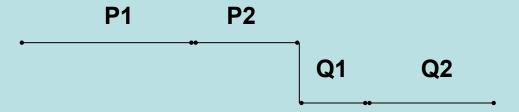
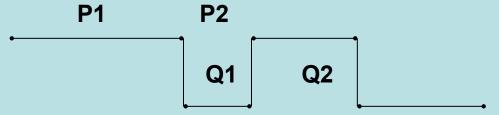
Взаимодействующие параллельные процессы

Параллельные процессы

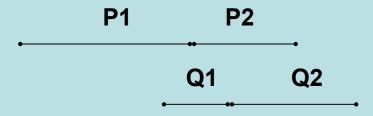
Последовательные процессы



Логические параллельные процессы

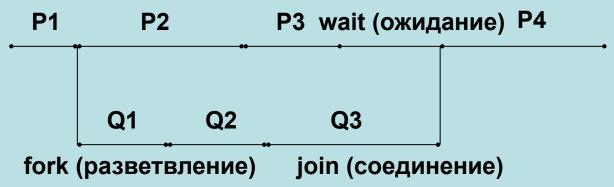


Физические параллельные процессы

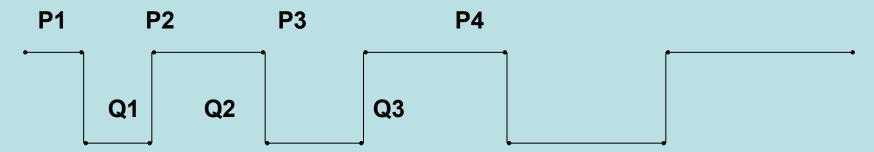


Взаимодействующие процессы

Физически параллельные



Логически параллельные



Взаимодействующие процессы

Независимые процессы имеют свое множество переменных и ресурсов. Другие процессы не могут изменить значения переменных этого процесса.

Взаимодействующие процессы – совместно используют общие ресурсы, и выполнение одного процесса влияет на результат другого. Ресурсами могут быть области памяти, файлы данных, ВУ и т.д.

Взаимодействовать могут *конкурирующие процессы*, каждый из которых использует совместный ресурс только для своих целей, либо процессы, совместно выполняющие общую работу – *асинхронные процессы*.

Использование общего ресурса

Создание	Завершение
1 mov CX,Count	4 mov CX,Count
2 inc CX	5 dec CX
3 mov Count,CX	6 mov Count,CX

В результате прерывания последовательность действий обеих программ может измениться. Пусть Count = 10 и эта последовательность станет 1-4-5-6-2-3.

```
1 CX = 10

4 CX = 10

5 CX = 9

6 Count = 9

2 CX = 11

3 Count = 11
```

Правильное значение CX = 10 Эта ситуация называется *коллизией*. Работа с Count не является единой неделимой операцией.

1 inc Count

2 dec Count

Проблема критического участка

Общий ресурс, совместно используемый несколькими параллельными процессами, получил название – *критический ресурс*.

Часть программы, использующая критический ресурс, называется **критическим участком** (критическим интервалом, критической секцией, критической областью).

Требования к критическому участку программы:

- только один процесс может находиться внутри критического участка (*взаимное исключение*);
- ни один процесс не должен ждать бесконечно долго входа в критический участок;
- ни один процесс не может оставаться внутри критического интервала бесконечно долго;
- -операции взаимного исключения должны выполняться корректно при нарушении работы одного или нескольких процессов вне критического участка (устойчивость к нарушениям);
- вход и выход взаимоисключения должны быть идентичными для всех процессов и не зависеть от их числа (симметрия).

