Gestión de procesos

Yolanda Becerra Fontal
Juan José Costa Prats

Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB)
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
BarcelonaTech
2014-2015 QP

Índice

- Conceptos previos
  - Procesos
  - Concurrencia y paralelismo
- Visión de usuario
- Estructuras de datos
- Operaciones
  - Identificación
  - Cambio contexto
  - Creación
  - Destrucción
  - Planificación
  - Flujos (Threads)
  - Sincronización entre procesos

Concepto de proceso

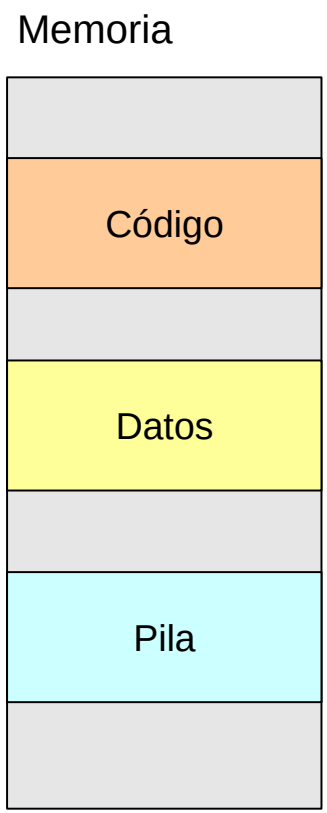
- Un fichero ejecutable es algo estático, código almacenado en disco
- Cuando se carga en memoria y se empieza a ejecutar es un programa en ejecución o PROCESO.
- **Unidad de actividad** caracterizada por:
  - la ejecución de una secuencia de instrucciones,
  - un estado actual
  - y un conjunto asociado de recursos del sistema
- La definición de proceso engloba todo lo necesario para que un programa se ejecute.

SO multiprogramados vs. SO. monoprogramados

- En ciertos SO antiguos sólo podíamos tener un proceso en memoria (DOS, por ejemplo)
  - MMU muy sencilla, sólo un registro para proteger espacio de SO
- Los SO de propósito general actuales son multiprogramados
- Los SO específicos no necesariamente
  - El SO de la SONY PSP (MBX) admite un solo proceso, igual que la Nintendo DS
  - MMU sólo protección de la zona de sistema

Características de un proceso

- Espacio lógico de @
  - Imagen en memoria del proceso
    - Código
    - Datos
    - Pila
  - Pila de kernel
- Contexto
  - Hardware
    - Pentium:
      - Valor de los registros
        - » Hay un conjunto único de registros para todos
      - TSS (Task Segment Selector)
  - Sofware
    - Info planificación, info dispositivos…
    - Linux: prioridad, quantum, canales….



Asignación de recursos a procesos

- Procesos distintos NO COMPARTEN RECURSOS (ni memoria, ni canales)
- La cantidad de recursos de un proceso es dinámica (se asignan/se liberan)
- Los usuarios gestionan sus procesos mediante llamadas a sistema
  - Crear/destruir/modificar/consultar

Concurrencia de procesos

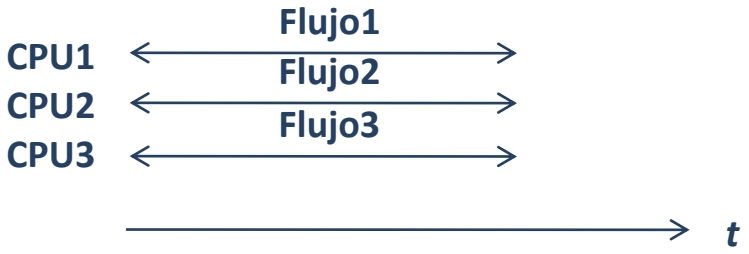
- ¿Porqué nos puede interesar ejecutar múltiples procesos simultáneamente?
  - Cada proceso hace una tarea diferente simultáneamente
  - Aprovechar el tiempo de E/S de un proceso
  - Si tenemos varios procesadores podemos ejecutar más rápido la misma tarea paralelamente
- Compartir recursos entre diferentes usuarios
  - Hay que dar la ilusión de que cada uno tiene su(s) procesador(es)

Concurrencia y paralelismo

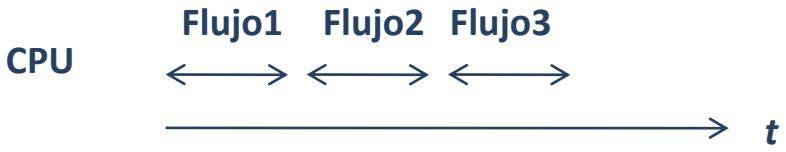
- Los recursos físicos son limitados.
  - El S.O. reparte los recursos.
- Como repartir/distribuir: Concurrencia/Paralelismo

Concurrencia y paralelismo

- Paralelismo: 1 flujo asociado a un procesador

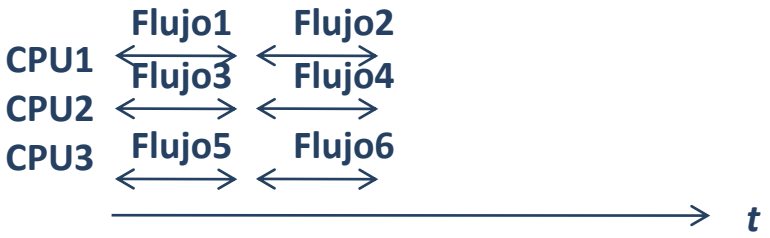


- Concurrencia: Cuando un procesador es compartido en el tiempo por varios flujos



Concurrencia y paralelismo

- Normalmente combinaciones de las dos

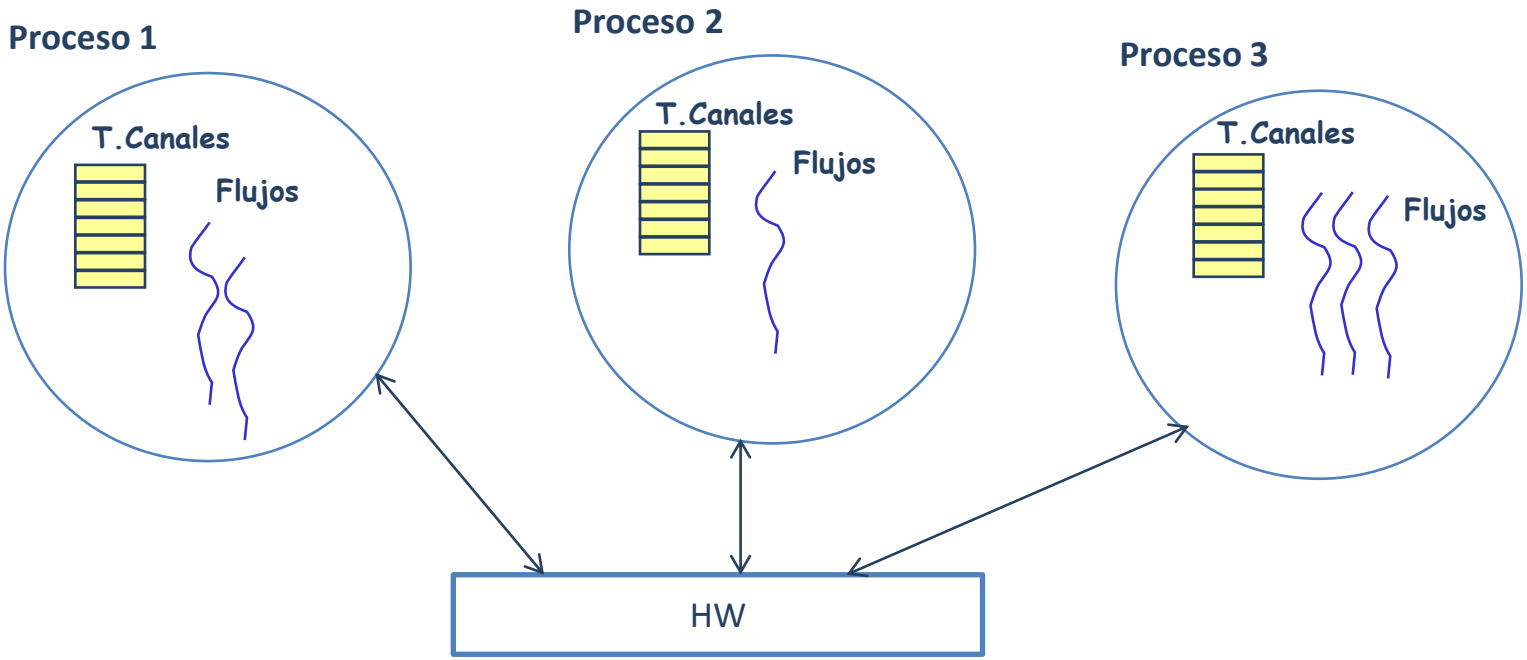


Concurrencia de procesos

- Los procesos pueden ser de dos tipos
  - Independientes
    - Los procesos no comparten nada entre si (recursos, memoria)
  - Cooperativos
    - Los procesos comparten diferentes recursos
      - Memoria
      - Ficheros
      - ...
    - El nivel de compartición puede variar
      - Normalmente hay una pila privada al menos para cada proceso

Procesos y flujos

- Visión



Visión de usuario

- Creación
  - int fork ()
- Identificación
  - int getpid ()
- Destrucción
  - void exit ()

```
int pid;
…
pid = fork ();
if (pid < 0) { error(); exit (); }
if (pid == 0) { //hijo… }
if (pid > 0) { //padre… }
…
```

Representación de un proceso (sistema)

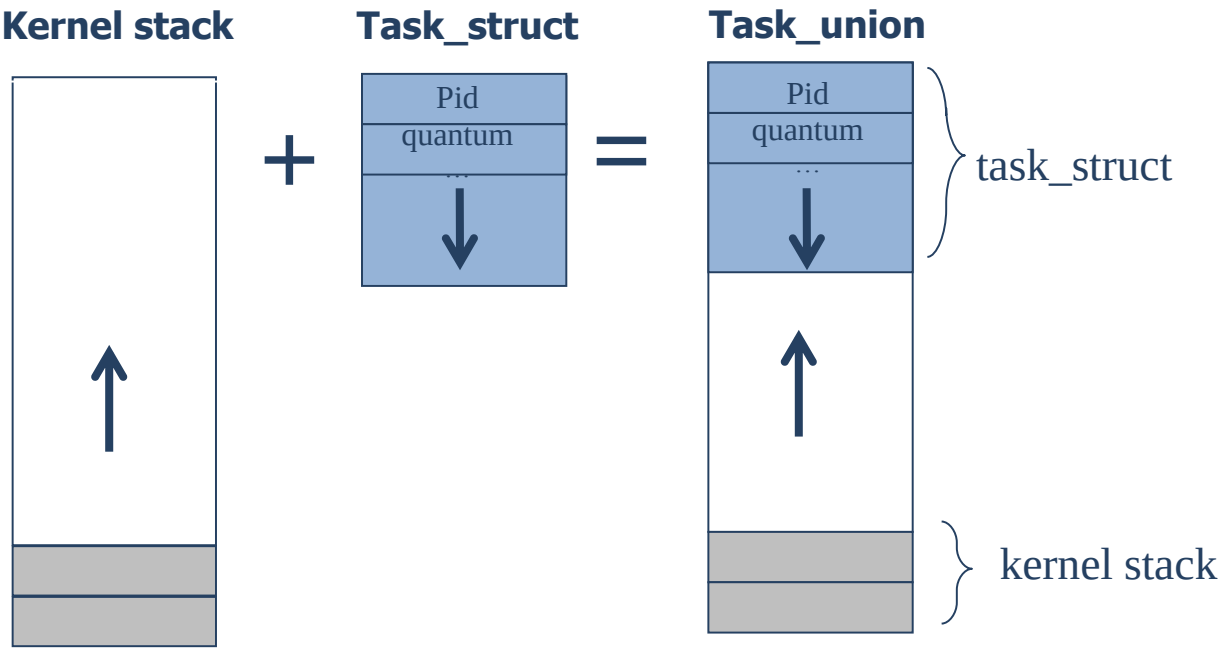
- Cada proceso tiene un Process Control Block (PCB)
  - Identificador del proceso
  - Estado del proceso
  - Recursos del proceso (páginas de memoria, ficheros abiertos, ...)
  - Estadísticas del proceso (cpu consumida, total memoria ocupada, ...)
  - Información de planificación (prioridad, quantum, ...)
  - Contexto de ejecución
    - Dentro del PCB
    - En la pila del proceso y en el PCB solo la @
  - ...
- Pila de sistema

Estructuras internas del sistema

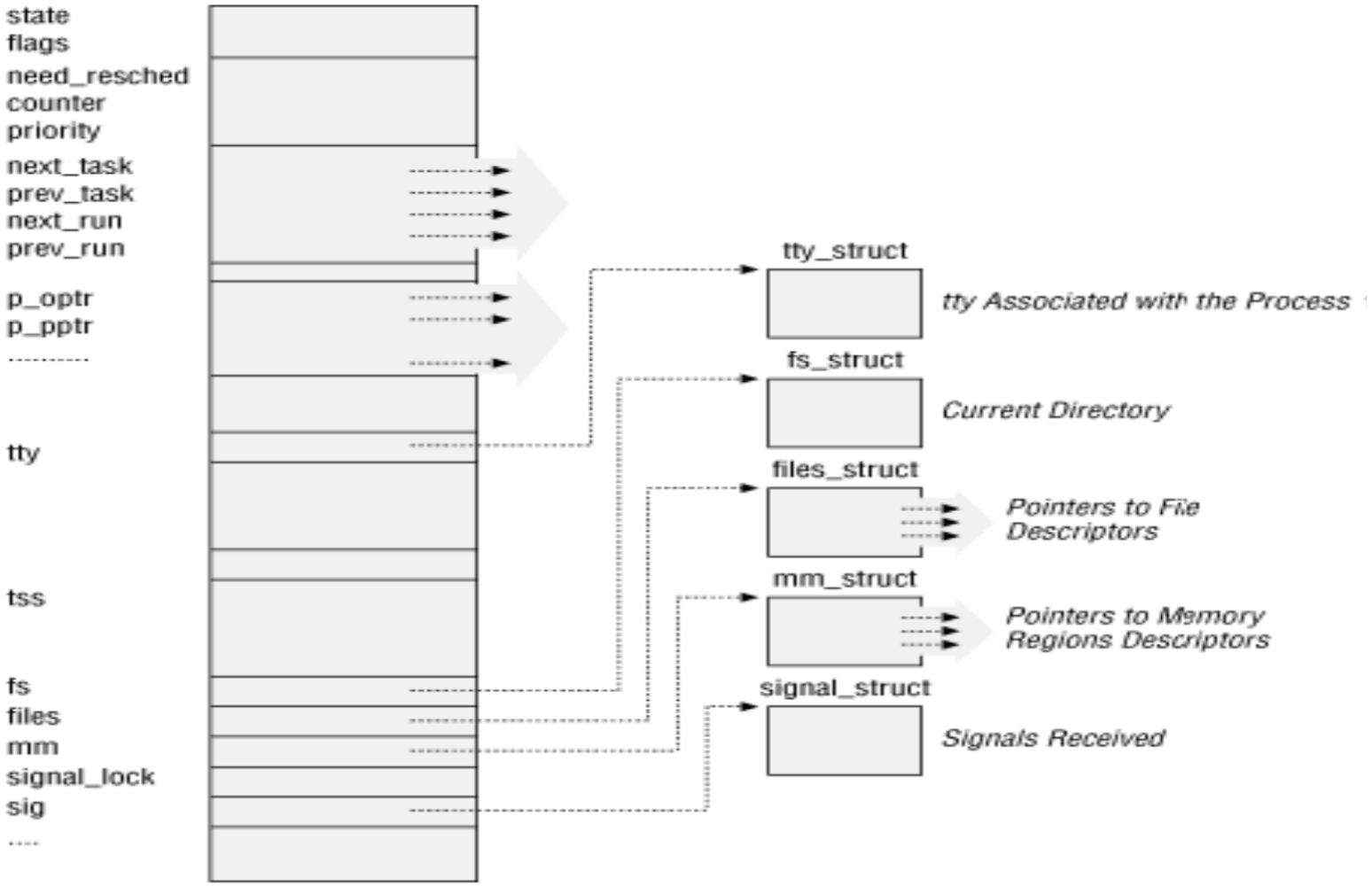
- ¿Cómo implementamos esta información en el sistema?
- ¿Dónde lo guardamos?

