Programmation assembleur

Christophe Viroulaud

Première - NSI

L'*unité de contrôle* d'un processeur lit des instructions contenues dans la mémoire et ordonne à l'*unité arithmétique et logique* de les exécuter. Cependant, le processeur ne comprend pas le langage humain et des consignes même simples ne sont pas directement interprétables par la machine.

L'*unité de contrôle* d'un processeur lit des instructions contenues dans la mémoire et ordonne à l'*unité arithmétique et logique* de les exécuter. Cependant, le processeur ne comprend pas le langage humain et des consignes même simples ne sont pas directement interprétables par la machine.

Comment l'Homme communique avec la machine ?

Comment l'Homme communique avec la machine ?

Sommaire

1. Langage machine
1.1 Langage binaire
1.2 Langage de bas niveau
2. Langage assembleur

Sommaire

Langage machine

À retenir
Un processeur est un composant électronique : il n'interprète que des signaux électriques.

Langage machine

À retenir

Un processeur est un composant électronique : il n'interprète que des signaux électriques.

Techniquement il ne peut y avoir que deux états :
- passage de courant électrique représenté par le chiffre 1,
- absence de courant électrique représenté par le chiffre 0.

On parle de **langage binaire**.

Techniquement il ne peut y avoir que deux états :

- passage de courant électrique représenté par le chiffre 1,
- absence de courant électrique représenté par le chiffre 0.

On parle de **langage binaire**.

Un concept déjà existant
1801
Joseph-Marie Jacquard a développé un métier à tisser avec lequel le motif à tisser était déterminé par des cartes perforées.

Un concept déjà existant

1801

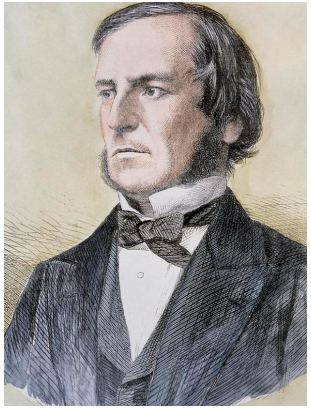
Joseph-Marie Jacquard a développé un métier à tisser avec lequel le motif à tisser était déterminé par des cartes perforées.

Une théorie mathématique

1844-1854
George Boole crée une algèbre binaire, dite booléenne, n'acceptant que deux valeurs numériques : 0 et 1.

1. de nombreuses applications en électronique et informatique grâce à Claude Shannon dès 1938.
2. plus de détails dans un cours prochain.

Une théorie mathématique



1844-1854

George Boole crée une algèbre binaire, dite booléenne, n'acceptant que deux valeurs numériques : 0 et 1.

Sommaire
1. Langage machine
1.2 Langage de bas niveau
2. Langage assembleur

Sommaire

Langage de bas niveau

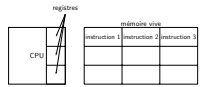


FIGURE 1 – Rappel : modèle de von Neumann

1. registres = emplacement mémoire très rapide et très proche processeur (soudés à côté)
2. CPU = UA + UC
3. cpu va cherche instruction 1 puis 2...

Langage de bas niveau

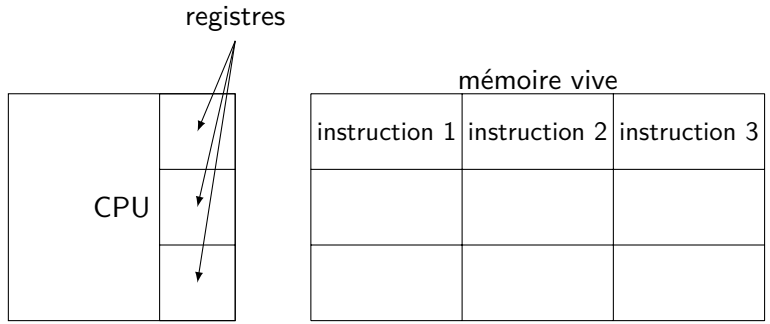
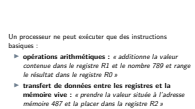


FIGURE 1 – Rappel : modèle de von Neumann

Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :
- **opérations arithmétiques :** *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*

Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :

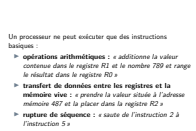
- **opérations arithmétiques :** *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*


Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :

- **opérations arithmétiques :** *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*
- **transfert de données entre les registres et la mémoire vive :** *« prendre la valeur située à l'adresse mémoire 487 et la placer dans la registre R2 »*

Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :

- **opérations arithmétiques :** *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*
- **transfert de données entre les registres et la mémoire vive :** *« prendre la valeur située à l'adresse mémoire 487 et la placer dans la registre R2 »*


Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :
- **opérations arithmétiques :** *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*
- **transfert de données entre les registres et la mémoire vive :** *« prendre la valeur située à l'adresse mémoire 487 et la placer dans la registre R2 »*
- **rupture de séquence :** *« saute de l'instruction 2 à l'instruction 5 »*

Un processeur ne peut exécuter que des instructions basiques :

- **opérations arithmétiques :** *« additionne la valeur contenue dans le registre R1 et le nombre 789 et range le résultat dans le registre R0 »*
- **transfert de données entre les registres et la mémoire vive :** *« prendre la valeur située à l'adresse mémoire 487 et la placer dans la registre R2 »*
- **rupture de séquence :** *« saute de l'instruction 2 à l'instruction 5 »*

Sommaire

1. Langage machine
2. Langage assembleur
2.1 Un langage intermédiaire
2.2 Découverte d'un simulateur
2.3 Opérations arithmétiques
2.4 Transfert de données
2.5 Rupture de séquence
2.6 Entrées / Sorties

Sommaire

Un langage intermédiaire

Le code *0010 0110* donne l'ordre au processeur d'effectuer une multiplication.

Un langage intermédiaire

Le code *0010 0110* donne l'ordre au processeur d'effectuer une multiplication.

À retenir
Pour faciliter la vie des informaticiens, on remplace les code binaires par des **symboles mnémoniques**.
ADD, MOV, SUB...

À retenir

Pour faciliter la vie des informaticiens, on remplace les code binaires par des **symboles mnémoniques**.

ADD, MOV, SUB...

Sommaire

Sommaire

en mode TP à partir d'ici

Découverte d'un simulateur

Activité 1 :
1. Ouvrir la page https://www.peterhigginson.co.uk/ARMlite/
2. Repérer les éléments du modèle de von Neumann.

Découverte d'un simulateur

Activité 1 :

1. Ouvrir la page https://www.peterhigginson.co.uk/ARMlite/
2. Repérer les éléments du modèle de von Neumann.

Correction

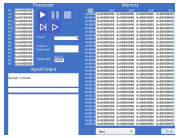


Figure 2 – Simulateur 32-bit ARM

Correction

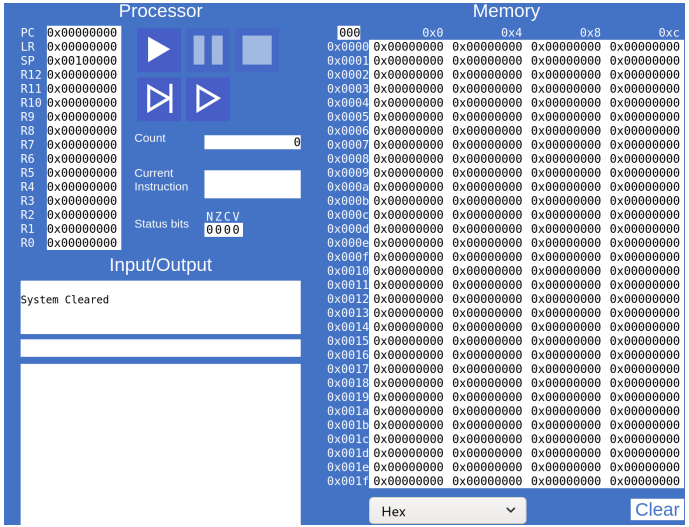
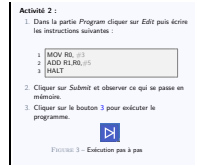


Figure 2 – Simulateur 32-bit ARM


Activité 2 :
1. Dans la partie Program cliquer sur Edit puis écrire les instructions suivantes :
```
1 MOV R0, #3
2 ADD R1,R0,#5
3 HALT
```
2. Cliquer sur Submit et observer ce qui se passe en mémoire.
3. Cliquer sur le bouton 3 pour exécuter le programme.
FIGURE 3 – Exécution pas à pas

Activité 2 :

1. Dans la partie *Program* cliquer sur *Edit* puis écrire les instructions suivantes :

```
1 MOV R0, #3
2 ADD R1,R0,#5
3 HALT
```

2. Cliquer sur *Submit* et observer ce qui se passe en mémoire.
3. Cliquer sur le bouton 3 pour exécuter le programme.

FIGURE 3 – Exécution pas à pas

Correction
- Le processeur exécute les instructions les unes après les autres.
- Les **mots-mémoires** sont présentés en *hexadécimal*.

