Παράλληλη Επεξεργασία
Κεφάλαιο 10ο
Αντίγραφα Εργαζομένων

Κωνσταντίνος Μαργαρίτης
Καθηγητής
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
kmarg@uom.gr
http://eos.uom.gr/~kmarg

Αρετή Καπτάν
Υποψήφια Διδάκτορας
Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής
Πανεπιστήμιο Μακεδονίας
areti@uom.gr
http://eos.uom.gr/~areti

Δυναμική Δημιουργία Εργασιών

- Αλγόριθμοι συνδυαστικής αναζήτησης (πρόβλημα του περιοδεύοντος πωλητή), αλγόριθμοι αναζήτησης γραφημάτων (πρόβλημα συντομότερου μονοπατιού)
- Δυναμική ανάθεση των εργασιών στους επεξεργαστές

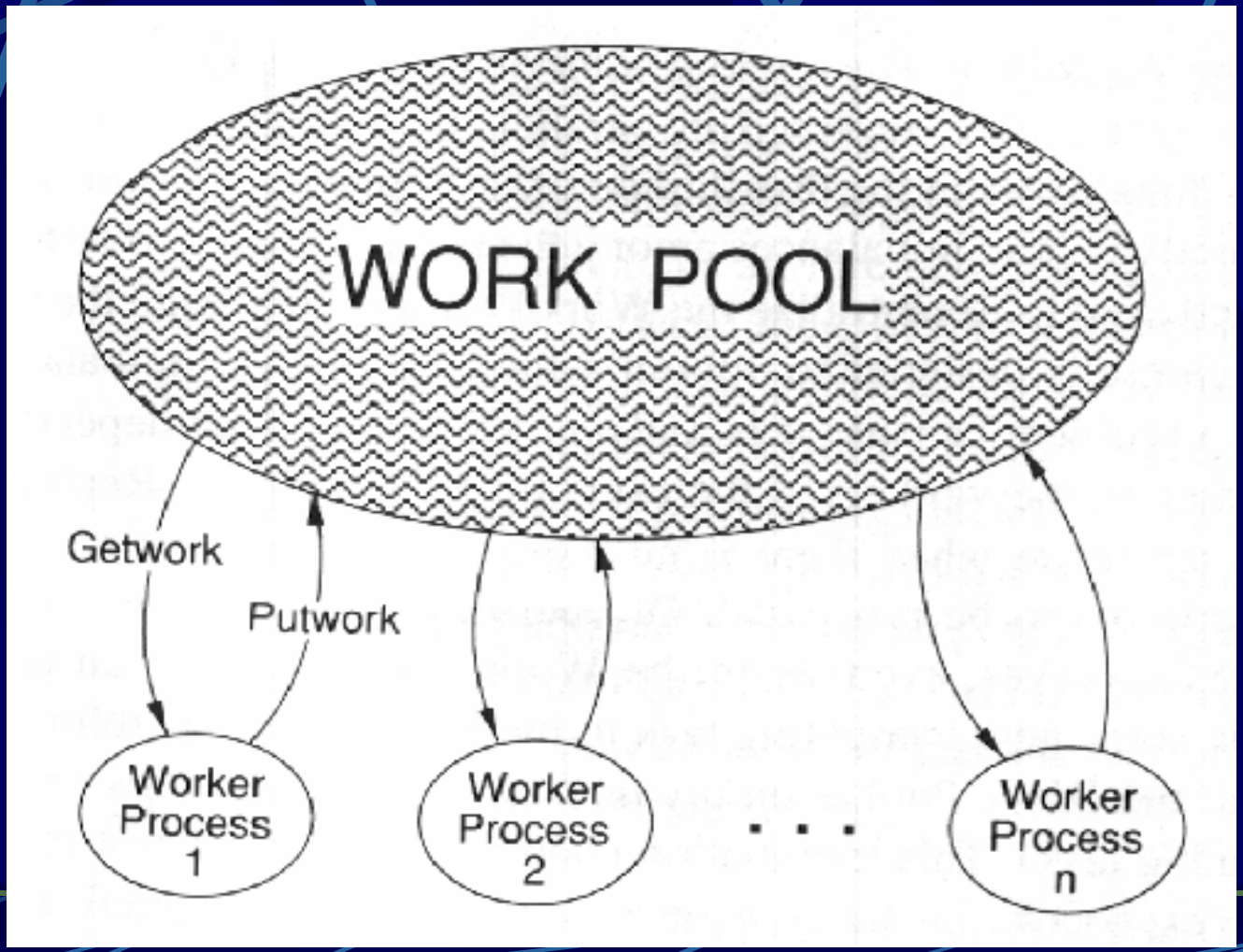
Αντίγραφα Εργαζομένων σε Παράλληλο Σύστημα Διαμοιραζόμενης Μνήμης

