

考试科目名称 计算机组织结构（期中）

考试方式：闭卷 考试日期_____年__月__日 教师 任桐炜

系（专业）_____ 年级_____ 班级_____

学号_____ 姓名_____ 成绩_____

题号	一	二	三	四	五	六	七	八
分数								

一、（本题满分 10 分）

基准程序 A 在 1GHz 处理器的计算机上运行。A 由下列各类指令混合组成：

指令类型	指令数（ $\times 10^3$ 条）	每条指令的时钟周期数
整数算术	500	32
数据传送	300	20
浮点数	150	50
控制传送	50	10

现对 A 进行优化，将整数算术中的乘以 2 的指令均改为左移一位的指令，得到新的基准程序 B。若在该计算机上执行每条乘法指令需要的时钟周期数为 104，执行每条左移指令所需要的时钟周期数为 4，且基准程序 A 的执行时间为基准程序 B 的 1.5 倍。问 A 中被替换的乘法指令占指令总数的比例？

因为计算机的处理器频率为 1GHz，所以时钟周期为 10^{-9} s

A 所用时间为： $t_A = (500 \times 32 + 300 \times 20 + 150 \times 50 + 50 \times 10) \times 10^3 \times 10^{-9} = 0.03$ s

B 所用时间为： $t_B = 0.03 / 1.5 = 0.02$ s

被替换的指令条数为： $n = (0.03 - 0.02) / ((104 - 4) \times 10^{-9}) = 10^5$

被替换的指令所占比例为： $p = 10^5 / ((500 + 300 + 150 + 50) \times 10^3) = 10\%$

得分

二、(本题满分 15 分)

假设 $x = 0.75 / 2^{63}$, $y = -65.25 / 2^{69}$, 采用 IEEE 754 标准的单精度类型表示 x 和 y , 计算 $x \times y$, 将结果采用 IEEE 754 标准的单精度类型表示 (舍入采用就近舍入的策略), 并计算结果的真值。

$x = 0.75 / 2^{63} = 1.10...0B \times 2^{-64}$

所以 0.75 的 IEEE 754 单精度型表示为: 0 00111111 10...0 (22 个 0)

$y = -65.25 = -1.000001010...0B \times 2^{-63}$

所以 -65.25 的 IEEE 754 单精度型表示为: 1 01000000 000001010...0 (15 个 0)

符号运算: $0 \oplus 1 = 1$

尾数运算:

操作	部分积						乘数					
Initial	0000	0000	0000	0000	0000	0000	1000	0010	1000	0000	0000	0000
0 ->	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0100	0001	0100	0000	0000	0000
.....												
0 ->	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0000	0101
1 +	1100	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0000	0101
->	0110	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	1000	0010
0 ->	0011	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0100	0001
1 +	1111	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0100	0001
->	0111	1000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0010	0000
0 ->	0011	1100	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001	0000
.....												
0 ->	0000	0011	1100	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001
1 +	1100	0011	1100	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0001
->	0110	0001	1110	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000	0000

阶码运算: $E = E_x + E_y - 127 = 00111111 + 01000000 - 01111111 = 00000000$ 。此时需要采用非规格化表示, 尾数右移 1 位, 阶码为 00000000。

所以, $x \times y = 1\ 00000000\ 110000111100000000000000$
 $= -0.1100001111B \times 2^{-126}$
 $= -8.9884 \times 10^{-39}$ (结果可以近似为: -9.0×10^{-39})

得分	
----	--

三、(本题满分 10 分)

假设采用 NBCD 码表示十进制数，其中正负号采用 4 位表示。计算：

$(-121) + 249 + 368$ 。

-121、249 和 368 的 NBCD 码表示为：

-121 = 1101 0001 0010 0001

249 = 1100 0010 0100 1001

368 = 1100 0011 0110 1000

先计算 $(-121) + 249$ ：两个操作数符号相异，因此做减法。249 的相反数为：

$[249]_{\text{相反数}} = 0111\ 0101\ 0001$

0001 0010 0001

+ 0111 0101 0001

1000 0111 0010

结果没有进位，需要调整，符号与被减数相反

中间结果为：1100 0001 0010 1000

再计算中间结果+368：两个操作数符号相同，因此做加法

0001 0010 1000

+ 0011 0110 1000

0100 1001 0000 // 末位有进位，需要+6

+ 0110

0100 1001 0110

最终结果为：1100 0100 1001 0110，真值为 496

得分	
----	--

四、(本题满分 15 分)

