

Mini-projet système : développement d'un noyau de système d'exploitation

Responsable : Christophe RIPPERT
Christophe.Rippert@Grenoble-INP.fr



Mise en place de l'environnement de travail

Introduction

Avant de commencer le mini-projet, il faut mettre en place l'environnement de travail que l'on va utiliser pendant les séances.

Un système d'exploitation s'exécute sur machine nue. Mais pour simplifier le développement et la mise au point des prototypes, nous allons utiliser un émulateur gratuit très populaire appelé QEmu disponible sur la plupart des systèmes. L'intérêt de cet environnement d'exécution est qu'il est portable (vous pouvez l'installer sur vos machines personnelles et travailler en dehors des salles PC) et parfaitement transparent pour votre prototype : il n'y aurait rien à changer dans votre code pour que votre système s'exécute sur une machine nue.

Vous devez tout d'abord récupérer un ensemble de sources de départ que vous devez décompresser dans votre répertoire de travail. Les sources distribuées sont dans le répertoire `src_de_base`, qui contient lui-même les sources du noyau et une mini-bibliothèque C qui vous aidera à développer votre prototype. La compilation d'un noyau se fait simplement en se plaçant dans le répertoire `src_de_base` et en tapant la commande `make` : si tout se passe bien, le binaire `kernel.bin` est produit, il s'agit d'un exécutable un peu différent de ceux que l'on produit habituellement quand on compile un programme C ou assembleur (vous ne pouvez donc pas l'exécuter directement dans un terminal).

Prise en main de l'environnement de développement

Lorsque vous lancez l'exécution du noyau dans QEmu, un certain nombre d'opérations d'initialisation sont effectuées puis la fonction `kernel_start` localisée dans le fichier `start.c` s'exécute : il s'agit du point d'entrée de votre noyau (comme la fonction `main` dans un programme C classique). Dans les sources fournies, cette fonction commence par un appel à la fonction `fact` qui calcule 5! : il s'agit d'un simple exemple pour vous entraîner à utiliser GDB, vous pourrez supprimer `fact` une fois que vous commencerez le développement de votre noyau.

Pour lancer l'exécution du noyau, deux commandes sont fournies :

- `make run` lance directement l'exécution du noyau sans nous laisser le temps s'y connecter GDB : on ne l'utilisera donc en général pas en phase de mise au point ;
- `make debug` lance QEmu en mode mise au point : c'est cette commande qu'on utilisera le plus souvent.

Note : si pour une raison quelconque vous préférez travailler sans environnement graphique (par exemple si vous vous connectez à distance sur les machines de l'école via une connexion internet très lente), vous pouvez utiliser la commande `make curses` qui est équivalente à `make debug` mais avec un affichage directement dans le terminal.

Mise au point

Pour mettre au point le système, il est souvent utile d'utiliser un logiciel comme GDB. QEmu fournit tout ce qu'il faut pour permettre l'exécution pas à pas du système émulé depuis GDB (par contre, il n'y a pas de support pour Valgrind pour ceux qui connaissent ce logiciel).

Ouvrez un 2^e terminal et tapez la commande :

```
gdb kernel.bin
```

Cela lance GDB sur le binaire du noyau. Pour connecter le GDB à QEmu, on doit taper dans GDB la commande

```
target remote :1234
```

1234 est ici le numéro du port via lequel QEmu communique avec GDB.

On peut ensuite mettre un point d'arrêt au début du noyau en tapant `b kernel_start` puis lancer l'exécution avec la commande `c` (**c**ontinue).

Le noyau démarre alors et s'arrête au début de `kernel_start`. Vous pouvez utiliser les commandes classiques `s` (**s**tep), `n` (**n**ext) et `display` pour afficher le contenu de `x` et exécuter pas à pas la fonction factorielle.

