

# 实验一 实验报告

## 一. 实验目的和要求

目的：掌握 SSI 组合逻辑设计方法，实际上就是根据实际逻辑问题，用小规模集成电路（基本都是门电路）设计出能实现这一逻辑功能的电路的方法。

要求：SSI 组合逻辑设计除了能完成要求的逻辑功能外，工程中还要求设计完成后的电路所用的器件种类最少、器件数最少、器件之间的连线也最少。

## 二. 实验原理

### 实验设计方案

#### 实验内容

- 1) 用门电路设计一个组合逻辑电路，接收 8421BCD 码  $B_3B_2B_1B_0$ ，当  $2 < B_3B_2B_1B_0 < 7$  时输出  $Y$  为 1。
- 2) 用门电路设计一个组合逻辑电路，接收四位二进制码  $B_3B_2B_1B_0$ ，当  $2 < B_3B_2B_1B_0 < 7$  时输出  $Y$  为 1。

#### 输入、输出信号编码

- 1) 输入信号：用  $B_3$ 、 $B_2$ 、 $B_1$ 、 $B_0$  表示四个输入信号，表示一个四位 8421BCD 码。  
输出信号： $Y$  表示输出，当  $2 < B_3B_2B_1B_0 < 7$  时输出  $Y$  为“1”，其余情况  $Y$  为“0”。
- 2) 输入信号：用  $B_3$ 、 $B_2$ 、 $B_1$ 、 $B_0$  表示四个输入信号，表示一个四位二进制码。  
输出信号： $Y$  表示输出，当  $2 < B_3B_2B_1B_0 < 7$  时输出  $Y$  为“1”，其余情况  $Y$  为“0”。

#### 列出真值表

根据实验要求列出真值表如下

$B_3$	$B_2$	$B_1$	$B_0$	$Y$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	X
1	0	1	1	X

$B_3$	$B_2$	$B_1$	$B_0$	$Y$
0	0	0	0	0
0	0	0	1	0
0	0	1	0	0
0	0	1	1	1
0	1	0	0	1
0	1	0	1	1
0	1	1	0	1
0	1	1	1	0
1	0	0	0	0
1	0	0	1	0
1	0	1	0	0
1	0	1	1	0

1	1	0	0	X
1	1	0	1	X
1	1	1	0	X
1	1	1	1	X

1) 8421BCD 码

1	1	0	0	0
1	1	0	1	0
1	1	1	0	0
1	1	1	1	0

2) 4 位二进制码

### 逻辑化简

1) 根据真值表画出卡诺图如图 1 所示，化简得到与或表达式如下：

$$Y = B2\overline{B1} + B2\overline{B0} + \overline{B2}B1B0$$

$$Y = B2\overline{B1B0} + \overline{B2}B1B0$$

与非表达式：

$$Y = \overline{\overline{B2\overline{B1B0}} \cdot \overline{\overline{B2}B1B0}}$$

2) 根据真值表画出卡诺图如图 2 所示，化简得到与或表达式如下：

$$Y = \overline{B3}B2\overline{B1} + \overline{B3}B2\overline{B0} + \overline{B3}\overline{B2}B1B0$$

$$Y = \overline{B3}B2\overline{B1B0} + \overline{B3}\overline{B2}B1B0$$

与非表达式：

$$Y = \overline{\overline{\overline{B3}B2\overline{B1B0}} \cdot \overline{\overline{B3}\overline{B2}B1B0}}$$

