

# 北京邮电大学 网络空间安全学院



## 《计算机组成与系统结构》实验报告一 运算器组成实验

姓 名 牛清莹

学 号 2022211614

班 级 2022211801

任课教师 苑 洁

2023 年 12 月

## 一、实验目的

- (1) 熟悉 TEC-8 模型计算机的节拍脉冲 T1、T2、T3;
- (2) 熟悉双端口通用寄存器组的读写操作;
- (3) 熟悉运算器的数据传送通路;
- (4) 验证 74LS181 的加、减、与、或功能;
- (5) 按给定的数据, 完成几种指定的算术、逻辑运算运算。

## 二、实验内容

对下述 7 组数据进行加、减、与、或运算。

- (1) A=F0H, B=10H
- (2) A=FFH, B=AAH
- (3) A=10H, B=F0H
- (4) A=55H, B=AAH
- (5) A=03H, B=05H
- (6) A=C5H, B=61H
- (7) A=0AH, B=0AH

在独立方式中, 还需要:

- (1) 将运算器模块与实验台操作板上的线路进行连接。
- (2) 用开关 K15-K0 向通用寄存器堆 RF 内的 R3-R0 寄存器置数据。然后读出 R3-R0 的数据, 在数据总线 DBUS 上显示出来。

## 三、实验过程

### 微程序控制方式:

#### 1、实验准备

将控制器转换开关拨到微程序位置, 将编程开关设置为正常位置, 将开关 DP 拨到向上位置。打开电源。

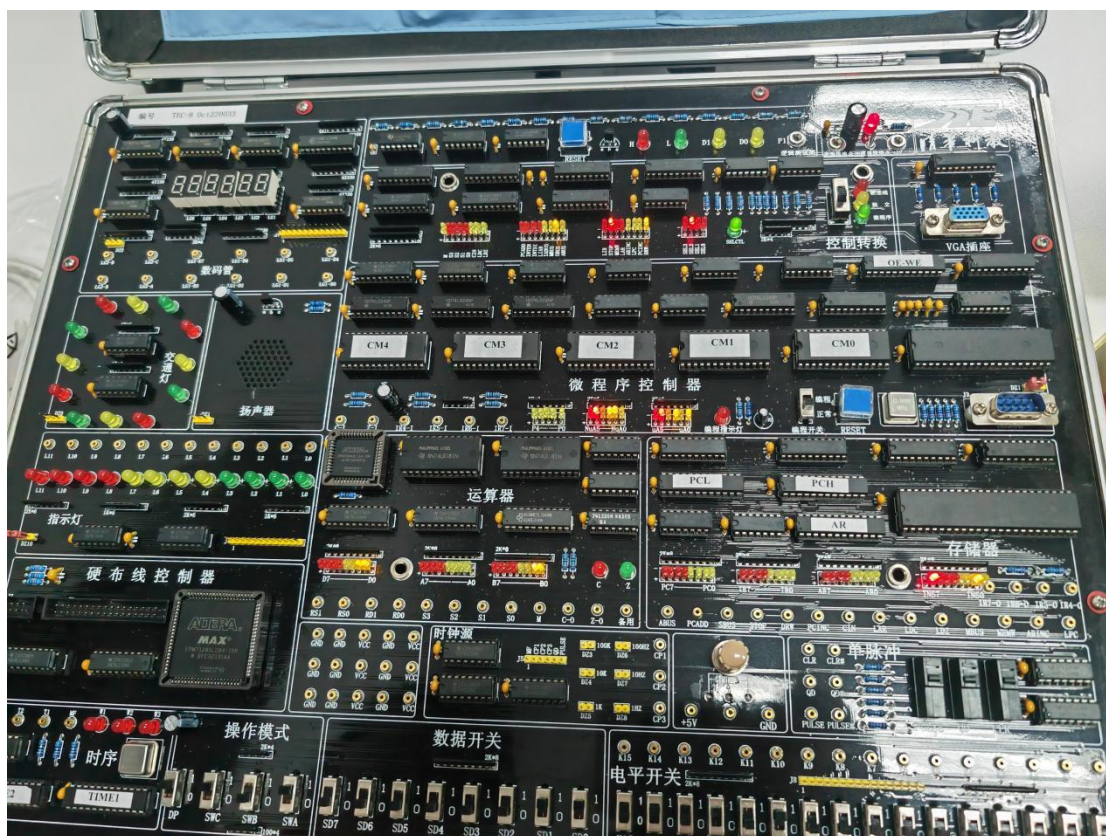
#### 2、进行加、减、与、或实验

##### ①设置加、减、与、或实验模式

按复位按钮 CLR, 使 TEC-8 实验系统复位。指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 00H。将操作模式开关设置为 SWC=1、SWB=0、SWA=1, 准备进入加、减、与、或实验。按一次 QD 按钮, 产生一组节拍脉冲信号 T1、T2、T3, 进入加、减、与、或实验。

##### ②设置数 A

指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 0BH。在数据开关 SD7~SD0 上设置数 A。在数据总线 DBUS 指示灯 D7~D0 上可以看到数据设置的正确不正确, 发现错误需及时改正。设置数据正确后, 按一次 QD 按钮, 将 SD7~SD0 上的数据写入 R0, 进入下一步。



