

## “计算机组织结构”作业 03 参考答案

1. 考虑一个单片磁盘，它有如下参数：旋转速率是 7200rpm，一面上的磁道数是 30000，每道扇区数是 600，寻道时间是每越过一百个磁道用时 1ms。假定开始时磁头位于磁道 0，收到一个存取随机磁道上随机扇区的请求。

- 平均寻道时间是多少（精度：小数点后 2 位，单位：秒）？
- 平均旋转延迟是多少（精度：小数点后 2 位，单位：毫秒）？
- 一个扇区的传送时间是多少（精度：小数点后 4 位，单位：毫秒）？
- 完成访问请求的总的平均时间是多少（精度：小数点后 2 位，单位：秒）？

[黄涵倩, 131250016]

- a) 平均寻道时间为越过一半磁道的时间：

$$T_s = \frac{1}{100} * \frac{29999}{2} = 150ms = 0.15s$$

[周骥, 121250222]

- b) 平均旋转延迟为越过一半盘面的时间：

$$\frac{1}{2 * 7200} * 60 = \frac{1}{240} s \approx 4.17ms$$

- c) 由于一个磁道上有 600 个扇区，所以要存取的数据即一个扇区的数据与一个磁道上的数据的比值为 1/600，则一个扇区的传送时间为：

$$T = \frac{b}{rN} = \frac{60}{7200} * \frac{1}{600} = \frac{1}{72000} s \approx 0.0139ms$$

- d) 完成访问请求的总平均时间为：

$$T_A = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{b}{rN} = 0.15 + \frac{1}{240} + \frac{1}{72000} \approx 0.15s$$

2. 假定一个程序重复完成将磁盘上一个 4KB 的数据块读出，进行相应处理后，写回到磁盘的另外一个数据区。各数据块内信息在磁盘上连续存放，并随机地位于磁盘的一个磁道上。磁盘转速为 7200rpm，平均寻道时间为 10ms，磁盘最大数据传输率为 320Mbps，没有其他程序使用磁盘和处理器，并且磁盘读写操作和磁盘数据的处理时间不重叠。若程序对磁盘数据的处理需要 20000 个时钟周期，处理器时钟频率为 500MHz，则：

- 该程序完成一次数据块“读出-处理-写回”操作所需要的时间为多少（精度：小数点后 2 位，单位：毫秒）？
- 每秒钟可以完成多少次这样的数据块操作（精度：整数）？

- a) 平均旋转延迟：

$$\frac{1}{2 * 7200} * 60 = \frac{1}{240} s \approx 4.17ms$$

因为块内信息连续存放, 所以数据传输时间：

$$\frac{4KB}{320Mbps} = \frac{4 * 1024 * 8}{320 * 10^6} s \approx 0.1ms$$

则存取时间，即平均存取时间：

$$T = 10ms + 4.17ms + 0.1ms = 14.27ms$$

数据块的处理时间：

$$\frac{20000}{500\text{MHz}} = 0.04\text{ms}$$

因为数据块随机存放在某个磁道上，所以每个数据块的“读出-处理-写回”操作时间都是相同的，故完成一次操作时间：

$$14.27 * 2 + 0.04 = 28.58\text{ms}$$

b) 每秒中可以完成这样的数据块操作次数：

$$\left\lfloor \frac{1\text{s}}{28.58\text{ms}} \right\rfloor = 34 \text{ 次}$$

3. 假设有一个磁盘，每面有 200 个磁道，盘面总存储容量为 1.6MB，磁盘旋转一周时间为 25ms，每道有 4 个区，每两个区之间有一个间隙，磁头通过每个间隙需要 1.25ms。请问：从该磁盘上读取数据时的最大数据传输率是多少（精度：小数点后 2 位，单位：Mbps）？  
每个磁道的存储容量：

$$\frac{1.6}{200} \approx 67108.9\text{bit}$$

每个区容量：

$$\frac{67108.9}{4} \approx 16777.2\text{bit}$$

而当仅读取一个区内数据的时候，转过一个区只需要：

$$\frac{25 - 1.25 * 4}{4} = 5\text{ms}$$

所以最大数据传输率：

$$\frac{16777.2\text{bit}}{5\text{ms}} \approx 3.36\text{Mbps}$$

[吴嘉荣, 141250148][王子安, 141250146]

4. 某个磁盘的磁道编号为 0~999。磁头寻道时，每跨越 1 个磁道所需的平均时间为 0.01ms（例如磁头从磁道 2 移动到磁道 3 需要 0.01ms）。磁盘的平均旋转速度为 6000 转/分钟。每个磁道上的扇区数量为 1000 个。

已知当前磁盘为空，有 5 个写入数据的任务同时到达

任务	1	2	3	4	5
开始写入的磁道	300	170	220	90	470
写入数据大小	3MB	40KB	1MB	500KB	600KB

假设磁头的初始位置为磁道 200，采用最短寻道时间优先算法（即优先处理开始写入位置与当前磁头位置最接近的任务），且每个磁道上都从 0 号扇区写入，多于 1 个磁道时向磁盘中心移动。请问完成这 5 个写入任务所需要的总时间为多少？