Lors de vos développements, vous ferez vraisemblablement des erreurs d'accès mémoire (déréférencement d'un pointeur nul, accès à une zone interdite, ...). Lorsque cela arrivera, la page d'information ci-dessous s'affichera dans l'écran de QEmu :

Exception caught			
[SPACE] View Screen		[I] Ignore	
		[D] Connect to debugger	
TRAP : 03		ERROR CODE : 00000000	
TSS address : 00020000		Back link (previous TSS) : 0000	
ESP : 0011F400	SS : 0018	ESP0 : 0011F420	SS0 : 0018
ESP1 : 00000000	SS1 : 0000	ESP2 : 00000000	SS2 : 0000
EIP : 001113CB		CS : 0010	EFLAGS : 00000006
EAX : 001000BA	EBX : 0001FFB0	ECX : 00000000	EDX : 00000000
ESI : 00000000	EDI : 03000007	EBP : 0011F418	LDT : 0000
DS : 0018	ES : 0018	FS : 0000	GS : 0000
CR3 (page table) : 00101000		Debug Trap : 0	

Cette page d'information contient notamment :

- le numéro de l'exception (TRAP) et le code d'erreur qui servent à identifier la cause du problème (vous pouvez consulter la liste des exceptions du x86 pour plus d'information) ;
- le contenu des registres du processeur : les plus importants sont le pointeur de pile (ESP), le pointeur d'instruction (EIP) et les registres de segment (principalement CS, DS et SS), leurs valeurs peuvent vous donner une indication sur le problème (e.g. : une valeur de 0 dans un registre-pointeur est rarement une bonne chose!).

Lorsqu'on arrive sur cette page d'information, on peut aussi appuyer sur la touche espace qui permet de basculer entre l'affichage de la page d'information et de l'écran normal du système, pour voir d'éventuelles traces.

Travailler sur sa machine personnelle

Installer les logiciels sur sa machine personnelle

C'est la solution la plus efficace et réactive mais qui peut être techniquement un peu compliquée selon le système installé sur votre machine. Notez qu'il faudra peut-être ajouter dans votre `PATH` les répertoires dans lesquels les logiciels seront installés, et modifier le `Makefile` fourni pour ajouter les bons préfixes (par exemple `i386-pc-elf-`) aux binaires appelés.

Si vous êtes sous Linux

La plupart des outils nécessaires doivent déjà être installés ou peuvent l'être facilement via votre gestionnaire de paquets favori : vous pouvez tester simplement en téléchargeant les sources de départ et en

tapant `make` dans le répertoire contenant les sources. Notez qu'il faut une version 32 bits de GCC pour compiler le noyau : si votre système ne dispose que d'outils 64 bits, vous devrez installer les bibliothèques 32 bits. Les noms des paquets dépendent de la version de Linux mais il vous faut : l'outil `make`, l'émulateur `qemu` (plus précisément `qemu-system-i386`), l'outil de mise au point `gdb` et les bibliothèques GCC 32 bits (`libc6-dev-i386` sous Debian ou compatibles).

Les BugBusters ont aussi rédigé [une page détaillant les paquets à installer](#) si vous utilisez leur version de Linux.

Si vous êtes sous macOS

Il vous faut un environnement de développement gérant le format ELF 32 bits, ce qui n'est pas le cas du compilateur fourni par Apple.

Si vous utilisez le gestionnaire de paquets [Homebrew](#), il suffit de lancer la commande suivante pour installer tout ce qu'il faut : `brew install i686-elf-binutils i686-elf-gcc i386-elf-gdb qemu`.

Si vous êtes sous Windows

Dommage... ça ne marchera pas, il faut donc passer à la solution suivante.

Utiliser la machine virtuelle (VM) Ensimag

C'est la solution la plus simple, au prix d'un peu de lenteur à l'exécution si votre machine n'est pas très récente ou manque de RAM. Cette solution présente aussi l'avantage de fonctionner pour la quasi-totalité des TP que vous ferez à l'école.

Toutes les instructions nécessaires sont disponibles sur [l'intranet](#). Note : vu la taille de la VM (30 GiO), il est recommandé de la télécharger depuis le réseau de l'école.

Si vous préférez éviter d'installer une très grosse image (ou si votre machine n'est pas assez performante pour que cela fonctionne de façon utilisable), vous pouvez aussi installer une image Linux classique et ajouter les logiciels nécessaires au fur et à mesure. On recommande la distribution [Xubuntu](#) qui propose un système de base identique à la distribution Ubuntu utilisée à l'école, mais avec un gestionnaire de fenêtres beaucoup plus léger, donc plus adapté à un système virtuel.

Là encore, n'hésitez pas à [contacter les Bug Busters](#) si vous avez besoin d'aide.

Utiliser un PC de l'école à distance

Il est tout à fait possible d'utiliser les PC de la salle à distance, vous trouverez les instructions pour vous connecter au PC à distance sur [la page des Moyens Informatiques sur l'intranet](#).