



UNIVERSITÉ DE TECHNOLOGIE DE  
COMPIÈGNE

MI11

# Rapport du TP2 linux embarqué

*Clément BLANQUET et Rafik CHENNOUF*

Juin 2017

# Sommaire

<b>1</b>	<b>Rapport TP 2 - Linux embarqué</b>	<b>3</b>
	Exercice 1 : Hello World . . . . .	3
	1.1 Question 1.1 . . . . .	3
	1.2 Question 1.2 . . . . .	3
	1.3 Question 1.3 . . . . .	3
	1.4 Question 1.4 . . . . .	4
	Exercice 2 : Clignotement des LEDs . . . . .	4
	2.1 Question 2.1 . . . . .	4
	2.2 Question 2.2 . . . . .	5
	2.3 Question 2.3 . . . . .	5
	Exercice 3 : Boutons poussoirs . . . . .	7
	3.1 Question 3.1 . . . . .	7
	3.2 Question 3.2 . . . . .	7
	3.3 Question 3.3 . . . . .	7
	3.4 Question 3.4 . . . . .	7
	Exercice 4 : Charge CPU . . . . .	10
	4.1 Question 4.1 . . . . .	10
	4.2 Question 4.2 . . . . .	11

# Table des figures

1.1	Commande <i>file</i> . . . . .	3
1.2	Commande <i>source</i> . . . . .	3
1.3	Commande <i>file</i> . . . . .	4
1.4	Résultat <i>Hello World</i> . . . . .	4
1.5	Fichiers des LEDs . . . . .	5
1.6	Manipulation des LEDs . . . . .	5
1.7	Résultat du evtest sur /dev/input/event1 . . . . .	7
1.8	Résultat d'une boucle de 10 000 usleep(1000) . . . . .	11

## Rapport TP 2 - Linux embarqué

### Exercice 1 : Hello World

#### 1.1 Question 1.1

Après avoir compilé notre programme *Hello World* avec **gcc** nous avons exécuté la commande *file* pour obtenir des informations sur l'exécutable. Nous nous sommes rendu compte que cet exécutable a été compilé pour une architecture classique x86/64 et non ARM. C'est pour cela que le programme ne peut pas s'exécuter sur la cible.

```
mill@mill-VirtualBox ~/Documents/tp6 $ file main
main: ELF 64-bit LSB executable, x86-64, version 1 (SYSV), dynamically linked (uses shared libs), for GNU/Linux 2.6.24, BuildID[sha1]=41339e3d9c8d801a732fb7004c7bc66e29f5eaca, not stripped
```

FIGURE 1.1 – Commande *file*

#### 1.2 Question 1.2

Avant de pouvoir cross-compiler notre programme il faut activer l'environnement de cross-compilation via la commande *source* sur le fichier `/opt/poky/1.7.3/environment-setup-armv7a-vfp-neon-poky-linux-gnueabi`.

```
mill@mill-VirtualBox ~ $ source /opt/poky/1.7.3/environment-setup-armv7a-vfp-neon-poky-linux-gnueabi
mill@mill-VirtualBox ~ $ echo $CC
arm-poky-linux-gnueabi-gcc -march=armv7-a -mthumb-interwork -mfloat-abi=softfp -mfpu=neon --sysroot=/opt/poky/1.7.3/sysroots/armv7a-vfp-neon-poky-linux-gnueabi
```

FIGURE 1.2 – Commande *source*

#### 1.3 Question 1.3

En utilisant de nouveau la commande *file* après la cross-compilation, nous constatons que le nouveau exécutable a bien été compilé pour une architecture ARM.

```
mill@mill-VirtualBox ~/Documents/tp6 $ $CC -o main main.c
mill@mill-VirtualBox ~/Documents/tp6 $ ls
main  main.c
mill@mill-VirtualBox ~/Documents/tp6 $ file main
main: ELF 32-bit LSB executable, ARM, EABI5 version 1 (SYSV), dynamically linked (uses shared libs), for GNU/Linux 2.6.32, BuildID[sha1]=87a3c670badb9a2b8a6e1debc66fb67b52fbbc8e, not stripped
```

FIGURE 1.3 – Commande *file*

## 1.4 Question 1.4

Voici le programme *Hello World* :

```
1 #include <stdio.h>
3 int main()
4 {
5     printf("Hello World !");
6     return 0;
7 }
```