已知每个与门和或门均会产生 1 个单位的延迟，每个异或门会产生 3 个单位的延迟。分析采用串行进位加法器、先行进位加法器和部分先行进位加法器（由 8 位的先行进位加法器构成）完成一次 64 位的加法所产生的延迟，并说明计算的根据。

串行进位加法器需要在后一位产生进位后，才能计算当前位的进位及和。每一位产生进位需要 2 个单位延迟，最高位获得进位后需要 3 个单位的延迟计算出和。

因此，完成 64 位加法所需要的延迟为： $2 \times (64-1) + 3 = 129$ 个单位。

先行进位加法器对参与加法的每一位产生辅助位 P 和 G（需要 1 个单位的延迟），并利用所有的 P 和 G 计算进位（2 个单位的延迟），进而计算每一位的和（3 个单位的延迟）。它的延迟时间与参与计算的位数无关。

因此，完成 64 位加法所需要的延迟为： $1 + 2 + 3 = 6$ 个单位。

部份先行进位加法器采用多个位数较短的先行进位加法器，并将这些加法器通过串行的方式连接起来。64 位加法共需要 8 个 8 位先行进位加法器。对于最低位的先行进位加法器，计算出进位需要 3 个单位延迟；对于中间的 6 个先行进位加法器，计算出进位需要 2 个单位的延迟（因为 P 和 G 已经计算出）；对于最高位的先行进位加法器，在获得进位后，需要 $2+3=5$ 个单位延迟计算出和。

因此，完成 64 位加法所需要的延迟为： $3 + 2 \times 6 + 5 = 20$ 个单位。

得分	
----	--

五、（本题满分 10 分）

某计算机的主存由 ROM 区和 RAM 区组成，按字节编址，两者的总容量为 16MB。假设 ROM 区的地址范围为 000000H~1FFFFFFH，RAM 区由 512K×2 位的 RAM 芯片构成。请问需要多少个这样的 RAM 芯片？

由于主存容量为 16MB，按字节编址，所以地址空间的大小为 2^{24} 。ROM 区的地址范围为 000000H~1FFFFFFH，即 ROM 区占用的地址空间大小为 2^{21} ，所以 RAM 区的地址空间大小为 $2^{24} - 2^{21} = 7 \times 2^{21}$ 。

因此，所需要芯片的数量为： $(7 \times 2^{21} / 512K) \times (8 / 2) = 112$ 个。

得分	
----	--

六、(本题满分 15 分)

假设某计算机中 Cache 的大小为 512B，其中每行为 32B，采用 LRU 替换策略。运行以下 Java 程序时，变量 k, i, c, d 存放在寄存器中，数组 a 和 b 的元素存放在内存中。假设数组 a 的起始元素 a[0] 存储在内存中某个块的开始位置，且数组 b 紧接在数组 a 后面存储。已知每次 Cache 访问时间为 1ns，每次内存访问时间为 100ns，Cache 初始为空。问 Cache 采用 4-路组关联映射时，访问每个数组元素的平均访问时间为多少？(提示：Java 中每个 int 型整数为 4 字节。)

```
int k, i, c, d;
int[] a = new int[80];
int[] b = new int[64];
for (k = 0; k < 100; k++) {
    for (i = 0; i < 35; i += 5) {
        c = a[i];
        d = b[i];
    }
}
```

由于每个块的大小为 32B，因此每个块中包含 $32B / 4B = 8$ 个数组元素。Cache 中共有 $512B / 32B = 16$ 行，共有 $16/4 = 4$ 组。

