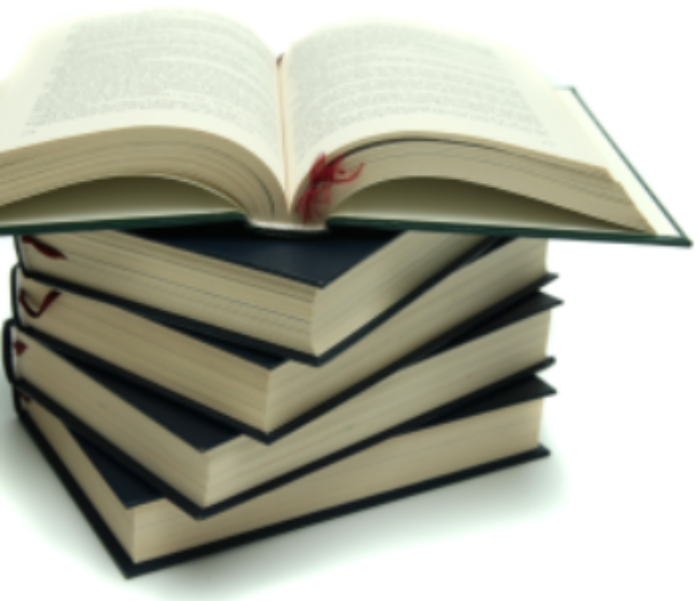
page crunch

Cursul 3



3

Procese

27 februarie 2012 - 4 martie 2012

Suport curs 3

- OSC
  - Capitolul 3 – Process Management
- MOS
  - Capitolul 2 – Processes and Threads
    - Secțiunea 1
- LSP
  - Capitolul 5 – Process Management
  - Capitolul 6 - Advanced Process Management
  - Capitolul 9 – Signals
- WSP
  - Capitolul 6 – Process Management
  - Capitolul 11 – Interprocess Communication

page crunch

Cuprins

- Procese: definiție, relevanță
- Stări ale proceselor
- Planificarea proceselor
- Operații cu procese
- Procese în Linux și Windows
- Comunicația interproces

Ce este un proces?

- Abstractizare de bază a SO împreună cu fișierul
  - abstractizare a mașinii fizice
  - abstractizează o acțiune

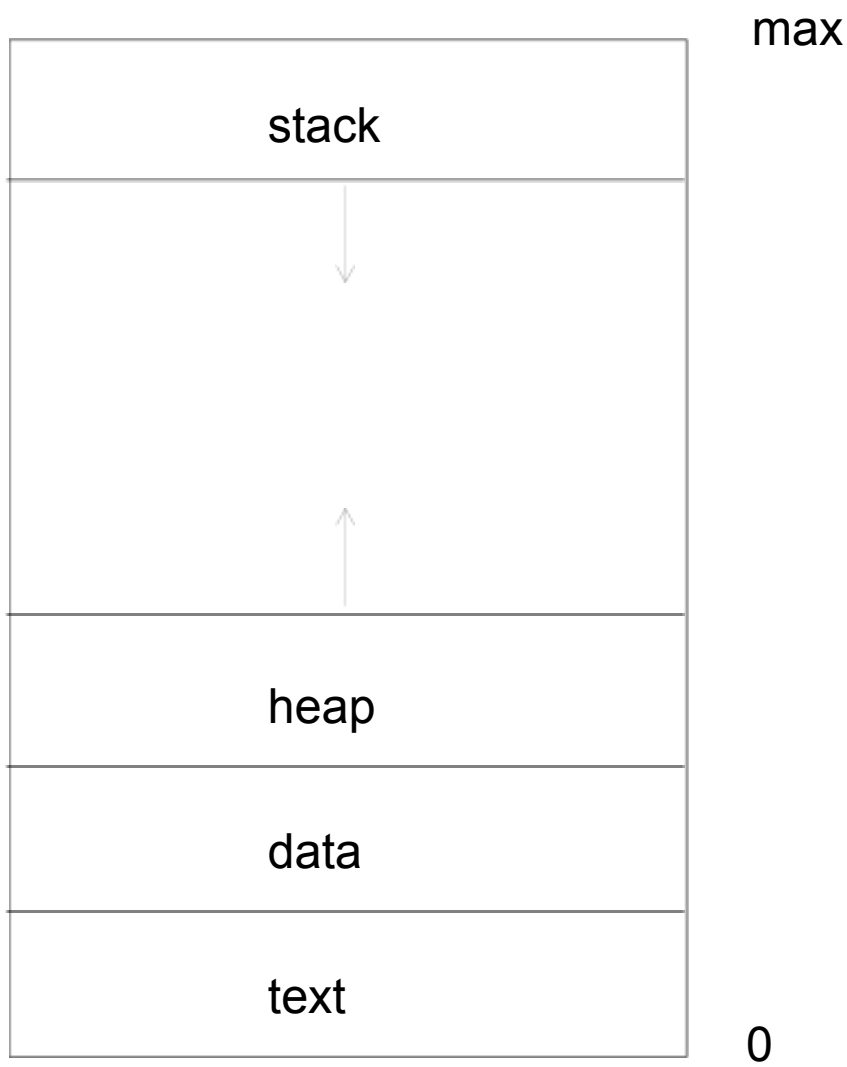
- Un program aflat în execuție
  - o instanță a unui program
- Program – entitate pasivă
- Proces – entitate activă
- Program = imaginea unui proces

Program vs. Proces

- Programul este pasiv – este un executabil
- Procesul este activ – se rulează cod pe procesor
- Procesul are asociate resurse
  - spațiu de adresă
  - fișiere deschise
  - zone de memorie (cod, date, partajată)

Program vs. Proces (2)

- **./a.out**
- Se creează un proces
- Imaginea este executabilul a. out
- Procesul are asociate resurse și un spațiu de adresă



Program vs. Proces (3)

$ file a.out

a.out: ELF 64-bit LSB executable, x86-64, version 1 (SYSV),

for GNU/Linux 2.6.8, dynamically linked (uses shared libs), not stripped

$ objdump -h a.out

[...]