Zeos: task_struct y task_union

```
union task_union {
struct task_struct task;
unsigned long stack[1024];
};
```



linux task_struct

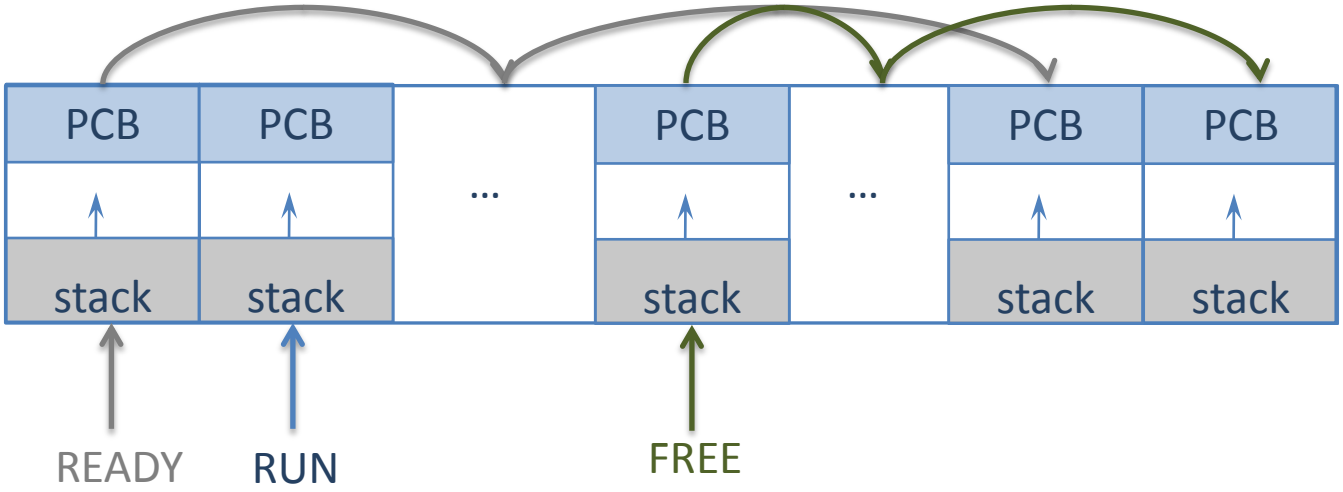


Recursos limitados: Listas

- Listas de procesos *READY*
  - Procesos que podrían ejecutarse pero que no tienen ninguna CPU disponible
  - Útil para planificación
- Listas de PCB's disponibles (*FREE*)
  - Para acelerar creación de procesos
- Listas de procesos esperando recursos
  - Dispositivos, sincronizaciones, …

Particularidades de ZeOS

- No hay memoria dinámica
  - Tabla con todos los posibles pcb's: task



Operaciones

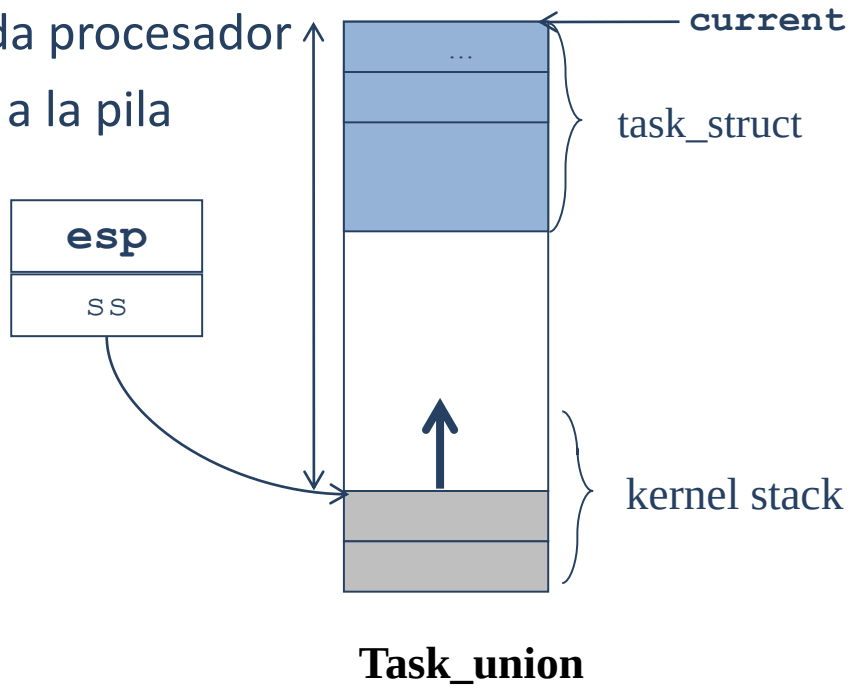
- Identificación
- Creación de procesos
- Planificación
  - Cambio de contexto
- Destrucción de procesos

Identificación

- Como sabe el sistema que proceso está ejecutando?

Identificación

- Como sabe el sistema que proceso está ejecutando?
  - Windows: puntero al actual por cada procesador
  - Linux: se calcula usando el puntero a la pila
    - Pila de kernel y PCB comparten la misma página de memoria (4Kb)
    - Conocemos el puntero a la pila del proceso actual (esp)
    - Aplicando una mascara al esp podemos obtener la dirección del task_struct del proceso actual (current)



Cambio de contexto

- Suspender la ejecución del proceso actual y continuar la ejecución de otro proceso "previamente" suspendido
- Pasos
  - Guardar contexto ejecución proceso actual
    - Para poder restaurarlo más tarde
  - Restaurar contexto ejecución proceso suspendido
    - Espacio de direcciones
    - TSS
    - Pila de kernel
    - Contexto hardware

Guardar contexto proceso actual

- Qué hay que guardar y dónde?
  - Espacio de direcciones modo usuario
    - El contenido es privado y cada proceso tiene el suyo
    - En el PCB ya tenemos siempre la información sobre donde se encuentra
      - No hace falta guardarlo
  - Espacio de direcciones modo kernel
    - Pila de kernel
      - El contenido es privado y cada proceso tiene la suya
        - » No hace falta guardarlo
    - TSS (@ de la pila de kernel)
      - La TSS es compartida por todos los procesos, se sobrescribe en cada cambio de contexto
      - La @ de la pila se calcula a partir de la @ del PCB
        - » No hace falta guardarlo.
  - Contexto hardware
    - El hw es compartido por todos los procesos, se sobrescribe en cada cambio de contexto
      - **Hay que guardar el contexto hw y cómo acceder a él**
      - Linux
        - » Guarda el contexto en la pila de kernel
        - » Guarda en el pcb la posición en la pila para acceder a él

Restaurar contexto proceso suspendido

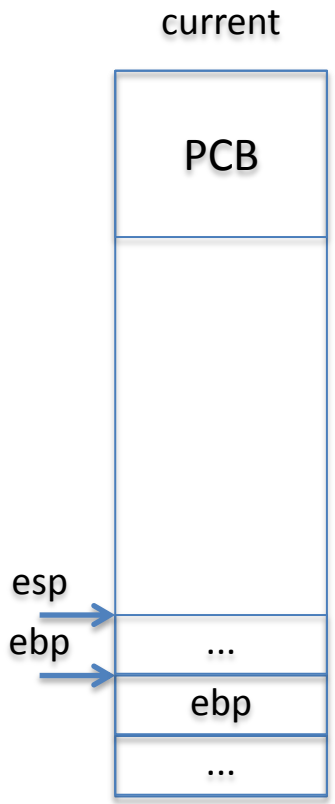
- Qué hay que restaurar y dónde?
  - Espacio de direcciones modo usuario
    - Actualizar las estructuras de la MMU
      - Dar acceso a la espacio de direcciones físico del proceso (código, pila, datos, …)
  - Espacio de direcciones modo kernel: TSS
    - Tiene que apuntar a la base de la pila de sistema del proceso (esp0)
  - Contexto Hardware
    - Acceder al contexto guardado y sobreescribir el hw con esos valores
      - Linux
        - » Hay que cambiar el esp para que apunte al contexto guardado del proceso
        - » Restaurar todo el contexto
  - Pasar a ejecutar el código del nuevo proceso
    - Al restaurar el contexto se debe cargar en el PC la dirección del código a ejecutar

Implementación task_switch

- Como una rutina de C normal
  - void task_switch (task_struct * new)
- Se usará el enlace dinámico para guardar contexto
  - Guardaremos esta dirección de la pila (EBP) en el PCB
- Restauraremos espacio direcciones nuevo proceso
- Cambiaremos la TSS
- Cambiaremos de pila
  - A la dirección guardada en el PCB
    - O sea donde empieza el enlace dinámico
- Deshacer el enlace dinámico
- Y retornaremos (en el contexto del nuevo proceso)

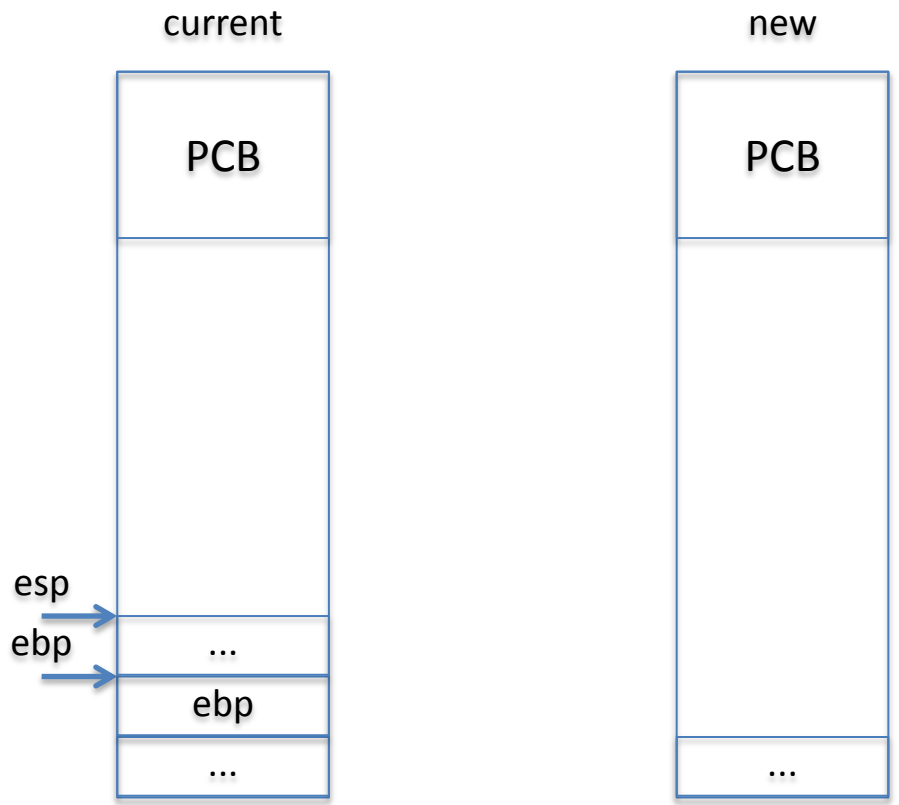
Cambio de contexto

- Proceso ejecutando codigo sistema



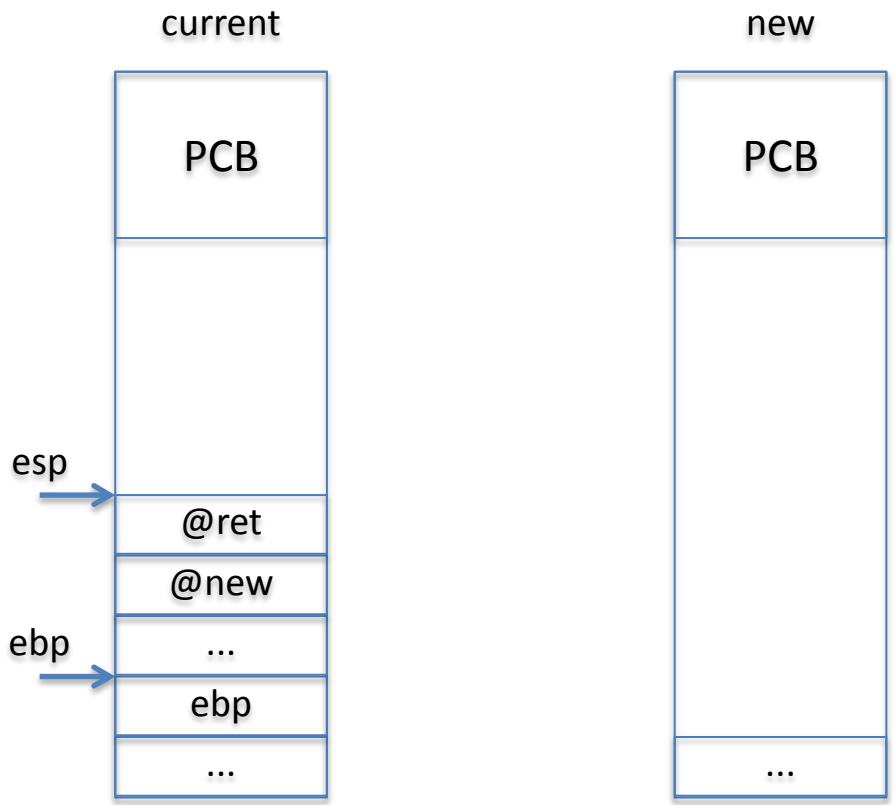
Cambio de contexto

- task_switch(new)



