# Konkurentost

## Operativni sistemi 1

Institut za matematiku i informatiku
Prirodno-matematički fakultet, Kragujevac

doc. dr Miloš Ivanović

Novembar 2012. god.

# O čemu će biti reči?

# Ključni pojmovi

- **Multiprogramiranje** - upravljanje sa više procesa u jednoprocesorskom sistemu
- **Multiprocesiranje** - upravljanje sa više procesa unutar multiprocesora
- **Distribuirana obrada** - procesi na više računarskih sistema

## Ključni pojmovi

1. **Kritična sekcija** - Deo koda koji zahteva pristup deljenim resursima i ne može se izvršiti dok je drugi proces u svojoj kritičnoj sekciji.
2. **Uzajamna blokada** (*deadlock*) - Zastoj jer svaki proces čeka da onaj drugi nešto uradi
3. **Živa blokada** (*livelock*) - Dva ili više procesa konstantno menjaju svoje stanje kao odgovor na akcije drugog procesa ne radeći ništa korisno
4. **Uzajamno isključivanje** (*mutual exclusion*) - Zahtev da nijedan proces ne može biti u svojoj kritičnoj sekciji kada je jedan proces u svojoj krit. sekciji
5. **Stanje trke** (*race condition*) - Rezultat zavisi od relativnog vremena izvršavanja
6. **Gladovanje** (*starvation*) - Raspoređivač (dispečer) uporno preskače dati proces iako se on nalazi u *Ready* stanju

# Primer stanja trke (haotično stanje)

```
void echo()
{
  chin = getchar();
  chout = chin;
  putchar(chout);
}
```

| Process P1 | Process P2 |
|---|---|
| • | • |
| chin = getchar(); | • |
| • | chin = getchar(); |
| chout = chin; | chout = chin; |
| putchar(chout); | • |
| • | putchar(chout); |
| • | • |

## Pitanja

1. Šta se dešava ako dva procesa pokušaju da pristupe proceduri `echo()` na jednoprocesorskom sistemu?
2. A ako proceduru `echo` proglasimo kritičnim resursom (sekcijom)?
3. Šta se dešava ako su dostupna 2 procesora?

# Uzajamno delovanje procesa

1. **Procesi nisu svesni drugih procesa** - Postoji odnos nadmetanja. Mogu se javiti problemi uzajamnog isključivanja, uzajamne blokade i gladovanja (*stravation*).
2. **Procesi su indirektno svesni postojanja drugih procesa (npr. deljeni objekti)** - Rezultati jednog procesa zavise od informacija koje daje neki drugi. Problemi su uzajamno isključivanje, blokada, gladovanje i povezanost podataka.
3. **Procesi su direktno svesni drugih procesa** - Procesi su projektovani tako da kooperiraju na istom zadatku. Problemi koji se mogu javiti su uzajamna blokada i gladovanje.

## Načini kooperacije procesa

1. **Deljenje** - Preko deljenih promenljivih (objekata) i fajlova
2. **Putem komunikacije** - Procesi međusobno komuniciraju putem poruka

# Primer kooperacije procesa deljenjem

```
P1:
    a+=1;
    b+=1;
P2:
    b*=2;
    a*=2;
Sekvenca:
    a+1;
    b*=2;
    b+=1;
    a*=2;
```

Na kraju sekvence $a \neq b$.

# Kritična sekcija

```
do {
    entry section
        critical section
    exit section
    /* ostatak koda */
} while (1);
```

**Kako se kritična sekcija može realizovati?**

1. softverski
2. hardverski
3. pomoću semafora
4. pomoću OS-a (sistemskim pozivima)
5. višim programskim strukturama za sinhronizaciju (monitorima)

# Softverska realizacija kritične sekcije

## Zahtevi

1. Međusobno isključenje
2. Proces koji je izvan svoje k. sekcije ne može sprečiti druge procese da uđu u svoje k. sekcije
3. Proces ne sme neograničeno dugo čekati da uđe u svoju k. sekciju
4. Proces ne sme neograničeno dugo ostati u svojoj k. sekciji

# Algoritam striktne alternacije

## Softverska realizacija kritične sekcije

Proces 0:

```
do {
    while (turn!=0);    // ulazna sekcija
    /* kriticna sekcija */
    turn = 1;
    /* ostatak koda */
} while (true);
```

Proces 1:

```
do {
    while (turn!=1);    // ulazna sekcija
    /* kriticna sekcija */
    turn = 0;
    /* ostatak koda */
} while (true);
```

**Nedostaci**

1. Zaposleno čekanje troši procesorsko vreme
2. Moguća je blokada ako neki od procesa zaglavi u ostatku koda

# Kritična sekcija bez stroge alternacije

## Softverska realizacija kritične sekcije

```
int flag[2];
flag[0] = flag[1] = 0;

do {
    flag[i]=1;
    while (flag[j]);   /ulazna sekcija
    /* kriticna sekcija */
    flag[i] = 0;
    /* ostatak koda */
} while (true);
```

