

# 华中科技大学

## 计算机组成原理实验报告

实验名称：数据表达实验

班 级：人工智能 2204 班

学 号：U202214123

姓 名：陈博

报告日期：2024 年 5 月 15 日

## 目录

1. 实验内容及目的 .....	3
1.1 汉字编码实验 .....	3
1.2 海明校验码设计实验 .....	3
1.3 海明编码流水传输实验 .....	3
2. 实验电路及设计思路 .....	3
2.1 汉字编码实验 .....	3
2.2 海明校验码设计实验 .....	4
2.3 海明编码流水传输实验 .....	8
3. 实验中遇到的问题 .....	10
4. 实验总结 .....	13

## 1. 实验内容及目的

### 1.1 汉字编码实验

理解汉字机内码、区位码、字形码，获取机内码、实现汉字机内码与区位码的转换，能在实验环境中实现汉字机内码的点阵显示。

### 1.2 海明校验码设计实验

掌握海明验码的基本原理，设计实现 GB2312 编码 16 位数据的并行海明编、解码电路。

### 1.3 海明编码流水传输实验

熟悉同步流水传输机制，理解流水清空原理，能为实验提供的编码流水传输框架提供两位错网络重传功能。

## 2. 实验电路及设计思路

### 2.1 汉字编码实验

机内码：计算机内存储和处理字符时使用的编码，区位码：4 位 10 进制表示，检索汉字，我们有：

$$GB2312\text{汉字机内码} = \text{区位码} + 0xA0A0, \quad (1)$$

通过简单的移项，使用补码的加法来计算减法，我们有：

$$\text{区位码} = GB2312\text{汉字机内码} + 0x5f60, \quad (2)$$

最后，讲汉字转化为 GB2312 码，输入到 ROM，即可实现汉字机内码到区位码的转化，然后分别取 0~6 位作位号，8~14 位作区号，即可显示汉字。

实验电路图和结果图分别如图 1 和图 2 所示，最后能够成功输出 ROM 里面存储的汉字。

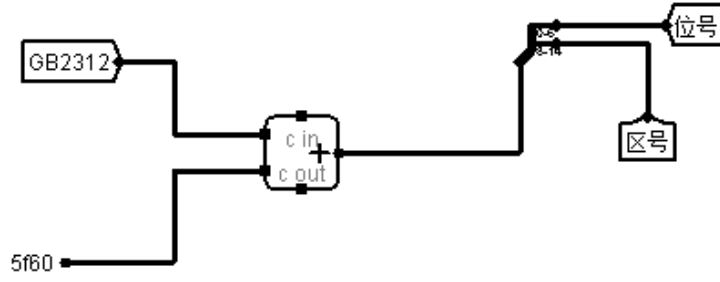


图 1 国标转区位码电路图

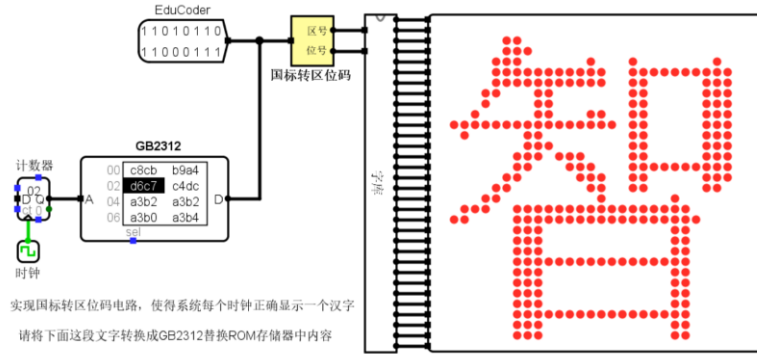


图 2 实验结果图

## 2.2 海明校验码设计实验

海明码的编码规则是分组交叉奇偶校验法，实验中使用偶校验法，待编码数据分成  $r$  个偶校验组， $r > 1$ ，各数据位至少参加 2 个校验组，一个数据位出错，可导致多个检错码为 1。

