Sistemas Operativos
2º Curso – Grado en Ingeniería Informática

Tema 2:

Procesos e hilos

José Antonio Gómez Hernández, 2016.

Contenidos

- Conceptos de partida
- Implemetación de procesos/hilos en Linux:
  - Descriptor de procesos/hilos
  - Diagrama de estados y transiciones
  - Operaciones sobre procesos
- Planificación de procesos/hilos:
  - Tipos de planificadores y algoritmos de planificación básicos
  - El planificador de Linux
  - Ahorro de energía

1. Conceptos de partida

Conceptos sobre procesos e hilos

Conceptos a repasar

- Qué es un proceso y un hilo
- Qué es y qué contiene la imagen de un proceso
- Qué es el Bloque de Control de Proceso (PCB)
- Estados básicos de procesos/hilos
- Transiciones posibles entre estados y eventos que las disparan
- Qué es y cómo se realiza en cambio de contexto (proceso).

Dónde podemos revisarlo

- W. Stallings, *Sistemas Operativos. Aspectos internos y principio de diseño, 5ª Ed*., Prentice Hall, 2005.
  - Capítulo 3: 3.1 a 3.4
  - Capítulo 4: 4.1 y 4.2

Disponible en https://docs.google.com/file/d/0B9TsLZzbZBEYWXpLTF93NDNCTm8/edit?pref=2&pli=1

