PdS 2022 - Laboratorio OS161 - 4

Per affrontare questo laboratorio è necessario:

- ***aver svolto (e capito) i laboratori 2 e 3***
  - ***il laboratorio 2 serve per capite system call e (soprattutto) la chiusura di un processo***
  - ***il laboratorio 3 per poter realizzare la sincronizzazione.***

Realizzare la system call waitpid (attesa fine processo)

Si vuole realizzare il supporto per la system call `waitpid` (in Unix/Linux esiste anche la `wait`, che attende un qualunque processo child), che permette a un processo di attendere il cambio di stato di un altro processo, di cui sia noto l'identificatore (`pid`).

Si vedano ad esempio le documentazioni di waitpid su https://linux.die.net/man/2/waitpid o https://www.freebsd.org/cgi/man.cgi?query=waitpid

Per semplicità, si chiede di gestire unicamente il cambiamento di stato a processo "terminato" (sarebbe necessario gestirne altri, quali wait/resume connessi a un signal). In sintesi, dopo `thread_exit` (dell'ultimo/solo thread di un dato processo) un processo resta in stato "zombie" fintanto che un altro processo non fa una `wait` o `waitpid` (in OS161 solo `waitpid`), e ne ottiene quindi lo stato di uscita.

Il laboratorio può essere suddiviso in parti, che si consiglia di realizzare un pezzo alla volta, passando al successivo dopo aver messo a punto (compresa esecuzione/debug) il precedente:

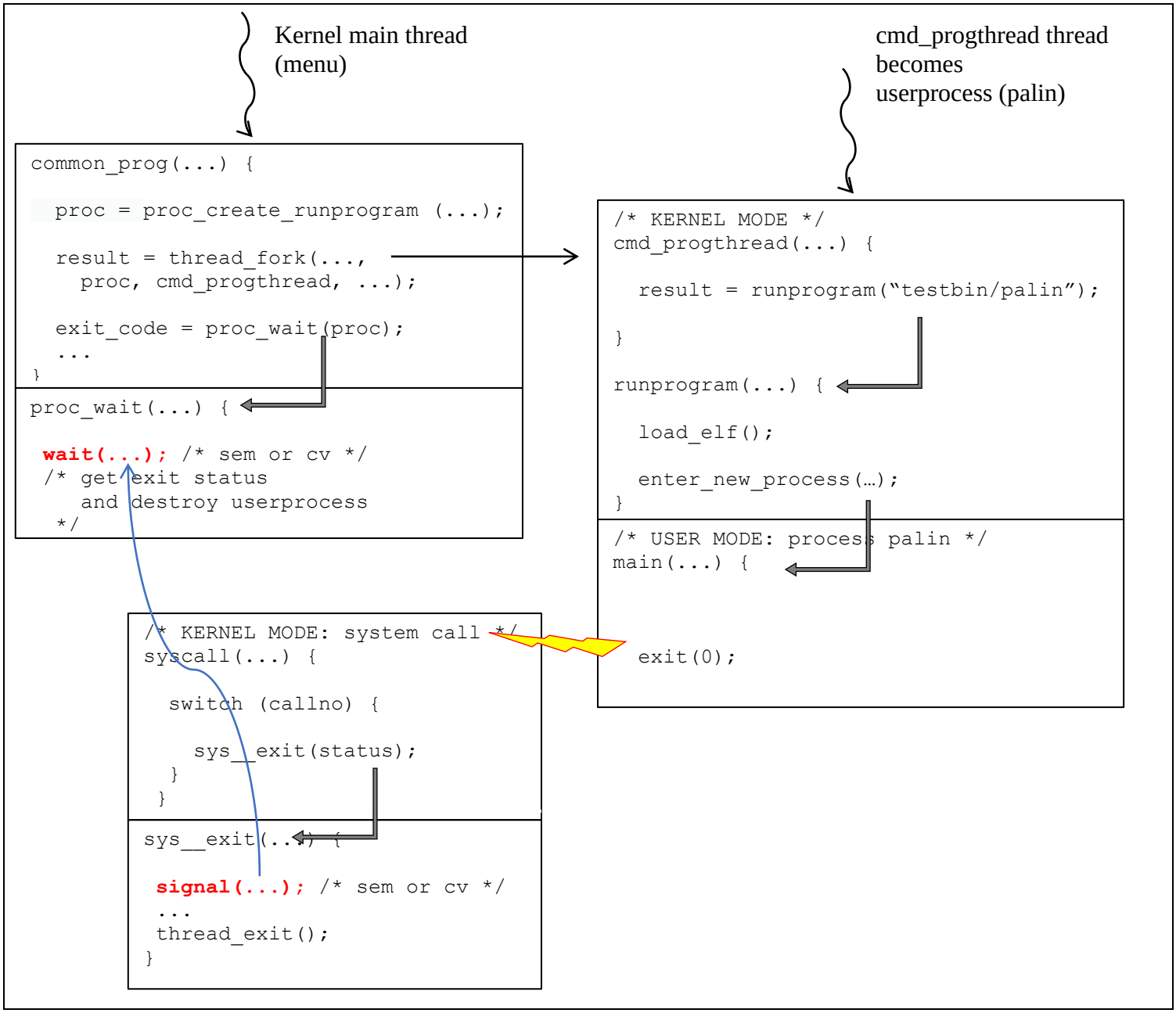
- Attesa della terminazione di un processo user, ritornandone lo stato di uscita
- Distruzione della struttura dati di un processo (`struct proc`)
- Assegnazione di pid a processo, gestione della tabella dei processi e `waitpid`
- (opzionale) realizzare le system call `getpid` e `fork`

