



Operativni sistemi

Upravljanje procesima

Prof. dr Dragan Stojanović

Katedra za računarstvo
Univerzitet u Nišu, Elektronski fakultet

Literatura

- ✿ *Operating Systems: Internals and Design Principles*, 9th edition – 2017, Pearson Education Inc. (5th edition - 2005, 6th edition - 2008, 7th edition - 2012, 8th edition – 2014)

- ✦ <http://williamstallings.com/OperatingSystems/>
- ✦ <http://williamstallings.com/OperatingSystems/OS9e-Student/>

- ✿ Poglavlje 3: Opis procesa i upravljanje

Koncept procesa

- ✿ Svi multprogramski OS zasnovani su na konceptu procesa
- ✿ Operativni sistem mora da obezbedi:
 - ✦ Kreiranje procesa
 - ✦ Preplitanje izvršenja više procesa u cilju maksimalnog iskorišćenja procesora
 - ✦ Dodelu resursa procesima u skladu sa određenom politikom,
 - ✦ Sinhronizaciju i uzajamno isključivanje procesa i zaštitu resursa svakog procesa od strane drugih procesa
 - ✦ Komunikaciju između procesa

Osnovni pojmovi i koncepti

- ✿ Računarska platforma se sastoji od skupa hardverskih resursa
- ✿ Računarske aplikacije se razvijaju kako bi izvršile neki zadatak; prihvataju ulaz spolja, vrše obradu i generišu izlaz
- ✿ Nije efikasno pisati aplikacije direktno za datu hardversku platformu
- ✿ OS obezbeđuje interfejs između aplikacije i hardvera računara
- ✿ OS pruža apstrakciju resursa koje aplikacije može tražiti ili im pristupati i upravlja njihovom upotrebom



Šta je proces?

- ✿ **Proces** je osnovni koncept operativnog sistema i predstavlja **program u izvršavanju na procesoru**
 - ✦ Proces se ponekad naziva **zadatak (task)**
 - ✦ Svi multiprogramski OS su izgrađeni oko koncepta procesa
- ✿ Gledano sa strane OS-a, **proces** je osnovna jedinica izvršavanja i najmanji entitet koji se može planirati, dodeliti i izvršavati na procesoru
- ✿ **Proces** je jedinica aktivnosti koju karakteriše izvršenje sekvence instrukcija, trenutno stanje i pridružen skup sistemskih resursa

Elementi procesa

❁ Proces se sastoji od:

- ❁ Programskog kôda
- ❁ Podataka nad kojima se izvršavaju instrukcije
- ❁ Steka
- ❁ Atributa koji opisuju stanje procesa i koji čine

Upravljački blok procesa:

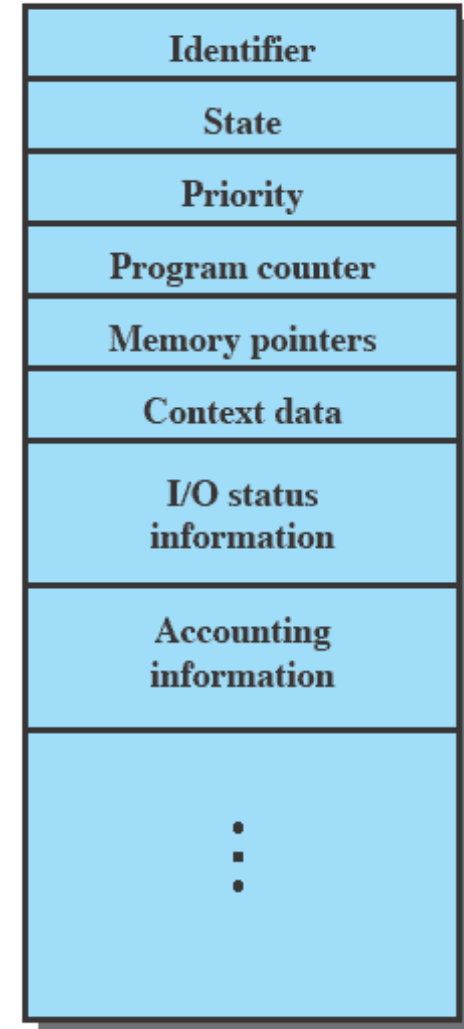
- Identifikator
- Stanje
- Prioritet
- Programski brojač (*Program counter*)
- Pokazivači na memoriju u koju je smešten proces
- Kontekstni podaci (podaci smešteni u registrima procesora za vreme izvršenja procesa)
- Informacije o U/I statusu
- Informacije o obračunu korišćenja resursa
- ...

Upravljanje procesima

Operativni sistemi

Upravljački blok procesa

- ✚ *Process Control Block* - PCB
- ✚ Sadrži attribute procesa
- ✚ Kreiran i upravljn od strane OS
- ✚ Obezbeđuje podršku za višestruke procese
- ✚ *Tabela procesa* predstavlja skup PCB-ova svih procesa

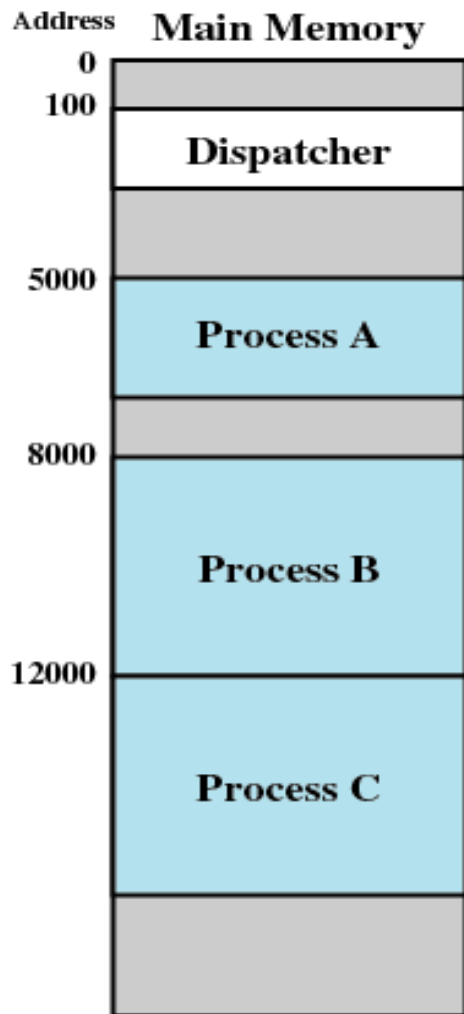




Praćenje (tok, *trace*) procesa

- ✿ Ponašanje individualnog procesa je prikazano sekvencom instrukcija koje se izvršavaju
- ✿ Ova lista instrukcija se naziva **praćenje** (tok, *trace*) procesa
- ✿ **Dispečer** (raspoređivač, *dispatcher*) je program koji prebacuje (*switch*) procesor od jednog procesa drugom, i vrši zamenu aktivnog procesa

Izvršenje procesa



Program Counter

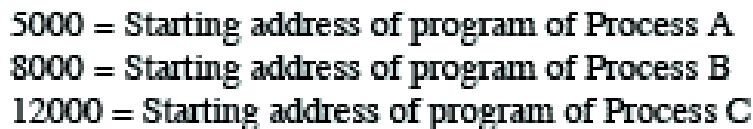
8000

- ✚ Razmotrićemo tri procesa koji se izvršavaju
- ✚ Svi procesi su u glavnoj memoriji, uključujući i dispečer

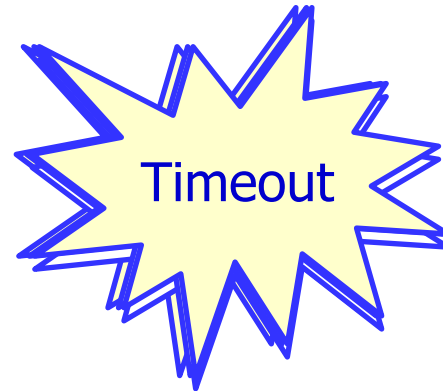
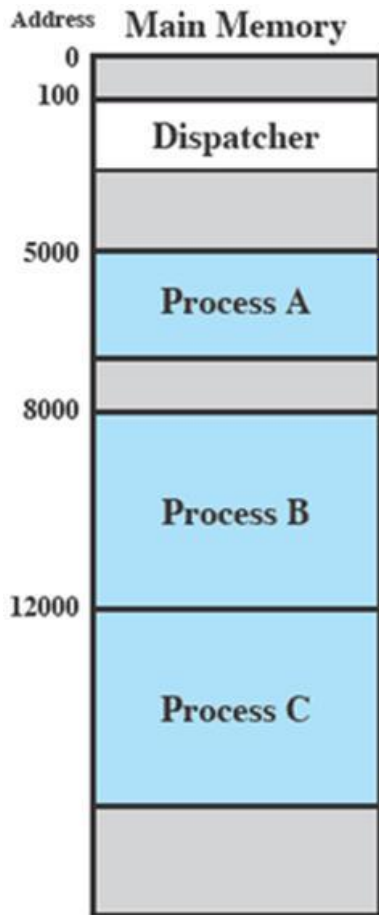
- ✚ U ovom primeru ćemo ignorisati postojanje virtuelne memorije.
- ✚ Programski brojač u CPU sadrži adresu instrukcije koja treba da bude izvršena
- ✚ Kada se aktivira sledeći proces menja se sadržaj programskog brojača i njegova vrednost postavlja na adresu instrukcije koju treba izvršiti u novom procesu



