Programmation Générale

DAEMONLAB

REDASM

Une machine dans votre machine

- DaemonLab -

Ce projet consiste à réaliser un logiciel d'assemblage. Un logiciel d'assemblage est un logiciel assurant la transformation d'un langage de programmation, l'assembleur, en son équivalent binaire, executable par un ordinateur.

*La machine pour lequel vous allez générer du binaire est un ordinateur 16 bits à l'architecture originale. La partie qui vous incombe est… son **micro-processeur**. Ce micro-processeur disposera de registres 16 bits, d'un bus de données de 16 bits, d'un bus d'adresse de 16bits et son byte ne sera pas un octet mais un seizet… soit 16bits et non 8.*

INDEX

Avant-propos :

01 – Détails administratifs

Votre travail doit être rendu le dossier **~/projets/redsteel/** dans l'espace personnel de l'administrateur de l'équipe.

Ce travail est a effectuer en équipe de 4. Durant ce projet, vous serez à même de travailler ensemble votre compréhension de la nature du micro-processeur autant que son implémentation. Lors de la soutenance finale, vous serez tous interrogé sur des aspects essentiels des ordinateurs afin de nous assurer de la compréhension de chacun

02 – Propreté de votre rendu

Votre rendu, c'est à dire le contenu de l'archive ou du dépôt que vous entrez sur l'interface du TechnoCentre, doit respecter **strictement** l'ensemble des règles suivantes :

- Il ne doit contenir **aucun** fichier objet. (*.o)
- Il ne doit contenir **aucun** ichier tampon. (*~, #*#)
- Il ne doit pas contenir votre production finale.

La présence d'un fichier interdit mettra immédiatement fin à votre évaluation.

03 – Fonctions autorisées

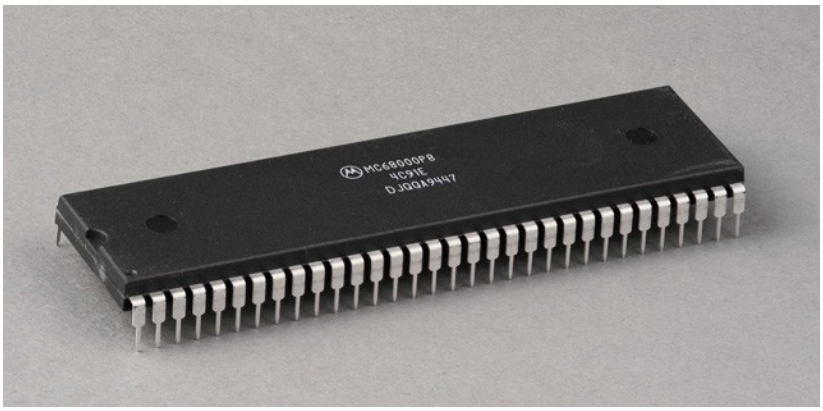
Concernant le travail sur le CPU, vous n'avez le droit à aucune fonction.

Concernant un éventuel travail bonus, vous avez le droit aux fonctions suivantes :

- open, close, read, write, malloc, free, alloca
- srand, rand, cos, sin, atan2, sqrt
- opendir, readdir, closedir, mkdir, stat, getgrgid, getpwuid
- strftime, localtime, time

04 – Micro-processeur ? Émulateur ? Machine virtuelle ?

Qu'est ce qu'un processeur ? Il s'agit d'un système dont le métier consiste à réaliser des taches, généralement simple, sur ordre. Qu'est ce qu'un micro-processeur ? Il s'agit d'un processeur fabriqué dans un **micro-circuit**, un « circuit intégré », dit « microchip » en anglais. C'est à dire une puce électronique.



Le Motorola 68000, un micro-processeur emblématique des années 80.

Les taches à effectuer sont décrites dans un format appelé **langage machine**. Ce format est propre au micro-processeur. Vous pouvez voir le micro-processeur comme l'interprète de son propre langage machine. Une tache porte le nom d'**instruction**.

