

GIF-1001 Ordinateurs: Structure et Applications
Automne 2017
Examen final
14 décembre 2017
Durée: 150 minutes

Cet examen comporte 10 questions sur 13 pages (incluant celle-ci). L'examen compte pour 40% de la note totale pour la session. Assurez-vous d'avoir toutes les pages. Tout objet ne faisant pas partie des listes de matériel obligatoire ou autorisé qui est utilisé ou présent sur votre table de travail est considéré comme de la tricherie.

Liste de matériel obligatoire:

- Carte étudiante;
- Crayon plomb, stylo ou plume.

Liste de matériel autorisé facultatif:

- Une calculatrice autorisée par la faculté;
- Deux crayons plomb, pousses-mines, stylos ou plumes;
- Deux gommes à effacer et/ou ruban correcteur;
- Un aiguiser crayon;
- Trois surligneurs;
- Une règle de 15 ou 30 cm, un rapporteur d'angles et un compas;
- Deux feuilles brouillon blanches 8.5×11 ;
- Deux boissons ou collations (eau, café, barre tendre, sac de beef jerky, etc.);
- Une paire de bouchons d'oreilles.

Instructions:

- Placez votre carte étudiante bien visible sur votre table de travail;
- Écrivez votre nom et votre NI sur le cahier de réponses qui vous a été remis;
- Écrivez vos réponses dans le cahier de réponses qui vous a été remis;
- L'annexe 1 contient une liste d'instructions ARM;
- L'annexe 2 contient la table des vecteurs d'interruptions;

La table ci-dessous indique la distribution des points pour chaque question.

Question:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Points:	7	7	5	9	9	6	9	5	4	7	68

1. (7 points) Répondez aux questions suivantes portant sur les interruptions sur la plateforme ARM7TDMI telle que vue dans le cours.

(a) (1 point) Quelle est l'interruption la plus prioritaire?

Solution: Reset

(b) (1 point) Combien d'octets occupe la table des vecteurs d'interruption ARM7TDMI telle que vue dans le cours?

Solution: 32 octets

(c) (1 point) Que se passera-t-il si la table des vecteurs d'interruption contient NOP pour une interruption qui survient?

Solution: Le processeur passera à l'entrée suivante, c'est-à-dire qu'il continuera d'exécuter les instruction dans l'ordre à partir du NOP.

(d) (1 point) Quelle étape du cycle d'instruction est problématique si le processeur saute à l'adresse 4?

Solution: Decode, décodage.

(e) (1 point) Quel système permet d'activer ou de désactiver des interruptions?

Solution: Le contrôleur d'interruptions ou NVIC.

(f) (1 point) Si une interruption de basse priorité survient pendant l'exécution de la routine de service d'une interruption de haute priorité, que se passera-t-il?

Solution: L'interruption de basse priorité sera mise en attente et s'exécutera lorsque l'interruption de haute priorité sera terminée.

(g) (1 point) Si une interruption de haute priorité survient pendant l'exécution de la routine de service d'une interruption de basse priorité, que se passera-t-il?

Solution: L'interruption de haute priorité va interrompre l'exécution de l'interruption de basse priorité qui se terminera lorsque l'interruption de haute priorité sera terminée.

2. (7 points) Répondez aux questions suivantes portant sur les processus.

(a) (1 point) Le processus A crée le processus B. Dans ce contexte, quel nom est donné au processus A?

Solution: Processus parent.

(b) (1 point) Qui s'occupe de donner le contrôle aux différents threads d'un processus?

Solution: Le système d'exploitation.

- (c) (1 point) Qui s'occupe de donner le contrôle aux différents green threads d'un processus?

Solution: Le programme du processus.

- (d) (1 point) Vous avez décidé d'utiliser des quantum extrêmement courts pour un certain système, quel désavantage cela aura-t-il?

Solution: Une forte proportion du temps de processeur sera utilisé par l'ordonnanceur donc moins de temps pour exécuter les processus.

- (e) (1 point) Combien de quantas consécutifs peuvent être utilisés par le même processus au maximum?

Solution: Cela dépend de l'algorithme d'ordonnement, il n'y a pas de limite.

- (f) (1 point) Typiquement, dans quel état sera un processus après une requête d'entrée ou de sortie?