Attesa di terminazione processo

Si consiglia di realizzare dapprima una funzione `int proc_wait(struct proc *p)`, che gestisca *(senza bisogno di gestire pid e di supportare la system call waitpid)*, mediante semaforo o condition variable (aggiunti come campo alla `struct proc`), l'attesa della fine (con chiamata alla `syscall _exit`()) di un altro processo, di cui si ha il puntatore alla relativa `struct proc`.
Si tratta quindi di una funzione del kernel, utilizzabile solo all'interno di questo (perché sfrutta il puntatore a `struct proc`). Tale funzione potrebbe essere realizzata in `kern/proc/proc.c` e provata (chiamata) all'interno di `common_prog`, dopo che questa ha chiamato `thread_fork` con successo, per aspettare la fine del processo attivato (e non tornare immediatamente al menu che richiederebbe subito un altro comando). La `common_prog` potrebbe quindi aspettare la fine del processo child mediante

```
exit_code = proc_wait(proc);
```

e stampare su console il codice di ritorno (quello ricevuto dalla `_exit - sys__exit` e salvato nella `struct proc`) prima di ritornare al programma chiamante. La figura rappresenta lo schema delle chiamate e della sincronizzazione. Si noti che le chiamate a `wait()` e `signal()` vanno sostituite da opportune funzioni, che dipendono dalle scelte implementative fatte (semaforo, condition variable, funzione wrapper o chiamata diretta)



Distruzione della `struct proc`

ATTENZIONE: si ribadisce il consiglio di andare avanti un passo alla volta, realizzando la distruzione della `struct proc` solo dopo aver realizzato e verificato, eventualmente con debug, la correttezza della `proc_wait()`.

La `struct proc` di un processo non può essere distrutta (durante la `_exit`) finchè un altro processo che chiami `wait/waitpid` non ne riceva la segnalazione (con lo stato di uscita).

Tra le varie soluzioni possibili per liberare quindi una `struct proc` mediante la `proc_destroy`, si consiglia di chiamare quest'ultima all'interno della `proc_wait`, dopo l'attesa su semaforo o condition variable (cioè la struct non viene distrutta quando termina il processo ma all'interno di una `proc_wait`, fatta da un altro processo, eventualmente il kernel).

Questo implica, probabilmente, una modifica alla realizzazione precedente della `sys__exit`, che ora non necessiterebbe più di rilasciare l'address space, ma unicamente di segnalare (su semaforo o condition variable) la fine del processo, prima di chiamare `thread_exit`. In altri termini, la `sys__exit` termina il thread, non distrugge la struttura dati del processo, ma ne segnala semplicemente la terminazione. La distruzione completa di un processo viene effettuata dalla `proc_wait` dopo che ne ha ricevuto la segnalazione di fine. La `proc_wait` gestisce inoltre il ritorno dello stato di uscita del processo.