Ainsi que le résultat :

```
mill@mill-VirtualBox ~/Documents/tp6 $ ssh root@192.168.1.6
root@devkit8600:~# ls
libxml2_2.9.1-r0_armv7a-vfp-neon.ipk  main
root@devkit8600:~# ./main
Hello World !root@devkit8600:~#
```

FIGURE 1.4 – Résultat *Hello World*

## Exercice 2 : Clignotement des LEDs

### 2.1 Question 2.1

Pour accéder aux LEDs il suffit de manipuler les fichiers  
`/sys/class/leds/user_led/brightness`  
pour la LED utilisateur et  
`/sys/class/leds/sys_led/brightness`  
pour la LED système.

```
root@devkit8600:~# cat /sys/class/leds/user_led/brightness
0
root@devkit8600:~# cat /sys/class/leds/sys_led/brightness
0
```

FIGURE 1.5 – Fichiers des LEDs

## 2.2 Question 2.2

L'allumage d'une LED se fait en écrivant le caractère '1' dans le fichier correspondant et l'éteignage se fait en écrivant le caractère '0' comme on peut le voir sur la copie d'écran suivante.

```
root@devkit8600:~# echo 1 > /sys/class/leds/sys_led/brightness
root@devkit8600:~# echo 0 > /sys/class/leds/sys_led/brightness
root@devkit8600:~# echo 1 > /sys/class/leds/user_led/brightness
root@devkit8600:~# echo 0 > /sys/class/leds/user_led/brightness
```

FIGURE 1.6 – Manipulation des LEDs

## 2.3 Question 2.3

Le programme suivant allume en alternance la LED utilisateur et la LED système chaque seconde :

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <fcntl.h>
4 #include <sys/types.h>
5 #include <sys/stat.h>
6
7 int main()
8 {
9     int sys_led, user_led;
10
11     sys_led = open("/sys/class/leds/sys_led/brightness", O_RDWR);
12     // ouverture des fichiers
13     user_led = open("/sys/class/leds/user_led/brightness", O_RDWR);
14
15     if(sys_led == -1 || user_led == -1)
16     {
17         perror("Erreur d'ouverture de l'un des fichiers");
18         return 0;
19     }
```

```
21 while(1)
22 {
23     if(write(user_led, "0", 1) == -1) // éteingage de la LED user
24         perror("Erreur d'écriture");
25
26     if(write(sys_led, "1", 1) == -1) // allumage de la LED système
27         perror("Erreur d'écriture");
28
29     sleep(1); // attente d'une seconde
30
31     if(write(sys_led, "0", 1) == -1) // éteingage de la LED système
32         perror("Erreur d'écriture");
33
34     if(write(user_led, "1", 1) == -1) // allumage de la LED user
35         perror("Erreur d'écriture");
36
37     sleep(1); // attente d'une seconde
38 }
39
40 close(sys_led); // fermeture
41 close(user_led); // des fichiers
42
43 return 0;
44 }
```

## Exercice 3 : Boutons poussoirs

### 3.1 Question 3.1

La cible dispose de trois boutons utilisateur (HOME, BACK, MENU) et un bouton de reset. On y accède via le fichier `"/dev/input/event1"` dans lequel toutes les informations quant aux pressions et relâchement de ces boutons seront écrites.

### 3.2 Question 3.2

Pour tester en ligne de commande, on peut utiliser `"evtest /dev/input/event1"` (voir figure 1.7)