\B1B0 B3B2	0 0	0 1	1 1	1 0
0 0	0	0	1	0
0 1	1	1	0	1
1 1	X	X	X	X
1 0	0	0	X	X

图 1

\B1B0 B3B2	0 0	0 1	1 1	1 0
0 0	0	0	1	0
0 1	1	1	0	1
1 1	0	0	0	0
1 0	0	0	0	0

图 2

### 逻辑电路图

1) 根据逻辑函数表达式，绘制出电路原理图如图 3 所示，其中输入信号的原变量由逻辑开关电平获得。

2) 根据逻辑函数表达式，绘制出电路原理图如图 4 所示，其中输入信号的原变量由逻辑开关电平获得。

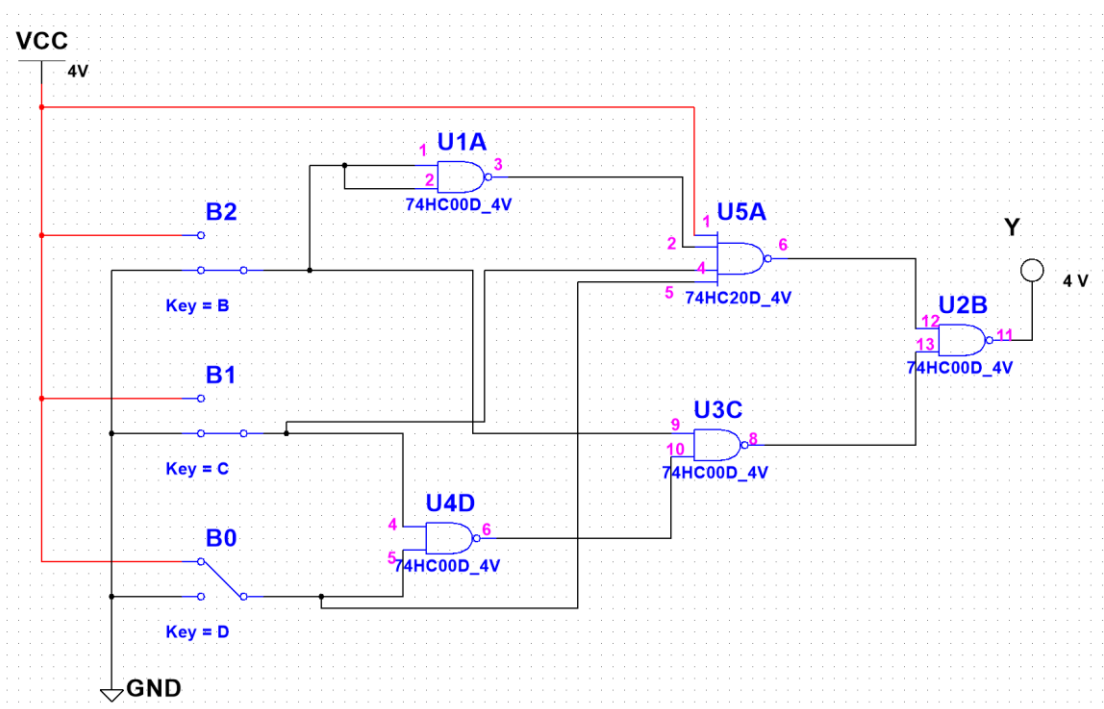


图 3

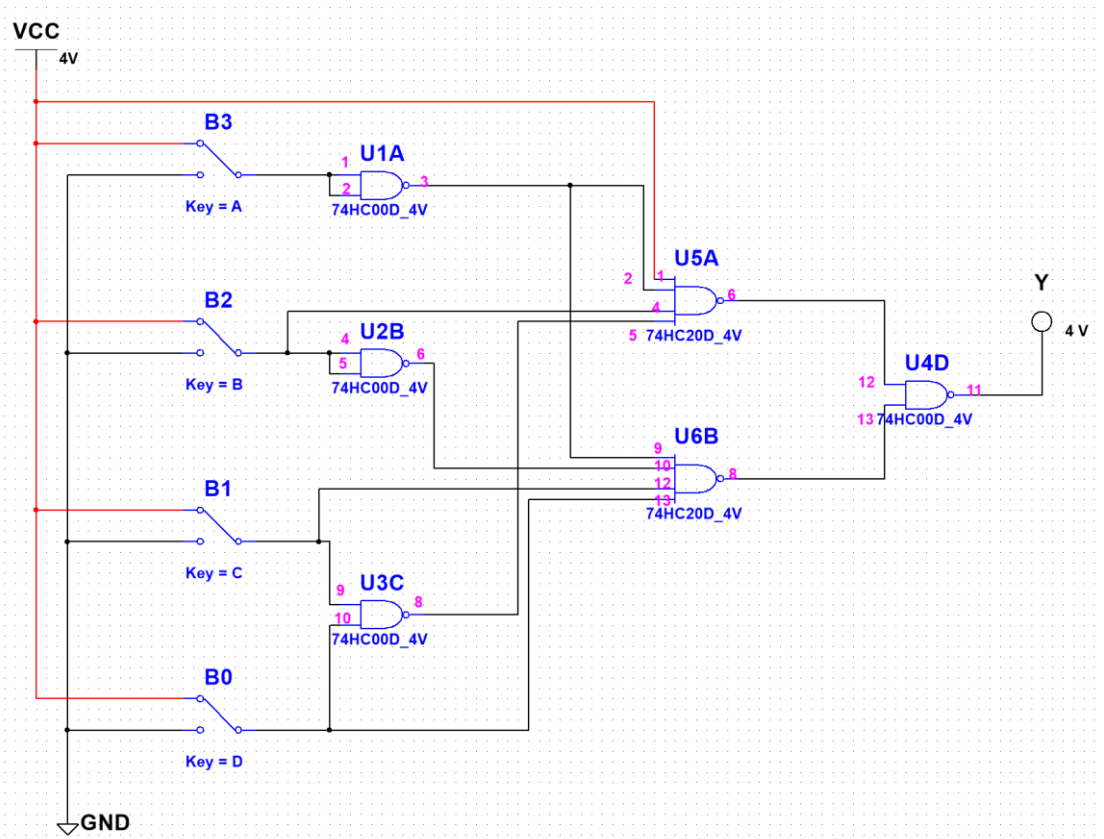


图 4

### 硬件连接示意图

1) 根据电路原理图可知，硬件电路需要 4 个两输入与非门，可以选择 1 片 74HC00 实现；需要 1 个四输入与非门，可以选择 1 片 74HC20 实现。硬件连接示意图如图 5 所示。