ATTENZIONE: la funzione `proc_destroy()` richiede che il processo che si sta distruggendo (struttura dati) non abbia più thread attivi (si veda il codice della proc destroy, che contiene l'asserzione `KASSERT(proc->p_numthreads == 0);`). Siccome la `sys__exit()` segnala la fine del processo prima di chiamare `thread_exit()`, è possibile che il kernel in attesa (nella `common_prog()`) venga svegliato e chiami la `proc_destroy()` prima che `thread_exit()` "stacchi" il thread dal processo (si veda il codice della `thread_exit()`, in particolare la chiamata a `proc_remthread()`). La soluzione per evitare questa corsa critica (race) non è univoca. Si suggerisce, come possibile opzione, di chiamare la `proc_remthread()` in modo esplicito nella `sys__exit()`, "prima" di segnalare la fine del processo, e modificare la `thread_exit()` in modo che accetti un thread già staccato dal processo (attenzione però a non OBBLIGARE la `thread_exit()` a vedere SEMPRE un thread "staccato": la `thread_exit()` viene chiamata anche in altri contesti, fuori dalla `sys__exit()`).

Assegnare `pid`

La `proc_wait` non realizza completamente il lavoro richiesto alla `waitpid`, in quanto parte da un puntatore a processo (invece che da un pid, un valore intero).
Per l'attribuzione di un `pid` (process id) a un processo, occorre tener conto che si tratta di un intero unico (tipo `pid_t`), di valore compreso tra `PID_MIN` e `PID_MAX` (`kern/include/limits.h`), definiti in base a `__PID_MIN` e `__PID_MAX` (`kern/include/kern/limits.h`). Per l'attribuzione del `pid` e i passaggi da processo (puntatore a `struct proc`) a `pid` e viceversa, occorre realizzare una tabella. Per semplicità, si consiglia di realizzare un vettore di puntatori a `struct proc`, in cui l'indice corrisponda al `pid` (in tal caso si consiglia di utilizzare come `pid` massimo un numero accettabile, ad es. 100), oppure un vettore di coppie (`pid`, puntatore a processo). Un opportuno campo `pid` nella `struct proc`) può invece consentire reperire il `pid` a partire dal puntatore. Ogni nuovo processo creato va aggiunto alla tabella, generandone il `pid`, ogni processo distrutto va rimosso dalla tabella (una volta completata una `wait/waitpid`). La tabella può, ad esempio, essere realizzata come variabile globale in `kern/proc/proc.c`. Occorre poi realizzare una eventuale funzione `sys_waitpid` da chiamare in `syscall`() (si consiglia di utilizzare lo stesso file, es. `proc_syscalls.c`, già usato per la `sys__exit`).