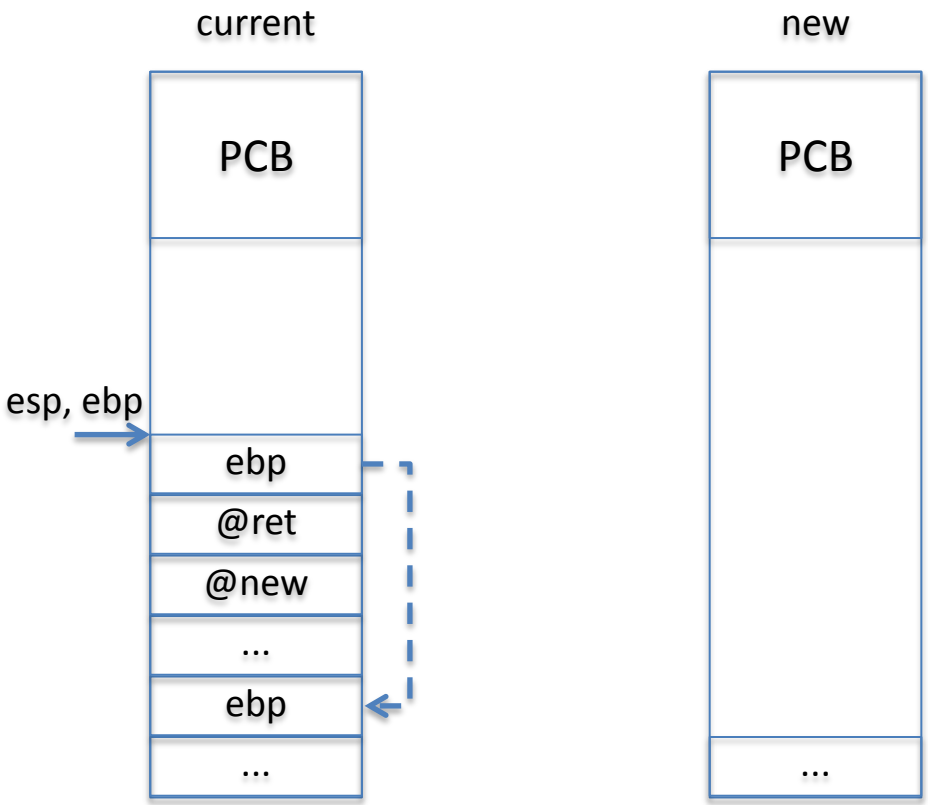
Cambio de contexto

- task_switch(new)
  - pushl @new
  - call task_switch



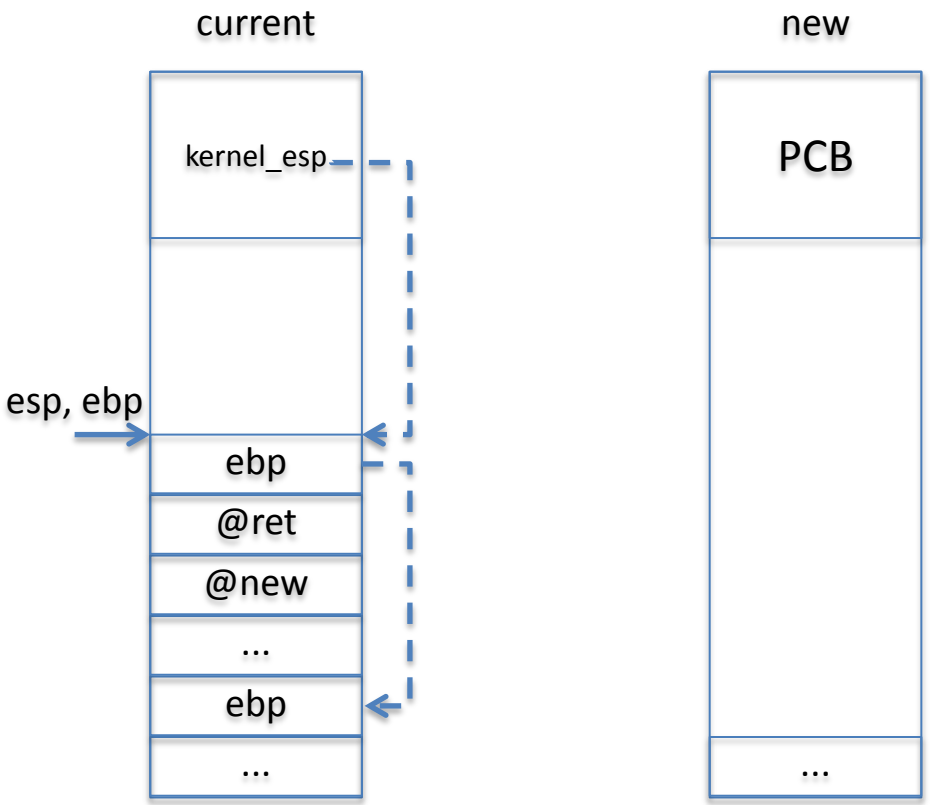
Cambio de contexto

- dynamic link
  - pushl ebp
  - ebp <- esp



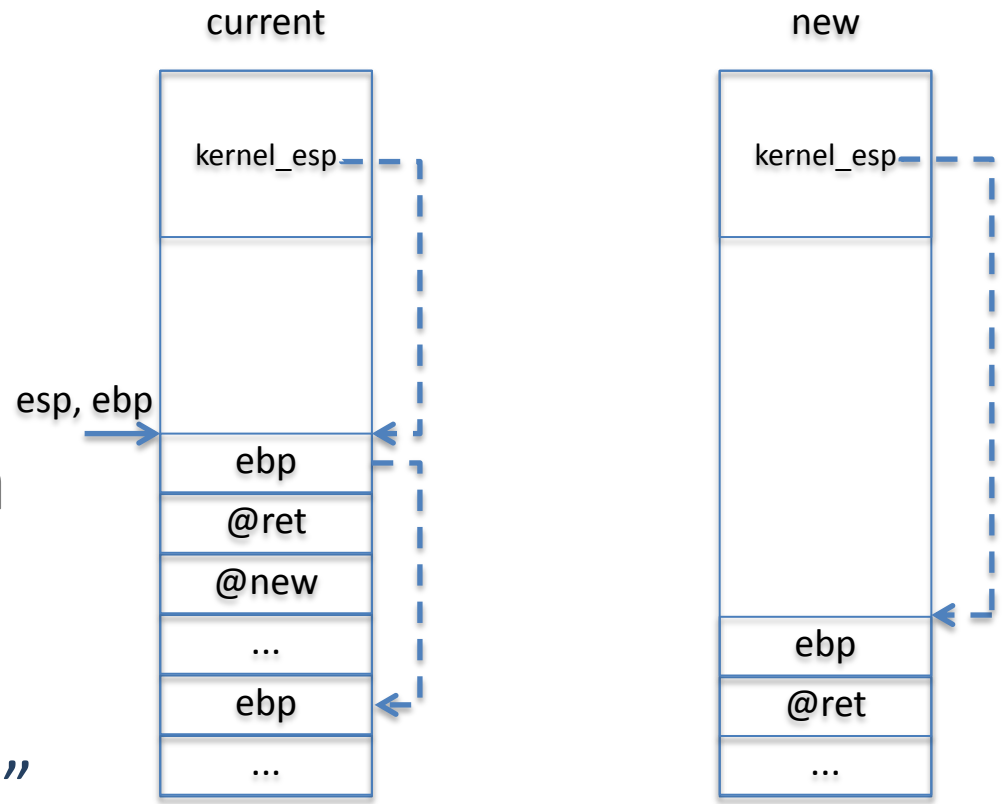
Cambio de contexto

- dynamic link
  - pushl ebp
  - ebp <- esp
  - kernel_esp <- ebp



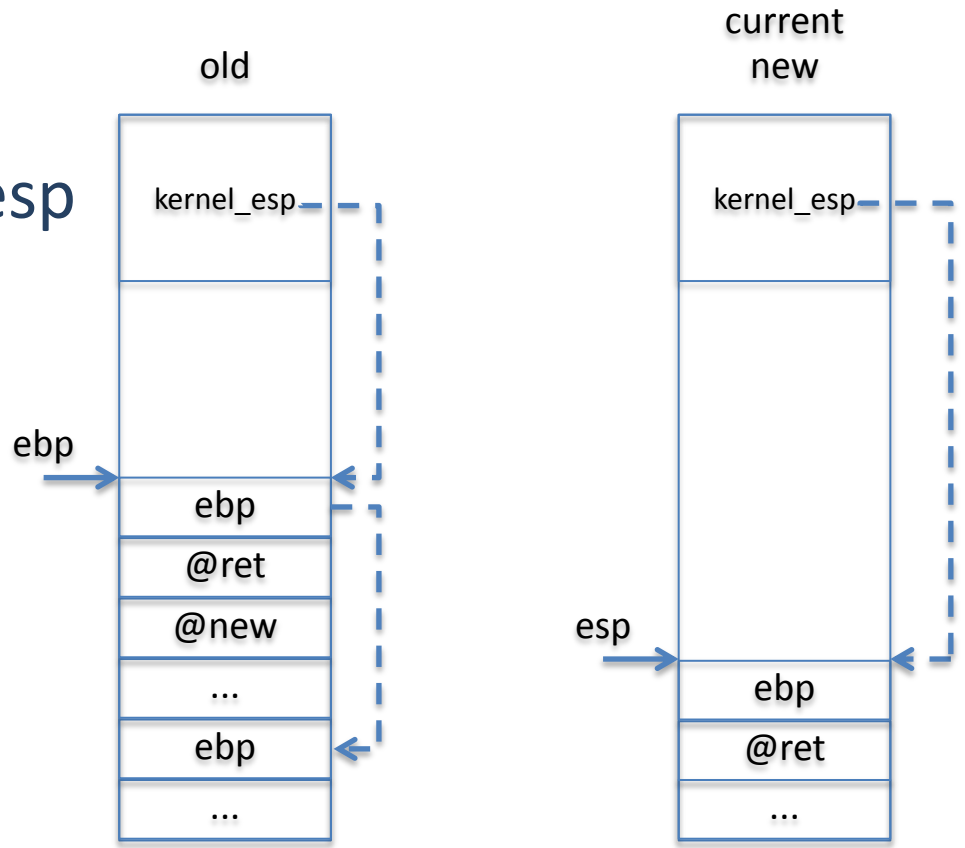
Cambio de contexto

- dynamic link
  - pushl ebp
  - ebp <- esp
  - kernel_esp <- ebp
- *New* tiene una pila equivalente
  - previamente “ha hecho *task_switch*”



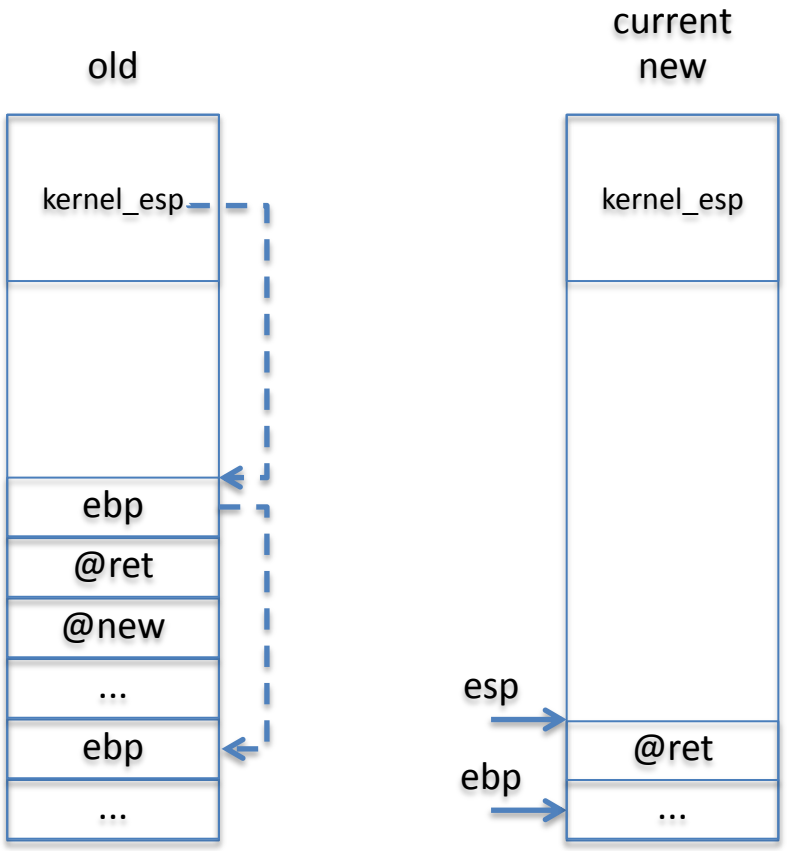
Cambio de contexto

- Cambio pila
  - esp <- new.kernel_esp



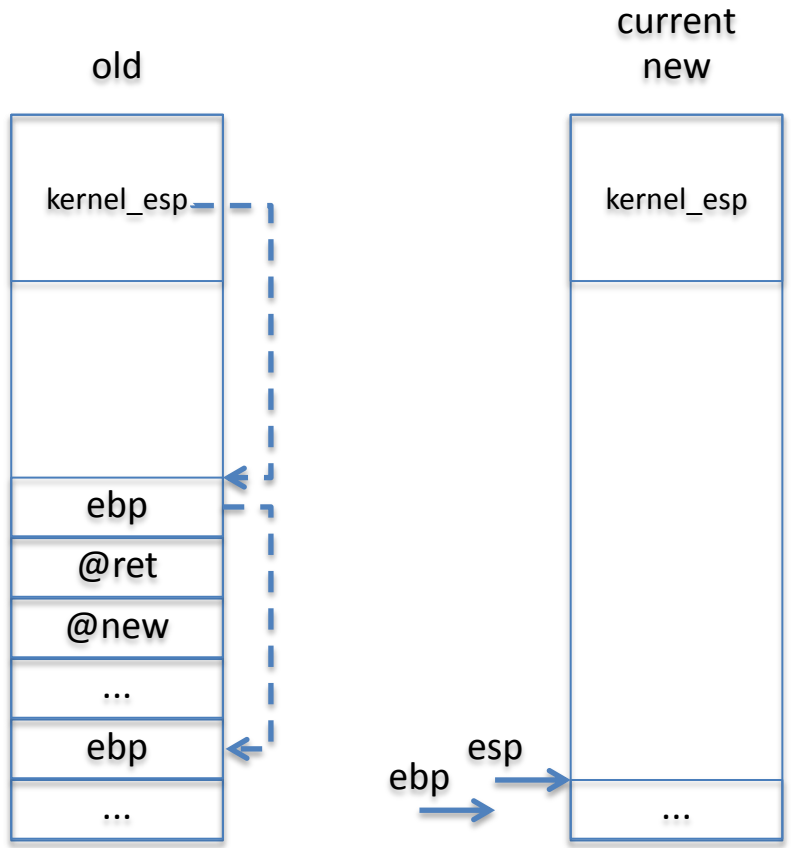
Cambio de contexto

- Cambio pila
  - esp <- new.kernel_esp
- Deshacer enlace din.
  - popl ebp



Cambio de contexto

- Cambio pila
  - esp <- new.kernel_esp
- Deshacer enlace din.
  - popl ebp
- Salir de la función (continuando en el código de new)
  - ret: eip← top pila



Cambio de contexto

- Detalle implementación (ZeOS)
  - Compilador guarda automáticamente registros ESI, EDI, y EBX si se modifican en la función
  - En este código no se tocan y por lo tanto no los guarda
  - Solución: Wrapper que lo haga manualmente:
    - task_switch (new)
      - save ESI, EDI, EBX
      - call inner_task_switch (new)
      - restore ESI, EDI, EBX

Creación de procesos

- Buscar PCB libre
- Asignar PID
- Inicializar espacio de direcciones
  - Cargar un ejecutable en memoria (loader)
  - Heredado del padre (UNIX)
- Inicializar PCB
  - Crear o ampliar otras estructuras de datos
- Encolar PCB (planificación)

Carga de un ejecutable

- Poner en memoria física la información del fichero ejecutable y dar control a la primera instrucción del programa
  - Reservar memoria física
  - Copiar código
  - Inicializar datos
  - Expandir pila y datos no inicializados

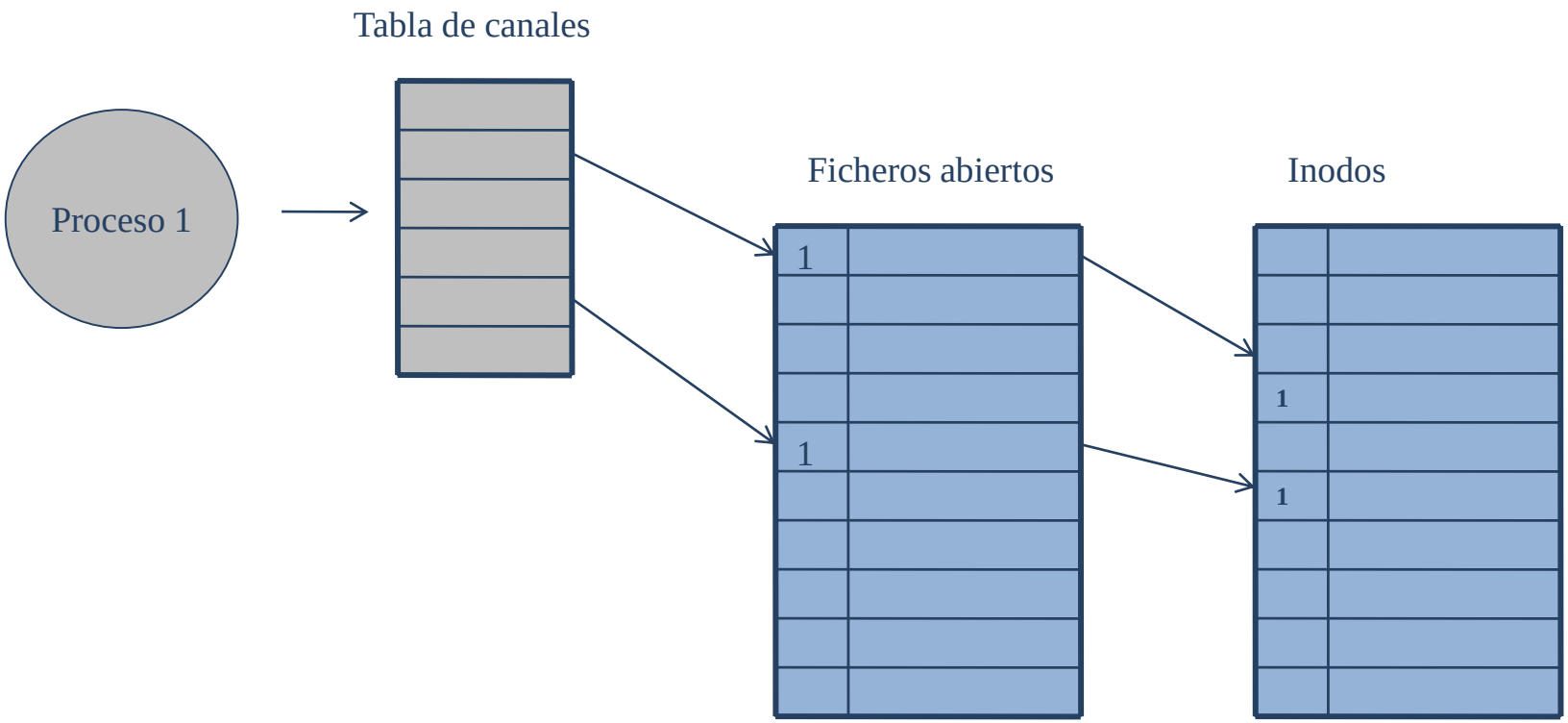
Heredado del padre (UNIX)

