

Architecture des ordinateurs

Fiche n°3

ESIPE - INFO 1 2024 –2025

Entrées/sorties et sauts

Cette fiche est à faire en une séance (soit 2 h, sans compter le temps de travail personnel), et en binôme. Il faudra

1. réaliser un rapport soigné à rendre **au format pdf** contenant les réponses aux questions de cette fiche (exercices marqués par ■), une introduction et une conclusion ;
2. écrire les différents fichiers sources des programmes demandés. Veiller à nommer correctement les fichiers sources. Ceux-ci doivent **impérativement** être des fichiers compilables par Nasm ;
3. réaliser une archive **au format zip** contenant les fichiers des programmes et le rapport. Le nom de l'archive doit être sous la forme `AO_TP3_NOM1_NOM2.zip` où `NOM1` et `NOM2` sont respectivement les noms de famille des deux binômes dans l'ordre alphabétique ;
4. déposer l'archive sur la plate-forme de rendu.

Tous les fichiers complémentaires nécessaires à ce TP se trouvent sur le site

<https://igm.univ-mlv.fr/~derycke/AO/>

L'objectif de ce TP est de réaliser des programmes simples en assembleur utilisant des sauts conditionnels. Pour faciliter les entrées/sorties, nous allons utiliser une bibliothèque de fonctions développée par Paul Carter. Cette bibliothèque et son utilisation seront présentées dans la première partie du TP. Une deuxième partie donne une introduction sur les sauts conditionnels.

1 La bibliothèque d'entrée/sortie `asm_io`

Pour utiliser cette bibliothèque, il faut télécharger et copier dans le répertoire de travail les fichiers `asm_io.asm` et `asm_io.inc`. Cette bibliothèque fournit plusieurs fonctions : `print_string`, `print_int`, `read_int`, `print_nl`, `print_espace`. Voici quelques explications :

1. `print_string` affiche sur la sortie standard la chaîne de caractères (terminée par un octet de valeur 0) dont l'adresse est contenue dans `eax` ;
2. `print_int` affiche sur la sortie standard l'entier signé contenu dans `eax` ;
3. `read_int` lit sur l'entrée standard un entier signé et l'enregistre dans `eax` ;
4. `print_nl` affiche sur la sortie standard un retour à la ligne ;
5. `print_espace` affiche une espace sur la sortie standard.

Nous allons voir comment les utiliser sur un exemple. Le programme `Add.asm` demande à l'utilisateur de saisir deux nombres et affiche ensuite leur somme.

```
1  %include "asm_io.inc"
2
3  SECTION .data
4  prompt1 : db "Entrer un nombre : ", 0
5  prompt2 : db "Un autre nombre : ", 0
6  outmsg1 : db "La somme est ", 0
7
8  SECTION .bss
9  input1 : resd 1
10 input2 : resd 1
11
12 SECTION .text
13 global main
14 main :
15     mov eax, prompt1
16     call print_string      ; Affichage de prompt1.
17     call read_int         ; Lecture d'un entier.
18     mov [input1], eax
19     mov eax, prompt2
20     call print_string      ; Affichage de prompt2.
21     call read_int         ; Lecture d'un entier.
22     mov [input2], eax
23     mov eax, [input1]
24     add eax, [input2]
25     mov ebx, eax
26     mov eax, outmsg1
27     call print_string      ; Affichage de outmsg1.
28     mov eax, ebx
29     call print_int        ; Affichage de ?
30     call print_nl         ; Affichage d'une nouvelle ligne.
31     mov ebx, 0
32     mov eax, 1
33     int 0x80
```

Pour compiler le programme, nous employons les trois commandes

```
nasm -f elf32 asm_io.asm
nasm -f elf32 Add.asm
ld -o Add -melf_i386 -e main Add.o asm_io.o
```

Il est à noter que la 1 ligne permet l'obtention de `asm_io.o` et que celle n'est à exécuter qu'une unique fois dans toute la suite : en effet, une fois `asm_io.o` obtenu, il est inutile de le générer à nouveau pour simplement l'utiliser.

Exercice 1 ■ En observant le programme `Add.asm`, expliquer

1. ce que fait la ligne 18

2. ce que fait la ligne 24
3. ce que fait la ligne 29
4. ce que font les lignes 31, 32 et 33.

Remarque 1

1. L'inclusion de la bibliothèque se fait avec la ligne `%include "asm_io.inc"`. Pour faire appel aux fonctions qu'elle fournit, il faut écrire : `call print_int`, `call print_nl`, *etc.*
2. La bibliothèque `asm_io` utilise un tampon de 1000 octets. Si le nombre de caractères entrés dans un programme dépasse 1000, les résultats sont indéfinis. Pour en savoir plus, les sources de la bibliothèque sont consultables et se trouvent dans `asm_io.asm`.
3. Le tampon n'est pas automatiquement vidé quand l'exécution du programme s'arrête. Ainsi, il se peut que des instructions de sortie réalisant des affichages ne soient pas effectivement visibles sur la sortie. Il faut donc penser à faire un appel à `print_nl` avant de sortir du programme, instruction qui a pour effet de vider le tampon.
4. La section `bss` permet de réserver de la mémoire initialisée à 0. Par exemple, `resd 10` réserve 10 `dword` valant 0. L'instruction `resb` permet de réserver des octets plutôt que des `dword`. Écrire `resd 5` au début la section `bss` est équivalent à écrire `dd 0,0,0,0,0` à la fin de la section `data`. La section `bss` peut ainsi servir à stocker l'équivalent de variables globales.