2) 根据电路原理图可知，硬件电路需要 4 个两输入与非门，可以选择 1 片 74HC00 实

现：需要 1 个四输入与非门，可以选择 1 片 74HC20 实现。硬件连接示意图如图 6 所示。

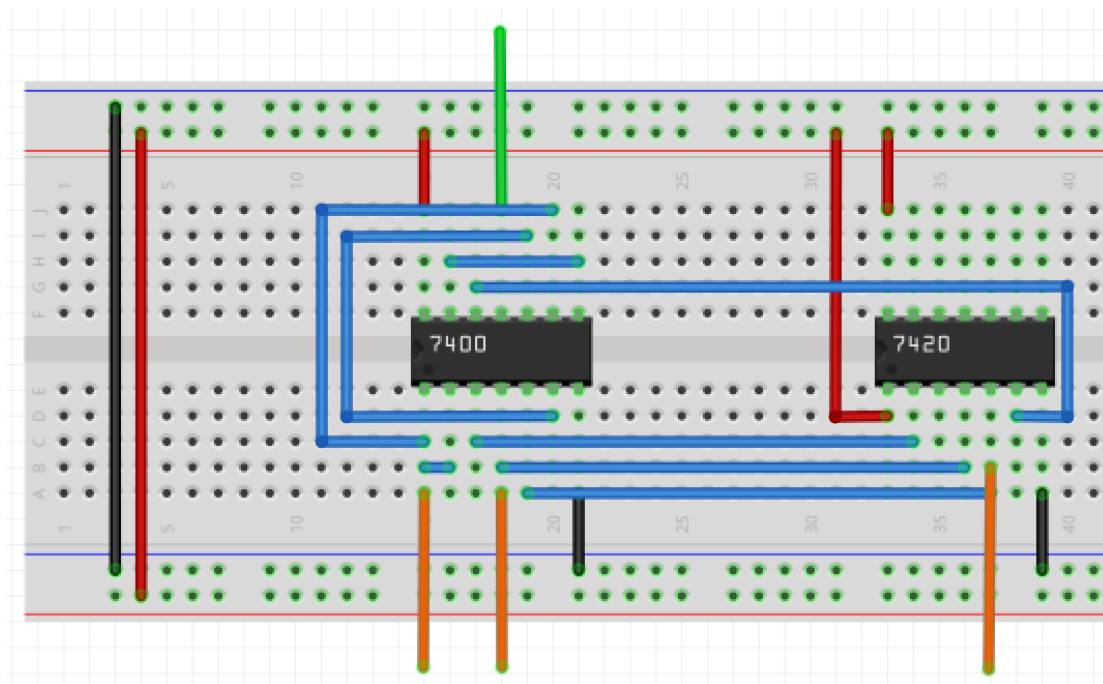


图 5

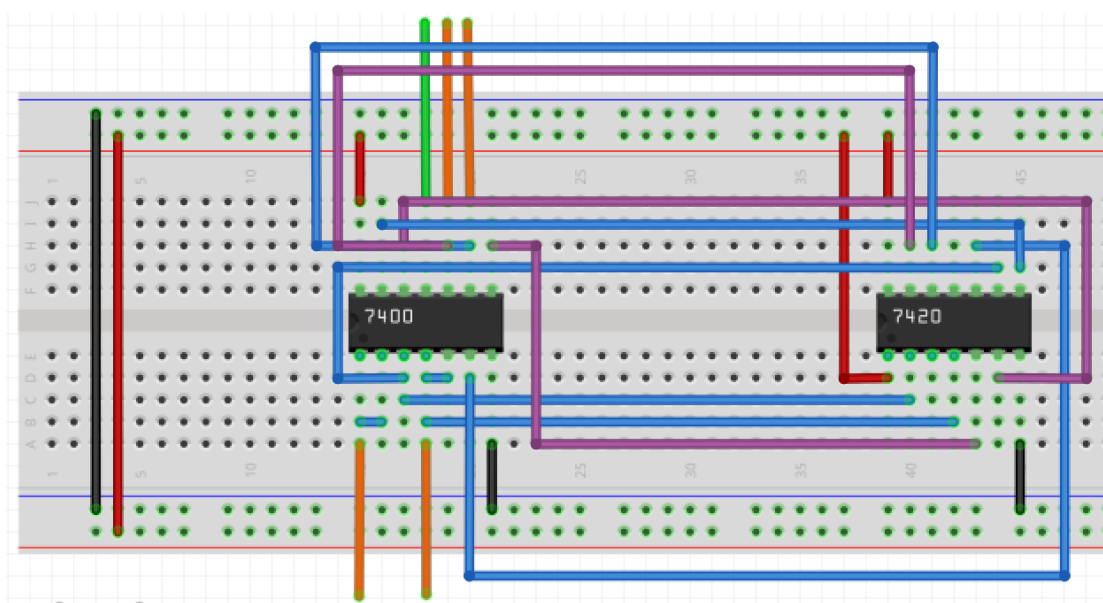


图 6

## 测试方案

1) 4 个输入信号,用实验箱上的逻辑电平开关实现,1 个输出端连接到实验箱上的 LED,按照真值表的要求,拨动逻辑电平开关改变输入信号值,遍历 10 种输入组合,并观察输出信号值,输出 LED 亮则输出为 1,灭则输出为 0,将测试结果填入表 1。

2) 4 个输入信号,用实验箱上的逻辑电平开关实现,1 个输出端连接到实验箱上的 LED,按照真值表的要求,拨动逻辑电平开关改变输入信号值,遍历 16 种输入组合,并观察输出信号值,输出 LED 亮则输出为 1,灭则输出为 0,将测试结果填入表 2。