Commentaire
Dans cette première approche, nous afficherons les mots-mémoires et les données en
Decimal (signed)

1. si pas halt, continue à lire les mot-mémoires.
2. passer en binaire aussi pour voir

Correction

- Le processeur exécute les instructions les unes après les autres.
- Les **mots-mémoires** sont présentés en *hexadécimal*.

Commentaire

Dans cette première approche, nous afficherons les mots-mémoires et les données en

Decimal (signed)

Sommaire

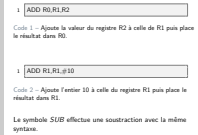
Sommaire

Opérations arithmétiques
À retenir
Un processeur ne peut effectuer des calculs qu'avec des valeurs situées dans ses registres.

Opérations arithmétiques

À retenir

Un processeur ne peut effectuer des calculs qu'avec des valeurs situées dans ses registres.


1 ADD R0,R1,R2

Code 1 – Ajoute la valeur du registre R2 à celle de R1 puis place le résultat dans R0.

1 ADD R1,R1,#10

Code 2 – Ajoute l'entier 10 à celle du registre R1 puis place le résultat dans R1.

Le symbole *SUB* effectue une soustraction avec la même syntaxe.

```
1 ADD R0,R1,R2
```

Code 1 – Ajoute la valeur du registre R2 à celle de R1 puis place le résultat dans R0.

```
1 ADD R1,R1,#10
```

Code 2 – Ajoute l'entier 10 à celle du registre R1 puis place le résultat dans R1.

Le symbole *SUB* effectue une soustraction avec la même syntaxe.

Le compte est bon

Activité 3 : Dans le jeu du *compte est bon* il faut retrouver un résultat à partir d'une série d'entiers. Dans cet exemple nous n'utiliserons que des additions et des soustractions.
La série de nombre est : 12 20 57 3
Écrire un programme qui retrouve le résultat 52.

Le compte est bon

Activité 3 : Dans le jeu du *compte est bon* il faut retrouver un résultat à partir d'une série d'entiers. Dans cet exemple nous n'utiliserons que des additions et des soustractions.
La série de nombre est : 12 20 57 3
Écrire un programme qui retrouve le résultat 52.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.

Correction

Code 3 – Un code possible

Correction

```
1 ADD R0,R0,#57
2 ADD R0,R0,#3
3 ADD R0,R0,#12
4 SUB R0,R0,#20
5 HALT
```

Code 3 – Un code possible

Sommaire

Sommaire

Transfert de données

Il est possible d'envoyer une valeur directement dans un registre.

1 MOV R0, #10

Code 4 – Place la valeur 10 dans R0.

Transfert de données

Il est possible d'envoyer une valeur directement dans un registre.

```
1 MOV R0, #10
```

Code 4 – Place la valeur 10 dans R0.


Il arrive régulièrement que les données soient déjà stockées dans la mémoire vive. Avant d'effectuer une opération arithmétique avec ces valeurs, il faut d'abord les charger dans les registres.

```
1 LDR R0,16
```

Code 5 – **L**oa**DR**egister : charge dans R0 la valeur située à **l'adresse** 16 de la mémoire.

Il arrive régulièrement que les données soient déjà stockées dans la mémoire vive. Avant d'effectuer une opération arithmétique avec ces valeurs, il faut d'abord les charger dans les registres.

```
1 LDR R0,16
```

Code 5 – **L**oa**DR**egister : charge dans R0 la valeur située à **l'adresse** 16 de la mémoire.

1 STR R0,20

Code 6 – **ST**ore**R**egister : stocke la valeur de R0 dans l'espace mémoire situé à **l'adresse** 20.

```
1 STR R0,20
```

Code 6 – **ST**ore**R**egister : stocke la valeur de R0 dans l'espace mémoire situé à **l'adresse** 20.

Il semble fastidieux de demander au programmeur de manipuler les adresses mémoires. Heureusement il est possible d'assigner un **label** à un mot-mémoire.

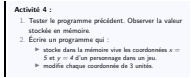
```
1 LDR R0, mavaleur
2 HALT
3 mavaleur: 10
```

Code 7 – charge dans R0 la valeur située dans la case mémoire *mavaleur*.

Il semble fastidieux de demander au programmeur de manipuler les adresses mémoires. Heureusement il est possible d'assigner un **label** à un mot-mémoire.

```
1 LDR R0, mavaleur
2 HALT
3 mavaleur: 10
```

Code 7 – charge dans R0 la valeur située dans la case mémoire *mavaleur*.


