INF1600

Travail pratique 1

Périphériques et architecture

Département de Génie Informatique et Génie Logiciel
Polytechnique Montréal

1 Introduction et sommaire

Ce travail pratique a pour but de vous familiariser avec un processeur accumulateur disposant de fonctionnalités additionnelles. Les nouvelles instructions facilitent l'écriture de programmes concis et efficaces. Il sera question dans ce TP d'utiliser les instructions de branchements (permettant des boucles) et d'exploiter le registre `MA` pour faciliter les accès en mémoire. En vain, vous allez analyser et développer divers programmes sur Code Machine à partir des connaissances acquises au TP0 (opérations binaires, écritures et lectures d'entrées en C, etc.).

1.1 Remise

Voici les détails concernant la remise de ce travail pratique :

- Méthode : sur Moodle, une **seule remise par équipe**, incluant un rapport **PDF**. **Seules des équipes de deux (2) étudiants sont tolérées**, sauf avis contraire.
- Format: un dossier compressé intitulé `<matricule1>-<matricule2>-<tp1_section_X>.ZIP`, incluant les sources de vos programmes en C et en assembleur, de même qu'un rapport en format `.PDF`. Incluez une **page titre** où figurent les noms et matricules des deux membres de l'équipe, votre groupe de laboratoire, le nom et le sigle du cours, la date de remise et le nom de l'École. Dans une seconde page, incluez le **barème** de la section 1.2. Finalement, diverses captures d'écran **pertinentes** doivent figurer au sein de votre rapport. Celles-ci ne peuvent expliquer votre travail d'elles-mêmes ; les captures d'écran servent de support complémentaire. Une justification écrite est de mise.
- **Attention :** L'équipe de deux que vous formez pour ce TP sera **définitive** jusqu'au TP5. Il **ne sera pas possible** de changer d'équipe au cours de la session (sauf avis contraire).

1.2 Barème

Le travaux pratiques 1 à 5 sont notés sur 4 points chacun, pour un total de 20/20. Le TP1 est noté selon le barème suivant. Reproduisez ce tableau dans le document PDF que vous allez remettre.

TP 1			**/4,00**
Section 2			
Partie 1			/1,00
	Q1	/0,25	
	Q2	/0,25	
	Q3	/0,25	
	Q4	/0,25	
Partie 2			/0,75
	Q1— *bon fonctionnement*	/0,10	
	Q1— *extensibilité*	/0,40	
	Q1— *discussion*	/0,25	
Section 3			
Partie 1			/1,5
	Q1	/0,15	
	Q2	/0,10	
	Q3	/0,25	
	Q4 — *bon fonctionnement*	/0,50	
	Q4 — *commentaires, gestion mémoire, échange utilisateur*	/0,25	
	Q4 — *extensible*	/0,25	
Partie 2			/0,75
	Q1 — *bon fonctionnement*	/0,25	
	Q1 — *facilement modifiable*	/0,50	

2 Utilisation des instructions de branchement

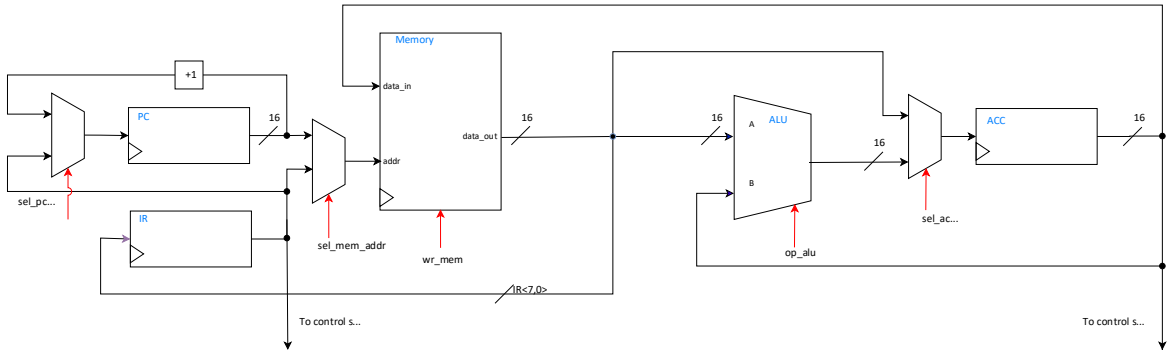


Figure 1 Architecture du processeur à accumulateur simple

Soit l'architecture du processeur accumulateur étudiée au TP0. Dans ce travail pratique, nous allons étendre le jeu d'instructions du processeur pour permettre des branchements avec et sans condition. Pour ce faire, le chemin de données entre le registre `IR` et le registre `PC` permet de modifier ce dernier au travers d'une adresse contenue dans l'adresse `IR.ADR`. Lorsqu'un branchement survient, `PC` prend la valeur précisée par `IR.ADR`.