### Nedostaci

1. Moguća uzajamna blokada koja procese ostavlja u beskonačnoj petlji

# Dekker-Petersenov algoritam

## Softverska realizacija kritične sekcije

1. Proces $P_j$ želi da uđe u svoju kritičnu sekciju ($flag[j] = 1$)
2. Procesu $P_j$ data je šansa da uđe u svoju kritičnu sekciju ($turn = j$)

```
do {
    flag[i] = true;
    turn = j;
    while (flag[j] && turn==j);
    /* kriticna sekcija */
    flag[i] = 0;
    /* ostatak koda */
} while (true);
```

### Zadovoljeni uslovi

1. Ispoštovano međusobno isključenje preko `turn`
2. Nema striktne alternacije pa time ni blokade

# Pekarski algoritam

## Uopštenje Dekker-Petersena na sistem sa $N$ procesa

### Pravila pekarskog algoritma

1. Sekvenca brojeva se generiše u rastućem redosledu i dodeljuje procesima (recimo, 1,2,3,3,4,5,5,...)
2. Procesi se opslužuju redom od najmanjeg do najvećeg dodeljenog broja.
3. Ako dva procesa dobiju iste brojeve, prvo se opslužuje onaj proces sa nižim indeksom.

### Leksikografski poredak kod pekarskog algoritma

1. $(a, b) < (c, d)$ ako je $a < c$ ili ako je $a = c \wedge b < d$
2. $max(a_0, ..., a_{n-1})$ je broj $a_k$, takav da je $a_k \geq a_i$ za svako $i \in [0, n-1]$

### Zajednički podaci za pekarski algoritam

- `int biranje[n]; // logicka promenljiva za medjusobno iskljucivanje`
- `int broj[n]; // za smestanje dodeljenih brojeva`

# Pekarski algoritam - nastavak

## Softverska realizacija kritične sekcije

```
do {
    biranje[i] = 1;
    broj[i] = max (broj[0],broj[1],...,broj[n-1])+1;
    biranje[i] = 0;
    for (j=0; j<n; j++) {
        while (biranje[j]);
        while ( (broj[j]!=0) && ((broj[j],j) < (broj[i],i)) );
    }
    /* kriticna sekcija */
    broj[i] = 0;
    /* ostatak koda */
} while (true);
```

Proces ostaje van kritične sekcije sve dok postoji i jedan proces sa većim brojem po leksikografskom poretku. Po izlasku iz kritične sekcije, anulira se broj i proces se više ne takmiči za k.s.

# Hardverska realizacija kritične sekcije

## Realizacija prekidima

Moguće je realizovati kritičnu sekciju i onemogućavanjem prekida, ali je takva realizacija neefikasna. Zašto?

```
boolean testset(int i) {
    if (i==0) {
        i=1;
        return true;
    } else
        return false;
}
```

## Atomske instrukcije

Instrukcija `testset()` je atomska, tj. izvršava se u jednom komadu i ne može se prekinuti.

# Hardverska realizacija kritične sekcije

## Atomska instrukcija razmene `exchange()`

Neki procesori imaju nedeljivu instrukciju razmene podataka u 2 registra ili između registra i memorije. Na primer, Intelovi procesori imaju instrukciju **XCHG**.

```
/* program mutualexclusion */
const int n = /* number of processes */;
int bolt;
void P(int i)
{
   while (true) {
     while (!testset(bolt))
          /* do nothing */;
      /* critical section */;
      bolt = 0;
      /* remainder */;
   }
}
void main()
{
   bolt = 0;
   parbegin (P(1), P(2), ... ,P(n));

}
```

```
   /* program mutualexclusion */
int const n = /* number of processes**/;
int bolt;
void P(int i)
{
   int keyi = 1;
   while (true) {
      do exchange (keyi, bolt)
      while (keyi != 0);
      /* critical section */;
      bolt = 0;
      /* remainder */;
   }
}
void main()
{
   bolt = 0;
   parbegin (P(1), P(2), ..., P(n));
}
```

# Osobine hardverske realizacije kritične sekcije

Ako je $n$ broj procesa, važi da je:

$$bolt + \sum_i key_i = n$$

## Nedostaci hardverske realizacije

1. **Upotrebljava se stanje zauzet na čekanju**, i time nepotrebno troši proc. vreme
2. **Moguće je gladovanje** - slučajno se bira proces koji će biti raspoređen na izlazu iz k.s.
3. **Moguće je uzajamno blokiranje** - recimo na jednoprocesorskom sistemu sa šemom prioriteta

# Opšti i binarni semafor
## Operacije

### Semafori

Semafori su jednostavan mehanizam OS-a za razmenu signala između procesa. Da bi se poslao signal, izvršava se `SemSignal(s)`, a da bi se primio `SemWait(s)`.