访问的数组元素依次为：a[0]、b[0]、a[5]、b[5]、……、a[25]、b[25]、a[30]、b[30]，重复 100 次。这些元素分别属于数组 a 和 b 的 0、0、1、1、2、3、3 号块。由于数组 b 紧接着数组 a 存储，为了便于表示，将数组 a 和 b 看作是一个大的数组 c。在 c 中，a 所包含块的块号不变，b 所对应块的块号为原来的块号加 $80/8=10$ 。因此，每次访问的块在 c 中的块号为：0、10、0、10、1、11、1、11、2、12、3、13、3、13。

由于 Cache 为空，假设 s[0] 放在第 0 组的第 0 行，以此类推。

对于 k=0，Cache 的命中情况如下 (黄色表示命中)：

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0/12	0/12	0/12	0/12	0/12
				1	1	1	1	1	1	1	1/13	1/13	1/13
	10	10	10	10	10	10	10	10/2	10/2	10/2	10/2	10/2	10/2
					11	11	11	11	11	11/3	11/3	11/3	11/3

k=1 至 99 时，Cache 全命中。

因此，Cache 的命中率为 $p = (6 + 14 \times 99) / (14 \times 100) = 99.43\%$ 。所以，访问每个数组元素的平均访问时间为：

$$1ns + 100ns \times (1 - 99.43\%) = 1.57ns$$

得分	
----	--

七、(本题满分 10 分)

某程序需要将磁盘上 10 个连续分布的数据块读出，进行相应处理后，写回到磁盘上随机分布的区域。假设每个数据块大小为 32KB，每个数据块需要完整读取后才能处理；磁盘转速为 3000rpm，平均寻道时间为 10ms，每个磁道有 16 个扇区；对每个数据块的处理需要 10^5 条指令，平均 CPI 为 50；处理器时钟频率为 50MHz；磁盘访问操作和数据处理时间允许重叠。计算该程序完成数据块“读出-处理-写回”操作所需要的总时间为多少？（说明：访问相邻磁道时需要考虑旋转延迟）

由于数据块是连续分布的，第 1 个数据块读取时间为： $10^{-2} + 60/3000 \times (0.5+1) \times (32KB/512B/16) = 0.13s$ ；后面每个数据块的读取时间为： $60/3000 \times (0.5+1) \times (32KB/512B/16) = 0.12s$ 。

由于数据块写入位置是随机的，每个数据块写入的时间为： $10^{-2} + 60/3000 \times (0.5+1) \times (32KB/512B/16) = 0.13s$ 。

每个数据块的处理时间为： $1/50M \times 50 \times 10^5 = 0.1s < 0.12s < 0.13s$ 。

由于磁盘访问时间和数据处理时间可以重叠，且处理数据块的时间小于读取/写入数据块的时间。因此，在读取第 2-10 个数据块的同时，已经完成了第 1-9 个数据块的处理；在处理第 10 个数据块时，可以开始写入第 1 个数据块。操作的总时间为：

$$0.13 + 0.12 \times (10-1) + 0.13 \times 10 = 2.51s$$

得分	
----	--

八、(本题满分 15 分)

某计算机在数据传输中采用基于奇校验的海明码，对每个字节生成校验位。
假设数据的十六进制表示为 968FABH，且将数据与校验码按照故障字的顺序排列后一起传输。问所传输信息(含数据和校验码)的十六进制表示。

根据海明码的计算规则：

$$C1 = D1 \oplus D2 \oplus D4 \oplus D5 \oplus D7 \oplus 1$$

$$C2 = D1 \oplus D3 \oplus D4 \oplus D6 \oplus D7 \oplus 1$$

$$C3 = D2 \oplus D3 \oplus D4 \oplus D8 \oplus 1$$

$$C4 = D5 \oplus D6 \oplus D7 \oplus D8 \oplus 1$$

对各个字节计算出校验码：

96H = 1001 0110B，校验码(C4C3C2C1)为 1001

8FH = 1000 1111B，校验码(C4C3C2C1)为 0100

ABH = 1010 1011B，校验码(C4C3C2C1)为 1000

所以将信息和校验码按照故障字的顺序排列后的二进制表示为：

1001 1011 0001 1000 0111 1100 1010 1101 0100

十六进制表示为：9B187CAD4H