B3	B2	B1	B0	Y	测试结果
0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	
0	0	1	0	0	
0	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	
0	1	0	1	1	
0	1	1	0	1	
0	1	1	1	0	
1	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	
1	0	1	0	X	
1	0	1	1	X	
1	1	0	0	X	
1	1	0	1	X	
1	1	1	0	X	
1	1	1	1	X	

表 1

B3	B2	B1	B0	Y	测试结果
0	0	0	0	0	
0	0	0	1	0	
0	0	1	0	0	
0	0	1	1	1	
0	1	0	0	1	
0	1	0	1	1	
0	1	1	0	1	
0	1	1	1	0	
1	0	0	0	0	
1	0	0	1	0	
1	0	1	0	0	
1	0	1	1	0	
1	1	0	0	0	
1	1	0	1	0	

1	1	1	0	0	
1	1	1	1	0	

表 2

### 三. 实验仪器

- 1) 74HC00 一片, 74HC20 一片, 红色指示灯一个, 开关三个, 面包板一片, 电源, 导线若干。
- 2) 74HC00 一片, 74HC20 一片, 红色指示灯一个, 开关四个, 面包板一片, 电源, 导线若干。

### 四. 实验记录

#### 实验步骤

- 1) 1. 按照实验原理, 使用 Multisim 软件正确连接电路。  
2. 按照真值表的要求, 拨动逻辑电平开关改变输入信号值, 遍历 10 种输入组合。  
3. 观察输出信号值, 输出指示灯亮则输出为 1, 灭则输出为 0, 将测试结果填入表 3。
- 2) 1. 按照实验原理, 使用 Multisim 软件正确连接电路。  
2. 按照真值表的要求, 拨动逻辑电平开关改变输入信号值, 遍历 16 种输入组合。  
3. 观察输出信号值, 输出指示灯亮则输出为 1, 灭则输出为 0, 将测试结果填入表 4。

#### 实验结果

B3	B2	B1	B0	Y	测试结果
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	X	X
1	0	1	1	X	X
1	1	0	0	X	X
1	1	0	1	X	X
1	1	1	0	X	X

1	1	1	1	X	X
---	---	---	---	---	---

表 3

B3	B2	B1	B0	Y	测试结果
0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	1	1
0	1	0	0	1	1
0	1	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
0	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	0
1	0	0	1	0	0
1	0	1	0	0	0
1	0	1	1	0	0
1	1	0	0	0	0
1	1	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	0	0

表 4

电路故障排查

无电路故障。

五. 实验分析

- 1) 由实验结果可以看出，该电路设计可以完美实现：接收 8421BCD 码 B3B2B1B0，当  $2 < B3B2B1B0 < 7$  时输出 Y 为 1。本实验电路设计较简单，主要是为了让学生熟悉简单的门电路实验设计方案和软件的初步应用，考察基础的卡诺图化简能力和电路实验设计思维。
- 2) 由实验结果可以看出，该电路设计可以完美实现：接收四位二进制码 B3B2B1B0，当  $2 < B3B2B1B0 < 7$  时输出 Y 为 1。本次实验电路设计较 1) 难度略有增加，在掌握简单的门电路实验设计方法和软件的初步应用的基础上，考察对实验题目的准确理解，基础的卡诺图化简能力和电路实验设计思维。

六. 实验小结

- 1) 完成情况较好。在设计方案时务必注意，8421BCD 码的四输入会产生六个无效码，在设计实验电路时可以利用这六个无关项对逻辑表达式进行进一步化简。充分化简后会发现

该实验只有三个有效输入（B3 输入在实验电路中不需要），在实物连接时也只需要提供三个输入。

通过本次实验电路设计，初次熟悉了软件的使用技巧，明确了实验报告的书写方式。第一次实验耗时较长，但是收获很大，相信一定可以为今后的实验打下坚实基础。

2) 完成情况较好。2) 与 1) 相比，最大的区别就是没有无关项。逻辑表达式的形式会比 1) 略微复杂一点。在化简逻辑表达式时要更加灵活，利用不同项之间的联系尽可能减少元件的使用。