### Opšti semafor

1. Semafor se može inicijalizovati na pozitivnu vrednost
2. **semWait()** umanjuje vrednost semafora. Ako postane negativna, proces se blokira. Ako ostane pozitivna, nastavlja se.
3. **semSignalB()** uvećava vrednost semafora. Ako postane $\leq 0$, vrši se deblokada procesa koji je blokiran pomoću **semWait()**

### Binarni semafor (*mutex*)

1. Semafor se može inicijalizovati na 0 ili 1
2. **semWaitB()** proverava vrednost semafora. Ako je 0, blokira se proces koji je pozvao **semWaitB()**. Ako je 1, menja se na 0 i nastavlja se dalje.
3. **semSignalB()** proverava da li je neki proces na datom semaforu blokiran. Ako jeste, deblokira se. Ako nema blokiranih procesa, vrednost semafora se postavlja na 1.

# Opšti i binarni semafor

## Struktura-

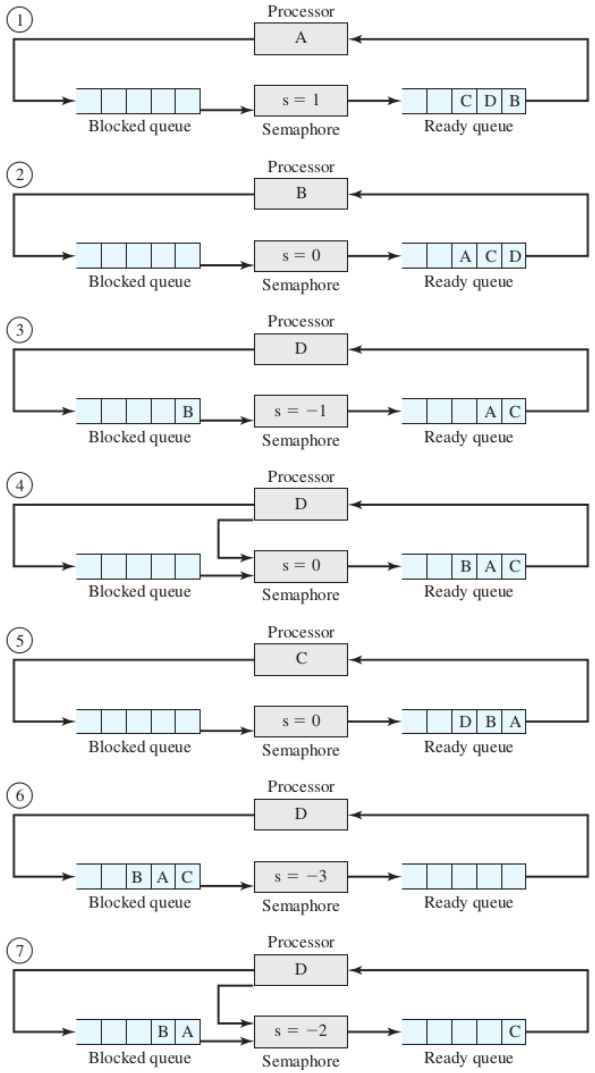
Slika: **Levo:** Struktura opšteg semafora **Desno:** Struktura binarnog semafora

```
struct semaphore {
      int count;
      queueType queue;
};
void semWait(semaphore s)
{
      s.count--;
      if (s.count < 0) {
           /* place this process in s.queue */;
           /* block this process */;
      }
}
void semSignal(semaphore s)
{
      s.count++;
      if (s.count <= 0) {
           /* remove a process P from s.queue */;
           /* place process P on ready list */;
      }
}
```

```
struct binary_semaphore {
      enum {zero, one} value;
      queueType queue;
};
void semWaitB(binary_semaphore s)
{
      if (s.value == one)
           s.value = zero;
      else {
                /* place this process in s.queue */;
                /* block this process */;
      }
}
void semSignalB(semaphore s)
{
      if (s.queue is empty())
           s.value = one;
      else {
                /* remove a process P from s.queue */;
                /* place process P on ready list */;
      }
}
```

