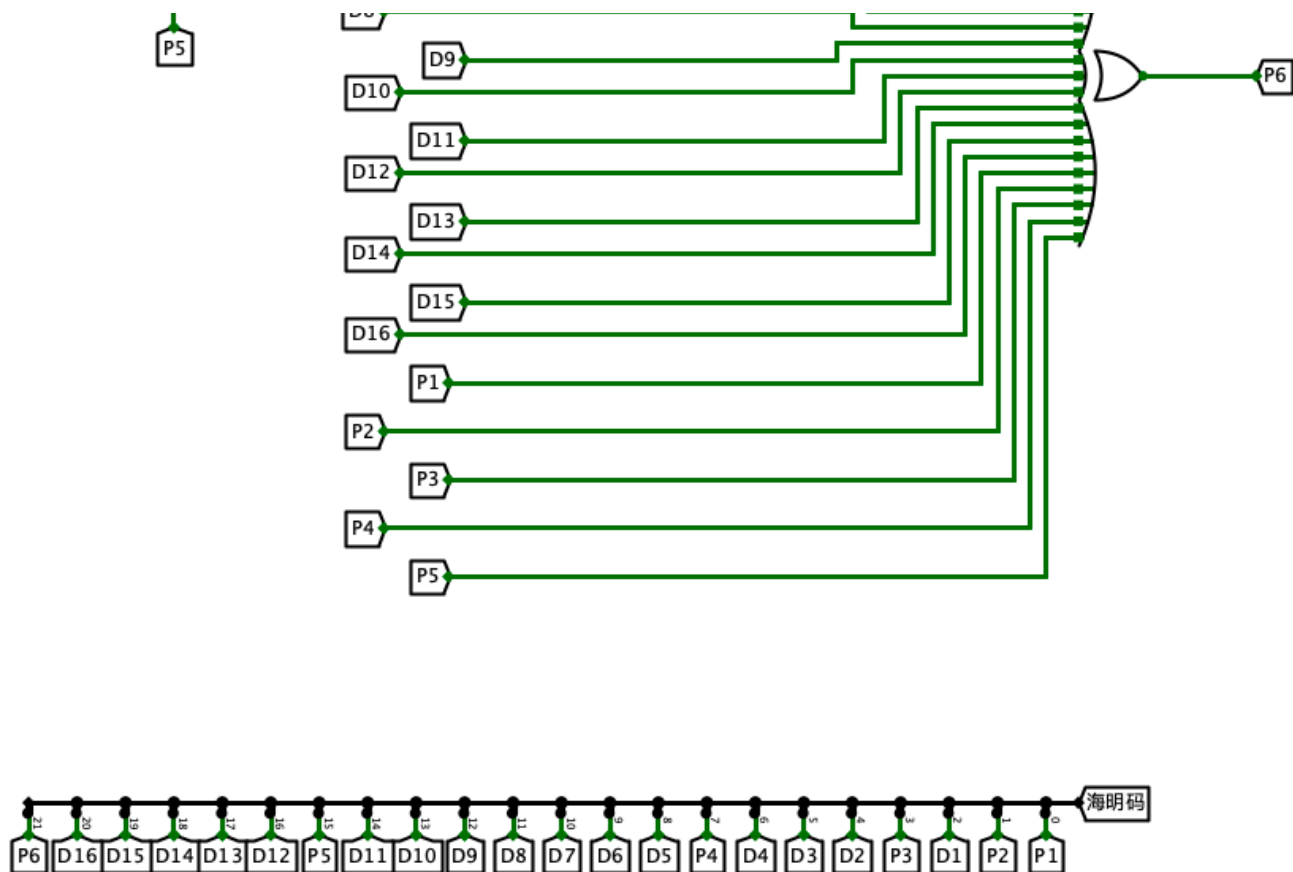
学院：网络空间安全学院

实验序号：02 实验名称：数据表示实验

## 一、电路图

### 海明编码





图：海明编码完整电路图