Solution: Bloqué ou en attente.

- (g) (1 point) Donnez une raison pour laquelle un processus serait rejeté au moment de l'admission?

Solution: - Pas assez de mémoire disponible. - Ressources demandées non disponibles.
- Limite du nombre de processus du système.

3. (5 points) Les processus de la table 1 sont admis, dans l'ordre.

Nom	Temps d'admission (quanta)	Durée (quanta)
P1	0,0	2
P2	0,5	3
P3	1,5	2
P4	2,5	2

Table 1: Processus pour la question 3.

Pour les questions suivantes, indiquez quel processus sera exécuté à chaque quantum de temps pour l'algorithme spécifié. Si deux processus sont équivalents, commencez par celui qui a été admis en premier.

- (a) (1 point) Premier arrivé, premier servi.

Solution: P1–P1–P2–P2–P2–P3–P3–P4–P4

(b) (2 points) Plus court d'abord.

Solution: P1-P1-P3-P3-P4-P4-P2-P2-P2

(c) (2 points) Tourniquet.

Solution: P1-P2-P3-P4-P1-P2-P3-P4-P2

4. (9 points) Dans un système avec mémoire paginée où:

- la taille des mots de mémoire est de 1 octet;
- les trames ont une taille de 1Ko;
- la taille de la mémoire virtuelle est de 2Mo;
- la taille de la mémoire physique est de 64Ko.

(a) (1 point) Quel est le nombre maximum de pages dans une table de pages pour ce système?

Solution: Le nombre total de pages est de $\frac{2\text{Mo}}{1\text{Ko}} = \frac{2^{21}}{2^{10}} = 2^{11}$.
2048 pages.

(b) (1 point) Quel est le nombre de trames (*frames*) dans ce système?

Solution: Le nombre total de trames est de $\frac{64\text{Ko}}{1\text{Ko}} = \frac{2^{16}}{2^{10}} = 2^6$.
64 trames.

(c) (2 points) Si une table des pages stocke uniquement le numéro de trame pour chaque page, quelle est la taille totale de la table des pages? Donnez votre réponse en octets.

Solution: Nous avons besoin de 6 bits pour chaque numéro de trame et il y a 2048 pages. Il faut donc 1536 octets.

(d) (1 point) Aux yeux d'un processus, qu'elle est la première et la dernière adresse qu'il peut accéder?

Solution: 0x0 et 0x1FFFFFF.

(e) (1 point) Quel est le nom de la situation qui se produit lorsque qu'un processus tente d'accéder à une adresse virtuelle qui n'a pas adresse physique correspondante?

Solution: Faute de page, page fault.

(f) Considérez l'adresse virtuelle 0x0AABF4.

i. (1 point) Quelle est la position de l'octet dans la page?

Solution: 10 LSB pour l'offset: 0x3F4

ii. (1 point) Quelle position dans quelle page réfère cette adresse?

Solution: 11 MSB numéro de page 0x2AA

iii. (1 point) La table des pages indique que cette page se trouve à la trame 0xA. Quelle est l'adresse physique correspondante?

Solution: 0x2BF4

5. (9 points) Un système possède les caractéristiques suivantes:

- une seule cache (L1) de type «write-through»;
- la cache stocke des blocs contenant 8 mots;
- le temps d'accès à un mot en cache L1 est de 3ns;
- la cache ne possède aucun bloc vide.

Ce système est illustré dans la figure 1:

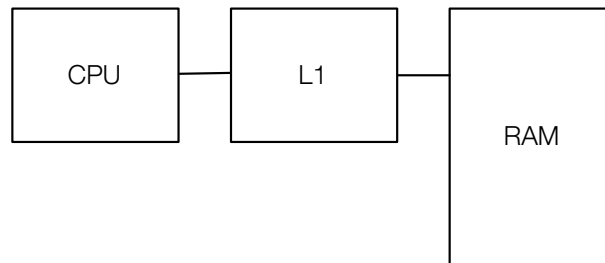


Figure 1: Système à une cache pour la question 5

Répondez aux questions suivantes portant sur ce système.

(a) (4 points) Décrivez les étapes nécessaires à la *lecture* du premier mot d'un bloc qui n'est *pas* présent en cache.