```
root@devkit8600:~# evtest /dev/input/event1
Input driver version is 1.0.1
Input device ID: bus 0x19 vendor 0x1 product 0x1 version 0x100
Input device name: "gpio-keys"
Supported events:
  Event type 0 (EV_SYN)
  Event type 1 (EV_KEY)
    Event code 1 (KEY_ESC)
    Event code 59 (KEY_F1)
    Event code 102 (KEY_HOME)
Properties:
Testing ... (interrupt to exit)
Event: time 1492179011.627030, type 1 (EV_KEY), code 1 (KEY_ESC), value 1
Event: time 1492179011.627034, ----- SYN REPORT -----
Event: time 1492179011.806361, type 1 (EV_KEY), code 1 (KEY_ESC), value 0
Event: time 1492179011.806365, ----- SYN REPORT -----
Event: time 1492179020.838352, type 1 (EV_KEY), code 102 (KEY_HOME), value 1
Event: time 1492179020.838356, ----- SYN REPORT -----
Event: time 1492179021.034120, type 1 (EV_KEY), code 102 (KEY_HOME), value 0
Event: time 1492179021.034122, ----- SYN REPORT -----
Event: time 1492179022.975083, type 1 (EV_KEY), code 59 (KEY_F1), value 1
Event: time 1492179022.975091, ----- SYN REPORT -----
Event: time 1492179023.172103, type 1 (EV_KEY), code 59 (KEY_F1), value 0
Event: time 1492179023.172106, ----- SYN REPORT -----
```

FIGURE 1.7 – Résultat du `evtest` sur `/dev/input/event1`

Les valeurs sont soit à 1 soit à 0 selon l'état du bouton : pressé ou relâché.

### 3.3 Question 3.3

La structure `input_event` est déclarée dans le fichier suivant :  
`" /opt/poky/1.7.3/sysroots/armv7a-vfp-neon-poky-linux-gnueabi/usr/include/linux/input.h"`

Au début de notre fichier C, on ajoute donc : `"#include <linux/input.h>".` Voici le programme que nous avons codé. Celui-ci lit les événements indiqués dans le fichier `"/dev/input/event1"`, affiche ces événements dans le terminal et allume :

- La `sys_led` en cas de pression sur le bouton MENU
- La `user_led` en cas de pression sur le bouton BACK
- Les deux LEDs en cas de pression sur la touche HOME

### 3.4 Question 3.4



```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <fcntl.h>
4 #include <linux/input.h>
5 #include <sys/types.h>
6 #include <sys/stat.h>
7
8 int main()
9 {
10     struct input_event event_buttons;
11     int sys_led, user_led, buttons;
12
13     //ouverture du fichier gerant les evenements des boutons
14     buttons = open("/dev/input/event1", O_RDONLY);
15
16     if(buttons == -1) //Test en cas d'erreur d'ouverture
17     {
18         perror("Erreur d'ouverture de l'un des fichiers");
19         return 0;
20     }
21
22     //ouverture des fichiers pour gerer les LEDs
23     sys_led = open("/sys/class/leds/sys_led/brightness", O_RDWR);
24     user_led = open("/sys/class/leds/user_led/brightness", O_RDWR);
25
26     if(sys_led == -1 || user_led == -1) //Test en cas d'erreur d'
27         ouverture
28     {
29         perror("Erreur d'ouverture de l'un des fichiers");
30         return 0;
31     }
32
33     while(1)
34     {
35         //lecture du fichier d'evenements boutons
36         read(buttons, &event_buttons, sizeof(event_buttons));
37
38         int code = (int)event_buttons.code; //lequel des boutons
39         int value = (int)event_buttons.value; //pression ou relachement
40
41         switch(code)
42         {
43             case KEY_F1: // MENU
44                 if(value == 1) //pression
45                 {
46                     printf("MENU PUSH\n"); //afficher message
47                     if(write(sys_led, "1", 1) == -1) //allumer LED
48                         perror("Erreur d'écriture");
```

```
48     }
49     else //relachement
50     {
51         printf("MENU RELEASE\n"); //afficher message
52         if(write(sys_led, "0", 1) == -1) //eteindre LED
53             perror("Erreur d'ecriture");
54     }
55     break;
56
57     case KEY_ESC: // BACK
58         if(value == 1) //pression
59         {
60             printf("BACK PUSH\n"); //afficher message
61             if(write(user_led, "1", 1) == -1) //allumer LED
62                 perror("Erreur d'ecriture");
63         }
64         else //relachement
65         {
66             printf("BACK RELEASE\n"); //afficher message
67             if(write(user_led, "0", 1) == -1) //eteindre LED
68                 perror("Erreur d'ecriture");
69         }
70     break;
71
72     case KEY_HOME: // HOME
73         if(value == 1) //pression
74         {
75             printf("HOME PUSH\n");
76             if(write(user_led, "1", 1) == -1) //allumer LED
77                 perror("Erreur d'ecriture");
78             if(write(sys_led, "1", 1) == -1) //allumer LED
79                 perror("Erreur d'ecriture");
80         }
81         else //relachement
82         {
83             printf("HOME RELEASE\n");
84             if(write(user_led, "0", 1) == -1) //eteindre LED
85                 perror("Erreur d'ecriture");
86             if(write(sys_led, "0", 1) == -1) //eteindre LED
87                 perror("Erreur d'ecriture");
88         }
89     break;
90 }
91 }
92 //Fermetures des fichiers
93 if(close(sys_led) == -1)
94     perror("Erreur de fermeture de l'un des fichiers");
95 if(close(user_led) == -1)
96     perror("Erreur de fermeture de l'un des fichiers");
```