2. Implementación de procesos/hilos en Linux

Cómo se materializa un proceso

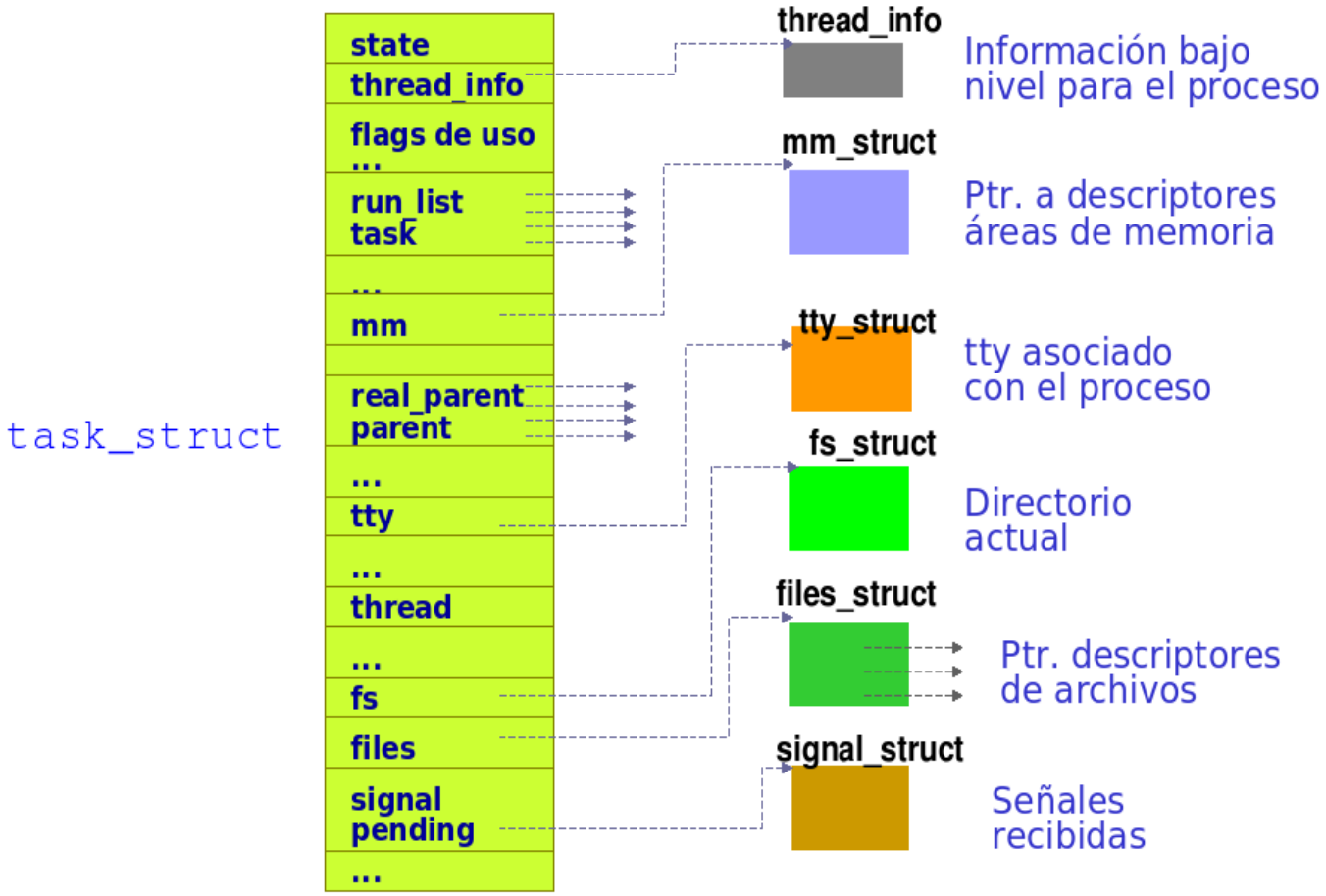
El Bloque de Control de Proceso

> En Linux, al PCB se lo denomina **descriptor de proceso** y viene descrito por una estructura `task_struct`.

> Definida en *include/linux/sched.h* (http://lxr.linux.no/#linux+v4.7/include/linux/sched.h)

Nota: las referencias al código fuente de Linux se realizan para la versión 4.7 del kernel (disponible en lxr.linux.no)

Descriptor de proceso



Comentarios

> Las sub-estructuras `mm_struct`, `files_struct`, `fs_struct`, `tty_struct`, `signal_struct` se desgajan de la principal por varios motivos:

- No se asignan cuando no es necesario. Por ejemplo, un “demonio” no tiene asignado terminal por lo que tty_struct → NULL)
- Permiten su compartición cuando sea necesario (volveremos sobre ellos al hablar de hilos y `clone()`).

Estructura `thread_info`

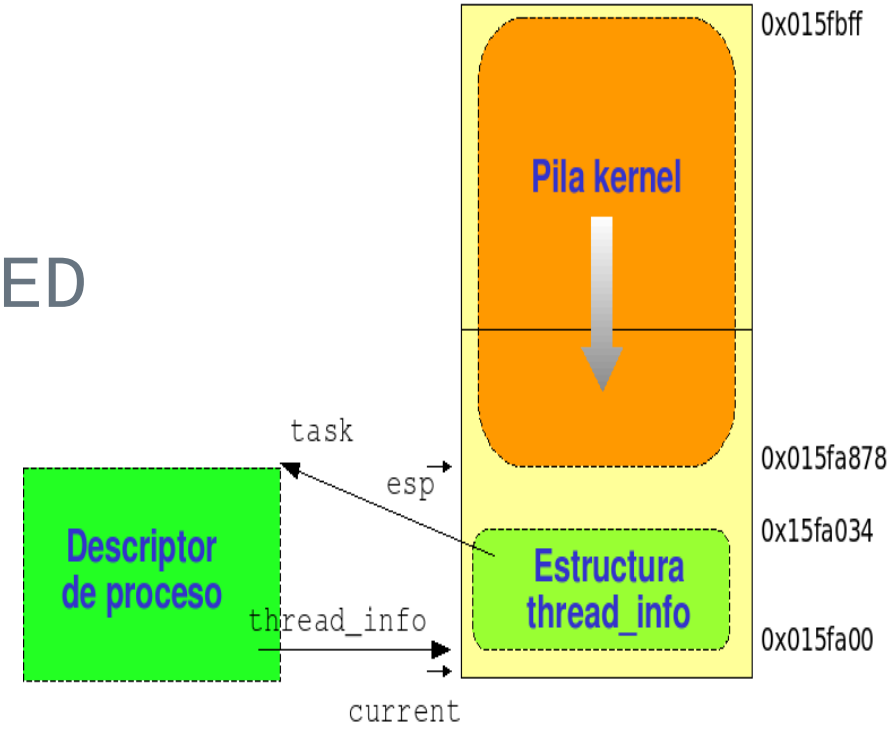
> Contiene información de bajo nivel sobre el proceso y permite acceder a la *pila kernel* del mismo.

