“计算机组织结构”作业 11 参考答案

1.假定某计算机中有一条转移指令，采用相对寻址方式，共占 2 个字节，第一字节是操作码，第二字节是相对位移量（用补码表示），CPU 每次从内存只能取一个字节。假设执行到某转移指令时 PC 的内容为 200，执行该转移指令后要求转移到 100 开始的一段程序执行，则该转移指令第二字节的内容应该是多少（二进制表示，需要在末尾加 B）？

10011010B

100=200+2+Offset，Offset=100-202=-102=**10011010B**

2.假设地址为 1200H 的内存单元中的内容为 120CH，地址为 120CH 的内存单元的内容为 38B8H，而 38B8H 单元的内容为 88F9H。说明以下各情况下操作数的操作数是多少（十六进制表示，需要在末尾加 H）？[陈姿丽，121250018]

(2-1)操作数采用变址寻址，变址寄存器的内容为 12，指令中给出的形式地址为 1200H。

(2-2)操作数采用一次间接寻址，指令中给出的地址码为 1200H。

(2-3)操作数采用寄存器间接寻址，指令中给出的寄存器编号为 8，8 号寄存器的内容为 1200H。

(2-1)有效地址 EA=000CH+1200H=120CH　操作数为 **38B8H**

(2-2)有效地址 EA=(1200H)=120CH　　操作数为 **38B8H**

(2-3)有效地址 EA=1200H　　操作数为 **120CH**

3.考虑一个 16 位处理器，它的一条装入指令以如下情况出现在主存，起始地址为 200。

200	Load to AC	Mode
201	500	
202	下一条指令	

第一字的第一部分指出此指令是将一个值装入累加器。Mode 字段用于指定一种寻址方式。若寻址方式需要的话，Mode 字段拨出一部分指定源寄存器；这里假定使用的源寄存器是 R1，有值 400。还有一个基址寄存器，它有值 100。地址 201 处的值 500,可以是立即数也可以是地址计算的一部分。假定位置 399 处有值 999，位置 400 处有值 1000，如此等等。请对如下寻址方式确定将被装入的操作数（十进制表示）：

(3-1)直接

(3-2)立即

(3-3)间接

(3-4)PC 相对

(3-5)基址

(3-6)寄存器

(3-7)寄存器间接

(3-8)变址（用 R1 自动增量）

[潘琦，121250105]

(3-1)有效地址 EA=500 被装入的操作数为 **1100**
(3-2)有效地址 EA=201 被装入的操作数为 **500**
(3-3)有效地址 EA=(500)=1100 被装入的操作数为 **1700**
(3-4)有效地址 EA=200+2+500=702 被装入的操作数为 **1302**
(3-5)有效地址 EA=100+500=600 被装入的操作数为 **1200**
(3-6)有效地址 EA=R1 被装入的操作数为 **400**
(3-7)有效地址 EA=(R1)=400 被装入的操作数为 **1000**
(3-8)有效地址 EA=500+400=900 被装入的操作数为 **1500**

4.若 CPU 取并执行一条间接地址方式指令，指令是：
(4-1)一个要求单操作数的计算，CPU 需要访问存储几次？
(4-2)一个转移，CPU 需要访问存储几次？

(4-1)CPU 访问主存 **3** 次
CPU 取指令访问主存 1 次；2.CPU 间接寻址取得操作数需访问主存 2 次（因为是单操作数，所以是 AC<-AC+Y，所以无存回操作）
[王子安，141250146]
(4-2)CPU 访问主存 **2** 次
1.CPU 取指令访问主存 1 次；2.CPU 取转移地址访问主存 1 次

5.考虑一个包括基址带变址寻址方式的处理器。假设遇到使用这种寻址方式的一条指令，指令给定的偏移量是 1970（十进制）。当前的基址和变址寄存器分别有十进制数 48022 和 8。操作数的地址是什么（十进制表示）？

