



RAPPORT DE PSTL

Trac-Simulateur & IDE génériques pour OMicrob

Author :

Qiwei XIAN
Ruiwen WANG

Professeur :

Prof. EMMANUEL CHAILLOUX

1^{er} juin 2020

Table des matières

1	Introduction	2
2	Structure de compilation	3
3	Composition du simulateur	4
3.1	Montage	4
3.2	Client	4
3.3	Serveur	4
4	Architecture du simulateur	5
4.1	Tâche du thread	5
4.2	Mécanisme de communication	6
4.3	Protocole	6
5	Fonctionnalités Implémentées	7
5.1	Visualiser les phrases sur la matrice des leds	7
5.2	Analyser le fichier du montage	7
6	Méthodologie de réalisation	9
6.1	Version haut niveau	9
6.2	Version bas niveau	9
7	Sénarios et Tests	10
8	Difficultés Rencontrées	10
8.1	Problème de choix des processus ou des threads	10
8.1.1	Processus	10
8.1.2	Threads	10
8.2	Problème de synchronisation	10
8.2.1	Pipe	10
8.2.2	Signal	10
8.2.3	Mémoire Partagée	10
8.3	Problème de conflit entre des Pins	11
9	Conclusion	11

1 Introduction

lien vers les codes sources : <https://github.com/XIANQw/OMicroB/tree/microbit>

La programmation des architectures à base de microcontrôleurs est difficile tant par les ressources limitées accessibles que par les modèles de programmation proposés. L'intégration électronique poussée d'un micro-contrôleur permet de diminuer la taille, la consommation électrique et le coût de ces circuits. La taille des programmes et la quantité de mémoire vive sont "faibles", le tas peut être de quelques kilo-octets seulement. Ils doivent communiquer directement avec les dispositifs d'entrées/sorties (capteurs, effecteurs, ...) via les pattes du circuit principal, et ne possèdent pas les périphériques classiques (souris, clavier, écran). La mise au point d'un programme devient plus difficile de par ce manque d'interaction classique.

On s'intéresse ici à une nouvelle version portable de la machinerie OCaml, appelée OMicroB, qui engendre un programme C contenant la version byte-code du programme OCaml ainsi que l'interprète de ce byte-code OCaml. Omicrob vient avec un environnement de développement incluant un simulateur permettant de décrire un montage et d'exécuter le programme sur l'ordinateur hôte avant de le transférer sur le microcontrôleur. Bien que portable, la version initiale de l'environnement de développement dont le simulateur a été principalement testée pour l'architecture Arduino. Le portage d'OMicroB vers d'autres architectures (Micro :bit Arm Corex-M0, PIC32) nécessite maintenant d'adapter son environnement de développement, principalement le simulateur. L'idée est d'ajouter une couche d'abstraction aux circuits utilisés pour pouvoir facilement passer d'un microcontrôleur à un autre. Par ailleurs une extension synchrone à flots de données, appelée OCaLustre, est particulièrement appropriée pour décrire les interactions externes et la concurrence interne à l'application. Le couple OCaLustre+OMicroB permet une programmation mixte (synchrone et multi-paradigme classique) avec une consommation parcimonieuse des ressources. L'intérêt de ces couches d'abstractions est de faciliter le développement d'applications fiables sur micro-contrôleurs

Ce projet cherche à améliorer cette mise au point de programmes en utilisant d'une part un langage de haut niveau, ici OCaml et son extension synchrone OCaLustre, et d'autre part en fournissant un simulateur et un IDE simple pour la mise au point de tels programmes.

3 Composition du simulateur

Le simulateur est composé du côté de client et du côté de serveur, ainsi que un langage de description pour le montage des périphériques sur un microcontrôleur.

3.1 Montage

Pour démarrer le processus client et implémenter l'interface graphique, le client a besoin de savoir quels composants du microcontrôleur il doit visualiser sur l'interface graphique. Donc nous devons proposer un fichier **circuit.txt** qui décrit les composants du microcontrôleur et les associations entre chaque composant et les Pins correspondants. Avant de démarrer le processus client, le processus analyse est exécuté pour évaluer ce fichier. Une structure qui contient ces informations est stockée dans un mémoire partagé après l'évaluation. Le client peut recevoir les informations des composants du microcontrôleur depuis ce mémoire partagé.

Cette fonctionnalité est réalisée dans le dossier **src/byterun/montage**, la structure est définie dans **src/byterun/simul/share.h**.

3.2 Client

La partie client est programmée par C dans **src/byterun/client**, se compose de deux fichiers.