- 2 métodos:
  - Copia de toda la memoria del proceso padre
    - Implica reservar memoria física
  - Compartición del espacio de direcciones con el proceso padre
    - Flujos (clone en linux)

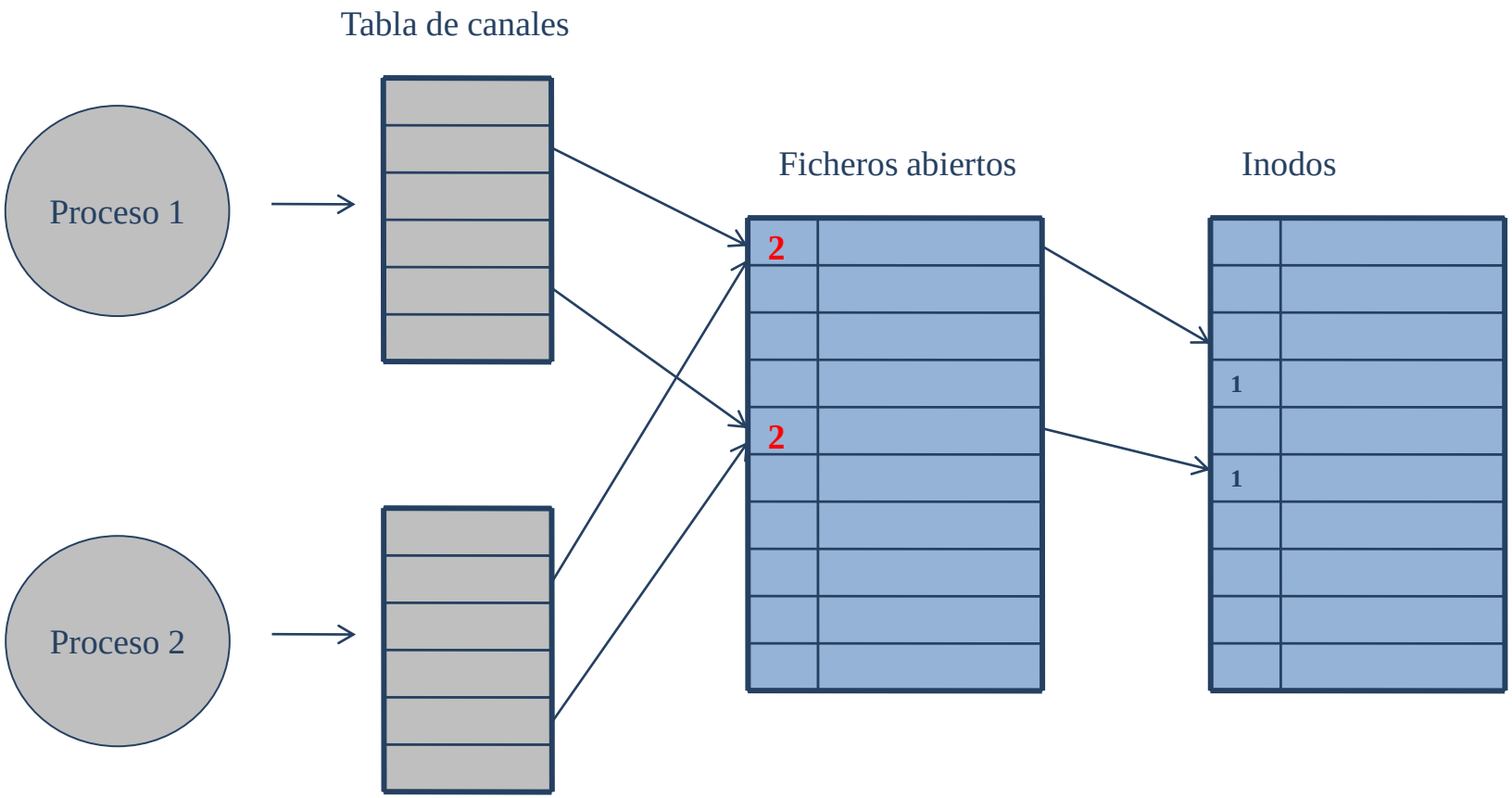
Inicialización PCB

- 2 opciones:
  - Inicialización de nuevos recursos
  - Heredado del padre (UNIX)
    - Tabla de canales, programación de signals
    - La replicación de estructuras se tiene que hacer de forma “segura”
      - Asegurar la integridad del sistema

Duplicar tabla de canales



Duplicar tabla de canales



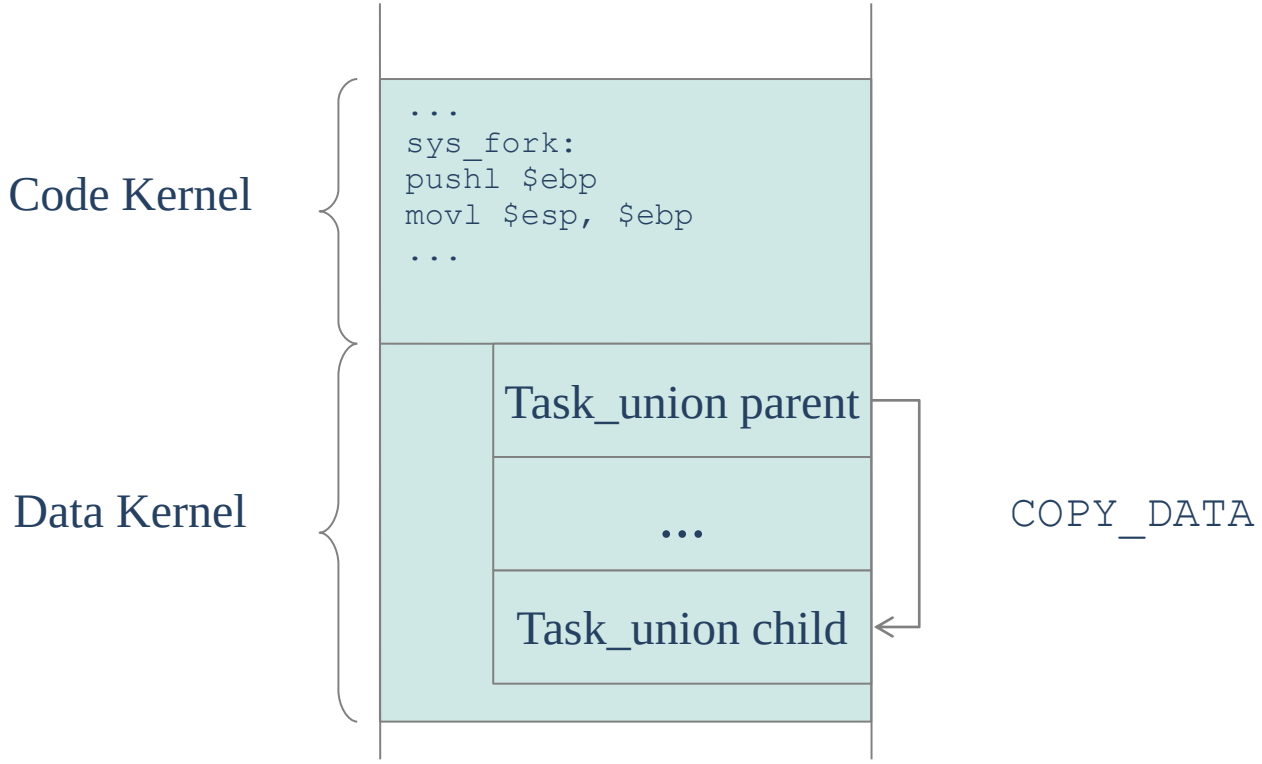
ZeOS: Fork

- Obtener PCB libre (lista FREE)
- Asignar un nuevo PID
- Heredar los datos de sistema (PCB i pila)
- Asignar un directorio
- Heredar los datos de usuario
- Actualizar task_union hijo
- Insertar proceso en la lista de procesos READY
- Devolver el pid del nuevo proceso creado
  - 0 al hijo

Fork: Herencia datos sistema

- Código y datos del sistema son siempre accesibles desde modo sistema
- Copiar el task_union (stack + task_struct) desde el padre al hijo
  - Heredamos información del PCB (task_struct)
  - Pero también el contexto del proceso padre (en la pila)
    - Para poder restaurarlo a posteriori

Fork: Herencia datos sistema

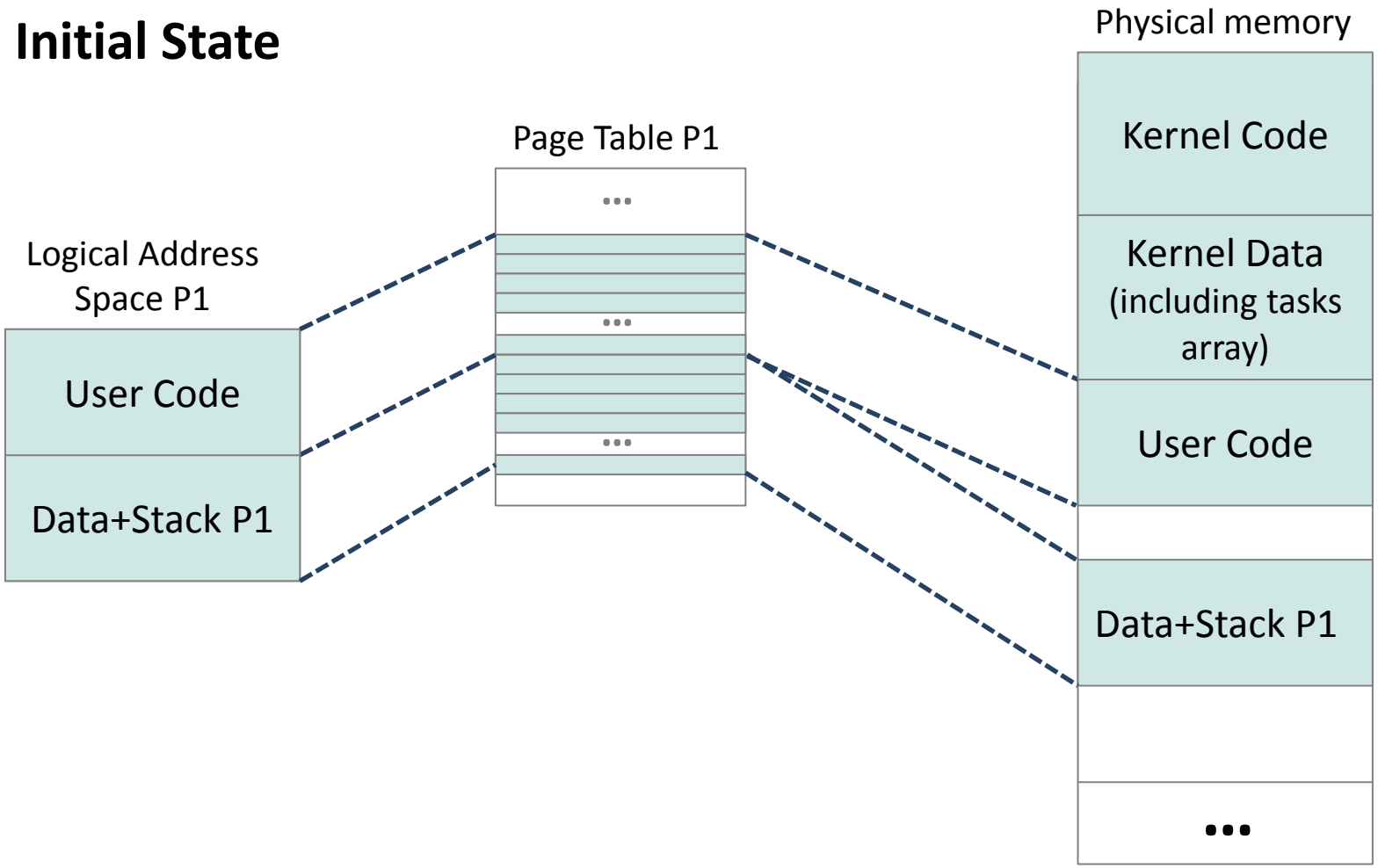


Fork: Herencia datos de usuario

- Codigo usuario: Compartido entre el padre y el hijo
  - Actualizar tabla de páginas del hijo
- Datos y pila de usuario: Privados
  - Hay que crear una zona de memoria nueva para el hijo
  - Pero por defecto sólo podemos acceder a los del padre...
- Pasos para copiar los datos del padre al hijo
  - Buscar frames libres para guardar las páginas de datos y pila del hijo y actualizar la tabla de páginas del hijo
  - Permitir al padre acceso a los frames del hijo
    - HAY QUE MODIFICAR LA TABLA DE PAGINAS
  - Copiar los datos y pila del padre al hijo
  - Quitar el acceso al padre a los frames del hijo