🌀 Svaki proces se izvršava do svog završetka



Praćenje procesa sa stanovišta procesora



1	5000
2	5001
3	5002
4	5003
5	5004
6	5005

Timeout

7	100
8	101
9	102
10	103
11	104
12	105

I/O Request

13	8000
14	8001
15	8002
16	8003

17	100
18	101
19	102
20	103
21	104
22	105

23	12000
24	12001
25	12002
26	12003

27	12004
28	12005

Timeout

29	100
30	101
31	102
32	103
33	104
34	105

35	5006
36	5007
37	5008
38	5009
39	5010
40	5011

Timeout

41	100
42	101
43	102
44	103
45	104
46	105

47	12006
48	12007
49	12008
50	12009
51	12010
52	12011

Timeout

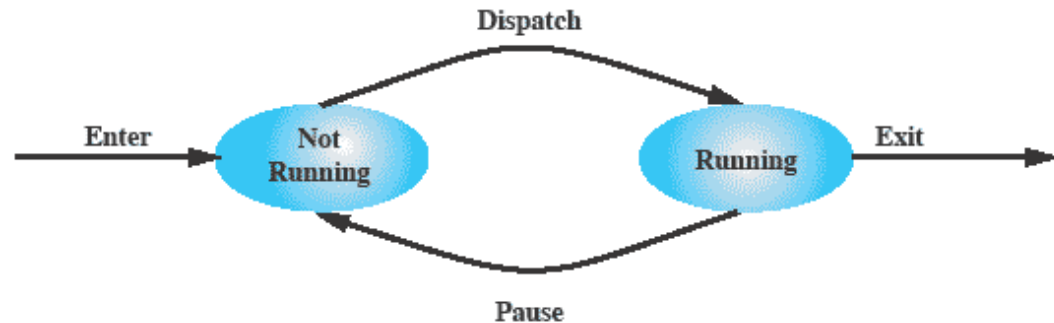
100 = Starting address of dispatcher program

Shaded areas indicate execution of dispatcher process;
first and third columns count instruction cycles;
second and fourth columns show address of instruction being executed

Model dva stanja procesa

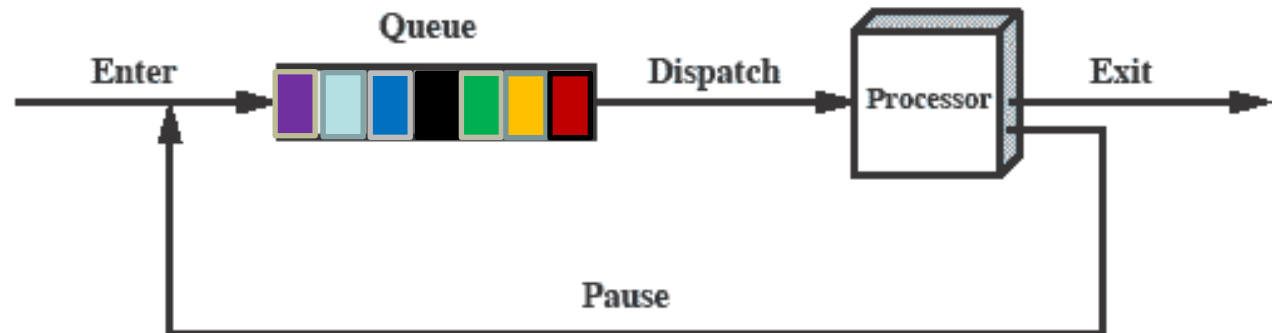
Proces može biti u jednom od dva stanja

- Izvršava se
- Ne izvršava se



Red procesa

- Procesi koji se ne izvršavaju se smeštaju u red (elementi su pokazivači na PCB), izvršavaju se podređeno vreme i vraćaju u red dok se ne završe



Upravljanje procesima u OS



Osnovne funkcije:

- ❏ Kreiranje i završavanje procesa
- ❏ Suspendovanje i ponovo aktiviranje
- ❏ Planiranje izvršenja procesa i upravljanje procesorom/procesorima
- ❏ Obezbeđenje mehanizama za sinhronizaciju i komunikaciju između procesa
- ❏ Obezbeđenje mehanizama za upravljanje deadlock-om (uzajamno blokiranje, samrtni zagrljaj, zastoј)

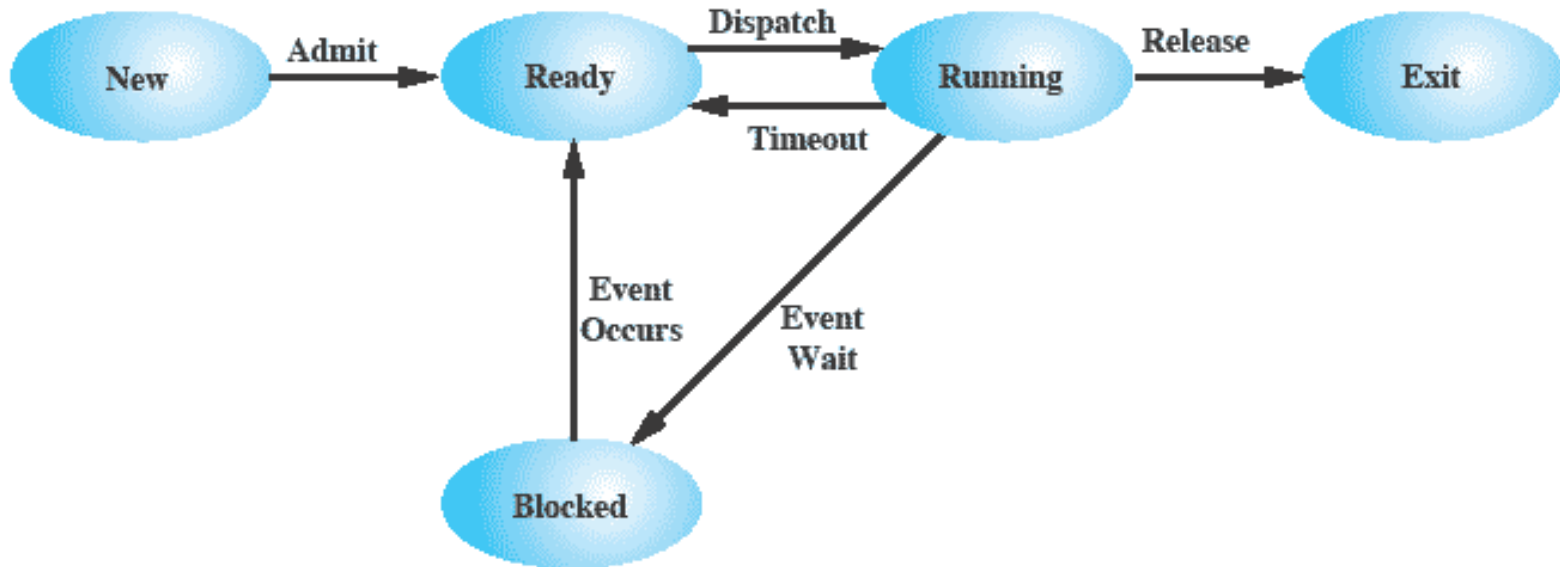
Kreiranje (stvaranje) procesa

- ✱ Glavni razlozi za kreiranje procesa
 1. Iniciranje nekog paketnog ("batch") posla
 2. Interaktivna prijava (login) korisnika
 3. Kreiranje od strane OS za obezbeđenje nekog servisa
 4. Kreiranje od strane postojećeg procesa
- ✱ **Roditeljski** (*parent*) i proces **dete** (*child*, potomak)
- ✱ Aktivnosti OS pri kreiranju procesa:
 1. Dodela identifikatora procesu
 2. Dodela inicijalnog prioriteta procesu
 3. Kreiranje i unos PCB novog procesa u Tabelu procesa
 4. Dodela početnih resursa procesu (memorija, otvorene datoteke, itd.)

Završetak (terminiranje) procesa

1. Normalni završetak
2. Isteklo dodeljeno vreme za izvršavanje
3. Nedovoljno raspoložive memorije
4. Greška usled narušavanja zaštite (*protection error*) u pristupu memoriji ili drugim resursima bez autorizacije
5. Aritmetička greška
6. Prekoračenje vremena čekanja na neki događaj
7. U/I greška, pogrešna instrukcija, privilegovana instrukcija, pogrešna upotreba podataka, itd.
8. "Ubijen" od OS ili operatera
9. Završetak roditeljskog procesa
10. Na zahtev roditeljskog procesa koji ima privilegije da završi procese decu

Model procesa sa pet stanja



- ✿ Izvršavanje (*Running*) - Proces koji se trenutno izvršava
- ✿ Spreman (*Ready*) - Proces koji je spreman za izvršavanje kada mu se pruži prilika
- ✿ Blokiran (*Blocked*) - Proces ne može da se izvršava dok se ne desi neki događaj, poput završetka U/I operacije
- ✿ Novi (*New*) – Proces tek kreiran, ali još nije primljen od strane OS u skup izvršnih procesa
- ✿ Završen (*Exit*) – proces izbačen iz skupa izvršnih procesa od strane OS

Prelazi između stanja procesa

- ✿ Null → Novi
 - ✦ Kreiranje procesa za izvršenje programa
- ✿ Novi → Spreman
 - ✦ OS prebacuje proces kada ima dovoljno resursa za njegovo aktiviranje
- ✿ Spreman → Izvršavanje
 - ✦ OS bira jedan od spremnih procesa za izvršavanje na CPU
- ✿ Izvršavanje → Završen
 - ✦ Trenutno aktivan proces se završava od strane OS iz nekog od razloga
- ✿ Izvršavanje → Spreman
 - ✦ Isteklo je vreme dodeljeno procesu za izvršavanje, ili je proces višeg prioriteta postao spreman

Prelazi između stanja procesa (2)

✿ Izvršavanje → Blokiran

- ✦ Proces je zahtevao resurs zbog koga mora da čeka (datoteka, memorijska sekcija, poruka od drugog procesa) ili U/I operaciju koja mora biti završena pre nastavka procesa

