

Sistemas Operativos

Práctica 3

Curso
2017-2018

Procesos e hilos: planificación y sincronización

Profs. Sistemas Operativos

Índice



1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria

Introducción

- Objetivos:
 - Comprender la estructura de un planificador a través de un simulador realista
 - Comprender el funcionamiento de las políticas de planificación básicas
 - Implementar diferentes políticas de planificación en un entorno de simulación realista
- Como objetivo instrumental, el alumno se familiarizará con el uso de:
 - POSIX Threads
 - Semáforos
 - Mutexes y variables condición

Introducción

- Recordad: Procesos vs. Hilos
 - Dos procesos (padre - hijo) *no comparten nada*: se duplica toda la imagen de memoria
 - Dos hilos (mismo proceso) *comparten todo* menos la pila
- Haced y estudiad los ejercicios y ejemplos
 - Ayudan a comprender la materia....
 - ... y suelen acabar en las cuestiones

Índice

1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria



Ejemplo de uso I

Terminal #1

```
debian:P3 usuarioso$ ./schedsim -h
Usage: ./schedsim -i <input-file> [options]
```

List of options:

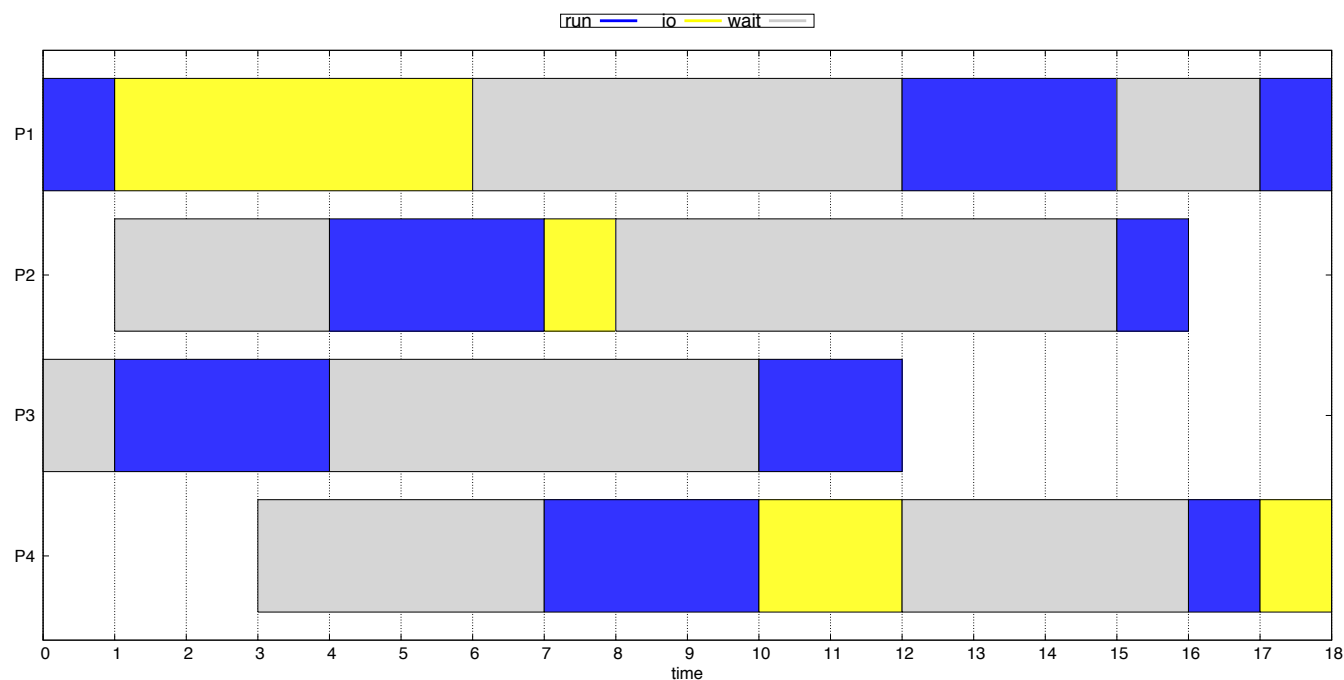
- h: Displays this help message
- n <cpus>: Sets number of CPUs for the simulator (default 1)
- m <nsteps>: Sets the maximum number of simulation steps (default 50)
- s <scheduler>: Selects the scheduler for the simulation (default RR)
- d: Turns on debug mode (default OFF)
- p: Selects the preemptive version of SJF or PRIQ (only if they are selected with -s)
- t <msecs>: Selects the tick delay for the simulator (default 250)
- q <quantum>: Set up the timeslice or quantum for the RR algorithm (default 3)
- l <period>: Set up the load balancing period (specified in simulation steps, default 5)
- L: List available scheduling algorithms