设海明码  $N$  位，其中数据位  $k$  位，校验位  $r$  位，我们有：

$$N = k + r \leq 2^r - 1, \quad (3)$$

当我们的数据位有 16 位时， $r$  需要 5 位，在最高位加一位总偶校验位，这样就可以判断 1 位错还是 2 位错。

海明码的最小码距是 3，因此，可以纠正 1 位错，检验两位错。具体的分组情况如下：

$$\begin{aligned} G_1 &= P'_1 \oplus (D'_1 \oplus D'_2 \oplus D'_4 \oplus D'_5 \oplus D'_7 \oplus D'_9 \oplus D'_{11} \oplus D'_{12} \oplus D'_{14} \oplus D'_{16}) \\ G_2 &= P'_2 \oplus (D'_1 \oplus D'_3 \oplus D'_4 \oplus D'_6 \oplus D'_7 \oplus D'_{10} \oplus D'_{11} \oplus D'_{13} \oplus D'_{14}) \\ G_3 &= P'_3 \oplus (D'_2 \oplus D'_3 \oplus D'_4 \oplus D'_8 \oplus D'_9 \oplus D'_{10} \oplus D'_{11} \oplus D'_{15} \oplus D'_{16}) \\ G_4 &= P'_4 \oplus (D'_5 \oplus D'_6 \oplus D'_7 \oplus D'_8 \oplus D'_9 \oplus D'_{10} \oplus D'_{11}) \\ G_5 &= P'_5 \oplus (D'_{12} \oplus D'_{13} \oplus D'_{14} \oplus D'_{15} \oplus D'_{16}) \\ G_6 &= P'_6 \oplus (D'_1 \oplus D'_2 \cdots \oplus D'_{16}) \oplus (P'_1 \oplus P'_2 \cdots \oplus P'_5), \end{aligned} \quad (4)$$

据此，我们可以设计编码电路，如图 3 所示。

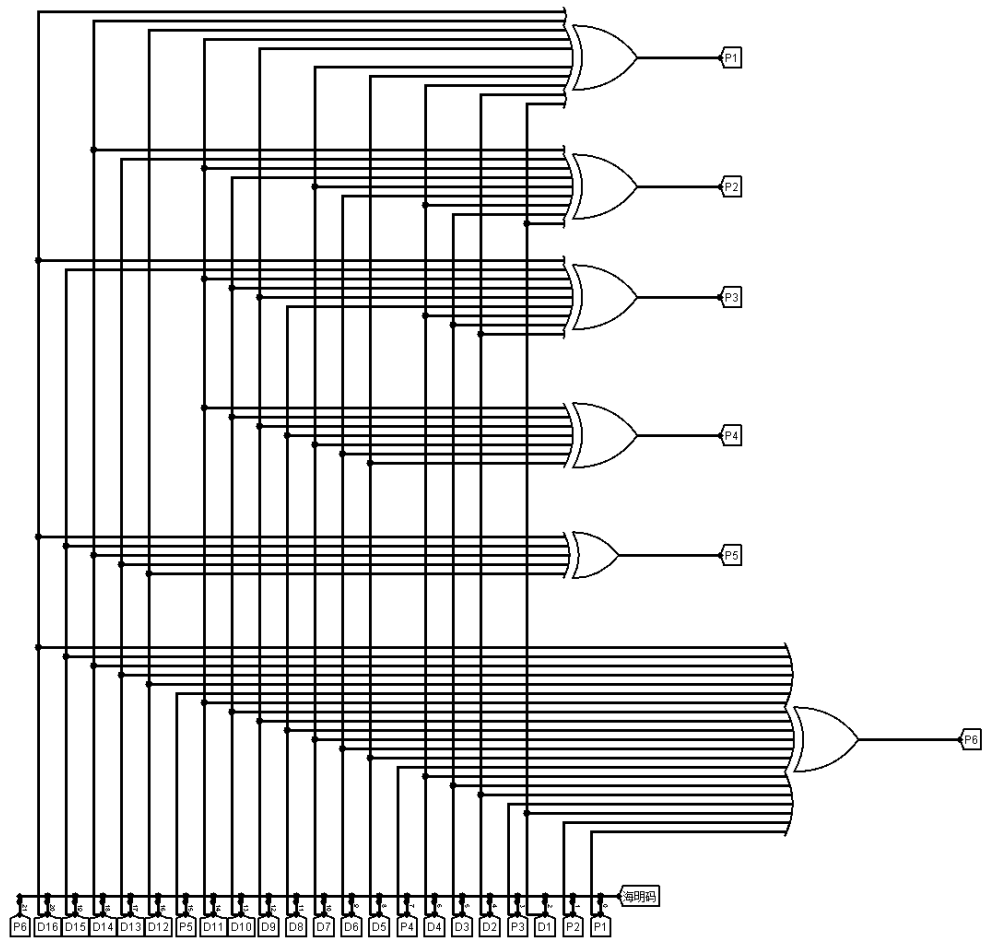


图 3 海明编码电路

对于解码电路，错误判断情况，当  $G_5G_4G_3G_2G_1 = 00000$ ,  $G_6 = 0$  时，0 位错；  
 当  $G_5G_4G_3G_2G_1 \neq 00000$ ,  $G_6 \neq 0$  时，发生 1 位错，此时错误的是除去总校验位之外的某一位；当  $G_5G_4G_3G_2G_1 = 00000$ ,  $G_6 \neq 0$  时，发生 1 位错，此时错误的是总校验位；当  $G_5G_4G_3G_2G_1 \neq 00000$ ,  $G_6 = 0$  时，发生 2 位错。