✿ Blokiran → Spreman

- ✦ Nastao je događaj na koji je proces čekao

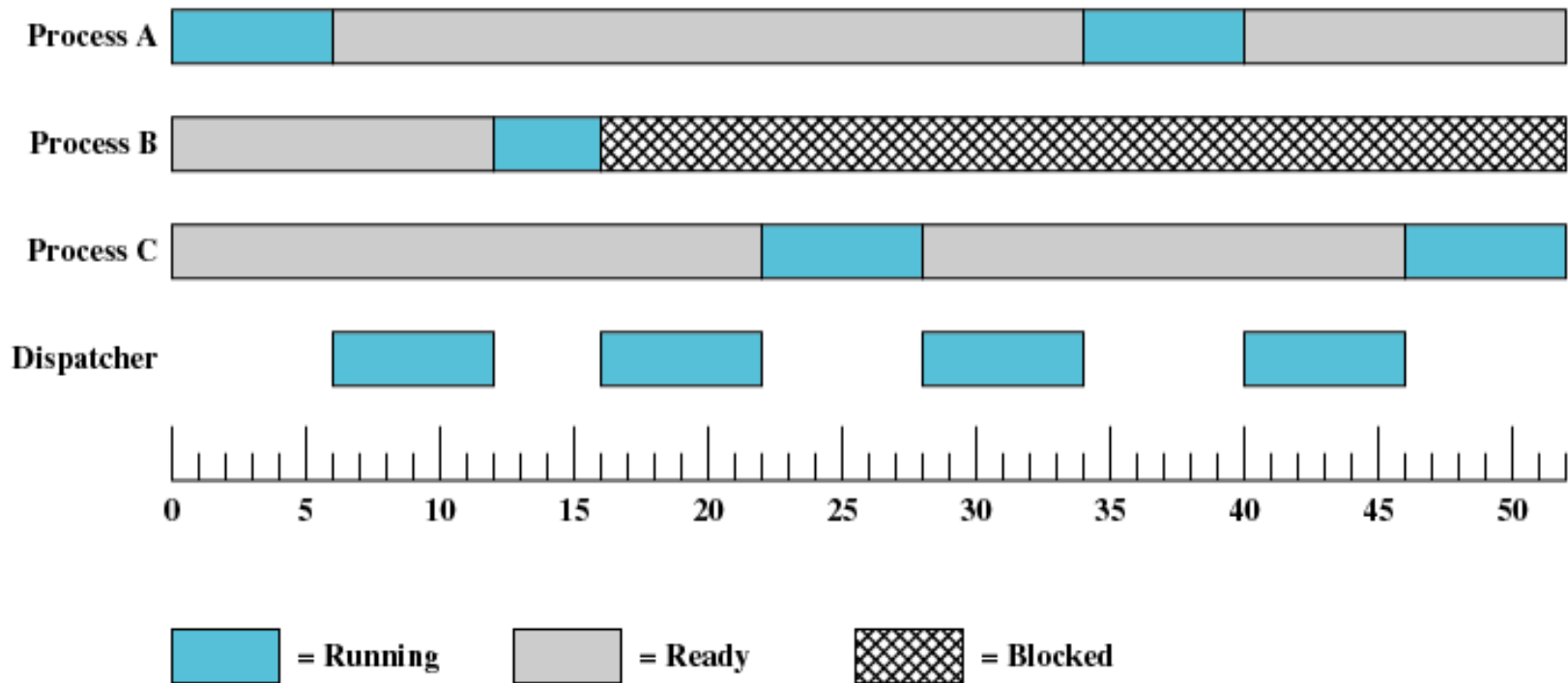
✿ Spreman → Završen

- ✦ Nije prikazano na dijagramu; u nekim sistemima roditeljski proces može završiti proces decu u bilo kom trenutku, pa i kad su u stanju spreman, a takođe završetkom roditeljskog procesa završavaju se i sva njegova deca procesi