- Διεργασίες-εργαζόμενοι
- Δυναμική ανάθεση υπολογιστικών εργασιών
- Δεξαμενή εργασίας (κανάλια)

Βασικά χαρακτηριστικά αλγορίθμων Αντιγράφων Εργαζομένων

- Δυναμική δημιουργία νέων υπολογιστικών εργασιών
- Έλεγχος για συμφόρηση των καναλιών της δεξαμενής – περιορισμός του αριθμού των διεργασιών
- Εξισορρόπηση φορτίου – απασχόληση των διεργασιών-εργαζομένων
- Τερματισμός της λειτουργίας των διεργασιών

Αντίγραφα Εργαζομένων



Λειτουργικότητα Δεξαμενής Εργασίας

- Άγνωστο πλήθος υπολογιστικών εργασιών
- Κάθε εργαζόμενος μπορεί να δημιουργήσει νέες υπολογιστικές εργασίες

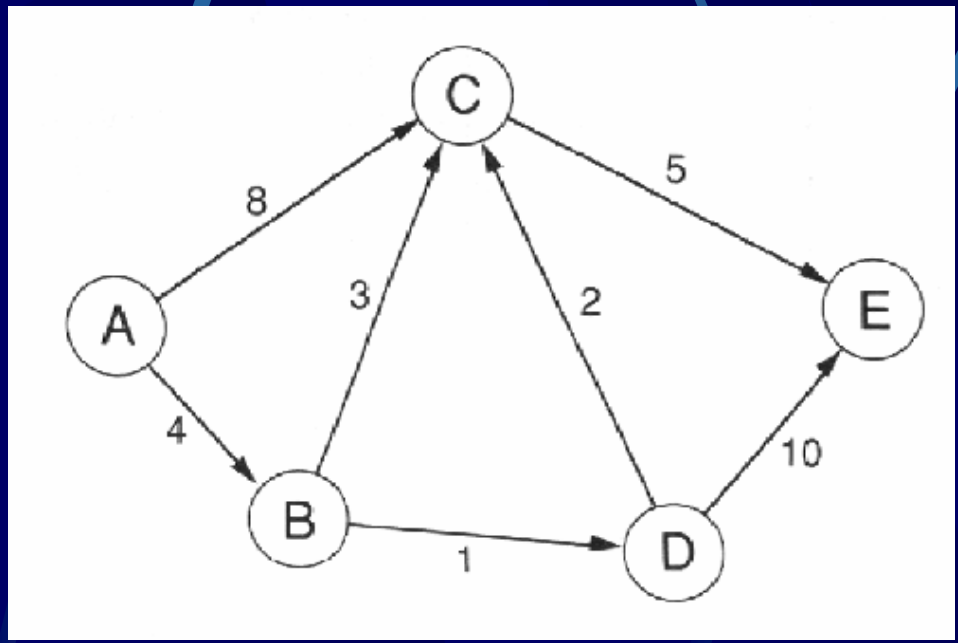
Υλοποίηση των Αντιγράφων Εργαζομένων σε Π.Σ.Δ.Μ.

- Δημιουργία διεργασιών-εργαζόμενων με Forall
- Η διεργασία-εργαζόμενος:
  - αποτελείται από ένα βρόχο που καλεί την GetWork
  - πιθανότατα καλεί την PutWork
  - έχει πρόσβαση σε διαμοιραζόμενες δομές δεδομένων
- Η περιγραφή εργασίας μπορεί να έχει τη μορφή:
  - δομής εγγραφής,
  - πίνακα,
  - απλής τιμής δεδομένων
- Η δεξαμενή εργασίας: υλοποιείται με μεταβλητές-κανάλια

Θέματα που προκύπτουν κατά τον προγραμματισμό των Αντιγράφων Εργαζομένων

- Συμφόρηση
- Εξισορρόπηση φορτίου
- Μερική αποκέντρωση της δεξαμενής εργασίας
- Τερματισμός:
  - Άδεια δεξαμενή εργασίας
  - Αδρανείς διεργασίες-εργαζόμενοι