Ejemplo de uso II



Terminal #1

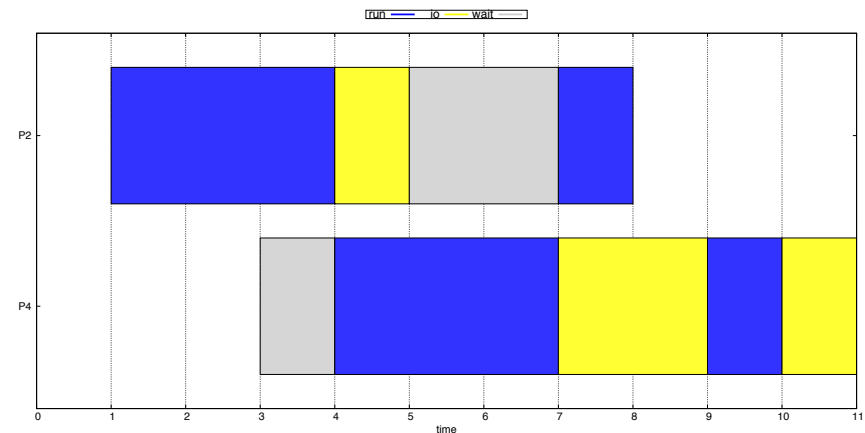
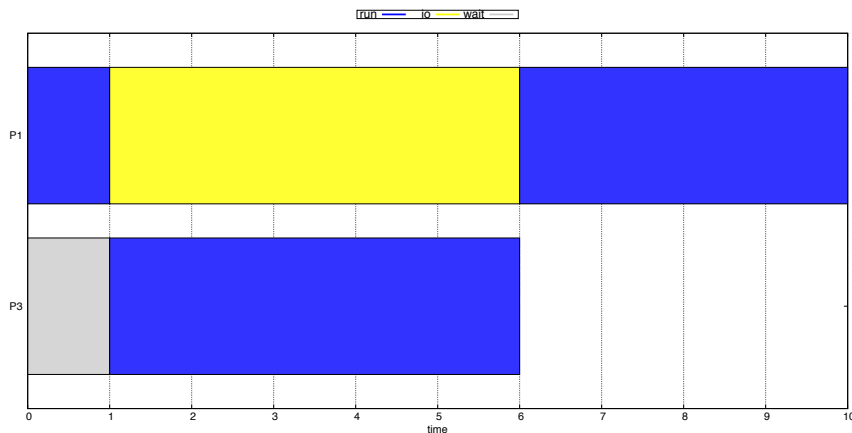
```
debian:P3 usuario$ ./schedsim -i examples/example1.txt  
debian:P3 usuario$ cd ../gantt-gplot  
debian:P3 usuario$ ./generate_gantt_chart ../schedsim/CPU_0.log
```



Ejemplo de uso con 2 CPUs

Terminal #1

```
debian:P3 usuario$ ./schedsim -i examples/example1.txt -n 2
debian:P3 usuario$ cd ../gantt-gplot
debian:P3 usuario$ ./generate_gantt_chart ../schedsim/CPU_0.log
debian:P3 usuario$ ./generate_gantt_chart ../schedsim/CPU_1.log
```



Sintaxis de ficheros de tareas

- En la carpeta *examples* se incluyen varios ejemplos
- Es sencillo construir nuevos ejemplos siguiendo la sintaxis

```
$ cat examples/example1.txt
```

```
P1 1 0 1 5 4
```

```
P2 1 1 3 1 1
```

```
P3 1 0 5
```

```
P4 1 3 3 2 1 1
```

- Columna 1: nombre de la tarea
- Columna 2: prioridad
- Columna 3: tiempo de comienzo
- Columnas siguientes:
ráfaga CPU - bloqueo - ráfaga CPU