11 .plt 00000030 00000000004003b0 00000000004003b0 000003b0 2**2

CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE

12 .text 000001a8 00000000004003e0 00000000004003e0 000003e0 2**4

CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE

13 .fini 0000000e 0000000000400588 0000000000400588 00000588 2**2

CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, CODE

14 .rodata 00000012 0000000000400598 0000000000400598 00000598 2**2

CONTENTS, ALLOC, LOAD, READONLY, DATA

[...]

Harta memoriei unui proces

 # pmap 1

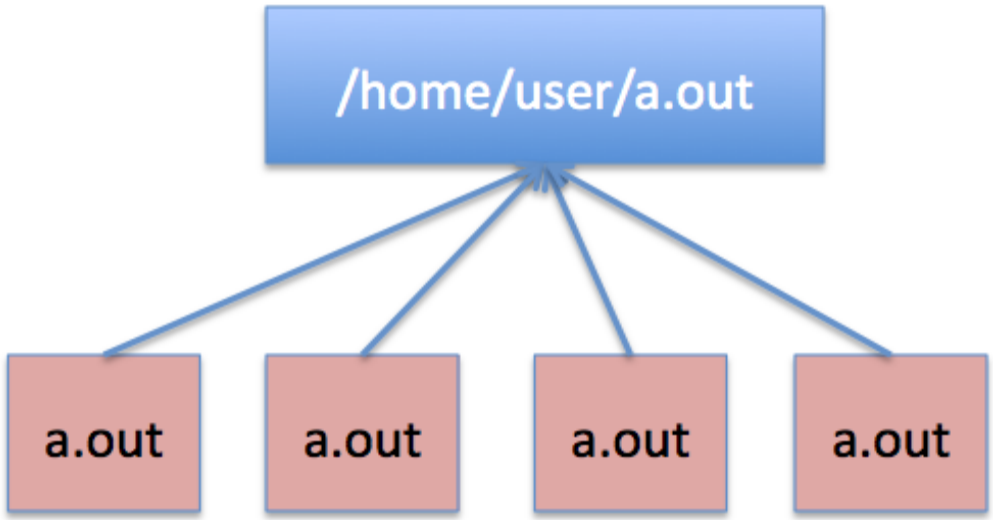
```
1: init [2]
0000000000400000   36K r-x-- /sbin/init
0000000000608000    4K rw--- /sbin/init
00000000019e3000  132K rw--- [ anon ]
00007f2e12ca0000    8K r-x-- /lib/libdl-2.7.so
00007f2e12ca2000 2048K ----- /lib/libdl-2.7.so
00007f2e12ea2000    8K rw--- /lib/libdl-2.7.so
00007f2e12ea4000 1320K r-x-- /lib/libc-2.7.so
00007f2e12fee000 2044K ----- /lib/libc-2.7.so
00007f2e131ed000   12K r---- /lib/libc-2.7.so
00007f2e131f0000    8K rw--- /lib/libc-2.7.so
00007f2e131f2000   20K rw--- [ anon ]
[...]
00007f2e1364d000  112K r-x-- /lib/ld-2.7.so
00007f2e13847000   12K rw--- [ anon ]
00007f2e13865000   12K rw--- [ anon ]
00007f2e13868000    8K rw--- /lib/ld-2.7.so
00007fff1b855000   84K rw--- [ stack ]
00007fff1b94b000    4K r-x-- [ anon ]
ffffffffff600000    4K r-x-- [ anon ]
total 10316K
```

Program vs. Proces

- Care este asocierea program/proces?

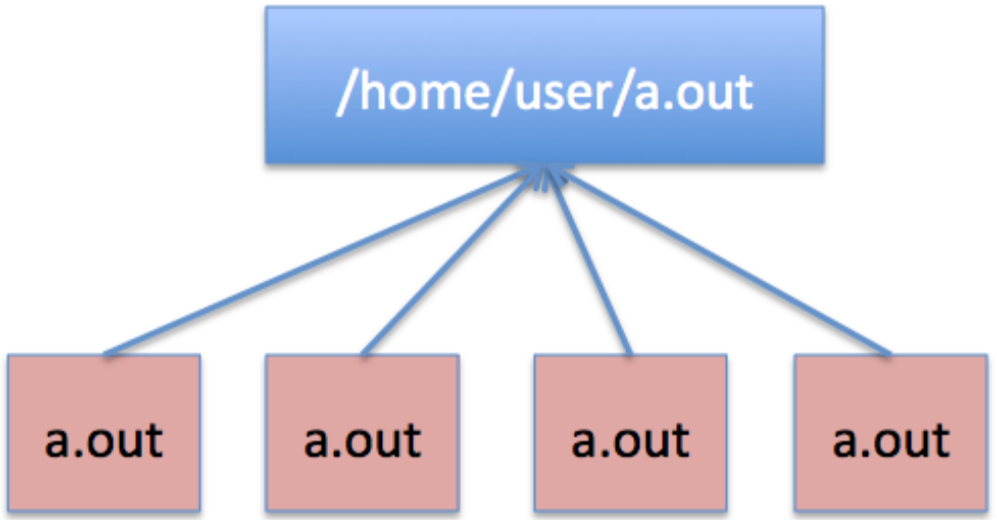
Program vs. Proces

- Care este asocierea program/proces?



Program vs. Proces

- Care este asocierea program/proces?
-



ɔar procesului, nu și
[1]

De ce avem nevoie de procese?

- Se înglobează o acțiune, o sarcină într-o structură independentă
  - Procesul este unitatea de lucru a SO
  - Reprezinta un program in executie
- Un proces spune sistemului de operare:
  - Ce trebuie facut
  - Resursele necesare
  - Cum interactioneaza cu alte procese

Paralelism in SO

- Mai multe procese pot exista in acelasi timp in SO
  - SO mediaza accesul proceselor la resurse
  - Fiecare proces primeste o proportie echitabila din resurse

- Câte procese pot rula simultan pe un sistem uniprocesor?