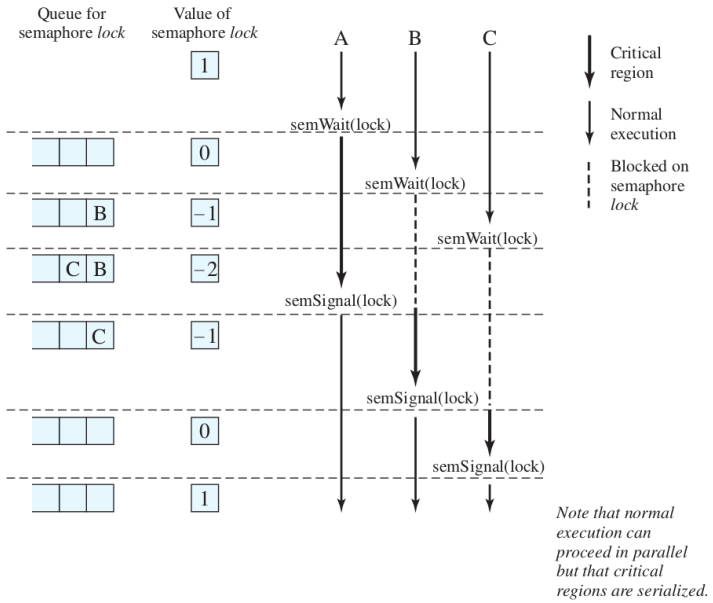
# Primer korišćenja semafora

## Procesi A,B i C čekaju podatke koje obezbeđuje proces D



# Uzajamno isključivanje korišćenjem semafora

```
/* program mutualexclusion */
const int n = /* number of processes  */;
semaphore s = 1;
void P(int i)
{
      while (true) {
            semWait(s);
            /* critical section    */;
            semSignal(s);
            /* remainder    */;
      }
}
void main()
{
      parbegin (P(1), P(2), . . ., P(n));
}
```




## Pitanje

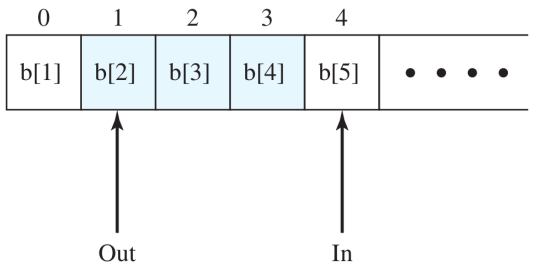
Kako se postiže međusobno isključivanje ako je zahtev da više od jednog procesa može da bude u svojoj krtičnoj sekciji?

# Problem proizvođač/potrošač

## Pretpostavka o beskonačnom baferu

```
producer:
while (true) {
   /* produce item v */;
   b[in] = v;
   in++;
}
```

```
consumer:
while (true) {
   while (in <= out)
        /* do nothing */;
   w = b[out];
   out++;
   /* consume item w */;
}
```




### Producer/consumer

Da bi moglo da se izvrši "konzumiranje", potrebno je da je $in > out$. Broj objekata u baferu može se označiti sa $n(= in - out)$.

# Problem proizvođač/potrošač - POGREŠNO!

## Pretpostavka o beskonačnom baferu

```
/* program producerconsumer */
      int n;
      binary_semaphore s = 1, delay = 0;
      void producer()
      {
           while (true) {
                 produce();
                 semWaitB(s);
                 append();
                 n++;
                 if (n==1) semSignalB(delay);
                 semSignalB(s);
           }
      }
```

```
void consumer()
{
      semWaitB(delay);
      while (true) {
            semWaitB(s);
            take();
            n--;
            semSignalB(s);
            consume();
            if (n==0) semWaitB(delay);
      }
}
void main()
{
      n = 0;
      parbegin (producer, consumer);
}
```

**Pitanje**

Koji scenario izvršenja dovodi do konzumiranja nepostojećeg objekta?

# Problem proizvođač/potrošač - POGREŠNO!

## Scenario izvršenja koji dovodi do greške

| | Producer | Consumer | s | n | Delay |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | | | 1 | 0 | 0 |
| 2 | semWaitB(s) | | 0 | 0 | 0 |
| 3 | n++ | | 0 | 1 | 0 |
| 4 | **if** (n==1) (semSignalB(delay)) | | 0 | 1 | 1 |
| 5 | semSignalB(s) | | 1 | 1 | 1 |
| 6 | | semWaitB(delay) | 1 | 1 | 0 |
| 7 | | semWaitB(s) | 0 | 1 | 0 |
| 8 | | n-- | 0 | 0 | 0 |
| 9 | | semSignalB(s) | 1 | 0 | 0 |
| 10 | semWaitB(s) | | 0 | 0 | 0 |
| 11 | n++ | | 0 | 1 | 0 |
| 12 | **if** (n==1) (semSignalB(delay)) | | 0 | 1 | 1 |
| 13 | semSignalB(s) | | 1 | 1 | 1 |
| 14 | | **if** (n==0) (semWaitB(delay)) | 1 | 1 | 1 |
| 15 | | semWaitB(s) | 0 | 1 | 1 |
| 16 | | n-- | 0 | 0 | 1 |
| 17 | | semSignalB(s) | 1 | 0 | 1 |
| 18 | | **if** (n==0) (semWaitB(delay)) | 1 | 0 | 0 |
| 19 | | semWaitB(s) | 0 | 0 | 0 |
| 20 | | n-- | 0 | –1 | 0 |
| 21 | | semiSignlaB(s) | 1 | –1 | 0 |

**Pitanje**

Da li se problem može rešiti uvođenjem `if (n==0) semWaitB()` u kritičnu sekciju?