对于纠错，根据数据选择器的结果，选择对应位相异或，没有错误的与 0 相异或，有错误的与 1 相异或。据此，可以设计出图 4 所示电路。

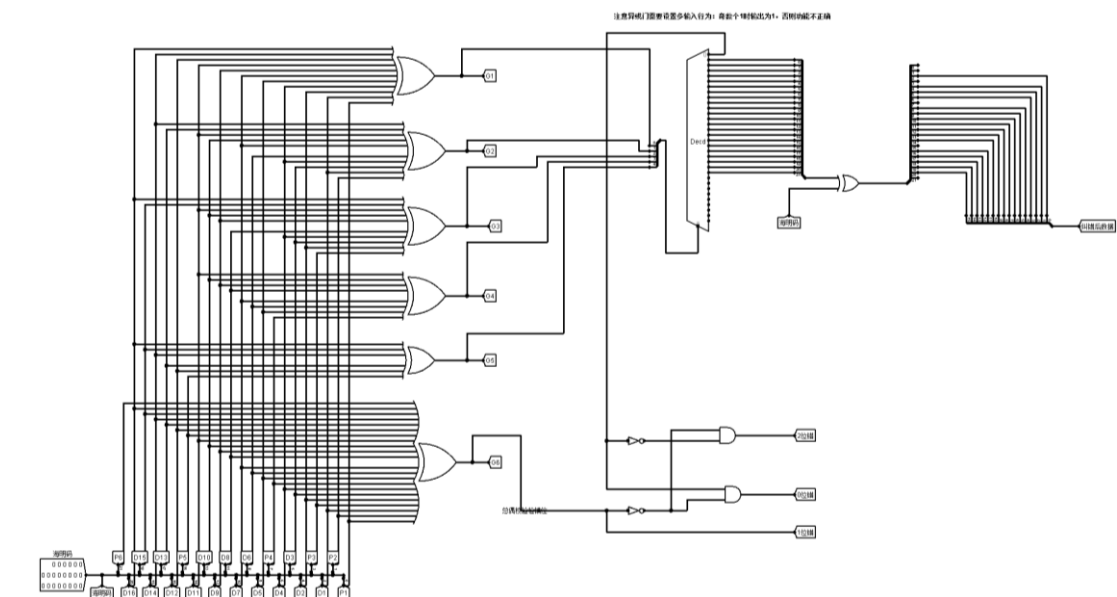


图 4 海明解码电路

实验结果的验证：

### 1) 0 位错

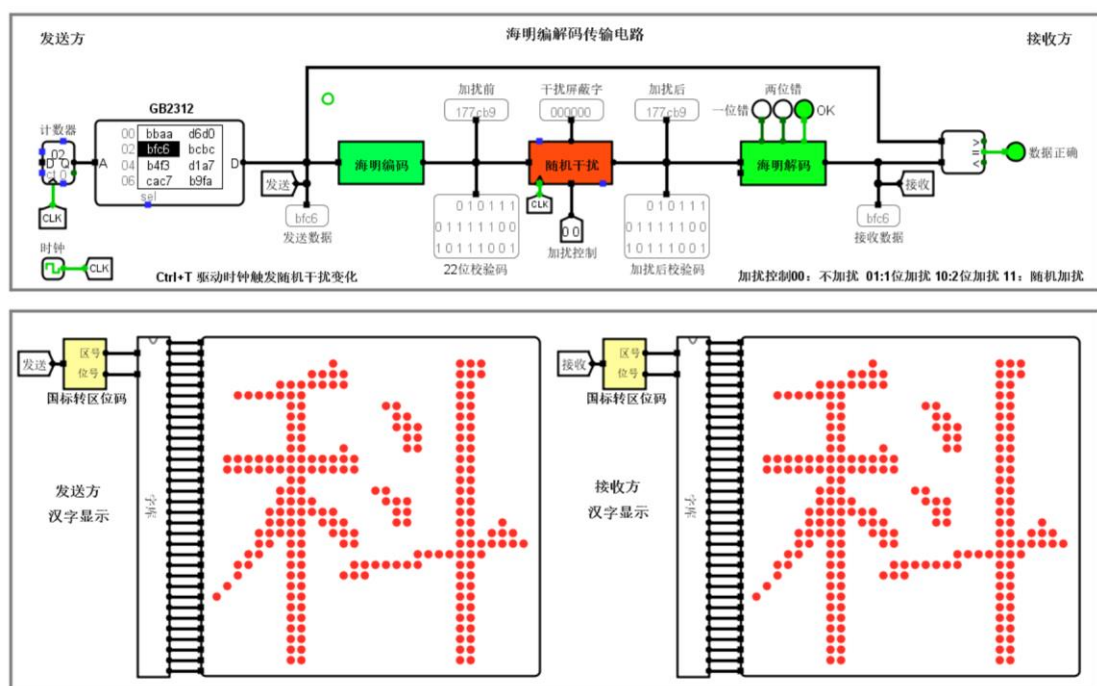


图 5 0 位错情况

0 位错时，结果如图 5，发送数据和接收数据一样，汉字显示一样。

## 2) 1 位错

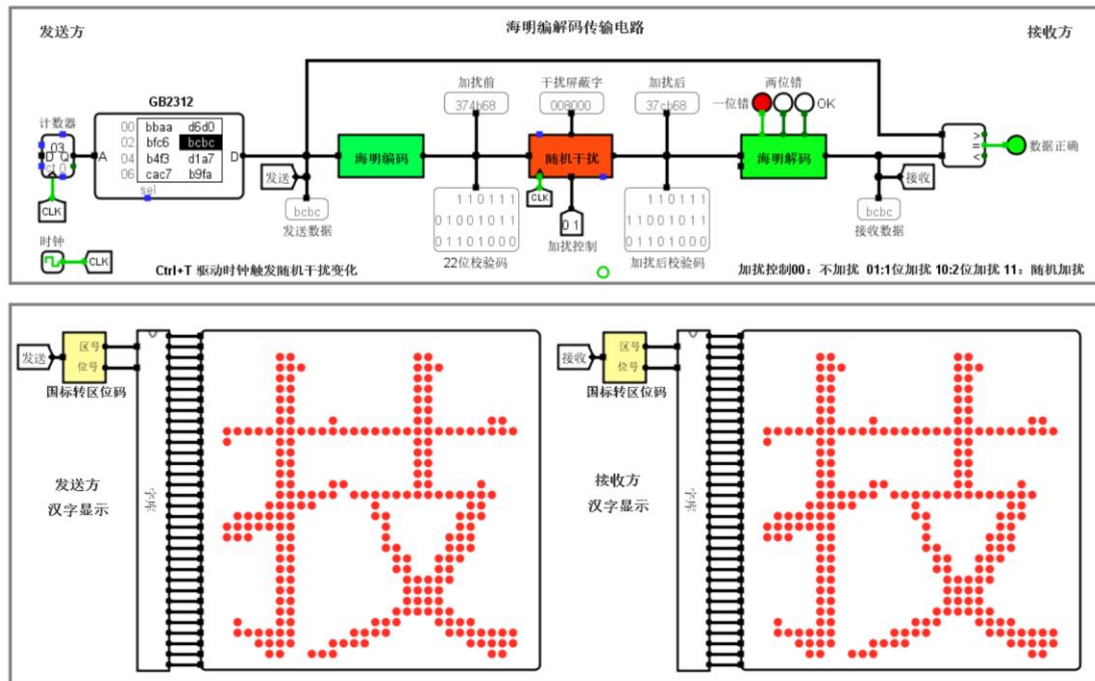


图 6 1 位错情况

1 位错时，结果如图 6，1 位错灯亮起，可见，海明码可以纠正 1 位错，使发送数据和接收数据一样，汉字显示也一样。

## 3) 2 位错

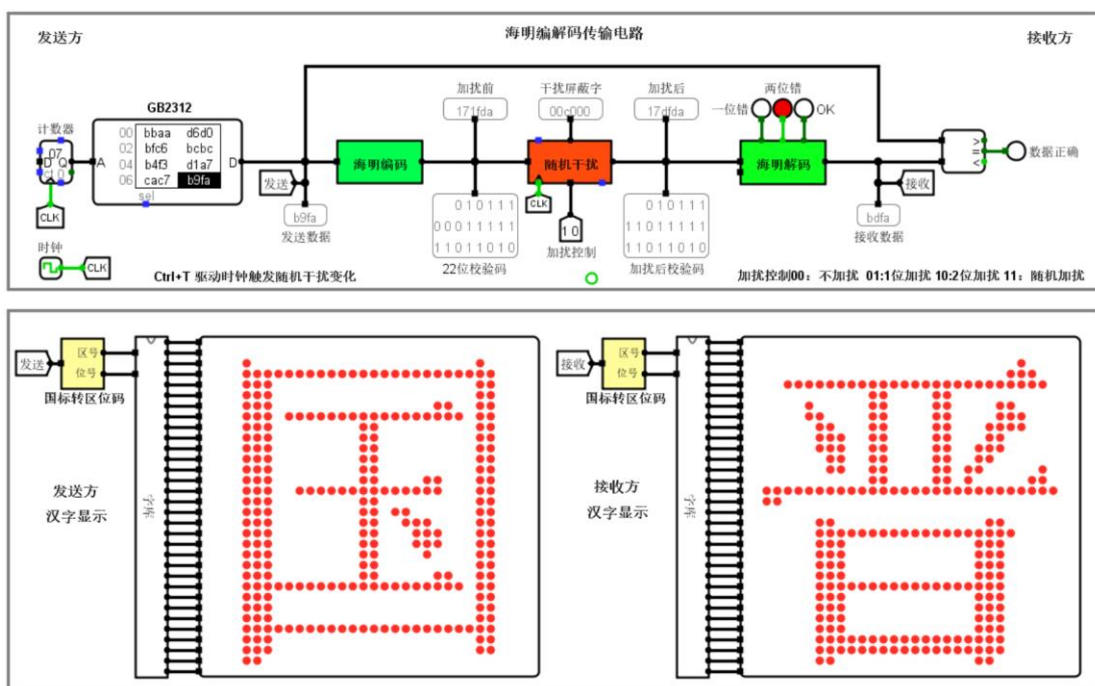


图 7 2 位错情况

2 位错时，结果如图 7，2 位错灯亮起，可见，海明码可以检验 2 位错，但发送数据和接收数据不一样，汉字显示不一样，大部分情况无法纠正两位错。

### 2.3 海明编码流水传输实验

对于 0 位错和 1 位错，可以正常显示，对于两位错，则需要地址回传，持续显示前一个字，主要思路如下：

#### 1) 地址回传

当没有发生 2 位错时，寄存器能够接收到+1 的命令，而当发生 2 位错时，此时要往前回到这个出错数据刚进入到寄存器组时的状态，即地址往前退 3，输入的是 fd，即-3（8 位二进制）的补码表示，因此，我们可以用一个数据选择器去实现。

#### 2) 清空所有寄存器里面的数据

由于当前电路中的每个阶段都保存了数据，要将其数据全部清空，则可利用 16 位流水接口和 22 位流水接口的同步清 0。

#### 3) 保持上一个汉字持续亮

标签 en5 所连接的便是该 16 位流水接口的使能端（高电平有效），当使能端为 1 时，便可以继续显示上个数据。而两种情况下使能端有效，1.发生两位的错误时 2.数据无效时。这两种情况都不能正常显示。