磁盘的平均旋转速度为 6000 转/分钟，所以磁盘旋转一周的时间为 10ms，平均旋转延迟为 10ms/2=5ms。读写每个扇区的时间为 10ms/1000=0.01ms。由于每个扇区可存储数据的大小为 512B，所以每个磁道可存储数据的总大小为 512B×1000=500KB。

因为磁头的初始位置为磁道 200，根据最短寻道时间优先算法，优先处理任务 3。任务 3 需要写入的数据量为 1MB，所以会占用 2 个磁道加 48 个扇区。完成任务 3 后磁头位于磁道 222。所以完成任务 3 需要的时间为：(222-200) × 0.01ms+(5ms×3)+

$(10\text{ms} \times 2 + 48 \times 0.01\text{ms}) = 35.70\text{ms}$ 。

根据最短寻道时间优先算法，优先处理任务 2。任务 2 需要写入 40KB，会占用 80 个扇区。完成任务 2 后磁头位于磁道 170。所以完成任务 2 需要的时间为： $(222-170) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 1) + (80 \times 0.01\text{ms}) = 6.32\text{ms}$ 。

以此类推，优先处理任务 4。任务 4 需要写入 500KB，会占用 1 个磁道。完成任务 4 后磁头位于磁道 90。所以完成任务 4 需要的时间为： $(170-90) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 1) + 10\text{ms} = 15.80\text{ms}$ 。

然后处理任务 1。任务 1 需要写入 3MB，会占用 6 个磁道加 144 个扇区。完成任务 1 后磁头位于磁道 306。所以完成任务 1 需要的时间为： $(306-90) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 7) + (10\text{ms} \times 6 + 144 \times 0.01\text{ms}) = 98.60\text{ms}$ 。

最后处理任务 5。任务 5 需要写入 600KB，会占用 1 个磁道加 200 个扇区。完成任务 5 后磁头位于磁道 471。所以完成任务 5 需要的时间为： $(471-306) \times 0.01\text{ms} + (5\text{ms} \times 2) + (10\text{ms} \times 1 + 200 \times 0.01\text{ms}) = 23.65\text{ms}$ 。

所以完成 5 个任务需要的总时间为： $35.70 + 6.32 + 15.80 + 98.60 + 23.65 = 180.07\text{ms}$ 。

5. 存储器中有一个 8 位字 11000010，假设在海明码中采用偶校验，请写出加入校验码后的数据。

因为是 8 位字，校验码的长度为 4，分别为 C4C3C2C1

根据公式计算可得：

$$C1 = 0 \oplus 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$C2 = 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 1$$

$$C3 = 1 \oplus 0 \oplus 0 \oplus 1 = 0$$

$$C4 = 0 \oplus 0 \oplus 1 \oplus 1 = 0$$

12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1
1100	1011	1010	1001	1000	0111	0110	0101	0100	0011	0010	0001
D8	D7	D6	D5	C4	D4	D3	D2	C3	D1	C2	C1
1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0

因此，加入校验码后的数据为：110000010010

6. 一个 8 位字 00111001，采用海明码生成校验位后存储。假定由存储器读出数据时，计算出的校验位是 1101，那么由存储器读出的数据字是什么？

假设采用偶校验，00111001 计算出的校验码为 0111（方法见题 1），而读出的校验码为 1101。因此，数据字读出时发生了错误，而校验码读出时没有发生错误（这建立在最多只有一位发生错误的假设上）。

计算出故障字为  $0111 \oplus 1101 = 1010$ 。可见是第 10 位(D6)出错。原先的数据字为 00111001，所以读出的数据字为 00011001。

注：本题也可以假设采用奇校验。

7. 已知下列字符的 ACSII 编码：A=1000001，a=1100001，0=0110000，求：

a) E 在最前面加入奇校验位后的 8 位编码；

b) e 在最前面加入奇校验位后的 8 位编码；

c) 7 在最前面加入奇校验位后的 8 位编码；

- d) g 在最前面加入奇校验位后的 8 位编码;
- e) z 在最前面加入奇校验位后的 8 位编码;
- f) 5 在最前面加入奇校验位后的 8 位编码。

a) 字母是根据排序编码的, 若将 A 看作第 1 个, E 为第 5 个, 即 E 的编码为 100 0101。  
加入奇校验后的 8 位编码为 0100 0101。

同理可知:

- b) e: 110 0101 (7 位), 1110 0101 (8 位)
- c) 7: 011 0111 (7 位), 0011 0111 (8 位)
- d) g: 110 0111 (7 位), 0110 0111 (8 位)
- e) z: 101 1010 (7 位), 1101 1010 (8 位)
- f) 5: 011 0101 (7 位), 1011 0101 (8 位)

8. 某计算机在信息传输中采用基于偶校验的海明码, 对每个字节生成校验位。假设所传输信息的十六进制表示为 8F3CAB96H, 且将信息与校验码按照故障字的顺序排列后一起传输。如果传输中没有发生任何错误, 写出所接收到信息(含校验码)的十六进制表示。