Προσανατολισμένο Γράφημα με Βάρη στις Ακμές



Πίνακας Weight

inf	4	8	inf	inf
inf	inf	3	1	inf
inf	inf	inf	inf	5
inf	inf	2	inf	10
inf	inf	inf	inf	inf

Αρίθμηση Κόμβων: A=1, B=2, C=3, D=4, E=5

Ακολουθιακός Αλγόριθμος Συντομότερου Μονοπατιού

```
Initialize mindist array to infinity;
Initialize queue to contain source vertex 1;
mindist[1]:= 0;
While queue is not empty do Begin
        x:= head of queue;
        For w:= 1 to n do Begin
                newdist:= mindist[x]+weight[x,w];
                If newdist < mindist[w] then Begin
                        mindist[w]:= newdist;
                        If w not in queue then append w to queue
                End;
        End;
End;
```

Παράλληλος Αλγόριθμος Συντομότερου Μονοπατιού

```
PROGRAM Shortpath;
CONST     n=…; (*Αριθμός των κόμβων*)
          numworkers=…; (*Αριθμός των διεργασιών Εργαζομένων*)
          infinity=32000;
TYPE      worktype= INTEGER; (*Κάθε στοιχείο στη Δεξαμενή Εργασίας είναι ένας αριθμός κόμβου*)
VAR       weight: ARRAY [1..n,1..n] OF INTEGER;
          i,j: INTEGER;
          mindist: ARRAY [1..n] OF INTEGER; (*Ελάχιστη απόσταση προς κάθε κόμβο*)
          L: ARRAY [1..n] OF SPINLOCK;
          inflag: ARRAY [1..n] OF BOOLEAN; (*Αληθής αν ο κόμβος βρίσκεται στην Δεξαμενή
Εργασίας*)
          startvertex: worktype;
PROCEDURE Getwork(me: INTEGER; VAR item: worktype);
          … (*Δέχεται ενα περιγραφέα εργασίας στο "item"*)

PROCEDURE Putwork(me: INTEGER; item: worktype);
… (*Πρόσθεση του "item" στη Δεξαμενή Εργασίας*)
```

(…Συνεχίζεται)

Παράλληλος Αλγόριθμος Συντομότερου Μονοπατιού

(…Συνέχεια)

```
PROCEDURE Worker(me: INTEGER);
VAR         vertex: worktype;
            w,newdist: INTEGER;
BEGIN
     Getwork(me, vertex); (*Λαμβάνω έναν νέο αριθμό κόμβου για εξέταση*)
     WHILE vertex <> -1 DO BEGIN
          inflag[vertex]:= FALSE; (*Ο κόμβος αφαιρείται από τη Δεξαμενή Εργασίας*)
          FOR w:= 1 TO n DO BEGIN (*Επεξεργασία όλων των εξερχόμενων ακμών του "vertex"*)
                    IF weight[vertex, w] < infinity THEN BEGIN
                    (*Ελέγχουμε αν αυτό είναι ένα συντομότερο μονοπάτι προς τον w*)
                              newdist:= mindist[vertex]+weight[vertex,w];
                              Lock(L[w]); (*Αμοιβαίος αποκλεισμός στο "mindist[w]"*)
                              IF newdist < mindist[w] THEN  (*Κλείδωμα*) BEGIN
                                        mindist[w]:= newdist; (*Ενημέρωση της απόστασης σε "w"*)
                                        Unlock(L[w]);
                                        IF not inflag[w] THEN BEGIN
                                        (*Αν το "w" δεν υπάρχει στη Δεξαμενή Εργασίας*)
                                                  inflag[w]:= TRUE;
                                                  Putwork(me,w); (*Τοποθέτηση του "w" στη Δεξαμενή*)
                                                  END;
```

(…Συνεχίζεται)

Παράλληλος Αλγόριθμος Συντομότερου Μονοπατιού

```
(…Συνέχεια)          END
                     ELSE Unlock(L[w]);    (*Ξεκλείδωμα*)
                     END; (*IF*)
          END; (*FOR*)
          Getwork(me,vertex); (*Παίρνω νέο αριθμό κόμβου*)
     END; (*WHILE*)
END;

BEGIN (*Κυρίως πρόγραμμα*)
     … (*Ανάγνωση των τιμών για τον πίνακα weight*)
     FOR i:= 1 TO n DO BEGIN(*Αρχικοποίηση των mindist και inflag*)
          mindist[i]:= infinity;
          inflag[i]:= FALSE;
     END;
     mindist[startvertex]:= 0;
     inflag[startvertex]:= TRUE;
     FORALL i:= 1 TO numworkers DO (*Δημιουργία των Αντιγράφων  Εργαζομένων*)
          Worker(i);
       … (*Τελικές απαντήσεις που βρίσκονται στον πίνακα "mindist"*)
END.
```

