Задачи за семафори

1. Всеки от процесите P и Q изпълнява поредица от три инструкции:

   process P process Q

   p_1 q_1
   p_2 q_2
   p_3 q_3

   Осигурете чрез 2 семафора синхронизацията на P и Q така, че отделните инструкции да се изпълняват в реда: p_1, q_1, p_2, q_2, p_3, q_3

   Използваме семафорите t1 и t2, инициализираме ги така:

   ```
   semaphore t1, t2
   t1.init(1)
   t2.init(0)
   ```

   Добавяме в кода на процесите P и Q синхронизиращи инструкции:

   process P process Q

   ```
   t1.wait()        t2.wait()
   p_1              q_1
   t2.signal()      t1.signal()
   t1.wait()        t2.wait()
   p_2              q_2
   t2.signal()      t1.signal()
   t1.wait()        t2.wait()
   p_3              q_3
   t2.signal()      t1.signal()
   ```

2. Множество паралелно работещи копия на всеки от процесите P и Q изпълняват поредица от 3 инструкции

   process P process Q
   p_1 q_1
   p_2 q_2
   p_3 q_3

   Осигурете чрез семафори синхронизация на работещите копия, така че:

1.Три инструкции - p_1, q_2, p_3 се редуват циклично.

2.Първа се изпълнява инструкция p_1 на някое от работещите копия на процес P. След завършването ѝ се изпълнява инструкция q_2 на някое копие на Q, а след нея - p_3 на копие на P. С това цикълът завършва и отново може да се изпълни инструкция p_1 на някое от работещите копия на процес P.

За исканите в условието синхронизации използваме три семафора - t1, t2 и t3, инициализираме ги така:

```
semaphore t1, t2, t3
t1.init(1)
t2.init(0)
t3.init(0)
```

Добавяме в кода на процесите P и Q синхронизиращи инструкции:

```
process P          process Q

t1.wait()           q_1
p_1                 t2.wait()
t2.signal()         q_2
p_2                 t3.signal()
t3.wait()           q_3
p_3
t1.signal()
```

3. Множество паралелно работещи копия на всеки от процесите P и Q изпълняват поредица от 2 инструкции:

```
process P          process Q
 p_1                 q_1
 p_2                 q_2
```

Осигурете чрез семафори синхронизация на работещите копия, така че:

1.Инструкцията q_2 на всяко от работещите копия на Q да се изпълни след като инструкция p_1 е завършила изпълнението си в поне 3 работещите копия на P. Упътване: Освен семафори, ползвайте и брояч.

За исканите в условието синхронизации използваме брояч cnt и 2 семафора - m1 и m2, инициализираме ги така:

```
semaphore m1, m2
m1.init(1)
m2.init(0)
int cnt=0
```

Добавяме в кода на процеса P синхронизиращи инструкции:

```
process P
p_1
m1.wait()
cnt=cnt+1
if cnt=3 m2.signal()
m1.signal()
p_2
```

Добавяме в кода на процеса Q синхронизиращи инструкции:

```
process Q
q_1
m2.wait()
m2.signal()
q_2
```

Семафорът m1 ползваме като мутекс, който защитава брояча. Стойността на cnt е равна на броя копия на процеса P, които са изпълнили своята първа инструкция. Семафорът m2 блокира изпълнението на инструкция q_2. Когато третото копие на процеса P изпълни p_1, към семафора m2 се подава сигнал, който го деблокира и позволява на всички копия на Q да изпълнят втората си
инструкция.

4. Множество паралелно работещи копия на всеки от процеса P изпълняват поредица от 2 инструкции:

```
process P
 p_1
 p_2
```

Осигурете чрез семафори синхронизация на работещите копия, така че:

1.Инструкцията p_2 на всяко от работещите копия да се изпълни след като инструкция p_1 е завършила изпълнението си в поне 3 работещи копия. Упътване: Освен семафори, ползвайте и брояч.