Методы взаимоисключения

Используется множество методов взаимоисключения взаимодействующих параллельных процессов в критических участках:

- взаимное исключение с активным ожиданием:
 - запрещение прерываний,
 - строгое чередование,
 - алгоритмы Деккера и Петерсона,
 - операция проверки и установки;
- семафоры и мьютексы;
- мониторный механизм взаимоисключения;
- обмен сообщениями между процессами;

Параллельные процессы без взаимоисключения

(переменные управления взаимоисключением) procedure PROC1; procedure PROC2; <u>begin</u> begin while (true) do while (true) do <u>begin</u> <u>begin</u> {вход взаимоисключения;} {вход взаимоисключения;} критический участок 1; критический участок 2; {выход взаимоисключения;} {выход взаимоисключения;} независимая часть 1; независимая часть 2; <u>end</u> end end; end;

> Cobegin (нач. установка) PROC1; PROC2; coend

Взаимоисключение строгим чередованием процессов

```
<u>var</u> NP: 1,2;
1
       procedure PROC1;
                                          procedure PROC2;
       <u>begin</u>
                                          begin
       while (true) do
                                          while (true) do
       <u>begin</u>
                                          begin
       while NP=2 do;
                                          while NP=1 do;
       критический участок 1;
                                          критический участок 2;
3
       NP:=2;
                                          NP:=1;
       независимая часть 1;
                                          независимая часть 1;
       end
                                          <u>end</u>
       end;
                                          end;
                      Begin
4
                       NP:=1;
                       cobegin
                       PROC1; PROC2; coend;
```

end.

Попытка взаимоисключение с использованием флагов

```
var C1, C2: boolean;
     procedure PROC1;
                                 procedure PROC2;
     begin
                                 begin
     while (true) do
                                 while (true) do
     begin
                                begin
     while C2 do;
                                while C1 do;
     C1:=true;
                                 C2:=true;
     критический участок 1; критический участок 2;
     C1:=false;
                                 C2:=false;
     независимая часть 1;
                                независимая часть 2;
     end
                                 end
     end;
                                 end;
                  Begin
4
                    C1:=false; C2:=false;
                    cobegin
                    PROC1; PROC2; coend;
                  end.
```

Алгоритм Деккера

VAR C1,C2:Boolean; NP:1,2; procedure PROC1; procedure PROC2; begin begin while (true) do while (true) do begin begin C1:=TRUE; C2:=TRUE;while C2 do while C1 do If NP=2 then If NP=1 then begin begin C1:=FALSE; C2:=FALSE; While NP=2 do; While NP=1 do; C1:=TRUE; C2:=TRUE;end; end; критический участок 1; критический участок 2; NP:=2; C1:=FALSE; NP:=1; C2:=FALSE;независимая часть 2; независимая часть 1; end end; end end; begin NP := 1;C1:=FALSE; C2:=FALSE; Cobegin PROC1; PROC2; coend; end.

Алгоритм Петерсона

```
var C1, C2: boolean; var NP:1,2;
procedure PROC1;
                           procedure PROC2;
begin
                           begin
while (true) do
                           while (true) do
begin
                           begin
C1:=true;
                           C2:=true;
NP:=2;
                          NP:=1;
while (C2 and NP=2) do;
                          while (C1 and NP=1) do;
критический участок 1;
                          критический участок 2;
C1:=false;
                          C2:=false;
независимая часть 1;
                          независимая часть 2;
end
                           end
end;
                          end;
         begin
           C1:=false; C2:=false;
       cobegin PROC1; PROC2; coend;
         end.
```

Взаимоисключение операцией проверка и установка (Test and Set)

```
1
                Var Common:boolean;
               Procedure TS (Лок, Общ);
                  begin Лок:=Общ;
                       Общ:=true; end;
    procedure PROC1;
                                   procedure PROC2;
    Var C1:boolean;
                                   Var C2:boolean;
    begin
                                   begin
    while (true) do
                                   while (true) do
    Begin C1:= true;
                                   Begin C2:=true;
    while C1 do TS(C1,Common); while C2 do TS(C2,Common);
    критический участок 1;
                                   критический участок 2;
3
    Common:=false;
                                   Common:=false;
    независимая часть 1;
                                   независимая часть 1;
    end
                                   end
                                   end;
    end;
               begin Common:=false;
               cobegin PROC1; PROC2; coend;
               end.
```