通过本次实验电路设计，基本熟练了软件的使用技巧，明确了实验报告的书写方式。

## 七. 实验思考题

### 实验内容(选做)

设计一个保险箱的数字密码锁，该锁有规定的 4 位代码 A1, A2, A3, A4 的输入端和一个开箱钥匙孔信号 E 的输入端，锁的代码规定为 1101，当用钥匙开箱时（E=1），如果输入代码符合锁规定代码，保险箱被打开（Z1=1）；如果不符，电路将发生报警信号（Z2=1）。要求使用最少数量的与非门实现电路，检测并记录实验结果。

## 实验原理

### 实验设计方案

#### 输入、输出信号编码

输入信号：用 E 表示开箱信号，用 A1、A2、A3、A4 表示四位代码。

输出信号：用 Z1、Z2 表示输出。当 E=1 且 A1A2A3A4=1101 时，输出 Z1 为“1”，Z2 为“0”；当 E=1 且 A1A2A3A4≠1101 时，输出 Z1 为“0”，Z2 为“1”；当 E=0 时，输出 Z1 为“0”，Z2 为“0”。

#### 列出真值表

根据实验要求列出真值表如下：

E	A1	A2	A3	A4	Z1	Z2
0	X	X	X	X	0	0
1	0	0	0	0	0	1
1	0	0	0	1	0	1
1	0	0	1	0	0	1
1	0	0	1	1	0	1
1	0	1	0	0	0	1
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	0	1
1	0	1	1	1	0	1
1	1	0	0	0	0	1
1	1	0	0	1	0	1



1	1	0	1	0	0	1
1	1	0	1	1	0	1
1	1	1	0	0	0	1
1	1	1	0	1	1	0
1	1	1	1	0	0	1
1	1	1	1	1	0	1