> Algunos campos:

- `TIF_SIGPENDING`
- `TIF_NEED_RESCHED`
- `cpu`
- `preempt_count`

> Macros:

- `current()`



Estados de los procesos

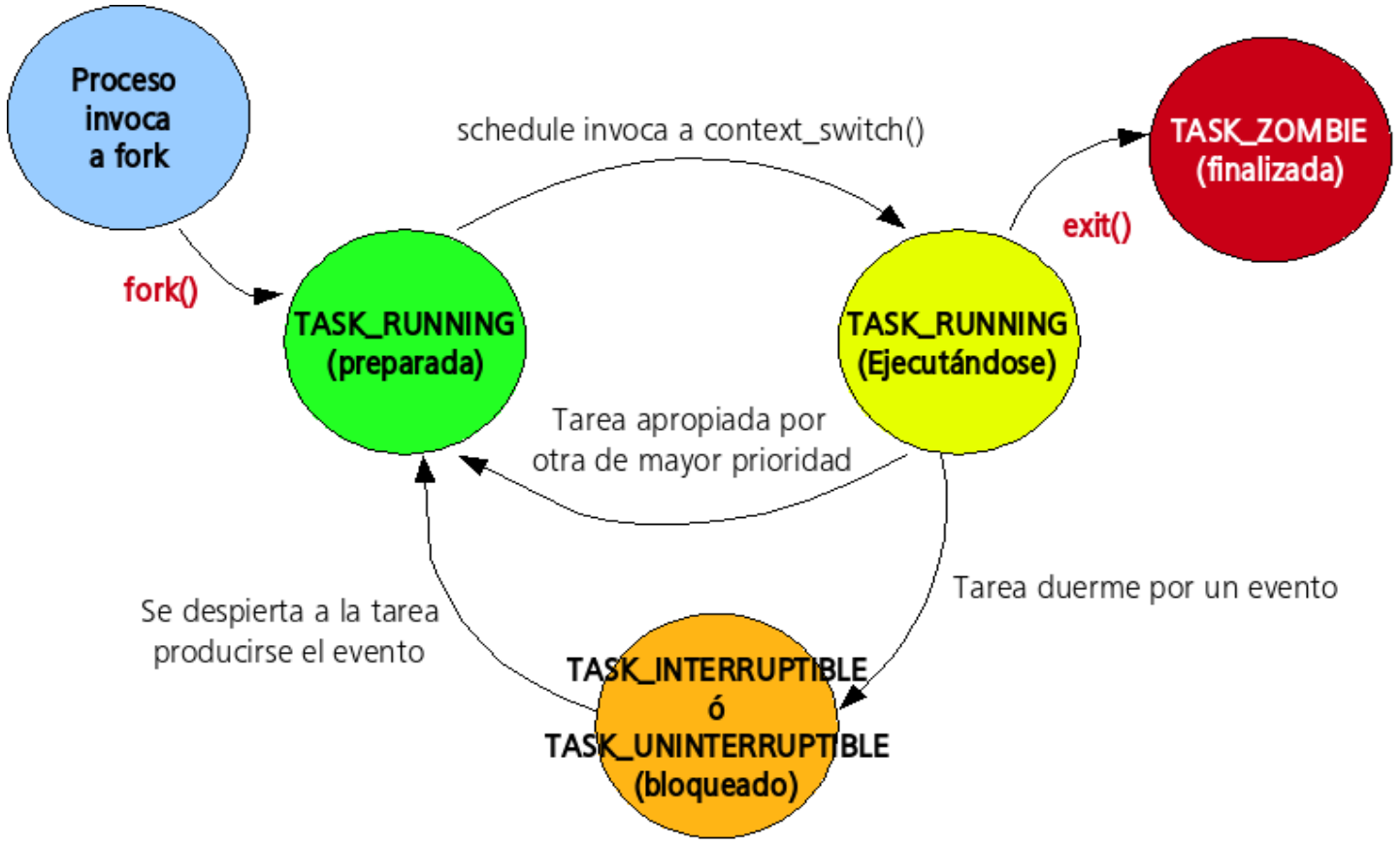
> El campo `state` almacena el estado:

