

Estructures d'interconnexió

Butlletí d'exercicis

1 Connexions

PROBLEMA 1 Calculeu les amplades de banda de les connexions següents:

1. Una connexió sèrie que treballa a una freqüència de rellotge de 1 GHz i transmet un bit a cada cicle. La connexió codifica cada byte en 12 bits per detectar i corregir errors.
2. Una connexió paral·lela de 16 bits que treballa a una freqüència de rellotge de 100 MHz, de forma que a cada cicle de rellotge transmet dues paraules (una en flanc ascendent i l'altra en el flanc descendent).
3. Una connexió paral·lela de 16 bits que treballa a una freqüència de rellotge de 500 MHz, de forma que a cada dos cicles de rellotge transmet una paraula (un cicle per a transmissió i un cicle per a confirmació).

SOLUCIÓ:

1. L'amplada de banda de la connexió serà de

$$\text{Amplada de banda} = 1 \cdot 10^9 \text{ cicles/segon} \times \frac{1 \text{ bit/cicle}}{12 \text{ bits/byte}} = 83.3 \text{ MBps}$$

2. L'amplada de banda de la connexió paral·lela serà

$$\text{Amplada de banda} = 100 \cdot 10^6 \text{ cicles/segon} \times \frac{16 + 16 \text{ bits/cicle}}{8 \text{ bits/byte}} = 400 \text{ MBps}$$

3. L'amplada de banda de la connexió serà de

$$\text{Amplada de banda} = 500 \cdot 10^6 \text{ cicles/segon} \times \frac{16/2 \text{ bits/cicle}}{8 \text{ bits/byte}} = 500 \text{ MBps}$$

■

PROBLEMA 2 S'ha mesurat que cert processador MIPS R2000 treballa en les condicions següents:

- Freqüència de rellotge = 1 GHz
- Memòria principal organitzada en blocs de 16 Bytes
- Memòria cau d'un nivell, separada en instruccions (32 KB) i dades (32 KB)
- Taxa d'encerts de la memòria cau d'instruccions = 0.95
- Taxa d'encerts de la memòria cau de dades = 0.90
- CPI = 1.25 cicles
- El 30% de les instruccions que executa el processador accedeixen a la memòria de dades (és a dir, són del tipus *load/store*)

Heu de calcular quin consum de l'amplada de banda de la connexió amb la memòria fa el processador. Calculeu:

1. El nombre d'accessos a la memòria cau d'instruccions per segon
2. El nombre de fallades per segon en la memòria cau d'instruccions
3. El nombre d'accessos a la memòria cau de dades per segon
4. El nombre de fallades per segon en la memòria cau de dades
5. El nombre de blocs de memòria intercanviats entre el processador i la memòria en un segon
6. L'amplada de banda de connexió consumida pel processador

SOLUCIÓ:

1. El nombre d'accessos a la memòria cau d'instruccions que fa en un segon és el nombre d'instruccions executades per segon:

$$\frac{1 \cdot 10^9 \text{ cicles/segon}}{1.25 \text{ cicles/instrucció}} = 800 \cdot 10^6 \text{ instruccions/segon}$$

2. Fallades per segon (instruccions)

$$800 \cdot 10^6 \text{ accessos/segon} \times 0.05 \text{ fallades/accés} = 40 \cdot 10^6 \text{ fallades/segon}$$

3. El nombre d'accessos a la memòria cau de dades per segon

$$800 \cdot 10^6 \text{ instruccions/segon} \times 0.3 \text{ accessos/instrucció} = 240 \cdot 10^6 \text{ accessos/segon}$$

4. Fallades per segon (dades)

$$240 \cdot 10^6 \text{ accessos/segon} \times 0.10 \text{ fallades/accés} = 24 \cdot 10^6 \text{ fallades/segon}$$

5. El nombre de blocs de memòria intercanviats entre el processador i la memòria és el nombre total de fallades de la memòria cau

$$40 \cdot 10^6 + 24 \cdot 10^6 = 64 \cdot 10^6 \text{ blocs/segon}$$

6. L'amplada de banda de connexió consumit pel processador serà

$$64 \cdot 10^6 \text{ blocs/segon} \times 16 \text{ bytes/bloc} = 1024 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon} = 1024 \text{ MBps}$$

■

PROBLEMA 3 Una càmera de vídeo subministra imatges no comprimides de 1024×768 píxels, on cada píxel es codifica amb 24 bits de color, amb una freqüència de 24 imatges per segon. A aquesta càmera cal afegir-li una connexió a un computador.