# Problem proizvođač/potrošač - ISPRAVNO!

## Levo: Korišćenjem binarnih semafora, Desno: standardni semafori

```
/* program producerconsumer */
      int n;
      binary_semaphore s = 1, delay = 0;
      void producer()
      {
            while (true) {
                  produce();
                  semWaitB(s);
                  append();
                  n++;
                  if (n==1) semSignalB(delay);
                  semSignalB(s);
            }
      }
      void consumer()
      {
            int m; /* a local variable */
            semWaitB(delay);
            while (true)  {
                  semWaitB(s);
                  take();
                  n--;
                  m = n;
                  semSignalB(s);
                  consume();
                  if (m==0) semWaitB(delay);
            }
      }
      void main()
      {
            n = 0;
            parbegin (producer, consumer);
      }
```

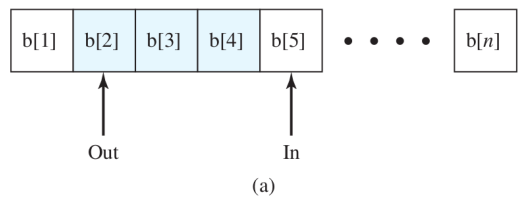
```
/* program  producerconsumer */
      semaphore n = 0, s = 1;
      void producer()
      {
            while (true) {
                  produce();
                  semWait(s);
                  append();
                  semSignal(s);
                  semSignal(n);
            }
      }
      void consumer()
      {
            while (true) {
                  semWait(n);
                  semWait(s);
                  take();
                  semSignal(s);
                  consume();
            }
      }
      void main()
      {
            parbegin (producer, consumer);
      }
```

**Pitanje**

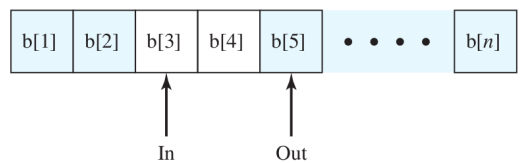
Koje je rešenje elegantnije?

# Problem proizvođač/potrošač - ograničeni kružni bafer

| Block on: | Unblock on: |
|---|---|
| Producer: insert in full buffer | Consumer: item inserted |
| Consumer: remove from empty buffer | Producer: item removed |




(a)




```
producer:
while (true) {
   /* produce item v */
   while ((in + 1) % n == out)
       /* do nothing */;
   b[in] = v;
   in = (in + 1) % n;
}
```

```
consumer:
while (true) {
   while (in == out)
       /* do nothing */;
   w = b[out];
   out = (out + 1) % n;
   /* consume item w */;
}
```

# Problem proizvođač/potrošač

## Rešenje sa ograničenim baferom

```
/* program boundedbuffer */
      const int sizeofbuffer = /* buffer size */;
      semaphore s = 1, n = 0, e = sizeofbuffer;
      void producer()
      {
            while (true) {
                  produce();
                  semWait(e);
                  semWait(s);
                  append();
                  semSignal(s);
                  semSignal(n);
            }
      }
      void consumer()
      {
            while (true)  {
                  semWait(n);
                  semWait(s);
                  take();
                  semSignal(s);
                  semSignal(e);
                  consume();
            }
      }
      void main()
      {
            parbegin (producer, consumer);
      }
```

# Kako implementirati semafore?

## Levo: `testset()` isntrukcija, Desno: Onemogućavanje prekida

```
semWait(s)
{
   while (!testset(s.flag))
      /* do nothing */;
   s.count--;
   if (s.count < 0) {
      /* place this process in s.queue*/;
      /* block this process (must also set
s.flag to 0) */;
   }
   s.flag = 0;
}

semSignal(s)
{
   while (!testset(s.flag))
      /* do nothing */;
   s.count++;
   if (s.count <= 0) {
      /* remove a process P from s.queue */;
      /* place process P on ready list */;
   }
   s.flag = 0;
}
```

```
semWait(s)
{
   inhibit interrupts;
   s.count--;
   if (s.count < 0) {
      /* place this process in s.queue */;
      /* block this process and allow inter-
rupts */;
   }
   else
      allow interrupts;
}

semSignal(s)
{
   inhibit interrupts;
   s.count++;
   if (s.count <= 0) {
      /* remove a process P from s.queue */;
      /* place process P on ready list */;
   }
   allow interrupts;
}
```

**Pitanje**

Šta su slabosti `testset()` instrukcije, a šta slabosti onemogućavanja prekida?