### ③设置数 B

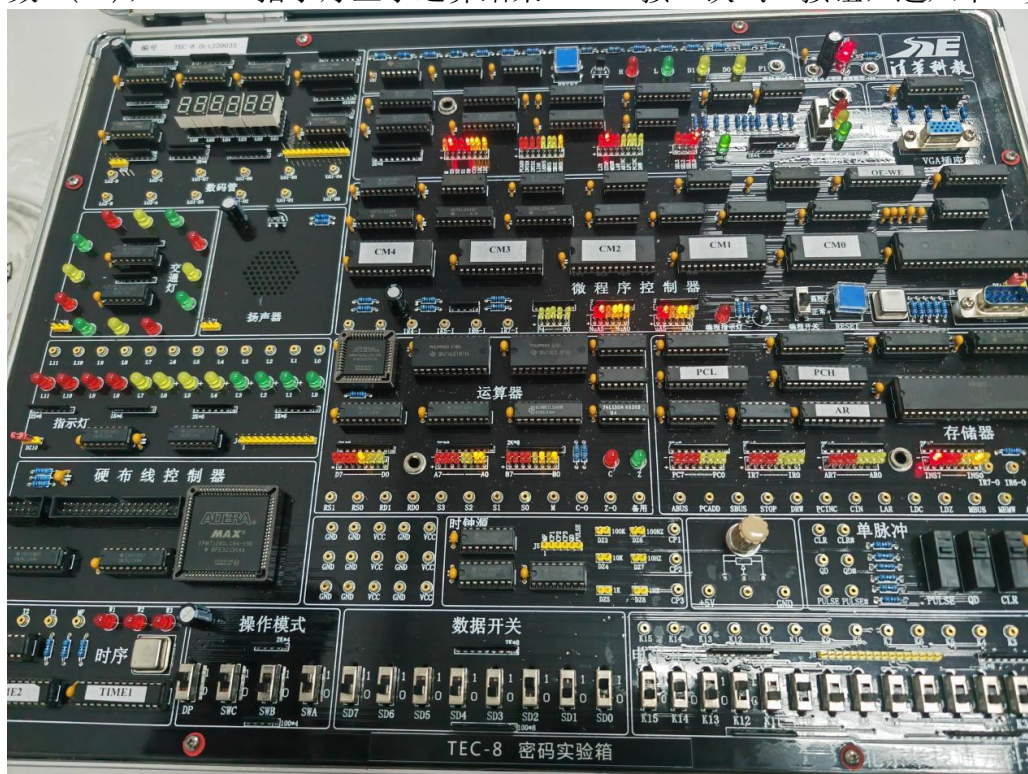
指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 15H。这时 R0 已经写入，在指示灯 B7~B0 上可以观察到 R0 的值。在数据开关 SD7~SD0 上设置数 B。设置数据正确后，按一次 QD 按钮，将 SD7~SD0 上的数据 写入 R1，进入下一步。





#### ④进行加法运算

指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 16H。指示灯  $A7 \sim A0$  显示被加数  $A(R0)$ ，指示灯  $B7 \sim B0$  显示加数  $B(R1)$ ， $D7 \sim D0$  指示灯显示运算结果  $A+B$ 。按一次 QD 按钮，进入下一步。



#### ⑤进行减法运算

指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 17H。这时指示灯 C(红色)显示加法运算得到的进位 C，指示灯 Z(绿色)显示加法运算得到的结果为 0 信号。指示灯  $A7 \sim A0$  显示被减数  $A(R0)$ ，指示灯  $B7 \sim B0$  显示减数  $B(R1)$ ，指示灯  $D7 \sim D0$  显示运算结果  $A-B$ 。按一次 QD 按钮，进入下一步。





## ⑥进行与运算

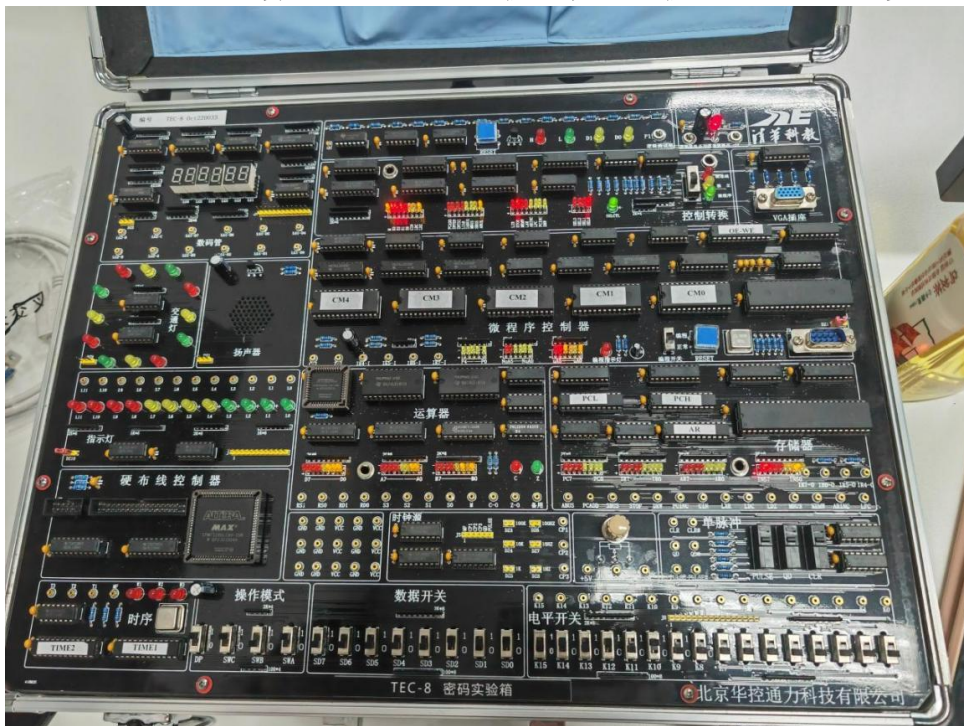
指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 18H。这时指示灯 C(红色)显示减法运算得到的进位 C，指示灯 Z(绿色)显示减法运算得到的结果为 0 信号。

