

Soluções dos exercícios propostos

Solução 1

a) Tempo médio de acesso: $2 \times 10^{-3} + \frac{64 \times 1000}{128 \times 10^6} = 2,5 \times 10^{-3} = 2,5 \text{ ms}$

Taxa de transferência média por disco: $\frac{64 \times 1000}{2,5 \times 10^{-3}} = 25,6 \times 10^6 = 25,6 \text{ MB/s}$

Taxa de transferência média do conjunto de 3 discos: $3 \times 25,6 = 76,8 \text{ MB/s}$

Taxa média de ocupação do barramento: $\frac{76,8}{1000} \times 100 = 7,7\%$

b) O barramento teria capacidade para $1000/25,6 = 39$ discos; e cada controlador capacidade para $480/25,6 = 18$ discos mas só pode controlar até 4. O número máximo de discos é pois limitado pelo número de controladores que é possível instalar, ou seja 3 controladores. O número máximo de discos será então $3 \times 4 = 12$ discos e portanto o tamanho máximo da base de dados será 12 TB.

c) No caso de um SSD, a taxa de transferência média é igual à sua taxa máxima, ou seja 128 MB/s, por isso o barramento teria apenas capacidade para $1000/128 = 7$ discos e cada controlador capacidade para $480/128 = 3$ discos.

O número total de discos é pois limitado a 7 e o número máximo de discos por controlador limitado a 3. Para garantir 12 TB de armazenamento nestas condições poderão ser usados, por exemplo, dois controladores cada um com 3 discos de 2 TB ou um controlador com 3 discos de 4 TB.

Solução 2

a) Dados transferidos por acesso:

$$4 \times 2\text{B} = 8\text{B}$$

Acessos por segundo:

$$\frac{40 \text{ MB/s}}{8\text{B}} = \frac{40 \times 10^6}{8} = 5 \times 10^6$$

Então, o número de ciclos consumidos pela operação é de:

$$5 \times 10^6 \times 400 = 2 \times 10^9$$

Tento em consideração o número de ciclos consumidos por segundo, a percentagem média de tempo de CPU gasto é:

$$\frac{2 \times 10^9}{4 \times 10^9} = 0,5 = 50\%$$

b) Dados transferidos por acesso:

$$4 \times 2\text{B} = 8\text{B}$$

Acessos por segundo:

$$\frac{40 \text{ MB/s}}{8\text{B}} = \frac{40 \times 10^6}{8} = 5 \times 10^6$$

Então, o número de ciclos consumidos pela operação é de:

$$5 \times 10^6 \times 6 \times 10^2 = 3 \times 10^9$$

Tento em consideração o número de ciclos consumidos por segundo, a percentagem média de tempo de CPU gasto é:

$$\frac{3 \times 10^9}{4 \times 10^9} = 0,75 = 75\%$$

- c) No segundo cenário, o custo (em ciclos de relógio) do *overhead* de cada transferência, incluindo o atendimento da interrupção, é superior ao custo de uma operação de *polling*. A técnica de interrupções é mais vantajosa quando o periférico não está sempre potencialmente ocupado. Para este caso concreto, a técnica de interrupções é mais vantajosa quando o disco está ocupado menos de 66,7 % do tempo.

$$\frac{X \times 3 \times 10^9}{4 \times 10^9} = 0,5$$

$$X \times \frac{3}{4} = 0,5$$

$$X = \frac{0,5}{0,75} = 66\%$$

Solução 3

a)

$$\text{Tempo de envio de 2500 Bytes: } \frac{2500 \times 8}{10 \times 10^3} = \frac{20 \times 10^3}{10 \times 10^3} = 2\text{s} = \frac{2}{3600}\text{h}$$

$$\text{Energia por envio: } 180 \times \frac{2}{3600} = 0,1\text{Wh}; \quad \text{envios por hora: } \frac{60}{n}$$

$$\text{Energia por hora: } 1 + 0,1 \times \frac{60}{n} = \left(1 + \frac{6}{n}\right)\text{Wh}$$

$$\text{Em 25 dias: } 25 \times 24 \times \left(1 + \frac{6}{n}\right) = 1200 \Leftrightarrow 1 + \frac{6}{n} = 2 \Leftrightarrow n = 6$$

