

*Travaux dirigés n° 4 : Initiation au Langage Machine*

Cette planche de TD concerne le langage machine simplifié LM0 vu en cours au chapitre II “ Initiation au Langage Machine ”. Ci-dessous sont rappelés les éléments essentiels des syntaxe et fonctionnement du langage LM0, puis suivent les exercices proprement dits.

## Rappels sur le langage LM0

Le microprocesseur MP0 considéré en cours est une version simplifiée et idéalisée des vrais processeurs. Il possède plusieurs registres parmi lesquels cinq nous intéresse ici :

1. Deux registres de données  $D_0$  et  $D_1$  qui stockent un octet chacun ;
2. Deux registres d’adresses  $A_0$  et  $A_1$  qui stockent un octet (représentant une adresse en mémoire) ;
3. Un registre d’état contenant les bits  $Z$  et  $N$ .
  - Quand  $Z = 1$ , cela signifie que la dernière instruction a produit un résultat égal à zéro ;
  - Quand  $N = 1$ , cela signifie que la dernière instruction a produit un résultat négatif.

Il existe trois modes d’adressages, c’est-à-dire trois façons différentes d’accéder à des valeurs stockées en mémoire.

1. Adressage immédiat : si on connaît explicitement la valeur  $n$ , on écrit “  $\#n$  ” pour représenter cette valeur ;
2. Adressage direct : on ne connaît pas explicitement la valeur  $n$ , mais on connaît l’adresse  $m$  où elle est stockée, alors la notation “  $m$  ” (sans le dièse) signifie que l’on considère  $m$  comme une adresse ;
3. Adressage indirect : ni la valeur ni l’adresse de la donnée ne sont connues, en revanche cette dernière est stockée dans un des registres d’adresses  $A_i$  ( $i = 0, 1$ ). Alors la notation “  $(A_i)$  ” désigne la valeur stockée en mémoire à l’adresse contenue dans  $A_i$ . Notons que  $(D_0)$  ou  $(D_1)$  n’a aucun sens puisque  $D_0$  et  $D_1$  contiennent des données et non des adresses.

Les instructions du langage LM0 ont (presque toutes) la forme suivante “ **nom source, destination** ” avec comme restriction qu’au moins un(e) des deux arguments (opérandes), **source** ou **destination**, soit un registre de données ou d’adresses (note : il est également possible d’avoir “  $(A_i)$  ”,  $i = 0, 1$ ). Notez bien que ces instructions modifient les valeurs des bits d’état  $Z$  et  $N$ .

1. Instruction de transfert : “ **MOVE source, destination** ” signifiant que l’on affecte la valeur désignée par **source** à **destination**. Par exemple,
  - **MOVE #10, A<sub>1</sub>** : on place la valeur 10 dans  $A_1$  (en particulier, 10 doit ici représenter une adresse) ;
  - **MOVE D<sub>0</sub>, 123** : on place la valeur contenue dans  $D_0$  dans l’emplacement mémoire d’adresse 123 ;
  - **MOVE (A<sub>0</sub>), D<sub>1</sub>** : on place la valeur contenue dans l’emplacement mémoire située à l’adresse stockée dans  $A_0$  dans le registre  $D_1$  ;

- `MOVE #10, 110` : cette écriture n'est pas valide. Pour placer la valeur 10 à l'emplacement d'adresse 110, il faut exécuter une séquence de deux instructions :  
`MOVE #10, D0`  
`MOVE D0, 110`

Les bits d'états sont modifiés par `MOVE` :

$Z = 1$  si la valeur transférée est 0 et  $N = 1$  si la valeur transférée est négative.

2. Instructions arithmétiques et logiques : “ `OP source, destination` ” permet d'effectuer l'opération “ `destination OP source` ”, puis d'affecter le résultat obtenu à `destination`. Les différentes opérations possibles pour `OP` sont

- `ADD` : addition ;
- `SUB` : soustraction ;
- `MUL` : multiplication ;
- `DIV` : division entière ;
- `AND` : conjonction logique ;
- `OR` : disjonction logique ;
- `NEG` : négation logique (cette opération n'a qu'une seule opérande jouant à la fois les rôles de la source et de la destination).