Solution: Le bloc n'est pas présent en cache, nous avons donc un «miss». Il nous faut donc:

1. Trouver un bloc à remplacer en cache (par exemple grâce à l'algorithme LRU), on trouvera l'un des blocs vide;
2. Copier le bloc présent en RAM vers le bloc en cache;
3. Retourner le premier mot du bloc en question au CPU.

(b) (2 points) Décrivez les étapes nécessaires à l'*écriture* du deuxième mot présent dans le même bloc qu'en (a) après que les étapes de (a) aient eu lieu.

Solution: Le bloc est présent en cache, nous avons donc un «hit». Il nous faut donc:

1. Écrire le mot dans le deuxième emplacement du bloc en cache;
2. Écrire le mot en RAM.

Afin d'améliorer les performances du système, on décide de lui rajouter une deuxième cache (L2), située entre la cache existante (L1) et la mémoire principale (RAM), tel qu'illustré dans la figure 2.

(c) Sachant que le temps de transfert d'un bloc en RAM vers L2 prend 63ns et que le temps de transfert d'un bloc en L2 vers L1 prend 16ns:

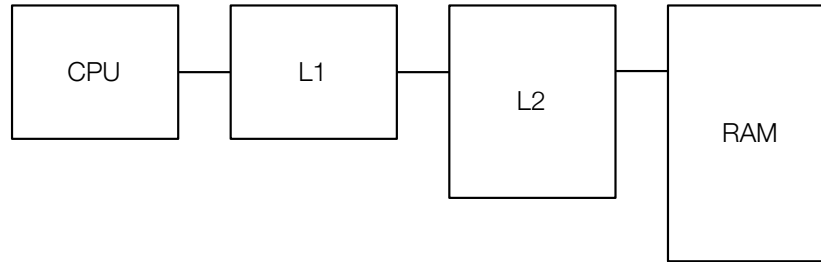


Figure 2: Système à deux caches pour la question 5.

- i. (1 point) Quel temps sera nécessaire pour accéder au 8 mots d'un même bloc qui n'est pas en cache?

Solution: Le bloc doit être préalablement transféré de la RAM vers L2 (63ns), et de L2 vers L1 (16ns). Ensuite, on lit les 8 mots directement en L1: $63\text{ns} + 16\text{ns} + 8 \times 3\text{ns} = 103\text{ns}$.

- ii. (1 point) Quel temps sera nécessaire pour accéder à 6 mots répartis sur trois blocs qui sont tous en cache L2?

Solution: Les blocs doivent être préalablement transféré en cache L1 à partir de la cache L2. Cela prend $3 \times 16\text{ns}$. Ensuite, on lit les 6 mots directement en L1: $3 \times 16\text{ns} + 6 \times 3\text{ns} = 66\text{ns}$.

- iii. (1 point) Quel temps sera nécessaire pour accéder à 15 mots qui sont tous en cache L1?

Solution: On n'a qu'à lire les 20 mots directement en L1: $20 \times 3\text{ns} = 60\text{ns}$.

6. (6 points) Suite à votre réussite du cours GIF-1001, vous avez été engagé pour améliorer le code assembleur d'une entreprise spécialisée dans le rendu graphique haute performance.

En lisant le code de l'entreprise, vous êtes tombés sur la section suivante:

```

1 ; Demande a la carte graphique de recevoir une nouvelle trame de donnees
2 LDR R0, =CtrlStartTxRx
3 MOV R1, #1
4 STR R1, [R0] ;Debut le transfert en mettant 1 dans CtrlStartTxRx
5
6 ; Attend que la carte graphique soit prete a recevoir les donnees
7 LDR R0,=EtatDeLaCarteGraphique
8 AttendIci:
9 LDR R1, [R0] ;Lit l'etat de la carte graphique
10 TST R1, #1 ;Le bit 0 a 1 indique que pret
11 BNE AttendIci ;Si pas pret, reverifie
12
13 ;Transfert de donnees avec une boucle, par bonds de 4
14 LDR R0, =AdresseSourceDeMemoire
15 LDR R4, =AdresseDestinationDePeripherique
16 LDR R5, TailleDesDonnees
17 MOV R1, #0 ;Compteur de boucle
18 TransfertMemoireCarteGraphique:
19 LDR R2, [R0,R1] ;Lecture d'un mot de memoire
20 STR R2, [R4,R1] ;Ecriture d'un mot de carte graphique
21 ADD R1, R1, #4 ;Passe au mot suivant
22 CMP R1, R5 ;Transfert fini?
23 BNE TransfertMemoireCarteGraphique

```

- (a) (3 points) Décrivez deux stratégies qui pourraient être utilisées pour optimiser l'utilisation du temps de processeur en faisant référence aux lignes de code appropriées.