Índice

1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria



Características generales

- Simulador diseñado para evaluar estrategias de planificación basado en eventos
 - El tiempo está discretizado y simulado por *ticks*
 - En cada *tick*:
 - Eventos: `NEW_TASK` o `TASK_AWAKEN`
 - El planificador decide si hay que cambiar la tarea en ejecución
- No se simula lo que hace cada tarea
- Se cuenta del nº de ticks en ejecución y bloqueo
- Simula un multiprocesador, un hilo por CPU
 - Cada CPU tiene su propia *runqueue*
 - Hay un balanceo de carga periódico

Índice



1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria

Cola de tareas



runqueue_t

```
typedef struct{

    slist_t tasks;          /* runnable task queue */
    task_t* cur_task;       /* Pointer to the task in the CPU.
                             It may be the idle task*/
    task_t idle_task;       /* This CPU's idle task */
    bool need_resched;      /* Flag activated when a user preemption
                             must take place */

    int cpu_rq;             /* CPU associated with this run queue */
    int nr_runnable;        /* Keeps track of the number of runnable
                             task in this CPU. Current not on the RQ*/
    void* rq_cs_data;       /* Pointer enabling a scheduling class to
                             store private data if needed */

    int next_load_balancing; /* Time of the next sim. step where
                             load_balancing will take place */

    pthread_mutex_t lock;    /* Runqueue lock*/

}runqueue_t;
```

Tarea I



task_t

```
typedef struct{

    int task_id;                /* Internal ID for the task*/
    char task_name[MAX_TASK_NAME];
    exec_profile_t task_profile; /* Task behavior */
    int prio;
    task_state_t state;
    int last_cpu;               /* CPU where the task ran last time */
    int last_time_enqueued;     /* Last simulation step where the task
                                was enqueued */
    int runnable_ticks_left;    /* Number of ticks the application has
                                to complete till block or exit */
    list_node_t ts_links;       /* Node for the global task list */
    list_node_t rq_links;       /* Node for the RQ list */
    ...
}
```

Tarea II



task_t

```
...
    bool on_rq;                                /* Marker to check if the task is on
                                                the rq or not !! */

    unsigned long flags;                       /* generic flags field */
    void* tcs_data;                            /* Pointer enabling a scheduling class
                                                to store private data if needed */

    /* Global statistics */
    int user_time;                             /* Cpu time */
    int real_time;                             /* Elapsed time since the application
                                                entered the system */

    int sys_time;                              /* For now this time reflects the time
                                                the thread spends doing IO */

    slist_t sched_regs;                       /* Linked list to keep track of the sched
                                                log registers (track state changes for
                                                later use) */

} task_t;
```

Operaciones sobre listas I



Métodos a emplear del tipo `slist_t`

```
void* head_slist ( slist_t* slist );
void* tail_slist ( slist_t* slist );
void remove_slist ( slist_t* slist, void* elem );
void insert_slist ( slist_t* slist, void* elem );

void sorted_insert_slist( slist_t* slist, void* object,
                          int ascending,                /*TRUE*/
                          int (*compare)(void*,void*) );

void sorted_insert_slist_front( slist_t* slist, void* object,
                                int ascending,          /*TRUE*/
                                int (*compare)(void*,void*) );
```


Operaciones sobre listas II



Métodos extra del tipo slist_t

```
void init_slist    ( slist_t* slist, size_t node_size,
void destroy_slist( slist_t* slist );
void* next_slist  ( slist_t* slist, void* elem);

void insert_slist_head ( slist_t* slist, void* elem);
                        size_t offset_node_field);

void insert_after_slist( slist_t* slist, void *object,
                        void *nobject);

void insert_before_slist( slist_t* slist, void *object,
                        void *nobject);

void sort_slist( slist_t* slist, int ascending,
                int (*compare)(void*,void*) );

static inline int is_empty_slist(slist_t* slist)
{ return slist->size==0; }

static inline int size_slist(slist_t* slist)
{ return slist->size; }
```