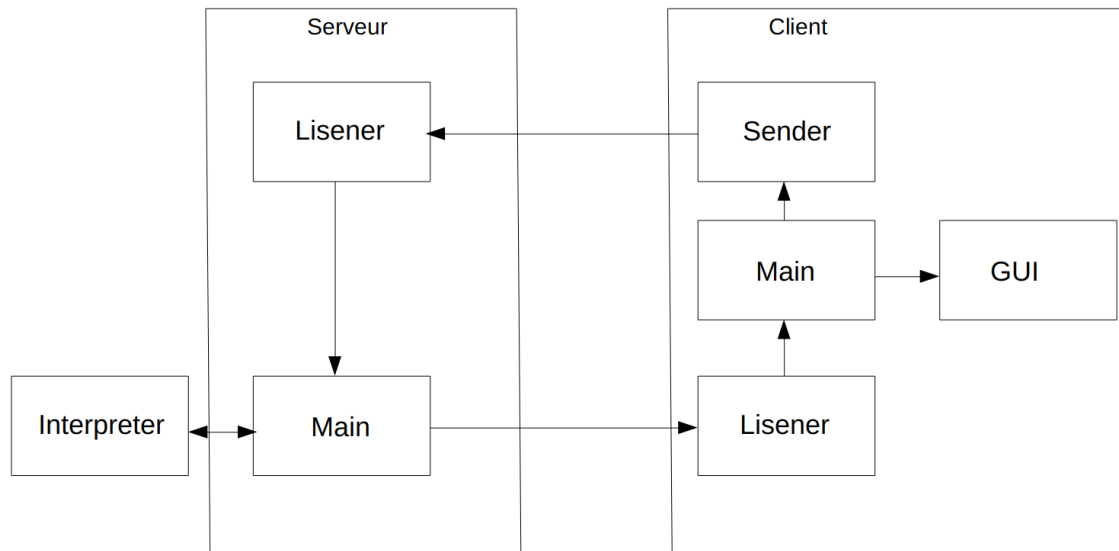
1. **client.c** définit les fonctions du travail par exemple traiter le message qui vient du côté server.
2. **gui.c** implémente l'interface graphique par **gtk3.0**. il nous montre un UI de simulateur permet de visualiser le résultat de programme et les états des Pins pendant la simulation, ainsi que l'interaction par les boutons.

3.3 Serveur

La partie serveur est codée par C dans **"/src/byterun/"**, il contient des fichiers :

1. **/src/byterun/vm**. Ce dossier contient les fichiers de l'interpréteur d'OMicroB, par exemple le format des type basiques de données, le gc de machine virtuelle ainsi que les définition des instructions de code binaire. Il exécute le programme OCaml et envoie les instructions des codes binaires au serveur.
2. **/src/byterun/simul/sf-regs.c/.h**. C'est la bibliothèque des primitives de simulateur, lorsque le programme utilise un primitive par exemple **set_pin**, l'interpréteur va appeler le primitive correspondant dans la bibliothèque, le serveur envoie l'instruction au côté client après le calcul.
3. **src/byterun/shared.c/.h**. Ce fichier définit des structures de données partagées entre le processus client et serveur, elles sont stockées dans un mémoire partagé au fur et mesure de l'exécution de programme.

4 Architecture du simulateur



Cet image décrit globalement la structure du simulateur. On l'a réalisé par l'**architecture serveur-client** et il exécute deux processus en concurrence. Chaque processus exécute plusieurs threads et travaille asynchroniquement.

4.1 Tâche du thread

Processus Serveur exécute deux threads, **lisener** et **Main**.

1. **Main** traite simplement l'instruction qui vient de l'interpréteur et envoyer au thread **lisener** de client.
2. **lisener** reçoit l'instruction venant de **Sender** et informer **Main**.

Processus Client tourne simultanément quatre threads, **Main**, **GUI**, **Sender** et **Lisener**.

1. **Main** est le premier thread principal, il traite les arguments venant de processus serveur et connecte aux mémoires partagés, par exemple le mémoire partagé pour la communication et pour le montage. Il est responsable d'exécuter les autres threads.
2. **GUI** crée les composants de l'interface graphique en fonction de l'information du montage. Il actualise l'interface dans un boucle infini afin de visualiser le changement des états de chaque composant simultanément.
3. **Sender** sert à traiter input de l'utilisateur et envoyer l'instruction au serveur, par exemple appuyer les boutons.
4. **Lisener** reçoit l'instruction venant de serveur, en plus manipuler les composants de l'interface graphique en fonction de l'instruction.