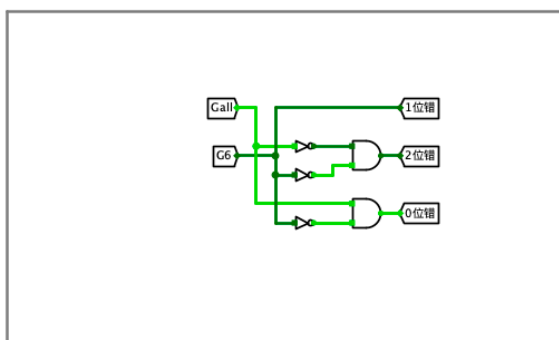
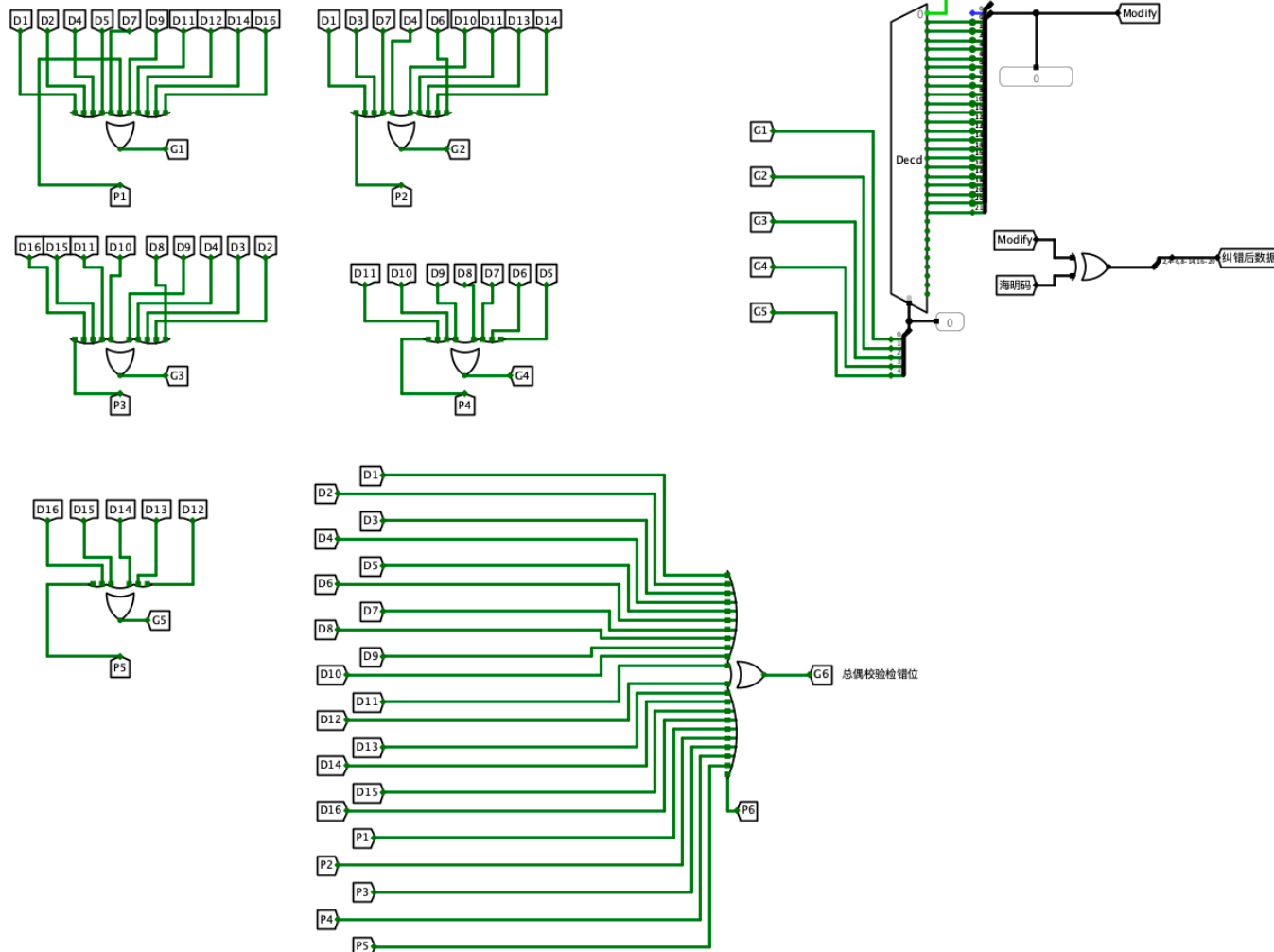
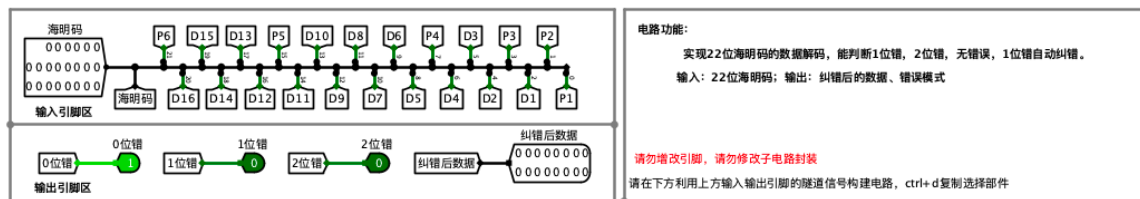
本题关键点在于了解海明码是如何编码的。