Índice



1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

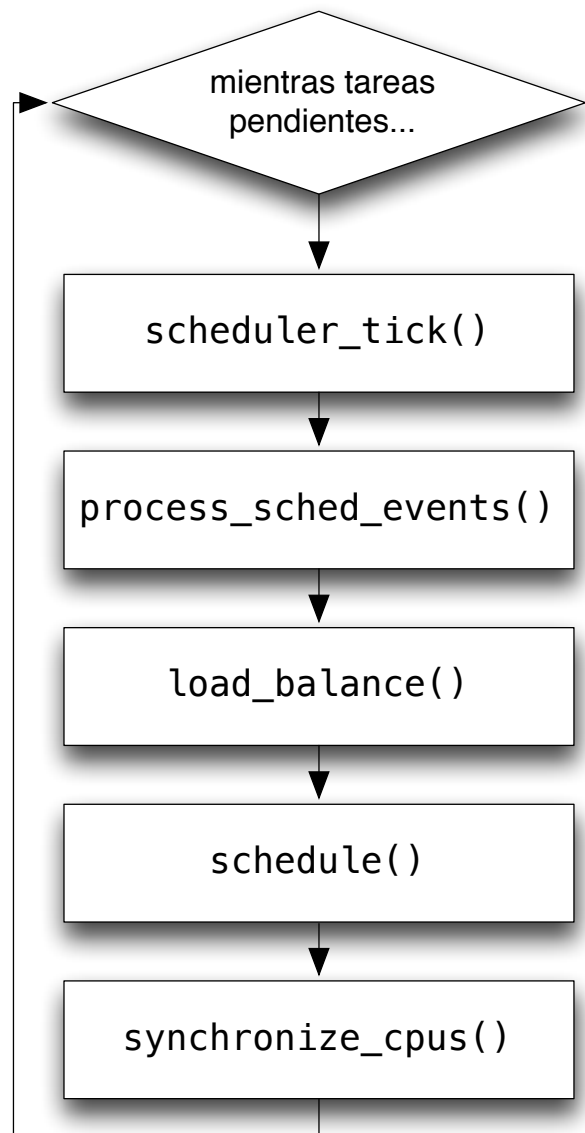
4 Trabajo parte obligatoria

Inicio del Simulador

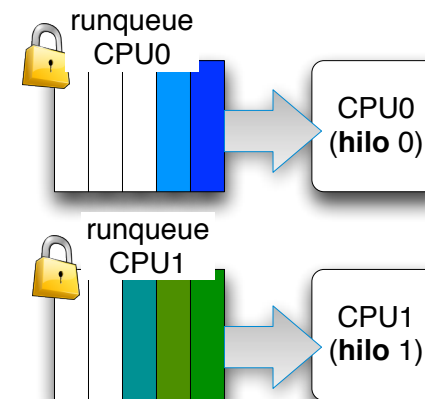
Se carga la lista de tareas y se invoca `sched_start()`

1. Inicializa las estructuras globales `sched_init()`
 - Array de runqueues: una por CPU
 - Array de eventos `sched_events`: una por CPU
 - Llama al *callback* de inicialización de la política elegida
 - Otras estructuras (`mutex`, ...) e inicializaciones
2. Recorre la lista de tareas, y para cada una
 - Inicializa la tarea
 - Inserta las tareas en las *runqueue* de las CPUs (reparto circular + `NEW_TASK`)
3. Crea un hilo por cada CPU (función `sched_cpu()`)
4. Espera a que terminen los hilos
5. Escribe a disco los resultados (`log`)
6. Libera los recursos y termina

Ciclo de simulación



- Cada hilo asociado a cada CPU realiza el bucle mientras le queden tareas pendientes
- Una iteración del bucle es equivalente a un *tick* del planificador
 - Cada CPU (hilo) tiene su cola de tareas listas para ejecutar (*runqueue*)
 - Cada *runqueue* tiene un cerrojo para evitar accesos concurrentes desde otras CPUs



Accounting de tarea actual

`scheduler_tick()`

1. Actualiza estadísticas:
 - Incrementa tiempo de usuario y real
 - Marca la última CPU en la que se ejecutó
2. Invoca, si existe, el método `task_tick()` de la política activa
3. Si la tarea actual no es IDLE y ha terminado una fase:
 - Marca la cola para replanificación
 - Selecciona la nueva fase para la tarea actual
 - Debe ser una fase de E/S
 - Actualiza sus estadísticas (tiempos de sistema y real incrementados en la longitud de la fase de E/S)
 - Inserta evento `TASK_AWAKEN` para el final de la nueva fase