✿ Blokiran → Završen

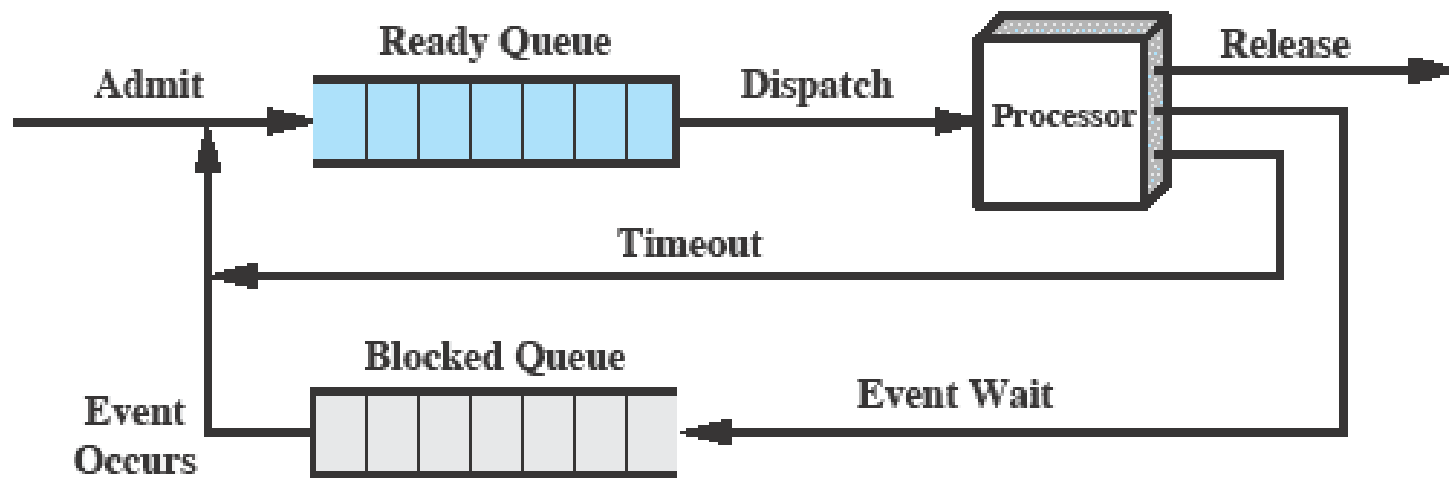
Stanja procesa

- ⦿ Vremenski dijagram izvršenja procesa za prethodni primer



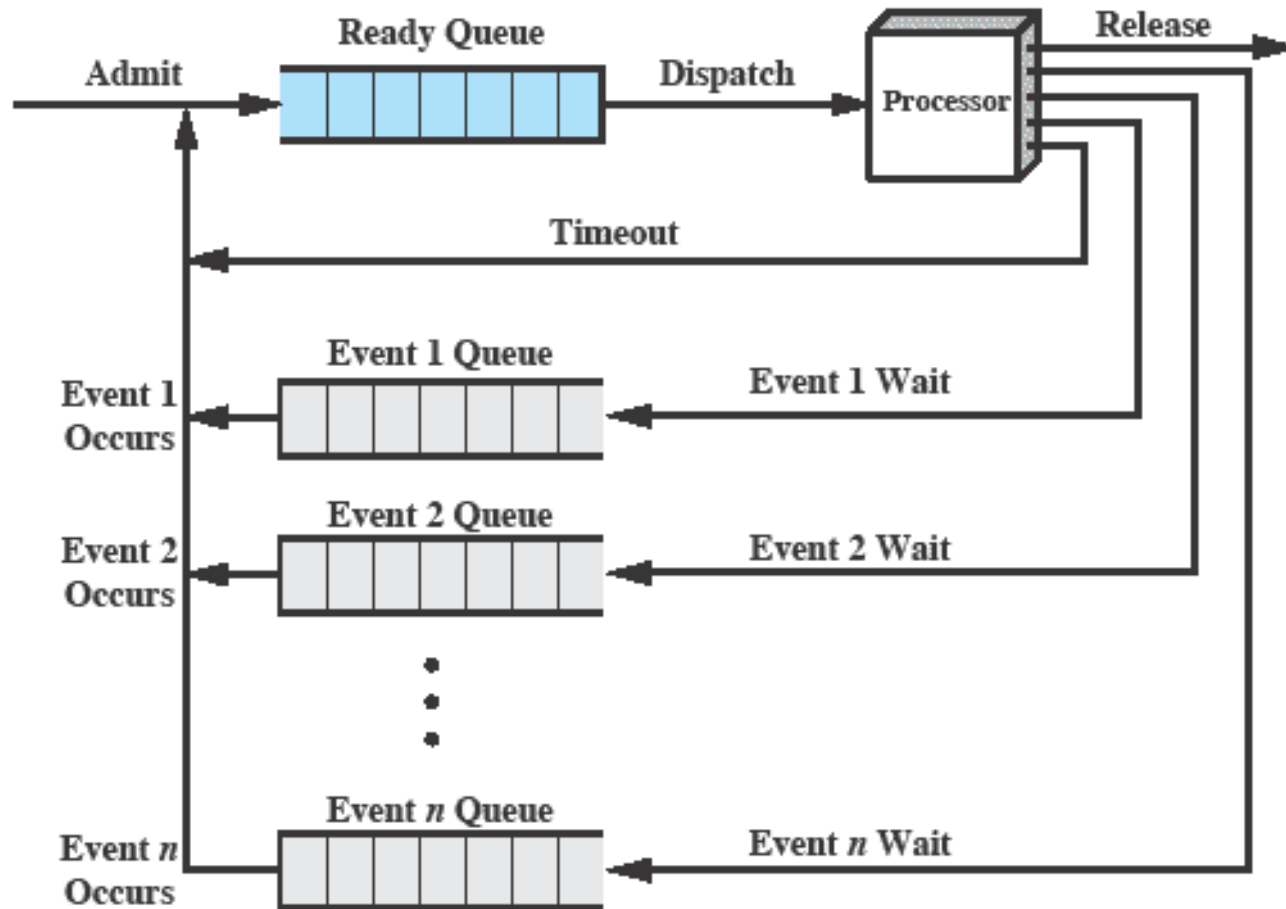
Dva reda procesa

✚ Jedinštveni red blokiranih procesa



(a) Single blocked queue

Višestruki redovi blokiranih



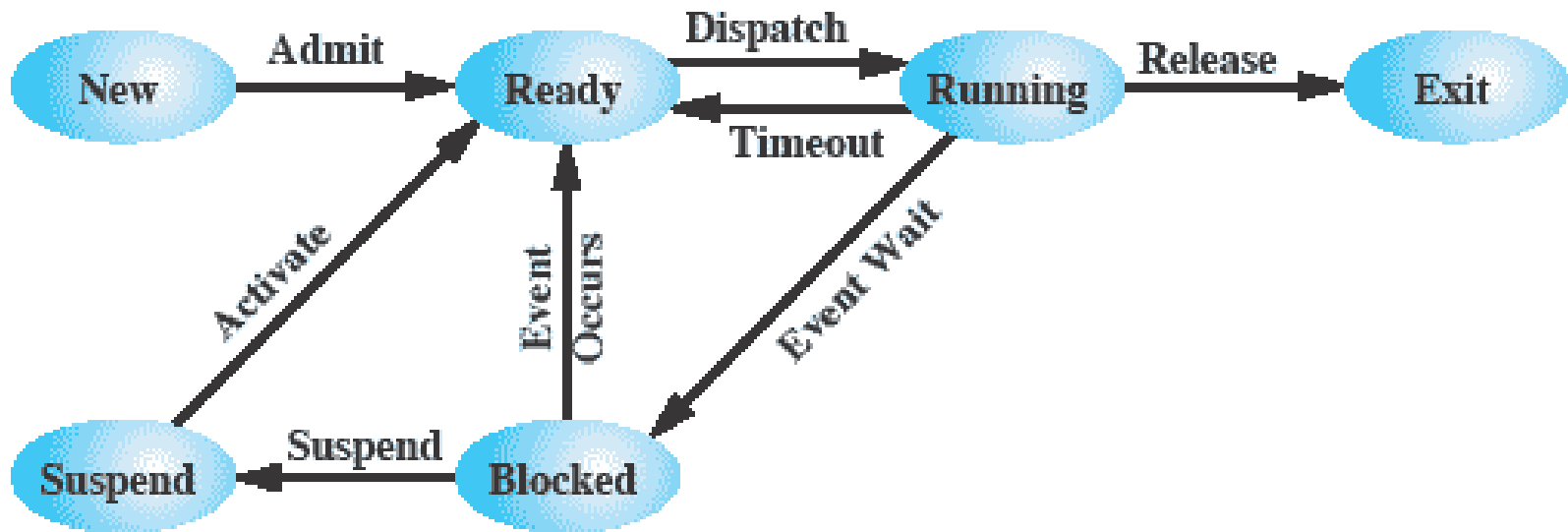
(b) Multiple blocked queues

Suspendovani procesi

- ❖ Procesor je mnogo brži od U/I uređaja, tako da može da se desi da mnogi (svi) procesi čekaju na završetak U/I operacija
 - ❖ Prebaciti (*Swap*) ove procese iz memorije na disk radi oslobađanja više memorije i koristiti procesor za aktiviranje novih procesa ili prethodno suspendovanih procesa
- ❖ Proces u stanju blokiran prelazi u stanje ***suspendovan*** kada se prebaci na disk
- ❖ Dva nova stanja
 - ❖ Blokiran/Suspendovan (*Blocked/Suspend*)
 - ❖ Spreman/Suspendovan (*Ready/Suspend*)

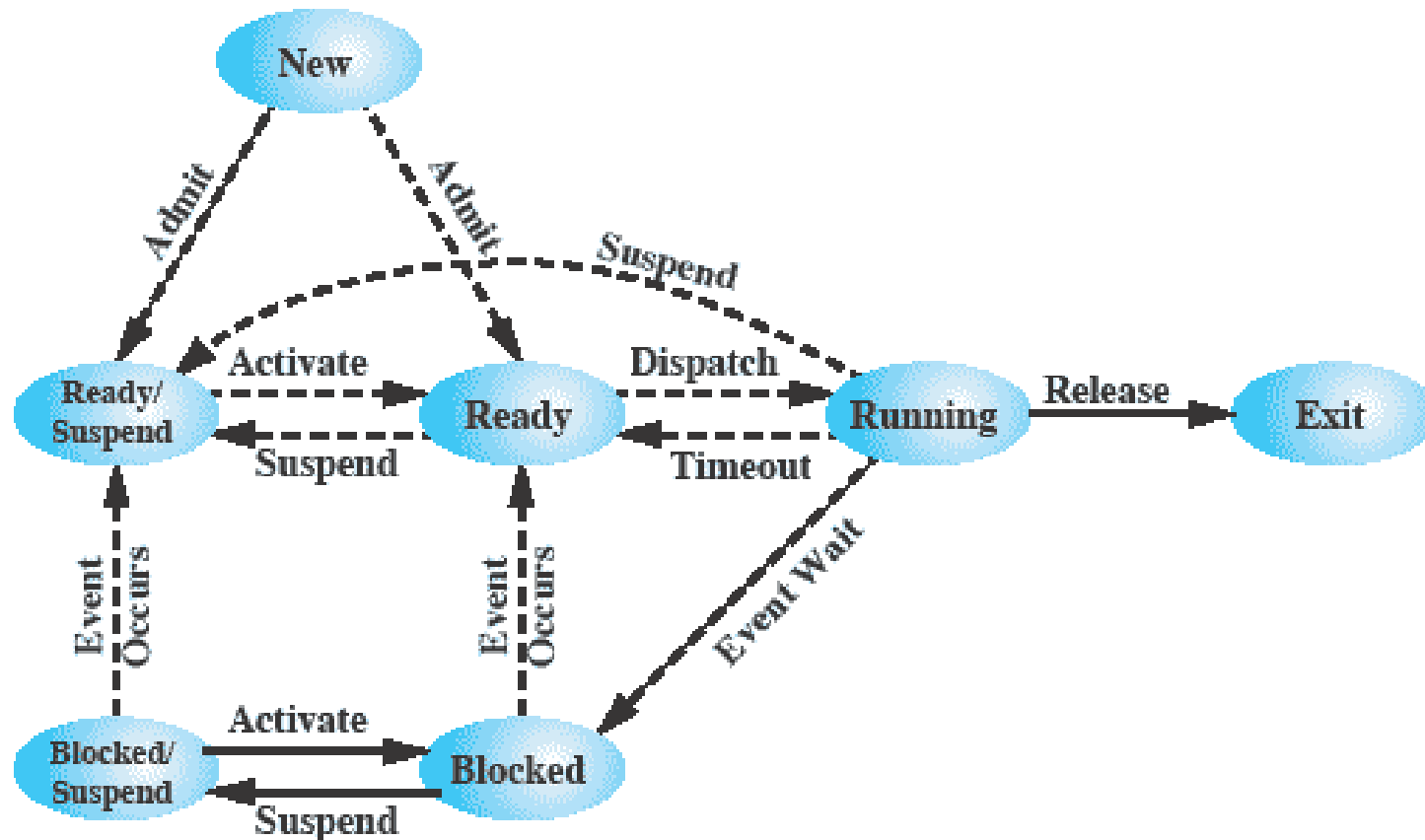
Dijagram prelaza stanja procesa

- ✱ Sa jednim suspendovanim stanjem



Dijagram prelaza stanja procesa

- ✱ Sa dva suspendovana stanja

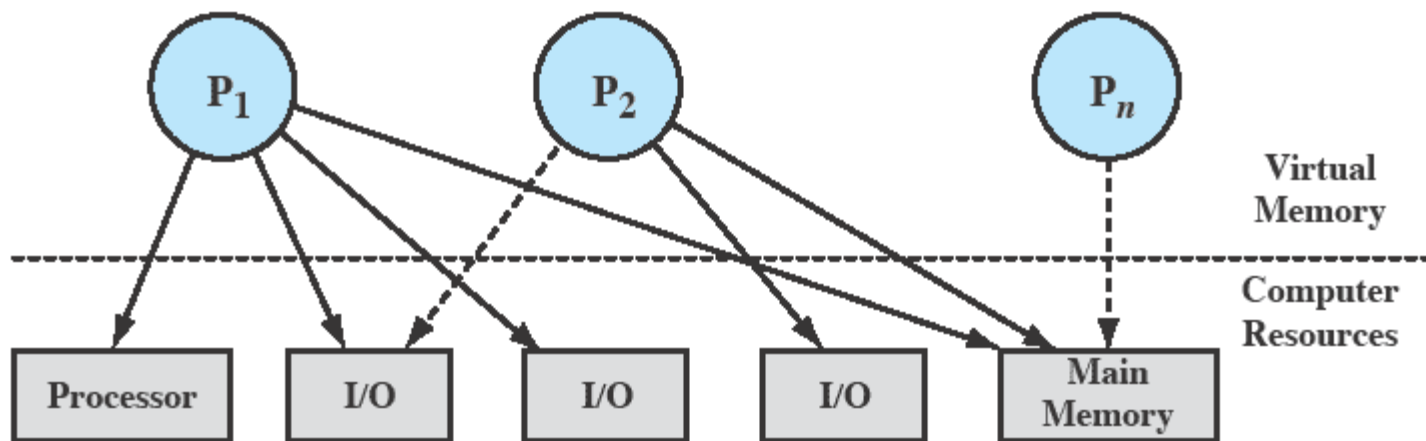


Razlozi za suspendovanje procesa

- ❖ **Prebacivanje** (swapping) – OS mora da oslobodi dovoljno glavne memorije da aktivira proces koji je spreman za izvršenje
- ❖ **Drugi OS razlozi** – OS može suspendovati proces za koji se sumnja da izaziva “probleme” tokom izvršavanja
- ❖ **Zahtev interaktivnog korisnika** – Suspendovanje procesa u toku debugiranja
- ❖ **Vremenski** – proces se izvršava periodično; između perioda može biti suspendovan
- ❖ **Roditeljski proces** može suspendovati izvršenje procesa-dece