指示灯  $A7 \sim A0$  显示数 A(R0)，指示灯  $B7 \sim B0$  显示数 B(R1)，指示灯  $D7 \sim D0$  显示运算结果 A and B。按一次 QD 按钮，进入下一步。



## ⑦进行或运算

指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 19H。这时指示灯 Z(绿色)显示与运算得到的结果为 0 信号。指示灯 C 保持不变。指示灯  $A7 \sim A0$  显示数 A(R0)，指示灯  $B7 \sim B0$  显示数 B(R1)，指示灯  $D7 \sim D0$  显示运算结果 A or B。按一次 QD 按钮，进入下一步。





⑧结束运算。指示灯  $\mu A5 \sim \mu A0$  显示 00H。这时指示灯 Z(绿色)显示或运算得到的结果为 0 信号。指示灯 C 保持不变。

## 独立方式

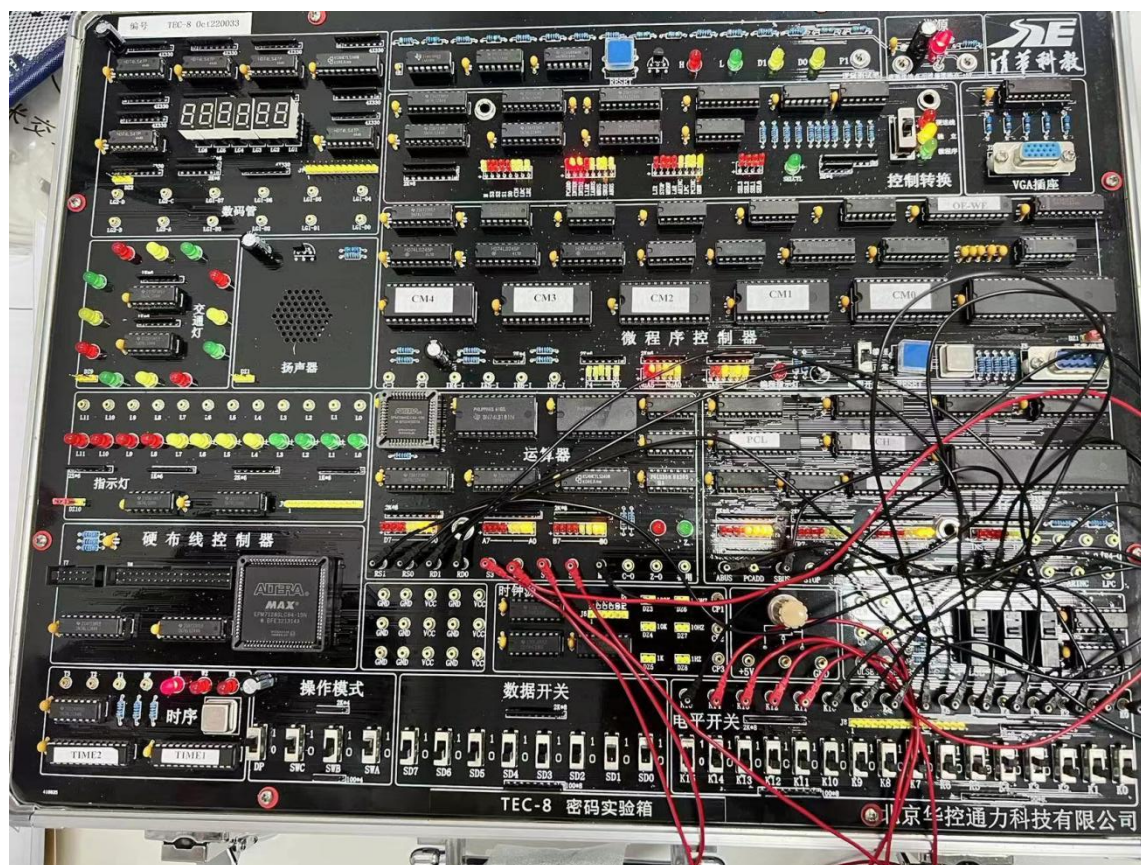
1、实验准备：连线，将“控制转换”开关拨到最中间位置既“独立”灯亮，操作模式：

1101。连线方式：

### 独立模式 (DP=1)

K15	K14	K13	K12	K11	K10	K9	K8
M	S0	S1	S2	S3	CIN	ABUS	LDC
K7	K6	K5	K4	K3	K2	K1	K0
LDZ	RD1	RD0	DRW	SBUS	RS1	RS0	MBUS

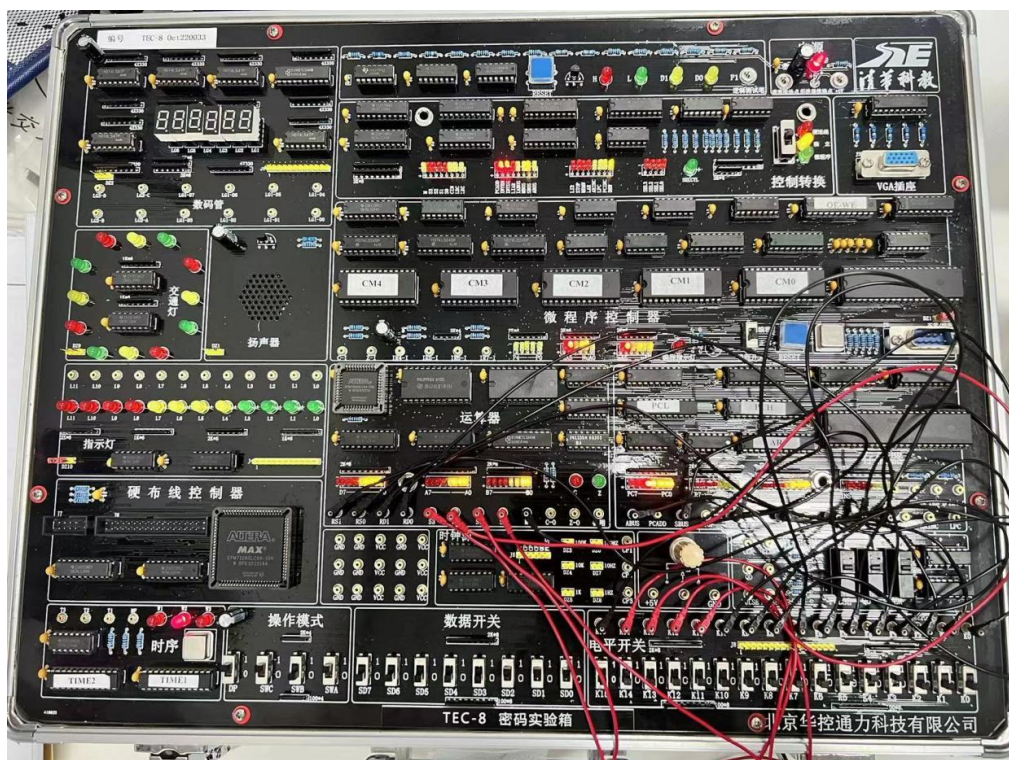
2、为 R0 设置初始值，此时的电平开关对应信号： $SBUS = 1$ ； $RD0 = 0$ ， $RD1 = 0 \rightarrow R0$  选中； $DRW = 1$