Paralelism in SO

- Mai multe procese pot exista in acelasi timp in SO
  - SO mediaza accesul proceselor la resurse
  - Fiecare proces primeste o proportie echitabila din resurse

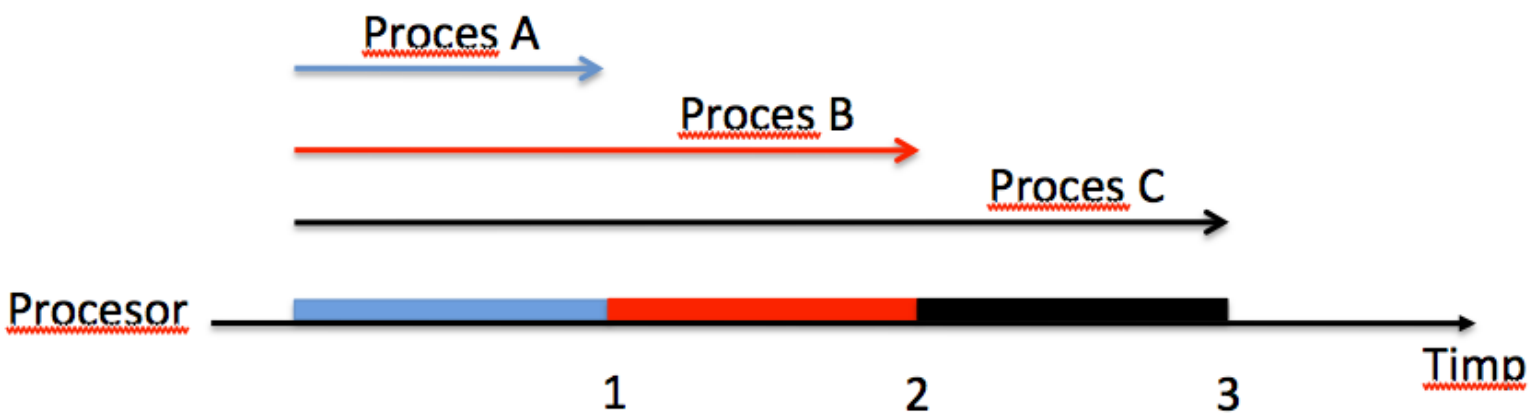
- Câte procese pot rula simultan pe un sistem uniprocesor?
  - pseudo paralelism
  - paralelism efectiv (sisteme multiprocesor)

Tipuri de procese

- Procese interactive (foreground)
- Procese neinteractive (background)
  - trimise în background (operatorul &, comanda bg, SIGSTP)
  - daemoni (Unix): httpd, syslogd, sshd
  - servicii (Windows): IIS, print spooler
- Procese I/O intensive (I/O bound)
- Procese CPU intensive (CPU bound)

Cum rulam mai multe procese pe **un procesor**?

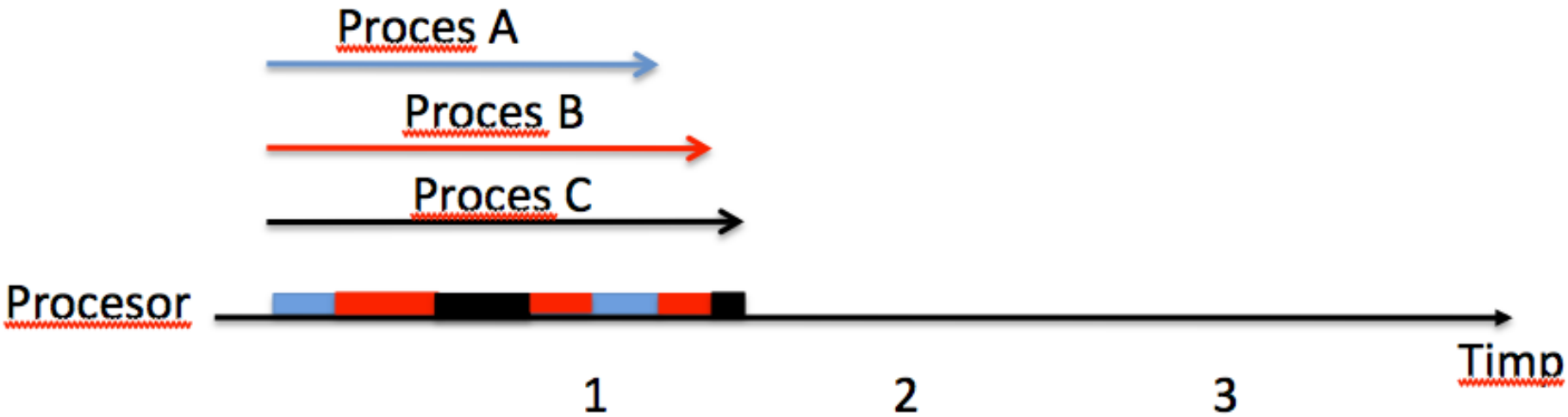
Varianta 1: Uniprogramare



Cum rulam mai multe procese pe **un procesor**?

Multiprogramare/multitasking [2]