Procesi i resursi

- Procesi i njima dodeljeni (alocirani) resursi u nekom vremenskom trenutku
- Da bi OS upravljao procesima i resursima on mora imati informacije o trenutnom stanju svakog procesa i resursa.
- Za svaki entitet kojim upravlja OS kreiraju se odgovarajuće tabele



Upravljačke tabele OS

- Generalna struktura upravljačkih tabela operativnog sistema

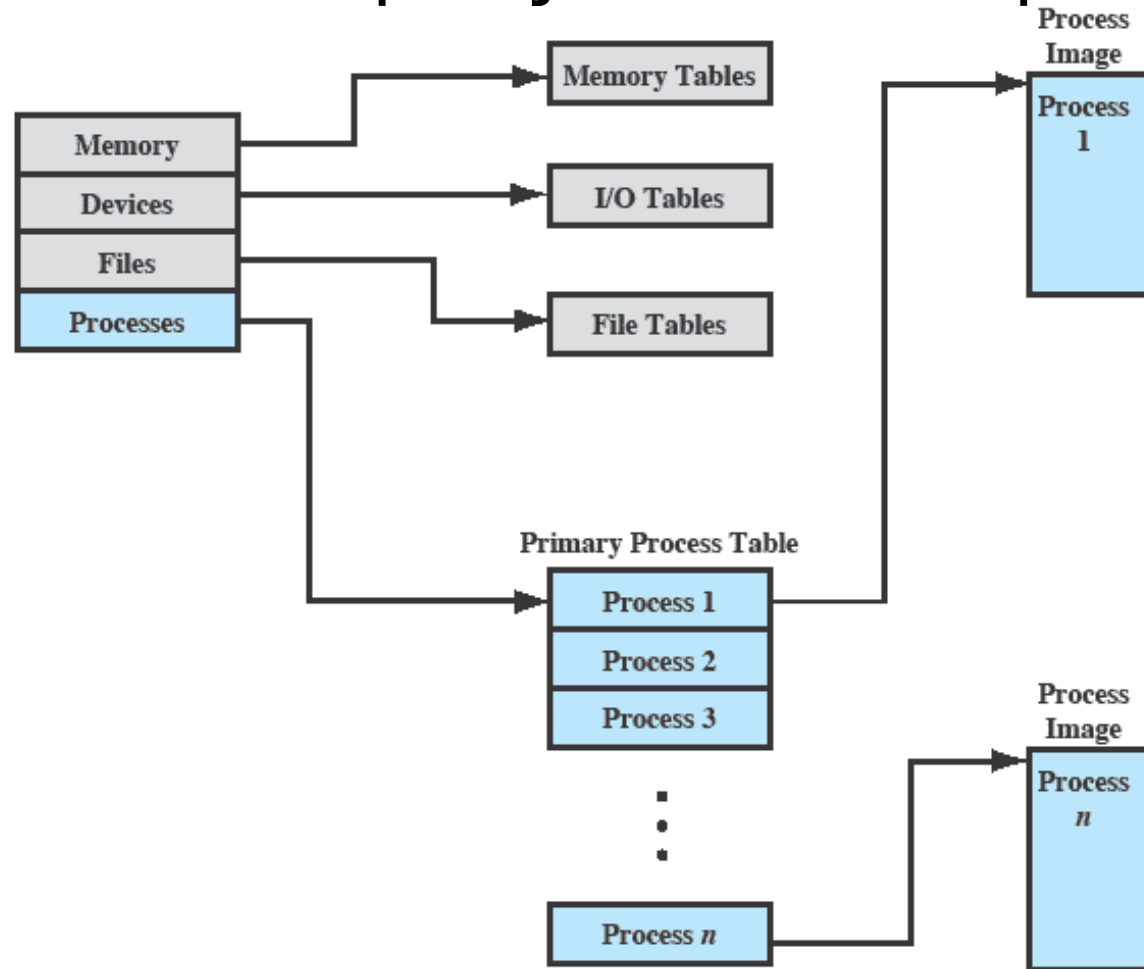


Tabela procesa

- ✿ Da bi upravljao procesima OS mora da u svakom trenutku zna detalje o svakom procesu
 - ✦ Trenutno stanje
 - ✦ Identifikator procesa (Process ID)
 - ✦ Lokacija u memoriji
 - ✦ Ostale attribute procesa
- ✿ **Upravljački blok procesa** (*Process Control Block* – PCB) – kolekcija atributa procesa (*Deskriptor procesa*)
 - ✦ Najvažnija struktura podataka u OS; sadrži sve informacije o procesima neophodne OS – skup PCB-a definiše stanje OS
- ✿ **Slika procesa** (*Process image*) predstavlja skup koji čine program, podaci, magacin (stek, *stack*), i atributi procesa (PCB) smešteni u glavnu memoriju (delom i na disku)



Atributi procesa

- ✿ Informacije u okviru upravljačkog bloka procesa (PCB) mogu se grupisati u tri kategorije:
 - ✦ Identifikatori procesa
 - ✦ Informacije o stanju procesora
 - ✦ Informacije za upravljanje procesom

Identifikatori procesa

- ✿ Svakom procesu je dodeljen jedinstveni numerički identifikator - (Process ID, PID)
- ✿ Svaki proces može da poseduje identifikatore roditeljskog procesa, grupe procesa korisnika koji je kreirao proces, itd.
- ✿ Sve druge tabele kojima upravlja OS mogu da koriste identifikator procesa da bi kros-referencirale PCB procesa

Informacije o stanju procesora

- ✿ Sastoje se od sadržaja registara procesora
 - ✦ Registara opšte namene vidljivih od strane korisnika
 - ✦ Upravljačkih i statusnih registara (PC, uslovni kodovi, flagovi za dozvoljen/nedozvoljen prekid, mod izvršenja,...)
 - ✦ Stack pointera - LIFO strukture za smeštanje parametara, povratnih adresa i lokalnih promenljivih pri pozivima procedura i sistemskim pozivima
- ✿ *Program Status Word* (PSW) - IBM System/360
 - ✦ Sadrži statusne informacije
 - ✦ EFLAGS registar na Pentium procesorima
 - ✦ Itanium (IA-64) - PSR (processor status register) ima polje od dva bita CPL (current privilege level)
 - 00 najviše, 11 najmanje privilegija

Informacije za upravljanje procesom

- ✱ Informacije o stanju i planiranju (*scheduling*)
 - ✱ Stanje procesa
 - ✱ Prioritet
 - ✱ Informacije vezane za planiranje – zavisno od algoritma planiranja
 - ✱ Događaj na koji proces čeka
- ✱ Struktuiranje (povezivanje, ulančavanje) PCB-a
 - ✱ Procesi (PCB) su povezani u različitim strukturama (redovima, listama, itd.): roditelj-dete, red čekanja na U/I, itd.
- ✱ Međuprocesna komunikacija
 - ✱ Različiti flag-ovi, signali, poruke između procesa



Informacije za upravljanje procesom (2)

✚ Privilegije procesa

- ✚ Privilegije za pristup memoriji, izvršenje određenih tipova instrukcija, sistemskih servisa

✚ Upravljanje memorijom

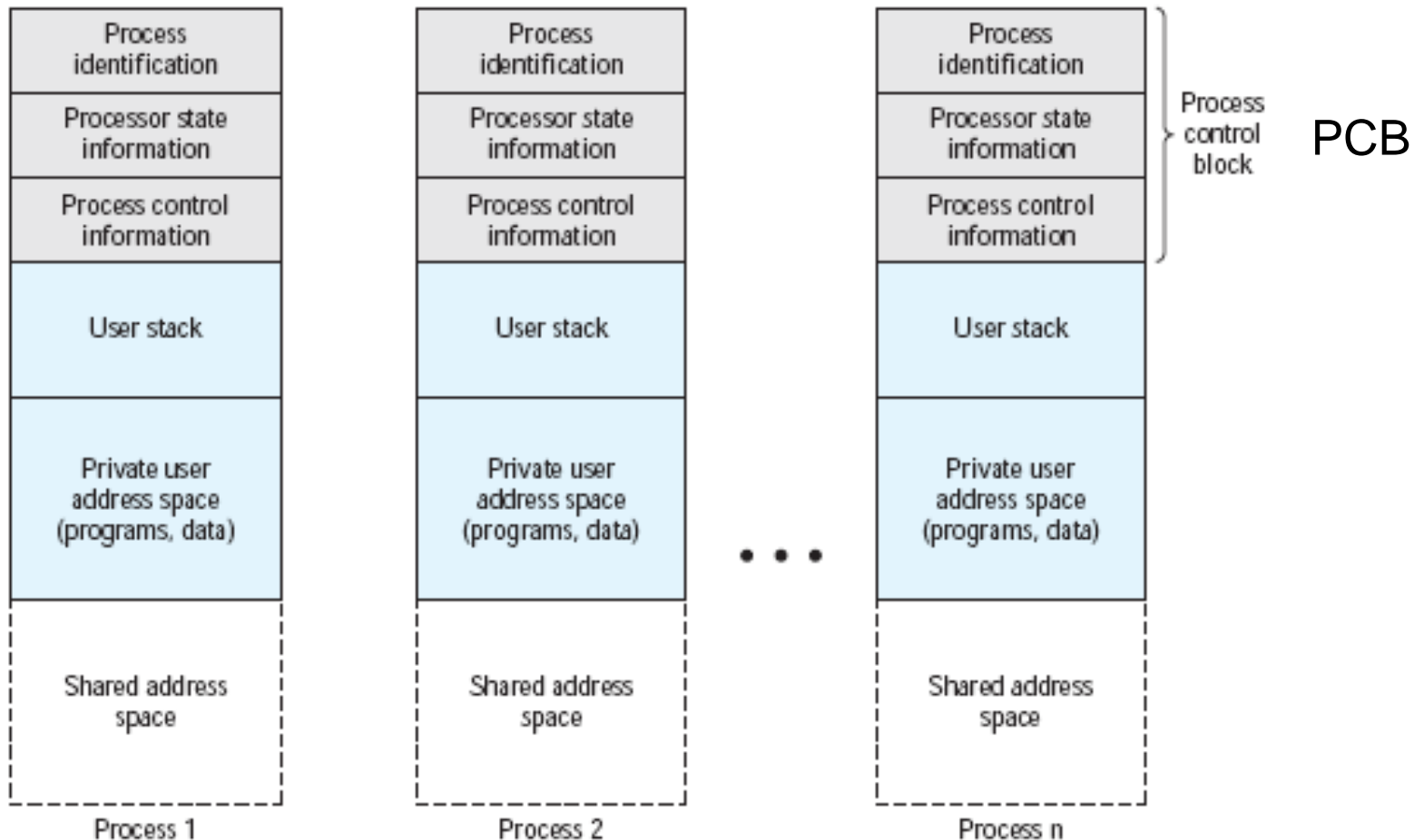
- ✚ Pokazivači (adrese) na tabele stranica/segmenata koje opisuju virtuelnu memoriju dodeljenu procesu