Un émulateur est un logiciel réalisant la simulation d'un appareil. Votre terminal par exemple est en fait un **émulateur de terminal** car un terminal est un appareil électronique à l'origine :

Le VT100, un terminal produit par DEC, extrêmement répandu, permettant de se connecter à un « ordinateur central », c'est à dire un serveur, en mode texte.

Une « machine virtuelle » est donc l'effet produit par un émulateur lorsque celui-ci simule le fonctionnement d'un ordinateur.
Le terme « machine virtuelle » fait aussi souvent référence aux interprètes de langages binaires tel que la « Java virtual machine » ou JVM qui interprète le langage JAVA une fois celui-ci traduit en binaire.
Le terme est également utilisé par des logiciels effectuant une isolation d'une partie de l'environnement de l'ordinateur pour exécuter un environnement spécifique autre que celui d'exécution du logiciel isolant : VMWare, VirtualBox par exemple.

Dans le cadre du projet REDASM, vous allez devoir programmer un logiciel assurant la transformation du langage assembleur émulateur de micro-processeur. La description du langage est disponible parmi les ressources du projet.

Le fonctionnement du micro-processeur est de de récupérer en mémoire une information : une instruction à exécuter, ainsi que les paramètres de cette instruction, normalement situé immédiatement après. Les instructions sont toujours simples : copier une valeur, faire une addition, déplacer la tête de lecture du programme, etc.
Le langage assembleur représente ces commandes en les nommant en lieu et place de les numéroter.

La documentation du REDSTEEL vous est fournie au format texte en annexe du projet, parmi les ressources, au même endroit que rasm, remu et que la carte vidéo.

05 – Votre tâche

Contrairement à d'autres projets où vous avez du **tout** réaliser, dans le projet REDASM, vous ne serez à l'origine que d'une partie du logiciel final.

Votre travail consistera à réaliser un logiciel d'assemblage fournissant des fichiers exploitables par remu, l'émulateur.

Le travail de remu étant de lier les différentes parties de la machine virtuelle, son micro-processeur, son clavier, sa carte vidéo, sa carte son, sa carte de gestion des disques et sa carte réseau. L'émulateur apporte la mémoire centrale ainsi que le mécanisme de chargement de deux fichiers .red contenant du code machine, qui **eux** sont produit par votre logiciel.

Les fichiers sont rom.red, contenant la ROM de la machine, et un autre fichier .red quelconque qui sera chargé comme « cartouche » à la manière d'une console de jeu.

L'émulation est complète mais il n'est pas possible d'exploiter ses mécanismes faute de programme : il manque l'élément permettant d'écrire, le logiciel d'assemblage, dont le rôle est de lire le code assembleur et de générer les fichiers binaires équivalents. **Programmer cette partie là est votre rôle.**

Pour vous aider, vous avez bien sur remu, mais également rasm, qui **vous servira de programme de référence** : en effet, rasm n'est rien d'autre que… le programme que vous devez écrire.

Ce n'est pas tout, vous avez à disposition également plusieurs fichiers .rs que vous pourrez exécuter sur votre micro-processeur afin d'en tester le fonctionnement. Vous disposerez également de la TurboFX GeBansheeForce 2000RTX Voodoo, une carte vidéo virtuelle compatible avec remu et qui vous permettra d'aller encore plus loin dans vos tests.

Pour terminer, vous disposerez également d'un micro-processeur virtuel conçu par le DAEMONLAB comme référence de fonctionnement. Vous êtes bien sur libre d'étendre votre propre micro-processeur tant qu'il demeure compatible (par exemple, en ajoutant des instructions, des registres ou toute autre chose que vous pourrez imaginer)

06 – L'assembleur

Le logiciel rasm pour RedAssembler est un logiciel permettant d'effectuer une traduction assembleur vers langage machine (opération appelé assemblage) et également l'opération inverse (appelé désassemblage)

Le logiciel rasm vous servira à générer des programmes pour remu et à vérifier le fonctionnement de votre propre implémentation de l'assembleur.