Συνθήκες Τερματισμού Προγράμματος Αντιγράφων Εργαζομένων (Replicated Workers)

- Η δεξαμενή εργασίας είναι άδεια
- Όλες οι διεργασίες-εργαζόμενοι είναι αδρανείς

Υλοποίηση των Getwork, Putwork

```
PROGRAM Shortpath;
CONST    numworkers=…;
         …
 TYPE    worktype= INTEGER;
VAR      workpool: CHANNEL OF worktype;
         count: INTEGER; (*Μετρητής της Δεξαμενής Εργασίας*)
         M: SPINLOCK;
         startvertex: worktype;
         …
```

(..Συνεχίζεται)

Υλοποίηση των Getwork, Putwork

(..Συνέχεια)

```
 PROCEDURE Getwork(me: INTEGER; VAR item: worktype);
VAR workcount: INTEGER;
BEGIN
          Lock(M);  (*Πρώτη ανάγνωση και μείωση του μετρητή της Δεξαμενής
Εργασίας*)        workcount:= count-1;
        count:= workcount;
        Unlock(M);
        IF workcount=-numworkers THEN BEGIN (*Τερματισμός των Εργαζομένων*)
                item:= -1;
                FOR i:= 1 TO numworkers-1 DO workpool:= item;
        END
        ELSE item:= workpool;  (*Ανάγνωση ενός αντικειμένου από την Δεξαμενή
Εργασίας*)
END;
```

(..Συνεχίζεται)

Υλοποίηση των Getwork, Putwork

(..Συνέχεια)

```
PROCEDURE Putwork(me: INTEGER; item; worktype);
VAR workcount: INTEGER;
BEGIN
        Lock(M);
                count:=  count+1;  (*Αύξηση  του  μετρητή  της
Δεξαμενής Εργασίας*)
        Unlock(M);
        workpool:= item;
END;
```

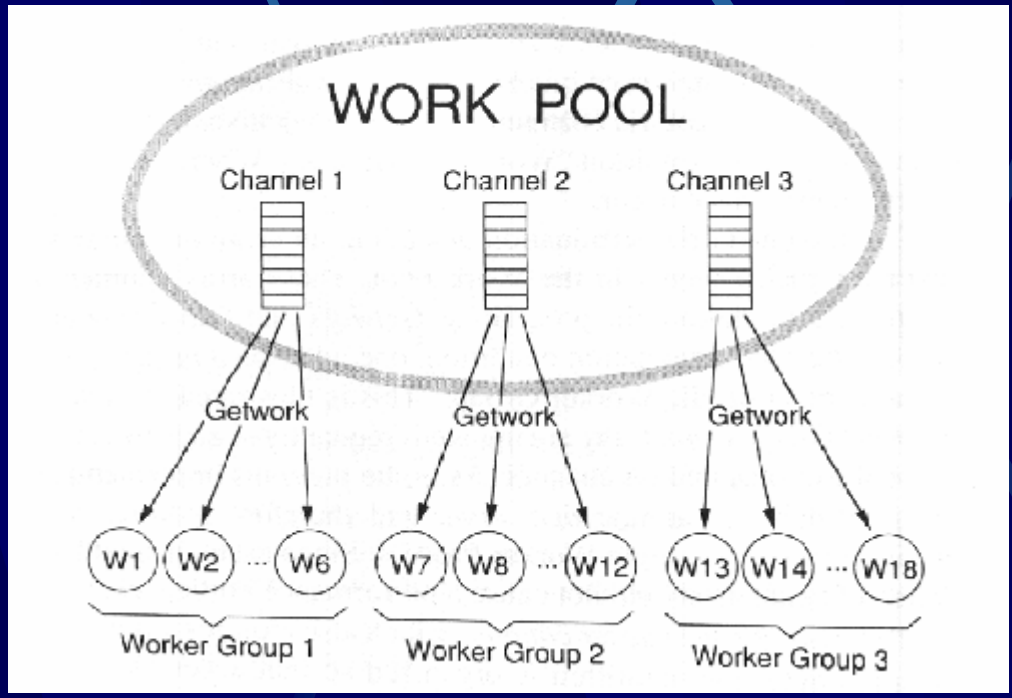
(..Συνεχίζεται)