1. Quin és l'ample de banda de la connexió (en Mbps) mínima per a transmetre les imatges?
2. Quin o quines de les següents connexions d'entrada/eixida estàndard són adients?
 - Connexió *USB* versió 1.1, amb un ample de banda de 12 Mbps
 - Connexió *USB* versió 2.0, amb un ample de banda de 480 Mbps
 - Connexió *Firewire* (IEEE 1394) amb un ample de banda de 400 Mbps
 - Connexió *Firewire* amb un ample de banda de 800 Mbps

SOLUCIÓ:

1. Càlcul de l'ample de banda B de la imatge de vídeo: Es tracta de transmetre imatges de 1024 píxels d'amplària per 768 píxels d'altura. Per a especificar un píxel cal 24 bits; en conseqüència, cada imatge suposa un volum de $1024 \times 768 \times 24 = 18874368$ bits. Com que cal transmetre 24 imatges per segon, l'ample de banda mínim serà $B = 18874368 \times 24 = 452984832 = 453$ Mbps
2. Només aprofitaran les connexions *USB 2.0* i *Firewire* de 800 Mbps

■

PROBLEMA 4 Un bus paral·lel funciona a una freqüència de rellotge de 100 MHz i transfereix 32 bits de dades en cada cicle. Es demana:

1. Indiqueu l'amplada de banda d'aquest bus.
2. Es pretén reproduir una pel·lícula mitjançant un projector connectat a aquest mateix bus. La pel·lícula té una format d'imatge de 1280×1024 píxels i cada píxel es representa amb un número de 32 bits. La reproducció s'ha de fer a 25 imatges per segon. Calculeu l'amplada de banda requerida per la pel·lícula i determineu si el bus és adequat per a transmetre-la.

SOLUCIÓ:

1. L'amplada de banda B_D disponible en aquest bus paral·lel es calcula així:

$$B_D = 100 \cdot 10^6 \text{ cicles/s} \cdot \frac{32 \text{ bits/cicle}}{8 \text{ bits/byte}} = 400 \cdot 10^6 \text{ Bps} = 400 \text{ MBps}$$

2. L'amplada de banda B_R requerida per a la reproducció de la pel·lícula es:

$$B_R = 25 \text{ imatges/segon} \cdot (1280 \times 1024) \text{ píxels/imatge} \cdot 4 \text{ bytes/píxel} = 131.072 \text{ MB/s}$$

Per tant el bus és adequat, ja que ofereix una amplada de banda superior a B_R .

■

2 Transferències en el computador

PROBLEMA 5 Cert programa d'anàlisi estadística ha de llegir dades per fer càlculs amb elles. S'ha vist que cada segon llig 10 MB de dades del disc dur *hda* i les processa. El programa s'executa en un computador amb l'estructura que mostra la figura 1. Les amplades de banda màximes dels components significatius de l'equip són:

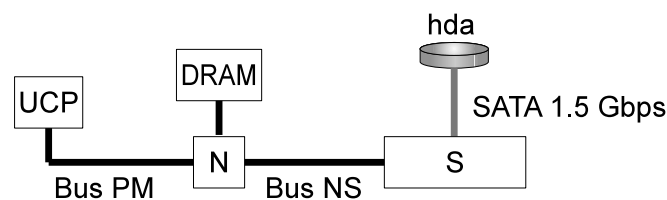


Figura 1: Estructura del computador del problema 5

- Memòria DRAM: 1000 MBps
- Bus NS: 500 MBps
- Bus SATA 1.5 Gbps: 150 MBps
- Disc *hda*: 80 MBps

1. Calculeu el temps necessari per a llegir un arxiu de 1 GB de dades i el percentatge d'amplada de banda consumit per la transferència en tots els components implicats.
2. Si canviem el processador per un altre tan ràpid que fa el temps de càlcul menyspreable, el programa llegirà a la màxima velocitat possible. Quin serà el temps de transferència i el consum d'amplada de banda?