操作数地址为 48022+8+1970=**50000**

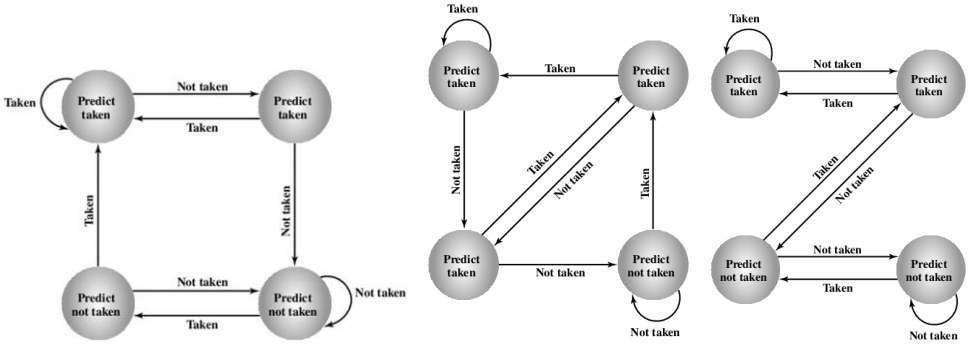
6.一 PC 相对寻址方式的转移指令存于地址为 620（十进制）的存储器位置中。它要转移到 530（十进制）位置上。指令长度为 32 位，其中地址字段长度是 10 位，其二进制值是什么（二进制表示，需要在末尾加 B）？

执行到转移指令时，PC 已经完成自增，值为 620+4=624，则 offset=530-624=-94。
由于指令中地址段长度为 10 位，二进制表示为 **1110100010B**。

7.一时钟速率为 2.5GHz 的流水式处理器执行一个有 1.5 百万条指令的程序。流水线有 5 段并以每时钟周期 1 条的速率发射指令。不考虑转移指令和无序执行所带来的性能损失。
(7-1)同样执行这个程序，该处理器比非流水式处理器加速了多少（百分数）？
(7-2)此流水式处理器的吞吐率是多少（以 MIPS 为单位）？

(7-1)加速比 S_k=nkt/([k+(n-1)]t)=k/(1+(k-1)/n)
由于有 1.5 百万条指令，即 n 很大，所以 S_k 为 k，即 5，加速了 **400%**。
(7-2)由于近似于每个周期完成一条指令，所以吞吐率为 2.5G/106=**2500** MIPS。

8.假设使用下面 3 种转移处理状态图 A、B、C



（A） （B） （C）

执行以下一段程序

```
int sum (int N) {
        int i, j, sum = 0;
for (i = 0; i < N; i++)
    for (j = 0; j < N; j++)
        sum = sum + 1;
return sum;
}
```

相应的汇编程序段为

```
        …
Loop-i: beq $t1, $a0, exit-i          # 若（i=N）则跳出外循环
            add $t2, $zero, $zero         # j=0
Loop-j: beq $t2, $a0, exit-j          # 若（j=N）则跳出内循环
            addi $t2, $t2, 1              # j=j+1
            addi $t0, $t0, 1              # sum=sum+1
            j Loop-j
exit-j: addi $t1, $t1, 1          # i=i+1
            j Loop-i
exit-i: …
```

假设算法从流程图的左上角开始：

a) 分析 N=10 时，使用转移处理状态图 A 的外层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

b) 分析 N=10 时，使用转移处理状态图 A 的内层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

c) 分析 N=100 时，使用转移处理状态图 A 的外层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

d) 分析 N=100 时，使用转移处理状态图 A 的内层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

e) 分析 N=10 时，使用转移处理状态图 B 的外层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

f) 分析 N=10 时，使用转移处理状态图 B 的内层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

g) 分析 N=100 时，使用转移处理状态图 B 的外层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

h) 分析 N=100 时，使用转移处理状态图 B 的内层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

i) 分析 N=10 时，使用转移处理状态图 C 的外层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

j) 分析 N=10 时，使用转移处理状态图 C 的内层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

k) 分析 N=100 时，使用转移处理状态图 C 的外层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

l) 分析 N=100 时，使用转移处理状态图 C 的内层 for 循环预测正确率（百分数，精度：小数点后 2 位）。

外循环共预测 N+1 次，内循环共预测 N×(N+1)次。外循环和内循环各有一组预测位。

使用转移处理状态图 A 时：

预测初始位为 11，外循环中第 1 次、第 2 次和最后一次预测错误，共错误 3 次。内循环中第 1 次进入时变成 10（不发生，预测错误），然后变成 00（不发生，预测错误），跳出时又变成 10（发生，预测错误）；其后每次进入时变成 00（不发生，预测正确），跳出时又变成 01（发生，预测错误），所以内循环共有 N+2 次预测错误。