Υλοποίηση των Getwork, Putwork

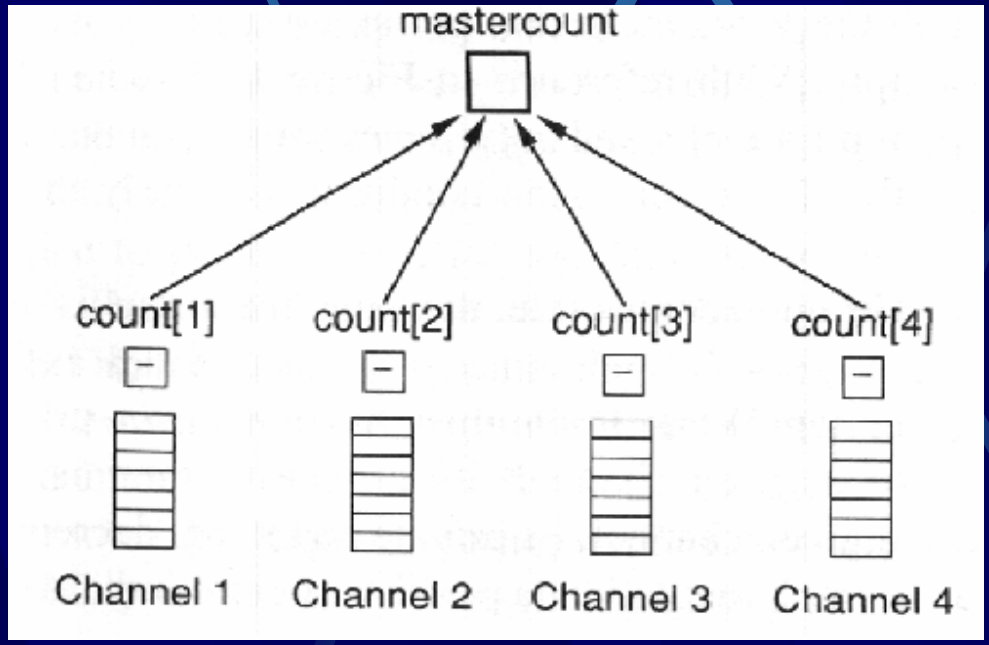
(..Συνέχεια)

```
PROCEDURE Worker(me: INTEGER);
... (*Διεργασία Worker-δες σχήμα 10.3*)

BEGIN (*Κυρίως πρόγραμμα*)
count:= 1;
startvertex:= 1;
workpool:= startvertex; (*Ο κόμβος αφετηρία 1 στη Δεξαμενή Εργασίας*)

… (*Άλλες αρχικοποιήσεις όπως και στο σχήμα 10.3*)

FORALL i:= 1 TO numworkers DO
        Worker(i);
END.
```

Δεξαμενή Εργασίας Πολλαπλών Καναλιών



Μετρητές Τερματισμού



Υλοποίηση Πολλαπλών Καναλιών των Δεξ. Εργασίας

```
Getwork(me,item);
Compute my channel number in the Work Pool;
Decrement counter for the channel;
If counter= -Worker_Group_Size then Begin (*Η δική μου Ομάδα Εργαζομένων είναι τώρα αδρανής*)
        Increment master counter;
        If master counter= number_of_Worker_Groups then (*Αποστολή ενός μηνύματος τερματισμού σ
κάθε εργαζόμενο*)
                For i:= 1 to number_of_Worker_Groups do
                        For j:= 1 to Worker_Group_Size do
                                Put a termination flag into channel of Worker Group i;
End;
Read a task descriptor from my channel into "item";

Putwork(me, item)
Move my pointer to the next channel in Work Pool;
Increment counter for the target channel;
If counter= -Worker_Group_Size+1 then
        Decrement master counter; (*Η αδρανής Ομάδα Εργαζομένων είναι τώρα ενεργή*)
Write "item" into the target channel;
```

Δεξαμενή εργασίας χωρίς συμφόρηση

```
PROGRAM Shortpath;
CONST     num_worker_groups= 5;
          worker_group_size= 10;
          numworkers= num_worker_groups*worker_group_size;
TYPE      worktype= INTEGER;
VAR       workpool: ARRAY [1..num_worker_groups] OF CHANNEL OF worktype;
          count: ARRAY [1..num_worker_groups] OF INTEGER;
          CL: ARRAY [1..num_worker_groups] OF SPINLOCK;
          mastercount: INTEGER;
          M: SPINLOCK;
          nextchan: ARRAY [1..numworkers] OF INTEGER;
          i,j: INTEGER;
          startvertex: worktype;
          …
```