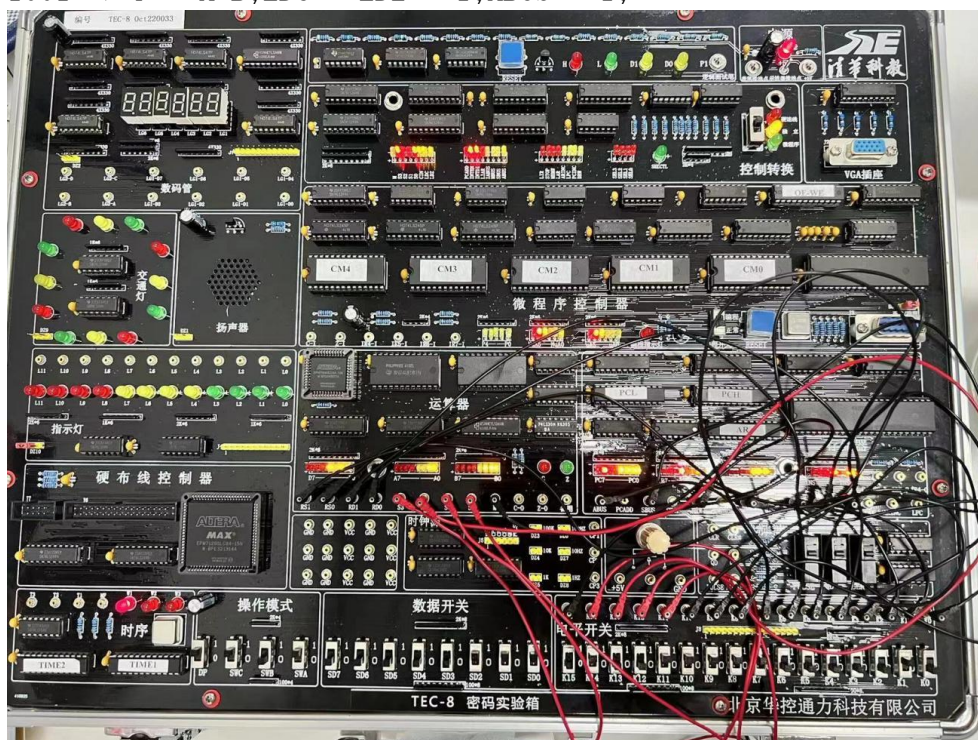
【置 R0】

3、为 R1 设置初始值，改变电平开关： $RD1 = 0$ ， $RD0 = 1 \rightarrow$ 寄存器 R1 被选中；输入数据。



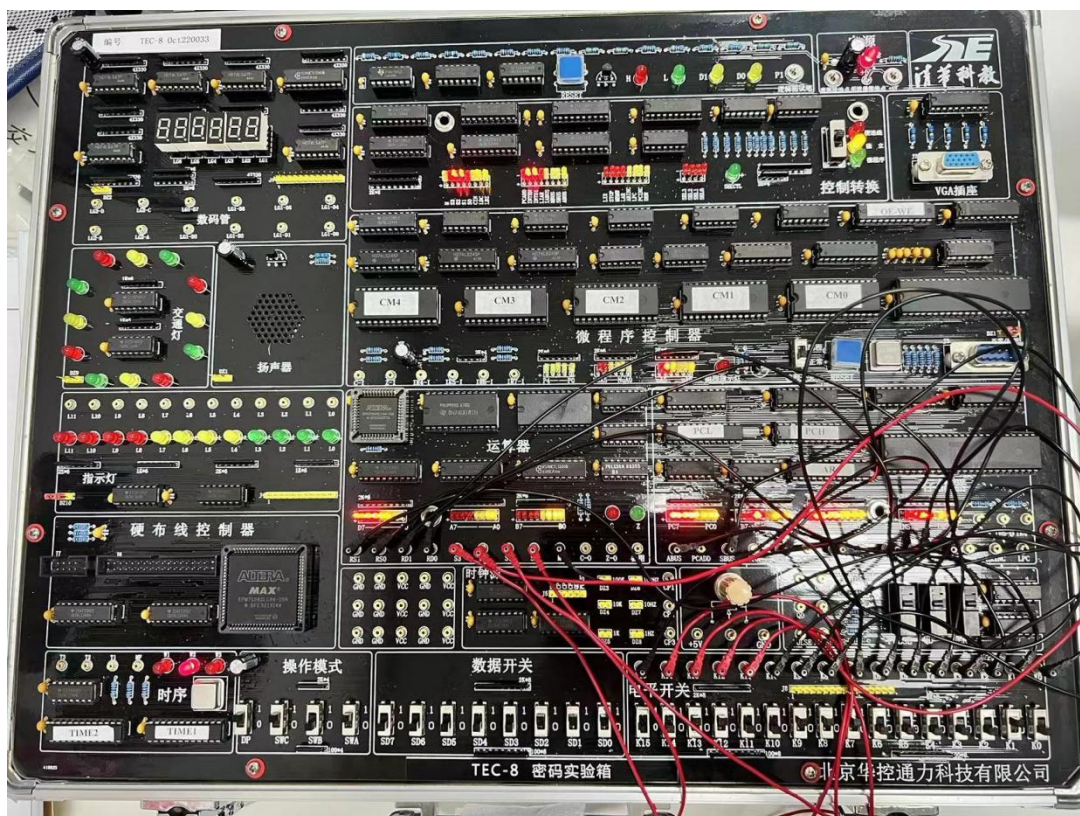


4、加法运算:  $RDORD1 = 00 \rightarrow (R0 \rightarrow A); RSORS1 = 01 \rightarrow (R1 \rightarrow B); CIN = 1, S3-S0 = 1001 \rightarrow F = A+B; LDC = LDZ = 1; ABUS = 1;$