Notez bien que le désassemblage ne permet pas de résoudre tous les symboles du programme ! En effet, si vous avez crée des emplacements pour des données rangées derrière un nom, ce nom n'est jamais présent dans le programme final : l'endroit auquel il fait référence est directement utilisé. De même, les données seront désassemblé comme des instructions et non comme des données ! Bien entendu, les commentaires seront également perdus.
Par exemple, le programme suivant :

```
; BOUCLE INFINIE SUR UNE LIGNE
START:
    SET         #START, PC
```

Une fois assemblé, puis désassemblé, celui-ci donne le code suivant :

```
    SET         #0, [0]
```

Le symbole **start** étant présent au début du programme (à l'adresse 0 de celui-ci), sa valeur est donc de 0. Lors de l'assemblage, les appels fait à lui sont donc remplacé par sa valeur. L'opération inverse n'est pas possible car rien ne permet de savoir que la valeur était un label dans le code original.

L'opération **SET** ici met donc la valeur 0 dans le registre « **PC** » (Program counter). Un registre est un emplacement mémoire situé dans le micro-processeur. Le **Program Counter** contient l'adresse de la prochaine instruction qui sera exécuté. Ici, c'est très clair : la prochaine instruction, c'est celle-là, donc, comme le dis le commentaire, c'est une boucle infinie.

L'écriture d'une valeur n'étant pas un multiple de 3 dans le **Program Counter** provoque sa ré-écriture immédiate par le micro-processeur au multiple de trois qui suis immédiatement.

Outre les instructions du micro-processeur, le programme rasm vous permet de manipuler le binaire de sortie lorsqu'il assemble :

La directive **data** vous permet de placer des valeurs arbitraires à l'emplacement actuel dans le programme.

```
DATA    0, 1, 2 ; 3 ENTIERS
DATA    3.0, 3.1, 3.2 ; 3 FLOAT
DATA    "ABC" ; 3 CARACTÈRES
; 1 BYTE A 0B0001101100011011
DATA    '0123 =0X'
DATA    [32] ; 32 BYTES A 0
```

Les trois entiers sont chacun sur 1 byte.

Les flottants prennent chacun 2 bytes (partie entière, partie décimale) : la partie entière exploite la capacité du byte tandis que la partie décimale varie uniquement jusqu'à 10000.

La chaîne de caractère n'incorpore pas de terminateur nul et chaque caractère occupe un octet et non un byte.

Le symbole apostrophe sert à indiquer une plage de couples de bits. Les symboles 0123 valent respectivement… 0 1 2 et 3. Les symboles espace = 0 et X valent également 0 1 2 et 3. Chaque valeur occupe 2 bits seulement. Ce format est disponible afin de faciliter l'utilisation de la carte vidéo fournie par le laboratoire de programmation générale qui exploite des couleurs sur 2 bits.

Le symbole crochet gauche, suivi d'un entier et d'un crochet droite permet d'indiquer une plage de byte mis à zéro.

La transition depuis une plage de données vers une instruction provoque un réalignement de l'adresse d'écriture sur un multiple de 3.

La directive **add_offset** permet de sauter une quantité données de bytes passée comme unique paramètre. Les bytes sautés sont initialisés à zéro.

La directive **set_position** permet de sauter une quantité de données jusqu'à la position passée en paramètre, qui ne peut être inférieure à la position actuelle.

La directive **set_label_start** permet d'ajouter une valeur à tous les labels situés après la directive. Par défaut, cette valeur est 0. Un paramètre est requis. Cette directive est indispensable à la programmation de la cartouche.

