

实验三 运算器部件实验

一、实验要求

1、实验之前认真预习，明确实验的目的和具体实验内容，写出实验用到的数据和控制信号的取值，做好实验之前的必要准备。

2、想好实验的操作步骤，明确通过实验到底可以学习哪些知识，想一想怎么样有意识地提高教学实验的真正效果。

3、在教学实验过程中，要爱护教学实验设备和用到的辅助仪表，记录实验步骤中的数据和运算结果，仔细分析遇到的现象与问题，找出解决问题的办法，有意识地提高自己创新思维能力。

4、实验之后认真写出实验报告，重点在于预习时准备的内容，实验数据，运算结果的分析讨论，实验过程、遇到的现象和解决问题的办法，自己的收获体会，对改进教学实验安排的建议等。善于总结和发现问题，写好实验报告是培养实际工作能力非常重要的一个环节，应给予足够的重视。

二、实验目的

1、熟悉与深入理解4位的运算器芯片Am2901的功能和内部组成，运行中要求使用的控制信号及其各自的控制作用；

2、熟悉与深入理解用4片4位的运算器芯片构成16位的运算器部件的具体方案，各数据位信号、各控制位信号的连接关系；

3、熟悉与深入理解用2片GAL20V8芯片解决ALU最低位的进位输入信号和最高、最低位的移位输入信号、实现4位的标志位寄存器的方案，理解为什么这些功能不能在运算器芯片之内实现而要到芯片之外另行处理；

4、明确教学计算机的运算器部件，使用总计23位的控制信号就完全确定了它的全部运算与处理功能，脱机运算器实验中可以通过24位的微型开关中的23位提供这些控制信号，教学计算机正常执行指令时，这些控制信号必须改由控制器部件来提供。在两种方式下，每一位(组)的控制功能是完全相同的。

三、实验注意事项

脱机运算器实验，是指让运算器从教学计算机整机中脱离出来，此时，它的全部控制与操作均需通过三个12位的蓝色微型开关来完成，这就谈不上执行指令，只能通过开关、

按键控制教学机的运算器完成指定的运算功能，并通过指示灯观察运算的结果。

【1】3个12位微型开关的具体控制功能分配如下

信号名称	具体作用	备注
A口、B口	送给AM2901器件用于选择源与目的操作数的寄存器编号	
I8-I0	选择操作数来源、运算操作功能、选择操作数处理结果和运算器输出内容的3组3位的控制码	
SSI、SST	用于确定运算器最低位的进位输入、移位信号的入/出和怎样处理AM2901产生的状态标志位的结果	SSHSCI缩写为SSI

【2】开关位置说明

做脱机运算器实验时，要用到提供36位控制信号的微动开关和提供16位数据的拨动开关。微动开关一共有三个，一个微动开关可以提供12位的控制信号，三个开关分别标有SW1 micro switch、SW2 micro switch、SW3 micro switch，它们对应的控制信号见下表；数据开关是黑色的，左边的标有SWH的是高8位，右边的标有SWL的是低8位。备注：第二个微动开关的第1位为空置，不起任何作用。

微动开关与控制信号对应关系见表(由左到右)：

SW1 Micro switch				SW2 Micro switch				SW3 Micro switch			
T3-T0	MRW	<i>I2-I0</i>	<i>I8-I7</i>	<i>I6</i>	<i>I5-I3</i>	<i>B PORT</i>	<i>A PORT</i>	<i>SST</i>	<i>SSH SCI</i>	DC2	DC1

蓝色、斜体为需要通过蓝色微动开关控制的23位信号位

【3】开关检测

蓝色微动开关是该实验系统使用的主要器件之一，需要首先检测蓝色微动开关的好坏，比较简单：用户将功能区的工作方式设置为：【1XX00】，然后将36位的蓝色微动开关全部拨动到上方，看对应的指示灯是否亮，然后再将其置为0，相应的指示灯会灭，如果一个或数个指示灯不能正常点亮或者灭，则一般是开关出了问题。备注：T3-T0、MIO、REQ、/WE不受蓝色微动开关的控制。

四、实验内容

脱机的运算器实验，在教学实验中实现如下7项操作功能：

预期功能实现方案

$R0 \leftarrow 1234$	数据开关拨1234，B地址给0，D+0，结果送B口选的R0
$R9 \leftarrow 789F$	数据开关拨789F，B地址给9，D+0，结果送B口选的R9
$R9 \leftarrow R9-R0$	B地址9，A地址给0，最低位进位给1，B-A，结果送B口选的R9
$R0 \leftarrow R0+1$	B地址给0，最低位进位给1，B+0，结果送B口选的R0