За исканите в условието синхронизации използваме брояч cnt и 2 семафора - m1 и m2, инициализираме ги така:

```
semaphore m1, m2
m1.init(1)
m2.init(0)
int cnt=0
```

Добавяме в кода на процеса P синхронизиращи инструкции:

```
process P

p_1
m1.wait()
cnt=cnt+1
if cnt=3 m2.signal()
m1.signal()
m2.wait()
m2.signal()
p_2
```

Семафорът m1 ползваме като мутекс, който защитава брояча. Стойността на cnt е равна на броя копия на процеса P, които са изпълнили своята първа инструкция. Семафорът m2 блокира изпълнението на инструкция p_2. Когато третото копие на процеса P изпълни p_1, към семафора m2 се подава сигнал, който го деблокира и позволява на всички копия да изпълнят втората си инструкция.

5. Всеки от процесите P, Q и R изпълнява поредица от три инструкции:

process P	process Q	process R
p_1	q_1	r_1
p_2	q_2	r_2
p_3	q_3	r_3

Осигурете чрез семафори синхронизация на P, Q и R така, че да се изпълнят следните изисквания:

(а) Инструкция p_1 да се изпълни преди q_2 и r_2.

(б) Ако q_2 се изпълни преди r_2, то и q_3 да се изпълни преди r_2.

(в) Ако r_2 се изпълни преди q_2, то и r_3 да се изпълни преди q_2.

За синхронизация използваме семафор t, инициализираме го с блокиращо начално състояние :

```
semaphore t

t.init(0)
```

Добавяме в кода на процесите P, Q и R синхронизиращи инструкции:

```
process P          process Q          process R

p_1                  q_1                  r_1
t.signal()           t.wait()             t.wait()
p_2                  q_2          r_2
p_3                  q_3                  r_3
                t.signal()         t.signal()
```

Всяка от инструкциите q_2 и r_2 може да се изпълни след като броячът на семафора t стане положителен. Това се случва за пръв път след изпълнението на ред t.signal() в процеса P, който следва инструкция p_1. Така гарантираме изпълнението на изискване (а). След като броячът на семафора стане 1, един от процесите Q и R ще достигне пръв до ред t.wait() и ще го нулира отново. Ако процесът Q пръв достигне инструкцията t.wait(), той ще изпълни редове q_2 и q_3, а процесът R ще чака ново увеличение на брояча на семафора, което се случва след изпълнението на последния ред t.signal() в процеса Q. Така гарантираме изпълнението на изискване (б). Ако процесът R пръв достигне инструкцията t.wait(), той ще изпълни редове r_2 и r_3, а процесът Q ще чака ново увеличение на брояча на семафора, което се случва след изпълнението на последния ред t.signal() в процеса R. Така гарантираме изпълнението на изискване (в).

6. Всеки от процесите P и Q изпълнява поредица от две инструкции:

```
process P          process Q

 p_1                  q_1
 p_2                  q_2
```

Осигурете чрез семафори синхронизацията на P и Q така, че инструкция p_1 да се изпълни преди q_2, а q_1 да се изпълни преди p_2.

За двете искани в условието синхронизации използваме два семафора – t1 и t2, инициализираме ги с блокиращо начално състояние:

```
semaphore t1, t2
```

t1.init(0)
t2.init(0)

Добавяме в кода на процесите P и Q синхронизиращи инструкции:

process P	process Q
p_1	q_1
t1.signal()	t2.signal()
t2.wait()	t1.wait()
p_2	q_2

Инструкцията q_2 ще се изпълни след като процесът Q премине бариерата t1.wait(). Това се случва след изпълнението от P на ред t1.signal(), който следва инструкция p_1. Аналогично, инструкцията p_2 ще се изпълни след изпълнението на ред t2.signal(), който следва инструкцията q_1. Решението на задачата осигурява среща във времето (rendezvous) на двата процеса. Важен е редът на извикване на инструкциите, управляващи семафорите. Ако го обърнем, получаваме класически пример за deadlock.

7. Паралелно работещи копия на всеки от процесите P и Q изпълняват поредица от 2 инструкции

process P	process Q
p_1	q_1
p_2	q_2

Осигурете чрез семафори синхронизацията на работещите копия така че:
а) Във произволен момент от времето да работи най-много едно от копията.
б) Работещите копия да се редуват във времето – след изпълнение на копие на P, да следва изпълнение на копие на Q, и обратно.
в) Първоначално да е разрешено да се изпълни копие на P.