a) N=10：外循环正确率　1-3/11=72.73%

b) N=10：内循环正确率　1-12/110=89.09%

c) N=100：外循环正确率　1-3/101=97.03%

d) N=100：内循环正确率　1-102/10100=98.99%

使用转移处理状态图 B 时：

预测初始位为 11，外循环中第 1 次、第 2 次和最后一次预测错误，共错误 3 次。内循环中第 1 次进入时变成 01（不发生，预测错误），然后变成 00（不发生，预测错误），跳出时又变成 10（发生，预测错误）；其后每次进入时变成 01（不发生，预测错误），然后变成 00（不发生，预测错误），跳出时又变成 10（发生，预测错误），所以内循环共有 3N 次预测错误。

e) N=10：外循环正确率　1-3/11=72.73%

f) N=10：内循环正确率　1-30/110=72.73%

g) N=100：外循环正确率　1-3/101=97.03%

h) N=10：内循环正确率　1-300/10100=97.03%

使用转移处理状态图 C 时：

预测初始位为 11，外循环中第 1 次、第 2 次和最后一次预测错误，共错误 3 次。内循环中第 1 次进入时变成 10（不发生，预测错误），然后变成 01（不发生，预测错误），然后变成 10（不发生，预测正确），跳出时又变成 01（发生，预测错误）；其后每次进入时变成 00（不发生，预测正确），跳出时又变成 01（发生，预测错误），所以内循环共有 N+2 次预测错误。

i) N=10：外循环正确率　1-3/11=72.73%

j) N=10：内循环正确率　1-12/110=89.09%

k) N=100：外循环正确率　1-3/101=97.03%

l) N=100：内循环正确率　1-102/10100=98.99%

[伍佳艺，141250150]

注：中间那张处理状态图的上面两个状态实际上可以合并[朱宇翔，141250216]

========== 分割线：以下内容不在小程序上提交 ==========

1.某计算机指令系统采用定长指令字格式，指令字长 16 位，每个操作数的地址码长 6 位。指令分为 2 地址、1 地址和 0 地址三类。如果 2 地址的指令有 k2 条，0 地址的指令有 k0 条，那么 1 地址的指令最多有多少条？（提示：任何指令不能有二义性，即任何指令无法同时用 2-、1-、0-地址法中两种或两种以上方式解释。）[刘璟,121250083]

为了避免指令的二义性，要求同一条指令不能同时可能被解释为 2 地址、1 地址和 0 地址中的两种或三种。对于 1 地址指令，操作数长度为 6 位，因此操作码长度为 10 位。由于 2 地址指令共有 k2 种，所以前 10 位的取值中有 $k2\times2^6$ 种可以被解释为 2 地址指令；由于 0 地址指令共有 k0 种，所以前 10 位的取值中至少有 $\lceil k0/2^6\rceil$ 种可以被解释为 0 地址指令。所以 1 地址指令最多有 $k1=2^{10}-k2\times2^6-\lceil k0/2^6\rceil$。

补充：

$k0=2^{16}-k2\times2^{12}-k1\times2^6$。

$k2=2^4-\left\lceil\left(\left\lceil\frac{k0}{2^6}\right\rceil+k1\right)/2^6\right\rceil$。

[熊禧华，191250161]

2.以 0-、1-、2-、3-地址法分别编写程序来计算：

$$X=(A+B\times C)\ /\ (D-E\times F)$$

0 地址	1 地址	2 地址	3 地址
PUSH M	LOAD M	MOV(X<-Y)	MOVE(X<-Y)
POP M	STORE M	ADD(X<-X+Y)	ADD(X<-Y+Z)
ADD	ADD M	SUB(X<-X-Y)	SUB(X<-Y-Z)
SUB	SUB M	MUL(X<-X×Y)	MUL(X<-Y×Z)
MUL	MUL M	DIV(X<-X/Y)	DIV(X<-Y/Z)
DIV	DIV M		