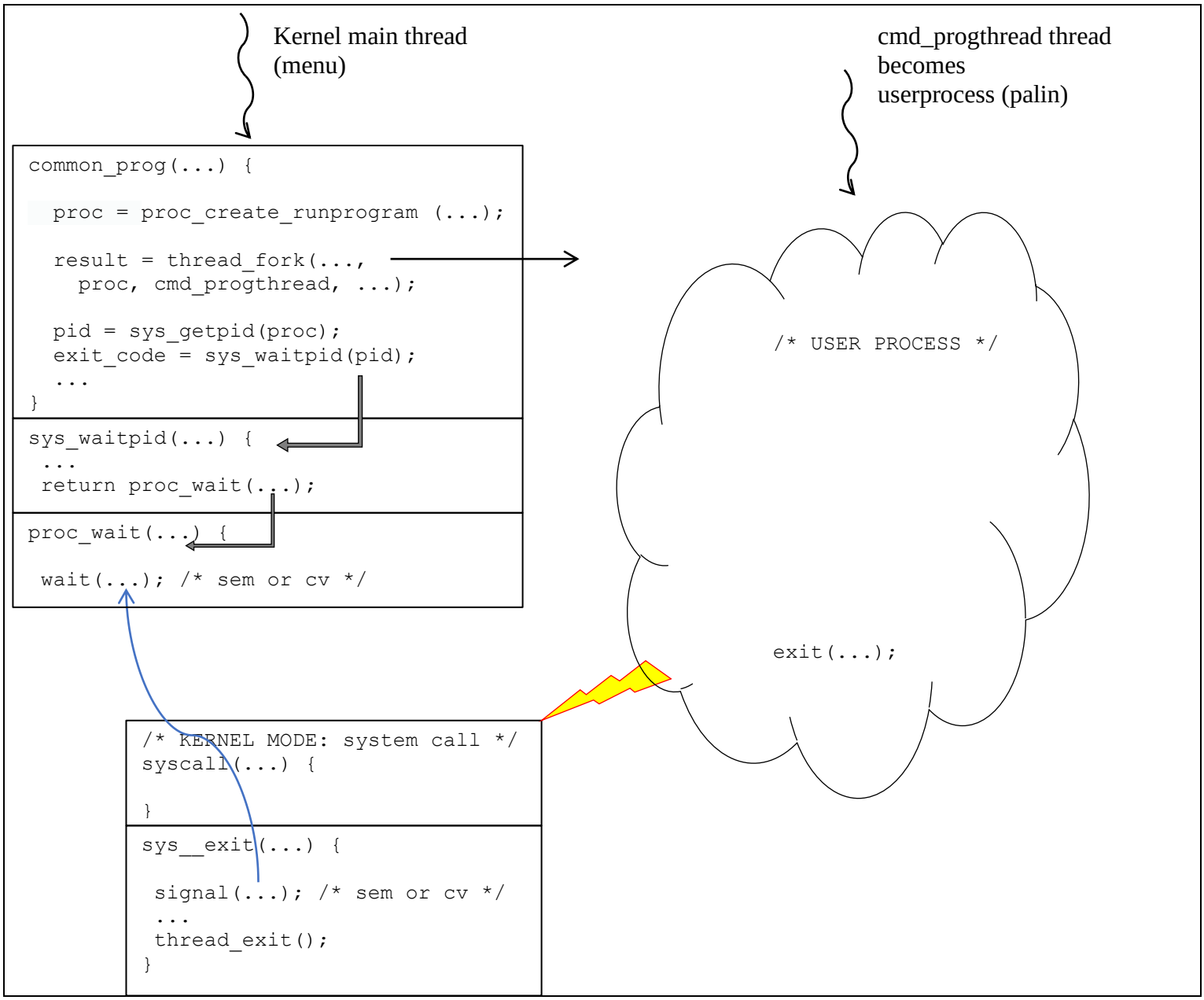
Tabella dei processi e waitpid

La `common_prog`, funzione interna al kernel, non ha bisogno di gestire il `pid` di un processo creato (ne ha già il puntatore), quindi non necessita, per attendere la fine del processo creato, del

supporto per la `waitpid` (che richiede di gestire la tabella dei processi). In sostanza, la fine di un processo con `_exit` (e system call `sys__exit`) non necessita, se ad aspettare è il kernel che ne ha il puntatore, della `waitpid` (con processo identificato da `pid`), ma è sufficiente la `proc_wait` (processo identificato da puntatore).
La `waitpid` invece è necessaria per gestione di processi da parte di programmi user. Ad esempio `testbin/forktest` premetterebbe di verificare il funzionamento di `waitpid`. Tuttavia, per il funzionamento di tale programma di test occorre realizzare la `getpid`, che ottiene il `pid` del processo corrente (puntato da `curproc`), e la `fork`, che permette di generare un processo child a livello user. *Questa parte (realizzare `getpid` e `fork`) può essere considerata opzionale (si consiglia di provare a realizzarla solo una volta completato con successo il resto del laboratorio): realizzare la `getpid` è semplice, la fork meno, in quanto si tratta di clonare (duplicare, l'intero address space di un processo (il child è una copia del padre) e di farlo partire correttamente).*

Un modo semplice per testare (senza bisogno della `fork`), non direttamente la `waitpid`, ma l'eventuale `sys_waitpid` chiamata in syscall per supportarla, è di ottenere in `common_prog` il `pid` del processo child (mediante `sys_getpid()` o altra strategia), e successivamente attendere con `sys_waitpid` anziché `proc_wait`.

Si rappresenta, nella figura che segue, un possibile scenario per verificare la correttezza della catena `getpid/waitpid` e gestione della tabella dei processi, non direttamente, ma indirettamente tramite le funzioni `sys_getpid()` e `sys_waitpid()`.


Kernel main thread
(menu)
cmd_progthread thread
becomes
userprocess (palin)
common_prog(...) {
proc = proc_create_runprogram (...);
result = thread_fork(...,
proc, cmd_progthread, ...);
pid = sys_getpid(proc);
exit_code = sys_waitpid(pid);
...
}
sys_waitpid(...) {
...
return proc_wait(...);
proc_wait(...) {
wait(...); /* sem or cv */
/* USER PROCESS */
exit(...);
/* KERNEL MODE: system call */
syscall(...) {
}
sys__exit(...) {
signal(...); /* sem or cv */
...
thread_exit();
}