Използваме два семафора – s_p и s_q, инициализираме ги така:

semaphore s_p, s_q
s_p.init(0)
s_q.init(0)

Добавяме в кода на процесите P и Q синхронизиращи инструкции:

```
process P          process Q

s_p.wait()         s_q.wait()
p_1                q_1
p_2                q_2
s_q.signal()       s_p.signal()
```

8. Няколко копия на процеса P изпълняват поредица от три инструкции:

```
process P

p_1
p_2
p_3
```

Осигурете чрез семафор синхронизацията на копията така, че най-много един процес да изпълнява инструкция p_2 във всеки един момент.

9. Всеки от процесите P, Q и R изпълнява поредица от три инструкции:

```
process P          process Q          process R
  p_1                q_1                r_1
  p_2                q_2                r_2
  p_3                q_3                r_3
```

Осигурете чрез семафори синхронизация на P, Q и R така, че да са изпълнени едновременно условията:

(1) инструкция p_1 да се изпълни преди q_2 и r_2.
(2) инструкция p_3 да се изпълни след q_2, r_2.

Добавяме в кода на процесите P, Q и R синхронизиращи инструкции:

```
process P          process Q          process R

p_1                q_1                r_1
s.signal()         s.wait()           s.wait()
p_2                s.signal()         s.signal()
t.wait()    q_2                r_2
u.wait()           t.signal()         u.signal()
```

p_3 q_3 r_3

Всяка от инструкциите q_2 и r_2 може да се изпълни след като съответния процес премине бариерата s.wait(). Това се случва за пръв път след изпълнението на ред s.signal() в процеса P, който следва инструкция p_1. Така изпълнението на p_1 преди q_2 и r_2 е гарантирано. Да допуснем, че процесът Q преминава през инструкцията си s.wait() преди процеса R. Веднага след това той изпълнява s.signal(), което ще позволи и на R да премине през своята инструкция s.wait(). Така ще се осигури изпълнението и на двете инструкции q_2 и r_2. Аналогична е ситуацията, когато R преминава през s.wait() преди процеса Q. Работата със семафорите t и u осигурява изпълнението на условие (2).

10. Всеки от процесите P, Q и R изпълнява поредица от три инструкции:

process P	process Q	process R
p_1	q_1	r_1
p_2	q_2	r_2

Осигурете чрез три семафора синхронизацията на P, Q и R така, че отделните инструкции да се изпълнят в следния времеви ред: p_1, q_1, r_1, p_2, q_2, r_2

Използваме семафорите t1, t2 и t3, инициализираме ги така:

```
semaphore t1, t2, t3

t1.init(1)
t2.init(0)
t3.init(0)
```

Добавяме в кода на процесите синхронизиращи инструкции:

process P	process Q	process R
t1.wait()	t2.wait()	t3.wait()
p_1	q_1	r_1
t2.signal()	t3.signal()	t1.signal()
t1.wait()	t2.wait()	t3.wait()
p_2	q_2	r_2
t2.signal()	t3.signal()	t1.signal()

11. Всеки от процесите P и Q изпълнява поредица от три инструкции:

```
process P        process Q
  p_1              q_1
  p_2              q_2
  p_3              q_3
```

Осигурете чрез два семафора синхронизацията на P и Q, така че да са изпълнени едновременно следните времеви зависимости:
(1) Инструкция p_1 да се изпълни преди q_2
(2) Инструкция q_2 да се изпълни преди p_3
(3) Инструкция q_1 да се изпълни преди p_2
(4) Инструкция p_2 да се изпълни преди q_3

Условия (1) и (3) определят времева среща (randevous) на процесите след първата им инструкция. Аналогично (2) и (4) определят randevouz на процесите след втората им инструкция. За двете срещи използваме два семафора – t1 и t2, инициализираме ги с блокиращо начално състояние:

```
semaphore t1, t2

t1.init(0)
t2.init(0)
```

Добавяме в кода на процесите P и Q синхронизиращи инструкции:

```
process P        process Q

p_1              q_1
t1.signal()      t2.signal()
t2.wait()        t1.wait()
p_2              q_2
t1.signal()      t2.signal()
t2.wait()        t1.wait()
p_3              q_3
```

Инструкцията q_2 ще се изпълни след като броячът на семафора t1 стане положителен. Това се случва след изпълнението на ред t1.signal(), който следва инструкция p_1. Аналогично, инструкцията p_2 ще се изпълни след като броячът на семафора t2 стане положителен. Това се случва след изпълнението на ред t2.signal(), който следва инструкция q_1. По подобен начин ще се развият събитията и след вторите инструкции. Лесно се вижда, че след първото randevouz стойностите на броячите в семафорите ще са 0 и процесите коректно ще реализират втората среща със същите семафори.

