CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

Samedi 13/09/2008
2 heures

METHODES DE PROGRAMMATION SYSTEMES

UE NSY103

SESSION DE SEPTEMBRE
Année 2007 – 2008, deuxième semestre
Coefficient : 100% de la note finale

Documents autorisés : NON

Cnam
CONSERVATOIRE NATIONAL
DES ARTS ET METIERS

Exercice n°1 : ordonnancement temps-réel *(3 questions pour un total de 8 points)*

Sur une station de travail monoprocesseur tournant sous Linux, trois processus temps-réel P1, P2, et P3 se partagent les ressources de temps de calcul du CPU. Tous 3 appartiennent à la classe d'ordonnancement « **`SCHED_RR`** » (l'ordonnancement s'effectue avec l'algorithme du tourniquet – *round robin* – associé à une priorité). Les processus P1 et P2 ont une priorité de 50, et le processus P3 a une priorité de 40 (une plus grande valeur correspond à une priorité **la plus forte**). Sur cette version du système d'exploitation, le quantum de temps pour l'algorithme du tourniquet a été fixé à 10 ms. On supposera le temps de commutation de contexte comme négligeable.

En plus de leur besoin en temps de calcul, chacun des trois processus réalisent aussi des entrées/ sorties à destination du disque dur. Ces opérations d'entrées/sorties bloquent le processus et ne sont pas consommatrices de CPU.

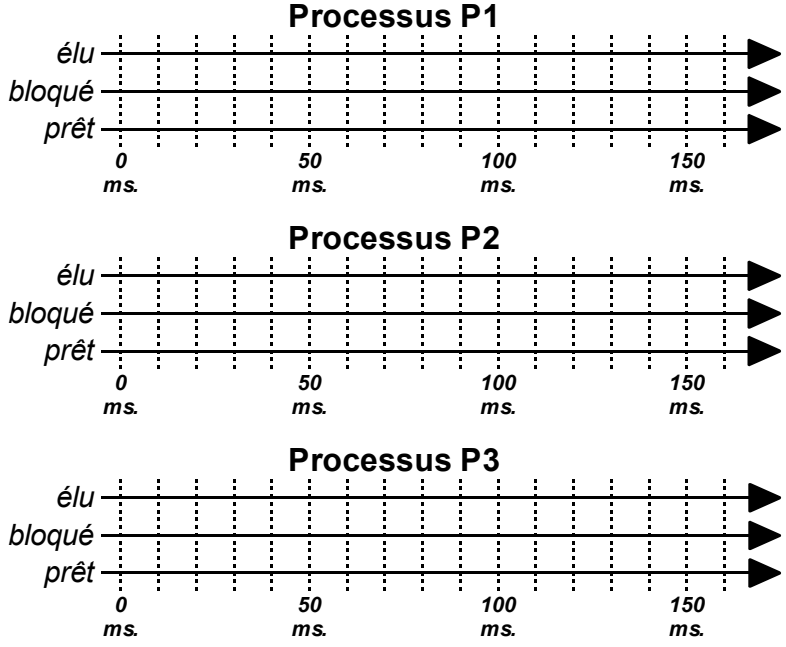
Les opérations que doivent réaliser ces trois processus sont indiquées dans le tableau suivant :

Processus **P1** (*priorité 50*)	Processus **P2** (*priorité 50*)	Processus **P3** (*priorité 40*)
20 ms. de temps de calcul 5 ms. d'entrées/sorties 20 ms. de temps de calcul 10 ms. d'entrées/sorties 10 ms. de temps de calcul	30 ms. de temps de calcul 15 ms. d'entrées/sorties 10 ms. de temps de calcul 5 ms. d'entrées/sorties 10 ms. de temps de calcul	30 ms. de temps de calcul 5 ms. d'entrées/sorties 5 ms. de temps de calcul

Question 1.a) [*2 points*] : dessinez le schéma des trois principaux états que peuvent prendre les processus Linux pendant leur exécution, et indiquer les raisons qui peuvent faire passer un processus d'un état à un autre.

Question 1.b) [*2 points*] : rappelez brièvement le fonctionnement de l'algorithme du tourniquet associé à une priorité, utilisé dans la classe d'ordonnancement « **`SCHED_RR`** » sous Linux.