SOLUCIÓ:

1. Temps necessari per a llegir l'arxiu:

$$\text{Temps de transferència} = \frac{10^9 \text{ bytes}}{10 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} = 100 \text{ segons}$$

Els dispositius implicats en la transferència formen una cadena que comprén el seu origen (el disc), el final (la memòria principal) i les connexions que formen el camí (els busos NS i SATA). Cada dispositiu suporta una amplada de banda màxima. Com és habitual en la jerarquia del computador modern, com més aprop del processador i de la memòria, els dispositius són més ràpids:

$$\begin{matrix} hdb & & \text{Bus SATA} & & \text{Bus NS} & & \text{DRAM} \\ 80 \text{ MBps} & \Rightarrow & 150 \text{ MBps} & \Rightarrow & 500 \text{ MBps} & \Rightarrow & 1000 \text{ MBps} \end{matrix}$$

La transferència consumeix 10 MBps d'amplada de banda en tots els dispositius implicats; el consum relatiu baixa com més ens acostem a la memòria:

Disc <i>hda</i> :	Bus SATA:	BUS NS:	DRAM:
$\frac{10}{80} = 12,5\%$	$\frac{10}{150} = 6,7\%$	$\frac{10}{500} = 2\%$	$\frac{10}{1000} = 1\%$

2. Amb temps de càlcul menyspreable, la velocitat de transferència ve limitada per l'element més lent de la cadena, el disc *hda*. Per tant, el temps necessari serà:

$$\text{Temps mínim de transferència} = \frac{10^9 \text{ bytes}}{80 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} = 12,5 \text{ segons}$$

A 80 MBps, el consum d'amplada de banda creix per tal d'aprofitar el 100 % del disc

Disc <i>hda</i> :	Bus SATA:	BUS NS:	DRAM:
$\frac{80}{80} = 100\%$	$\frac{80}{150} = 53,3\%$	$\frac{80}{500} = 16\%$	$\frac{80}{1000} = 8\%$

■

PROBLEMA 6 Volem comprimir un arxiu *apunts.txt* de $200 \cdot 10^6$ bytes, tot guardant el resultat en l'arxiu *cursspassat.zip*, amb un programa de compressió que redueix el seu volum a 40 MB, (el 20% de l'original). El computador té l'estructura que mostra la figura 2.

Les màximes amplades de banda significatives són:

- Disc *hda*: 100 MBps
- Disc *hdb*: 60 MBps
- Bus NS: 500 MBps
- Busos SATA: 150 MBps

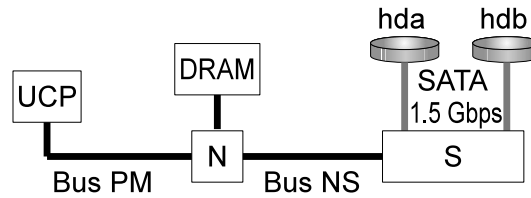


Figura 2: Estructura del computador dels problemes 6 i 7

- Memòria DRAM: 1 GBps
- Bus PM : 1 GBps

Suposeu que el temps de càlcul és menyspreable i que el temps d'execució del compressor es dedica només que a les transferències entre els discs i la memòria principal. Menyspreu també les latències de posicionament i de gir dels discs durs. Si no es diu el contrari, considereu que mentre s'executa el compressor no hi ha cap altra transferència en el computador i que el tràfic entre el processador i la memòria és menyspreable.

Calculeu el mínim temps que costa fer l'operació en els casos següents:

1. L'arxiu *apunts.txt* està en el disc *hda* i *curspassat.zip* en el disc *hdb*.
2. Els dos arxius estan en el disc *hda*.
3. Els dos arxius estan en el disc *hda* però, a més a més, durant l'execució del compressor el tràfic entre la UCP i la memòria principal és de 920 MBps i la UCP té prioritat sobre els perifèrics en accedir a la DRAM

SOLUCIÓ:

1. L'operació comprén dues transferències: (1) llegir *apunts.txt* en *hda* i (2) escriure *curspassat.zip* en *hdb*. (Vegeu la figura 3)