根据海明码的计算规则:

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

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

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

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

对各个字节计算出校验码:

8FH = 1000 1111B, 校验码(C4C3C2C1)为 1011

3CH = 0011 1100B, 校验码(C4C3C2C1)为 0010

ABH = 1010 1011B, 校验码(C4C3C2C1)为 0111

96H = 1001 0110B, 校验码(C4C3C2C1)为 0110

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:

1000 1111 0111 0011 0110 0010 1010 0101 1111 1001 0011 1010

十六进制表示为: 8F7362A5F93AH

9. 假设要传送的数据信息为 100011, 若约定的生成多项式位  $G(x) = x^3 + 1$ 。如果传输中没有出现错误, 接收到的信息是什么?

生成多项式 G(x)为 1001, 所以将数据左移 3 位后, 进行模 2 除法:

$$\begin{array}{r}
 \underline{100111} \\
 1001 \, / \, 100011000 \\
 \underline{1001} \phantom{000} \\
 0011 \phantom{000} \\
 \underline{0000} \phantom{000} \\
 0111 \phantom{000} \\
 \underline{0000} \phantom{000} \\
 1110 \phantom{000} \\
 \underline{1001} \phantom{000} \\
 1110 \phantom{000} \\
 \underline{1001} \phantom{000}
 \end{array}$$

1110

1001

111

校验码为 111。

如果传输中没有出现错误，接收到的信息是：100011111。

[吴超月，131250168]

===== 分割线：以下内容不在小程序上提交 =====

10. 考虑一个有  $N$  个磁道的磁盘，磁道编号由 0 到  $N-1$ ，并假定所要求的扇区随机均匀分布在盘上。

- a) 假设磁头当前位于磁道  $t$  上，计算越过的磁道数为  $j$  的概率。
- b) 假设磁头可能出现在任意磁道上，计算越过的磁道数为  $k$  的概率。
- c) 计算越过的平均磁道数的期望：

$$E[x] = \sum_{i=0}^{N-1} (i \times \Pr[x = i])$$

其中， $i$  为跨越的磁道数， $\Pr[x=i]$  为跨越的磁道数为  $i$  的概率。

- a) 设  $P[j/t]$  表示位于磁道  $t$ ，寻道长度为  $j$  的概率，则随机访问任意一个磁道的可能性为  $1/N$ 。

如果  $j = 0$ ， $P[j/t] = 1/N$

如果  $j \neq 0$ ,

如果  $j \leq N/2$

$$P[j/t] = 1/N, \quad t \leq j-1 \text{ 或 } t \geq N-j$$

$$P[j/t] = 2/N, \quad j-1 < t < N-j$$

注：第一种情况下，磁道接近于磁盘两端，故只有一个相距  $j$  长度的磁道；第二种情况下则有两种。

如果  $j > N/2$

$$P[j/t] = 1/N, \quad t < N-j \text{ 或 } t > j-1$$

$$P[j/t] = 0, \quad N-j \leq t \leq j-1$$

- b) 令

$$P[k] = \sum_{i=0}^{N-1} (P[k/i] \times P[i]) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} P[k/i]$$

如果  $k = 0$ ,

$$P[k] = \frac{1}{N}$$

如果  $k \neq 0$  且  $k \leq N/2$ , 由 a) 结论可知, 取值  $1/N$  的有  $2k$  个磁道, 取值  $2/N$  的有  $(N-2k)$  个磁道, 所以有

$$P[k] = \frac{1}{N} * \left( \frac{1}{N} * 2k + \frac{2}{N} * (N-2k) \right) = \frac{2(N-k)}{N^2}$$

如果  $k \neq 0$  且  $k > N/2$ , 由 a) 结论可知, 取值  $1/N$  的有  $2N-2k$  个磁道, 所以有

$$P[k] = \frac{1}{N} * \left( \frac{1}{N} * (2N-2k) \right) = \frac{2(N-k)}{N^2}$$

c) 由给出公式结合 b) 结论, 得

$$E[k] = \sum_{i=0}^{N-1} (i \times P[i]) = 0 * \frac{1}{N} + \sum_{i=1}^{N-1} \left( i * \frac{2(N-i)}{N^2} \right) = \frac{N^2 - 1}{3N}$$

[罗瑶, 131250177][申彬, 141250106][伍佳艺, 141250150]

11. 为一个磁盘系统定义如下参数:

$T_s$  = 寻道时间, 即磁头定位在磁道上的平均时间

$r$  = 磁盘的旋转速度 (单位: 转/秒)

$n$  = 每个扇区的位数

$N$  = 一个磁道的容量 (单位: 位)

$T_A$  = 访问一个扇区的时间

请推导  $T_A$  的表达式。

[黄涵倩, 131250016]

旋转延迟为  $1/2r$ ; 数据存取时间为  $n/rN$ ; 则可推导出:

$$T_A = T_s + \frac{1}{2r} + \frac{n}{rN}$$

其他贡献者:

[陈乾明, 121250014]