A periodicidade será pois um envio a cada 6 minutos, isto é, 10 envios por hora.

b)

$$\text{Energia por envio: } 180 \times \frac{2}{3600} = 0,1\text{Wh}; \quad \text{envios por hora: } 60$$

$$\text{Energia por hora: } 1 + 0,1 \times 60 = 7\text{Wh}$$

$$\text{Em 24h, gasta: } 24 \times 7 = 168\text{Wh}; \quad \text{reposta: } 160\text{Wh}; \quad \text{saldo: } 8\text{Wh gastos por dia}$$

$$\text{Duração da bateria: } \frac{1200}{8} = 150 \text{ dias}$$

A boia poderá navegar durante 150 dias.

Solução 4

Sistema A: 120 TB

Sistema B: 70 TB

Solução 5

Seja D o tamanho da transferência de DMA para um disco:

$$\text{Tempo de uma transferência de DMA: } T = \frac{D}{100 \times 10^6} = \frac{D}{10^8}$$

$$\text{Ciclos necessários por transferência: } N = 1800 + 200 = 2000 = 2 \times 10^3$$

$$\text{Ciclos necessários por unidade de tempo: } C = \frac{N}{T} = 2 \times 10^3 \times \frac{10^8}{D} = \frac{2 \times 10^{11}}{D}$$

$$\text{Porcentagem do tempo de CPU: } \frac{C}{2 \times 10^9} = 0,01; \frac{2 \times 10^{11}}{2 \times 10^9} = 0,01 \times D; D = 10^4$$

O tamanho mínimo de uma transferência de DMA será pois de 10 kB para um disco. Havendo dois discos iguais será proporcionalmente reduzida, ou seja, 5 kB.

Solução 6

Programa: Leitura de 128kB + 1×10^6 ciclos

S.O.: 2×10^6 ciclos

CPU:

Tratamento de 1 bloco:

$$\frac{1 \times 10^6 + 3 \times 10^6}{2 \times 10^9} = 2 \text{ ms}$$

Por segundo: 500 blocos

Barramento de Memória:

$$\frac{320 \text{ MB/s}}{128 \text{ kB}} = 2500 \text{ blocos/s}$$

Discos:

Por disco:

$$6 \text{ ms} + \frac{128 \text{ kB}}{32 \text{ MB/s}} = 10 \text{ ms}$$

O que corresponde a 100 blocos por disco por segundo, no total temos então:

$$4 \times 100 \text{ blocos/s} = 400 \text{ blocos/s}$$

Como o CPU consegue processar 500 blocos/s e o barramento de memória suporta a transferência de 2500 blocos/s, são os discos que limitam o desempenho.

Solução 7

O ficheiro ocupa $\frac{600 \text{ kB}}{0,5 \text{ kB}} = 1200$ setores. Uma vez que cada cilindro tem uma capacidade de 516 setores, o ficheiro está distribuído por 3 cilindros (516 + 516 + 168) o que implica duas mudanças de cilindro durante a transferência.

T = tempo de busca médio + tempo de rotação + tempo de transferência + tempo de mudança de cilindro + latência do controlador

$$T = 10 \text{ ms} + 0,5 \times \frac{60}{10000} + \frac{600 \text{ kB}}{100 \text{ MB/s}} + 2 \times 4 \text{ ms} + 5 \text{ ms}$$

$$T = 10 \text{ ms} + 3 \text{ ms} + 6 \text{ ms} + 8 \text{ ms} + 5 \text{ ms}$$

$$T = 32 \text{ ms}$$

Solução 8

O tempo de upload de um vídeo é:

$$T_{upload} = \frac{200 \times 8 \times 10^6}{4 \times 10^6} = 400 \text{ s}$$

O tempo de preparação (preenchimento do formulário mais seleção) de um vídeo é:

$$T_{prep} = 90 \text{ s} + 10 \text{ s} = 100 \text{ s}$$

O tempo total para enviar um vídeo será então:

$$T_{total} = T_{prep} + T_{upload} = 100 \text{ s} + 400 \text{ s} = 500 \text{ s}$$

Este tempo leva a um gasto de energia por ficheiro de:

$$E_{prep} = 100 \text{ s} \times (50 \text{ W} + 6 \text{ W}) = 100 \text{ s} \times 56 \text{ W} = 5600 \text{ J}$$

$$E_{upload} = 400 \text{ s} \times (50 \text{ W} + 11 \text{ W}) = 400 \text{ s} \times 61 \text{ W} = 24400 \text{ J}$$

$$E_{total} = E_{prep} + E_{upload} = 5600 \text{ J} + 24400 \text{ J} = 30000 \text{ J}$$

Como inicialmente a bateria do computador tinha 1000 kJ,

$$\frac{1000000 \text{ J}}{30000 \text{ J}} = 33,33$$

o que significa que se consegue publicar 33 vídeos no “youvideo” antes de o computador ficar sem energia.