✚ Vlasništvo i korišćenje resursa

- ✚ Resursi kojima upravlja proces, poput otvorenih datoteka
- ✚ Takođe može biti uključena i istorija korišćenja procesora ili ostalih resursa za potrebe planiranja procesa

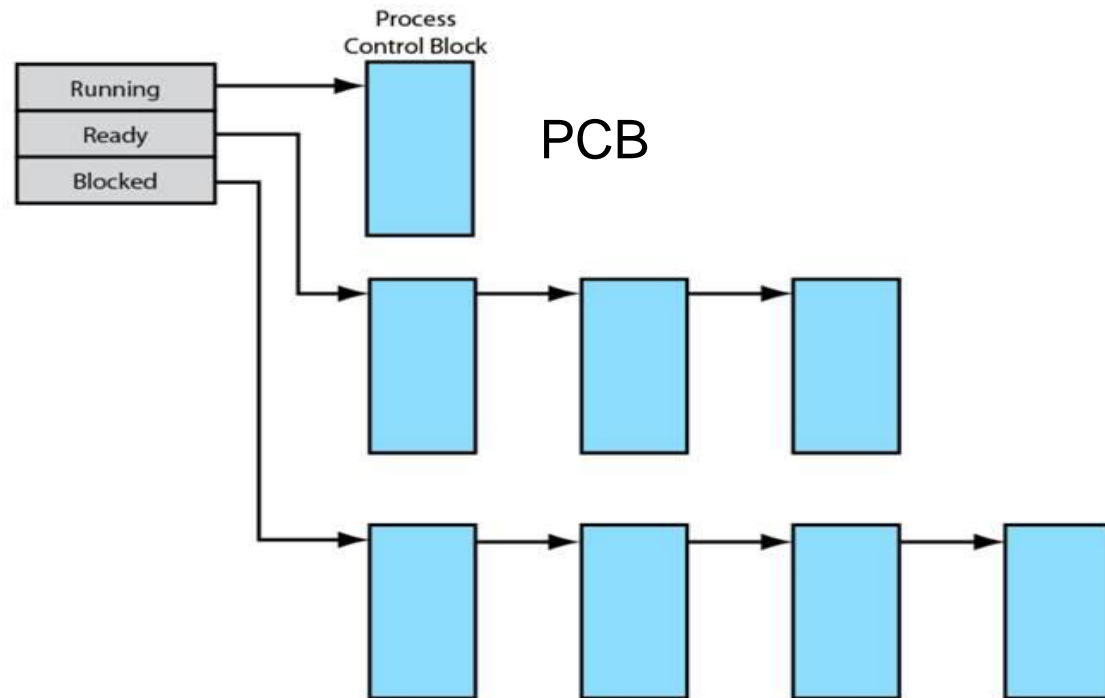
Slika procesa u virtuelnoj memoriji

Struktura slike procesa u virtuelnoj memoriji

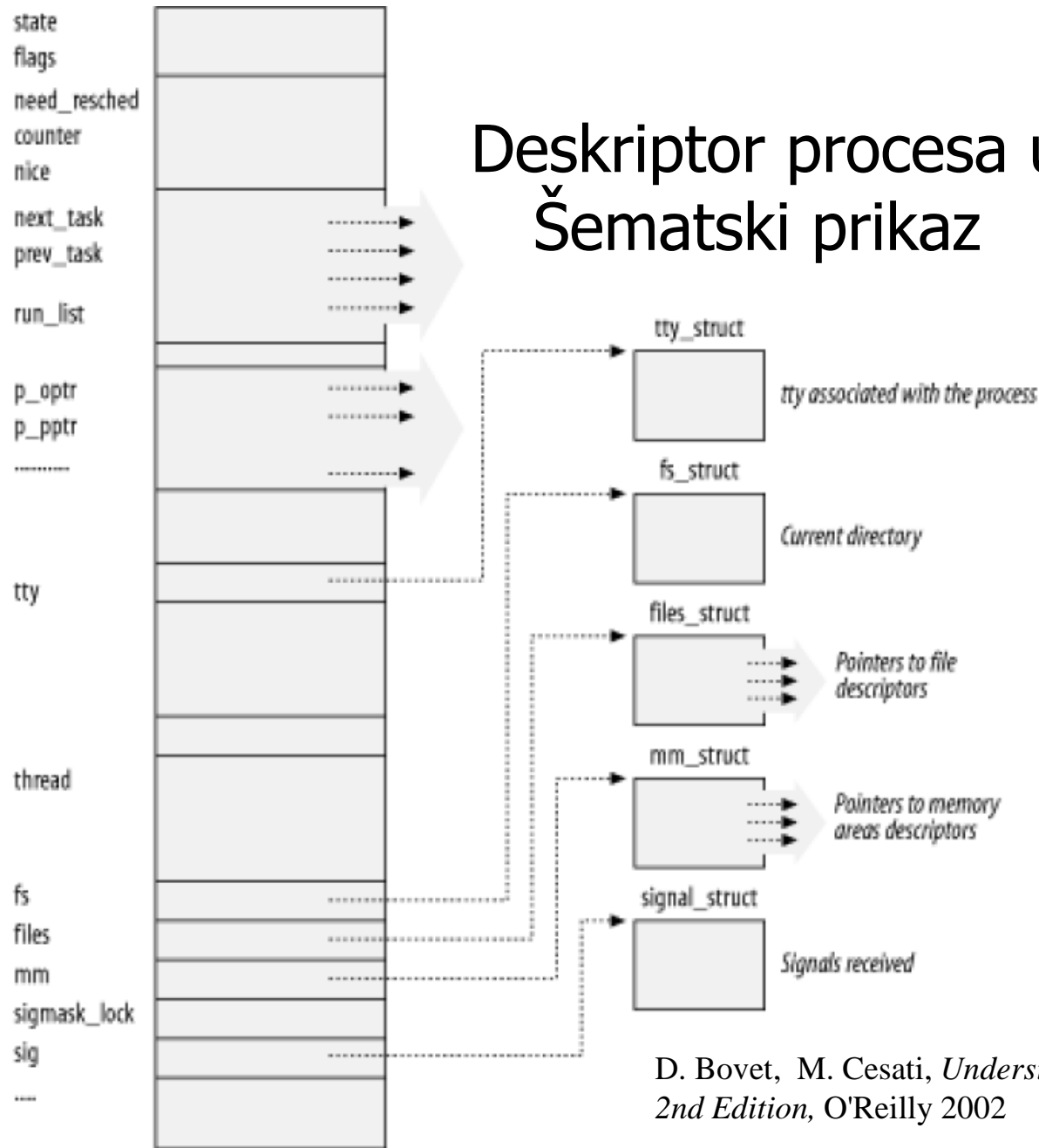


Struktura redova (listi) procesa

- ❁ **PCB** je najvažnija struktura podataka u operativnom sistemu (**Deskriptor procesa**)
- ❁ OS moduli (planiranje, alokacija resursa, obrada prekida, nadgledanje i analiza performansi, itd.) čitaju i/ili modifikuju PCB-ove
- ❁ **PCB** su povezani u različitim redovima i tabelama koji se često implementiraju kao lančane liste



Deskriptor procesa u Linux-u - Šematski prikaz



D. Bovet, M. Cesati, *Understanding the Linux Kernel*.
2nd Edition, O'Reilly 2002



Deskriptor procesa u Linux-u (2.4)

/include/linux/sched.h

```
struct task_struct {  
    volatile long    state; /*TASK_RUNNING, TASK_INTERRUPTIBLE, TASK_UNINTERRUPTIBLE,  
        TASK_STOPPED, TASK_ZOMBIE */  
    long            counter; //brojač vremenskih taktova  
    long            priority; //prioritet procesa  
    unsigned         long signal;  
    unsigned         long blocked; /* bitmap of masked signals */  
    unsigned         long flags; /* per process flags, defined below */  
  
    struct task_struct *next_task, *prev_task; //pokazivač na naredni/prethodni proces u  
        listi  
    unsigned long     saved_kernel_stack;  
    unsigned long     kernel_stack_page;  
  
    int             pid;  
  
    /* pointers to (original) parent process, youngest child, younger sibling,  
     * older sibling, respectively. (p->father can be replaced with  
     * p->p_pptr->pid) */  
    //pokazivači na roditelja, decu i braću tekućeg procesa  
    struct task_struct *p_opptr, *p_pptr, *p_cptra, *p_ysptr, *p_osptr;  
    ...
```



Deskriptor procesa u Linux-u (2)