Question 1.c) [*4 points*] : sachant que les trois processus sont lancés en même temps, remplissez le chronogramme d'exécution (selon le modèle ci-dessous) des trois processus indiquant pour chacun s'il est dans l'état « *prêt* », « *bloqué* », ou « *élu* ». Donnez pour chaque processus son temps de réponse (temps écoulé entre le début et la fin de l'exécution du processus, vu de l'utilisateur). Rq : *ne pas écrire sur le sujet, faire les schémas **sur votre copie***.



Exercice n°2 : threads *(4 questions pour un total de 8 points)*

Question 2.a) [*1,5 point*] : qu'est ce qu'un *thread*, et pourquoi ont ils été inventés alors que le multitâche sur système monoprocesseur pouvait être assuré par les processus ? Qu'est ce qui est partagé entre les threads d'un même processus (et qu'est ce qui ne l'est pas) ?

Question 2.b) [*1 point*] : quel mécanisme est proposé spécifiquement pour qu'un thread puisse s'assurer l'exclusivité d'accès à une ressource ?

Question 2.c) [*1,5 point*] : quels sont les deux types de thread, et quels sont leur avantages/inconvénients ?

Question 2.d) [*4 points*] : écrire (en pseudo-code ou en C) un programme réalisant les actions suivantes :

- le corps principal du programme (fonction `main()`) crée un thread. Ce nouveau thread sera appelé par la suite thread n°2, alors que le fil d'instruction qui suit dans le corps du programme sera appelé thread n°1. Le code exécuté par le thread n°2 se trouve dans une fonction `code_thread_2()` ;
- le thread n°1 va appeler une fonction `f1()` (on supposera que cette fonction existe par ailleurs, il n'est pas utile de la programmer ; d'ailleurs, rien n'est dit sur ce que fait cette fonction `f1()`) ;
- le thread n°2 doit appeler une fonction `f2()` (elle aussi étant supposée existante par ailleurs) **après** (et uniquement après) avoir eu l'assurance que l'appel à la fonction `f1()` par le thread n°1 est terminé ;
- les deux threads se terminent, et les ressources utilisées sont libérées proprement. Remarque : la fin du thread n°1 ne doit pas empêcher le thread n°2 d'exécuter la totalité de la fonction `f2()`.

La synchronisation des deux threads (qui permet au thread n°2 de n'appeler `f2()` que lorsque l'appel de `f1()` par le thread n°1 est terminé) sera assurée par une « *variable condition* ».

Exercice n°3 : la mémoire *(2 questions pour un total de 4 points)*

Question 3.a) [*2 points*] : qu'est-ce que la segmentation ? Quel système électronique du processeur traite ce mécanisme ? Illustrez le mécanisme de segmentation en donnant le schéma du mécanisme de traduction d'une adresse virtuelle en adresse linéaire.

Question 3.b) [*2 points*] : qu'est-ce que la pagination ? Illustrez le mécanisme de pagination en donnant le schéma du mécanisme de traduction d'une adresse logique en adresse physique.

Annexe : les appels systèmes utiles (extrais des « man » Linux)

- `int socket(int domain, int type, int protocol)` : crée un point de communication, et renvoie un descripteur (ou –1 si erreur). Ici, **domain** doit être `PF_INET`, le **type** `SOCK_DGRAM` (protocole UDP), le protocole à 0.
- `int bind(int sockfd, const struct sockaddr *my_addr, socklen_t addrlen)` : fournit à la socket **sockfd**, l'adresse **my_addr**, adresse de longueur **addrlen** octets. Retourne 0 si OK, -1 sinon. Avec : struct sockaddr_in {

```
        short sin_family;        /* AF_INET */
        u_short sin_port;        /* Num. de port en endian Internet */
        struct in_addr sin_addr; /* Adresse IP (en endian Internet) */
        char sin_zéro [8];       /* Bourrage */
    };
    struct in_addr {
          u_long s_addr;
    };
```