```
98     if(close(buttons) == -1)
        perror("Erreur de fermeture de l'un des fichiers");
100     return 0;
}
```

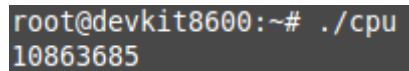
## Exercice 4 : Charge CPU

### 4.1 Question 4.1

Voici notre programme :

```
1 #include <stdio.h>
#include <unistd.h>
3 #include <fcntl.h>
#include <sys/types.h>
5 #include <sys/stat.h>
#include <sys/time.h>
7
#define TAILLE 10000 // Taille de la boucle
9
11 int main()
{
13     int j = 0, tempstotal = 0;
    struct timeval debut, fin, res;
    gettimeofday(&debut, NULL); // Prise de temps avant attente
15     for(j = 0; j < TAILLE; j++) // Attente
    {
17         usleep(1000);
    }
19     gettimeofday(&fin, NULL); // Prise de temps après attente
    timersub(&fin, &debut, &res); // Différence entre temps fin et
    début
21     int tempstotal = res.tv_sec* 1000000 + res.tv_usec; // Obtention du
    temps en microsecondes
23     printf("Temps total : %d\n", tempstotal); // Affichage
25     return 0;
}
```

On relève un temps de 10863658 us, soit environ 10,9 s.



```
root@devkit8600:~# ./cpu
10863685
```

FIGURE 1.8 – Résultat d’une boucle de 10 000 usleep(1000)

## 4.2 Question 4.2

Voici notre programme modifié :

```
1 #include <stdio.h>
2 #include <unistd.h>
3 #include <fcntl.h>
4 #include <sys/types.h>
5 #include <sys/stat.h>
6 #include <sys/time.h>
7
8 #define TAILLE 10000
9
10 int main()
11 {
12     int j = 0, min, max, moy = 0, tempstotal = 0;
13     int tab[TAILLE];
14     struct timeval debut, fin, res;
15
16     for(j = 0; j < TAILLE; j++) // Attente
17     {
18         // Cette fois on prend les temps à l'intérieur de la boucle
19         gettimeofday(&debut, NULL);
20         usleep(1000);
21         gettimeofday(&fin, NULL);
22         timersub(&fin, &debut, &res);
23         // On stocke les temps dans un tableau
24         tab[j] = res.tv_sec * 1000000 + res.tv_usec;
25         moy += tab[j]; // Pour calcul ultérieur de la moyenne
26     }
27     moy = moy / TAILLE - 1000; // Calcul moyenne
28     min = tab[0];
29     max = tab[0];
30     // Recherche des min et max
31     for(j = 1; j < TAILLE; j++)
32     {
33         if(min > tab[j])
34             min = tab[j];
35         if(max < tab[j])
36             max = tab[j];
37     }
38     // Conversion en millisecondes
39     min = min / 1000;
```

```
40 | max=max/1000;  
    | printf("Moyenne : %d\nMaximum : %d\nMinimum : %d\n", moy, max, min)  
    | ;  
42 | return 0;  
    | }
```

Voici les temps relevés :

— **Sans stress** :

- Moyenne : 1.085 ms
- Maximum : 1.772 ms
- Minimum : 1.013 ms

— **Avec stress** :

- Moyenne : 1.766 ms
- Maximum : 305.397 ms
- Minimum : 1.027 ms

On se rend compte qu'avec un stress, la moyenne augmente et le temps maximum explose. En effet, il arrive que notre programme soit interrompu au profit du stress que l'on a lancé en même temps. Notre tâche est donc fortement ralentie. Le minimum, lui, augmente très peu car il est aussi possible que notre programme ne soit pas beaucoup interrompu sur une itération.

On pourrait, pour améliorer ces résultats, rendre notre programme temps réel et lui assigner une priorité maximale.