Tableau 1 Jeu d'instructions du processeur à accumulateur

Instruction	Description
`add ADR`	`ACC ← ACC + Mémoire[ADR]`
`sub ADR`	`ACC ← ACC - Mémoire[ADR]`
`mul ADR`	`ACC ← ACC × Mémoire[ADR]`
`st ADR`	`Mémoire[ADR] ← ACC`
`ld ADR`	`ACC ← Mémoire[ADR]`
`stop`	`Arrêt du programme`
`br ADR`	`PC ← ADR`
`brz ADR`	`ACC = 0 ? PC ← ADR : PC ← PC + 1`
`brnz ADR`	`ACC != 0 ? PC ← ADR : PC ← PC + 1`

Le **Tableau 1** donne la liste des instructions acceptées par ce processeur. Les branchements conditionnels (`brz` et `brnz`) dépendent de la valeur courante dans l'accumulateur. Le branchement `br`, quant à lui, effectue un branchement inconditionnel, de sorte que `PC` prend toujours l'adresse contenue dans `IR` lors de l'exécution de cette instruction.

2.1 Partie 1 :

Copiez le code du fichier `partie-2-1.asm` et veuillez l'insérer dans l'éditeur de Code Machine du processeur à accumulateur **sans registre `MA`**. Après avoir remplacé la valeur de `a` par `3 + abs((MATRICULE_1 + MATRICULE_2) % 13)`, répondez aux questions qui suivent.

Important : n'oubliez pas d'inclure des captures d'écran au sein de votre rapport lorsque nécessaire.

Q0/0,00 point Indiquez votre valeur de `a` dans votre rapport.

Q1/0,25 point Quelles sont les structures de contrôle utilisées au sein de ce programme ?

Q2/0,25 point Quel est le contenu en mémoire à l'adresse `0x0010` (qui diffère selon votre valeur de `data`) à la fin de l'exécution de ce programme ?

Q3/0,25 point Que fait ce programme ? Répondez à la question en décrivant le principe de fonctionnement du programme en évitant de référer à son contenu ligne par ligne.

Q4/0,25 point Si le processeur est sur 32 bits et n'utilise pas le bit le plus significatif pour représenter le signe, quel serait le résultat **maximal** du programme ? Justifier votre réponse.

2.2 Partie 2 :

Avec l'éditeur d'assembleur de Code Machine pour le processeur à accumulateur **sans registre `MA`**, écrivez un programme qui permet de trouver le maximum de deux valeurs **disjointes**, **de même signe**, `a` et `b`. Dans le cas positif, vous pouvez assumer que `a` et `b` se situent toujours entre 1 et 99. Dans le cas négatif, vous pouvez assumer que `a` et `b` se situent toujours entre -99 et -1.

Le maximum doit être stocké dans la variable `res` dans la section `data` à la fin de l'exécution du programme. Par exemple, pour `a=-10` et `b=-13`, le programme retournera `res=-10`. Pour `a=10` et `b=13`, le programme retournera `res=13`. Le choix de `a` et de `b` sont à votre discrétion, mais nous devrions pouvoir les changer aisément (toujours en respectant les critères mentionnés ci-haut) pour obtenir un nouveau maximum (0,10 point pour le fonctionnement statique du programme et 0,40 point pour son extensibilité). Discutez de votre approche et des limites qui s'imposent sur le choix du processeur (0,25 point).

3 Ajout du registre MA au processeur à accumulateur

Le processeur accumulateur a été enrichi d'un registre supplémentaire, le registre `MA`. Ce registre facilite les accès en mémoire. Il sert à garder l'adresse de l'espace en mémoire que le programme désire accéder.

Soit la nouvelle architecture du processeur à accumulateur avec registre `MA`:

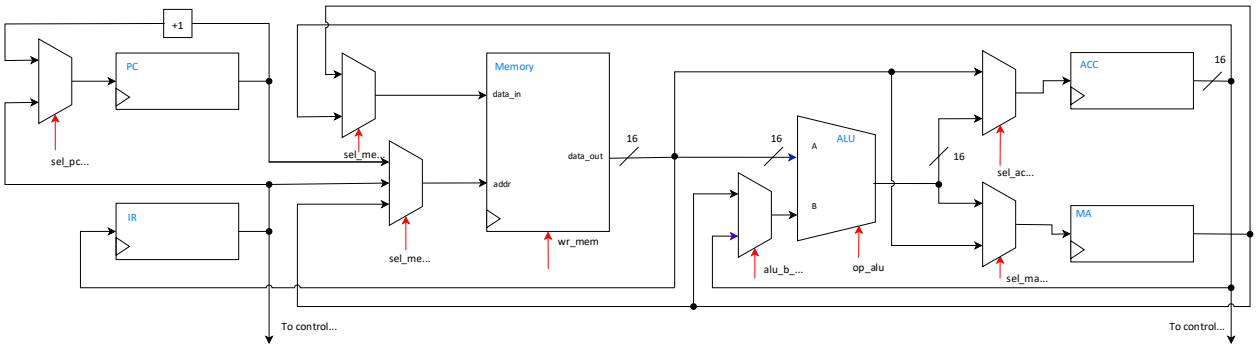
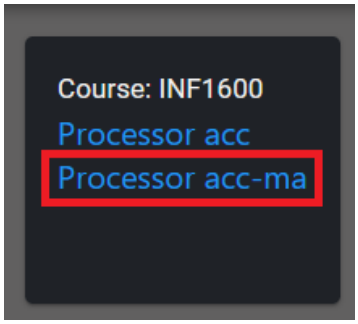


Figure 2 Processeur à accumulateur avec registre `MA`

La valeur du registre `MA` peut être enregistrée en mémoire, mais elle peut aussi être utilisée pour préciser une adresse en mémoire que le processeur peut accéder en lecture ou en écriture. Le registre `MA` sert à implémenter l'adressage indirect puisqu'il permet d'écrire un programme où les adresses espaces mémoires ne sont plus donnés en absolu dans les instructions, mais sont évalués dynamiquement durant l'exécution de celui-ci.