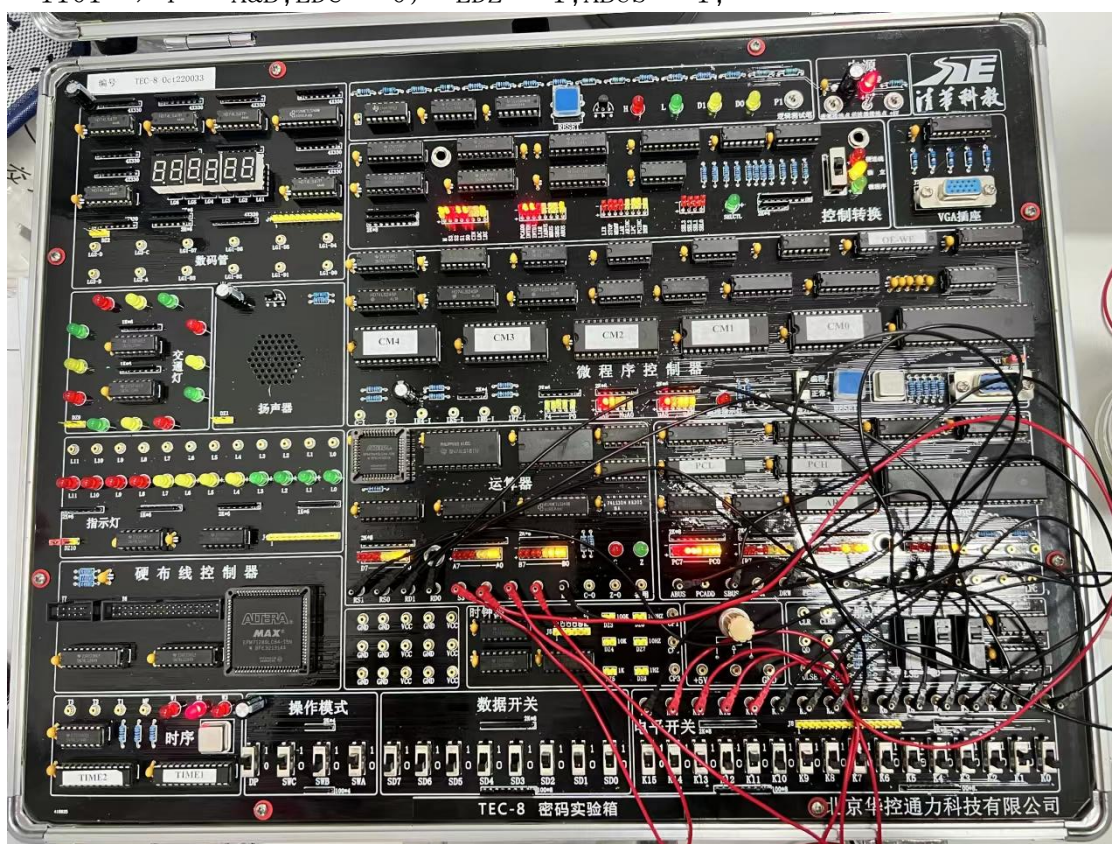


5、减法运算:  $RDORD1 = 00 \rightarrow (R0 \rightarrow A); RSORS1 = 01 \rightarrow (R1 \rightarrow B); CIN = 0, S3-S0 = 0110 \rightarrow F = A-B; LDC = LDZ = 1; ABUS=1;$



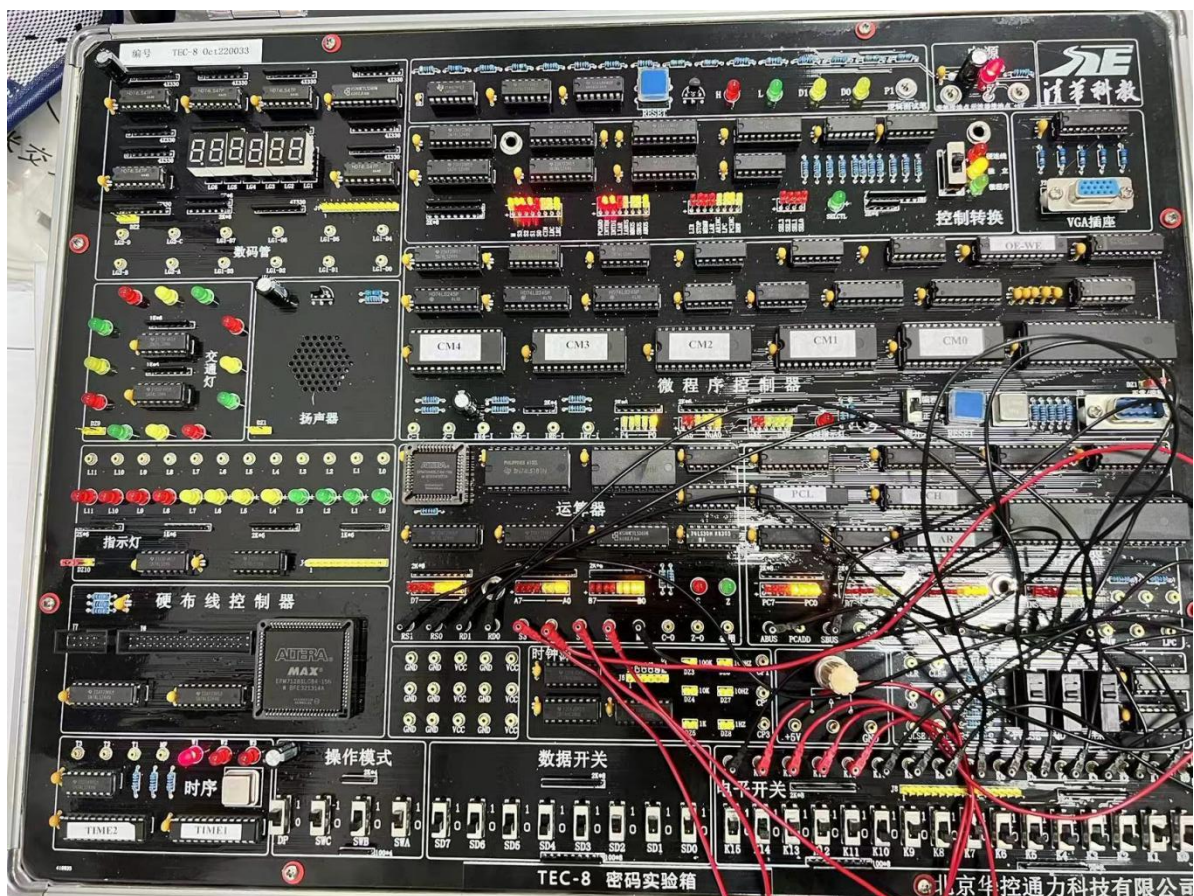


6、与运算：RDORD1 = 00  $\rightarrow$  (R0 $\rightarrow$ A); RSORS1 = 01  $\rightarrow$  (R1 $\rightarrow$ B); CIN = 0, M = 1, S3-S0 = 1101  $\rightarrow$  F = A&B; LDC = 0, LDZ = 1; ABUS = 1;



7、或运算：RDORD1 = 00  $\rightarrow$  (R0 $\rightarrow$ A); RSORS1 = 01  $\rightarrow$  (R1 $\rightarrow$ B); CIN = 0, M = 1, S3-S0 = 0111  $\rightarrow$  F = A|B; LDC = 0, LDZ = 1; ABUS = 1;