# Monitori - osnovne osobine

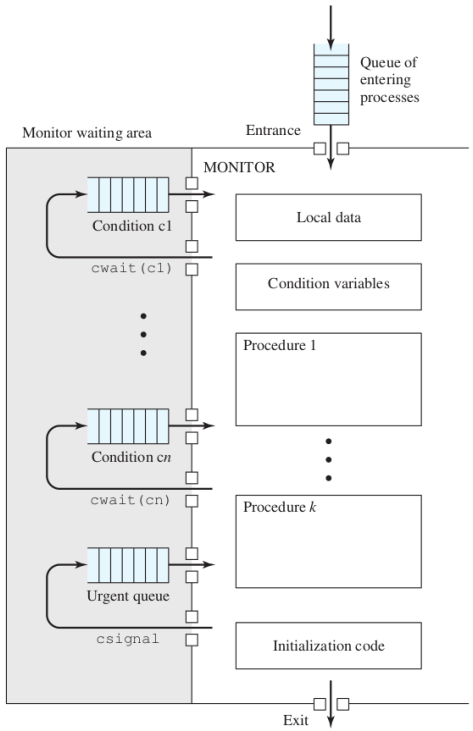
## Šta su to monitori?

Semafori predstavljaju primitivan sistem kontrole uzajamnog isključivanja i sinhronizacije. Zašto? U nekim programskim jezicima postoje strukture koje se zovu monitorima koje rešavaju problem kapsulacijom funkcionalnosti. **Sastoji se iz procedura, init sekvence i lokalnih podataka.**

## Osobine monitora

1. Lokalnim promenljivama se može pristupiti isključivo preko procedura monitora.
2. Proces ulazi u monitor pozivanjem jedne od svojih procedura.
3. U monitoru se istovremeno može izvršavati samo jedan proces.

# Monitori - primer proizvođač/potrošač




```
void producer()
{
      char x;
      while (true) {
      produce(x);
      append(x);
      }
}
void consumer()
{
      char x;
      while (true) {
      take(x);
      consume(x);
      }
}
void main()
{
      parbegin (producer, consumer);
}
```

## Kondicione varijable - operacije

1. **cwait(c)**: suspenduj izvršavanje procesa koji je pozvao. Monitor je sda na raspolaganju za bilo koji drugi proces.
2. **csignal(c)**: nastavi izvršavanje procesa koji je blokiran pozivom **cwait()**. Ako postoji više takvih procesa, izaberi jedan. Inače ne radi ništa.

# Monitori - primer proizvođač/potrošač

## Realizacija procedura u monitoru

```
/* program producerconsumer */
monitor boundedbuffer;
char buffer [N];                                    /* space for N items */
int nextin, nextout;                                  /* buffer pointers */
int count;                                      /* number of items in buffer */
cond notfull, notempty;                /* condition variables for synchronization */

void append (char x)
{
      if (count == N) cwait(notfull);          /* buffer is full; avoid overflow */
      buffer[nextin] = x;
      nextin = (nextin + 1) % N;
      count++;
      /* one more item in buffer */
      csignal (nonempty);                          /*resume any waiting consumer */
}
void take (char x)
{
      if (count == 0) cwait(notempty);        /* buffer is empty; avoid underflow */
      x = buffer[nextout];
      nextout = (nextout + 1) % N);
      count--;                                      /* one fewer item in buffer */
      csignal (notfull);                          /* resume any waiting producer */
}
{                                                                /* monitor body */
      nextin = 0; nextout = 0; count = 0;                /* buffer initially empty */
}
```

# Prosleđivanje poruka

Sva osnovna zahteva za procese su postizanje **sinhronizacije** i **komunikacije**.

## Primitive

1. `send(odrediste, poruka)`
2. `receive(izvor, poruka)`

## Pitanje

Koja je osnovna prednost prosleđivanja poruka nad prethodno pomenutim mehanizmima? Na kakvim sistemima sve može da radi?

# Prosleđivanje poruka

## Projektne karakteristike

**Sinhronizacija**

- Slanje
  - blokirano
  - neblokirano
- Primanje
  - blokirano
  - neblokirano
  - ispitivanje prijema