- `TASK_RUNNING`: El proceso es ejecutable o esta en ejecución.
- `TASK_INTERRUPTIBLE`: el proceso esta bloqueado (dormido) de forma que puede ser interrumpido por una señal.
- `TASK_UNINTERRUPTIBLE`: proceso bloqueado no despertable por una señal.
- `TASK_TRACED`: proceso que esta siendo "traceado" por otro.
- `TASK_STOPPED`: la ejecución del proceso se ha detenido por algunas de las señales de control de trabajos.

> El campo `exit_state` almacena la condición en que ha finalizado:

- `EXIT_DEAD`: va a ser eliminado, su padre ha invocado `wait()`:
- `EXIT_ZOMBIE`: el padre aún no ha realizado `wait()`.

Diagrama de estados de procesos/hilos



Transiciones entre estados

> `clone()`: llamada al sistema para crear un proceso/hilo.

> `exit()`: llamada para finalizar un proceso.

> `sleep()`: bloquea/duerme a un proceso en espera de un determinado evento.

> `wakeup()`: desbloquea/despierta a un proceso cuando se ha producido el evento por el que espera.

> `schedule()`: planificador – decide que proceso tiene el control de la CPU

Colas asociadas a estado

> Existe una lista de procesos doblemente enlazada con todos los procesos del sistema y a la cabeza esta el *swapper* (PID=0, `task_struct_init_task`).
> Los estados `TASK_STOPPED`, `EXIT_ZOMBIE`, ó `EXIT_DEAD` no están agrupados en colas.
> Los procesos `TASK_RUNNING` están en diferentes *colas de procesos ejecutables*: una cola por procesador (ver §Planificación).

Jerarquía de procesos

> Todos los procesos forman parte de una jerarquía, con el `proceso systemd / init` (PID=1) a la cabeza.

- Todo proceso tiene exactamente un padre
- Procesos *hermanos* (*siblings*) = procesos con el mismo padre.

> La relación entre procesos se almacena en el PCB:

`parent`: puntero al padre

`children`: lista de hijos.

> Un proceso localiza a su padre con:

```
my_parent=current->parent
```

> Padre recorrer la lista de sus hijos:

```
list_for_children(list,&current>children)
```

Manipulación de procesos

> Algunas llamadas para la manipulación de procesos:

- `clone()`: crea un proceso o hilo desde otro con las características que se especifican en los argumentos.
- `exec()`: ejecuta un programa dentro de un proceso existente a partir del ejecutable que se pasa como argumento. Al invocar a exec() el SO destruye el espacio de direcciones a nivel de usuario del proceso invocador, solo se queda el descriptor de proceso, y construye un nuevo ED de usuario a partir de la información del formato ELF del programa invocado.

clone()

> El prototipo de la funcion en glibc es:

```
#define <sched.h>
int clone(int (*func() (void *), void *child_stack,
          int flags, void *func_arg, … /*pid_t *ptid,
          struct user_desc *tls, pid_t ctid */);
```

> El modelo de hilos de Linux es 1:1, es decir, cada hilo de usuario esta soportado por un hilo kernel.

clone() (cont.)

> Significado de algunos de los indicadores de creación:

`CLONE_FILES` – hilo padre e hijo comparten los mismos archivos abiertos

`CLONE_FS` – padre e hijo comparten la información del sistema de archivos

`CLONE_VM`– padre e hijo comparten el espacio de direcciones de usuario

`CLONE_SIGHAND` – comparten los manejadores de señales y señales bloqueadas

`CLONE_THREAD` – ambos procesos/hilos pertenecen al mismo grupo (mismo GID).