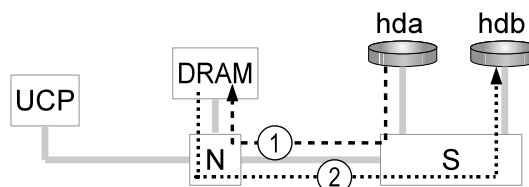


Figura 3: Transferències entre *hda* i *hdb* (problema 6, apartat 1)

La transferència (1) implica els elements següents:

$$\begin{array}{ccccccc} hda & & \text{Bus SATA} & & \text{Bus NS} & & \text{DRAM} \\ 100 \text{ MBps} & \Rightarrow & 150 \text{ MBps} & \Rightarrow & 500 \text{ MBps} & \Rightarrow & 1000 \text{ MBps} \end{array}$$

on l'element més lent és el disc *hda*. Així que l'amplada de banda de la cadena de transferències necessàries per llegir *apunts.txt* serà de 100 MBps. Per tant, el mínim temps en què pot fer-se la transferència (1) serà

$$\text{Temps mínim (1)} = \frac{200 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{100 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} = 2 \text{ segons}$$

La transferència (2), per la seua banda, implica

$$\begin{array}{ccccccc} \text{DRAM} & & \text{Bus NS} & & \text{Bus SATA} & & hdb \\ 1000 \text{ MBps} & \Rightarrow & 500 \text{ MBps} & \Rightarrow & 150 \text{ MBps} & \Rightarrow & 60 \text{ MBps} \end{array}$$

Ara, l'element més lent és *hdb* i l'amplada de banda de la cadena de transferències necessàries per escriure *curspassat.txt* serà de 60 MBps. Com que l'arxiu *curspassat.txt* conté $40 \cdot 10^6$ bytes, el temps mínim per a l'escriptura serà:

$$\text{Temps mínim (2)} = \frac{40 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{60 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} = 0,67 \text{ segons}$$

Si considerem que el procés es fa **en sèrie** (primer es fa la transferència (1) i després la transferència (2), el temps mínim total serà de 2.67 segons. El consum d'amplada de banda dels dispositius en cada transferència serà:

Transferència (1)					
DRAM:	Bus NS:	SATA (a):	Disc <i>hda</i> :	SATA (b):	Disc <i>hdb</i> :
$\frac{100}{1000} = 10\%$	$\frac{100}{500} = 20\%$	$\frac{100}{150} = 6,7\%$	$\frac{100}{100} = 100\%$	$\frac{0}{150} = 0\%$	$\frac{0}{60} = 0\%$

Transferència (2)					
DRAM:	Bus NS:	SATA (a):	Disc <i>hda</i> :	SATA (b):	Disc <i>hdb</i> :
$\frac{60}{1000} = 6\%$	$\frac{60}{500} = 12\%$	$\frac{0}{150} = 0\%$	$\frac{0}{100} = 0\%$	$\frac{60}{150} = 40\%$	$\frac{60}{60} = 100\%$

Podem considerar també que les dues transferències són **concurrents**. Cal suposar que el compressor obri tots dos arxius (*apunts.txt* per a lectura i *curspassat.zip* per a escriptura) i comença a llegir, processar i escriure des del principi. Les escriptures depenen de les lectures, així que si les dues transferències comencen i acaben al mateix temps, la velocitat d'escriptura serà ara:

$$\text{Velocitat transferència (2)} = \frac{40 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{2 \text{ segons}} = 20 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}$$

Només caldrà comprovar que el paral·lelisme és possible. Podem fer-ho de dues maneres:

- Podem veure quina és l'amplada de banda disponible per a la transferència (2) després de descomptar el consum que fa la transferència (1) en la part comuna del camí (DRAM i bus NS).

$$\begin{array}{ccccccc} \text{DRAM} & & \text{Bus NS} & & \text{Bus SATA} & & \text{hdb} \\ 900\text{MBps} & \Rightarrow & 400 \text{ MBps} & \Rightarrow & 150 \text{ MBps} & \Rightarrow & 60 \text{ MBps} \end{array}$$

Amb aquesta disponibilitat, és possible fer la transferència (2) mentres la transferència (1) està en progrés.