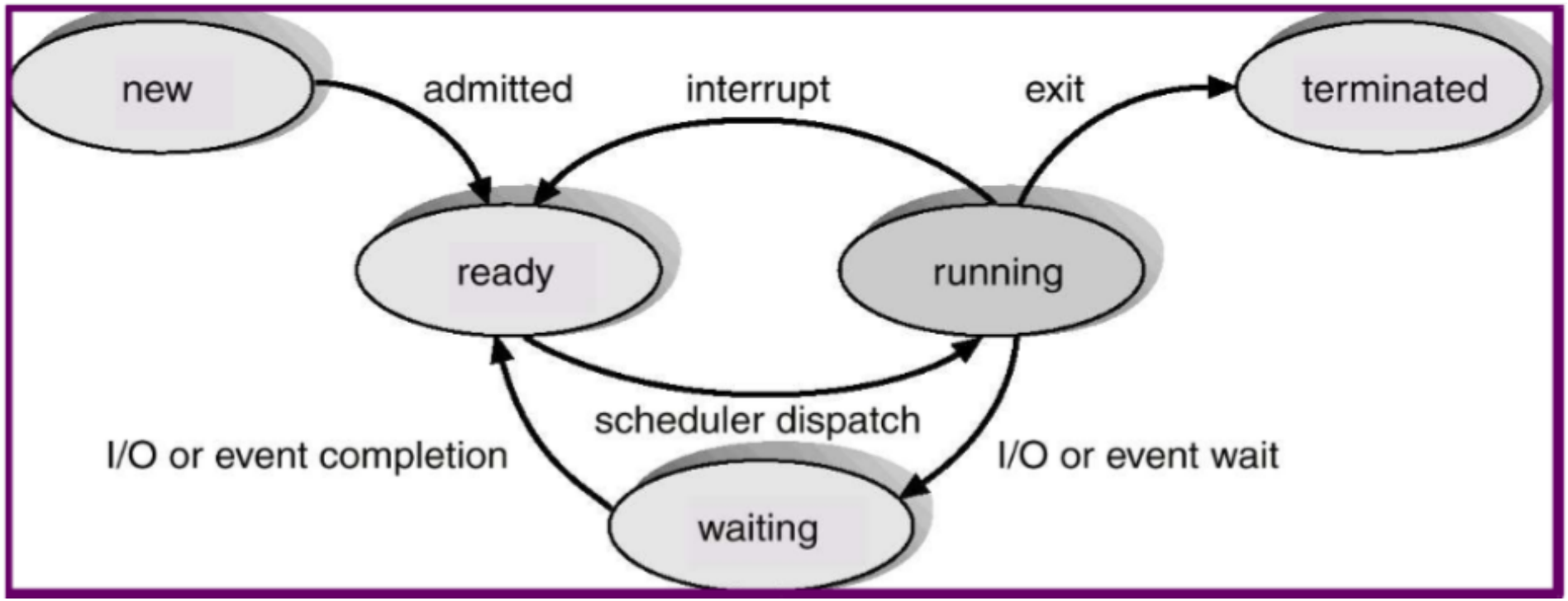
- multiprogramare: dacă un proces intră în așteptare, este înlocuit de un alt proces (se evită timpii morți la nivel de procesor)
- multitasking: înlocuirea proceselor se face mult mai rapid - se creează ideea de interactivitate cu toate aplicațiile simultan



Uniprogramare vs. multiprogramare

- Uniprogramare [3]
  - avantaj: simplitate
  - dezavantaj: timpi morți, utilizare ineficientă a procesorului
- Multiprogramare [3]
  - avantaj: folosirea eficientă a procesorului
  - dezavantaj: complexitate – algoritmi de planificare a proceselor pe procesoare
- Incertitudini ale multiprogramării
  - ordinea de execuție între două procese
  - durata de execuție a unui proces
  - durata de execuție a unei secțiuni a unui proces (sincronizare)

Stările unui proces

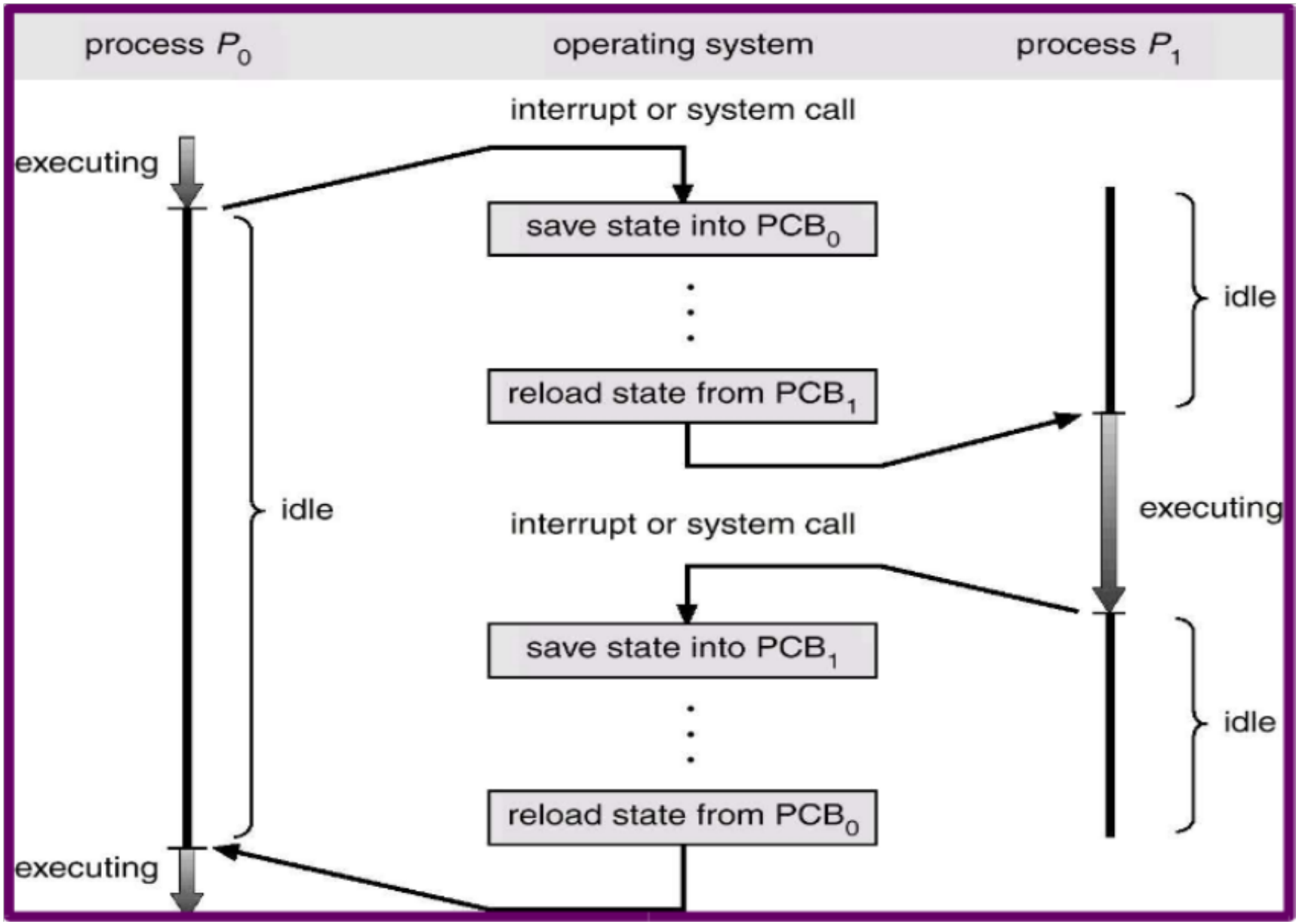


- READY – gata de execuție
- RUNNING – rulează
- WAITING – așteaptă încheierea unei operații de I/E