假设原始数据的位数为 $k$ ，海明码校验位的个数 $p$ 满足以下关系： $2^p \geq k + p + 1$ 且 $p$ 是满足条件的最小自然数。在本题中， $k = 16, p = 5$ 。校验位插入的位置是2的整数次幂的位置（例如：1，2，4，8等等）。其余位置填充原始数据。

具体到每个校验位，它们负责检查以其为起点，间隔为其位置数的一段数据。例如，第1位校验位（位置编号为1）负责检查第1、3、5、7...位。然后将这些位进行异或运算，结果作为校验位的值。对于其他校验位，执行相同的计算方法。

直观地理解，就是把每个数据的位置用二进制表达，每个校验位 $i$ 负责检查其对应二进制位 $2^i$ 为1的数据。通过这样的二进制表示，可以将所有的 $O(2^n)$ 个数据用 $O(n)$ 个校验位检查。相当于偶校验编码的扩展版本。

## 海明解码



图：海明解码完整电路图

海明解码实验相比于编码,会更复杂一些。

首先解读上图,主要分为三个功能模块:海明解码,自动纠错,错误模式。

1. 海明解码的模块与编码模块在结构上类似,都是若干个数据位的异或和。

2. 自动纠错模块在上图的右上角。所谓纠错，首先要识别到错误发生在哪一位。利用海明码的二进制特性，将所有的校验位通过分线器连接起来，再通过译码器得到独热编码，即为错误发生的位置Modify。得到Modify后，只需要将其与输入按位异或，即得到纠错后数据。
3. 错误模式分类模块在上图最下方。没有校验位报错时Gall高电平；所有海明码异或得到的结果为G6。本题中假定传输只有正确、1位错和2位错三种情况。当1位错时G6=1，而正确和2位错时G6=0。不难得到完整的输入输出表达式。最终结果如图所示。

## 二、实验中遇到的问题

在编写完海明编解码模块以后，需要在海明编码流水传输实验中完善电路，实现真正的传输应用。

要求在海明码传输出现两位错的时候，电路能够自动识别并且重新传输数据。大致思路是，当海明解码报两位错的时候，重置编码和传输的流水线，并且回滚取数地址，从寄存器中重新读取传输出错的数据。同时，锁定输出显示，直到正确的数据被重新传输到输出端。