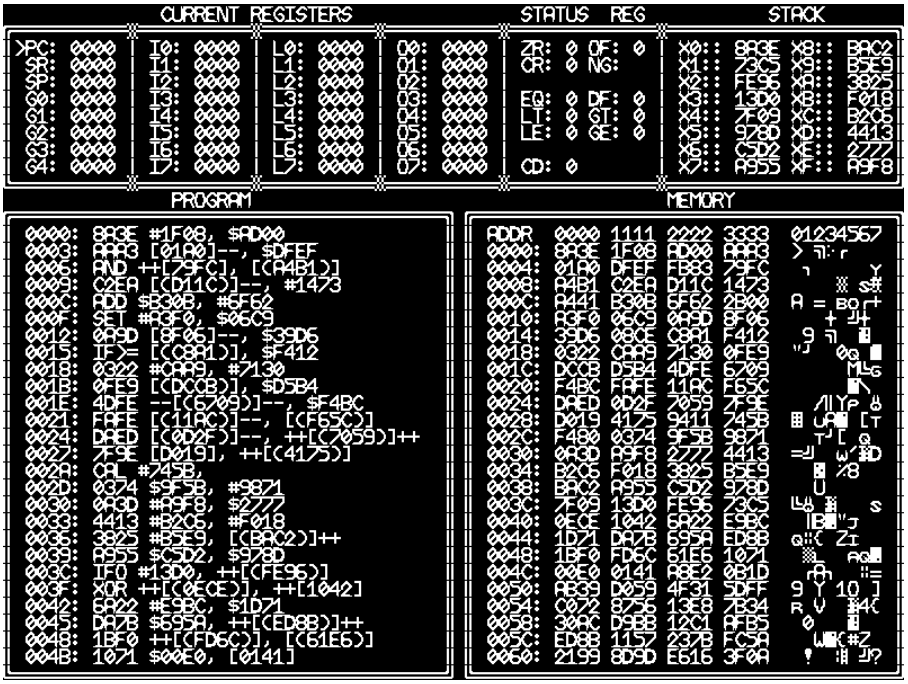
07 – RedEmulator

Le logiciel remu pour RedEmulator est un logiciel permettant d'effectuer la jonction entre différentes bibliothèques logicielles dynamiques. Il apporte un panneau de débogage permettant d'afficher des valeurs de la mémoire de l'ordinateur, qu'il s'agisse d'instruction ou de données ainsi que bien sûr l'état du micro-processeur lui-même.

Les bibliothèques chargées par remu sont les émulateurs de CPU, les émulateurs des périphériques de saisie (clavier, souris, manette…), de carte vidéo, de carte son, de gestionnaire de disques et de carte réseau. Le DAEMONLAB vous fournit pour rappel un émulateur de carte vidéo. Cet émulateur permet un affichage à résolution variable en multi-couche. Plus la résolution est élevée, moins de couches sont disponibles. Sa documentation est avec les ressources du projet. Vous pouvez bien entendu réaliser vos propres périphériques. Une documentation est disponible parmi les ressources du projet.

Le programme remu exploite la ligne de commande et un fichier de configuration afin de régler les liaisons qui existent entre lui et les bibliothèques extérieures. Un exemple vous est fourni.

Concernant le débogueur, voici comment il fonctionne :



La partie supérieure gauche « **Current Register** » montre l'état des registres tels qu'ils sont accessibles maintenant.

Les registres I/L/O dépendant de la profondeur dans la pile d'appel de fonctions. Le bloc « **Status Reg** » est un affichage alternatif pour le registre de statut.

Le bloc « **Stack** » permet d'afficher les éléments présents depuis le haut de la pile (X0) jusqu'à 15 bytes après le sommet.

Les blocs « **Program** » et « **Memory** » permettent d'afficher des emplacements mémoires arbitraires mais de manière différente : le premier bloc désassemble les données comme si il s'agissait d'instructions (Ce qui n'est pas forcément le cas) tandis que le second affiche les données de manière brute comme si il ne s'agissait que de simples données (Ce qui n'est pas forcément le cas)

La souris ainsi que la touche *tabulation* permettent de se déplacer entre les différents blocs. Les touches fléchées permettent de se déplacer parmi les éléments d'un bloc. La touche *entrer* permet d'entrer en mode édition. Actuellement, le bloc **Program** ne permet pas de modification.

08 – L'architecture du REDSTEEL

Vous trouverez parmi les ressources du projet ARCHITECTURE, décrivant celle-ci dans un format « rétro » adapté à l'ambiance générale du projet.

Parmi les éléments remarquables et généraux qui peuvent être notés ici se trouvent le découpage de la mémoire du RedSteel.