12. Множество паралелно работещи копия на всеки от процесите P и Q изпълняват поредица от две инструкции:

```
process P        process Q
 p_1               q_1
 p_2               q_2
```

Осигурете чрез семафори синхронизация на P и Q, така че поне една инструкция p_1 да се изпълни преди всички q_2, и поне една инструкция q_1 да се изпълни преди всички p_2.

За двете искани в условието синхронизации използваме два семафора – t1 и t2, инициализираме ги с блокиращо начално състояние:

```
semaphore t1, t2
t1.init(0)
t2.init(0)
```

Добавяме в кода на процесите P и Q синхронизиращи инструкции:

```
process P        process Q

p_1              q_1
t1.signal()      t2.signal()
t2.wait()        t1.wait()
t2.signal()      t1.signal()
p_2              q_2
```

Произволна инструкция q_2 ще се изпълни, след като изпълняващото я копие на процеса Q премине бариерата t1.wait(). Бариерата ше се отпуши след изпълнението от поне едно копие на P на ред t1.signal(), който следва инструкция p_1. Копията на Q изпълняват поредица t1.wait(), t1.signal(). Така семафорът t1 ще събуди всички приспани други копия на Q и ще осигури завършването им. Аналогично, произволна инструкция p_2 ще се изпълни след първото изпълнение на ред t2.signal() в някое копие на Q, който следва инструкция q_1.

13. Всеки от процесите P, Q и R изпълнява поредица от три инструкции:

```
process P        process Q        process R
  p_1              q_1              r_1
  p_2              q_2              r_2
  p_3              q_3              r_3
```

Осигурете чрез семафори синхронизация на P, Q и R така, че да изпълняват следните изисквания:

(а) инструкция p_1 да се изпълни преди q_2 и r_2.

(б) инструкция r_2 да се изпълни след p_3.

14. Всеки от процесите P, Q и R изпълнява поредица от три инструкции:

process P	process Q	process R
p_1	q_1	r_1
p_2	q_2	r_2
p_3	q_3	r_3

Осигурете чрез семафори синхронизация на P, Q и R така, че да се изпълнят едновременно следните изисквания:

(а) Някоя от инструкциите p_2 и q_2 да се изпълни преди r_2.

(б) Ако инструкция p_2 се изпълни преди r_2, то q_2 да се изпълни след r_2.

(в) Ако инструкция q_2 се изпълни преди r_2, то p_2 да се изпълни след r_2.

За синхронизация използваме семафори f и u, инициализираме ги така:

```
semaphore f, u
f.init(1)
u.init(0)
```

Добавяме в кода на процесите P, Q и R синхронизиращи инструкции:

process P	process Q	process R
p_1	q_1	r_1
f.wait()	f.wait()	u.wait()
p_2	q_2	r_2
u.signal()	u.signal()	f.signal()
p_3	q_3	r_3

Инструкция r_2 може да се изпълни след като семафорът u, който в началото е блокиран, получи сигнал. Това става единствено след изпълнението на някоя от инструкциите p_2 и q_2. Така осигуряваме изпълнението на условие (а). Броячът на семафора f в началото е 1, само един от процесите P и Q ще премине реда си f.wait() и ще го нулира, другият

процес ще чака сигнал. Това става само след изпълнението на ред f.signal() от процеса R, след изпълнение на инструкция r_2. Така осигуряваме изпълнението на условия (б) и (в). Ако процесът P пръв достигне инструкцията f.wait(), ще се изпълни предпоставката на условие (б), редът на изпълнение на интересните инструкции ще е p_2, r_2, q_2. Ако процесът Q пръв достигне инструкцията f.wait(), ще се изпълни предпоставката на условие (в), редът на изпълнение на интересните инструкции ще е q_2, r_2, p_2.