(Συνεχίζεται…)

Δεξαμενή εργασίας χωρίς συμφόρηση

```
PROCEDURE Getwork(me: INTEGER; VAR item: worktype);
VAR         worksount,emptycount,mychan: INTEGER;
BEGIN
            mychan:= (me-1) DIV worker_group_size + 1; (*Ο αριθμός καναλιού*)
            Lock(CL[mychan]);
            workcount:= count[mychan] - 1; (*Μείωση του count*)
            count[mychan]:= workcount;
            Unlock(CL[mychan]);
            IF workcount=-worker_group_size THEN BEGIN (*Η Ομάδα Εργαζομένων είναι αδρανής*)
                        Lock(M);
                        emptycount:= mastercount+1; (*Αύξηση του mastercount*)
                        mastercount:= emptycount;
                        Unlock(M);
                        IF  emptycount=num_worker_groups  THEN  BEGIN  (*Τερματισμός  όλων  των
Εργαζομένων*)
                                    FOR i:= 1 TO num_worker_grours DO
                                                FOR j:= 1 TO worker_group_size DO workpool[i]:=
-1;
                        END;
            END;
            item:= workpool[mychan];
END;     (Συνεχίζεται…)
```

Δεξαμενή εργασίας χωρίς συμφόρηση

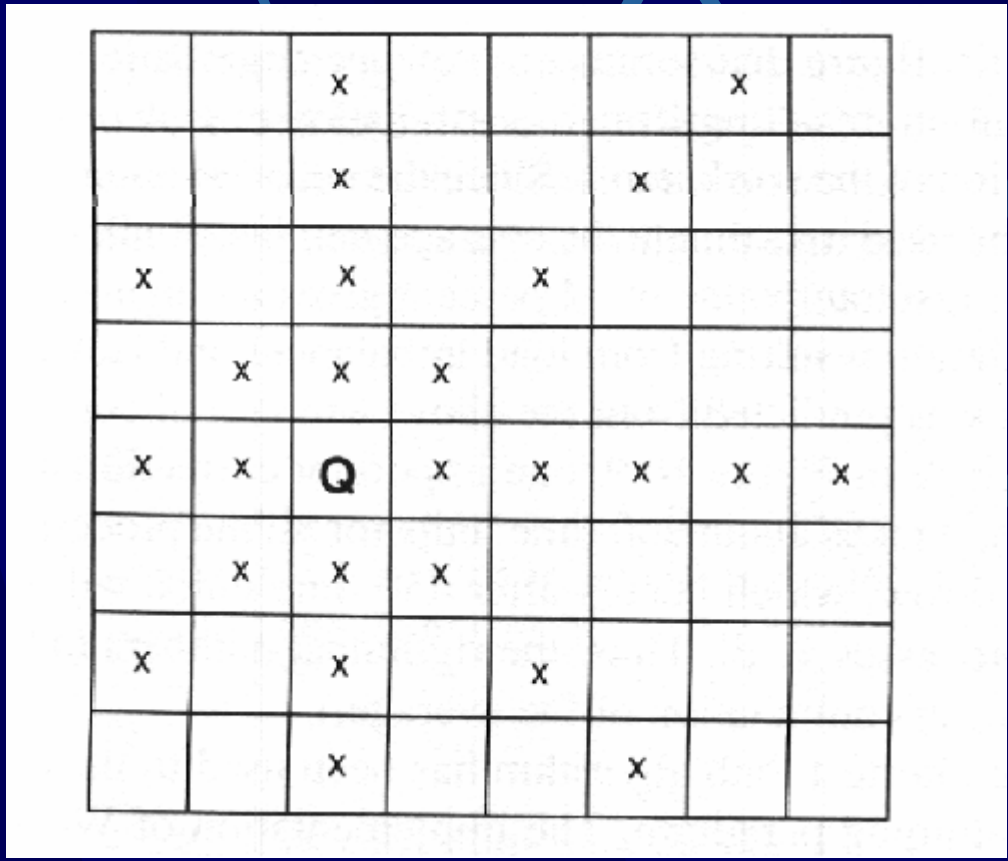
```
PROCEDURE Putwork(me: INTEGER; item: worktype);
VAR workcount,emptycoun,next: INTEGER;
BEGIN
        next:= nextchan[me]; (*Λαμβάνω τον αριθμό του καναλιού προορισμού*)
        Lock(CL[next]);
                workcount:= count[next]+1; (*Αύξηση του count*)
                count[next]:= workcount;
        Unlock(CL[next]);
        IF workcount= -worker_group_size+1 THEN
                BEGIN
                        Lock(M);
                                emptycount:= mastercount-1; (*Μείωση του mastercount*)
                                mastercount:= emptycount;
                        Unlock(M);
                END;
        workpool[next]:= item; (*Εγγραφή αντικειμένου στη Δεξαμενή       Εργασίας*)
        nextchan[me]:= next MOD num_worker_groups+1; (*Επόμενος προορισμός*)
END;
```