4.2 Mécanisme de communication

La mémoire partagée sert à communiquer entre le serveur et client, puisque c'est la plus rapide manière du transport de données. Mais son inconvénient est que l'on doit implémenter un mécanisme de synchronisation afin de protéger les données partagées pour la lecture et l'écriture. Donc pour deux directions du transport (du serveur au client et du client au serveur), on a besoin de deux mémoires partagées, **shm1** est écrit par le serveur, le client le lit. **shm2** est inversé.

Afin de synchroniser la lecture et l'écriture, on met un mutex et une variable conditionnelle pour chaque mémoire partagée. Il garantit que chaque instruction de serveur peut être bien traitée.

Sénaire du traitement d'une instruction

1. **client lisener** se bloque pour attendre l'instruction de serveur.
2. **serveur main** demande le mutex
3. **serveur main** vérifie la variable conditionnelle.
 - Si la condition se satisfait, il passe à l'étape suivante. - Sinon, cela veut dire que l'instruction dernière n'est pas encore traitée par client, **serveur main** se bloque.
4. **serveur main** envoie l'instruction au client.
5. **serveur main** débloque le thread **client lisener**.
6. **serveur main** rend le mutex.
7. **client lisener** est débloqué, demande le mutex.
8. **client lisener** vérifie si la condition se satisfait. - Si oui, cela veut dire que la nouvelle instruction arrive, il passe à l'étape suivante. - Sinon, c'est un déblocage fautive, il se bloque.
9. **client lisener** informe au **GUI** afin de visualiser le nouvel état de composant.
10. **client lisener** débloque le thread **serveur main**.
11. **client lisener** rend le mutex.
12. retour à l'étape 1.

4.3 Protocole

Le protocole est un rôle de transférer les informations entre coté client et coté serveur. Il est un entier de 32 bits. la structure est (numéro de méthode 7bits) :: arguments(25 bits). Afin de représenter le protocole en un entier de 32 bits. on a utilisé 7 bits pour le nom de fonction, alors on peut étendre jusqu'à 128 primitives maximum.

(S -> C) indique que la direction de l'envoi est du serveur au client.

- SET_PIXEL : 1(7bits) ::x(12 bits) ::y(12 bits) ::val(1 bits)
(S -> C) Modifier l'état du pixel des coordonnées x et y à val.
Dans la version de haut niveau, ce protocole sert à modifier directement l'état de pixel. Dans la version de bas niveau, ce protocole est remplacé par SET_PIN.
- CLEAN_SCREEN : 2(32 bits)
(S -> C) Mettre les états de tous les pixels à 0, envoyé par **microbit_clean_screen**.
- SET_PIN : 3(7 bits) ::p(8 bits) ::n(17 bits)
(S -> C) Modifier le pin p au niveau n. (n = 0 ou 1), envoyé par **microbit_digital_write**.

- WRITE_PIN : 4(7 bits) ::p(8 bits) ::v(17 bits)
(S -> C) Modifier le pin p à la valeur v ($0 \leq v \leq 1024$), envoyé par **microbit_analog_write**.
- APPUIE_A : 0(32 bits)
(C -> S) Inverser l'état du bouton A.
- APPUIE_B : 1(32 bits)
(C -> S) Inverser l'état du bouton B.

5 Fonctionnalités Implémentées

5.1 Visualiser les phrases sur la matrice des leds

Nous convertissons l'information de caractère dans la table ASCII en code hexadécimal 5x8 bits et les stockons dans un tableau, puis calculons le code ASCII de chaque caractère un par un en recherchant. Utilisons-le pour calculer le décalage de cette caractère dans le tableau. Sortir enfin les 5 * 8 bits d'information dont il dispose. Prendre 5 * 5 bits d'entre eux et les imprimer pixel par pixel sur l'écran.

Une exemple de visualiser la caractère 'A' sur la matrice des leds.

1. calcule le code ASCII de 'A', c'est 65.
2. cherche son code correspondant dans le tableau, c'est {30,28,38,28,28}.
3. modifier les états de chaque led. On a finalement une matrice comme cela.

```
00110000
00101000
00111000
00101000
00101000
```

5.2 Analyser le fichier du montage

Pour le montage de microcontrôleur, il a besoin d'un fichier qui stocke les informations de chaque composant de microcontrôleur comme le nombre des pins, les association entre chaque composant et le pin correspondant. Une fois que le simulateur connaît ces informations, il peut implémenter l'interface graphique et contrôler les composants par modifier l'état des pins.

Donc on a utilisé Flex, Yacc et langage C afin de réaliser un langage descriptif.