- `int recvfrom(int s, void *buf, int len, int flags, struct sockaddr *from, int *fromlen)` : utilisé pour recevoir des messages depuis un socket. Avec **s** le descripteur de socket, **buf** une zone mémoire de taille minimum **len**, **len** le nombre d'octets demandés, **from** est remplis par l'adresse source, et **fromlen** la taille (en octets) de cette adresse source. Retourne le nombre d'octets reçus, -1 en cas d'erreur.
- `int sendto(int s, const void *buf, int len, int flags, const struct sockaddr *to, int tolen)` : envoie dans le socket **s** les **len** octets pointés par **buf**, à destination de l'adresse **to** de longueur **tolen**. Ici, **flags** vaut 0. Retourne le nombre d'octets écrits, -1 en cas d'erreur.
- `bzero(void *ptr, int n)` : mets à 0 les **n** octets pointés par **ptr**.
- `memcpy(void *dest, void *source, int n)` : copie les **n** octets pointés par **source** vers **dest**.
- `memcmp(void *ad1, void *ad2, int n)` : retourne 0 si les **n** octets pointés par **ad1** sont égaux à ceux pointés par **ad2**, et un nombre non nul sinon.
- `int htons(int n)` : normalise l'entier **n** au format réseau.
- `int htonl(long l)` : normalise l'entier long **l** au format réseau.
- `int ntohs(int n)` : normalise l'entier **n** au format local.
- `int ntohl(long l)` : normalise l'entier long **l** au format local.
- `struct hostent *gethostbyname(const char *name)` : retourne l'adresse IP de la machine de nom **name**, dans une structure `struct hostent {`

```
        char    *h_name;       /* Nom officiel de l'hôte. */
        char   **h_aliases;    /* Liste d'alias. */
        int      h_addrtype;   /* Type d'adresse de l'hôte. */
        int      h_length;     /* Longueur de l'adresse. */
        char   **h_addr_list;  /* Liste d'adresses. */
    }
    #define h_addr  h_addr_list[0] /* pour compatibilité. */
```

- `int select(int nfds, fd_set *readfds, fd_set *writefds, fd_set *exceptfds, struct timeval *timeout)` : permet à un programme de surveiller des descripteurs de fichiers contenus dans les ensembles **readfds** (ensemble de descripteurs à surveiller pour voir si des octets sont disponibles en lecture), **writefds** (ensemble de descripteurs à surveiller pour voir si des octets sont disponibles en écriture), **exceptfds** (recherche des conditions exceptionnelles). **nfds** est égal à 1 + numéro du descripteur le plus grand des 3 ensembles **readfds**, **writefds**, et **exceptfds**. **timeout** permet de gérer un timer, et est de type : `struct timeval {`

```
        long    tv_sec;         /* secondes      */
        long    tv_usec;        /* microsecondes */
    };
```

La fonction retourne le nombre de descripteurs ayant une action possible, 0 en cas de timeout. Quatre macros sont disponibles pour la manipulation ensembles : « `void FD_ZERO(fd_set *`**`set`**`);` » efface un ensemble. « `void FD_SET(int` **`fd`**`, fd_set *`**`set`**`);` » et « `void FD_CLR(int` **`fd`**`, fd_set *`**`set`**`);` » ajoutent et suppriment un descripteur dans un ensemble. « `int FD_ISSET(int` **`fd`**`, fd_set *`**`set`**`);` » vérifie si un descripteur est contenu dans un ensemble.