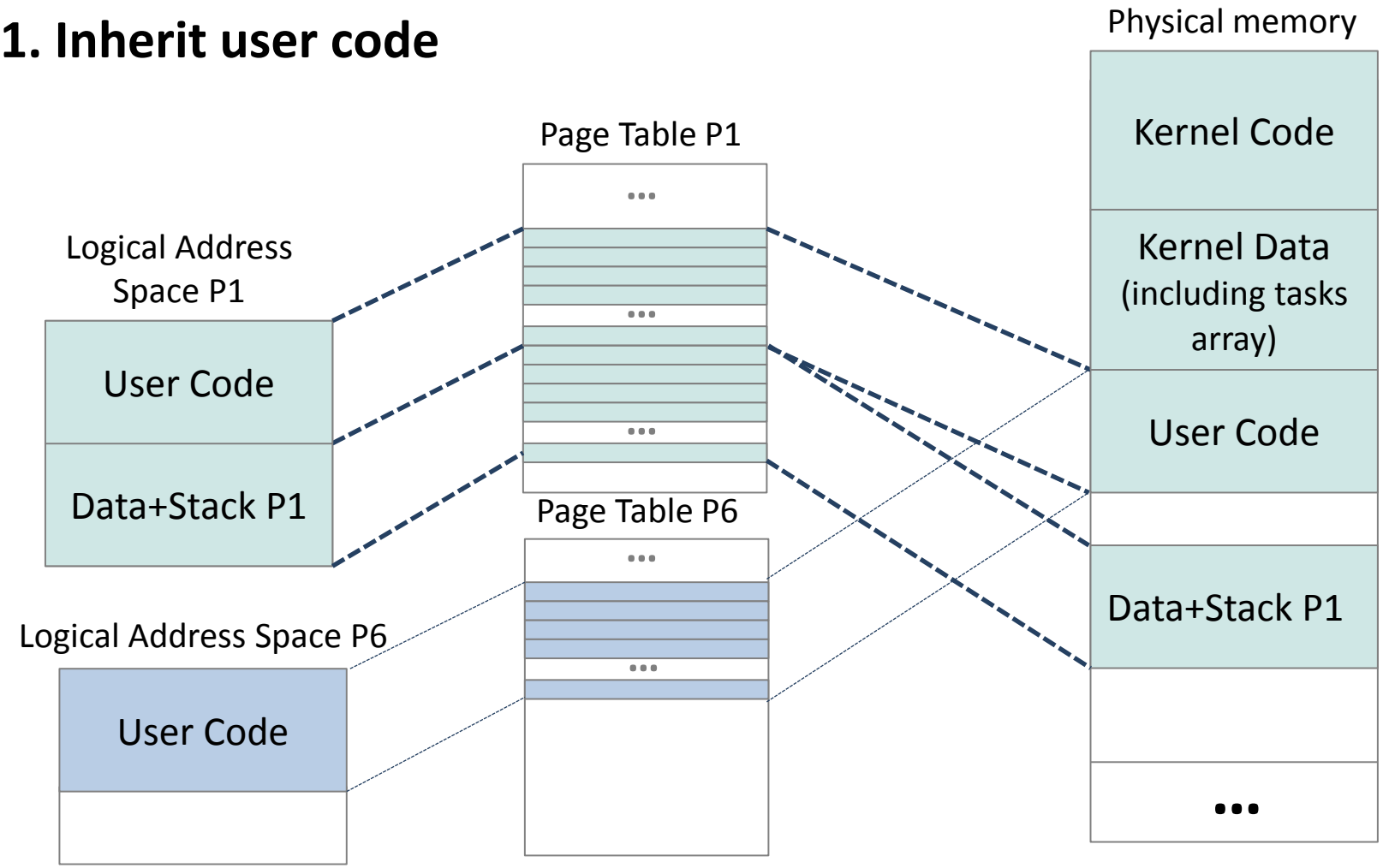
Fork: Herencia datos de usuario

0. Initial State



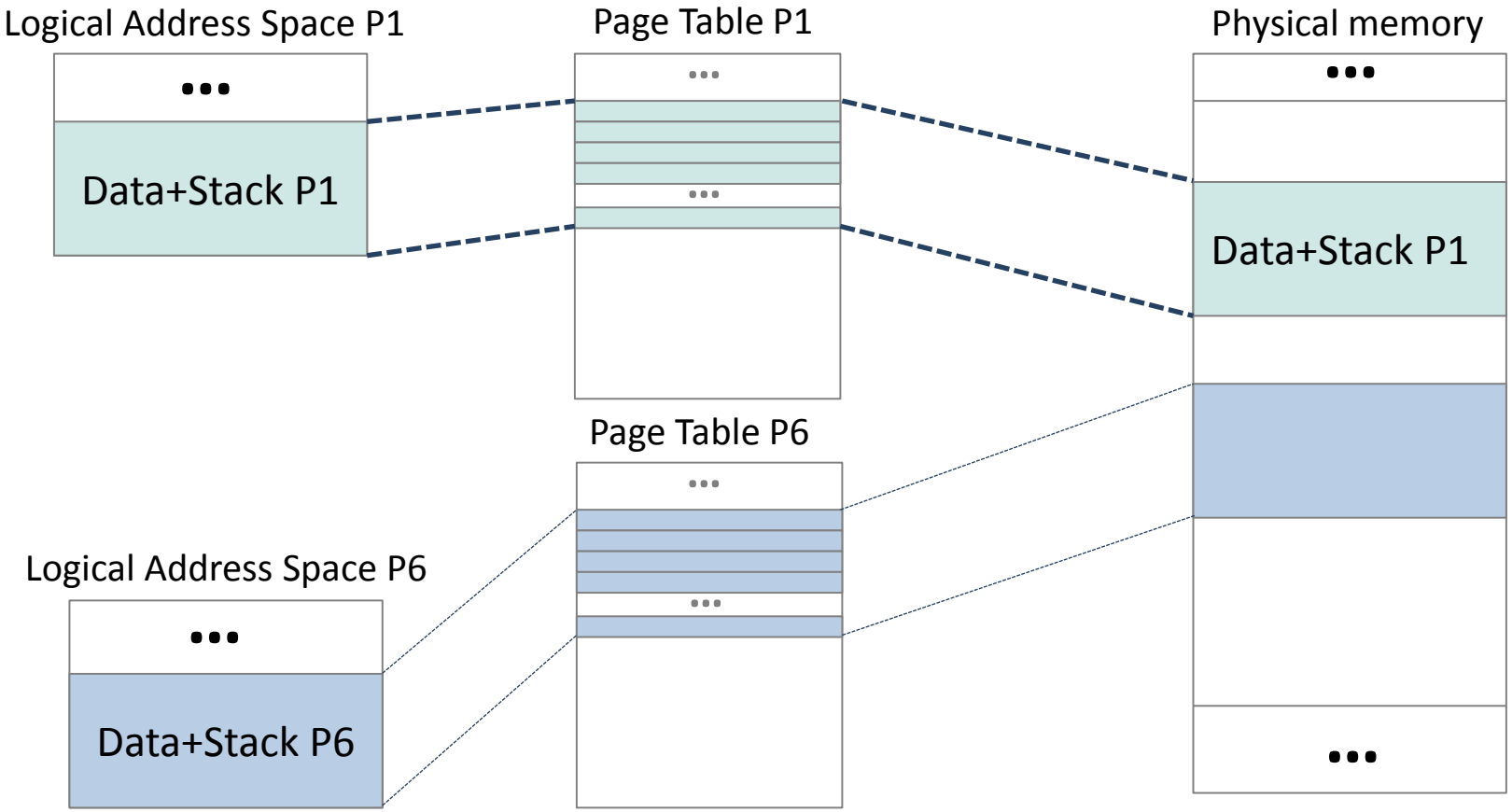
Fork: Herencia datos de usuario

1. Inherit user code



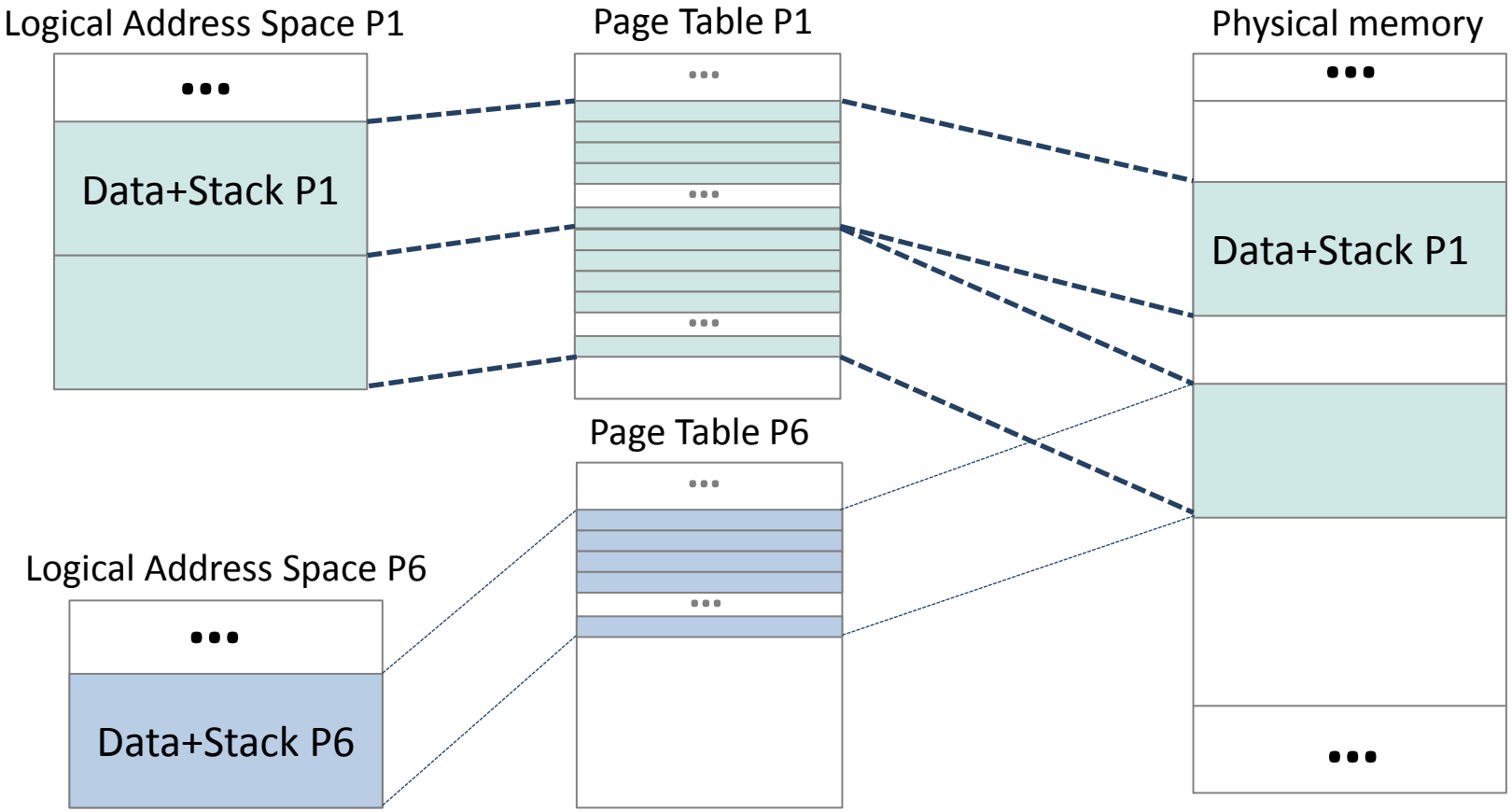
Fork: Herencia datos de usuario

2. Allocate frames and update page table of the child process



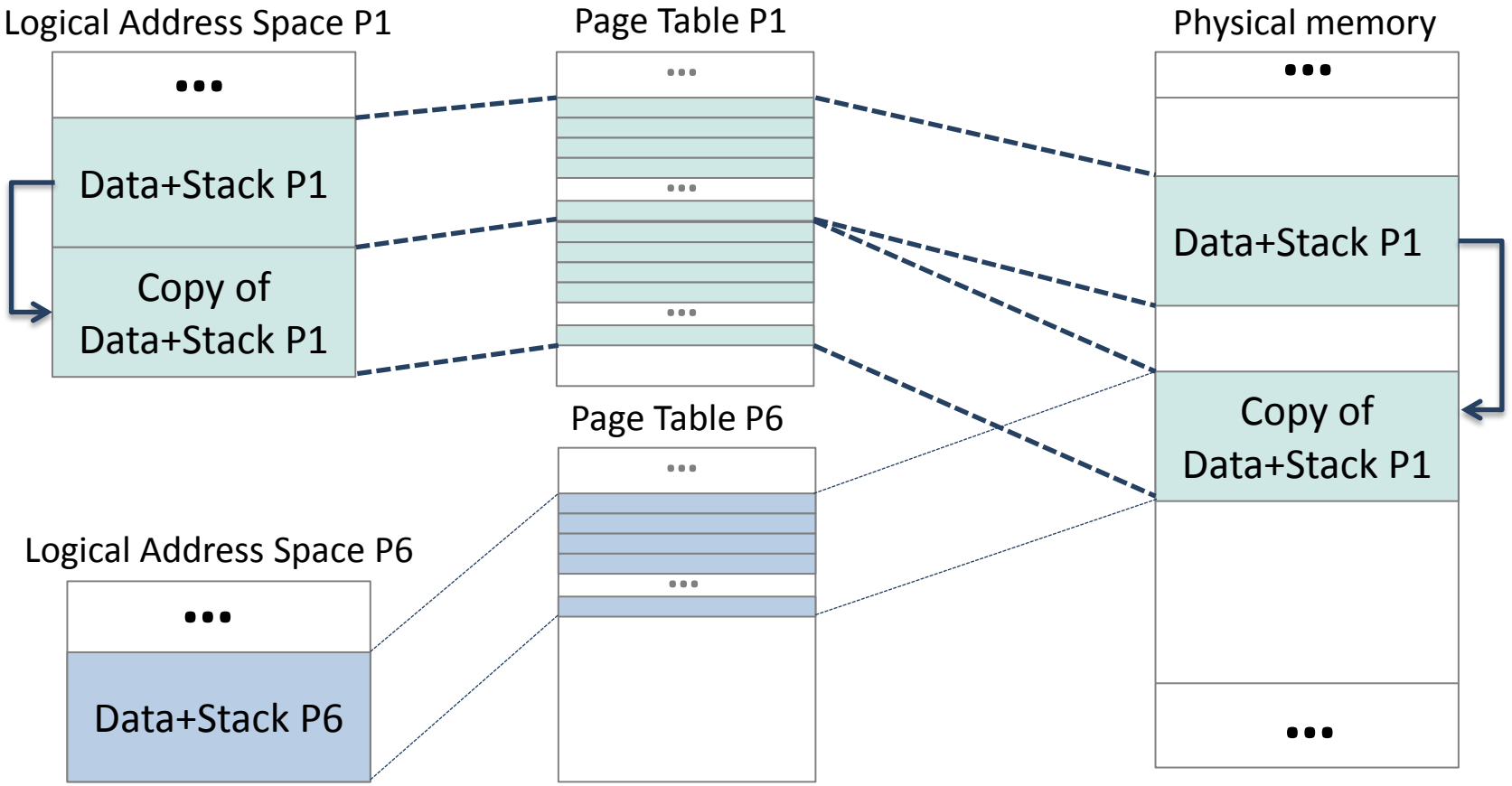
Fork: Herencia datos de usuario

3. Grant temporary access to parent process



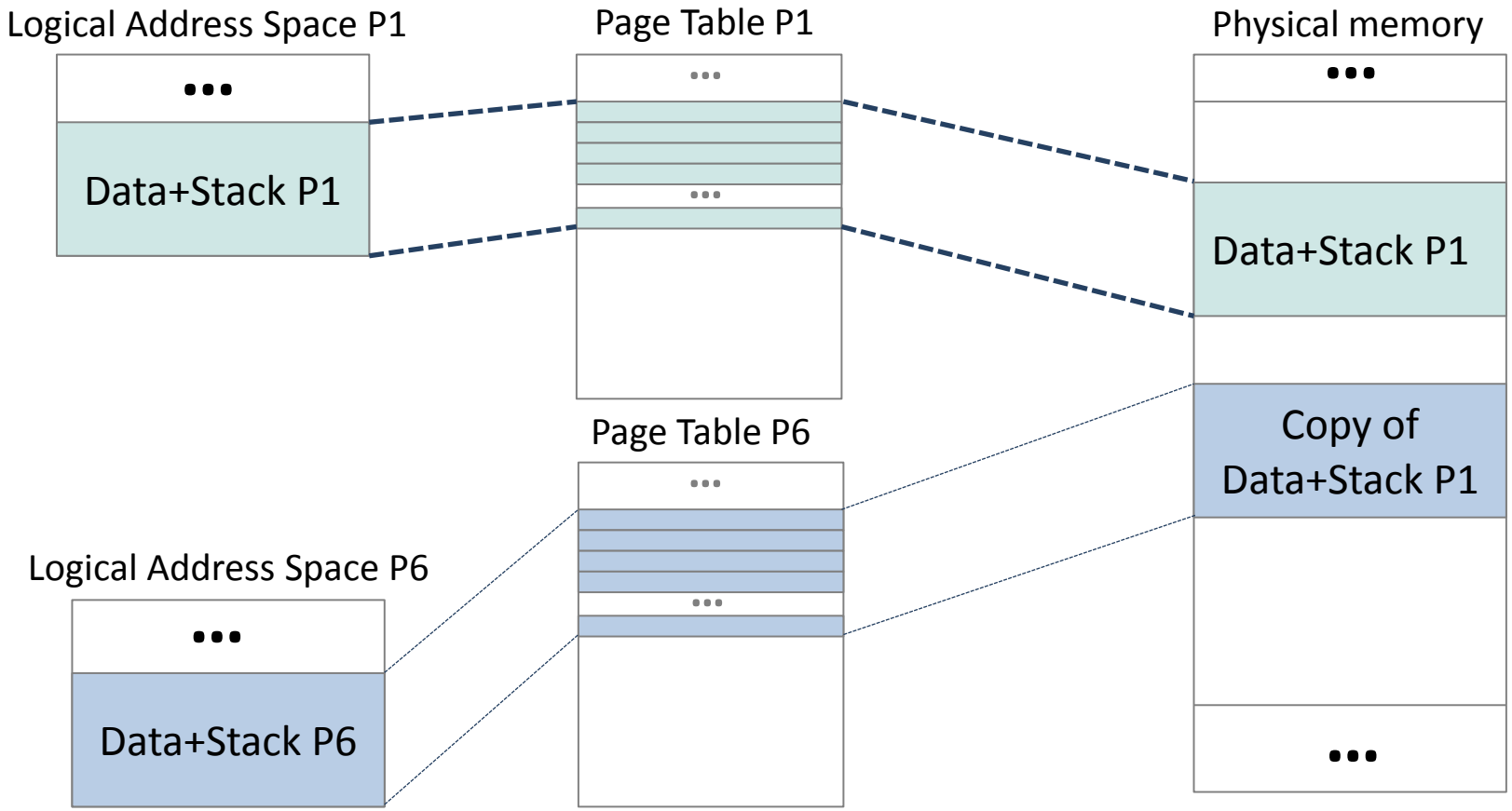
Fork: Herencia datos de usuario

4. Copy parent data+stack to child



Fork: Herencia datos de usuario

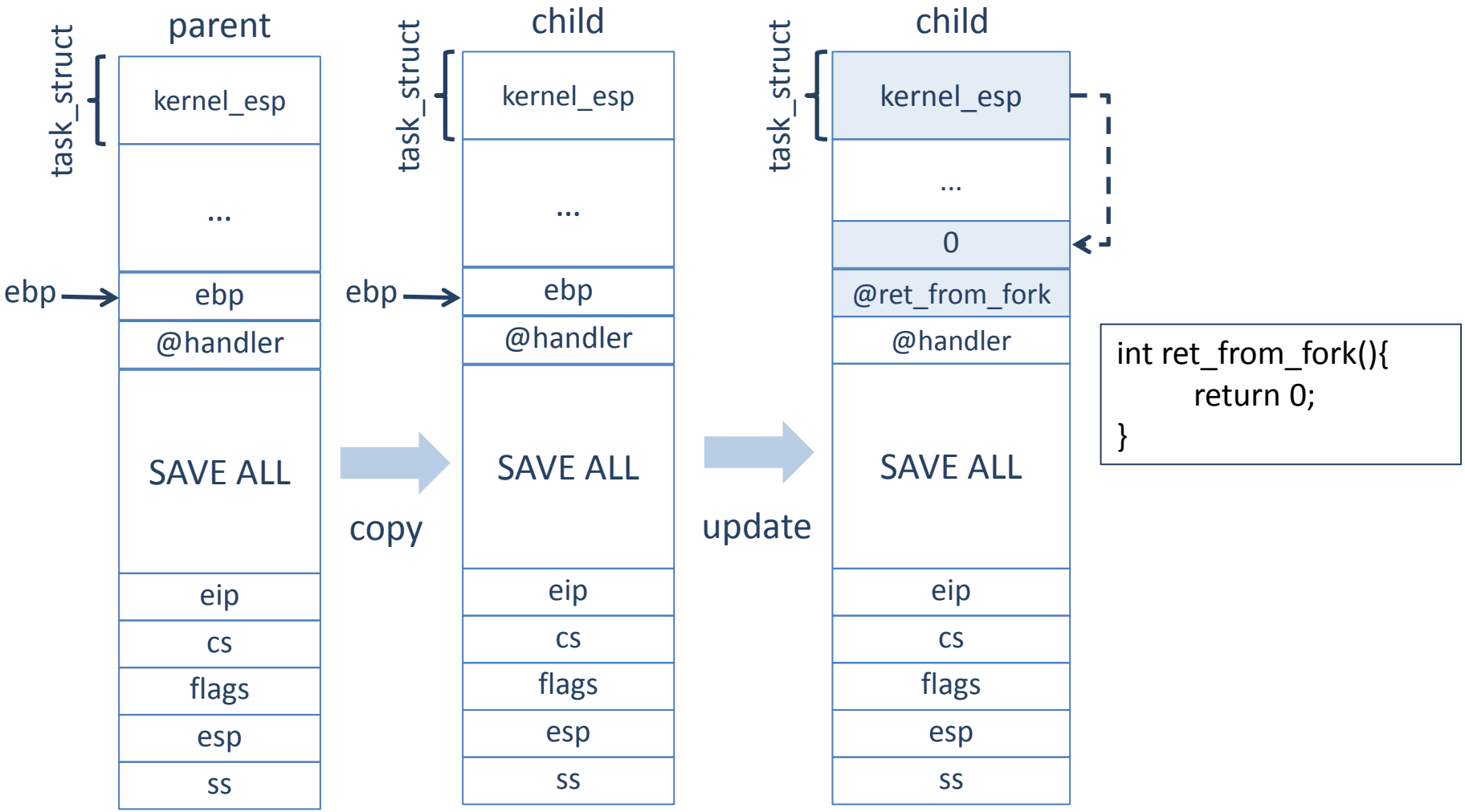
5. Deny Access to parent (and think about tlb!!)



Fork: Actualizar task_struct

- Campos diferentes
  - pid, …
- Preparación para el cambio de contexto:
  - El hijo tiene que guardar:
    - Posición inicial de su contexto
    - Posición de código a ejecutar: ret_from_fork
      - Código para gestionar la devolución de resultado del hijo

Fork: Actualizar task_struct



Operaciones: creación de procesos

Zeos: Creación de procesos iniciales

- Durante la inicialización de ZeOS se crean dos procesos iniciales
  - Init: primer proceso de usuario
  - Idle: proceso que sólo ocupa la cpu si no hay ningún otro candidato

Proceso *init*

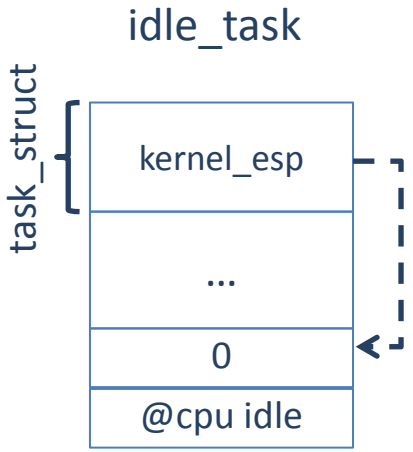
- Al completar la inicialización del sistema, se ejecuta el código del programa principal del usuario
  - No se usa FORK! ➔Tratamiento especial
- Proceso encargado de gestionar este primer programa
- Inicialización
  - Reservar PCB
  - Asignar PID
  - Inicializar espacio de direcciones
    - Asignar Directorio de páginas
    - Mapear espacio lógico con espacio físico
  - Hacer que pase a ser proceso actual
    - Actualizar TSS con la dirección base de su pila de kernel
    - Actualizar registro CR3 con la dirección de su directorio

Proceso *idle*

- Proceso que sólo se ejecuta en modo sistema
- Ejecuta la función de kernel *cpu_idle*
- No forma parte de ninguna cola de procesos
  - Variable global *idle_task*
- Inicialización
  - Reservar PCB e inicializar variable *idle_task*
  - Asignar PID
  - Inicializar espacio de direcciones
    - Asignar Directorio de páginas
  - Preparar su contexto para cuando la política de planificación lo ponga en ejecución
    - La primera vez no viene de ningún cambio de contexto
    - Similar al caso de los procesos hijo creados con fork

Proceso *idle*: inicialización contexto

- Inicialización de pila
- Inicialización de campo kernel_esp



Destrucción de procesos

- Exit: llamada a sistema para destruir un proceso
- Hay que liberar todos los recursos asignados
  - Liberar espacio de direcciones
  - Liberar PCB
    - Unix/Linux pueden retrasar la liberación del PCB
  - Todo lo que sea necesario: Entrada/Salida, semaforos, ...
- Borrar proceso de la lista de procesos en ejecución
- Ejecutar planificación:
  - Seleccionar nuevo proceso y restaurar su ejecución

Destrucción de procesos en Unix

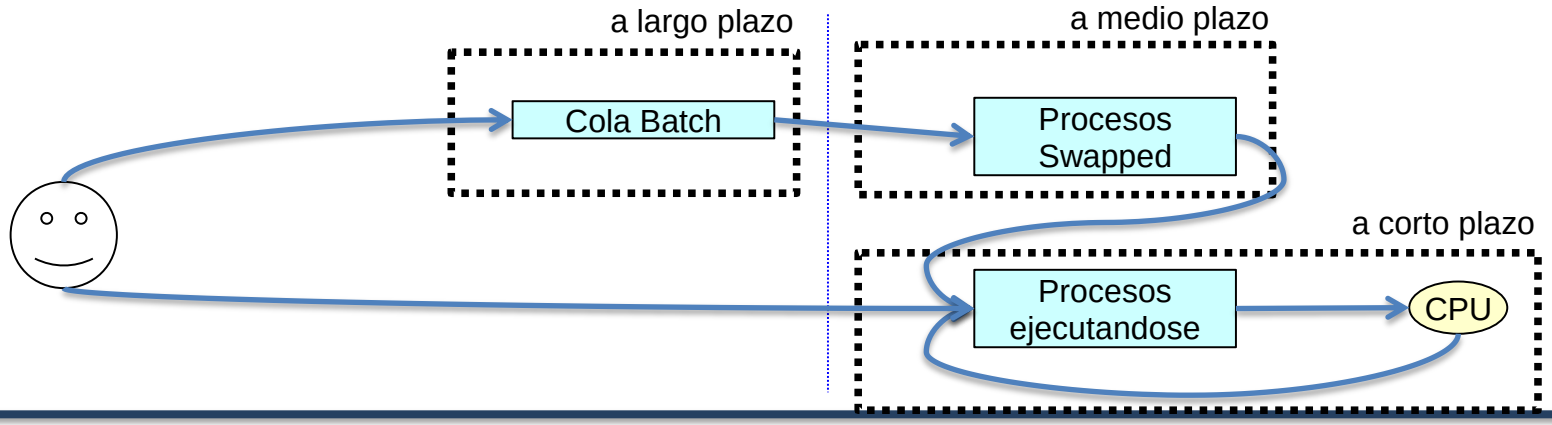
- Proceso padre se puede sincronizar con el fin de sus hijos: llamada waitpid
  - Recoge causa muerte hijo
    - Si exit o si signal