Par exemple “ `SUB #3, D0` ” : si  $D_0$  contient initialement 2, alors, après cette instruction, il contient  $-1 (= 2 - 3)$ , et ici, le bit  $Z$  prend la valeur 0 et le bit  $N$  la valeur 1.

3. Instruction de comparaison : `CMP source, destination` qui effectue le même traitement que `SUB` sans mise à jour du contenu de `destination` (par contre les bits  $Z$  et  $N$  sont modifiés comme pour `SUB` ;

4. Instructions de saut :

(a) Saut inconditionnel : `JMP destination` permet de passer directement à l'instruction `destination` dans un programme ;

(b) Sauts conditionnels :

- i. `JEQ destination` : on passe à l'instruction `destination` à la condition que  $Z = 1$  (c'est-à-dire que le résultat de la dernière opération effectuée est nul) ;
- ii. `JNE destination` : on passe à l'instruction `destination` à condition que  $Z = 0$  (le résultat de la dernière opération effectuée n'est pas nul) ;
- iii. `JLT destination` : on passe à l'instruction `destination` à condition que  $N = 0$  (le résultat de la dernière opération effectuée est négatif) ;
- iv. `JLE destination` : on passe à l'instruction `destination` à condition que  $N = 0$  ou  $Z = 1$  ;
- v. `JGT destination` : on passe à l'instruction `destination` à condition que  $N = 1$  ;
- vi. `JGE destination` : on passe à l'instruction `destination` à condition que  $N = 1$  ou  $Z = 1$ .

Exemples :

1. Supposons que la valeur d'une variable  $x$  soit stockée dans  $D_0$ . L'algorithme suivant  
`Si x>3,`  
    alors affecter  $x-5$  à  $x$  ;  
    sinon affecter  $x+10$  à  $x$  ;

```

fin si ;
suite du programme...
se traduit en LM0 comme suit :
100 : CMP #3, D0
102 : JGE #108
104 : SUB #5, D0
106 : JMP #110
108 : ADD #10, D0
110 : suite du programme...

```

2. Supposons encore que la valeur de la variable  $x$  soit stockée dans  $D_0$ . Considérons l'algorithme

```

Tant que  $x > 10$  Faire
    Affecter  $x-1$  à  $x$ ;
Fin Tant que ;
suite du programme...

```

Ce dernier se retranscrit en LM0 ainsi qu'il suit :

```

100 : CMP #10, D0
102 : JGE #108
104 : SUB #1, D0
106 : JMP #100
108 : suite du programme...

```

## Exercices

Une chaîne de caractères est codée en C grâce à un tableau de caractères dont le dernier caractère de la chaîne est suivi par un 0. Par exemple : si "abc" est stocké dans un tableau déclaré par `char t[10]`; alors `t[0]` contient 'a' (97), `t[1]` contient 'b' (98), `t[2]` contient 'c' (99) et `t[3]` contient 0. (Entre parenthèses sont données les valeurs dans la table ASCII des caractères.) Nous allons écrire les instructions en LM0 qui permettent de :

1. récupérer la longueur d'une chaîne.
2. concaténer deux chaînes.
3. vérifier si deux chaînes sont identiques.

### Exercice $n^o$ 1 : Calcul de la longueur d'une chaîne

Écrire un (bout de) programme en LM0 qui calcule la longueur d'une chaîne de caractères (la longueur finalement calculée sera contenue dans le registre D0 et on suppose que le début de la chaîne se situe à l'adresse 200).

### Exercice $n^o$ 2 : Concaténation de deux chaînes

Écrire un (bout de) programme effectuant la concaténation de deux chaînes en langage machine LM0. (On suppose que la première chaîne débute à l'adresse 150, la seconde à l'adresse 175 et le résultat de la concaténation débute à l'adresse 200.)

### **Exercice n° 3 : Test d'égalité entre deux chaînes**

Écrire un (bout de) programme effectuant le test d'égalité entre deux chaînes en langage machine LM0. (On suppose que la première chaîne débute à l'adresse 150, la seconde à l'adresse 200. D0 contiendra 1 si les deux chaînes sont égales et 0 dans le cas contraire.)