Stările unui proces (2)

- Procese gata de execuție – coada READY
- Procese blocate – cozi de I/E
- Planificarea execuției (scheduling) [4]
  - mod cooperativ
  - mod preemptiv

Schimbare de context



Process Control Block (PCB)

- Descrie procesul și resursele acestuia [6]
  - în nucleul Linux – struct task_struct
  - în nucleul Windows – EPROCESS/KPROCESS
- PID (Process ID) – identificator numeric
- Spațiul de adresă
- Spațiul de nume (namespace); chroot
- Tabela de descriptori de fișier
- Masca de semnale
- Informații de securitate (user id; drepturile procesului)

Planificatorul de procese

- Subsistem al nucleului
- Planificarea proceselor pe procesoare
  - alegerea celui mai potrivit proces pentru a rula pe procesor
  - alegerea din coada READY
- Algoritmi și euristici pentru folosirea cât mai eficientă a procesorului
- Ține cont de natura proceselor:
  - CPU intensive
  - I/O intensive

Resursele unui proces

- Resursele fizice sunt accesate prin resurse logice (abstractizare)
  - disc – fișiere, rețea – socketi
- Resursele pot avea asociată o stare
  - fișierele au cursor de fișier, un socket are o adresă și un port destinație
- Resursele pot fi
  - private (fișiere)
  - partajate (semafoare)
  - partajate parțial (spațiu de adresă)

Descriptori de resurse

- Fiecare resursă este adresată prin intermediul unor identificatori
  - Unix: descriptori (de fișiere, de IPC)
  - Windows: handle-uri
  - organizate de obicei în tabele; identificatorul este un index
- Folosirea unei resurse
  - obținerea/crearea unei resurse și alocarea unui descriptor
  - folosirea resursei cu ajutorul descriptorului și a funcțiilor oferite de SO
  - închiderea/distrugerea resursei

Descriptori de resurse (2)

- Descriptorii sunt valabili doar în procesul în care au fost obținuți (process namespace)
- Într-un alt proces același descriptor poate identifica
  - o altă resursă
  - nici o resursă (descriptor nevalid)
  - aceeași resursă (pentru resurse partajate)

- Duplicarea descriptorilor
  - resursa va fi partajată între descriptorul original și copie
- Crearea unui nou proces: partajare sau copiere?

Operații cu procese

- Crearea proceselor
- Terminarea proceselor
  - voluntară (exit)
  - involuntară (excepții, erori fatale)
- Întreruperea proceselor
  - în Unix: semnale
  - în Windows: excepții
- Comunicare interproces
- Sincronizare (acces exclusiv sau secvențierea execuției)

Crearea unui proces

- Execuția unui program; rularea unei comenzi
- Un proces se creează dintr-un proces existent
  - Relație părinte-copil
  - Cine este procesul părinte în cazul execuției unei comenzi (externe)?
- Executabilul este imaginea noului proces
- Procesului i se asociază resurse
- Devine o entitate planificabilă pe procesor

Crearea unui proces în Windows

```
PROCESS_INFORMATION pi;


if (!CreateProcess(NULL, “notepad”, NULL, NULL, TRUE,
NORMAL_PRIORITY_CLASS, NULL, NULL, &pi)) {
   printf(“Cannot execute notepad.\n”);
}
else {
   printf(“notepad running\n”);
   printf(“notepad process handle is 0x%x\n”, pi.hProcess);
}
```

CreateProcess

- Creează un proces și execută programul transmis ca argument
- Controlul unui proces se face printr-un handle (ca la fișiere)
- Pentru obținerea handle-ului
  - HANDLE GetCurrentProcess (VOID);
  - DWORD GetCurrentProcessId (VOID);
- Procesul părinte partajează handle-urile moștenibile cu procesul fiu

Crearea unui proces în Unix

```
pid_t pid;


pid = fork();
switch (pid) {
   case -1: /* fork failed */
      perror(“fork”);
      exit(EXIT_FAILURE);
  case 0: /* procesul copil */
     ...
  default: /* procesul părinte */
     printf(“Created process with pid %d\n”, pid);
...
}
```

fork

- Se apelează o dată dar se întoarce de două ori
  - în procesul copil întoarce 0
  - în procesul părinte întoarce PID-ul procesului copil
  - De ce?
- Procesul copil este o copie a procesului părinte (spațiu de adresă)
- Resursele procesului părinte sunt partajate în procesul copil (fișiere, socketi)

Execuția unui proces în Unix

- Pentru execuția unui program se înlocuiește imaginea curentă de executabil cu una nouă – apelurile din familia **exec**
- Se creează un spațiu nou de adrese
- Se încarcă executabilul
- PID-ul nu se schimbă
- Descriptorii de fișier sunt folosiți în continuare (doar dacă nu au flag-ul **CLOSE_ON_EXEC**)

Încheierea execuției

- Când se termină un proces?
  - s-a încheiat programul (**return exit_code;** din main)
  - se programează terminarea procesului (**exit/ExitProcess**)
  - alt program termină procesul curent (**kill/TerminateProcess**)

- Încheierea forțată
  - Unix – semnale
  - Windows – excepții
  - abort - SIGABRT

Întreruperea unui proces în Unix

- Un proces este întrerupt prin recepționarea unui semnal

- Când se primește un semnal:
  - starea procesului este salvată
  - se execută o rutină de tratare a semnalului
  - se continuă execuția procesului

- Sunt rezolvate asincron față de fluxul de execuție al procesului

Semnale

- Sunt identificate prin numere
  - se recomandă folosire de macro-uri
  - SIGKILL – 9, SIGSEGV – 15
- Tipuri de semnale
  - asincrone – primite de la alte procese (programatic sau de la utilizator)
  - sincrone – procesul a generat o excepție (acces invalid, împărțire la 0, etc.)
- Ce se întâmplă la primirea unui semnal?
  - rularea unui handler
  - ignorarea semnalului
  - semnalul este blocat (fiecare proces are o mască de semnale)
  - comportament implicit (terminare sau ignorare) (SIGKILL și SIGSTOP nu pot fi ignorate)