- Altra manera és veure si el consum de les dues transferències no supera el màxim en la part comuna:

Transferències (1) i (2)					
DRAM:	Bus NS:	SATA (a):	Disc <i>hda</i> :	SATA (b):	Disc <i>hdb</i> :
$\frac{120}{1000} = 12\%$	$\frac{120}{500} = 24\%$	$\frac{100}{150} = 66,7\%$	$\frac{100}{100} = 100\%$	$\frac{20}{150} = 13,3\%$	$\frac{20}{60} = 33,3\%$

Per tant, és possible fer les transferències concurrents i reduir el temps mínim per a l'operació completa a 2 segons.

En general, quan hi ha amplada de banda disponible, el millor cas és aquell en què totes dues transferències es fan a mateix temps. La concurrència incrementa el consum d'amplada de banda de la DRAM i del bus NS i redueix el temps de transferència.

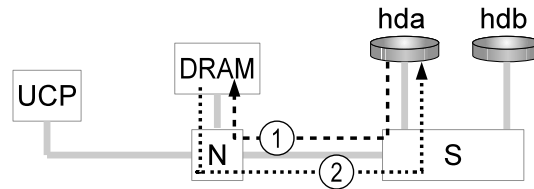


Figura 4: Transferències dins del disc *hda* (problema 6, apartat 2)

2. Si tots dos arxius estan en *hda*, (vegeu la figura 4) les transferències de lectura (1) i d'escriptura (2) ocuparan els mateixos dispositius. Operant **en sèrie**, la velocitat de lectura no varia respecte de l'apartat 1; però l'escriptura es fa a 100 MBps:

$$\text{DRAM } 1000\text{MBps} \Rightarrow \text{Bus NS } 500 \text{ MBps} \Rightarrow \text{Bus SATA } 150 \text{ MBps} \Rightarrow \text{hda } 100 \text{ MBps}$$

El temps total serà ara:

$$\begin{aligned} \text{Temps mínim (sèrie)} &= \text{Temps mínim (1)} + \text{Temps mínim (2)} \\ &= \frac{200 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{100 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} + \frac{40 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{100 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} \\ &= 2 + 0,4 = 2,4 \text{ segons} \end{aligned}$$

Provem ara a operar **en concurrència** igual que férem en l'apartat 1. Si descomptem el consum que fa la transferència (1) en tots els elements del camí, l'amplada de banda que resta en el disc *hda* és 0. Això passa perquè l'element que limita la velocitat és comú a les dues transferències. Caldrà reduir l'amplada de banda de les lectures per a operar en paral·lel de forma òptima. Però, ¿quant?

Oblidant-nos de moment de la resta d'elements de la cadena, el temps mínim per a llegir *apunts.txt* i escriure *curspassat.zip* en el disc és:

$$\text{Temps mínim (disc)} = \frac{\text{Volum total de dades}}{\text{Amplada de banda del disc}} = \frac{200 \cdot 10^6 + 40 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{100 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} = 2,4 \text{ segons}$$

Aquest càlcul és independent de l'ordre de les operacions de lectura i escriptura (és a dir, que té igual en sèrie que concurrent). Per tant, el temps de transferència operant en sèrie és el menor possible. **Quan un dispositiu compartit limita la velocitat de transferència, la concurrència no millora l'amplada de banda total.**

Si les transferències es fan concurrents, podem estudiar el repartiment de l'amplada de banda disponible entre les dues transferències. Com que les dues transferències duren el mateix temps, si són regulars en el temps, la velocitat de cadascuna d'elles serà:

$$\begin{aligned} \text{Velocitat (lectura)} &= \frac{200 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{2,4 \text{ segons}} = 83,3 \text{ MBps} \\ \text{Velocitat (escriptura)} &= \frac{40 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{2,4 \text{ segons}} = 16,7 \text{ MBps} \end{aligned}$$

Per tant, quan dues o més transferències concurrents entren en conflicte per l'ús d'un dispositiu comú que les limita, el repartiment de l'amplada de banda serà proporcional a la demanda de cadascuna. L'ocupació dels dispositius serà:

Transferències (1) i (2)			
DRAM:	Bus NS:	SATA (a):	Disc <i>hda</i> :
$\frac{100}{1000} = 10\%$	$\frac{100}{500} = 20\%$	$\frac{100}{150} = 66,7\%$	$\frac{100}{100} = 100\%$

3. Si la UCP ocupa 920 MBps de l'amplada de banda de la memòria principal, només hi ha disponibles $1000 - 920 = 80$ MBps per a les transferències. Estem en el cas de l'apartat 2, però és la DRAM és l'element que limita el tràfic amb el disc. Per tant,

$$\text{Temps mínim (disc)} = \frac{\text{Volum total de dades}}{\text{Amplada de banda restant de la DRAM}} = \frac{200 \cdot 10^6 + 40 \cdot 10^6 \text{ bytes}}{80 \cdot 10^6 \text{ bytes/segon}} = 3 \text{ segons}$$

Si lectures i escriptures són concurrents, la transferència (1) es farà a 66,7 MBps i la transferència (2) a 13,3 MBps. Comptant amb el tràfic del processador, les ocupacions seran les següents:

DRAM:	Bus NS:	SATA (a):	Disc <i>hda</i> :
$\frac{1000}{1000} = 100\%$	$\frac{80}{500} = 16\%$	$\frac{80}{150} = 55,3\%$	$\frac{80}{100} = 80\%$

■

PROBLEMA 7 Treballant amb l'equip del problema 7 (vegeu la figura 2) volem descomprimir l'arxiu *curspassat.zip* de 40 MB per recuperar l'arxiu *apunts.txt* de $200 \cdot 10^6$ bytes amb el programa de descompressió corresponent.

De nou, suposeu que el temps de càlcul és menyspreable i que el temps d'execució del descompressor es dedica només que a les transferències entre els discs i la memòria principal. Les condicions d'execució (velocitat màxima dels dispositius, latències dels discs) són les mateixes.

Calculeu el mínim temps que costa fer l'operació en els casos següents:

1. L'arxiu *curspassat.zip* està en el disc *hdb* i *apunts.txt* en *hda*
2. Els dos arxius estan en el disc *hda*.
3. Els dos arxius estan en el disc *hda* però, a més a més, durant l'execució del descompressor el tràfic entre la UCP i la memòria principal és de 920 MBps i la UCP té prioritat sobre els perifèrics en accedir a la DRAM

■

PROBLEMA 8 L'arxiu *song.wav*, que resideix en el disc *hda* del sistema de la figura 5, conté 3 minuts exactes d'àudio en estèreo (2 canals), amb freqüència de mostreig de 44.100 Hz i quantitzat a 16 bits per mostra.

Se disposa d'un programa que converteix arxius wav al format mp3. El programa pot codificar arxius a raó de 15 MBps (incloent la lectura de l'entrada des de la memòria, compressió i escriptura del resultat en la memòria) i obté una taxa de compressió de 10:1, és a dir, obté un mp3 d'un dècim de la mida del corresponent arxiu wav.

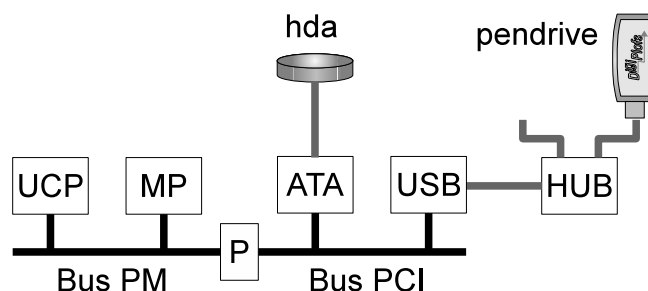


Figura 5: Sistema de referència del problema 8

1. Calculeu la mida de l'arxiu *song.wav*. Expressen-la en MB (10^6 Bytes) sense menysprear cap decimal.

2. Calculeu el temps mínim que costarà codificar l'arxiu *song.wav* a l'arxiu *song.mp3* sobre el disc extern *pendrive*. El procés es farà completament en sèrie, és a dir, primer es llegirà *song.wav*, després es comprimirà en la memòria i finalment s'escriurà el resultat com *song.mp3* en el disc extern. Els busos i dispositius implicats tenen les següents amplades de banda màximes:

- Bus PM (Processador-Memòria): 1 GBps
- Bus PCI: 533 MBps
- Bus ATA: 150 MBps
- Bus USB: 60 MBps
- Disc *hda*: 100 MBps
- Disc extern *pendrive*: 30 MBps

SOLUCIÓ:

1. La longitud T de l'arxiu *song.wav* s'obté multiplicant la freqüència de mostreig pel nombre de bytes que ocupa cada mostra, pel nombre de canals i per la durada de l'àudio:

$$T = 44100 \text{ Hz} \times 2 \text{ Bytes/mostra} \times 2 \text{ canals} \times 180 \text{ segons} = 31752000 \text{ bytes} = 31.752 \text{ MB}$$

2. La lectura de *song.wav* s'hi fa a la mínima velocitat dels dispositius implicats. Aquests són: el mateix disc *hda* (100 MBps), el bus ATA (150 MBps) i el bus PM (1 GBps). Per tant, a 100 MBps. La codificació a mp3 s'hi fa a 10 MBps. L'escriptura de l'arxiu resultant s'hi fa amb l'amplada de banda del mateix disc *pendrive*, ja que és el més lent d'entre els busos PM, el PCI i el USB.

Com l'arxiu *song.wav* ocupa 31.752 MB, la longitud de l'arxiu mp3 resultant serà de 3.1752 MB, ja que la codificació a mp3 redueix l'arxiu en una proporció 10:1, com indica l'enunciat. Analitzant cada part del procés per separat tenim:

Lectura de *song.wav*: Els 31.752 MB es lligen a 100 MBps, així que:

$$\frac{31.752 \text{ MB}}{100 \text{ MBps}} = 0.31752 \text{ segons}$$

Codificació a mp3: Ara, els 31.752 MB es lligen a 15 MBps,

$$\frac{31.752 \text{ MB}}{15 \text{ MBps}} = 2.1168 \text{ segons}$$

Esctura de *song.mp3*: Cal escriure 3.1752 MB a 30 MBps:

$$\frac{3.1752 \text{ MB}}{30 \text{ MBps}} = 0.10584 \text{ segons}$$

Per tant, el procés tardarà en total un mínim de $0.31752 + 2.1168 + 0.10584 = 2,54016$ segons.

■

PROBLEMA 9 A la figura 6 teniu l'esquema de busos de cert computador. Les amplàries de banda més rellevants són:

- **Bus PM** - Bus processador-memòria de 10 GBps
- **MP** - Memòria principal: 3200 MBps
- **Bus PCI** - Bus d'expansió de 266 MBps
- **ATA** - Controlador de disc ATA paral·lel de 66 MBps

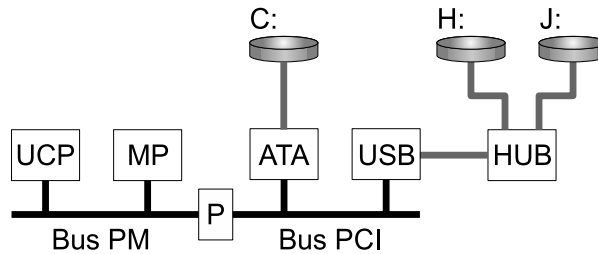


Figura 6: Busos del computador. L'element *P* és el pont entre els busos del sistema

- **C:** - Unitat de disc dur de 100 MBps
- **USB** - Adaptador USB-2 de 480 Mbps
- **HUB** - Concentrador USB-2 de 480 Mbps
- **H:** i **J:** - Unitats de disc dur portàtil de 10 GB de capacitat i 50 MBps d'amplària de banda.

Considereu que els accessos de la UCP (que inclou la memòria cau) a la memòria principal ocupen de forma sostinguda 2000 MBps de l'amplària de banda de la memòria. Calculeu:

1. Quina és l'amplària de banda disponible per a les transferències entre el disc C: i la memòria principal
2. Quin és el mínim temps teòric per a transferir un arxiu d'1 GB (és a dir, de 10^9 bytes) de la unitat C: a la unitat J:
3. Quin és el mínim temps teòric per a transferir un arxiu d'1 GB de la unitat H: a la unitat J:

■