  - Parámetro del exit
- Se guarda esta información en el PCB del hijo
  - Hasta que el padre no hace waitpid no se libera Estado zombie
- Si el padre muere sin hacer waitpid, el proceso init “adopta” a sus hijos y se encarga de hacer waitpid

Destrucción de procesos en ZeOS

- Simplificación: exit no recibe parámetros
- No implementamos sincronización con padre (no hay equivalente a waitpid)
- Al hacer exit se liberan todos los recursos del hijo incluido el PCB

Planificadores del sistema (I)

- Normalmente hay 3 planificadores en el sistema en función del tiempo para planificar el proceso
  - Corto plazo: procesos pendientes del Procesador
  - Medio plazo: procesos swapped
  - Largo plazo: en colas de batch



Planificadores del sistema (II)

- Planificador a largo plazo (batch)
  - Controla el grado de multiprogramación en el sistema
  - Se ejecuta cuando empieza/acaba un proceso
  - Opcional en sistemas de tiempo compartido
- Planificador a medio plazo
  - Encargado de suspender y restaurar posteriormente procesos (swap out y swap in)
  - Se ejecuta cuando hay escasez de recursos
    - p.ej. Muchos procesos ejecutándose
  - Corrige errores del planificador a largo plazo

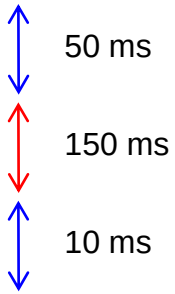
Planificador a corto plazo

- Selecciona el siguiente proceso a ejecutar
- Se ejecuta frecuentemente
  - Cuando se crea/acaba un proceso
  - Cada cierto tiempo (dependiente de la planificación)
  - Cuando un proceso inicia/finaliza la E/S
  - Ha de ser eficiente
- Veremos diferentes políticas de planificación
  - FCFS
  - Prioridades
  - Round Robin
  - ...

Caracterización de los procesos

- Ráfaga de CPU
  - Intervalo de tiempo consecutivo que un proceso está ejecutándose en la CPU
- Ráfaga de E/S
  - Intervalo de tiempo consecutivo que un proceso está realizando una E/S

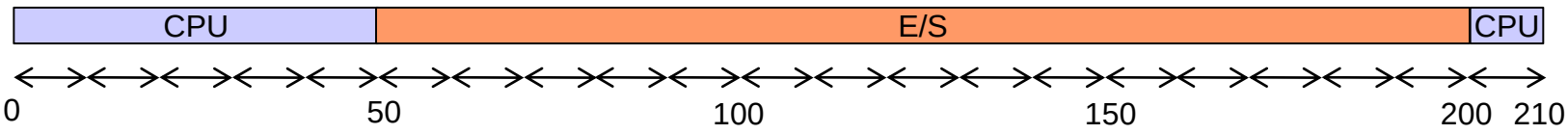
```
for ( i = 0 ; i < 5 ; i ++ )
s  += sqrt( a[i] );

printf("Resultado:%f\n",s);

for ( i = 0 ; i < 5 ; i++ )
a[i] = 0;
```



- 2 ráfagas de CPU de 50 y 10 ms respectivamente
- 1 ráfaga de E/S de 150 ms

Diagrama de gantt

- Diagrama horizontal que muestra para cada instante que valor toma un cierto parámetro
  - En nuestro caso, el estado de un proceso
- P. ej. diagrama de gantt de las ráfagas del proceso anterior:



Planificación de procesos

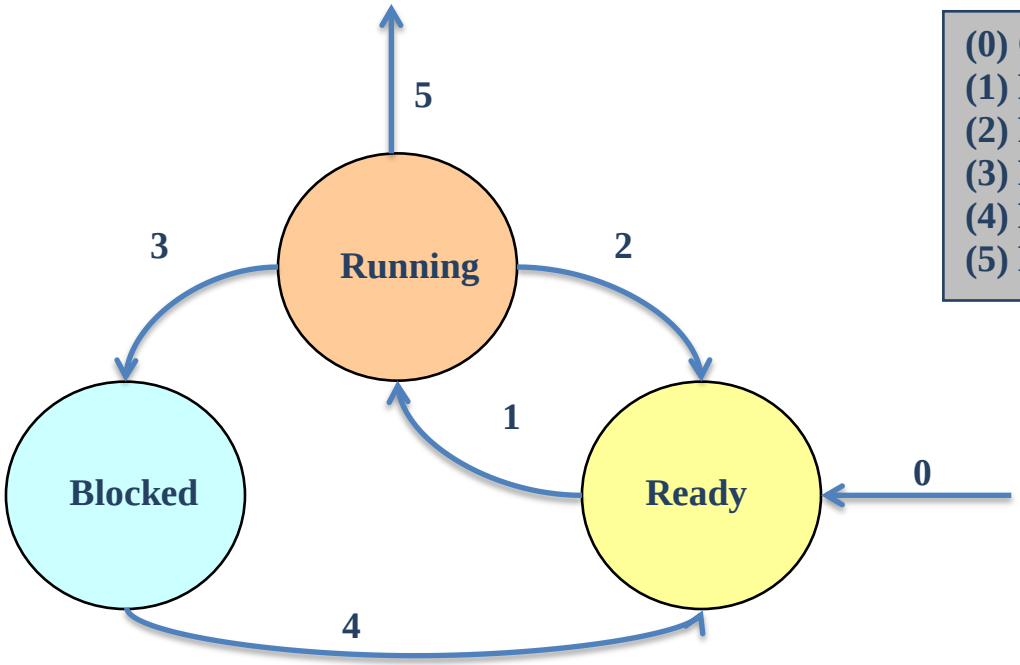
- Estados del proceso
  - Ready, run, blocked….
- El proceso pasa de Ready a Run según una política de planificación
- Existe un planificador
  - Se encarga de decidir el siguiente proceso a ejecutar
  - Y hasta cuándo se ejecutará
- Si el proceso que abandona la cpu no ha acabado la ejecución hay que guardar su contexto de ejecución

Estado blocked

- Un proceso pasa de Run a Blocked cuando espera un evento (fin E/S, operación sincronización, etc) que le impide avanzar con la ejecución
  - OS define qué operaciones son bloqueantes
- Para ello tiene que ejecutar una llamada al sistema
- El PCB del proceso se encola en la cola que hace referencia a la operación
- Dependiendo de la política de planificación, cuando se acaba la E/S se pasa a:
  - Ready: apropiación diferida
  - Run: apropiación inmediata