按照上述步骤，对要求的 7 组数据进行运算。  
实验结束

### 实验结果：

实验数据		实验结果									
数 A	数 B	加			减			与		或	
		数据结果	C	Z	数据结果	C	Z	数据结果	Z	数据结果	Z
F0H	10H	00H	1	1	D0H	1	0	10H	0	F0H	0
FFH	AAH	A9H	1	0	55H	1	0	AAH	0	FFH	0
10H	F0H	00H	1	1	20H	0	0	10H	0	F0H	0
55H	AAH	FFH	0	0	ABH	0	0	00H	1	FFH	0
03H	05H	08H	0	0	FFH	0	0	01H	0	07H	0
C5H	61H	26H	1	0	64H	1	0	41H	0	B5H	0
0AH	0AH	14H	0	0	00H	1	1	0AH	0	0AH	0

### 问题解决：

1、结合实验现象，每一实验步骤中，对下述信号在所起的作用进行解释：M、S0、S1、S2、S3、CIN、ABUS、LDC、LDZ、SEL3、SEL2、SEL1、SEL0、DRW、SBUS。并说明在该步



骤中，哪些信号是必需的，哪些信号不是必需的，哪些信号必需采用实验中使用的值，哪些信号可以不采用实验中使用的值。

**先明确每一个信号的功能：**

（注：在微程序控制方式中 SEL0、SEL1、SEL2、SEL3 分别对应独立模式下的 RS0，RS1，RD0，RD1。在后面的表述中均以独立控制为基准）

- a) CIN 信号为进位输入；
- b) LDC、LDZ 分别为 C 标志寄存器和 Z 标志寄存器的写入控制信号。
- c) ABUS 为将运算结果送数据总线 DBUS 控制信号（所有控制信号皆以置 0 为断，置 1 为通）；
- d) M 为运算模式控制信号，M=0 为算术运算，M=1 时逻辑运算；S3-S0 控制 74LS181 的运算类型（详见运算类型表）
- e) SBUS 控制信号：控制 SWD 与数据总线 DBUS 之间的通断，置 0 时断开，数据无法从 SWD 打入传入数据总线；置 1 时导通，数据可由 SWD 传入数据总线 DBUS
- f) R0-R4 通用寄存器：接受来自 DBUS 数据总线的数据并存储，由三个控制信号 LR<sub>x</sub>、DRW、T3 控制。其中 LR<sub>x</sub> 为寄存器选择信号、DRW 为写入信号，置 1 时，在 T3 上升沿对 RD1、RD0 选中的寄存器进行写操作，将数据总线 DBUS 上的数 D7~D0 写入选定的寄存器。
- g) 2-4 译码器：输入 RD1、RD2 控制信号，输出 LR<sub>x</sub> 寄存器选择信号。
- h) 4 选 1 选择器 A、B：选择器 A 由 RD0、RD1 信号控制数据选择输入数据通路来自那个寄存器 R<sub>x</sub>，选择器 B 则由 RS0、RS1 控制。

以第一组 A = F0H，B = 10H 为例）

**本实验微程序控制部分的实验步骤：**

- 1) 打开电源，DP 单步开关，调节操作模式为 101（运算器实验）。按 QD 开关运行一个机器周期。选中寄存器 R0，SBUS 置 1，数据通路打开。将数据开关置为 F0H。SBUS 是必需的，LR0、LR1、LR2、LR3 寄存器选择信号不必要是 LR0 = 1，LR1=LR2=LR3 = 0，任意有且仅有一个为 1 即可。
- 2) 按 QD 开关，数据在 T3 上升沿将数据打入寄存器 R0，在 T3 下降沿选中寄存器 R1，是 DRW 必需的，否则无法将数据写入寄存器，在 T3 下降沿选中 R1 寄