- `int pipe(int` **`filedes`**`[2])` : crée une paire de descripteurs de tube, et les place dans un tableau **`filedes`** (**`filedes`****[0]** est utilisé pour la lecture, et **`filedes`****[1]** pour l'écriture). Retourne –1 si erreur, 0 sinon.
- `int read(int` **`fd`**`, void *`**`buf`**`, size_t` **`count`**`)` : lit count octets depuis le fichier **`fd`** et place les octets lus dans **`buf`**. Retourne le nombre d'octets lus, -1 sinon.
- `int write(int` **`fd`**`, const void *`**`buf`**`, size_t` **`count`**`)` : écrit dans le fichier **`fd`** **`count`** octets pointés par **`buf`**. Retourne le nombre d'octets écrits, -1 sinon.
- `close(int` **`fd`**`)` : ferme proprement le descripteur de fichier **`fd`**.
- `void (*signal(int` **`signum`**`, void (*`**`handler`**`)(int)))(int)` : positionne la fonction **`handler`** comme fonction appelée en cas de réception du signal **`signum`**.
- `pid_t wait(int *`**`status`**`)` : attend la fin d'un enfant. Si **`status`** est non NULL, met dans ***`status`** le code retourné par cet enfant.
- `int kill(pid_t` **`pid`**`, int` **`sig`**`)` : envoie le signal **`sig`** au processus numéro **`pid`**.
- `int msgget(key_t` **`key`**`, int` **`msgflg`**`)` : renvoie l'identifiant de la file de messages associée à la clé **`key`**. Dans les problèmes énnoncés ici, **`msgflg`** vaudra : **`IPC_CREAT|S_IRUSR|S_IWUSR`**
- `msgctl(`**`msqid`**`, IPC_RMID, NULL)` **:** permet de détruire la file de message d'identifiant **`msqid`**.
- `int msgsnd(int` **`msqid`**`, const void *`**`msgp`**`, size_t` **`msgsz`**`, int` **`msgflg`**`)` : envoie sur la file ayant comme identifiant **`msqid`** un message pointé par **`msgp`**. Ce message doit avoir la forme d'une structure du type :

```
struct msgbuf {
    long        mtype;     /* type de message ( > 0 ) */
    mon_message message;   /* contenu du message */
};
```

  `msgsz` est la taille du type "`mon_message`", et **`msgflg`** vaudra 0 dans notre cas. La fonction retourne 0 si tout va bien, -1 sinon.
- `int msgrcv(int` **`msqid`**`, const void *`**`msgp`**`, size_t` **`msgsz`**`, long` **`msgtyp`**`, int` **`msgflg`**`)` : reste bloqué sur la file ayant comme identifiant **`msqid`** jusqu'à l'arrivée d'un message pointé par **`msgp`**. Ce message doit avoir la forme d'une structure du type :

```
struct msgbuf {
    long        mtype;     /* type de message ( > 0 ) */
    mon_message message;   /* contenu du message */
};
```

  `msgsz` est la taille du type "`mon_message`", **`msgflg`** vaudra 0 dans notre cas. Si l'argument **`msgtyp`** vaut 0, le premier message est lu (quel que soit son type). Si **`msgtyp`** est supérieur à 0, alors seul le premier message de type **`msgtyp`** est extrait de la file. La fonction retourne -1 en cas d'erreur, ou le nombre d'octets écrits dans le champ **`"msgp.message".`**
- `int semget(key_t` **`key`**`, int` **`nsems`**`, int` **`semflg`**`)` : Cette fonction retourne l'identifiant de l'ensemble de sémaphores associé à la valeur de clé **`key`**. La valeur de **`nsems`** indique le nombre de sémaphores que doit contenir cet ensemble. Dans les problèmes énnoncés ici, sem**`flg`** vaudra : **`IPC_CREAT|S_IRUSR|S_IWUSR`**
- `semctl(int` **`sem_id`**`, int` **`sem_num`**`,` **`SETVAL`**`, int` **`v0`**`)` : initialise le sémaphore numéro **`sem_num`** de l'ensemble **`sem_id`** à la valeur **`v0`**.

- `int semop(int` **`semid`**`, struct sembuf *`**`sops`**`, unsigned` **`nsops`**`)` : fonction qui effectue des opérations sur les membres de l'ensemble de sémaphores identifié par **semid**. Chacun des **nsops** éléments dans le tableau pointé par **sops** indique une opération à effectuer sur un sémaphore en utilisant une structure **`struct sembuf`** contenant les membres suivants :

```
unsigned short sem_num; /* Numéro du sémaphore    */
short     sem_op; /* Opération sur le sémaphore */
short     sem_flg; /* Options pour l'opération  */
```