Теоретични задачи

- **Опишете накратко основните процедури и структури от данни, необходими за реализация на семафор.**

  Структурите данни, необходими за реализация на семафор са:

  1.Брояч cnt, в който се пази броя на процесите, които могат да бъдат допуснати до ресурса, охраняван от семафора.

  2.Контейнер Q, в който се пази информация кои процеси чакат достъп до ресурса.

  Процедурите, необходими за реализация на семафор са:

  1.Конструктор Init(c0:integer), който задава начална стойност на брояча cnt. Контейнерът Q се инициализира да е празен.

  2.Метод Wait(), който се ползва при опит за достъп до ресурса(заемане на ресурса). Броячът се намалява с 1 и ако стане отрицателен, процесът викащ Wait() се блокира, а номерът му се вкарва в контейнера Q.

  3.Метод Signal(), който се ползва при завършване на достъпа до ресурса(освобождаване на ресурса). Броячът се увеличава с 1 и ако Q не е празен, един от процесите в него се вади и активира

  Каква е разликата между слаб и силен семафор?

  Семафор е силен, когато контейнера Q е реализиран като обикновена опашка - винаги активираме процеса, блокиран най-рано.

  Семафор е слаб, когато контейнера Q не е реализиран като обикновена опашка - при изпълнение на Signal() активираме процес, който може да не е първи в списъка на чакащите.

Опишете максимално несправедлива ситуация, която може да се получи в избирателна секция, ако на входа на секцията пазач - член на изборната комисия пуска гласоподавателите вътре така:

1. Във всеки момент в секцията може да има най-много двама гласоподаватели.

2. Пазачът работи като слаб семафор.

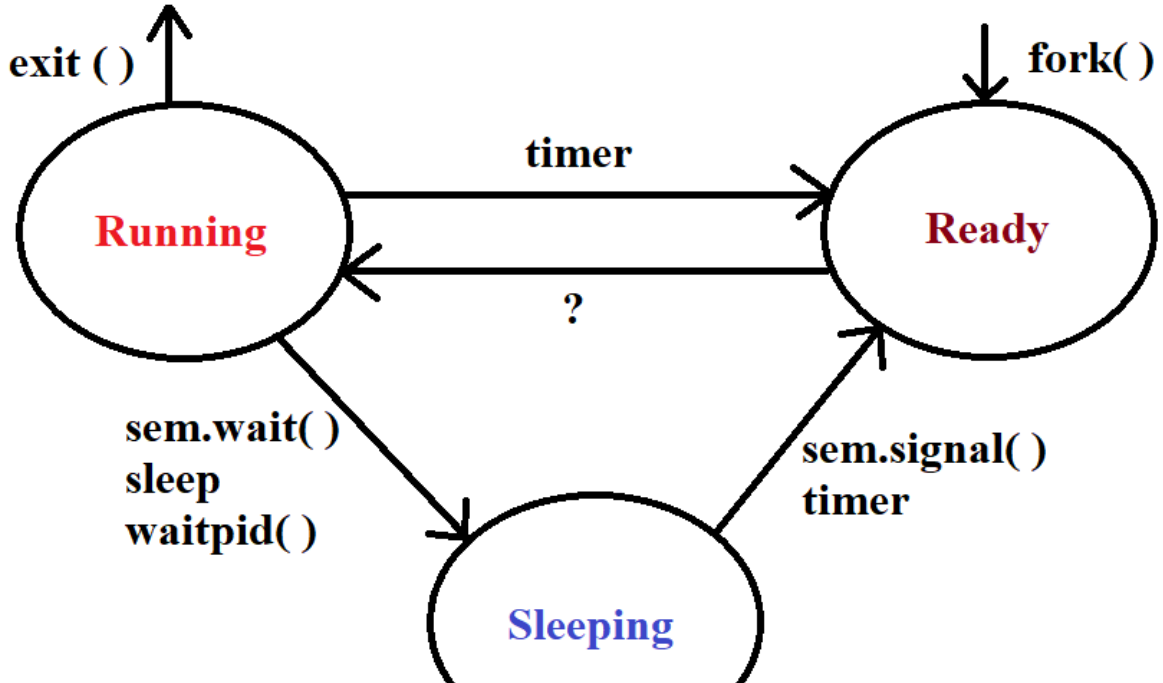
Ако пазачът на входа на избирателната секция действа като слаб семафор, може да се получи ситуацията:

Първите двама гласоподаватели влизат в секцията, пристига трети гласоподавател(неприятел на пазача) и чака. След него пристигат приятели на пазача и той ги пуска с предимство. Така третият гласоподавател чака цял ден и гласува последен. Такава ситуация при достъп до ресурс се нарича starvation (гладуване).