Операция Test and Set

```
Procedure TS (Лок, Общ);
             begin
                Лок:=Общ;
                Общ:=TRUE;
             end;
Общ:=false;
                              Общ:=true;
(критич. участок свободен)
                          (критич. Участок занят)
Лок1:=True;
                              Лок2:=True;
While Лок1 do TS (Лок1, Общ); While Лок2 do TS (Лок2, Общ);
          true false
                                          true true
          false <- false
                                          true <- true
          false true
                                          true true
Команда BTS источник, индекс
Переносит бит по адресу источник [индекс] -> СБ
(Лок),
Затем бит источник [индекс] <- 1 (Общ).
L: BTSM, 1 ; вход
   JC L ; взаимоисключения
  критическая секция
```

Семафоры

Семафоры, как средство синхронизации параллельных процессов, предложил голландский математик Э. Дейкстра (E. W. Dijkstra) в 1965 г.

Семафор S это агрегат данных, который состоит из счетчика с целыми значениями S.C и очереди процессов S.Q, ждущих входа в критический участок. При создании семафора счетчик принимает начальное значение C >= 0, а очередь – пустая.

Две операции над числовыми семафорами.

```
P(S)- проверить (proberen)
Down(S)

S.C:=S.C-1

If S.C < 0 then
begin
перевести Процесс в
состояние «Ожидание»;
S.Q:= процесс
End
```

```
Up(S)
S.C:=S.C+1
If S.C <= 0 then
перевести первый Процесс
в S.Q в состояние
«Готовность»
```

V(S) - увеличить (verhogen)

Свойства числового семафора

Работу числового семафора можно сравнить с работой автоматизированной двери, которая открывается, если бросить жетон. Жетон пропускает только одного человека. Жетон бросает не тот, кто проходит, а другой.

Свойства числовых семафоров.

Пусть C0 – начальное значение S.C, nP и nV – общее число выполнения операций P(S) и V(S).

Тогда:

- текущее значение счетчика семафора: S.C = C0 nP + nV;
- число процессов в состоянии ожидания: nB = max(0,-S.C);
- число форсирований: nF = min(nP,C0-nV).

Последний параметр показывает насколько nP больше nV. По аналогии с автоматической дверью nF дает знать, что количество прошедших равно наименьшему из двух чисел, одно из которых есть общее количество опущенных жетонов C0+nV(S), а другое – число желающих пройти дверь.

Логический семафор - mutex

Вместо числовой переменной S.C может использоваться переменная логического типа. Такой логический семафор получил название **мьютекс** (mutex – MUtual EXclusion semaphor, семафор взаимного исключения).

S.C принимает значения TRUE и FALSE, а операции P(S) и V(S) выражаются действиями:

```
P(S)
                                     V(S)
                                     If S.Q=Nill {очередь пуста}
If S.C
then S.C:=FALSE
                                     then
                                      S.C:=TRUE
else
 begin
                                     else
 перевести Процесс в
                                      перевести первый Процесс
                                      из S.Q в состояние
 состояние «Ожидание»;
 S.Q:= процесс
                                      «Готовность»;
 end;
```

Двоичные семафоры используются для операции взаимоисключения нескольких процессов в случае, когда в критическом участке должен находиться только один процесс, числовые семафоры обладают также другими расширенными возможностями.