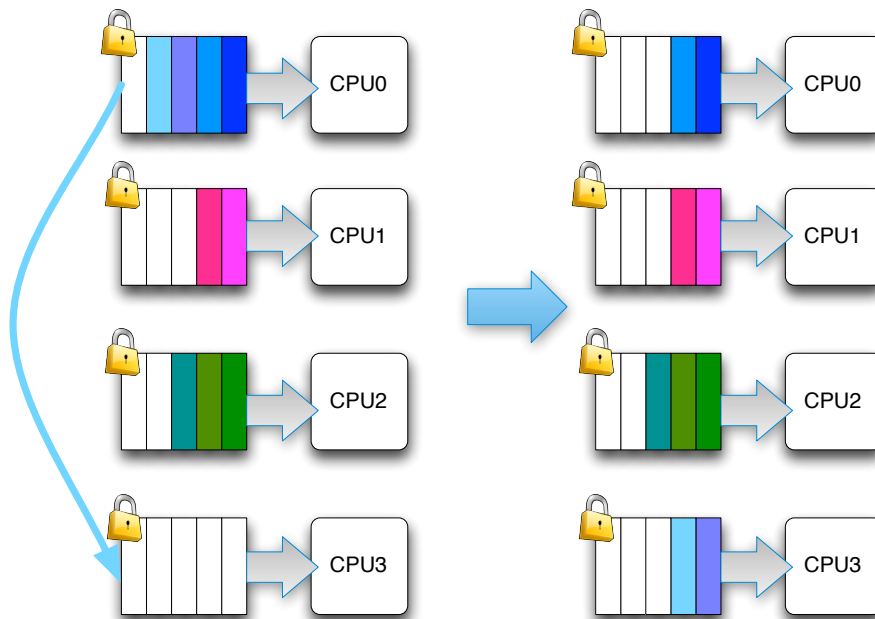
Procesamiento de eventos



`process_sched_events()`

1. Evento `NEW_TASK`: aparece una nueva tarea
 - La tarea se inicializa y se añade a la cola (*runqueue*) usando el método `enqueue_task` de la política activa
2. Evento `TASK_AWAKEN`: una tarea termina una fase de E/S
 - Si ya no quedan fases por ejecutar se *termina* la tarea
 - Si no, se actualiza la fase de la tarea (debe ser de CPU)
 - ticks que dura la fase
 - tarea marcada como lista
 - ...
 - Se inserta en la cola (`enqueue_task`)

Balanceo de carga



- Se ejecuta periódicamente o si una *runqueue* está vacía
- El hilo de la CPU más cargada trata de llevar trabajo a la CPU más descargada (*enqueue_task*)
- El hilo de la CPU menos cargada trata de *robar* tareas a la CPU más cargada (*steal_task*)
- Puede ocurrir en paralelo: posible *deadlock*
 - Implementación específica, similar al *Problema de los filósofos*

Plafificación

`schedule()`

- Se replanificará si:
 - el flag `need_resched` está activo
 - la tarea actual es IDLE
- El flag `need_resched` estará activo si:
 - La política de planificación ha decidido expropiar la CPU
 - Ha llegado a la *runqueue* una tarea con más prioridad
 - La tarea actual ha agotado su cuanto
 - ...
 - La tarea actual ha pasado a fase de E/S o ha terminado (lo marca el simulador)
- En cualquier caso la tarea se escoge invocando el método `pick_next_task` de la política activa

Índice



1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria

Implementando planificador

Métodos que se deben implementar

```
void sched_init_<name>( void );
void sched_destroy_<name>( void ) ;
static void task_new_<name>( task_t* t );
static void task_free_<name>( task_t* t );
static task_t* pick_next_task_<name>( runqueue_t* rq ) ;
static void enqueue_task_<name>( task_t* t, runqueue_t* rq,
                                int preempted );
static void task_tick_<name>( runqueue_t* rq );
static task_t* steal_task_<name>( runqueue_t* rq );
```

`sched_init` y `sched_destroy`

- Funciones de inicialización y destrucción del planificador
- Invocadas sólo una vez en el programa, en la fase inicialización
- Opcionales. Sólo son necesarias si el planificador necesita almacenar información extra en el campo `rq_cs_data` de la runqueue
 - en tal caso `sched_init()` es responsable de reservar la memoria
 - y `sched_destroy()` de liberarla

task_new y task_free

- Parámetro de entrada:
 - `task_t* t`
- Invocadas al crear y destruir una tarea
- Opcionales. Sólo son necesarias si el planificador tiene que mantener datos extra para las tareas en el campo `tcs_data`
 - en tal caso `task_new()` será responsable de reservar la memoria
 - y `task_free()` de liberarla
- Ejemplo: Round Robin debe almacenar el cuanto para la tarea en el campo `tcs_data`