...

```
struct wait_queue    *wait_chldexit;
unsigned short       uid,euid,suid,fsuid;
unsigned short       gid,egid,sgid,fsgid;
unsigned long        timeout, policy, rt_priority;
long                 utime, stime, ctime, cstime, start_time;
struct fs_struct      *fs;
struct files_struct   *files;
struct mm_struct      *mm;
struct signal_struct  *sig;
```

...

```
} //end task_struct
```

Upravljanje izvršenjem procesa

- ✿ Većina procesora podržava najmanje dva moda (režima) izvršavanja
- ✿ **Korisnički** (*user*) mod (režim)
 - ✦ Režim izvršavanja sa manje privilegija – zabranjen pristup svim memorijskim adresama i izvršavanje privilegovanih (U/I) instrukcija
 - ✦ Korisnički programi se izvršavaju u ovom režimu (modu)
- ✿ **Kernel** (*system, supervisor*) mod (režim) – mod jezgra
 - ✦ Privilegovan režim izvršavanja
 - ✦ U ovom režimu (modu) se izvršava kernel operativnog sistema
 - ✦ Bit(-ovi) u PSW označavaju trenutni režim izvršenja
- ✿ Intel Itanium procesor IA-64 ima statusni registar procesora (*psr*) koji sadrži polje od dva bita **cpl**
 - ✦ Nivo 0 - najviše privilegija; nivo 3 - najmanje privilegija

Kreiranje procesa

- ✚ Prilikom kreiranja novog procesa OS treba da:
 - ✚ Dodeli jedinstveni identifikator procesa
 - ✚ Dodeli (alocira) memorijski prostor za proces, tačnije za sve elemente slike procesa
 - ✚ Inicijalizuje upravljački blok procesa (PCB)
 - ✚ Upostavi odgovarajuće veze novog procesa ulančavanjem njegovog PCB u odgovarajuće redove/liste
 - ✚ Kreira ili proširi ostale strukture podataka
 - Na primer, za obračun korišćenja resursa, ili ocenu i analizu performansi

Zamena (*komutiranje*) procesa

- ✿ **Zamena** (*switch*) procesa predstavlja zamenu aktivnog procesa jednim od spremnih procesa
- ✿ Događaji koji zahtevaju izvršenje koda OS i mogu uzrokovati zamenu procesa
 - ✦ **Prekid** (*interrupt*) – eksterni događaj u odnosu na izvršenje procesa; prekid se javlja kao reakcija na eksterne, asinhronne događaje
 - Prekid generatora takta, U/I prekid, greška stranice memorije
 - ✦ **Trap** – Odnosi se na izvršenje tekuće instrukcije procesa - ako nastane greška ili izuzetak koji je fatalan
 - ✦ **Sistemska poziv** (*supervisor call*) - Zahtev od strane procesa koji se izvršava za izvršenje U/I operacije (npr. pristup datoteci) kojim se aktivira odgovarajuća rutina OS.

Promena (*komutiranje*) režima

- ✿ Nakon izvršenja svake instrukcije, procesor proverava da li je nastao prekid (*interrupt* signal)
- ✿ Ukoliko je prekid nastao, procesor izvršava sledeće korake:
 - ✦ **Kontekst** prekinutog procesa se čuva u njegovom PCB (ili na kernel steku) – vrednosti registara procesora
 - ✦ Postavlja programski brojač na početnu adresu rutine za obradu prekida (*interrupt handler*)
 - ✦ Prebacuje se iz **korisničkog** u **kernel režim**, tako da rutina za obradu prekida može uključiti i privilegovane instrukcije
 - ✦ Izvršava se **rutina za obradu prekida** (*interrupt handler*)
 - ✦ Ukoliko nastanak prekida **ne** zahteva zamenu (*komutiranje*) procesa i promenu stanja procesa, obnavljaju se informacije o stanju procesora (kontekst) prekinutog procesa
 - U suprotnom vrši se komutiranje procesa i promena njegovog stanja
 - ✦ Prekid kloka uzrokuje **prebacivanje** prekinutog **procesa** u stanje Spreman, a poziv U/I operacije u stanje Blokiran (uglavnom)

Promena stanja procesa

- ✿ Zamena procesa uzrokuje promenu njegovog stanja
- ✿ Koraci koje obavlja OS pri zameni procesa:
 1. Snimiti sadržaj registara procesora, programski brojač i statusni registar procesora u PCB procesa
 2. Ažurirati PCB procesa koji je do tada bio u stanju Izvršavanje (*Running*)
 3. Premestiti PCB u odgovarajući red – Spreman, Blokiran, Spreman/suspendovan i promeniti mu stanje
 4. Izabrati sledeći proces za izvršavanje
 5. Ažurirati PCB procesa koji je izabran u stanje Izvršavanje
 6. Ažurirati stukture podataka za upravljanje memorijom
 7. Obnoviti sadržaj registara procesora na vrednosti koje su postojale u trenutku kad je proces promenjen iz stanja Izvršavanje

Izvršavanje operativnog sistema

- ✱ OS radi na isti način kao i ostali računarski softver
- ✱ Ako je OS samo kolekcija programa i ako se ovi programi izvršavaju od strane procesora baš kao i bilo koji drugi programi, da li je OS proces?
- ✱ Ako jeste, kako se njime upravlja?
 - ✦ Ko (šta) upravlja njime?

Izvršenje OS-a

Kernel bez procesa

- ❑ Tradicionalni pristup u starijim OS
- ❑ Izvršenje kernela van bilo kog procesa
- ❑ OS kod se izvršava kao poseban entitet u glavnoj memoriji , sa svojim stekom, u kernel režimu (privilegovanom režimu)

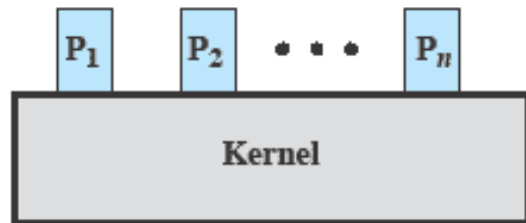
Izvršenje OS unutar korisničkih procesa

- ❑ Uobičajeno u OS na PC i radnim stanicama
- ❑ OS softver predstavlja kolekciju procedura koje korisnički proces može pozvati za izvršenje različitih funkcija i koje se izvršavaju unutar okruženja korisničkog procesa
- ❑ Slika procesa sadrži i delove za program, podatke i stek kernel programa
- ❑ Proces se izvršava u kernel režimu kada izvršava programski kod OS-a

OS zasnovan na procesima

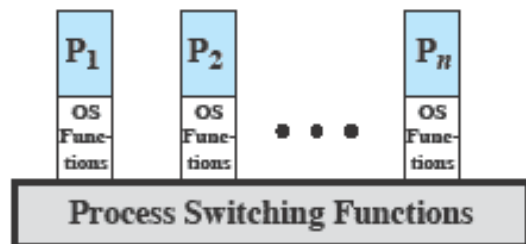
- ❑ OS implementiran kao kolekcija sistemskih procesa
- ❑ Korisno je u višeprocorskom ili višeračunarskom okruženju

Odnos između OS i korisničkih procesa



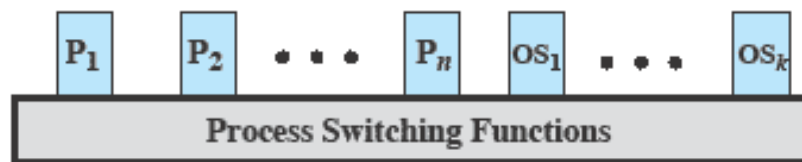
(a) Separate kernel

- ✪ Zasebno jezgro



(b) OS functions execute within user processes

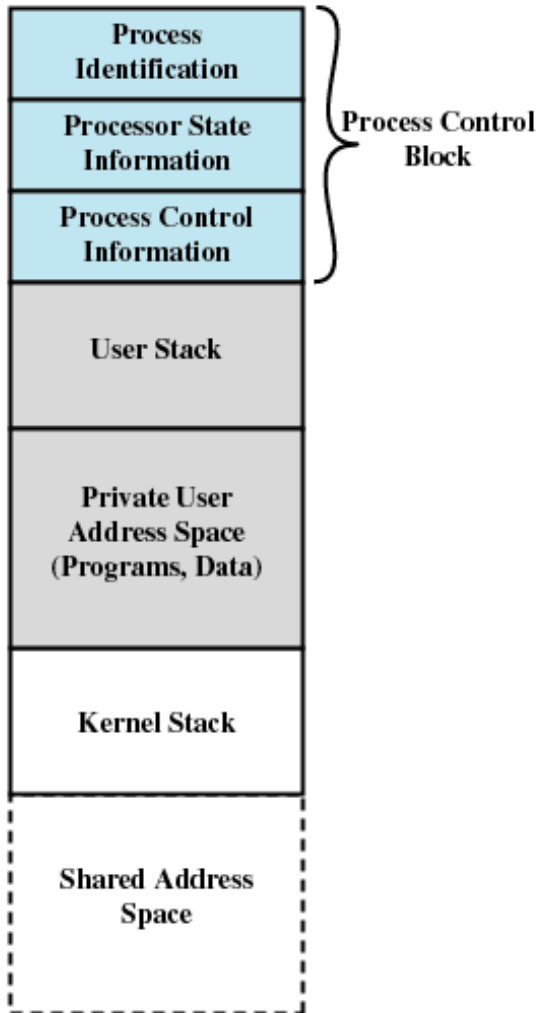
- ✪ Funkcije OS-a se izvršavaju unutar korisničkih procesa



(c) OS functions execute as separate processes

- ✪ Funkcije OS-a se izvršavaju kao zasebni procesi

Slika procesa kada se OS izvršava unutar korisničkog prostora



- ✚ OS se izvršava unutar korisničkog procesa (adresnog prostora)
- ✚ Kernel stek se koristi za upravljanje pozivima procedura dok je proces u kernel režimu
- ✚ OS kod i podaci su u deljenom adresnom prostoru (deljeni su između svih korisničkih procesa)