Solution: Le programme fait de l'attente active aux lignes 7 à 10 et nous pourrions utiliser une interruption à la place.
Le transfert de données manuel aux lignes 14 à 19 pourrait être remplacé par l'utilisation d'un engin DMA.

- (b) (3 points) Pour chacune des stratégies que vous avez donné, expliquez dans quel cas il serait contre-indiqué de l'utiliser.

Solution: Interruption:

1. Si la carte graphique est toujours prête immédiatement ou dans un délai très court.
2. S'il n'y a pas de ligne d'interruption de libre

DMA:

1. Si taille des données est très petite.

7. (9 points) Vous avez connecté votre ordinateur à un ordinateur embarqué en utilisant un port

série qui emploie le protocole RS-232 avec les caractéristiques suivantes:

- 19200 baud
- 8 bits par mot
- parité impaire
- 1 bit d'arrêt

- (a) (2 points) Vous désirez transférer un fichier (*selfie*) de 4 Mo à l'ordinateur embarqué. Combien de temps cela prendra-t-il? Donnez votre réponse à la seconde près.

Solution: Sachant qu'il y aura 1 start bit, 1 bit de parité et 1 stop bit par octet, il y a donc $11 \times 4Mo = 46137344bits$.

À un rythme de 19200 cela veut donc dire 2403 secondes.

- (b) (3 points) Quels sont les fils essentiels (au minimum) qui devront relier les deux ordinateurs?

Solution: Trois: RX, TX et Ground.

- (c) (2 points) Le premier octet à transmettre est 0x45, quelle sera la séquence transmise pour cet octet.

Solution: 0 - Start bit 1 - LSB 0 1 0 0 0 1 0 - MSB 0 - Parite 1 - Stop bit

- (d) (2 points) Vous avez déménagé dans la ville de Megaton, un endroit où il y a énormément de bruit électromagnétique. Suite à vos expérimentations, vous avez déterminé que le bruit électromagnétique crée énormément d'erreurs. De quelle façon pourriez-vous régler le problème?

Solution: Utiliser une configuration différentielle comme le RS-422.

8. (5 points) Répondez à propos de la gestion des fichiers:

- (a) (1 point) Qu'est-ce qui détermine la taille minimale d'un fichier sur le disque?

Solution: La taille des clusters, un fichier occupe au minimum 1 cluster.

- (b) (1 point) Donnez un avantage d'avoir des clusters très petits?

Solution: Il y aura peu d'espace gaspillé.

- (c) (1 point) Donnez un avantage d'avoir des clusters très grands?

Solution: Il est plus rapide de lire un fichier qui n'occupe qu'un seul cluster que plusieurs clusters non contigus.

- (d) (2 points) Donnez un avantage et un inconvénient de l'allocation contigüe.

Solution: Avantage:

- Accéder au fichier est très simple.

Inconvénients:

- Si un fichier grandit trop il faudra le relocaliser.
- La fragmentation.

9. (4 points) Soit un système d'allocation chaînée avec les caractéristiques suivantes:

- Les clusters sont de 16 Ko et sont tous pleins
- Un cluster suivant égal à -1 indique que c'est le dernier cluster
- La table d'allocation suivante:

Cluster	Cluster suivant
0	-1
1	7
2	6
3	5
4	-1
5	1
6	4
7	3

(a) (2 points) Quelle est la taille du fichier qui débute au cluster 2?

Solution: 48 Ko.

(b) (2 points) Quel est le problème de cette table d'allocation?

Solution: Il y a une boucle formée par les clusters 1, 3, 5 et 7.

10. (7 points) Répondez aux questions générales suivantes:

(a) (1 point) Qu'est-ce qui décide quel processus s'exécutera lors du prochain quanta?

