1. 用于文字处理的某专用机，每个文字符用 4 位十进制数字（0-9）编码表示，空格则用_表示，在对传送的文字符和空格符进行统计后，得出它们的出现频度分别为

_：20%	0：17%	1：6%
2：8%	3：11%	4：8%
5：5%	6：8%	7：13%
8：3%	9：1%	

1) 若上述数字和空格均用二进制编码，设计二进制信息位平均长度最短的编码。

构造哈夫曼树，可以得到如下编码

_：01	0：111	1：1000
2：1001	3：001	4：1100
5：0001	6：1101	7：101
8：00001	9：00000	

可求得平均码长为 3.23。

2) 若传送 10^6 个文字符（每个文字符后均跟一个空格），按最短编码，共需传送多少个二进制位？

所需要传输的二进位位数为$10^6\times(4+1)\times 3.23=1.615\times 10^7$位

3) 若十进制数字和空格均用 4 位二进制码表示，共需传送多少个二进制位？

$$10^6\times(4+1)\times 4=2\times 10^7\text{位}$$

2. 设某机器阶值 6 位，尾数 48 位，阶符和数符不在其内，当尾数分别以 2、8、16 为基时，在非负阶、正尾数、规格化情况下的最小阶、最大阶、阶的个数、最小尾数值、最大尾数值、可表示的最小值和最大值及可表示数的个数。

非负阶、正尾数、规格化		尾基r_m（$p=6$位，$m=48$位）		
		2（$m'=48$）	8（$m'=16$）	16（$m'=12$）
最小阶值	0	0	0	0
最大阶值	2^p-1	63	63	63
阶的个数	2^p	64	64	64
尾数最小值	r_m^{-1}	1/2	1/8	1/16
尾数最大值	$1-r_m^{-m'}$	$1-2^{-48}$	$1-8^{-16}$	$1-16^{-12}$
最小值	r_m^{-1}	1/2	1/8	1/16

最大值	$r_m^{2^p-1}\cdot\left(1-r_m^{-m'}\right)$	$2^{63}\cdot(1-2^{-48})$	$8^{63}\cdot(1-8^{-16})$	$16^{63}\cdot(1-16^{-12})$
数的总个数	$2^p\cdot r_m^{m'}\cdot\frac{r_m-1}{r_m}$	2^{53}	7×2^{51}	5×2^{50}

3. 假设考虑条件分支指令的两种不同设计方法如下。

（1） CPU_A：通过比较指令设置条件码，然后测试条件码进行分支。

（2） CPU_B：在分支指令中包括比较过程。

在两种 CPU 中，条件分支指令都占用 2 个时钟周期而所有其他指令占用 1 个时钟周期，对于 CPU_A，执行的指令中分支指令占 20%；由于每个分支指令之前都需要比较指令，所以比较指令也占 20%。由于 CPU_A 在分支时不需要比较，因此假设它的时钟周期时间比 CPU_B 快 1.25 倍。哪一个 CPU 更快？如果 CPU_A 的时钟周期时间仅仅比 CPU_B 快 1.1 倍，哪一个 CPU 更快？

占用 2 个时钟周期的分支指令占总指令的 20%，剩下的指令占用 1 个时钟周期，所以

$$\mathrm{CPI_A}=0.2\times2+0.8\times1=1.2$$

则 CPU_A 性能为

$$\text{总 CPU 时间}_\mathrm{A}=\mathrm{IC_A}\times1.2\times\text{时钟周期}_\mathrm{A}$$

在 CPU_B 中没有独立的比较指令，所以 CPU_B 的程序量为 CPU_A 的 80%（即$\mathrm{IC_B}=0.8\times\mathrm{IC_A}$），分支指令的比例为 20%/80%=25%。这些分支指令占用 2 个时钟周期，而剩余 75%的指令占用 1 个时钟周期，因此，

$$\mathrm{CPI_B}=0.25\times2+0.75\times1=1.25$$

则 CPU_B 性能为

$$\begin{aligned}\text{总 CPU 时间}_\mathrm{B}&=\mathrm{IC_B}\times1.25\times\text{时钟周期}_\mathrm{B}\\&=0.8\times\mathrm{IC_A}\times1.25\times\left(1.25\times\text{时钟周期}_\mathrm{A}\right)\\&=1.25\times\mathrm{IC_A}\times\text{时钟周期}_\mathrm{A}\end{aligned}$$

由上可知，虽然 CPU_B 指令条数较少，CPU_A 有着更短的时钟周期，所以比 CPU_B 快。

若$\text{时钟周期}_\mathrm{B}=1.1\times\text{时钟周期}_\mathrm{A}$, 则

$$\text{总 CPU 时间}_\mathrm{B}=\mathrm{IC_B}\times1.25\times\text{时钟周期}_\mathrm{B}$$

$$= 0.8 \times IC_A \times 1.25 \times \left(1.1 \times 时钟周期_A\right)$$

$$= 1.1 \times IC_A \times 时钟周期_A$$

由于 CPU_B 执行更少的指令，因此比 CPU_A 快。

4. 计算机系统中有 3 个部件可以改进，这 3 个部件的部件加速比如下：部件加速比 1=30，部件加速比 2=20，部件加速比 3=10。

（1） 如果部件 1 和部件 2 的可改进比例均为 30%，那么当部件 3 的可改进比例为多少时，系统加速比才可以达到 10？

设部件 3 的可改进比例为 x，根据 Amdahl 定律

$$10 = \frac{1}{(1-0.3-0.3-x) + \frac{0.3}{30} + \frac{0.3}{20} + \frac{x}{10}}$$

则 $x = 0.36 = 36\%$

（2） 如果 3 个部件的可改进比例分别为 30%、30%和 20%，3 个部件同时改进，那么系统中不可加速部分的执行时间在总执行时间中所占的比例是多少？

设系统中不可加速部分的执行时间在总执行时间中所占的比例为 f，根据 Amdahl 定律，有

$$f = \frac{(1-0.3-0.3-0.2)}{(1-0.3-0.3-0.2) + \left(\frac{0.3}{30} + \frac{0.3}{20} + \frac{0.2}{10}\right)} = 81.6\%$$

（3） 如果想对某个测试程序 3 个部件的可改进比例分别为 20%、20%和 70%，要达到最好改进效果，仅对一个部件改进时，要选择哪个部件？如果允许改进两个部件，又如何选择。

若仅对一个部件进行改进，可获得的加速比分别为

$$
\begin{cases}
f_1 = \dfrac{1}{(1-0.2)+\dfrac{0.2}{30}} = 1.24 \\
f_2 = \dfrac{1}{(1-0.2)+\dfrac{0.2}{20}} = 1.23 \\
f_2 = \dfrac{1}{(1-0.7)+\dfrac{0.7}{10}} = 2.70
\end{cases}
$$

因此，应该选择改进部件 3。

若对两个部件进行改进，则获得的加速比分别为

$$
\begin{cases}
f_1 = \dfrac{1}{(1-0.2-0.2)+\dfrac{0.2}{30}+\dfrac{0.2}{20}} = 1.24 \\
f_1 = \dfrac{1}{(1-0.2-0.7)+\dfrac{0.2}{20}+\dfrac{0.7}{10}} = 5.55 \\
f_1 = \dfrac{1}{(1-0.2-0.7)+\dfrac{0.2}{30}+\dfrac{0.7}{10}} = 5.66
\end{cases}
$$

因此，应该选择部件 1 和部件 3 同时改进。