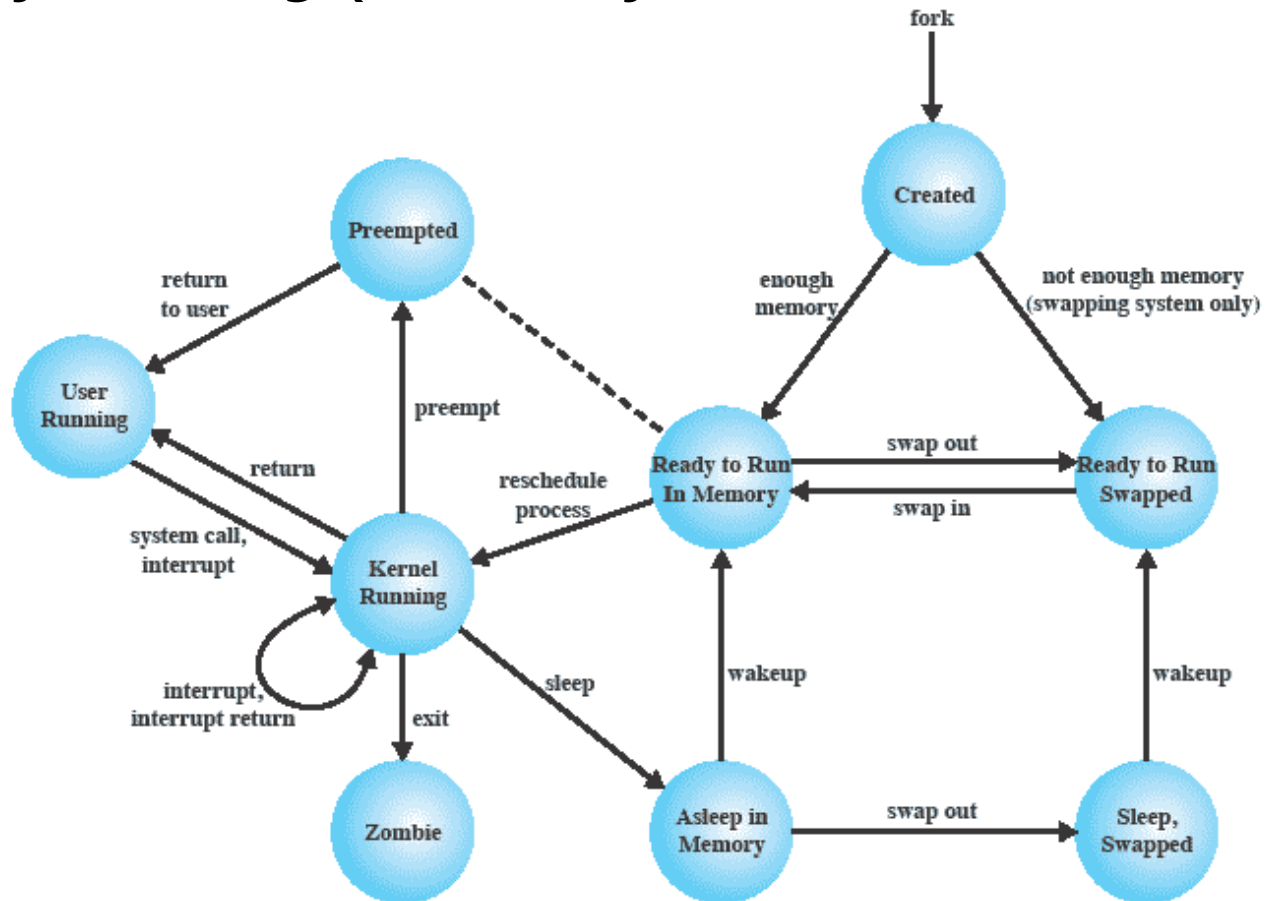
Unix SVR4

System V Release 4

- ✿ Veći deo operativnog sistema se izvršava u korisničkom procesu
- ✿ Sistemski procesi se izvršavaju isključivo u kernel režimu (modu)
- ✿ Korisnički procesi
 - ✚ Korisnički programi i funkcije se izvršavaju u korisničkom režimu.
 - ✚ U režimu kernela se izvršavaju funkcije koje pripadaju kernelu.

UNIX SVR4 - upravljanje procesima

- Stanja procesa i promene stanja (9)
- Dva stanja *Running* (izvršavanje u korisničkom i kernel režimu)



Upravljanje procesima
Operativni sistemi

UNIX proces

- ✚ Proces u UNIX-u je kolekcija struktura podataka koje obezbeđuju OS-u sve informacije neophodne za upravljanje i raspoređivanje procesa.
- ✚ Slika procesa u UNIX-u sadrži sledeće elemente:
 - ✚ **Kontekst korisničkog nivoa**
 - Tekst programa, podaci, korisnički stek, deljena memorija
 - ✚ **Kontekst registara**
 - Programski brojač, statusni registar procesora, stek pointeri, registri opšte namene
 - ✚ **Kontekst sistemskog nivoa**
 - Ulaz (*entry*) u tabelu procesa – PCB procesa
 - U (*user*) oblast – neophodne kernelu kada se izvršava u kontekstu procesa
 - Tabela regiona – definiše mapiranje između virtuelnih i fizičkih adresa, kao i prava pristupa određenim regionima – koristi se od strane sistema za upravljanje memorijom
 - Kernel stek – za pozive/povratke iz kernel procedura

Kreiranje procesa

- ✿ Prednji (*foreground*) procesi
- ✿ Pozadinski (*background*) procesi – demoni, servisi
- ✿ Proces i njima dodeljeni resursi
 - ✦ Unix komande: **ps**, **top**, **htop**
 - ✦ Windows - **TaskManager** (Ctrl+Alt+Del)
 - Proces Explorer - <https://learn.microsoft.com/en-us/sysinternals/downloads/process-explorer>
- ✿ Kreiranje procesa
 - ✦ Proces koji se izvršava poziva sistemski poziv za kreiranje procesa
 - ✦ Unix (POSIX.1)
 - **fork** – proces kreira svoj klon; kopiju slike procesa roditelja
 - **exec** (*execv*, *execve*, *execvp*, *execl*, *execle*, *execvp*) - definiše program koji će se izvršavati u novom procesu i okolinu tog procesa
 - ✦ Windows API
 - **CreateProcess** - kreira novi proces i puni ga novim programom
- ✿ Nakon kreiranja oba procesa imaju sopstvene slike u memoriji i adresne prostore



Kreiranje procesa u UNIX/Linux

```
pid = fork( );  
if (pid < 0) {  
    handle_error( );  
} else if (pid > 0) {  
  
} else {  
  
}  
  
/* if the fork succeeds, pid > 0 in the parent */  
/* fork failed (e.g., memory or some table is full) */  
/* parent code goes here. */  
/* child code goes here. */
```



Sistemske pozive za terminiranje

- Sistemske pozive kojim proces terminira sam sebe:
 - Unix (POSIX.1) - `exit`
 - Windows API - `ExitProcess`
- Sistemske pozive kojim jedan proces terminira drugi:
 - Unix (POSIX.1) - `kill`
 - Windows API - `TerminateProcess`



Sistemski pozivi za upravljanje procesima u UNIX/Linux – POSIX.1

System call	Description
<code>pid = fork()</code>	Create a child process identical to the parent
<code>pid = waitpid(pid, &statloc, opts)</code>	Wait for a child to terminate
<code>s = execve(name, argv, envp)</code>	Replace a process' core image
<code>exit(status)</code>	Terminate process execution and return status
<code>s = sigaction(sig, &act, &oldact)</code>	Define action to take on signals
<code>s = sigreturn(&context)</code>	Return from a signal
<code>s = sigprocmask(how, &set, &old)</code>	Examine or change the signal mask
<code>s = sigpending(set)</code>	Get the set of blocked signals
<code>s = sigsuspend(sigmask)</code>	Replace the signal mask and suspend the process
<code>s = kill(pid, sig)</code>	Send a signal to a process
<code>residual = alarm(seconds)</code>	Set the alarm clock
<code>s = pause()</code>	Suspend the caller until the next signal

s je kod greške

pid je ID procesa

residual je preostalo vreme od prethodnog alarma



Sistemski pozivi za upravljanje poslovima, procesima, nitima i fiberima u Windows API

Windows API Function	Description
CreateProcess	Create a new process
CreateThread	Create a new thread in an existing process
CreateFiber	Create a new fiber
ExitProcess	Terminate current process and all its threads
ExitThread	Terminate this thread
ExitFiber	Terminate this fiber
SetPriorityClass	Set the priority class for a process
SetThreadPriority	Set the priority for one thread
CreateSemaphore	Create a new semaphore
CreateMutex	Create a new mutex
OpenSemaphore	Open an existing semaphore
OpenMutex	Open an existing mutex
WaitForSingleObject	Block on a single semaphore, mutex, etc.
WaitForMultipleObjects	Block on a set of objects whose handles are given
PulseEvent	Set an event to signaled then to nonsignaled
ReleaseMutex	Release a mutex to allow another thread to acquire it
ReleaseSemaphore	Increase the semaphore count by 1
EnterCriticalSection	Acquire the lock on a critical section
LeaveCriticalSection	Release the lock on a critical section

Domaći zadatak

❁ Poglavlje **3 Opis procesa i upravljanje**

- ❁ 3.10 Ključni pojmovi, kontrolna pitanja i problemi

❁ The Linux Kernel archive & code reference

- ❁ <https://www.kernel.org/>
- ❁ <https://github.com/torvalds/linux>
 - /include/linux/sched.h
- ❁ <http://lxr.free-electrons.com/>

❁ FreeBSD Code reference

- ❁ <https://svnweb.freebsd.org/base/stable/>
- ❁ <https://github.com/freebsd/freebsd>
 - /sys/sys/proc.h

❁ Android

- ❁ <https://source.android.com/source/index.html>