其中，0 地址法是采用了堆栈，每次对堆栈顶端的两个数进行操作，例如 ADD 实际上是用堆栈次顶端的数加上堆栈顶端的数。

0 地址	1 地址	2 地址	3 地址
PUSH A	LOAD E	MOV R0,E	MUL R0,B,C
PUSH B	MUL F	MUL R0,F	ADD R0,A,R0
PUSH C	STORE P	MOV R1,D	MUL R1,E,F
MUL	LOAD D	SUB R1,R0	SUB R1,D,R1
ADD	SUB P	MOV R0,B	DIV X,R0,R1
PUSH D	STORE P	MUL R0,C	
PUSH E	LOAD B	ADD R0,A	
PUSH F	MUL C	DIV R0,R1	
MUL	ADD A	MOV X,R0	
SUB	DIV P		
DIV	STORE X		
POP X			

3. 假设某个计算机只有一条指令:

SUBS X　　累加器减去位置 X 处的内容，结果存入累加器和位置 X 处。

通过编程实现以下功能：

a) 将位置 X 处的数据传输到累加器

b) 将累加器的数据传输到位置 X 处

c) 将位置 X 处的内容加到累加器

（提示：可以使用 1 个或多个内容为 0 的位置 Y、Z……）

假设 AC 处的初始值为 a，X 处的值为 x，Y、Z 处的初始值为 0

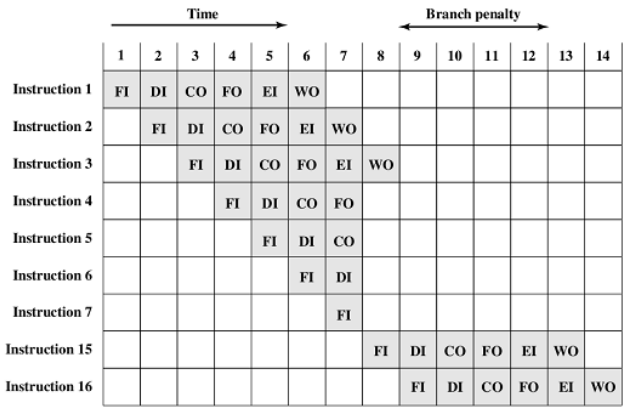
```
a) SUBS Y;      // AC = a, X = x, Y = a
   SUBS Y;      // AC = 0, X = x, Y = 0
   SUBS X;      // AC = -x, X = -x, Y = 0
   SUBS Y;      // AC = -x, X = -x, Y = -x
   SUBS Y;      // AC = 0, X = -x, Y = 0
   SUBS X;      // AC = x, X = x, Y = 0

b) SUBS Y;      // AC = a, X = x, Y = a
   SUBS X;      // AC = a-x, X = a-x, Y = a
   SUBS X;      // AC = 0, X = 0, Y = a
   SUBS Y;      // AC = -a, X = 0, Y = -a
   SUBS X;      // AC = -a, X = -a, Y = -a
   SUBS Y;      // AC = 0, X = -a, Y = 0
   SUBS X;      // AC = a, X = a, Y = 0

c) SUBS Y;      // AC = a, X = x, Y = a, Z = 0
   SUBS Z;      // AC = a, X = x, Y = a, Z = a
   SUBS Y;      // AC = 0, X = x, Y = 0, Z = a
   SUBS X;      // AC = -x, X = -x, Y = 0, Z = a
   SUBS Z;      // AC = -x-a, X = -x, Y = 0, Z = -x-a
   SUBS Y;      // AC = -x-a, X = -x, Y = -x-a, Z = -x-a
   SUBS Y;      // AC = 0, X = -x, Y = 0, Z = -x-a
   SUBS Z;      // AC = x+a, X = -x, Y = 0, Z = x+a
```

4.考虑一个通过指令流水线来处理的长度为 n 的指令序列。假设遇到一条有条件或无条件转移指令的概率为 p，并假设执行转移 I 时转移到非连续地址的概率是 q。请重新写出使用 k 段流水线执行 n 条指令所需总时间的公式和加速比公式。

（为简化问题，认为只当发生转移的指令 I 在流水线上最后一段刚一出现时，总清流水线并撤销线上正在进行的指令。）



总时间$\mathrm{T} = [\mathrm{k} + (\mathrm{n} - 1)]\mathrm{t} + \mathrm{pqn}(\mathrm{k} - 2)\mathrm{t}$

加速比$S_k = \frac{nkt}{[\mathrm{k}+(\mathrm{n}-1)]\mathrm{t}+\mathrm{pqn}(\mathrm{k}-2)\mathrm{t}} = \frac{nk}{k+n-1+pqn(k-2)}$