Activité 4 :
1. Tester le programme précédent. Observer la valeur stockée en mémoire.
2. Écrire un programme qui :
   - stocke dans la mémoire vive les coordonnées $x = 5$ et $y = 4$ d'un personnage dans un jeu.
   - modifie chaque coordonnée de 3 unités.

Activité 4 :

1. Tester le programme précédent. Observer la valeur stockée en mémoire.
2. Écrire un programme qui :
   - stocke dans la mémoire vive les coordonnées $x = 5$ et $y = 4$ d'un personnage dans un jeu.
   - modifie chaque coordonnée de 3 unités.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.

Correction

```
1 LDR R0, x
2 ADD R0, R0, #3
3 STR R0, x
4 LDR R1, y
5 ADD R1, R1, #3
6 STR R1, y
7 HALT
8 x: 5
9 y: 4
```

Correction

```
1 LDR R0, x
2 ADD R0, R0, #3
3 STR R0, x
4 LDR R1, y
5 ADD R1, R1, #3
6 STR R1, y
7 HALT
8 x: 5
9 y: 4
```

Sommaire

Sommaire

Rupture de séquence
Les codes construits précédemment sont exécutés linéairement. Il peut être nécessaire de sauter à certains points de code.

```
1  MOV R0, #10
2  MOV R1, #10
3  // Compare les valeurs de R0 et R1
4  CMP R0, R1
5  // Si les valeurs sont égales, saute au label
6  BEQ labelegal
7  MOV R2, R0
8  HALT
9  labelegal:
10 STR R0, mavaleur
11 HALT
12 mavaleur: 5
```

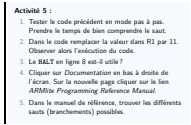
Code 8 – Les // permettent de commenter le code.

Rupture de séquence

Les codes construits précédemment sont exécutés linéairement. Il peut être nécessaire de *sauter* à certains points de code.

```
1  MOV R0, #10
2  MOV R1, #10
3  // Compare les valeurs de R0 et R1
4  CMP R0, R1
5  // Si les valeurs sont égales, saute au label
6  BEQ labelegal
7  MOV R2, R0
8  HALT
9  labelegal:
10 STR R0, mavaleur
11 HALT
12 mavaleur: 5
```

Code 8 – Les // permettent de commenter le code.


Activité 5 :
1. Tester le code précédent en mode pas à pas. Prendre le temps de bien comprendre le saut.
2. Dans le code remplacer la valeur dans R1 par 11. Observer alors l'exécution du code.
3. Le HALT en ligne 8 est-il utile ?
4. Cliquer sur Documentation en bas à droite de l'écran. Sur la nouvelle page cliquer sur le lien ARMlite Programming Reference Manual.
5. Dans le manuel de référence, trouver les différents sauts (branchements) possibles.

Activité 5 :

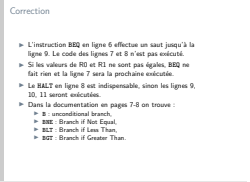
1. Tester le code précédent en mode pas à pas. Prendre le temps de bien comprendre le saut.
2. Dans le code remplacer la valeur dans R1 par 11. Observer alors l'exécution du code.
3. Le `HALT` en ligne 8 est-il utile ?
4. Cliquer sur *Documentation* en bas à droite de l'écran. Sur la nouvelle page cliquer sur le lien *ARMlite Programming Reference Manual*.
5. Dans le manuel de référence, trouver les différents sauts (branchements) possibles.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.


Correction

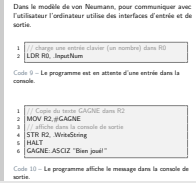
- L'instruction BEQ en ligne 6 effectue un saut jusqu'à la ligne 9. Le code des lignes 7 et 8 n'est pas exécuté.
- Si les valeurs de R0 et R1 ne sont pas égales, BEQ ne fait rien et la ligne 7 sera la prochaine exécutée.
- Le HALT en ligne 8 est indispensable, sinon les lignes 9, 10, 11 seront exécutées.
- Dans la documentation en pages 7-8 on trouve :
  - B : unconditional branch,
  - BNE : Branch if Not Equal,
  - BLT : Branch if Less Than,
  - BGT : Branch if Greater Than.