1. On défini les **tokens** dans le fichier **parser.y**.
2. Lier les mots prédéfinis avec ces tokens dans **lexer.lex**
3. Créer les noeuds de **AST**(l'arbre d'analyse syntaxe) dans fichier **AST.c** et **AST.h**.
4. Réaliser les fonctions de l'évaluation dans le fichier **get_env.c**.

C'est une exemple de **circuit.txt**.

```
nb_pins (3,9), nb_leds 25, nb_buttons 1
[
  led 0 pin 0, pin 0;
  led 1 pin 1, pin 3;
  led 2 pin 0, pin 1;
  led 3 pin 1, pin 4;
  led 4 pin 0, pin 2;

  led 5 pin 2, pin 3;
  led 6 pin 2, pin 4;
  led 7 pin 2, pin 5;
  led 8 pin 2, pin 6;
  led 9 pin 2, pin 7;

  led 10 pin 1, pin 1;
  led 11 pin 0, pin 8;
  led 12 pin 1, pin 2;
  led 13 pin 2, pin 8;
  led 14 pin 1, pin 0;

  led 15 pin 0, pin 7;
  led 16 pin 0, pin 6;
  led 17 pin 0, pin 5;
  led 18 pin 0, pin 4;
  led 19 pin 0, pin 3;

  led 20 pin 2, pin 2;
  led 21 pin 1, pin 6;
  led 22 pin 2, pin 0;
  led 23 pin 1, pin 5;
  led 24 pin 2, pin 1;

  button 0 A pin 2;
]
```

(a) cf.exemple **circuit.txt**

Le grammaire et les mots prédéfinis

1. **nb_pins (num_row, num_col)** : **num_row** est le nombre de pins de ligne(row), **num_col** est celui de colonne.
2. **nb_leds num** : **num** est le nombre de leds.
3. **nb_buttons num** : **num** est le nombre de buttons.
4. **led id pin id1, pin id2** : Cela représente l'association entre le led et deux pins correspondant. id1 est l'identifiant de pin row, id2 est celui de pin col.
5. **button id étiquette pin id** : Cette une déclaration du bouton dont l'identifiant est id et son étiquette, ainsi que le pin correspondant.

6 Méthodologie de réalisation

Selon ce qui précède, notre objectif est de simuler les informations d'entrée et de sortie du microcontrôleur monopuce, pour réaliser les fonctionnalités du simulateur, il y a deux versions, en **haut niveau** et en **bas niveau**.

6.1 Version haut niveau

haut niveau est que l'on simule abstraitement un microcontrôleur, on implémente les tableaux pour stocker les états de chaque composant. Dès que l'état de composant est modifié par la primitive, on modifie le tableau directement. Par exemple pour la primitive **microbit_write_pixel 0 0 true**, on a juste besoin de modifier le tableau qui stocke l'état des leds. `pixels[0][0] = true`.

Avantage

La version est plus simple, il a juste besoin de modifier le tableau correspondant.

Inconvénient

Cette méthode n'est pas générale, parce que les composants sont différents pour les microcontrôleurs divers, on ne peut pas implémenter les tableaux pour chaque microcontrôleur.

6.2 Version bas niveau

bas niveau est que l'on simule réellement un microcontrôleur, afin de mieux simuler l'état de fonctionnement réel du microcontrôleur à partir de l'architecture du microcontrôleur, nous espérons modifier directement l'état du **tableau de pins**, sans avoir besoin d'autres appels de fonctions, et refléter directement les effets de ces modifications sur **l'interface graphique**. Cela fera quelques changements basés sur le haut niveau précédent.

Par exemple, Un **LED** est contrôlé par deux **pins** (**pin_row** et **pin_col**) dans le circuit du microcontrôleur réel. Lorsque nous voulons allumer un led, nous devons d'abord chercher son **pin_row** et **pin_col** correspondant, puis mettons **pin_row** à haut niveau et **pin_col** à bas niveau.

Avantage Cette version est générale pour tous les microcontrôleurs, parce que on manipule directement les états de **pins** au lieu de composant. Même si le microcontrôleur est changé, on a juste besoin de changer un fichier du montage, mais pas le simulateur.

Inconvénient Le traitement d'une instruction est plus compliqué, l'interaction entre le serveur et le client est aussi plus fréquente. Par exemple, pour allumer un **LED**, le serveur envoie une seule instruction **SET_PIXEL(X,Y,True)** au client dans la version haut niveau. Mais dans le bas niveau, le serveur doit d'abord chercher le **pin_row** et **pin_col**, puis envoyer deux instructions **SET_PIN(pin_row, 1)** et **SET_PIN(pin_col, 0)** au client.