### 逻辑化简

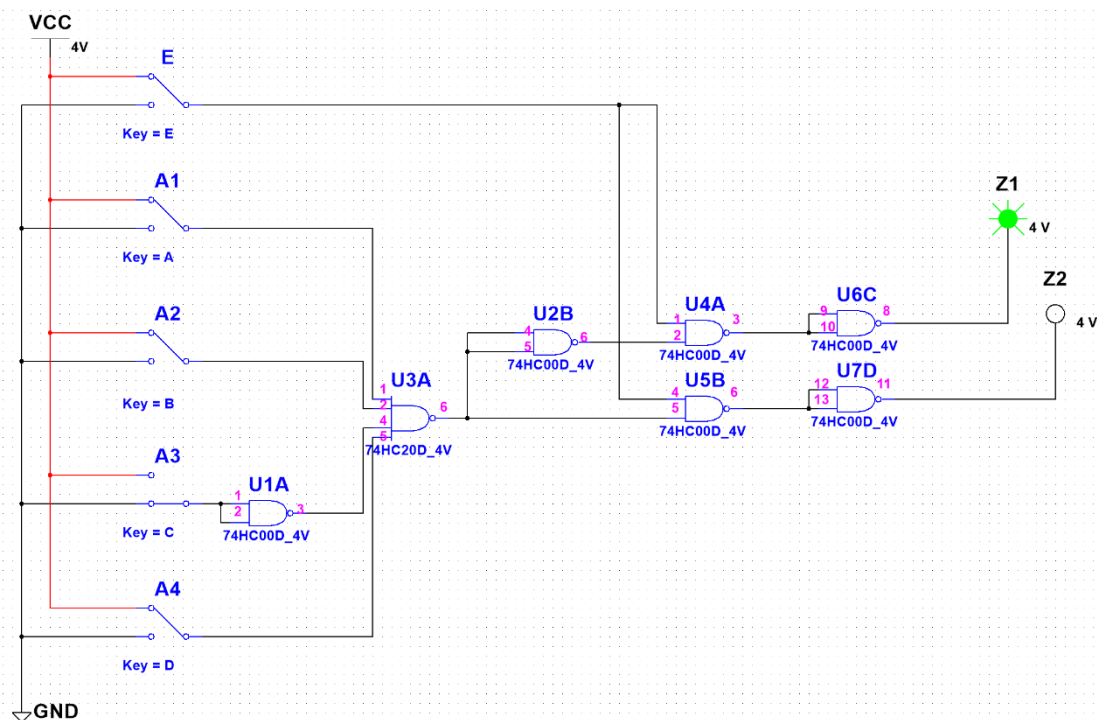
Z1, Z2 的表达式如下：

$$Z1 = E \cdot A1 \cdot A2 \cdot \overline{A3} \cdot A4 = \overline{\overline{E \cdot A1 \cdot A2 \cdot \overline{A3} \cdot A4}}$$

$$Z2 = \overline{\overline{E \cdot A1 \cdot A2 \cdot \overline{A3} \cdot A4}} = \overline{\overline{E \cdot A1 \cdot A2 \cdot \overline{A3} \cdot A4}}$$

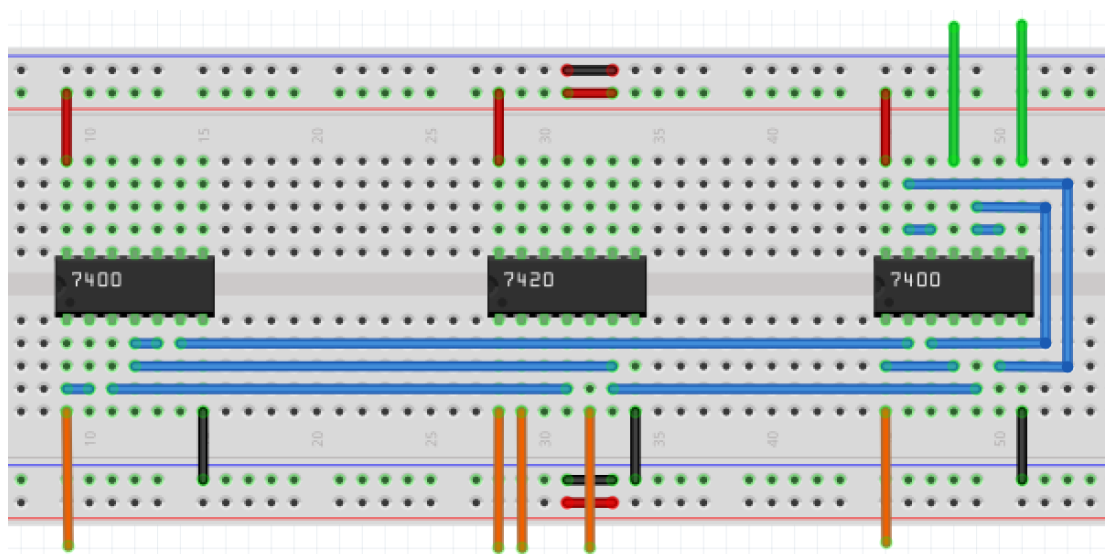
### 逻辑电路图

根据逻辑函数表达式，绘制出电路原理图如下所示，其中输入信号的原变量由逻辑开关电平获得。



### 硬件连接示意图

根据电路原理图可知，硬件电路需要 6 个两输入与非门，可以选择 2 片 74HC00 实现；需要 1 个四输入与非门，可以选择 1 片 74HC20 实现。硬件连接示意图如图所示。



## 测试方案

5 个输入信号，用实验箱上的逻辑电平开关实现，2 个输出端连接到实验箱上的 LED，按照真值表的要求，拨动逻辑电平开关改变输入信号值，观察输出信号值，输出 LED 亮则输出为 1，灭则输出为 0，将测试结果填入下表。