(Συνεχίζεται…)

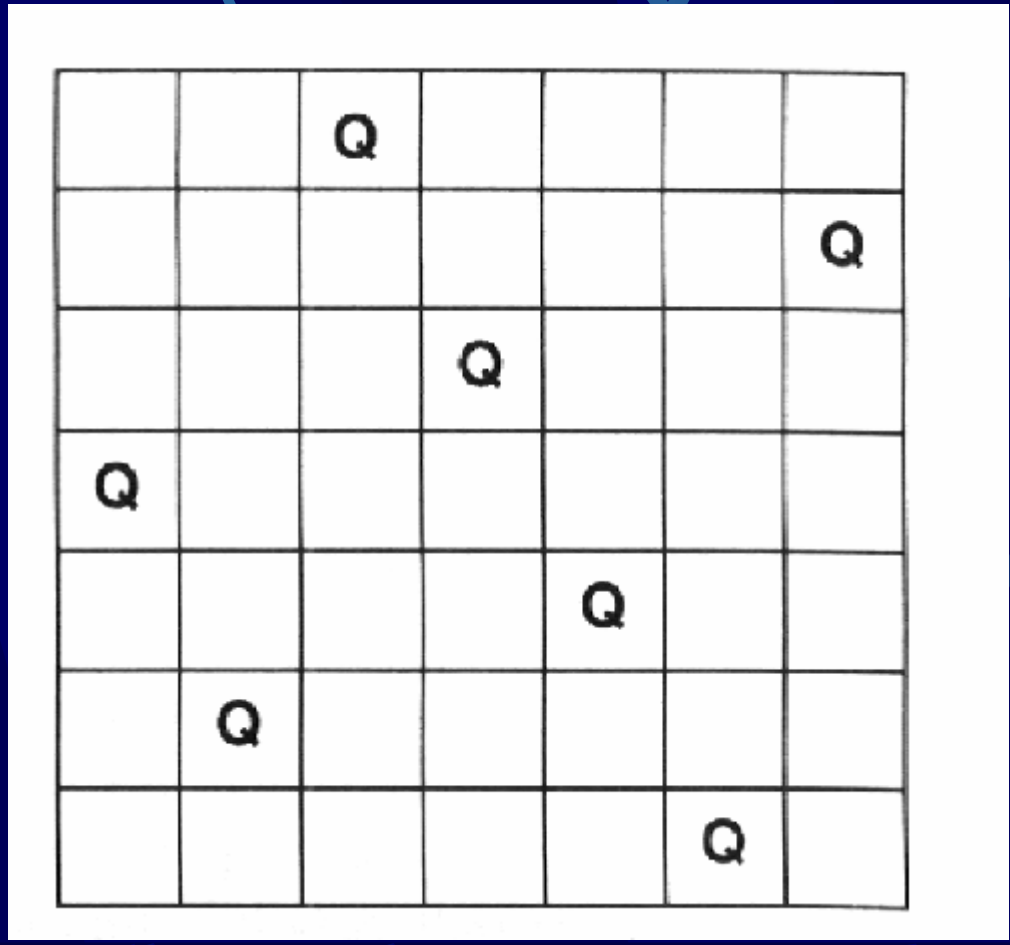
Δεξαμενή εργασίας χωρίς συμφόρηση

```
PROCEDURE Worker(me: INTEGER);
VAR …
 BEGIN
          nextchan[me]:= (me-1) DIV worker_group_size+1;
 … (*Η διεργασία Worker ίδια με αυτή του σχήματος 10.3*)
 END;
BEGIN (*Κυρίως πρόγραμμα*)
startvertex:= 1;
workpool[1]:= startvertex; (*Ο κόμβος αφετηρία 1 μέσα στη
                              Δεξαμενή Εργασίας*)
(*Αρχικοποίηση όλων των αθροιστών*)
count[1]:= 1;
FOR i:= 2 To num_worker_groups DO count[i]:= 0;
mastercount:= 0;

… (*Άλλες αρχικοποιήσεις όπως και στο σχήμα 10.3*)
 FORALL i:= 1 TO numworkers DO Worker(i);

END.
```