Le processeur à accumulateur avec registre `MA` est accessible sur Code Machine. Sur la fenêtre d'accueil de l'outil, sélectionnez l'option « Processor acc-ma » :



Le lien mène à la nouvelle architecture du processeur accumulateur, telle qu'illustrée à la **Figure 2**. La syntaxe de programmation de ce processeur est identique à celle du processeur à accumulateur simple et le jeu d'instructions présenté à la **Section 2** demeure valide pour cette architecture. Ainsi, ce processeur peut exécuter n'importe quel programme compatible avec la première version du processeur à accumulateur. De plus, le jeu d'instructions de ce processeur est étendu aux instructions données au **Tableau 2**. L'instruction `sub` permet de soustraire à la valeur présente dans l'accumulateur une valeur en mémoire. Les instructions `shl` et `shr` implémentent un décalage à gauche et à droite, respectivement. Finalement, le reste des instructions données au **Tableau 2** permettent de manipuler le registre `MA` de différentes façons.

Tableau 2 - Jeu d'instructions étendu du processeur à accumulateur

Instruction	Description
`sub ADR`	`ACC ← ACC - Mémoire[ADR]`
`shl`	`ACC ← ACC << 1`
`shr`	`ACC ← ACC >> 1`
`adda ADR`	`MA ← MA + Mémoire[ADR]`
`suba ADR`	`MA ← MA - Mémoire[ADR]`
`addx`	`ACC ← ACC + Mémoire[MA]`
`subx`	`ACC ← ACC - Mémoire[MA]`
`lda ADR`	`MA ← Mémoire[ADR]`
`sta ADR`	`Mémoire[ADR] ← MA`
`ldi`	`ACC ← Mémoire[MA]`
`sti`	`Mémoire[MA] ← ACC`

3.1 Partie 1

Copiez le code du fichier `partie-3-1.asm` et veuillez l'insérer dans l'éditeur de Code Machine du processeur à accumulateur avec registre `MA`. Après avoir remplacé la valeur de `data` par $3 + \left|\sum_{i=1}^{7} X_i - \sum_{j=1}^{7} Y_j\right|$ si X_i désigne le i[ème] chiffre du numéro de matricule de l'étudiant 1 de matricule X et si Y_j désigne le j[ème] chiffre du numéro de matricule de l'étudiant 2 de matricule Y, répondez aux questions qui suivent.

Important : n'oubliez pas d'inclure des captures d'écran au sein de votre rapport lorsque nécessaire.

Q0/0,00 point Indiquez votre valeur de `data` dans votre rapport.

Q1/0,15 point Quelles sont les structures de contrôle utilisées au sein de ce programme ?

Q2/0,10 point Quel est le contenu en mémoire à l'adresse `0x002A` (qui diffère selon votre valeur de `data`) à la fin de l'exécution de ce programme ?

Q3/0,25 point Que fait ce programme ? Répondez à la question en décrivant le principe de fonctionnement du programme en évitant de référer à son contenu ligne par ligne.

Indice : Pour quel(s) valeur(s) de `data` ne trouve-t-on pas un `1` à l'adresse `0x002A` ?

Q4/1 point Écrivez votre version en langage **C** du programme. Ce dernier devrait compiler et s'exécuter sans erreur, et ce, avec le même comportement et le même résultat que le code en assembleur fourni (0,5 point). Votre programme devrait inclure des commentaires, un échange (`printf`) avec l'utilisateur et une gestion intelligente de la mémoire qui devrait être libérée à la fin du programme (aucune fuite de mémoire) (0,25 point). Enfin, votre programme se doit d'être facilement extensible et modifiable (notamment en ce qui concerne la variable `data`) (0,25 point).

3.2 Partie 2

Q1/0,75 point À l'aide du jeu d'instructions étendu du processeur à accumulateur avec registre `MA`, écrivez un programme **assembleur** qui permet de calculer le `7 + abs((MATRICULE_1 + MATRICULE_2) % 13)` terme de la suite de **Fibonacci**. Le programme doit être le plus court possible et il ne doit seulement garder en mémoire que les trois derniers termes calculés (valeur courante de la suite, celle précédente et celle qui précède la précédente) (0,25 point). À noter que 0,50 point est accordé à cette question si le code fourni peut être **facilement modifié** pour calculer le dernier *M* terme voulu de la suite de Fibonacci, et ce, en changeant simplement la valeur **d'une variable** dans la partie `.data` du programme. **Attention au plagiat.**