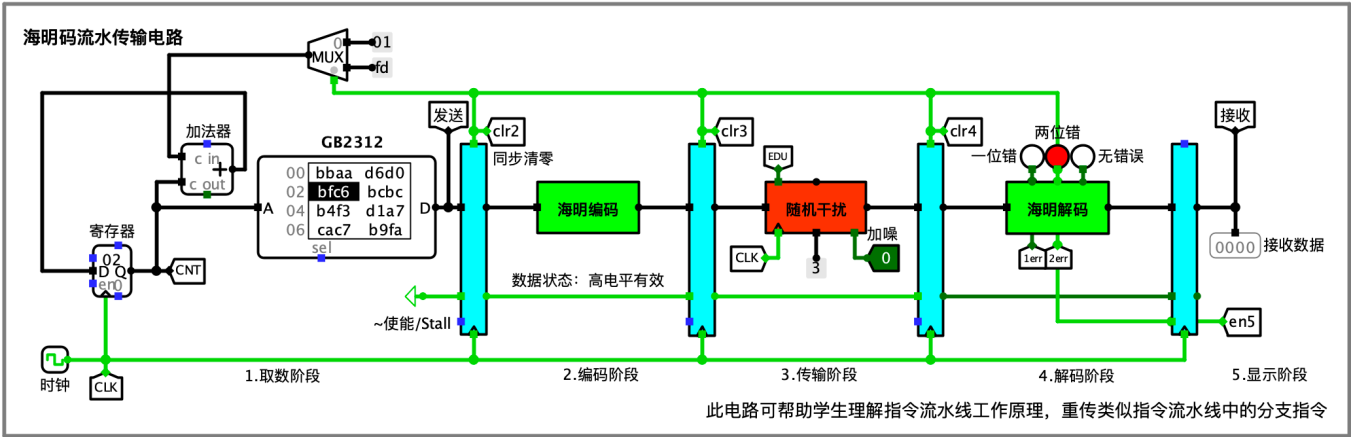
分析流水传输实验，需要实现的功能有：

- 1. 两位错检验
- 2. 数据回滚重传
- 3. 重传时输出锁定

第一步在海明解码模块中即有实现。第二步需要配合两位错的标志位与流水线的操作。第三步利用了流水接口使能端和输出有效位的特性。

实验过程中，由于对流水接口缺少了解，第二、三步骤都遇到了一些问题。

### 非有效的两位报错



图：海明解码模块中的非有效两位错标志位

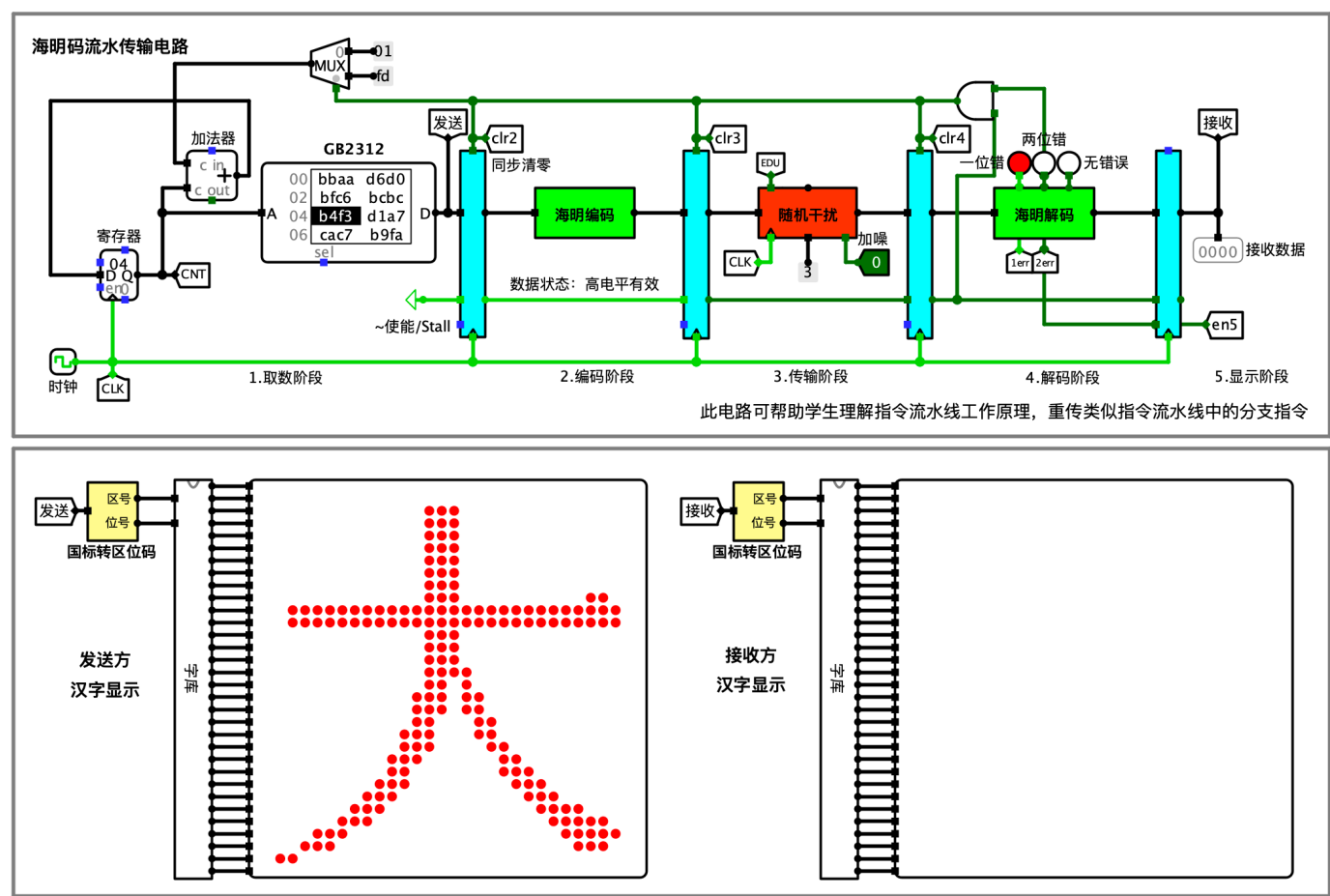
对于第二步，很自然的想法是出两位错时就复位重传。相应地，把两位错的高电平直接连接到流水线复位端，如上图所示。

但是从图中可以看到，在数据还没有进入解码阶段时，海明解码器就会报出两位错。此时流水线又被复位，重新回到取数阶段，导致电路的工作卡在传输阶段而到不了解码阶段。这是由于流水接口始终有电平输出，而无效的输出会使海明解码报两位错。

解决方法是将两位错与上一级流水接口的有效位进行与运算，再送给各级流水线的置位端。