  Les options possibles pour **`sem_flg`** sont **`IPC_NOWAIT`** (ne sera pas utile ici) et **`SEM_UNDO`**. Si une opération indique l'option **`SEM_UNDO`**, elle sera annulée lorsque le processus se terminera. L'ensemble des opérations contenues dans le tableau **`sops`** est effectué atomiquement. Les opérations sont toutes réalisées en même temps, et seulement si elle peuvent toutes être effectuées.
  Chaque opération est effectuée sur le **`sem_num`**-ième sémaphore de l'ensemble. Le premier sémaphore est le numéro 0. Pour chaque sémaphore, l'opération est l'une des 3 décrites ci-dessous :
  - Si l'argument **`sem_op`** est un entier positif, la fonction ajoute cette valeur au **`sem_num`**-ième sémaphore. Cette opération n'est jamais bloquante.
  - Si **`sem_op`** vaut 0, le processus attend que semval soit nul ; si semval vaut zéro, l'appel système continue immédiatement.
  - Si **`sem_op`** est inférieur à 0, si **`semval`** est supérieur ou égal à la valeur absolue de **`sem_op`**, la valeur absolue de **`sem_op`** est soustraite du **`sem_num`**-ième sémaphore. Sinon, l'appel est blocant.

  En cas de réussite, `semop()` renvoit 0, et -1 sinon.
- `semctl(`**`sem_id`**`, 0, IPC_RMID, 0)` : permet de détruire l'ensemble de sémaphores identifié par **`sem_id`**.
- `int pthread_create(pthread_t *`***`thread`***`, pthread_attr_t *`***`attr`***`, void *(*`***`start_routine`***`)(void *), void *`***`arg`***`)` : permet la création d'un nouveau thread, identifié par l'identificateur `*thread`, et attaché à l'exécution de la routine (`*start_routine`). Le fil d'exécution démarre son exécution au début de la fonction `start_routine` spécifiée et disparaît à Ia fin de l'exécution de celle-ci. L'argument `*attr` sera mis à `NULL` dans les exercices ici. Enfin, `*arg` correspond à un argument passé au *thread* pour l'exécution de la fonction (`*start_routine`) (peut valoir `NULL` si aucun argument est passé en paramètre). La primitive renvoie la valeur 0 en cas de succès, et une valeur négative sinon. Pour utiliser les thread, il conviendra de placer un « `#include <pthread.h>` » au début du programme.
- `pthread_exit(void *ret)` met fin au *thread* qui l'exécute, en retournant la valeur `*ret`.
- `pthread_join(pthread_t` ***`thread`***`, void **`***`retour`***`)` : permet à un thread d'obtenir la valeur de retour envoyée par un autre thread via la fonction « `pthread_exit()` ». Le paramètre ***`thread`*** correspond à l'identifiant du *thread* attendu, et ***`**retour`*** cotiendra la valeur retournée par l'autre thread. Important : l'exécution du processus qui effectue un appel à la fonction « `pthread_join()` » est suspendue jusqu'à ce que le *thread* attendu se soit achevé.
- Pour créer un mutex, il suffit de créer une variable de type `pthread_mutex_t`, et de l'initialiser avec la constante `PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER`. Exemple :

```
pthread_mutex_t  pMutex = PTHREAD_MUTEX_INITIALIZER;
```

- `pthread_mutex_destroy(pthread_mutex_t` ***`*pMutex`***`)` : permet de détruire proprement le mutex ***`pMutex`***.
- `int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *`***`pMutex`***`)` : verrouille le mutex ***`pMutex`***. Retourne 0 en cas de succès.

- `int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *pMutex)` : déverrouille le mutex ***pMutex***. Retourne 0 en cas de succès.
- Pour créer une variable condition, il suffit de créer une variable de type `pthread_cond_t` et de l'initialiser avec la constante `PTHREAD_COND_INITIALIZER`. Exemple :

```
pthread_cond_t   condition = PTHREAD_COND_INITIALIZER;
```

- `pthread_cond_wait(pthread_cond_t *condition, pthread_mutex_t *mutex)` : permet à un thread de se mettre en attente sur la variable condition ***condition***. Le mutex ***mutex*** devra être verrouillé avant l'appel de cette fonction, et libéré juste après.
- `pthread_cond_signal(pthread_cond_t *condition)` : signale que la condition ***condition*** est remplie. L'appel à cette fonction doit être protégé par le même mutex que celui protégeant l'appel de la fonction `pthread_cond_wait()`.
- `pthread_cond_destroy(pthread_cond_t *condition)` : détruit la variable condition ***condition***.