Problemele folosirii semnalelor

- apelurile de sistem blocante pot fi întrerupte (errno = EINTR)
- lucrul cu semnale clasice este susceptibil la condiții de cursă
  - pot exista condiții de cursă dacă se partajează variabile între handler-ul de semnal și codul programului
- semnalele clasice pot fi pierdute
- nu se pot apela funcții non-reentrante (malloc)

Semnale de timp real

- Numerele cuprinse între SIGRTMIN (32) și SIGRTMAX (63)
- Nu au roluri predefinite
- Se pot pune într-o coadă mai multe semnale
- Semnalele cu număr mai mic au prioritate mai mare
- Se garantează ordinea în cazul transmiterii repetate a aceluiași semnal

Întreruperea unui proces în Windows

- Se datorează recepționării unei excepții
- Când un proces primește o excepție
  - starea procesului este salvată
  - se execută o rutină de tratare
  - se continuă execuția procesului
- Cauzele excepțiilor
  - o cerere de întrerupere a procesului
  - accesarea unei locații invalide de memorie
  - împărțire la zero

APC

- Asynchronous Procedure Call
- Asociate per thread; fiecare thread are o coadă de APC
- APC-urile se execută în momentul în care thread-ul curent intră într-o stare alertabilă
  - WaitForSingleObjectEx

Așteptarea terminării unui proces

- Procesul apelant este blocat până la terminarea procesului specificat (proces copil)
  - Unix: wait, waitpid, WIFEXITED, WIFSIGNALED
  - Windows: WaitForSingleObject, GetExitCodeProcess

- Cum sunt implementați operatorii shell de mai jos?
  - &
  - ;
  - ||
  - &&

Probleme la terminarea unui proces

- Ce se întâmplă dacă nu se așteaptă un proces? [7]
- Ce este un proces zombie?
- Ce se întâmplă cu procesele ale căror părinte moare?

Studiu de caz: comanda nohup

$ nohup btdownloadheadless --responsefile lin-kernel.torrent &> /dev/null &

- Comanda este pornită în background
- Procesul ignoră semnalul **SIGHUP**
- La încheierea unei sesiuni shell se transmite
  - **SIGQUIT** proceselor din foreground
  - **SIGHUP** proceselor din background

- Similar: **disown** (Bash only), **dtach**, **screen**

Daemoni/servicii

- Procese care rulează în background [8]
- Nu au asociate un terminal de control
- Pot rula înainte de autentificarea unui utilizator
  - **StartServiceCtrlDispatcher(...)**
  - **daemon()**

- Care este procesul părinte al daemon-ilor Unix? Dar al serviciilor în Windows?
- Cum interacționează utilizatorul cu un daemon/serviciu?

Comunicație interproces

- IPC
- Colaborare și competiție
- Colaborare – partajare/transmitere informație
- Competiție – acces exclusiv la resurse -> sincronizare
- Colaborare
  - fișiere
  - pipe-uri (anonime, cu nume – FIFO)
  - socketi
  - cozi de mesaje
  - memorie partajată