因此，可以设计电路图如图 8 所示。

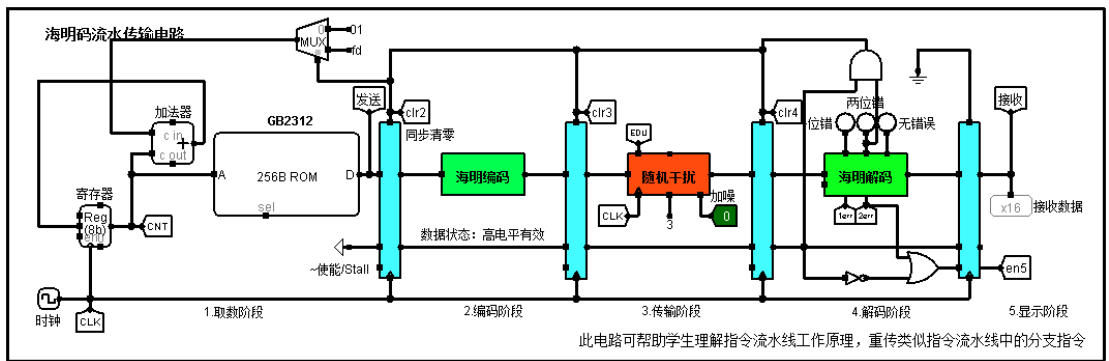


图 8 海明编码流水传输电路图



实验结果如图 9 和图 10 所示。

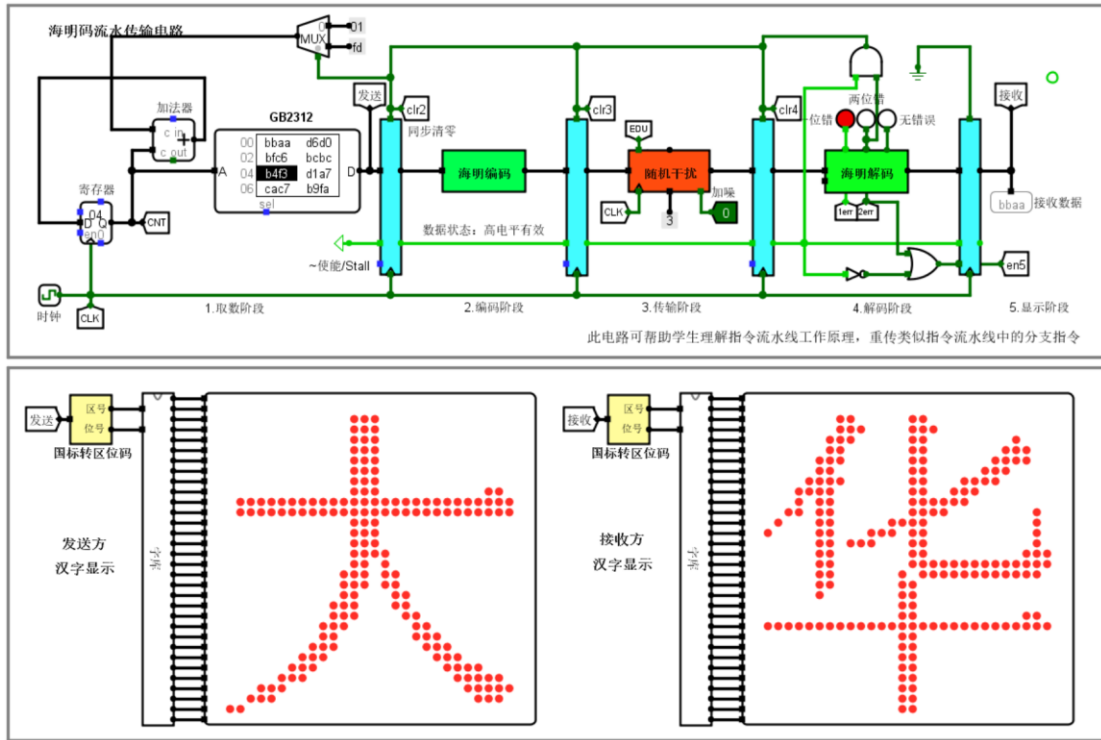


图 9 1 位错情况

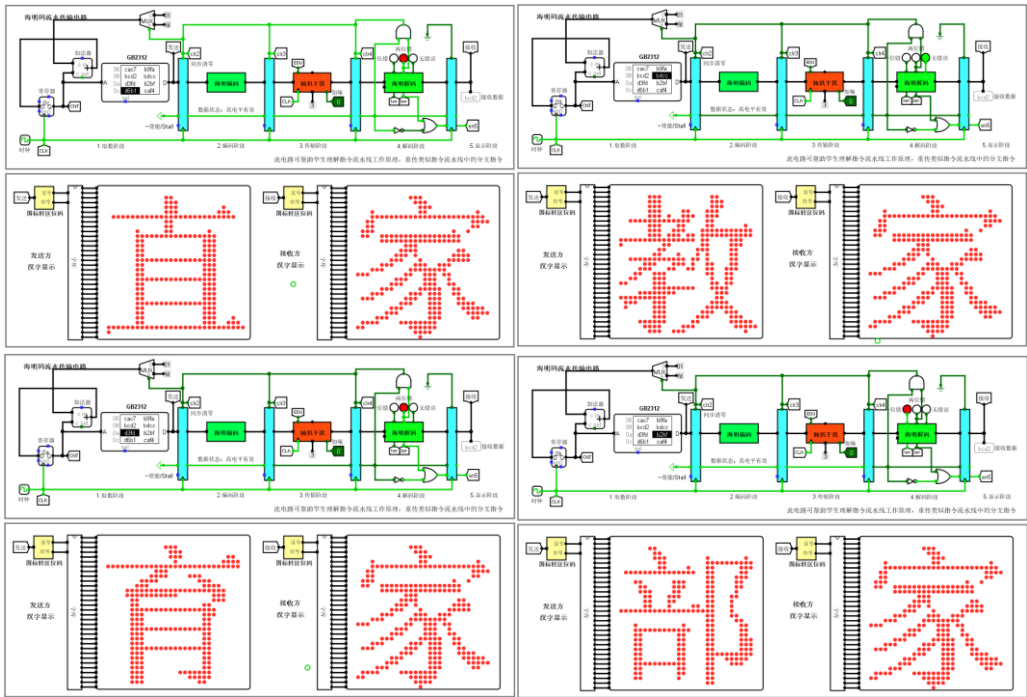


图 10 2 位错情况

如图 9 和图 10 所示，能正确实现所描述的功能。

### 3. 实验中遇到的问题

#### 1) 汉字编码实验

实验中第一次尝试的时候，发现数字和字母显示不了，而汉字可以正常显示，当时觉得既然汉字可以正常显示那就肯定不是电路的问题，因该是码制转化的问题，然后就去网上查然后查到了全角和半角的区别，ASCLL 里本来就有的数字、标点、字母，占一个字节，就是半角字符，而经过重新编排后的，占两个字节的是全角字符，当时转化的时候没有选择自动转化全角，导致文字里面有的是全角，有的是半角，所有没有显示出数字和字符。