Περιοχή Επίθεσης Της Βασίλισσας



Λύση για 7 βασίλισσες



Περιγραφή του προβλήματος των N βασιλισσών

```
Worker process;
Getwork(myboard);  (*Παίρνω μια νιάδα από την Δεξαμενή Εργασίας*)
While myboard <> Doneflag Do Begin
  If myboard.len= n then "A Solution is Found"
  Else Begin
    newrow:= len+1;
    For col:= 1 to n Do Begin
      Is position (newrow,col) attacked by any of the previous Queens on
"myboard"?
      If answer is "no" then Begin
        create "newboard" by adding Queen in position  (newrow,col);
      End;
    End;
    Getwork(myboard);
  End;
End;
```

Πρόγραμμα Ν Βασιλισσών για Διαμοιραζόμενη Μνήμη

```
PROGRAM Nqueens;
CONST     n= 8; (*Αριθμός των Βασιλισσών*)
          num_worker_groups= 5;
          worker_group_size= 6;
          numworkers= num_worker_groups*worker_group_size;
TYPE      board= ARRAY [1..n] OF INTEGER;
          worktype= RECORD
                    len: INTEGER;  (*Αριθμός των τρεχουσών βασιλισσών*)
                    queens: board; (*θέσεις των βασιλισσών*)
          END;
VAR       workpool: ARRAY [1..num_worker_groups] OF CHANNEL OF worktype;
          i: INTEGER; startitem: worktype;
          solutions: CHANNEL OF board; (*Συλλέγει τις τελικές λύσεις*)
          … (*Δηλώσεις αθροιστών της Δεξαμενής Εργασίας όπως και στο  σχήμα 10.7*)
 PROCEDURE Getwork(me: INTEGER; VAR item: worktype);
 … (*Ίδια όπως και στο σχήμα 10.7*)
 PROCEDURE Putwork(me: INTEGER; item: worktype);
 … (*Ίδια όπως και στο σχήμα 10.7*)
```

(Συνεχίζεται…)

Πρόγραμμα Ν Βασιλισσών για Διαμοιραζόμενη Μνήμη

```
PROCEDURE Worker(me: INTEGER);
VAR       myboard: worktype; row,col,coldist,rowdist: INTEGER;
          samecol,samediag,ok: BOOLEAN;
BEGIN
Getwork(me,myboard);
WHILE myboard.len <> -1 DO BEGIN
WITH myboard DO
          IF len= n THEN solutions:= myboard.queens
          ELSE BEGIN  (*Πρόσθεση νέας βασίλισσας στην σκακιέρα*)
                    len:= len + 1;
                    FOR col:= 1 TO n DO BEGIN
                    (*Έλεγχος αν μπορούμε να τοποθετήσουμε την βασίλισσα σε αυτή την στήλη*)
                              ok:= true;
                              FOR row:= 1 TO len-1 DO BEGIN
                                        rowdist:= Abs(len-row);
                                        coldist:= Abs(col-queens[row]);
                                        samecol:= coldist= 0;
                                        samediag:= coldist= rowdist;
                                        IF samecol OR samediag THEN ok:= false;
                                        END;
```

(Συνεχίζεται…)

Πρόγραμμα Ν Βασιλισσών για Διαμοιραζόμενη Μνήμη

```
                        IF ok THEN BEGIN
                                queens[len]:= col;
                                Putwork(me, myboard);
                                (*Πρόσθεση νέου αντικειμένου στην Δεξαμενή Εργασίας*)
                        END;
                END;
        END;
END;
Getwork(me, myboard);  (*Νέο αντικείμενο για εξέταση*)
END;
END; (*Worker*)
BEGIN (*Κυρίως πρόγραμμα*)
startitem.len:= 0;
workpool[1]:= statritem; (*Αρχικοποίηση της Δεξαμενής Εργασίας με την άδεια σκακιέρα*)
 … (*Αρχικοποίηση των αθροιστών της Δεξαμενής Εργασίας όπως και στο σχήμα 10.7*)

FORALL i:= 1 TO numworkers DO  Worker(i);   (*Δημιουργία των εργαζομένων*)
 … (*Όλες οι απαντήσεις βρίσκονται στο κανάλι "solutions"*)
END.
```