

N7 - 1^{ère} année SDN - T.D. n° 2 d'architecture des ordinateurs

Processeur CRAPS : lecture/écriture mémoire - sous-programmes

Lecture/écriture mémoire

La lecture mémoire permet de copier le contenu d'un mot mémoire d'adresse adr dans un registre $\%r_i$. Le code de l'instruction doit donc contenir les informations suivantes :

- un code opération signifiant qu'il s'agit d'une instruction de lecture mémoire,
- l'adresse du mot mémoire,
- le numéro du registre dans lequel la valeur doit être placée.

Une instruction étant codée sur 32 bits, l'instruction ne peut pas contenir, l'adresse adr , qui est aussi sur 32 bits et occuperait l'intégralité du code de l'instruction. Cette adresse adr est donc placée préalablement dans un registre et l'instruction de lecture mémoire contient le numéro de ce registre contenant adr .

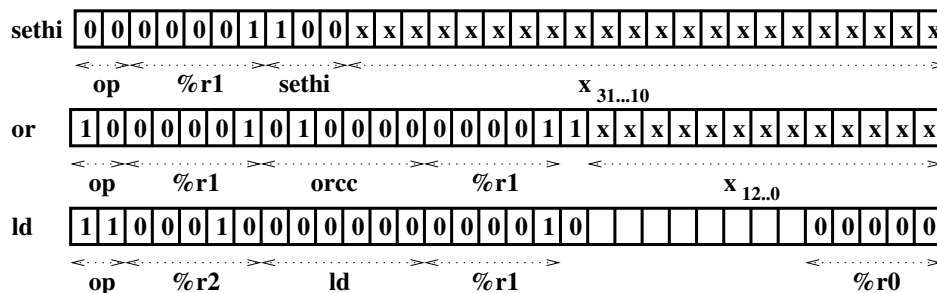
Par exemple, supposons une variable entière x stockée en mémoire à l'adresse 50. On souhaite placer la valeur de la variable dans le registre $\%r_2$. Pour cela, on place l'adresse de x , i.e. 50, dans le registre $\%r_1$, puis on exécute l'instruction de lecture mémoire

ld $[\%r1], \%r2$

Le placement de l'adresse dans le registre ne peut pas s'effectuer en une seule instruction, car cette instruction devrait être codée sur plus de 32 bits. On l'effectue donc en deux étapes:

- la partie poids forts de l'adresse est chargée dans le registre, par l'instruction *sethi*,
- la partie poids faibles de l'adresse est concaténée avec la partie poids forts, par l'instruction *or*.

Le codage des trois instructions *sethi*, *or* et *ld* est le suivant.



L'écriture du contenu d'un registre en mémoire s'effectue de manière similaire, en remplaçant l'instruction *ld* par l'instruction

st $\%r2, [\%r1]$

Question1

Compléter le graphe d'état du séquenceur du CRAPS pour qu'il intègre l'exécution des instructions de lecture mémoire. Pour chaque transition, on précisera la condition et les valeurs des microcommandes.

Question2

Ecrire un programme qui calcule la somme des éléments d'un tableau T de n entiers.

Appel de sous-programmes

L'appel d'un sous-programme s'effectue de la manière suivante :

- préparation des données nécessaires à l'exécution du sous-programme (passage des paramètres),
- mémorisation de l'adresse de retour (où on reprendra l'exécution du programme à l'issue du sous-programme),
- branchement à la première instruction du sous-programme,
- à la fin de cette séquence, retour au programme appelant.

Le passage des paramètres et la mémorisation de l'adresse de retour peut s'effectuer de deux manières :

- par des registres,
- en utilisant une pile.

Une pile est une structure de données, en général en mémoire, sur laquelle on peut effectuer deux opérations :

- empiler : ajout d'une nouvelle valeur en sommet de pile,
- dépiler : récupération de la dernière valeur empilée.

En outre, il faut faire en sorte qu'un sous-programme ne modifie pas de registres autres que ceux utilisés pour les paramètres de retour.

Le CRAPS permet l'utilisation d'une pile, qui peut être manipulée par les opérations *push* (empiler) et *pop* (dépiler).

L'appel de sous programme s'effectue par l'instruction *call*, qui sauvegarde automatiquement l'adresse de retour dans le registre $\%r_{28}$. Le retour de sous-programme s'effectue par l'instruction *ret* qui récupère automatiquement l'adresse de retour dans le registre $\%r_{28}$.

On va illustrer l'utilisation des sous-programmes sur le tri d'un tableau de n entiers en utilisant le tri à bulle, décrit par l'algorithme suivant.

```
Pour i depuis  $n - 1$  jusqu'à 1 pas  $-1$  Faire  
  Pour j depuis 0 jusqu'à  $i - 1$  pas 1 Faire  
    Si  $T[j] > T[j + 1]$  Alors  
      permuter ( $T, j$ );  
    FinSi;  
  FinPour;  
FinPour;
```

Le principe de cet algorithme est de placer la plus grande valeur dans la dernière case du tableau, puis la plus grande valeur restante dans l'avant dernière case, et ainsi de suite. La procédure *Permuter*(t, j) permute les éléments $T[j]$ et $T[j + 1]$.

Question3

Ecrire la procédure *Permuter*. On placera l'adresse de début du tableau T dans le registre $\%r_1$ et l'indice j dans le registre $\%r_2$.

Question 4

Ecrire le programme de tri.