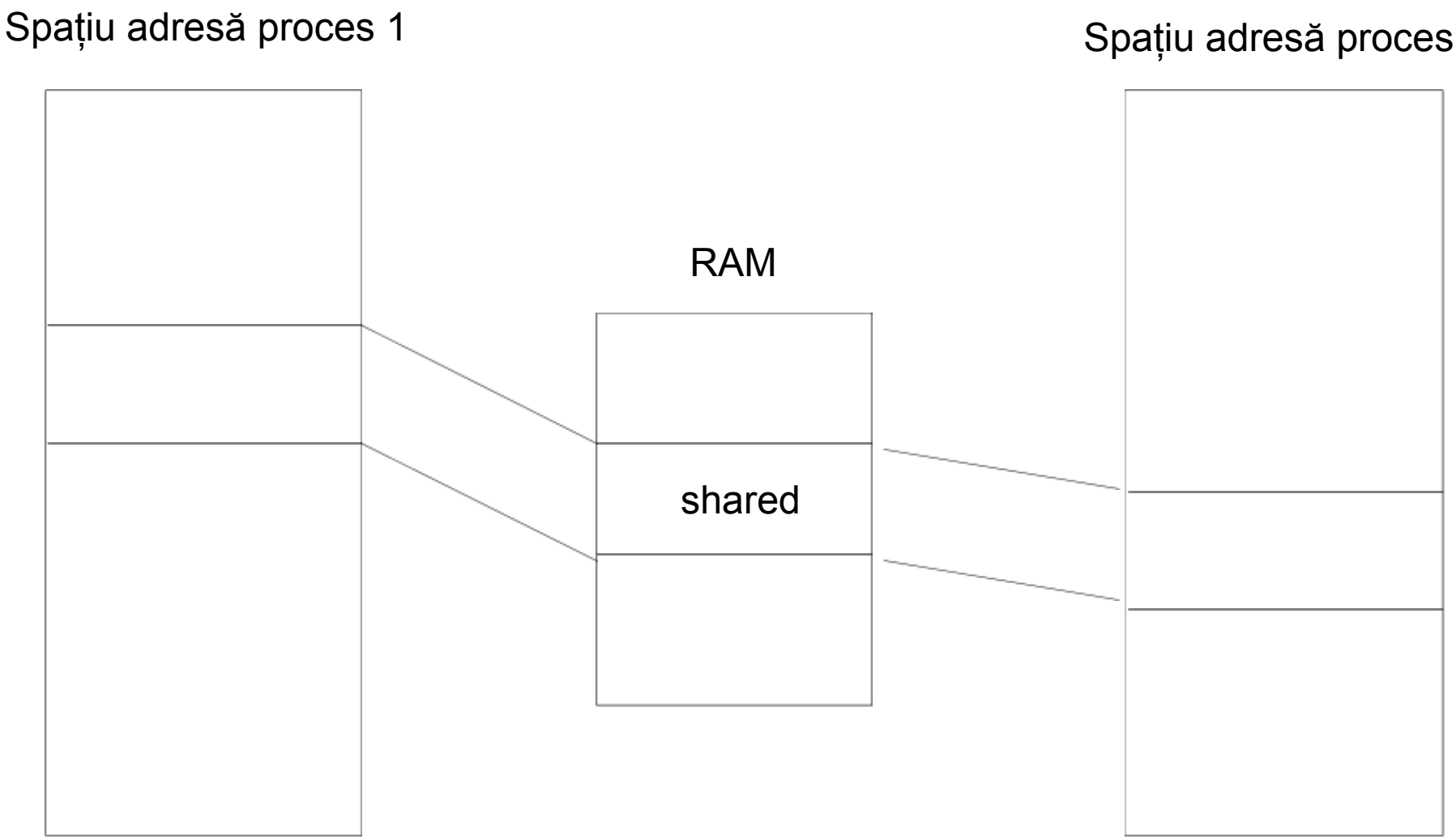
Context comunicație interproces

- Partajarea informației
  - acces concurent la informație -> sincronizare
- Paralelism/creșterea vitezei de calcul
  - modelul boss-workers, worker-threads
- Modularitate
  - Do one thing, do one thing well!
- Convenință
  - un utilizator poate rula mai multe procese

Pipe-uri

- Pipe-uri anonime
  - doi descriptori/două handle-uri
  - procesele comunicante sunt înrudite
  - un capăt de scriere și un capăt de citire
  - pipe/CreatePipe
  - Cum este implementat operatorul | în shell?
- Pipe-uri cu nume (FIFO)
  - intrare în sistemul de fișiere
  - procesele nu trebuie să fie înrudite
  - mkfifo/CreateNamedPipe

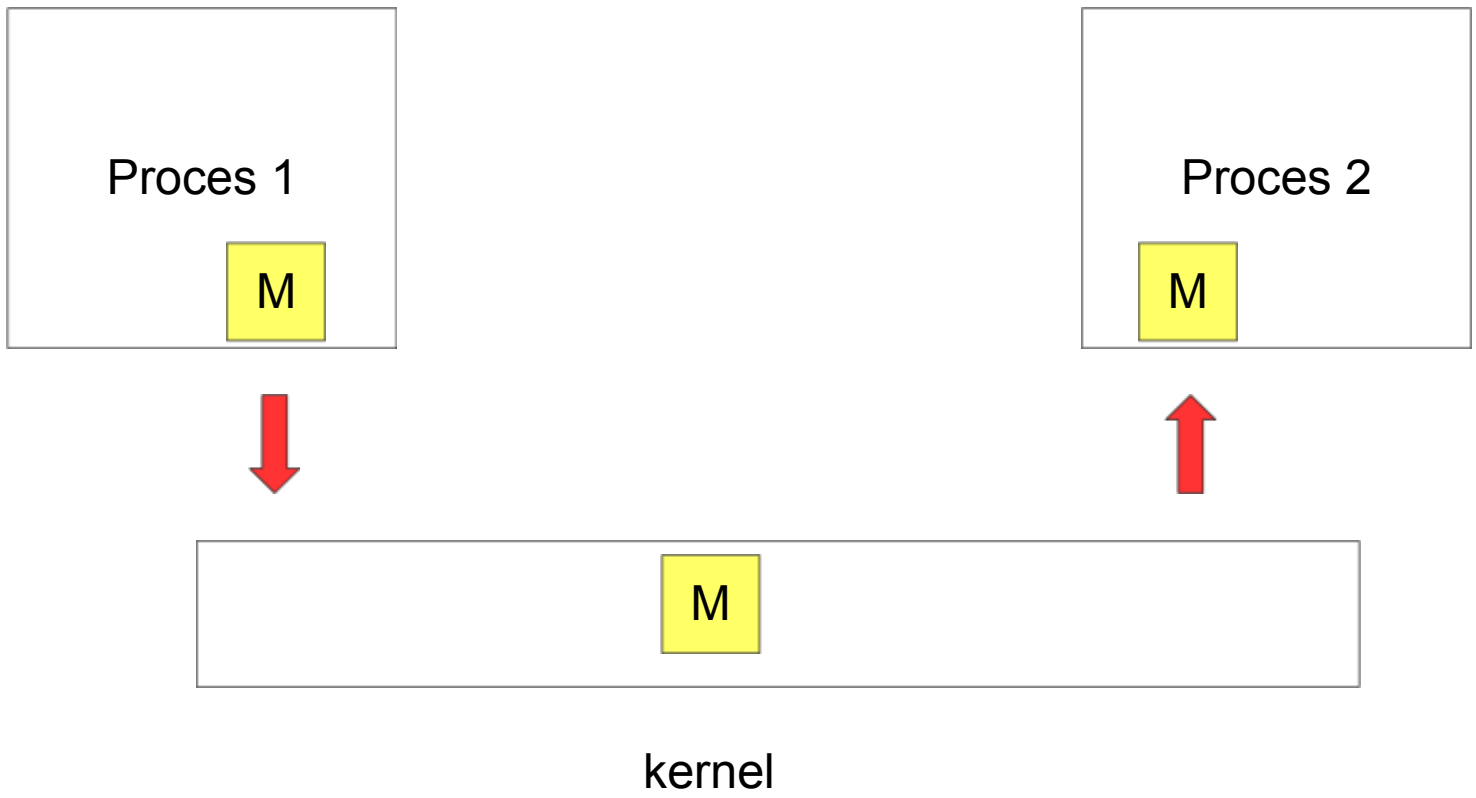
Memorie partajată



Memorie partajată (2)

- Spațiu virtual de adresă mapat peste memoria fizică (RAM)
- Operații
  - crearea zonei de memorie partajată
  - atașarea la zona de memorie partajată
  - detașarea de la zona de memorie partajată
  - eliberarea zonei de memorie partajată
  - shmget, shmat, shmdt, shmctl
  - CreateFileMapping/MapViewOfFile/UnmapViewOfFile
- Accesul se face pe bază de pointeri (adrese)