Ciclo de vida de un proceso

- Grafo simplificado de estados

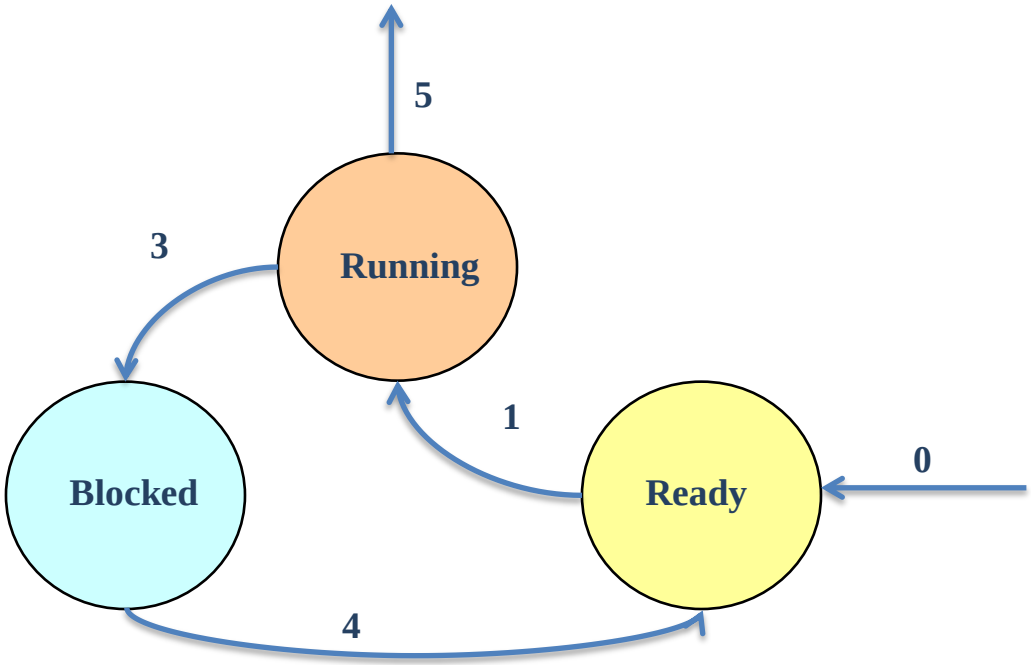


(0) Creación del proceso
(1) Planificador escoge este proceso
(2) Planificador coge otro proceso
(3) Proceso bloqueado por E/S
(4) E/S disponible
(5) Fin del proceso

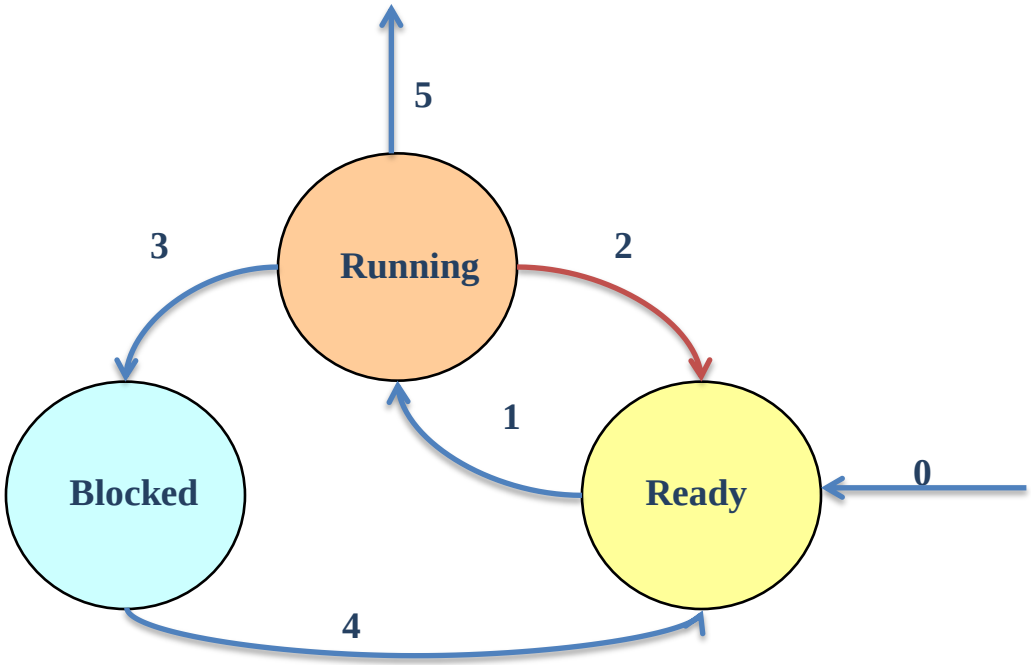
Tipos de políticas de planificación

- No Apropiativas
  - El Sistema Operativo no expulsa nunca al proceso de la CPU
  - El proceso abandona voluntariamente la CPU
    - p.ej.: mediante el inicio de una E/S
- Apropiativas
  - El Sistema Operativo puede decidir expulsar a un proceso del procesador y dárselo a otro (apropiación)
  - La apropiación puede ser:
    - Diferida
      - El Sistema Operativo hace efectiva la planificación cada cierto tiempo
    - Inmediata
      - El Sistema Operativo hace efectiva la planificación tan pronto como hay un cambio

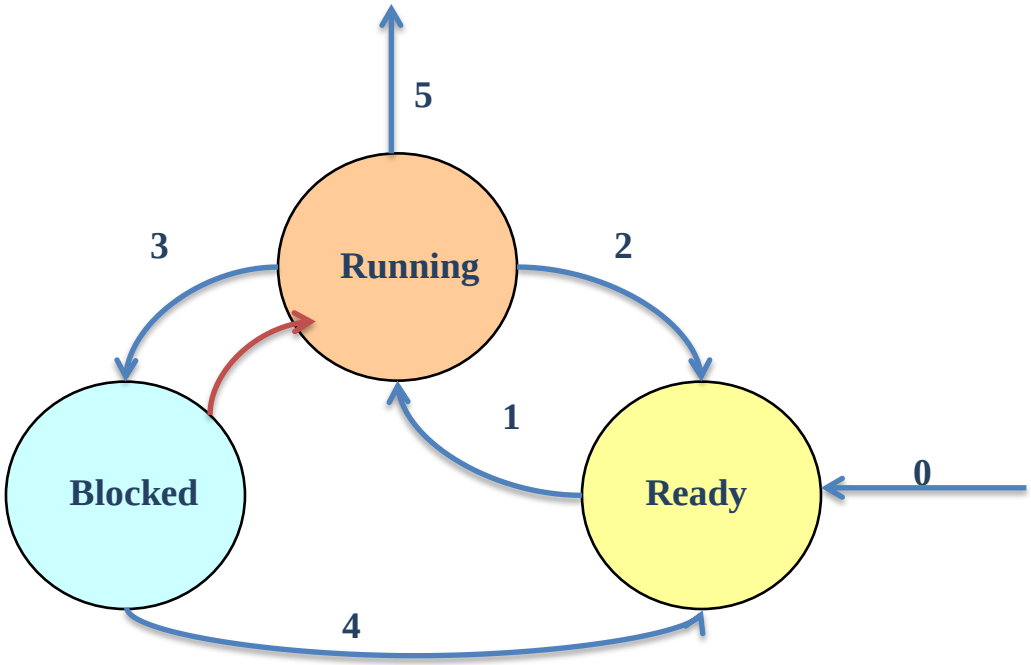
No Apropiativa



Apropiativa diferida

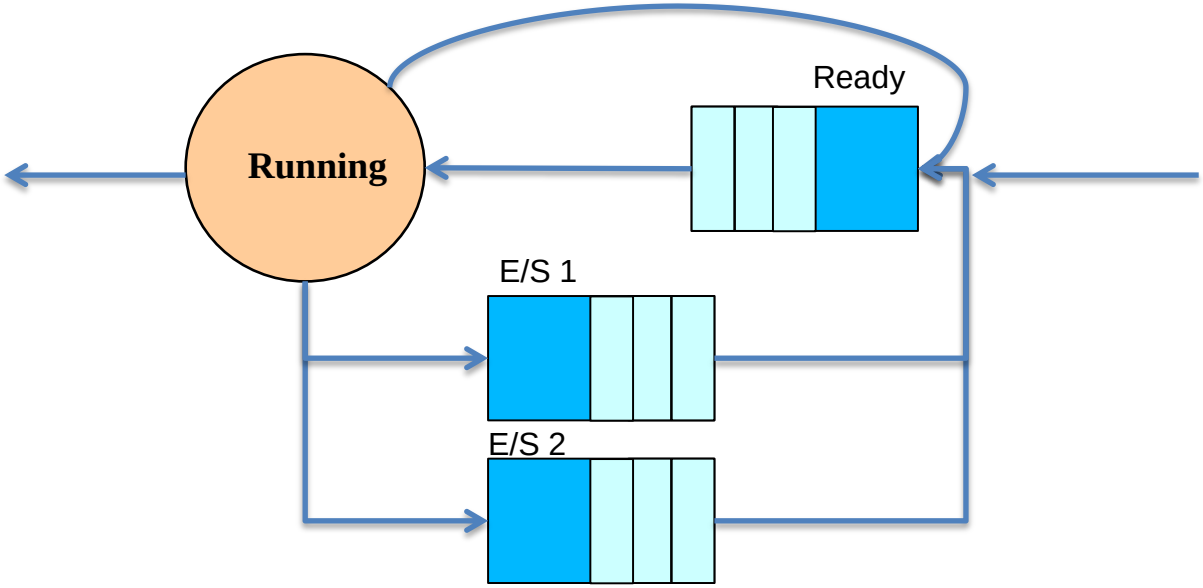


Apropiativa Inmediata



Estructuras de datos

- El sistema utiliza diferentes colas para gestionar los estados
- Cada cola puede tener una política diferente



Algoritmos de planificación

- FCFS
- Prioridades
- Round Robin
- Colas Multinivel

First Come, First Served (FCFS)

- El primer proceso en llegar a Ready es el primero en ser planificado
- No apropiativo
- Tiempo de espera elevado
  - No es apropiado para sistemas de tiempo compartido
- Provoca un efecto convoy con los procesos de E/S

Prioridades

- Cada proceso tiene asignada una prioridad
  - estática
  - dinámica
  - estática + dinámica
- El proceso más prioritario es planificado para ejecutarse
- Apropiativas o no apropiativas
- Entre procesos de igual prioridad: fifo

Prioridades

- Puede provocar inanición (starvation)
  - No se planifica NUNCA un proceso por no tener suficiente prioridad
  - Solución: envejecimiento (aging). Se aumenta la prioridad del proceso cada unidad de tiempo
- Ejemplos de prioridades dinámicas:
  - Shortest Job First
    - No apropiativo
    - La prioridad del proceso es el tiempo de ráfaga de CPU (predicción)
  - Shortest Remaining Time
    - Apropiativo
    - La prioridad del procesos es el tiempo restante de ráfaga

Round Robin

- El SO asigna un tiempo de CPU a cada proceso llamado **quantum**
  - puede ser constante o calcularse dinámicamente
- Un proceso abandona la CPU por dos motivos:
  - Su quantum ha finalizado y es apropiado
  - La abandona voluntariamente para hacer E/S
- El proceso a planificar se elige según FCFS
  - El Sistema asigna un nuevo quantum a ese proceso
- La elección del quantum es muy importante
  - Pequeño: demasiados cambios de contexto
  - Grande: se aproxima a FCFS

Round Robin con prioridades

- Se aplican prioridades normalmente
  - no apropiativas
  - apropiativas (inmediatas o diferidas)
- En caso de empate: fifo

Propiedades de los algoritmos

- ¿ Cómo sabemos qué algoritmo es mejor ?
  - Cada algoritmo maximiza diferentes criterios o propiedades
  - Dependiendo de nuestros objetivos el mejor será uno u otro

Propiedades de los algoritmos

- Justicia
  - Un algoritmo es justo si garantiza que todo proceso recibirá CPU en algún momento
- Eficiencia
  - Maximizar el % del tiempo que está la CPU ocupada
- Productividad (*Throughput*)
  - Maximizar el número de trabajos por unidad de tiempo
- Tiempo de espera
  - Minimizar el tiempo en la cola de ready

Propiedades de los algoritmos

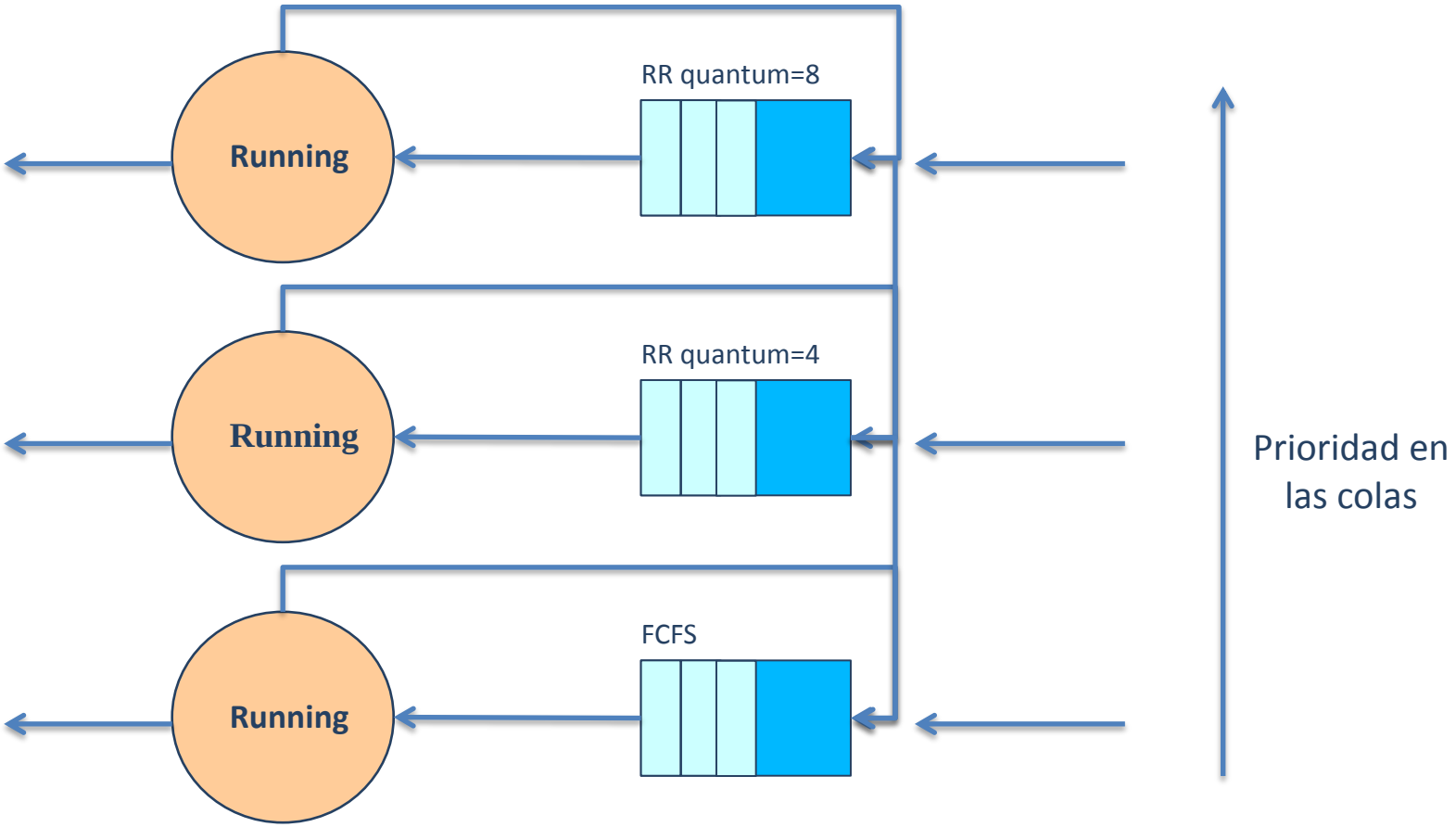
- Tiempo de respuesta
  - Minimizar el tiempo que tarda un proceso en obtener su primer resultado
- Tiempo de retorno
  - Minimizar el tiempo total que tarda en ejecutarse 1 proceso

Colas Multinivel

- El sistema tiene diferentes colas de Ready
  - Cada cola tiene una prioridad
    - Se escoje el proceso de la cola más prioritaria no vacia
  - Dentro de cada cola se aplica una política diferente
  - Diferentes tipos de procesos van a diferentes colas

Colas Multinivel

Colas Multinivel Realimentadas



Zeos: Planificación

- Implementa Round Robin sin prioridad
  - Quantum es una característica de cada proceso
- Estados:
  - Ready (lista de procesos)
  - Run (No esta en ninguna cola)
  - Blocked
- Política de planificación apropiativa diferida
- Proceso idle se ejecuta si no hay nadie mas
- Lista de procesos libres (free)