Les adresses 0 à 8191 sont associés à l'accès de la ROM du REDSTEEL. Une ROM est une mémoire en lecture seule. Lorsque remu démarre, c'est la ROM qui est exécute en première car le **Program Counter** démarre à zéro. La ROM est fournie par le DAEMONLAB mais vous êtes libres d'écrire la votre. Le rôle de la ROM est d'approter quelques outils utiles, quel que soit le programme qui sera ensuite chargé. La ROM fournie contient principalement une table de caractère graphique (allant de ' ' à '~') exploitable à l'adresse 0x0001. Chaque caractère mesure 7 caractères de haut et 5 de large. Chaque pixel est sur 2 bits, soit le format binaire géré par rasm et par la carte vidéo qui vous est fournie.
Sur remu, la ROM n'est pas en lecture seule pour des raisons d'implémentation.

Les 8KB (8-16) suivants sont associés à la « **cartouche** », c'est à dire le programme passé par la ligne de commande.

Les 8KB (16-24) suivants sont associés à la **mémoire** centrale, la RAM, d'intérêt général.

Les périphériques de **saisie** sont situés de 24 à 32.

La carte **vidéo** est située de 32 à 40.

La carte **son** de 40 à 48.

Le contrôleur de **disque** de 48 à 56.

La carte **réseau** de 56 à 64.

09 – Étendre REDASM

Outre le fait de fournir des fonctions pré-écrites exploitables en assembleur, vous pouvez également apporter de nouvelles syntaxes. Le panneau de débogage de remu ne sera pas en mesure de s'adapter à vos ajouts mais le système lui-même fonctionnera.

La grande question étant : quelle absence vous chagrine lorsque vous programmez en assembleur ? Une représentation plus lisible vous aiderait elle ? Certains chainage d'opérations réalisés trop fréquemment vous embetent ?

Car l'adjonction de fonctions integrées n'est pas la seule façon d'améliorer le langage ! Il est également possible de permettre de créer des constructions par dessus le langage actuel, des macros par exemple, de la même manière que vous le faites en C... Pourquoi ne pas exploiter son préprocesseur, par ailleurs ? La commande est **cpp**.

Un jeu de macro peut apporter énormément de confort à la programmation. Tellement d'ailleurs que certains ont eu l'idée il y a des dizaines d'années de programmer exclusivement avec des langages apportant ces « sucres syntaxiques » qui facilitent la vie… Vous aurez compris qu'il s'agit des langages de programmation en général.

Ne vous lancez cependant pas dans une amélioration de REDASM avant d'avoir d'abord accompli l'essentiel : la transformation du langage de base en fichier executable par remu.

- -

Des propositions d'ajout,la possibilité de définir :

La possibilité d'utiliser des opérateurs au lieu des instructions :

PC = 50 au lieu de **SET #50, PC**
***I3++ += *20** au lieu de **ADD $20, (I3)++**

La possibilité de définir des labels temporaires au sein d'un **scope** :

```
[
      alias FileDescriptor L0
      SET #0, FileDescriptor
] ; FileDescriptor cesse d'exister à partir d'ici
```

10 – Votre démo

Une fois réalisé votre micro-processeur virtuel, écrivez une démo pour le REDSTEEL : des flammes, un plasma, un dégradé dynamique, vous êtes libre.

Le code source de votre programme devra être fourni en assembleur .rs dans votre rendu, avec son propre dossier, compilable avec un Makefile de la même manière que votre programme, sauf qu'en lieu des règles types .c.o, vous utiliserez .rs.red.

11 – Projets annexes

REDSTEEL est membre d'une série de projets. Ci-dessous la liste des projets faisant partie de la même série.

REDASM, consistant à programmer l'équivalent de rasm.

REDTONG, consistant à programmer un compilateur pour le langage du projet BABL vers REDASM. BABL étant un projet de programmation d'interprète.

REDSPICE, consistant à programmer un simulateur de circuits électroniques à composants numériques.

REDSTEEL2, consistant à implémenter le micro-processeur et sa carte mère dans l'environnement de REDSPICE.

REDSTEEL3, consistant à implémenter le micro-processeur en VHDL.

Il ne s'agit pas d'un projet scolaire, mais d'une proposition aux passionnés de matériel informatique, d'électronique et de programmation bas niveau : la réalisation matérielle d'un REDSTEEL.