**Format**

- Sadržaj
- Dužina
  - fiksna
  - promenljiva

**Adresiranje**

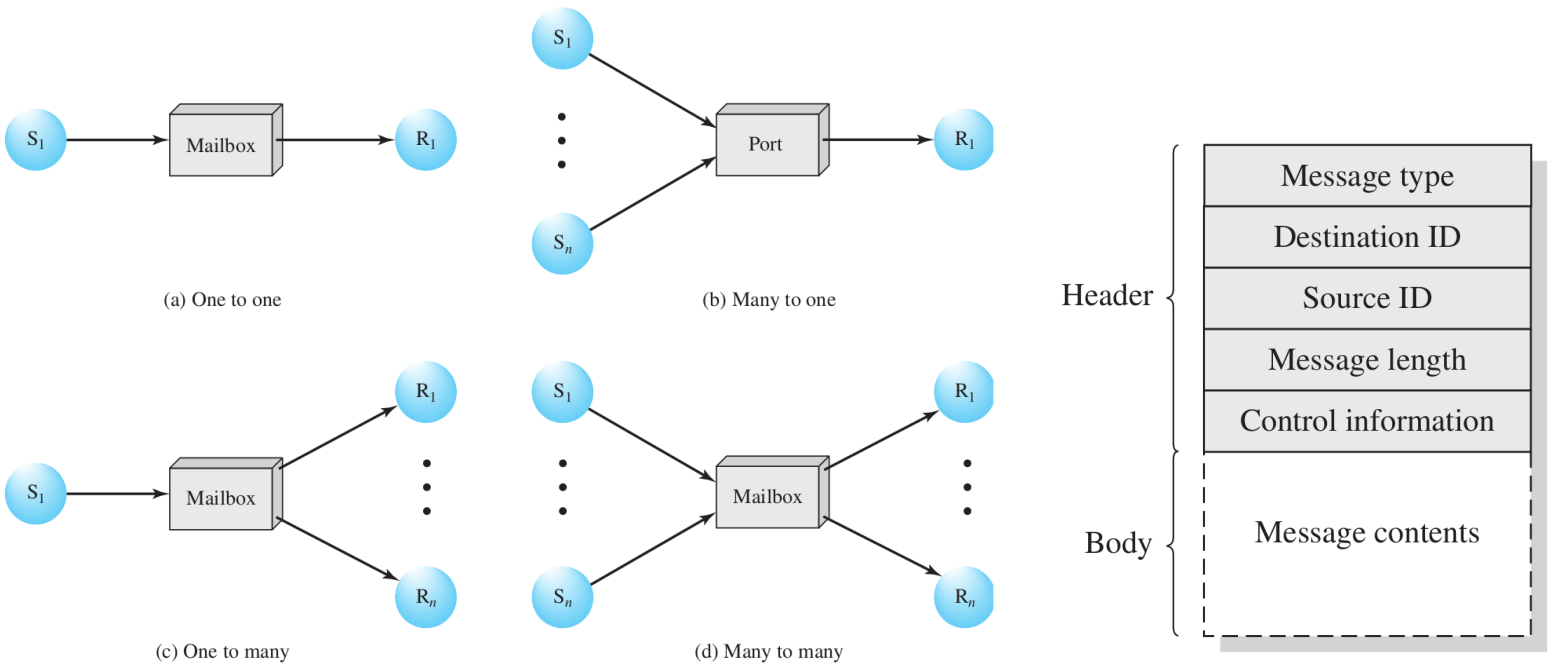
- Direktno
  - slanje
  - primanje
    - eksplicitno
    - implicitno
- Indirektno
  - statičko
  - dinamičko
  - vlasništvo

**Disciplina redova**

- FIFO
- po prioritetu

# Prosleđivanje poruka
## Projektne karakteristike

Slika: Levo: Indirektna komunikacija procesa. Desno: Opšti format poruke



# Uzajamno isključivanje tehnikom poruka

```
/* program uzajamno iskljucivanje */
const int n = /* broj procesa */
void P(int i)
{
    message msg;
    while (true) {
        receive (box, msg);
       /* critical section */;
       send (box, msg);
      /* remainder */;
    }
}
void main()
{
    create mailbox (box);
    send (box, null);
    parbegin (P(1), P(2), . . ., P(n));
}
```

**Digresija**

U oblasti računarskih mreža, prosleđivanje *tokena* se primenjuje u velikoj meri (*token ring*).

# Problem proizvođača/potrošača tehnikom poruka

```
const int
capacity = /* kapacitet bafera */ ;
null = /* prazna poruka */ ;
int i;
void producer()
{
   message pmsg;
   while (true) {
      receive (mayproduce,pmsg);
      pmsg = produce();
      send (mayconsume,pmsg);
   }
}

void consumer()
{
   message cmsg;
   while (true) {
      receive (mayconsume,cmsg);
      consume (cmsg);
      send (mayproduce,null);
   }
}

void main()
{
   create_mailbox (mayproduce);
   create_mailbox (mayconsume);
   for (int i = 1;i <= capacity;i++)
      send (mayproduce,null);
   parbegin (producer,consumer);
}
```

# Problem čitalaca i pisaca

1. Bilo koji broj čitalaca može simultano da čita dokument
2. Samo jedan pisac u jednom trenutku može da upisuje u dokument
3. Ukoliko pisac upisuje, nijedan čitalac ne može da čita

## Pitanja

1. Da li se ovaj problem može svesti na problem uzajamnog isključivanja?
2. Da li se ovaj problem može svesti na proizvođača/potrošača?

# Rešenje kada čitaoci imaju prednost

## Problem čitalaca i pisaca

```
/* program readersandwriters */
int readcount;
semaphore x = 1,wsem = 1;
void reader()
{
    while (true){
     semWait (x);
     readcount++;
     if(readcount == 1)
         semWait (wsem);
     semSignal (x);
     READUNIT();
     semWait (x);
     readcount;
     if(readcount == 0)
         semSignal (wsem);
     semSignal (x);
    }
}
```

```
void writer()
{
    while (true){
     semWait (wsem);
     WRITEUNIT();
     semSignal (wsem);
    }
}

void main()
{
    readcount = 0;
    parbegin (reader,writer);
}
```

**Pitanje**

Čemu služi semafor **x**, a čemu semafor **wsem**?