pick_next_task

- Obligatoria
- Parámetros de entrada:
 - `runqueue_t* rq`
- Se invoca cuando se deba escoger la siguiente tarea a ejecutar en la CPU
- Sus funciones serían:
 - Escoger una tarea de la `runqueue`
 - Sacar dicha tarea de la `runqueue`
 - Devolver dicha tarea

enqueue_task

- Obligatoria
- Parámetros de entrada:
 - `task_t* t`
 - `runqueue_t* rq`
 - `int preempted`
- Se invoca para encolar una tarea en la `runqueue` de una CPU
- Con `preempted = 1`, tarea expulsada:
 - Se estaba ejecutando y hay que replanificar (e.g. agota cuanto).
- Con `preempted = 0`, tarea nueva. Si la política es expropiativa, debe comprobar si es necesario replanificar y marcarlo. Situaciones:
 - Porque acaba de crearse
 - Porque se ha desbloqueado (terminada su fase de E/S)
 - Porque se ha migrado desde otra CPU

task_tick

- Parámetros de entrada:
 - `runqueue_t* rq`
- Invocada en el bucle principal, una vez por *tick* de simulación
- Opcional. Realiza el accounting propio de la política si es necesario
 - Ejemplo: en RR decrementa el número de *ticks* que faltan para completar el cuanto
- Marca la cola para replanificación en caso de que sea necesario
 - Ejemplo: en RR si se ha agotado el cuanto

steal_task

- Obligatoria
- Parámetros de entrada:
 - `runqueue_t* rq`
- Se invoca cuando sea necesario hacer una migración que implique *robar* una tarea de la `runqueue`.

Campos que debe modificar la política



- De `runqueue_t`
 - `tasks`: la lista de tareas
 - `need_resched`: flag para indicar la necesidad de replanificar
 - `cs_data`: información extra del planificador
- De `task_t`
 - `flags`: para añadir flags interesantes para la política (ver por ejemplo la implementación de SJF)
 - `tcs_data`: información extra del planificador para la tarea (ej: ticks que quedan para completar cuanto en RR)

Registro de la clase de planificación



- Añadir un nuevo identificador numérico a la política en sched.h

```
/* Numerical IDs for the available scheduling algorithms */  
enum {  
    RR_SCHED ,  
    SJF_SCHED ,  
    NR_AVAILABLE_SCHEDULERS  
};
```

- Añadir también nueva entrada en la estructura available_schedulers
 - Identificador numérico
 - Nombre asignado a la política
 - Dirección de la variable sched_class_t que la implementa

```
static const sched_choice_t available_schedulers [  
    NR_AVAILABLE_SCHEDULERS]={  
    {RR_SCHED , "RR" ,&rr_sched},  
    {SJF_SCHED , "SJF" ,&sjf_sched},  
};
```

Índice

1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria



Round Robin y SJF

- [Ver código fuente](#)



Índice

1 Introducción

2 Uso del simulador

3 Diseño del Simulador

- Estructuras de datos
- Estructura del simulador
- Implementación de una clase de planificación
- Ejemplos: Round Robin y SJF

4 Trabajo parte obligatoria



Parte obligatoria

Cambios en el código C

- Crear planificador FCFS **no expropiativo**
- Crear planificador **expropiativo** basado en prioridades
- Implementar una barrera de sincronización no reentrante usando cerrojos y VC
 - Completar el fichero `barrier.c` (funciones `sys_barrier_init()`, `sys_barrier_destroy()` y `sys_barrier_wait()` de la rama `#else`)
 - Cuidado con los despertares espurios de la llamada `pthread_cond_wait` (usar `while`)
 - Modificar el *Makefile* para evitar que se declare la macro `POSIX_BARRIER`

Script shell

- No recibirá argumentos de entrada pero solicitará al usuario:
 - Nombre del fichero de ejemplo que se desea simular
 - Número máximo de CPUs que se desean simular
- Se simulará el ejemplo para todos los planificadores y todos los números de CPUs posibles (hasta el máximo indicado)
 - Para cada uno, se generarán las gráficas correspondientes

Pseudo código script shell



Script shell

```
maxCPUs = valor introducido por usuario
foreach nameSched in listaDeSchedulersDisponibles do
    for cpus = 1 to maxCPUs do
        ./simulador -n cpus -i .....
        for i=1 to cpus do
            mover CPU_$i.log a resultados/nameSched-CPU-$i.log
        done
        generar gráfica
    done
done
```