Ejemplo de clone

```
#include <stdio.h>  #include <unistd.h> #include
<sys/types.h>
#include <linux/unistd.h> #include <sys/syscall.h>
#include <errno.h>
#include <linux/sched.h> #include <malloc.h>

int variable=3;

int thread(void *p) {
  int tid;
  variable++;
  tid = syscall(SYS_gettid);
  printf(""\nPID - TID del hijo: %d - %d, var hijo:
            %d\n",getpid(),tid, var);
  sleep(5);
}
```

Ejemplo (cont.)

```
int main() {
  void **stack;
  int i, tid;
  stack = (void **)malloc(15000);
  if (!stack)
    return -1;
  i = clone(thread, (char*) stack + 15000, CLONE_VM|
          CLONE_FILES|CLONE_FS|CLONE_THREAD|CLONE_SIGHAND,
          NULL); /* (1) */
  sleep(2);
  if (i == -1)
    perror("clone");
  tid = syscall(SYS_gettid);
  printf("\nPID - TID del padre: %d - %d, var padre
%d\n\n",getpid(),tid, var);
  return 0;
}
```

Ejecución

> Si compilamos y ejecutamos el ejemplo tal como esta:

```
> ./clon
 PID - TID del hijo: 7917 - 7918, var hijo: 4
 PID - TID del padre: 7917 - 7917, var padre 4
```

> Si en (1) Si solo dejamos:

```
i = clone(thread, (char*) stack + 15000, NULL, NULL)
    > ./clon2
    PID - TID del hijo: 7971 - 7971, var hijo: 4
    PID - TID del padre: 7970 - 7970, var Padre 3
```

> ¿Qué ha pasando?

fork()

> `clone()` es una llamada endémica de Linux, en sistemas UNIX, la llamada para crear procesos (no hilos) es `fork()`.

> En linux, `fork()` se implementa como:

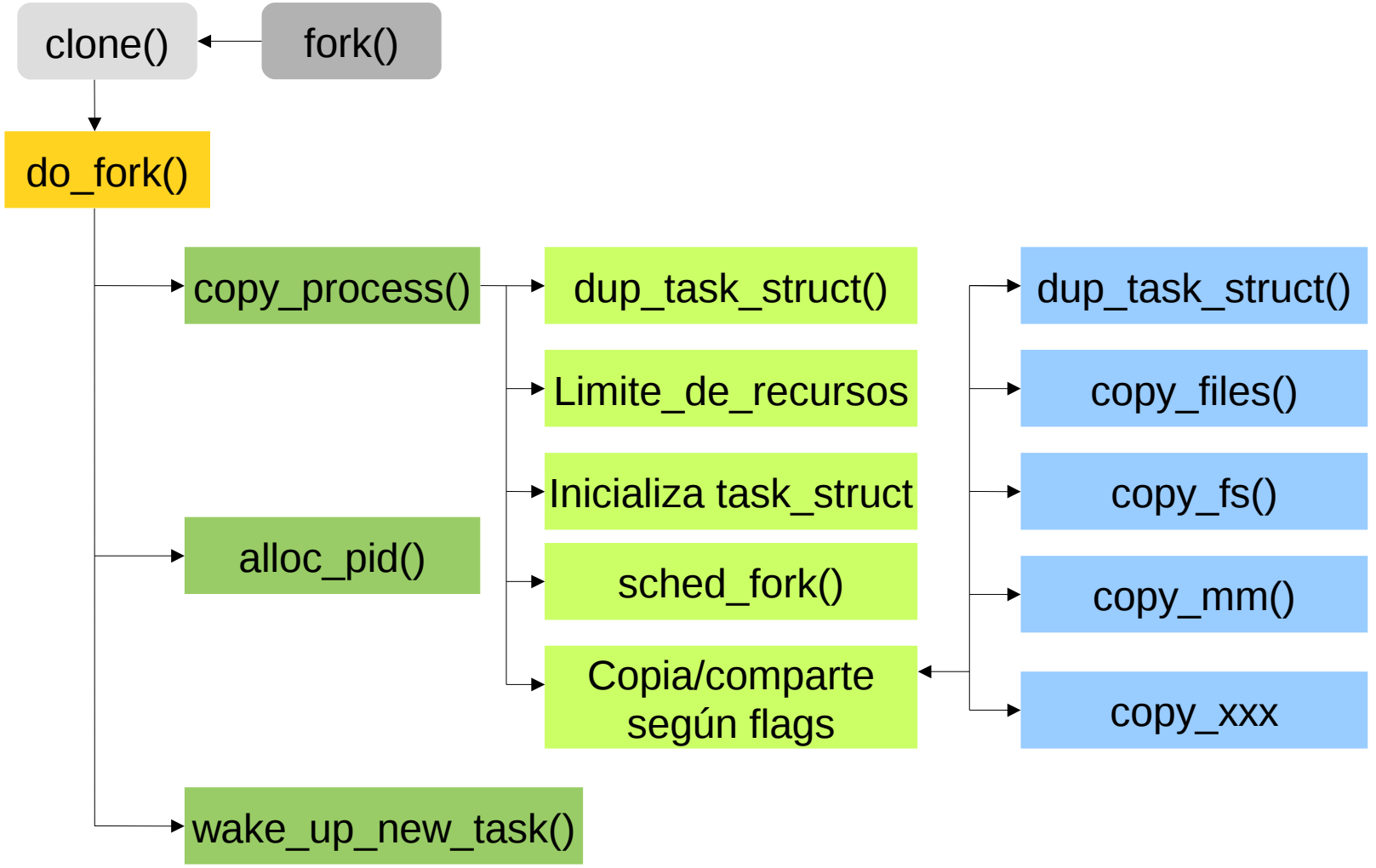
```
clone(SIGCHLD,0)
```

Nota: El prototipo de la llamada al sistema clone() es

```
clone(flags, stack, ptid, ctid, regs)
```

Clone: implementación

> La estructura del código de `clone()`:



`clone()`: explicación

> `do_fork()` esta implementada en *kernel/fork.c*.

> El trabajo que realiza es:

- `dup_task_struct`: copia el descriptor del proceso actual (task_struct, pila y thread_info).
- `alloc_pid`: le asigna un nuevo PID
- Al inicializar la `task_struct`, diferenciamos los hilos padre e hijo y ponemos a este último en estado no-interrumpible.
- `sched_fork`: marcamos el hilo como `TASK_RUNNING` y se inicializa información sobre planificación
- Compiamos/compartimos componentes según los indicadores de la llamada.
- Asignamos ID, relaciones de parentesco, etc.

Clone(): consideraciones

> Clone debe hacer algunas comprobaciones:

- Algunos indicdores no tienen sentido juntos, por ejemplo, `CLONE_NEWNS` y `CLONE_FS`.
- Otros debe aparecen a la vez: `CLONE_THREAD` con `CLONE_SIGHAND`, o `CLONE_SIGHAND` con `CLONE_VM`.

> Cuando aparece el flag `CLONE_xxx`, esto indica que la estructura `xxx_struct` debe compartirse (no copiarse).

Nota: El kernel asigna a cada estructura compartida un **contador de referencias** que lleva la cuenta que cuantos hilos la comparten. Cada vez que borramos una de las referencias a la estructura, decrementamos dicho contador; si este llega a cero, la estructura se libera. Esto elimina la necesidad de un recolector de basura.

Crear un hilo de usuario

> Creamos un hilo con los indicadores:

`clone(.,CLONE_VM|CLONE_FS|CLONE_FILES|CLONE_SIGHAND,.)`

> Con estos indicadores, el hilo creado comparte los recursos del llamador: memoria, archivos y manejadores de señales.

Hilos kernel

> Son hilos que no tienen espacio de direcciones de usuario. Por tanto, su descriptor tiene `task_struct->mm=NULL`.

> Realizan labores de sistema sustituyendo a los antiguos *demonios* de Unix.

> Solo se pueden crear desde otro hilo kernel con la función `kthread_create()`.