# Rešenje kada pisci imaju prednost

## Problem čitalaca i pisaca

Problem prethodnog rešenja je u tome što dok god ima i jedog čitaoca, pisac neće moći da pristupi. Može doći do **gladovanja**.

### Novi semafori

1. Semafor **rsem** sprečava sve čitaoce dok god ima i jednog pisca koji pristupa dokumentu
2. Promenljiva **writecount** kontroliše postavljanje **rsem**
3. Semafor **y** kontroliše ažuriranje promenljive **writecount**
4. Semafor **z** je potreban da se ne bi stvorio dug red čitalaca ispred **rsem**. Samo jedan čitalac sme da čeka ispred **rsem**, dok svi ostali čekaju ispred **z**.

# Rešenje kada pisci imaju prednost

## Problem čitalaca i pisaca

```
/* program readersandwriters */
int readcount,writecount;
semaphore x = 1, y = 1, z = 1, wsem = 1, rsem = 1;
void reader()
{
    while (true){
     semWait (z);
          semWait (rsem);
               semWait (x);
                    readcount++;
                    if (readcount == 1)
                         semWait (wsem);
                    semSignal (x);
               semSignal (rsem);
          semSignal (z);
          READUNIT();
          semWait (x);
               readcount--;
               if (readcount == 0) semSignal (wsem);
          semSignal (x);
    }
}
```

```
void writer ()
{
    while (true){
          semWait (y);
               writecount++;
               if (writecount == 1)
                    semWait (rsem);
          semSignal (y);
          semWait (wsem);
          WRITEUNIT();
          semSignal (wsem);
          semWait (y);
               writecount;
               if (writecount == 0) semSignal (rsem);
          semSignal (y);
    }
}
void main()
{
    readcount = writecount = 0;
    parbegin (reader, writer);
}
```

**Pitanje**

Šta se dešava ako su prisutni samo čitaoci? A samo pisci?

# Rešenje kada pisci imaju prednost

## Problem čitalaca i pisaca

| | |
|---|---|
| Samo čitaoci u sistemu | • postavljen semafor **wsem**<br>• nema redova čekanja |
| Samo pisci u sistemu | • postavljeni semafori **wsem** i **rsem**<br>• pisci prave red pred semaforom **wsem** |
| I čitaoci i pisci, prvo čitanje | • semafor **wsem** postavlja čitalac<br>• semafor **rsem** postavlja pisac<br>• pisci prave red pred semaforom **wsem**<br>• jedan čitalac se nalazi ispred **rsem**<br>• ostali čitaoci prave red ispred **z** |
| I čitaoci i pisci, prvo upisivanje | • semafor **wsem** postavlja pisac<br>• semafor **rsem** postavlja pisac<br>• jedan čitalac se nalazi ispred **rsem**<br>• ostali čitaoci prave red ispred **z** |

# Rešenje problema čitalaca i pisaca preko poruka

## Problem čitalaca i pisaca

Sistem se sastoji iz tri različite vrste komponenti: **čitalaca**, **pisaca** i jedinstvenog **kontrolera**.

### Promenljiva *count*

1. Ako je $count > 0$, onda nema pisaca koji čekaju na svoj red.
2. Ako je $count = 0$, jedini zahtev koji čeka je zahtev pisca. Piscu treba dozvoliti pristup i sačekati poruku *finished*.
3. Ako je $count < 0$, tada je pisac napravio zahtev, ali mora da čeka da završe svi aktivni čitaoci. Iz tog razloga, primaju se samo *finished* poruke.

# Rešenje problema čitalaca i pisaca preko poruka

## Problem čitalaca i pisaca

```
void reader(int i)
{
   message rmsg;
      while (true) {
         rmsg = i;
         send (readrequest, rmsg);
         receive (mbox[i], rmsg);
         READUNIT ();
         rmsg = i;
         send (finished, rmsg);
      }
}
void writer(int j)
{
   message rmsg;
   while(true) {
      rmsg = j;
      send (writerequest, rmsg);
      receive (mbox[j], rmsg);
      WRITEUNIT ();
      rmsg = j;
      send (finished, rmsg);
   }
}
```

```
void  controller()
{
      while (true)
      {
         if (count > 0) {
            if (!empty (finished)) {
               receive (finished, msg);
               count++;
            }
            else if (!empty (writerequest)) {
               receive  (writerequest,  msg);
               writer_id = msg.id;
               count = count - 100;
            }
            else if (!empty (readrequest)) {
               receive (readrequest, msg);
               count--;
               send (msg.id, "OK");
            }
         }
         if (count == 0) {
            send (writer_id, "OK");
            receive (finished, msg);
            count = 100;
         }
         while (count < 0) {
            receive (finished, msg);
            count++;
         }
      }
}
```