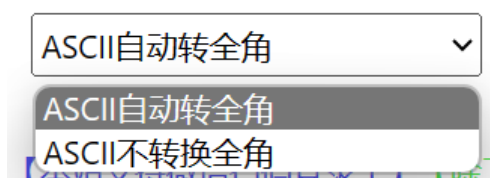


图 11 转化时全半角的选择

#### 2) 编解码实验

也是第一次做的时候，发现有的可以纠正 1 位错，有的无法纠正，还有红线的情况：

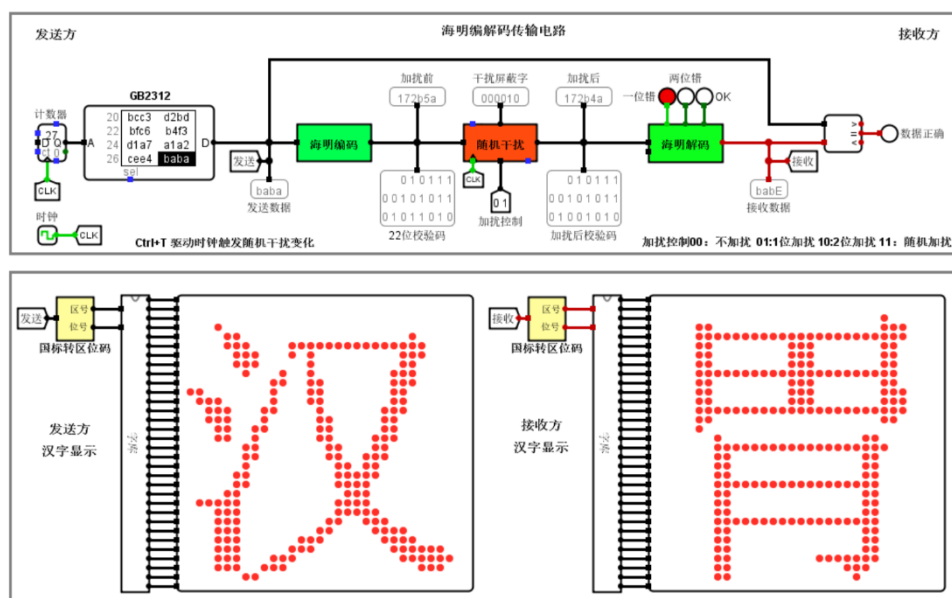


图 12 部分无法纠正的问题

然后回去检查电路图，发现了很低级的错误。

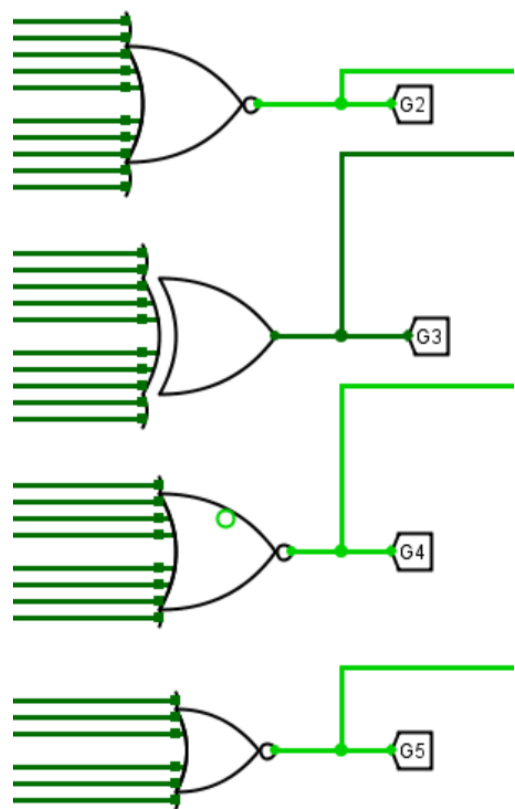


图 13 解码电路中存在的问题 1

如图 13 所示，有的门我用的异或门，有的门我搞快了弄成了或非门，非常低级的错误，改正之后还存在问题：

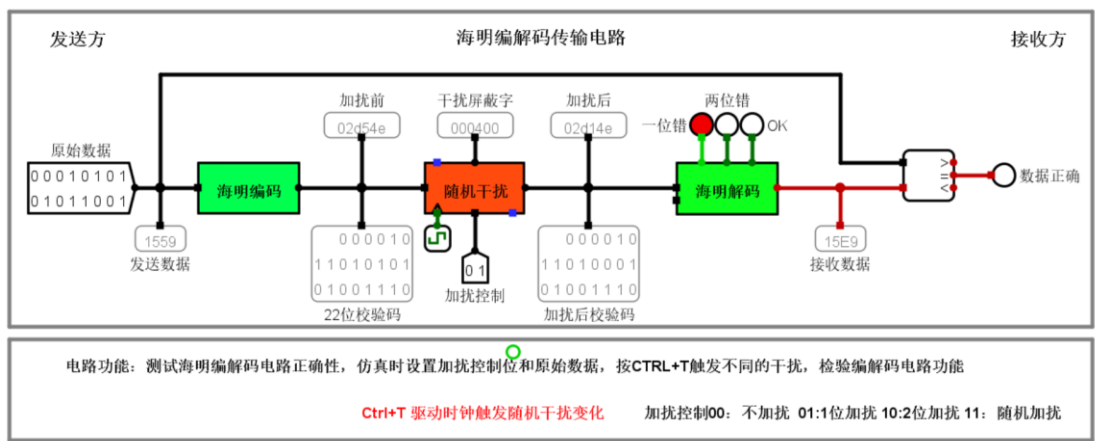


图 14 存在红线

红线的问题还没有解决，然后又回头去检查电路，发现了一根蓝线：

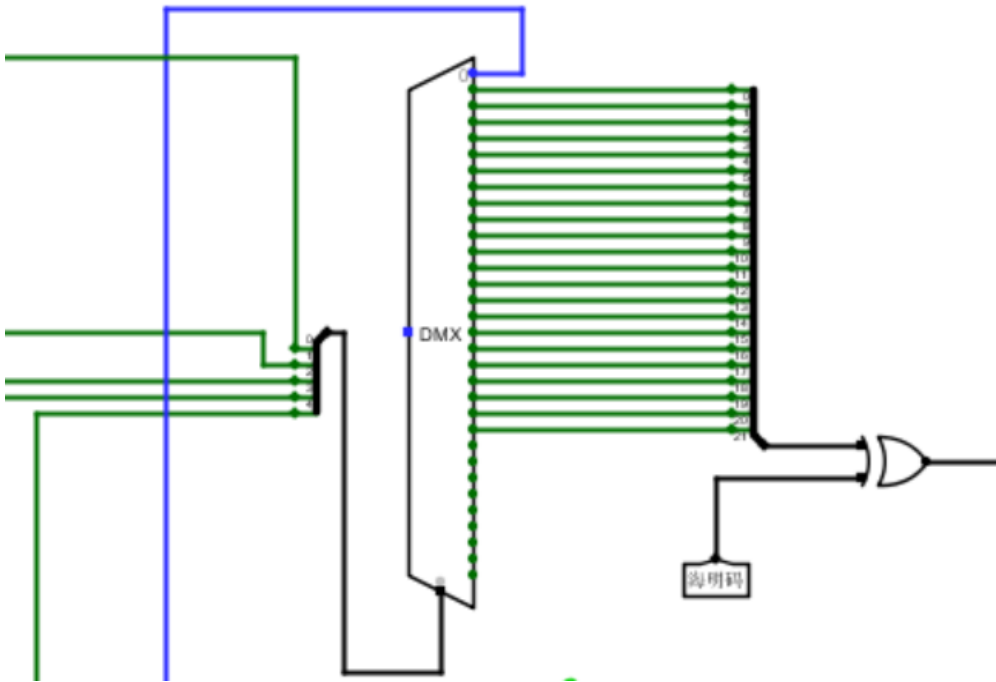