- **Какви са възможните състояния на процес. Нарисувайте диаграма на състоянията и преходите между тях. Опишете накратко ситуациите, предизвикващи преходи между състоянията.**

Възможните състояния на процес са:

- Running – използва активно CPU
- Ready – очаква CPU
- Sleeping – приспан/блокиран процес, очаква вход-изход
- Stopped – процес в периода между kill и освобождаването на ресурс



- **Опишете разликата между синхронни и асинхронни входно-изходни операции. Дайте примери за програми, при които се налага използването на асинхронен вход-изход.**

  При синхронна входно-изходна операция системното извикване може да доведе до приспиване (блокиране) на потребителския процес, поръчал операцията. Същевременно, при нормално завършване, потребителският процес разчита на коректно комлектоване на операцията – четене/запис на всички предоставени/поръчани данни във/от входно-изходния канал, или цялостно изпълнение на друг вид операция (примерно, изграждане на TCP връзка). При асинхронна входно-изходна операция системното извикване не приспива (не блокира) потребителския процес, поръчал операцията. Същевременно, при невъзможност да се комплектова операцията, ядрото връща управлението на процеса със специфичен код на грешка и друга информация, която служи за определяне на степента на завършеност на операцията. Потребителският процес трябва да анализира ситуацията и при нужда да направи ново системно повикване по-късно, с цел да довърши операцията. Използването на асинхронни операции позволява на един процес да извършва паралелна комуникация по няколко канала с различни устройства или процеси, без да бъде блокиран в случай на липса на входни данни, препълване на буфер за изходни данни или друга ситуация, водеща до блокиране. Типични примери: (1) Когато ползваме WEB-browser, той трябва да реагира на входни данни от клавиатура и мишка, както и на данните, постъпващи от интернет, т.е. на поне 3 входни канала. Браусерът проверява чрез асинхронни опити за четене по кой от каналите постъпва информация и реагира адекватно. (2) Сървер в интернет може да обслужва много на брой клиентски програми, като поддържа отворени TCP връзки към всяка от тях. За да обслужва паралелно клиентите, сървърът трябва да ползва асинхронни операции, за да следи по кои връзки протича информация и кои са пасивни. Когато програмата ползва асинхронни операции и никой от входно-изходните канали не е готов за обмен на данни, тя има нужда от специален механизъм за предоствяне на изчислителния ресурс на останалите процеси. Обикновено в такива случаи програмата се приспива сама за кратък период от време (в UNIX това става с извикване на sleep(), usleep() или nanosleep()).