> Ejemplos:

```
> ps -ef
UID        PID  PPID  C STIME TTY          TIME CMD
Root         1     0  0 08:54 ?        00:00:01 …/systemd..
root         2     0  0 08:54 ?        00:00:00 [kthreadd]
root         3     2  0 08:54 ?        00:00:00 [ksoftirqd/0]
root         5     2  0 08:54 ?        00:00:00 [kworker/0:0H]
```

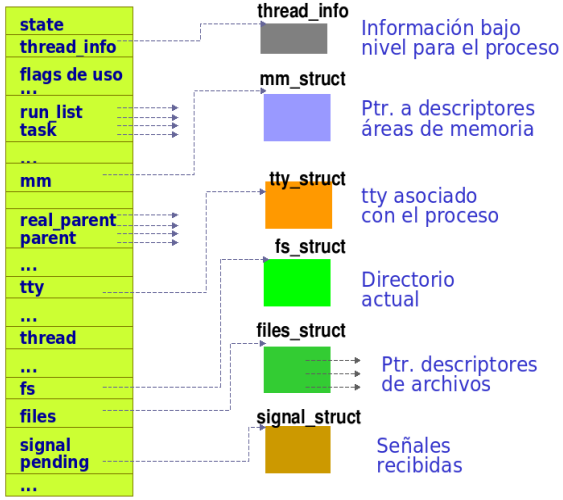
Actividad en grupo

> En el ejemplo anterior, hemos utilizado la función `clone()` con los argumentos siguientes:

`CLONE_VM|CLONE_FILES|CLONE_FS|CLONE_THREAD|CLONE_SIGHAND`

Hacer un dibujo que represente los principales elementos de las `task_struct` de ambos procesos relacionados con los indicadores mencionados.

`task_struct` del llamador



¿ `task_struct` del nuevo hilo ?

Terminar un proceso

> Se produce cuando un proceso:

- Invoca a voluntariamente a
  - `exit()` o `return()` -en el `main()`- finaliza el proceso primero a nivel de biblioteca.
  - `_exit()` - llamada al SO, si se invoca directamente no da la oportunidad de finalizar el proceso a nivel de biblioteca.
- Involuntariamente: recibe una señal y se aplica la acción por defecto, que es terminar.

exit()

> Finaliza el proceso `do_exit()` en *kernel/exit.c*:

- Activa `PF_EXITING`
- Decrementa los contadores de uso de `mm_struct`, `fs_struct`, `files_struct`. Si estos contadores alcanzan el valor 0, libera los recursos.
- Ajusta el `exit_code` del descriptor, que será devuelto al padre, con el valor pasado al invocar a `exit()`.
- Envía al padre la señal de finalización; si tiene algún hijo le busca un padre en el grupo o el init, y pone el estado a `TASK_ZOMBIE`.
- Invoca a `schedule()` para ejecutar otro proceso.

> Ya solo queda: la pila kernel, `thread_info` y `task_struct`, de cara a que el padre pueda recuperar el código de finalización. ¿Cuando se libera el resto?

wait()

> `wait()`: llamada que bloquea a un proceso padre hasta que uno de sus hijo finaliza; cuando esto ocurre, devuelve al llamador el PID del hijo finalizado y el estado de finalización (código de finalización, coredump y señal).

> Esta función invoca a `release_task()` que:

- Elimina el descriptor de la lista de tareas.
- Si es la última tarea de su grupo, y el líder esta zombi, notifica al padre del líder zombi.
- Libera la memoria de la pila kernel, `thread_info` y `task_struct`.

3.

Planificación

Cómo y a quién asignar las CPUs

Contenido del apartado

> Tipos de planificadores.

> Tipos de planificación.

> Criterios, algoritmos y métricas de planificación: Prioridades, RR, colas mútiples.