Correction

- L'instruction **BEQ** en ligne 6 effectue un saut jusqu'à la ligne 9. Le code des lignes 7 et 8 n'est pas exécuté.
- Si les valeurs de R0 et R1 ne sont pas égales, **BEQ** ne fait rien et la ligne 7 sera la prochaine exécutée.
- Le **HALT** en ligne 8 est indispensable, sinon les lignes 9, 10, 11 seront exécutées.
- Dans la documentation en pages 7-8 on trouve :
  - **B** : unconditional branch,
  - **BNE** : Branch if Not Equal,
  - **BLT** : Branch if Less Than,
  - **BGT** : Branch if Greater Than.

Sommaire

Sommaire


Dans le modèle de von Neumann, pour communiquer avec l'utilisateur l'ordinateur utilise des interfaces d'entrée et de sortie.

```
1 // charge une entrée clavier (un nombre) dans R0
2 LDR R0, .InputNum
```

Code 9 – Le programme est en attente d'une entrée dans la console.

```
1 // Copie du texte GAGNE dans R2
2 MOV R2,#GAGNE
3 // affiche dans la console de sortie
4 STR R2, .WriteString
5 HALT
6 GAGNE:.ASCIZ "Bien joué!"
```

Code 10 – Le programme affiche le message dans la console de sortie.

pour entrer un texte MOV R0,#myName
STR R0,.ReadString

Dans le modèle de von Neumann, pour communiquer avec l'utilisateur l'ordinateur utilise des interfaces d'entrée et de sortie.

```
1 // charge une entrée clavier (un nombre) dans R0
2 LDR R0, .InputNum
```

Code 9 – Le programme est en attente d'une entrée dans la console.

```
1 // Copie du texte GAGNE dans R2
2 MOV R2,#GAGNE
3 // affiche dans la console de sortie
4 STR R2, .WriteString
5 HALT
6 GAGNE:.ASCIZ "Bien joué!"
```

Code 10 – Le programme affiche le message dans la console de sortie.

Activité 6 : Écrire un programme qui :
- demande à l'utilisateur un nombre entre 1 et 10,
- le compare à un nombre préalablement chargé en mémoire, par le programmeur,
- affiche *Bravo* si l'utilisateur trouve le bon nombre,
- affiche *Perdu* sinon.

Activité 6 : Écrire un programme qui :

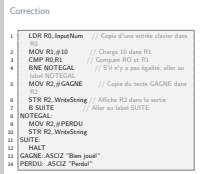
- demande à l'utilisateur un nombre entre 1 et 10,
- le compare à un nombre préalablement chargé en mémoire, par le programmeur,
- affiche *Bravo* si l'utilisateur trouve le bon nombre,
- affiche *Perdu* sinon.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.

Avant de regarder la correction

- Prendre le temps de réfléchir,
- Analyser les messages d'erreur,
- Demander au professeur.


Correction

```
1   LDR R0,.InputNum    // Copie d'une entrée clavier dans R0
2   MOV R1,#10          // Charge 10 dans R1
3   CMP R0,R1           // Compare RO et R1
4   BNE NOTEGAL         // S'il n'y a pas égalité, aller au label NOTEGAL
5   MOV R2,#GAGNE       // Copie du texte GAGNE dans R2
6   STR R2,.WriteString // Affiche R2 dans la sortie
7   B SUITE             // Aller au label SUITE
8  NOTEGAL:
9   MOV R2,#PERDU
10  STR R2,.WriteString
11 SUITE:
12  HALT
13 GAGNE:.ASCIZ "Bien joué!"
14 PERDU: .ASCIZ "Perdu!"
```

on peut gérer le **HALT** différemment : dépend des habitudes du programmeur

Correction

```
1   LDR R0,.InputNum    // Copie d'une entrée clavier dans R0
2   MOV R1,#10          // Charge 10 dans R1
3   CMP R0,R1           // Compare RO et R1
4   BNE NOTEGAL         // S'il n'y a pas égalité, aller au label NOTEGAL
5   MOV R2,#GAGNE       // Copie du texte GAGNE dans R2
6   STR R2,.WriteString // Affiche R2 dans la sortie
7   B SUITE             // Aller au label SUITE
8  NOTEGAL:
9   MOV R2,#PERDU
10  STR R2,.WriteString
11 SUITE:
12  HALT
13 GAGNE:.ASCIZ "Bien joué!"
14 PERDU: .ASCIZ "Perdu!"
```

Bibliographie
- http://www.lunil.com/technologie-cartes-perforees-informatiques/
- https://info.blaisepascal.fr/

Bibliographie

- http://www.lunil.com/technologie-cartes-perforees-informatiques/
- https://info.blaisepascal.fr/