图 15 解码电路中存在的问题 2

发现用成了解复用器，然后改成数据选择器，就没有问题了。

### 3) 流水线

流水线实验中，我一开始忘记了数据有效这一个条件，即忘记了图 16 中圈起来的那条线，然后通过询问同学，自己理解之后，发现其中的问题。因为 2 位错成立的时候，不能够一直-3，数据无效之后应该恢复到+01，并且数据显示的时候，数据无效的时候也应该不显示，保持之前的汉字，所以应该添加一个或门。

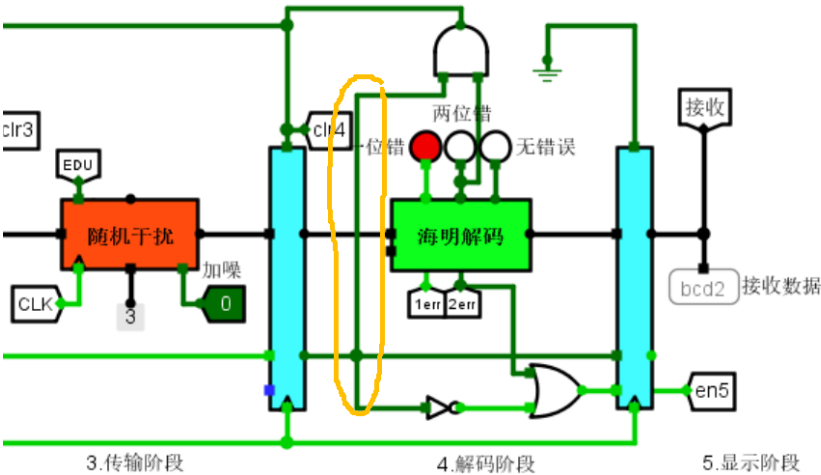


图 16 流水线实验中电路出现的问题

## 4. 实验总结

第一次计算机组成原理实验，暴露出的问题有很多，软件上手时间有点长，并且熟练之后还会犯一些小毛病，把门弄错了，然后最后流水线实验中考虑的不是很周到，不过经过这一次试验后，我对海明码的印象更加深刻了，对流水线的流程更加熟悉，软件使用也更有经验了。