Взаимоисключение числовым семафором

VAR S:Semaphore;

```
procedure PROC1;
                                    procedure PROC2;
begin
                                    begin
while (true) do
                                    while (true) do
begin
                                    begin
                                        P(S);
   P(S);
критический участок 1;
                                    критический участок 2;
   V(S);
                                        V(S);
независимая часть 1;
                                    независимая часть 2;
<u>end</u>
                                    <u>end</u>
end;
                                    end;
                   <u>begin</u>
                   S.C:=1;
                   cobegin
                     PROC1:
                     PROC2;
                   coend;
                   end.
```

Синхронизация процессов «Главный – Подчиненный»

<u>VAR</u> Event: Semaphore;

```
procedure MASTER;
                                 procedure SLAVE;
<u>begin</u>
                                 begin
   предшествующая часть 1;
                                    предшествующая часть 2;
      P(Event);
                                      V(Event);
   оставшаяся часть 1;
                                    оставшаяся часть 2;
end;
                                 end;
           begin
           Event.C:=0;
           cobegin MASTER; SLAVE; coend;
           end.
```

Обратите внимание, что здесь начальное значение счетчика семафора Event (событие) равно 0, т.е. семафор закрыт. Операция P(Event) переводит главный процесс в состояние «Ожидание», если значение семафора не было изменено. Открыть семафор может подчиненный процесс, сменив значение счетчика на 1, если подчиненный процесс выполнит V(Event) раньше.

Синхронизация процессов «Производитель – Потребитель»

VAR Buf:Record;

```
Start, Finish: Semaphore;
procedure PRODUSER;
                                  procedure CONSUMER;
VAR Rec:Record;
                                  VAR Rec:Record:
<u>begin</u>
                                  begin
                                      P(Start);
 создать запись;
   P(Finish);
                                    Read(Rec,Buf);
Write(Rec,Buf);
                                      V(Finish);
   V(Start);
                                  обработать запись;
end;
                                  end:
          begin
          Start.C:=0; Finish.C:=1;
          cobegin
           Repeat PRODUSER Until FALSE;
           Repeat CONSUMER Until FALSE;
          coend;
          end.
```

Обратите внимание на начальные значения счетчиков семафоров.

«Производитель – Потребитель» множественный буфер

```
<u>VAR</u> Buf:array [1..N] of Record;
             Full, Empty, S: Semaphore;
                             procedure CONSUMER;
procedure PRODUSER;
VAR Rec: Record;
                             VAR Rec:Record;
begin
                              begin
                                     P(Full);
   создать запись;
      P(Empty);
                                     P(S);
      P(S);
                                 Read(Rec, Buf);
Write (Rec, Buf);
                                     V(S);
      V(S);
                                     V(Empty);
      V(Full);
                              обработать запись;
end;
                              end;
     <u>begin</u>
     S.C:=1;
             Full.C:= ; Empty.C:= ;
     cobegin
       Repeat PRODUSER Until FALSE;
       Repeat CONSUMER Until FALSE;
     coend;
     end.
```

«Читатели – Писатели» с приоритетом читателей

<u>VAR</u> Nrdr:integer; W,R:Semaphore;

```
procedure READER;
                               procedure WRITER;
begin
                               begin
      P(R);
                                        P(W);
Nrdr:=Nrdr+1;
                               Писать данные;
If Nrdr = 1 then P(W);
                                        V(W);
      V(R);
                               End;
Читать данные;
      P(R);
Nrdr:=Nrdr-1;
If Nrdr = 0 then V(W);
      V(R);
                        Begin Nrdr:=0; W.C:=1; R.C:=1;
end;
                        cobegin
                          Repeat READER Until FALSE;
                          Repeat READER Until FALSE;
                          Repeat WRITER Until FALSE;
                          Repeat WRITER Until FALSE;
                        coend; end.
```

«Читатели – Писатели» с приоритетом писателей

VAR Nrdr:integer; W,R,S:Semaphore; procedure READER; procedure WRITER; begin begin P(S); P(S); P(R); P(W); Nrdr:=Nrdr+1; Писать данные; If Nrdr = 1 then P(W); V(S); V(S); V(W); V(R); End; Читать данные; P(R); Nrdr:=Nrdr-1; If Nrdr = 0 then V(W); V(R); Begin Nrdr:=0; W.C:=1; R.C:=1; S.C:=1; end; cobegin Repeat READER Until FALSE; Repeat READER Until FALSE; Repeat WRITER Until FALSE; Repeat WRITER Until FALSE; coend; end.