$R10 \leftarrow R0$ B地址给A, A地址给0, A+0, 结果送B口选的R10

逻辑右移

$R9 \leftarrow R9 \wedge R9$ B地址给9值, A地址也给9值, $B \wedge A$ 并实现逻辑左移操作

$Q \leftarrow R9$ A地址给9, 通用寄存器不接收, A+0, 结果送Q寄存器

在有了预期功能和实现方案之后, 要解决的具体问题, 就是依据教学计算机的简明操作卡中的有关表格中规定的内容, 找出实现每一操作功能要用到的控制码。请把表1-3中各组控制信号的正确取值填写在实验报告中的相应位置。

运算器的功能与所用到的控制信号

预设功能	实现方案	备注
$R0 \leftarrow 1234$	数据开关拨1234, B地址给0, D+0, 结果送B口选的R0	
$R9 \leftarrow 789F$	数据开关拨789F, B地址给9, D+0, 结果送B口选的R9	
$R9 \leftarrow R9 - R0$	B地址9, A地址给0, 最低位进位给1, $B - A$, 结果送B口选的R9	
$R0 \leftarrow R0 + 1$	B地址给0, 最低位进位给1, $B + 0$, 结果送B口选的R0	
$R10 \leftarrow R0$	B地址给A, A地址给0, A+0, 结果送B口选的R10	
R10 逻辑右移		
$R9 \leftarrow R9 \wedge R9$	B地址给9值, A地址也给9值, $B \wedge A$ 并实现逻辑右移操作	
$Q \leftarrow R9$	A地址给9, 通用寄存器不接收, A+0, 结果送Q寄存器	

五、脱机实验步骤

【1】将教学机左下方的5拨动开关置为1XX00【单步、X、X、脱机、16位】；先按一下“RESET”按键, 再按一下“START”按键, 进行初始化。

【2】接下来, 按下表所列的操作在机器上进行运算器脱机实验, 将结果填入表中: 其中D1取为0101H, D2取为1010H; 通过三个12位的蓝色微型开关向运算器提供控制信号, 通过16位数据开关向运算器提供数据, 通过指示灯观察运算结果及状态标志。

【3】单步加法实例如下

加法运算实例:

动作	SW	I8-6	I5-3	I2-0	B PORT	A PROT	SST	SSI	ALU	CZVS 前	CZVS 后	作用
RESET												复位
START	0101	011	000	111	0000	0000	001	000	0101	随机	0000	SW送R0
START	1010	011	000	111	0001	0000	001	000	1010	0000	0000	SW送R1
START	0000	011	000	001	0000	0001	001	000	1111	0000	0000	加运算

六、脱机实验内容

序号	预期功能（运算）	实现方案〔仅供参考〕（微指令码和控制位码）
1	$R_0 \leftarrow D1 + 0$	数据开关拨 D1, B 地址给 0, A 地址不用, 最低位进位给 0, D+0, 结果输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
2	$R_1 \leftarrow D2 + 0$	数据开关拨 D2, B 地址给 1, A 地址不用, 最低位进位给 0, D+0, 结果输出并送 B 口选的 R1, 状态送 FLAG
3	$R_0 \leftarrow R_0 + R_1$	B 地址给 0, A 地址给 1, 最低位进位给 0, A+B, 结果输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
4	$R_0 \leftarrow R_0 - R_1$	B 地址给 0, A 地址给 1, 最低位进位给 1, B-A, 结果输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
5	$R_1 \leftarrow R_1 - R_0$	B 地址给 1, A 地址给 0, 最低位进位给 1, B-A, 结果输出并送 B 口选的 R1, 状态送 FLAG
6	$R_1 \leftarrow R_0 \vee R_1$	B 地址给 1, A 地址给 0, 最低位进位给 0, A∨B, 结果输出并送 B 口选的 R1, 状态送 FLAG
7	$R_0 \leftarrow R_0 \wedge R_1$	B 地址给 0, A 地址给 1, 最低位进位给 0, A∧B, 结果输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
8	$R_0 \leftarrow R_0 \oplus R_1$	B 地址给 0, A 地址给 1, 最低位进位给 0, A⊕B, 结果输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
9	$R_0 \leftarrow \overline{R_0 \oplus R_1}$	B 地址给 0, A 地址给 1, 最低位进位给 0, $\overline{A \oplus B}$, 结果输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
10	$R_0 \leftarrow 2R_0$	B 地址给 0, A 地址不用, 最低位进位给 0, 0+B, 结果左移输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG
11	$R_0 \leftarrow R_0/2$	B 地址给 0, A 地址不用, 最低位进位给 0, 0+B, 结果右移输出并送 B 口选的 R0, 状态送 FLAG