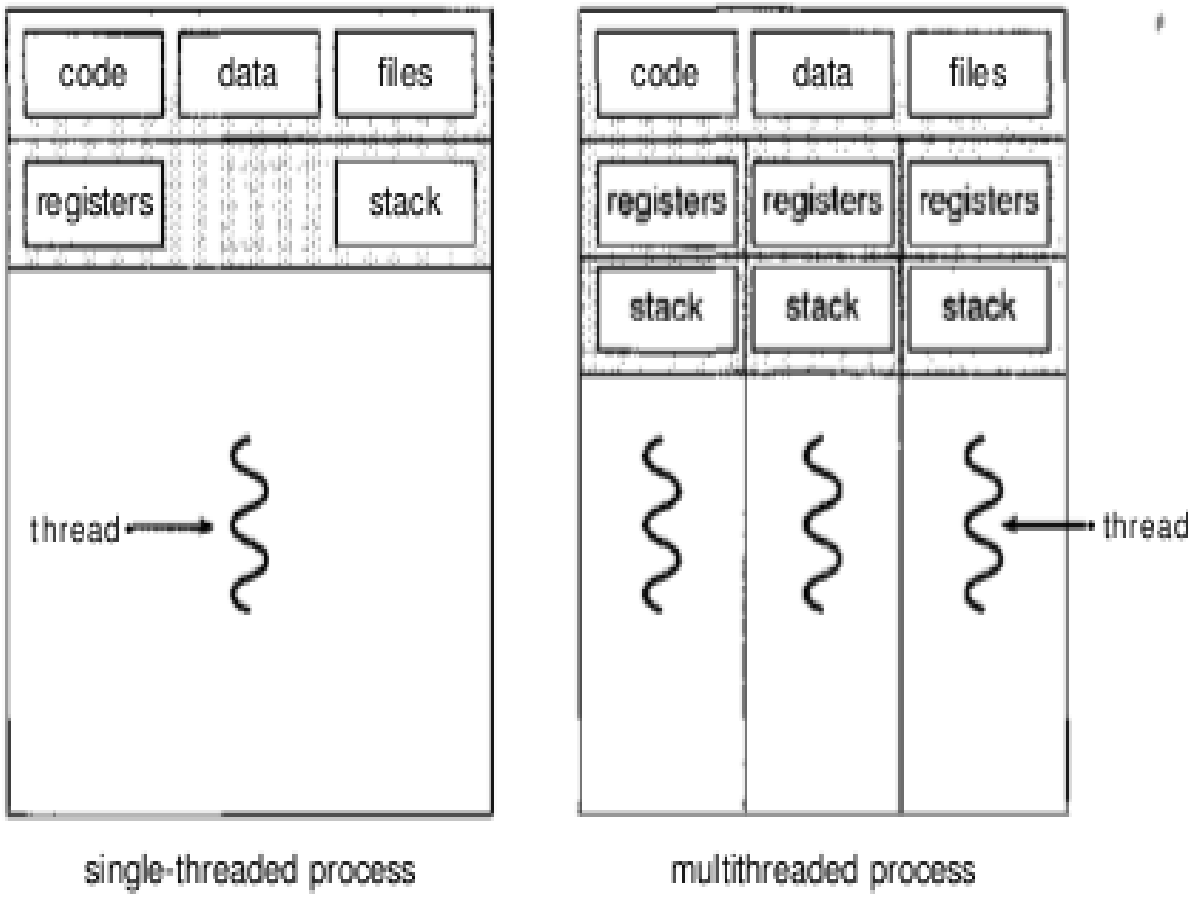
Flujos (threads)

- Procesos vs flujos
- Librerias de flujos

Procesos vs flujos

- Flujo (thread): unidad mínima de planificación de CPU
- Los flujos de un proceso comparten todos los recursos asignados al proceso y todas las características
  - Cada flujo del proceso tiene asociado:
    - Siguiente instrucción a ejecutar (valor del PC)
    - Zona de memoria para la pila
    - El estado de los registros
    - Un identificador
- Proceso tradicional: un sólo flujo de ejecución

Procesos vs flujos



single-threaded process

multithreaded process

Procesos vs flujos

- Ventajas de usar flujos en lugar de procesos:
  - Coste en el tiempo de gestión: creacion, destrucción y cambio de contexto
  - Aprovechamiento de recursos
  - Simplicidad del mecanismo de comunicación: memoria compartida
    - Ya que los threads comparten memoria y ficheros, se puede intercambiar información sin llamar a rutinas de sistema
      - Precisamente eso provoca la necesidad de exclusión mutua y sincronización.

Un ejemplo: Linux

- Linux usa la llamada a sistema clone para crear threads.
  - No portable (sólo funciona en Linux)
  - Internamente se usa esta llamada tanto para threads como para procesos
  - Se indica grado de compartición con el proceso que la usa
  - En Linux no se hace distinción threads/procesos a la hora de la planificación: todo son tasks que pueden compartir (o no) recursos con otras tasks.
    - Task_struct contiene punteros a los datos en lugar de los datos en sí.

Un ejemplo: Linux

- `int clone(int (*fn)(void *), void *child_stack, int flags, void *arg);`
  - Devuelve el PID del proceso creado
  - El proceso ejecuta la rutina fn(arg) – es diferente de fork()!!
  - Se le debe pasar una zona de memoria child_stack para ser usada como pila (lo único que debe tener cada task y que no puede compartir)
  - flags:
    - CLONE_PARENT: el padre del proceso creado es el mismo que el del proceso creador
    - CLONE_FS: compartición de la información de file system
    - CLONE_FILES: compartición de la tabla de canales
    - CLONE_SIGHAND: compartición de la tabla de gestión de SIGNALS
    - ...

Otro ejemplo: Win32

- 1 aplicación se ejecuta en 1 proceso
- Cada proceso puede tener 1 o N threads
- Thread incluye
  - Thread Id
  - Conjunto de registros
  - Pila de usuario y pila de kernel
  - Area de almacenamiento privada

Otro ejemplo: Win32

- HANDLE ThreadHandle = CreateThread (
  NULL, // Default Security attributes
  0, // Default Stack size
  rutina, // Routine to be executed
  &param, // Routine parameter
  0, // Default creation flags
  &ThreadId); // Returns Thread Identifier
- WaitForSingleObject (ThreadHandle, INFINITE)
- CloseHandle (ThreadHandle)

Zeos

- Similar a Linux
- 1 PCB x thread (igual que procesos)
- Los threads compartirán todo el espacio de direcciones del padre
  - Comparten directorio y tabla de páginas
- Inicialización del contexto hardware
  - Cada thread empieza con los valores de registros de código y pila indicados como parámetro
  - Sólo necesitan heredar los valores de los registros de segmentos de datos de usuario

Zeos: clone

- Nueva llamada a sistema para crear threads:

```
int clone(void *(fn)(void), char *stack)
```

- Parámetros:
  - fn es la función a ejecutar por el nuevo thread
  - stack es la base de una zona de memoria para ser usada como pila
  - El thread creado ejecutará fn().
- Devuelve:
  - El pid del nuevo thread creado
  - -1 en caso de error

Librerías de flujos

- POSIX Threads (Portable Operating System Interface, definido por la IEEE)
  - Interfaz de gestión de flujos a nivel de usuario
    - Creación y destrucción
    - Sincronización
    - Gestión de la planificación
  - Estándar definido para conseguir portabilidad (POSIX 1003.1c – 1995)
    - Cada SO debe implementar código para esta interfaz
    - Existe implementación para la mayoría de los SO (p.ej. Linux y W2K)

Interfaz de pthreads

- Creación
  - pthread_create (pthread_t* tid, pthread_attr_t * attr, void *(* start_routine) (void *), void* arg)
- Identificación
  - pthread_self ()
- Finalización
  - pthread_exit (void* status)
- Sincronización fin de flujo
  - pthread_join (pthread_t tid, void **status)

Implementación Pthreads

- Como se implementaria el pthread_create en ZeOS?

Sincronización entre procesos

- Condición de carrera
- Acceso en exclusión mutua
  - Busy wait
  - Semáforos

Condición de carrera

- Flujos pueden intercambiar información a través de la memoria que comparten
  - Accediendo más de uno a las mismas variables
- Problema que puede aparecer: condición de carrera (race condition)
  - Cuando el resultado de la ejecución depende del orden en el que se alternen las instrucciones de los flujos (o procesos)
  - Asociado a leer/escribir la misma posición de memoria a la vez
- Solución: Exclusión mutua

Condición de carrera: Ejemplo

```
int primero = 1 /* variable compartida */
crear_2_flujos_identicos();
```

```
/* flujo 1 */
if (primero) {
      primero --;
      tarea_1();
} else {
      tarea_2();
}
```

```
/* flujo 2 */
if (primero) {
      primero --;
      tarea_1();
} else {
      tarea_2();
}
```

tarea 1	tarea 2
flujo 1	flujo 2
flujo 2	flujo 1
flujo 1 y flujo 2	

Resultado incorrecto

Exclusión mutua

- Acceso en exclusión mutua
  - Se garantiza que el acceso a la región crítica es secuencial
    - Mientras un flujo está ejecutando código de esta región ningún otro flujo lo hará (aunque haya cambios de contexto)
  - El programador debe:
    - Identificar regiones críticas de su código
    - Marcar inicio y fin de la región usando las herramientas del sistema
  - El sistema operativo ofrece llamadas a sistema para marcar inicio y fin de región crítica
    - Inicio: Si ningún otro flujo ha pedido acceso a la región crítica se deja que continúe accediendo, sino se hace que el flujo espera hasta que se libere el acceso a la región critica
    - Fin: se libera acceso a la región critica y si algún flujo estaba esperando el permiso para acceder, se le permite acceder

Exclusión mutua: ejemplo

```
int primero= 1; /* variable compartida */
mutex_t hay_alguien;
mutex_init(hay_alguien);
crear_2_flujos_identicos ();
```

```
/* flujo 1 */
mutex_lock(hay_alguien);
if (primero) {
        primero --;
        mutex_unlock(hay_alguien);
        tarea_1();
} else {
        mutex_unlock(hay_alguien);
        tarea_2();
}
```

```
/* flujo 2 */
mutex_lock(hay_alguien);
if (primero) {
        primero --;
        mutex_unlock(hay_alguien);
        tarea_1();
} else {
        mutex_unlock(hay_alguien);
        tarea_2();
}
```

Implementación mutex: busy waiting (i)

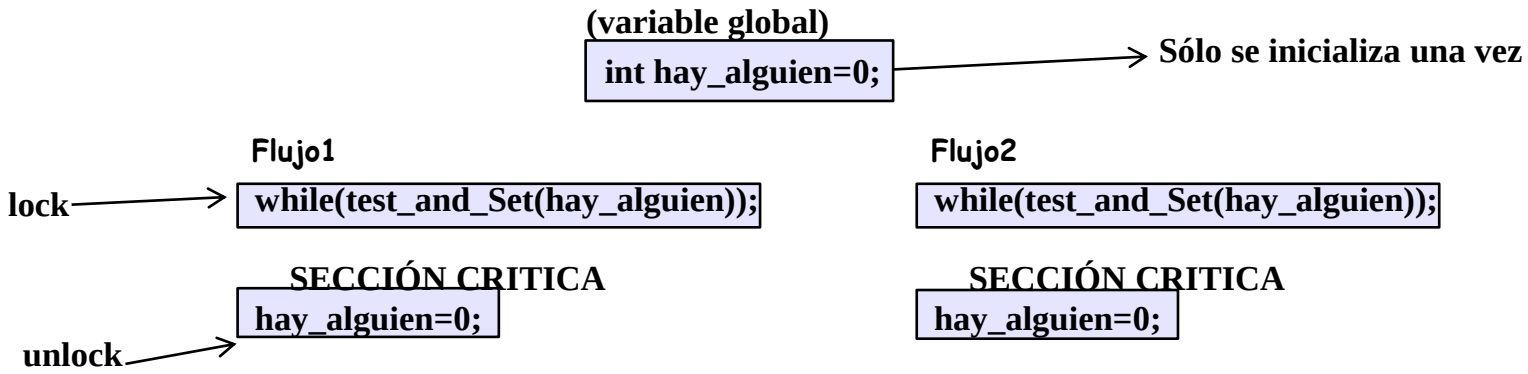
- Espera activa (busy waiting)
  - Necesitaremos soporte de la arquitectura: instrucción atómica, es decir, ininterrumpible (instrucción de lenguaje máquina)
    - Consulta y modificación de una variable de forma atómica
  - El equivalente en alto nivel sería...

```
int test_and_set(int *a)
{
   int tmp=*a;
   *a=1;
   return(tmp);
}
```

Es necesario hacerlo Por hardware para que Sea atómico

Implementación mutex: busy waiting (ii)

- ¿Como se usa?



Implementación mutex: busy waiting (iii)

- Inconvenientes:
  - Ocupamos la CPU mientras esperamos poder entrar en una sección crítica, (trabajo no útil)
    - Podríamos no dejar avanzar al flujo que ha de liberar la sección crítica
  - Podríamos colapsar el bus de memoria (siempre accediendo a la misma instrucción y la misma variable)
  - El resto de los usuarios no pueden aprovechar la CPU, el proceso no está bloqueado
- Posible solución
  - Consultar si podemos acceder a la sección crítica, y si no podemos, bloquear el proceso hasta que nos avisen que podemos acceder, en lugar de estar consultando continuamente como en espera activa

Implementación: bloqueo

- Idea:
  - Evitar el consumo inútil de tiempo de cpu.
  - Reducir el número de accesos a memoria
- Propuesta:
  - Bloquear a los flujos que no pueden entrar en ese momento
  - Desbloquearlos cuando quede libre la sección crítica
- Utilizaremos SEMAFOROS
  - sem_init(sem,n): crea un semáforo
  - sem_wait(sem):entrada en exclusión mutua (equivale al lock)
  - sem_signal(sem): salida de exclusión mutua (equivale al unlock)

Semáforos

- Qué es un semáforo?
  - Es una estructura de datos del SO para proteger el acceso a recursos. Tendrá asociado un contador y una cola de procesos bloqueados.
  - El contador indica la cantidad de accesos simultáneos que permitimos al recurso que protege el semáforo
    - Si usamos el semáforo para hacer exclusión mútua: Recurso=sección crítica, n=1.
    - Se pueden usar para más cosas

Una posible implementación de semáforos

- sem_init(sem,n);

```
sem->count = n;
ini_queue (sem->queue);
```

- sem_wait(sem);

```
sem->count --;
If (sem->count < 0){
   bloquear_flujo (sem->queue);
}
```

/* bloquea al flujo que hace la llamada*

- sem_signal(sem);

```
sem->count ++;
If (sem->count <= 0){
   despertar_flujo (sem->queue);
}
```

/* despierta un flujo de la cola */

Uso de semáforos

- En función del valor inicial del contador usaremos el semáforo para distintos fines
  - sem_init(sem,1): MUTEX (permitimos que 1 flujo acceda de forma simultanea a la sección crítica)
  - sem_init(sem,0): SINCRONIZACIÓN
  - sem_init(sem,N): RESTRICCIÓN DE RECURSOS, genérico
- Habitualmente usaremos:
  - Espera activa si los tiempos de espera se prevén cortos
  - Bloqueo si se prevén largos
    - Bloquear un flujo es costoso (entrar a sistema)
- Ejemplo lectores/escritores

Problemas concurrencia: deadlock

- Se produce un abrazo mortal entre un conjunto de flujos, si cada flujo del conjunto está bloqueado esperando un acontecimiento que solamente puede estar provocado por otro flujo del conjunto

Flujo 1
Conseguir(impresora)
Conseguir(fichero)
imprimir_datos()
Liberar(fichero)
Liberar(impresora)

Flujo2
Conseguir(fichero)
Conseguir(impresora)
imprimir_datos()
Liberar(fichero)
Liberar(impresora)

Condiciones del deadlock

- Se han de cumplir 4 condiciones a la vez para que haya abrazo mortal
  - Mutual exclusion: mínimo de 2 recursos no compartibles
  - Hold&Wait: un flujo consigue un recurso y espera por otro
  - No preempción: si un flujo consigue un recurso sólo él puede liberarlo y nadie se lo puede quitar
  - Circular wait: ha de haber una cadena circular de 2 o más flujos donde cada uno necesita un recurso que esta siendo usado por otro de la cadena

Evitar deadlocks

- ¿Como evitarlos?, evitar que se cumpla alguna de las condiciones anteriores
  - Tener recursos compartidos
  - Poder quitarle un recurso a un flujo
  - Poder conseguir todos los recursos que necesitas de forma atómica
  - Ordenar las peticiones de recursos (tener que conseguirlos en el mismo orden)