7 Scénarios et Tests

8 Difficultés Rencontrées

8.1 Problème de choix des processus ou des threads

8.1.1 Processus

8.1.2 Threads

8.2 Problème de synchronisation

Dans le processus de développement du programme, nous avons essayé diverses méthodes pour réaliser le transfert d'informations entre le client et le serveur.

8.2.1 Pipe

Au début, nous utilisons le pipe mais il était limité par la conception du programme. Le pipe n'avait aucun moyen de synchroniser le processus en fonctionnement.

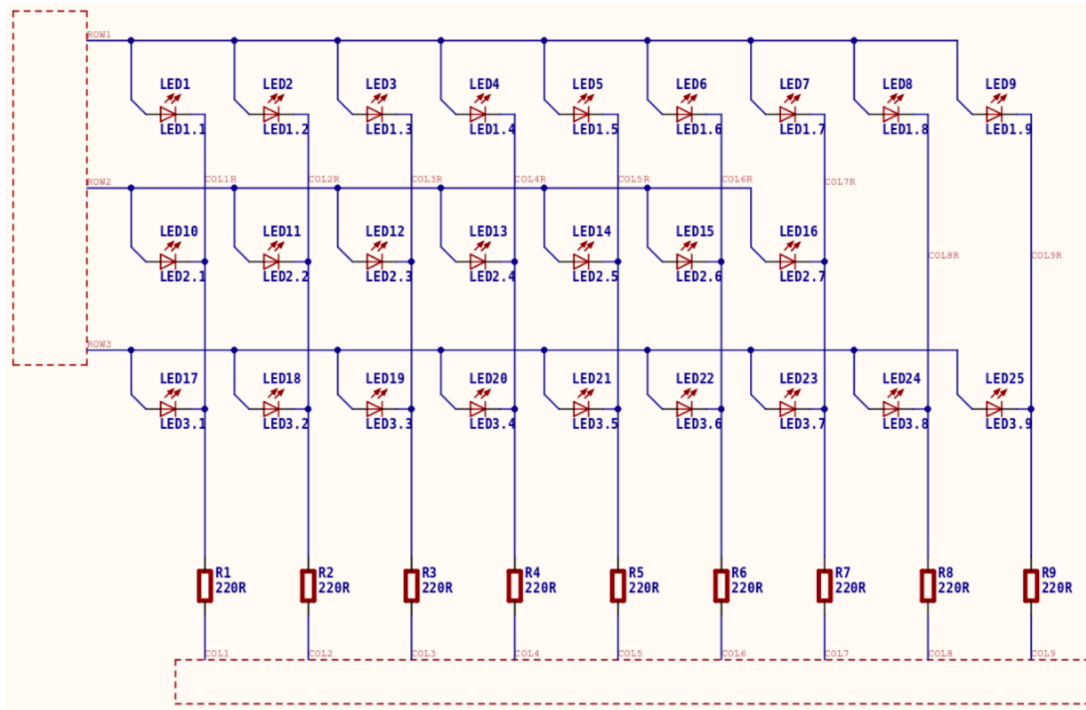
8.2.2 Signal

Plus tard, nous avons utilisé la méthode du signal pour transmettre des informations. Mais nous avons également constaté que parce qu'une action nécessite un signal défini par l'utilisateur pour être implémentée. Cependant, sur le système mac OS, il n'y a que deux signaux personnalisés que les utilisateurs peuvent utiliser. Nous avons donc également abandonné ce plan.

8.2.3 Mémoire Partagée

Après de nombreuses tentatives, nous avons utilisé la méthode de la mémoire partagée et utilisé la variable mutex et de condition pour synchroniser les processus.

8.3 Problème de conflit entre des Pins



Dans le circuit actuel, une **LED** est contrôlée par un **Pin_in** et un **Pin_out**. Lorsque nous voulons afficher une lettre à l'écran, par exemple, il doit afficher **LED1.1** et **LED3.4** dans la figure en même temps.

Ensuite, **Pin_row1** et **Pin_col1** qui correspond à **LED1.1** seront modifiés pour :

Pin_row1 -> HIGH, **pin_col1** -> LOW

Pin_row3 et **Pin_col4** correspond à **LED3.4** seront modifiés pour :

Pin_row3 -> HIGH, **pin_col4** -> LOW

Mais si nous changeons la **LED** en fonction de l'état de Pins, **LED3.1** et **LED1.4** seront également allumées en même temps. Parce que (**Pin_row3** -> HIGH, **pin_col1** -> LOW) correspondent à **LED3.1**, (**Pin_row1** -> HIGH, **pin_col4** -> LOW) correspondent à **LED1.4**

9 Conclusion