注：表中 D1=0101, D2=1010, 均为十六进制数, 以下相同。

运算：

运算	I8-6	I5-3	I2-0	SST	SSI	B	A	压START前		压START后	
								ALU	CZVS	ALU	CZVS
$R_0 \leftarrow D1 + 0$											
$R_1 \leftarrow D2 + 0$											
$R_0 \leftarrow R_0 + R_1$											
$R_0 \leftarrow R_0 - R_1$											
$R_1 \leftarrow R_1 - R_0$											
$R_1 \leftarrow R_0 \vee R_1$											
$R_0 \leftarrow R_0 \wedge R_1$											
$R_0 \leftarrow R_0 \oplus R_1$											
$R_0 \leftarrow \overline{R_0 \oplus R_1}$											
$R_0 \leftarrow 2R_0$											
$R_0 \leftarrow R_0/2$											

注：用*标记的运算，表示D1、D2的数据是由拨动开关SW给出的，开关给的是二进制的信号，注意二进制和十六进制间的转换。

按“START”按键之前，ALU输出的是计算结果，参照ALU的操作周期的时序可知A、B口数据锁存是在时钟的下降沿，通用寄存器的接收是在低电平，所以要想寄存器接收ALU的计算结果必须按一次“START”按键。

七、联机实验内容（选做）

- 1、在教学机上，把教学机左下角的运行状态控制开关 $K_4K_3K_2K_1K_0$ 的状态设置为 00110。意为：连续 16 位联机实验。
- 2、进入教学机与 PC 联机运行状态，直到 PC 仿真终端上显示命令行提示符状态：>_。
(参见实验一中的相关操作说明)
- 3、在命令行提示符状态下，用 A 命令输入前述联机运算器实验的程序。
- 4、在命令行提示符状态下，用 G 命令运行输入的程序，查看程序运行结果中 R0、R9、R10 的内容。
- 5、在命令行提示符状态下，用 T 命令在单指令方式下运行程序，查看程序在每个语句执行后的运行情况，寄存器 R0、R9、R10 的内容变化情况。
- 6、{选做} 用指令的单步骤执行方式运行程序。

- (1). 在命令行提示符状态下，用 A 命令把程序最后一条 RET 语句修改成 JR {程序开始地址}。让程序变成无限循环程序。
- (2). 在命令行提示符状态下，用 G 命令运行程序，程序将进入无限循环运行状态。
- (3). 此时，把教学机左下角的运行状态控制开关 K_4 （最左面的一个），从朝下拨为朝上的状态（即： $K_4=0 \rightarrow 1$ ），使教学机从正常运行模式进入指令的单步骤执行模式。
- (4). 此时，教学机可能处于程序 7 条语句中任何一条指令的任何一个执行步骤。这时，可以通过查看指令寄存器 IR 的内容（通过 IR 指示灯的显示），了解正在执行的是哪一条指令。 $K_2=1$ 时，通过查看节拍发生器的状态（ $T_3 \sim T_0$ 指示灯），了解正在执行的是指令哪一个执行步骤，查看提供给运算器的 23 位控制信号的状态和运算器的执行结果。

上述程序的前 6 条指令都一定有一个执行步骤，其实现的功能、使用的控制信号的状态，与脱机运算器实验中的某个步骤对应。这之后，每按一次 START 按钮，教学机将执行指令的一个步骤。前一条指令执行结束后，将自动进入下一条指令的执行过程。这种指令的单步骤执行方式，可以执行到程序中的每一条指令的每一个执行步骤，这样就可以观察到程序运行的全部结果和控制信号的状态。

此时，应该把主要注意力，放到上述 6 条指令执行过程中，与脱机运算器实验中相对应的那个执行步骤。查看运算器的执行结果和送到运算器的 23 位控制信号，找出两种实验方式（脱机与联机）下运算器运行的异同。差异之处应该只是控制信号的提供方发生了变化，脱机方式下通过 23 位微型开关为运算器提供控制信号，联机方式下则通过教学机的控制器部件为运算器提供这 23 位的控制信号。