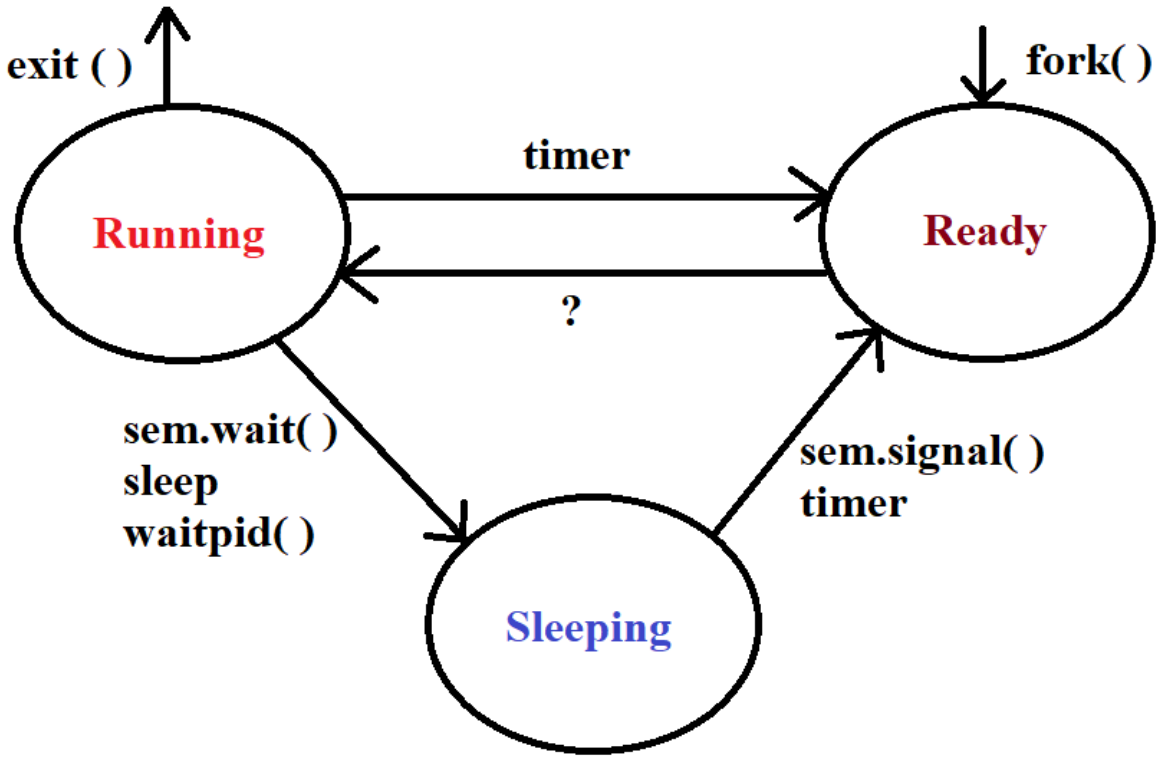
- **Опишете какви изисквания удовлетворява съвременна файлова система, реализирана върху блочно устройство (block device). Опишете накратко реализацията и целта на следните инструменти: (а) отлагане на записа, алгоритъм на асансьора**

(б) поддържане на журнал на файловата система

- Опишете накратко кои системни извиквания изграждат стандартните комуникационни канали в UNIX – неименувана тръба (pipe), връзка процес-файл, двустранна връзка процес-процес (connection).

- Опишете реализацията на комуникационна тръба (pipe) чрез семафори. Предполагаме, че тръбата може да съхранява до n байта, подредени в обикновена опашка. Тръбата се ползва от няколко паралелно работещи изпращачи/получатели на байтове. Процесите изпращачи слагат байтове в края на опашката, получателите четат байтове от началото на опашката. Упътване: В теорията на конкурентното програмиране задачата е известна като "producer-consumer problem".

- Да приемем, че в съвременната операционна система процесът има 4 състояния: R – работещ (running, използва CPU) A – активен (ready, очаква CPU) S – блокиран (sleeping, очаква вход/изход) T – изчакващ време (sleeping, очаква времеви момент). Нарисувайте диаграма на състоянията и преходите между тях. Диаграмата е ориентиран граф с върхове отделните състояния и ребра – възможните преходи. Опишете накратко събитията, предизвикващи преход по всяко ребро на графа.



- **Опишете накратко основните комуникационни канали в ОС Linux. Кои канали използват пространството на имената и кои не го правят?**

  Основните комуникационни канали в ОС Linux са тръба (pipe), именувана тръба (fifo), връзка процес-файл и конекция (изградена с механизма socket). Всички, освен обикновената тръба, използват пространството на имената. Именуваната тръба се ползва рядко, ако не я споменете, не губите точки. Операциите за ползване на канала са общи – read(…), write(…), close(…). Специфични са извикванията за изграждане на различните видове канали.

- **Опишете как се изгражда комуникационен канал (connection) между процессървер и процес-клиент със следните системни извиквания в стандарта POSIX: socket(), bind(), connect(), listen(), accept()**

- **Опишете реализацията на комуникационна тръба (pipe) чрез семафори. Предполагаме, че тръбата може да съхранява до n байта, подредени в обикновена опашка. Тръбата се ползва от няколко паралелно работещи изпращачи/получатели на байтове. Процесите изпращачи слагат байтове в края на опашката, получателите четат байтове от началото на опашката.**