Solution: L'ordonnanceur ou le scheduler.

(b) (1 point) Lorsqu'une page ne se trouve pas en mémoire, où est-elle habituellement?

Solution: Sur le disque dur (dans une partition swap ou dans un swap file).

(c) (1 point) En général, quelle page sera retirée de la mémoire lorsqu'on doit faire de la place pour une nouvelle page?

Solution: Celle qui n'a pas été utilisée depuis le plus longtemps (Least recently used).

(d) (1 point) Pourquoi les ports parallèles sont-ils peu utilisés pour les ordinateurs modernes?

Solution: Les fréquences de transmission élevées (> 1 GHz) rendent la chose trop difficile à cause des délais de propagation.

(e) (1 point) Identifiez deux (2) des quatre (4) fils qui constituent le câble USB et dites à quoi ils servent.

Solution:

- Vbus: Alimenter les périphériques
- D- et D+ : transport des données
- Gnd : la référence électrique

(f) (1 point) Qu'est-ce qui donne le contrôle au bootloader?

Solution: Le BIOS

(g) (1 point) Comment le bootloader fait pour choisir quel système d'exploitation démarrer lorsqu'il y en a plusieurs?

Solution: Il se fie à sa configuration ou demande à l'utilisateur.

1 Annexe: Instructions ARM et codes de conditions

Instruction	Description
ADD Rd, Rs, Op1	$Rd \leftarrow Rs + Op1$
AND Rd, Rs, Op1	$Rd \leftarrow Rs \text{ AND } Op1$
ASR Rd, Rs, #imm	$Rd \leftarrow Rs / 2^{imm}$
Bcc Offset	PC \leftarrow PC + Offset, si cc est rencontré
BLcc Offset	Comme B, LR \leftarrow adresse de l'instruction suivante
CMP Rs, Op1	Change les drapeaux comme Rs - Op1
LDR Rd, [Rs, Op2]	$Rd \leftarrow Mem[Rs + Op2]$
LDR Rd, [Rs], Op2	$Rd \leftarrow Mem[Rs], Rs \leftarrow Rs + Op2$
LDR Rd, [Rs, Op2]!	$Rs \leftarrow Rs + Op2, Rd \leftarrow Mem[Rs]$
LSL Rd, Rs, #imm	$Rd \leftarrow Rs \times 2^{imm}$
MRS Rd, CPSR	$Rd \leftarrow CPSR$
MUL Rd, Rs, Op1	$Rd \leftarrow Rs \times Op1$
MVN Rd, Op1	$Rd \leftarrow !Op1$ (inverse les bits)
POP {Reg List}	Récupère la liste de registres sur la pile
PUSH {Reg List}	Met la liste de registres sur la pile
STR Rd, [Rs, Op2]	$Mem[Rs + Op2] \leftarrow Rd$
STR Rd, [Rs], Op2	$Mem[Rs] \leftarrow Rd, Rs \leftarrow Rs + Op2$
STR Rd, [Rs, Op2]!	$Rs \leftarrow Rs + Op2, Mem[Rs] \leftarrow Rd$
SUB Rd, Rs, Op1	$Rd \leftarrow Rs - Op1$

Table 2: Instructions ARM. Op1 dénote une opérande de type 1, et Op2 une opérande de type 2.

Code	Condition	Code	Condition
CS	Retenue (carry)	CC	Pas de retenue
EQ	Égalité	NE	Inégalité
VS	Débordement	VC	Pas de débordement
GT	Plus grand	LT	Plus petit
GE	Plus grand ou égal	LE	Plus petit ou égal
PL	Positif	MI	Négatif

Table 3: Codes de condition.

2 Annexe: Table des vecteurs d'interruption

Address	Exception	Mode on entry	I state on entry	F state on entry
0x00000000	Reset	Supervisor	Set	Set
0x00000004	Undefined instruction	Undefined	Set	Unchanged
0x00000008	Software interrupt	Supervisor	Set	Unchanged
0x0000000C	Prefetch Abort	Abort	Set	Unchanged
0x00000010	Data Abort	Abort	Set	Unchanged
0x00000014	Reserved	Reserved	-	-
0x00000018	IRQ	IRQ	Set	Unchanged
0x0000001C	FIQ	FIQ	Set	Set