省流：确保我们在对有效的数据做海明解码判断。

## 数据重传中数据未锁定



图：回滚重传时输出数据未锁定

解决了非有效两位报错的问题后，运行时钟连续电路仿真。在数据重传的过程中，回滚的数据步进到编码阶段一级时，会出现如上输出空白的问题。这是锁定输出的部分出了问题。仍然是因为传输阶段和解码阶段之间的流水接口输出非有效，所以海明解码器输入的并非是之前两位错的数据，进而两位错的标志位为低电平。这导致最后一级流水接口的使能端给入低电平，也就是没有锁住之前的输出。

解决方法是将上一级流水接口的有效位取反，然后或上海明解码的两位错标志位作为最后一级流水接口的使能端输入。

省流：流水接口中的数据有效位很重要，非有效时很多行为都是难以预测的，需要在设计电路时考虑进去。

## 三、实验心得

- 自学了海明编码。感觉它巧妙利用二进制的算法思想，蛮精巧的，和数据结构中的树状数组有相通之处。
- 第一次接触流水线。意识到除了单纯的划分时序以外，在具体工程中，关于流水接口的细节也有很多要注意的地方。
- 发现天歌平台，如果开着测试网页不退出，即便电脑锁屏，也会一直记录训练时长。喜提全班学习效率断崖式最低一次。😓