E	A1	A2	A3	A4	Z1	测试结果	Z2	测试结果
0	X	X	X	X	0		0	
1	0	0	0	0	0		1	
1	0	0	0	1	0		1	
1	0	0	1	0	0		1	
1	0	0	1	1	0		1	
1	0	1	0	0	0		1	
1	0	1	0	1	0		1	
1	0	1	1	0	0		1	
1	0	1	1	1	0		1	
1	1	0	0	0	0		1	
1	1	0	0	1	0		1	
1	1	0	1	0	0		1	
1	1	0	1	1	0		1	
1	1	1	0	0	0		1	
1	1	1	0	1	1		0	
1	1	1	1	0	0		1	
1	1	1	1	1	0		1	

## 实验仪器

74HC00 两片，74HC20 一片，红色指示灯一个，绿色指示灯一个，开关四个，面包板一片，电源，导线若干。

## 实验记录

### 实验具体步骤

1. 按照实验原理，使用 Multisim 软件正确连接电路。
2. 按照真值表的要求，**将控制 E 输入的开关断开**，拨动逻辑电平开关改变输入信号值，遍历 16 种输入组合。
3. 观察输出信号值，输出指示灯亮则输出为 1，灭则输出为 0，将测试结果填入下表。
4. 按照真值表的要求，**将控制 E 输入的开关闭合**，拨动逻辑电平开关改变输入信号值，遍历 16 种输入组合。
5. 观察输出信号值，输出指示灯亮则输出为 1，灭则输出为 0，将测试结果填入下表。

### 实验结果

E	A1	A2	A3	A4	Z1	测试结果	Z2	测试结果
0	X	X	X	X	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	1	1
1	0	0	0	1	0	0	1	1
1	0	0	1	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	0	1	0	0	0	0	1	1
1	0	1	0	1	0	0	1	1
1	0	1	1	0	0	0	1	1
1	0	1	1	1	0	0	1	1
1	1	0	0	0	0	0	1	1
1	1	0	0	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0	0	1	1
1	1	1	0	0	0	0	1	1
1	1	1	0	1	1	1	0	0
1	1	1	1	0	0	0	1	1
1	1	1	1	1	0	0	1	1

### 电路故障排查

无电路故障。

## 实验分析

由实验结果可以看出, 该电路设计可以完美实现: 锁的代码规定为 1101, 当用钥匙开箱时 ( $E=1$ ), 如果输入代码符合锁规定代码, 保险箱被打开 ( $Z1=1$ ); 如果不符, 电路将发生报警信号 ( $Z2=1$ )。

本实验电路设计略有难度, 在基本掌握门电路实验设计方法, 能够较熟练使用各个软件的基础上, 考察对实验题目的准确理解, 遇到多个变量向与的情况时如何用与非门完成电路设计。

## 实验小结

完成情况较好。在设计此电路时, 遇到的第一个难点就是: 如何设计能使当  $E=0$  时,  $Z1$  和  $Z2$  的输出均为 0。在书写逻辑表达式时, 需要将  $E$  考虑进去。另一个难点就是: 遇到多个变量向与的情况时, 如何用与非门完成电路设计。在没有多路输入的与非门时, 可以考虑将整个表达式拆分, 每一部分进行与非运算后, 再整体进行一次与非运算整合起来。

之所以可以考虑到这样的解决方法, 依赖的是对逻辑表达式化简方法的熟练掌握, 对题目的正确理解和知识的迁移运用能力。这道题在一定程度上, 考察了对近期学习的数字逻辑电路知识的综合应用能力。

## 八. 参考资料

- [1] 东南大学电子电工学院. 《数字逻辑设计教材》. 2020
- [2] 东南大学电子电工学院. 《数字逻辑电路实验 C 开课准备事项》. 2020
- [3] 《Multisim 入门手册》
- [4] Philips. 《74HC/HCT00 Quad 2-input NAND gate》. 2003
- [5] Philips. 《74HC/HCT20 Dual 4-input NAND gate》. 1990