存器时  $LR1 = 1$ ,  $LR0 = LR2 = LR3 = 0$ , 仍然是, 只要保证写入数据的寄存器不是前一个数据写入的寄存器即可。

- 3) 将数据开关置为 10H。按 QD 开关, 数据在 T3 上升沿打入 R1, 在 T3 下降沿, 读取下一条微指令, 内容为:  $S3-S0 = 1001$  ( $F = A+B$ ),  $CIN = 1$ ,  $ABUS = 1$ ,  $LDC = LDZ = 1$ , 但此时进位信号 C 和零信号 Z 还未输出到寄存器中。ABUS 打开, 产生数据输出  $F0+10 = 100H$  (有进位  $Z = 1$ ,  $C = 1$ ), 目前  $Z = 0$ ,  $C = 0$ 。在 4 选 1 选择器 AB 中, 同样是可以按照第一第二部数据打入的寄存器来分别选择对应的控制信号, 此时  $LDC = LDZ = 1$  也为必须,  $CIN = 1$  &  $S3-S0 = 1001$  选中加法运算也为必须,  $ABUS = 1$  也为必须, 否则无法将数据输出到数据总线 DUBS 中。
- 4) 按 QD 开关, 在 T3 上升沿  $F = A + B$  的  $Z = 1, C = 1$  信号打入 Z、C 寄存器中; 同时在 T3 下降沿读取下一条微指令 ( $F = A - B$ )。T3 下降沿读取下一条微指令, 此时  $S3-S0 = 0110$  ( $F = A - B$ ),  $ABUS = 1$ , 产生输出 E0。其中,  $LDC = LDZ = 1$ ,  $ABUS = 1$  为必须,  $CIN = 0$  &  $S3-S0 = 0110$  减法运算为必须, 其余无用。
- 5) 按 QD 开关, 在 T3 上升沿  $F = A - B$  的  $Z = 0, C = 1$  信号打入 Z、C 寄存器中; 同时在 T3 下降沿读取下一条微指令 ( $F = A \& B$ ) 同时在 T3 下降沿读取下一条微指令 ( $F = A \& B$ ), 产生结果 10H, 而此时是逻辑运算, C 寄存器无效。其中  $DC = 0$ ,  $LDZ = 1$ 。  $CIN = 1/0$  无效。  $LDC = 0$  不是必须, 但是置 1 没有意义,  $ABUS = 1$  为必须,  $S3-S0 = 1011$ ,  $M = 1$  逻辑与运算为必须, 其余无用。
- 6) 按 QD 开关, 在 T3 上升沿  $F = A \& B$  的  $Z = 0$  信号打入 Z 寄存器中; 同时在 T3 下降沿读取下一条微指令 ( $F = A | B$ ) 并在 DBUS 产生输出, 其中的逻辑运算  $LDC = 0$ ,  $LDZ = 1$ 。  $CIN = 1/0$  无效。  $LDC = 0$  不是必须, 但是置 1 没有意义,  $ABUS = 1$  为必须,  $S3-S0 = 1110$ ,  $M = 1$  逻辑或运算为必须, 其余无用。

- 7) 微程序执行完毕, 运算结束

简言之, 要如表所示:



	M	S0~S3	CIN	LDC	LDZ	SEL3~SEL0	DRW	SBUS	ABUS
写入数据到 R0	为0, 也可为其 他值	为0000B 也可为其 他值	为0, 也可为 其他值	为0, 也可为 其他值	为0, 也可为 其他值	为0001B	为1, 读取总 线数值并写 入数据	为1, 用以设 定初始值并 导入总线	必需为 0
写入数据到 R1	为0, 也可为 其他值	为0000B 也可为其 他值	为0, 也可为 其他值	为0, 也可为 其他值	为0, 也可为 其他值	为0001B	为1, 读取总 线数值并写 入数据	为1, 用以设 定初始值并 导入总线	必需为 0
加法运算	必需为0	为1001B, 控制运算器 为加法	必需为1	为1, 输出C	为1, 输出Z	为0001B	必需为0, 终 止输入	必需为0, 终 止输入	为1, 输出结 果到总线
减法运算	必需为0	为0110B, 控制运算器 为减法	必需为0	为1, 输出C	为1, 输出Z	为0001B	必需为0, 终 止输入	必需为0, 终 止输入	为1, 输出结 果到总线
与运算	必需为1	为1011B, 控制运算器 为与运算	必需为0	为0, 不用输 出	为1, 输出Z	为0001B	必需为0, 终 止输入	必需为0, 终 止输入	为1, 输出结 果到总线
或运算	必需为1	为1110B, 控制运算器 为或运算	必需为0	为0, 不用输 出	为1, 输出Z	为0001B	必需为0, 终 止输入	必需为0, 终 止输入	为1, 输出结 果到总线

## 四、思考与心得

### 可探究性问题：

1、ALU 具有记忆功能吗？如果有，如何设计？

答：（1）传统的 ALU 没有记忆功能，接受输入端 AB 的数据以后立即运算并产生结果，输入改变便会立即产生新的结果，如果 ABUS = 1，便会将结果立即输出到 DBUS 上。

（2）如果想要使他具有记忆功能，可以尝试着在输出端 F1 与 DBUS 之间加入一个数据

缓冲寄存器，并可以加一个新的控制信号控制 ALU 与寄存器之间的数据通路，形成如下结构：F1 输出端-数据缓冲寄存器-DBUS，这样便可以通过寄存器来记忆输出结果。

2、为什么在 ALU 的 A 端口和 B 端口的数据确定后，在数据总线 DBUS 上能够直接观测运算的数据结果，而标志结果却在下一步才能观测到？

答：从应用性角度分析，ALU 是计算机运算的根本元件，运算速度必须要快，所以被设计成直接向 DBUS 输出结果。而将标志结果打入寄存器比较耗时。而且对于串行没有必要即时输入，因为也是下一步才会用到进位。而且正是因为打入寄存器操作需要特定的时序信号（T3 上升沿），所以无法即时输出。

### 实验心得：

在本次实验中，我对 TEC-8 模型计算机的基本组成和功能有了更深入的了解。在实验中，我学会了如何使用开关 K15-K0 向通用寄存器堆 RF 内的 R3-R0 寄存器写入数据，并成功读出数据并在数据总线 DBUS 上显示。这让我对寄存器的读写操作有了更加具体的了解。

通过实际操作，我深入研究了运算器的数据传送通路。理解数据是如何从寄存器传送到运算器，并观察运算结果如何返回到寄存器，使我对计算机的运算过程有了更全面的认识。

在处理七组不同的数据进行加、减、与、或运算时，我深入分析了每一组数据的二进制表示、运算步骤以及最终的计算结果。这加深了我对二进制运算和逻辑运算的理解。