Transfer de mesaje



Transfer de mesaje

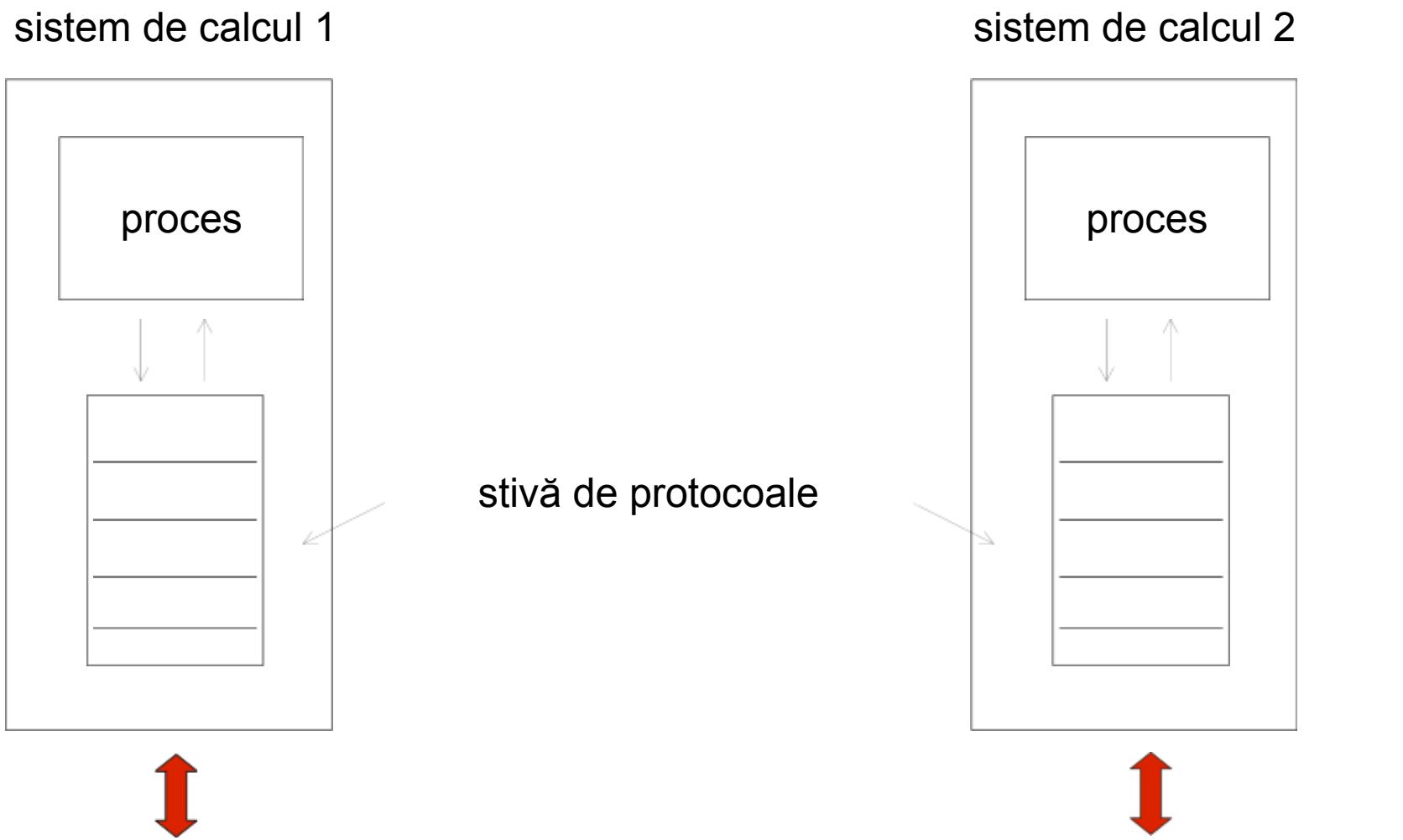
- Util în medii distribuite (MPI)
- Tipuri de comunicație
  - sincronă sau asincronă
  - directă
    - mesajul este livrat procesului (MPI)
  - indirectă
    - mesajul este livrat într-o căsuță/mailslot (SO)
- Operații SO
  - creare mailslot (msgget/CreateMailslot,CreateFile)
  - primire/transmitere mesaj (msgsnd/msgrcv/ReadFile/WriteFile)
  - ștergere mailslot (msgctl/DeleteFile)

Message passing vs. shared memory

- Avantaje MP
  - util în sisteme distribuite
  - nu necesită sincronizare
  - informația este formatată (tip mesaj, lungime)

- Avantaje SM
  - util în sisteme multiprocesor
  - foarte rapidă (nu se face trecere prin kernel)
  - ușor de folosit (lucru cu pointeri/adrese)

Comunicația în rețea



Socketi

- Abstractizare a comunicației în rețea
- Interfață de comunicație
- O pereche de procese comunicante în rețea – o pereche de socketi
- Un socket = adresă + port
- Modelul client-server
- Comunicație
  - orientată conexiune (TCP)
  - ne-orientată conexiune (UDP)

- Remote Procedure Call
  - se oferă un stub clientului cu informații despre procedura de apelat
  - reprezentare independentă de sistem (XDR – eXternal Data Representation)
- Remote Method Invocation
  - object-based
  - se pot transmite obiecte ca argumente
  - stub (client) – parameter marshalling
  - skeleton (server) – parameter unmarshalling

Cuvinte cheie

- proces
- program
- executabil
- uniprogramare
- multiprogramare
- schimbare de context
- PCB
- scheduler

- descriptori de resurse
- creare, încheiere
- întrerupere
- semnale/APC
- daemoni/servicii
- shared memory
- message passing
- socket
- RPC, RMI

Exercițiu 1

- Ce sunt procesele zombie și ce efect au asupra sistemului?
- Câte procese părinte (parent), fiu (child) și frate (sibling) poate avea un proces? (presupunând resurse nelimitate)
- Definiți trei caracteristici ale unui daemon/serviciu.

Exercițiu 2

- Câte elemente de fiecare tip din lista celor de mai jos conține un proces?

- executabil
- stivă
- handler de semnal
- tabelă de fișiere
- spațiu de adresă
- descriptor de fișier

Exercițiu 3

- Ce problemă poate aduce următorul program şi cum poate fi soluţionată?

```
static int flag = 0;
static void sig_handler (int signum)
{
   flag = 1;
}
int main (void)
{
   if (signal (SIGUSR1, sig_handler) == SIG_ERR) {
      perror ("signal");
      exit (EXIT_FAILURE);
   }
   /* wait for signal */
   if (flag == 0)
      pause ();
   /* do work */
   ...
   return 0;
}
```

Întrebări

?