Solução 9

Um ficheiro de 40 kB ocupa 10 setores de 4 kB. As condições mais desfavoráveis correspondem a ter o ficheiro distribuído por 10 setores aleatórios do disco. As condições mais favoráveis correspondem a ter o ficheiro armazenado em 10 setores consecutivos numa única pista.

Assumindo que o *overhead* do controlador é nulo, o tempo de leitura (t_L) do ficheiro completo, nas diferentes condições, será:

$$t_L = \begin{cases} 10 \times \left(t_S + \frac{1}{2} \times \frac{60}{10 \times 10^3} + \frac{4 \times 10^3}{T_x} \right) & \text{10 setores aleatórios} \\ t_S + \frac{1}{2} \times \frac{60}{10 \times 10^3} + 10 \times \frac{4 \times 10^3}{T_x} & \text{10 setores consecutivos na mesma pista} \end{cases}$$

Resolvendo estas duas equações em simultâneo:

$$\begin{cases} 10t_S + 30 \times 10^{-3} + \frac{40 \times 10^3}{T_x} = 121 \times 10^{-3} \\ t_S + 3 \times 10^{-3} + \frac{40 \times 10^3}{T_x} = 13 \times 10^{-3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} 10t_S + \frac{40 \times 10^3}{T_x} = 91 \times 10^{-3} \\ t_S + \frac{40 \times 10^3}{T_x} = 10 \times 10^{-3} \end{cases}$$

$$\begin{cases} 9t_S = 81 \times 10^{-3} \\ - \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t_S = 9 \times 10^{-3} \\ 9 \times 10^{-3} + \frac{40 \times 10^3}{T_x} = 10 \times 10^{-3} \end{cases} \Leftrightarrow \begin{cases} t_S = 9 \text{ ms} \\ T_x = 40 \text{ MB/s} \end{cases}$$

Solução 10

- a) Comparando os diferentes componentes fixos do sistema em termos de acessos a setores por segundo:

$$N_{CPU} = \frac{1000 \times 10^6}{10 \times 10^3} = 100000; \quad N_{FSB} = \frac{800 \times 10^6}{4 \times 10^3} = 200000;$$

Débito dos controladores: $4 \times 200 \text{ MB/s} = 800 \text{ MB/s}$ ou seja, semelhante ao FSB.

Conclui-se portanto ser o CPU o elemento limitativo.

- b) O barramento principal suporta 200000 acessos a setores por segundo, por isso, o CPU deverá também suportar esse

$$\frac{200000 \times 10000}{0.5} = 4000 \text{ MIPS}$$

- c) Para quadruplicar a capacidade do sistema, recorrendo a discos em tudo semelhantes aos já instalados, será necessário instalar mais 3 discos em cada controlador. O tempo médio de leitura de um setor e o débito médio serão, respetivamente:

$$9 \times 10^{-3} + 0.95 \times 10^{-3} + \frac{4 \times 10^3}{80 \times 10^6} = 10 \text{ ms} \quad \text{e} \quad \frac{4 \text{ kB}}{10 \text{ ms}} = 400 \text{ kB/s}$$

logo, o débito médio de 4 discos será 1,6 MB/s, muito inferior ao máximo suportado por cada controlador.

Se forem discos em tecnologia SSD (assumindo que são semelhantes, em todo o resto, aos já instalados) o débito médio de cada disco será 80 MB/s; logo, o débito médio de 4 discos será 320 MB/s, valor superior ao máximo admitido por cada controlador. Concluindo: não é possível quadruplicar a capacidade deste sistema recorrendo a discos SSD (de 500 GB, 80 MB/s) pois haverá perda de informação caso todos os discos de um mesmo controlador funcionem em simultâneo.