2 Les sauts inconditionnels/conditionnels

La forme la plus simple de saut est le saut inconditionnel. La syntaxe est

```
jmp label
```

Cette instruction saute à l'adresse `label`.

Les sauts conditionnels ne sont réalisés que sous certaines conditions. Ces conditions dépendent de la valeur des drapeaux du processeur. Par exemple, `jc` saute si le drapeau `CF` (Carry Flag) est à 1 et passe à la ligne suivante sinon.

Une façon simple d'utiliser les sauts conditionnels est en conjonction avec l'instruction `cmp`. Par exemple, dans

```
cmp eax, 0
je fin
mov ebx, ecx
```

si `eax` est égal à 0, le programme saute au label `fin` et sinon il continue à l'instruction suivante, c'est à dire `mov ebx, ecx` dans cet exemple.

La table 1 recense les sauts conditionnels et leurs effets.

Table 1: Sauts conditionnels usuels sur l'instruction `cmp vleft, vright`.

Signé				Non signé			
<code>je</code>	saute si vleft	=	vright	<code>je</code>	saute si vleft	=	vright
<code>jne</code>	saute si vleft	≠	vright	<code>jne</code>	saute si vleft	≠	vright
<code>j1, jnge</code>	saute si vleft	<	vright	<code>jb, jnae</code>	saute si vleft	<	vright
<code>jle, jng</code>	saute si vleft	≤	vright	<code>jbe, jna</code>	saute si vleft	≤	vright
<code>jg, jnle</code>	saute si vleft	>	vright	<code>ja, jnbe</code>	saute si vleft	>	vright
<code>jge, jnl</code>	saute si vleft	≥	vright	<code>jae, jnb</code>	saute si vleft	≥	vright

Exercice 2 ■ Considérons la suite d'instructions

```

mov eax, 0xFFFFFFFF
cmp eax, 0
jg aff_1
mov eax, 0
call print_int
aff_1 :
mov eax, 1
call print_int

```

1. Expliquer ce qu'elles affichent en précisant ce que fait chaque étape de l'exécution.
2. Reprendre la question précédente en en considérant la suite d'instructions obtenue en remplaçant `jg` par `ja` en ligne 3.

Remarque 2 Pour l'exercice précédent, mais aussi pour les prochains dans ce TP et dans le suivant, prendre l'habitude de programmer et d'exécuter les suites d'instructions dont le comportement est à expliquer. Les fonctions d'entrée/sortie permettent d'afficher et d'exploiter les valeurs calculées.

3 Mise en pratique

Il est possible d'utiliser le fichier `Base.asm` comme base pour vos propres programmes et le script `Compile.sh` pour les assembler. Il suffit maintenant de saisir la commande

```
./Compile.sh Base
```

pour assembler le programme `Base.asm`. La compilation fournie par ce script nécessite la présence de `asm_io.o` dans le répertoire courant. Il faut de plus que le script soit exécutable ; si ce n'est pas le cas, le rendre exécutable par

```
chmod +x Compile.sh
```

Exercice 3 Écrire un programme `E3.asm` qui lit deux entiers au clavier et affiche le maximum.

Exercice 9 On cherche une autre manière de réaliser le programme de l'exercice précédent. En traitant manuellement quelques exemples, décrire ce que l'on obtient si l'on réalise le *ET* logique (instruction `and`) entre `eax` et `eax - 1`. En déduire un autre programme `E9.asm` calculant le nombre de bits valant 1 dans `eax`. Expliquer l'avantage de cette approche par rapport à celle de l'exercice précédent.

Exercice 10 ■ Écrire un programme `E10.asm` qui lit en entrée une suite d'entiers compris entre 0 et 50 et terminée par `-1` et affiche ensuite la liste dans l'ordre croissant des entiers entre 0 et 50 qui ne sont pas apparus dans la liste d'entrée. Par exemple, si la liste tapée en entrée est

4 1 15 1 2 -1,

Le programme affichera

0 3 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 16 17 18

Astuce 2 Il est possible de réserver 51 octets dans la section `data` qui serviront à se souvenir des nombres qui ont été vus. Chaque octet en position `i` va contenir 1 ou 0 suivant si l'entier `i` a été vu ou non.

Exercice 11 Écrire une nouvelle version `E11.asm` du programme de l'exercice précédent dans lequel on s'interdit toute lecture/écriture en mémoire. On n'utilise ainsi que les registres.

Astuce 3 Un registre est une suite de 32 bits qui peut être utilisée pour représenter l'absence ou la présence de tout entier compris entre 0 et 31. Par exemple, le fait que le bit d'indice 3 soit à 1 et le bit d'indice 9 soit à 0 dans `eax` signifie que `eax` représente un ensemble d'entiers contenant 3 mais pas 9.