> Planificación en Linux:

- Planifidor CFS (Completely Fair Scheduler)
- Planificación de tiempo-real
- Planificación en multiprocesodores

> Ahorro de energía

Trabajo individual

> Tipos de planificadores - §9.1 del W. Stallings “Tipos de planificación del procesador”.
> Criterios, algoritmos y métricas de planificación - §9.2 del W. Stallings “Algoritmos de planificación”. Ver:

- FIFO
- Prioridades
- Round-Robin
- Colas múltiples (con/sin realimentación)

Tipos de planificadores

> Planificador a:

- **Largo plazo** – procesos por lotes
- **Corto plazo** o scheduler
- **Medio plazo** – gestor de memoria

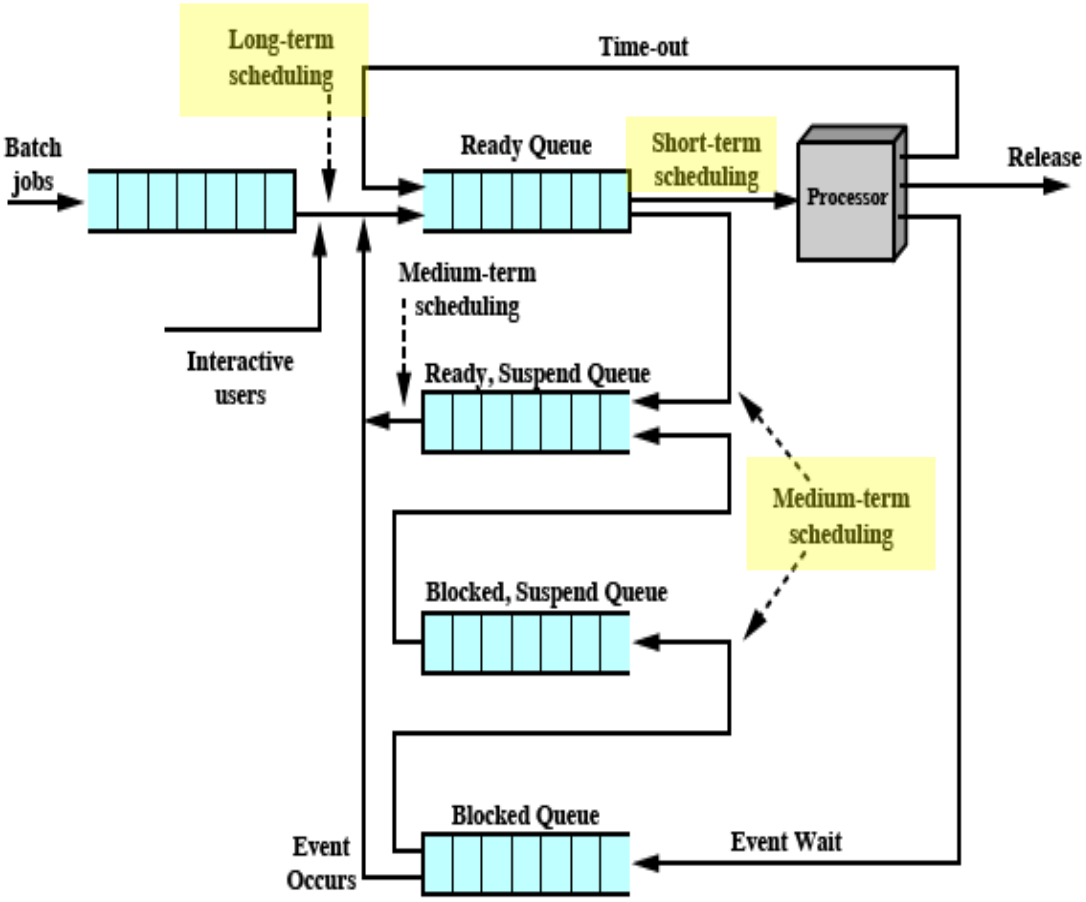


Figura del libro de W. Stallings

Tipos de planificación

> **Planificación apropiativa** (*peemptive*) – al proceso actual se le puede retirar la CPU.

> **Planificación no apropiativa** (*non peemptive*) – al proceso actual NO se le puede retirar la CPU.

> La NO apropiación ha sido utilizada por los constructores de SOs como mecanismo de grano grueso de sincronización en modo kernel.
> Los kernel de tiempo-real necesitan ser apropiativos.