Λειτουργικά Συστήματα Πραγματικού Χρόνου
2006-07

Προσπέλαση κοινών πόρων

Πρωτόκολλα ελέγχου αμοιβαίου αποκλεισμού

Μ.Στεφανιδάκης

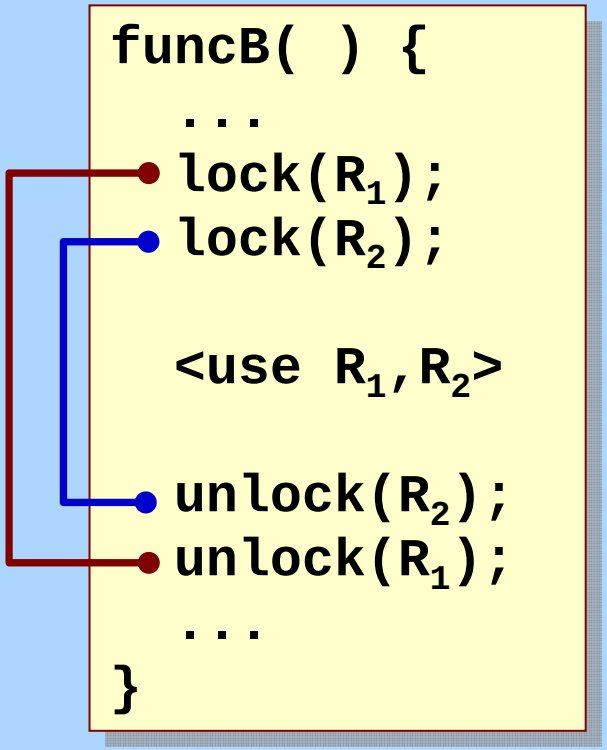
Κοινοί πόροι

- Κοινοί (διαμοιραζόμενοι) πόροι
  - με μία η περισσότερες μονάδες (units)
- Αποκλειστική προσπέλαση
  - Αμοιβαίος αποκλεισμός (mutual exclusion)
    - κρίσιμες περιοχές
    - μη προεκτοπισμός!
  - Μηχανισμός lock - unlock
    - απόκτηση - απελευθέρωση πόρου
    - μέσω δομών όπως semaphores - blocking

```
funcA( ) {
   ...
   lock(R);
   <use R>
   unlock(R);
   ...
}
```

Προσπέλαση πολλαπλών πόρων

- **Εμπεριεχόμενες κρίσιμες περιοχές**
  - **nested critical regions**
  - **διάταξη LIFO**
- **Χρήση πολλαπλών πόρων**
  - **Πιθανότητα deadlock**



Deadlock

- **Πιθανότητα εμφάνισης**
  - **ταυτόχρονη χρήση πολλαπλών πόρων**
  - **χρήση κρίσιμων περιοχών που εμπεριέχονται η μία μέσα στην άλλη (nested)**
  - **προεκτοπιστικό σύστημα**
- **Παράδειγμα:**
  - **όταν δύο διεργασίες προσπαθούν να αποκτήσουν η μία τον πόρο που κατέχει η άλλη**

Deadlock

- **Παράδειγμα**

```
taskA( ) {
   ...
   lock(R1);   ✓
   lock(R2);   ✗

   <use R1,R2>

   unlock(R2);
   unlock(R1);
   ...
}
```

```
taskB( ) {
   ...
   lock(R2);   ✓
   lock(R1);   ✗

   <use R1,R2>

   unlock(R1);
   unlock(R2);
   ...
}
```

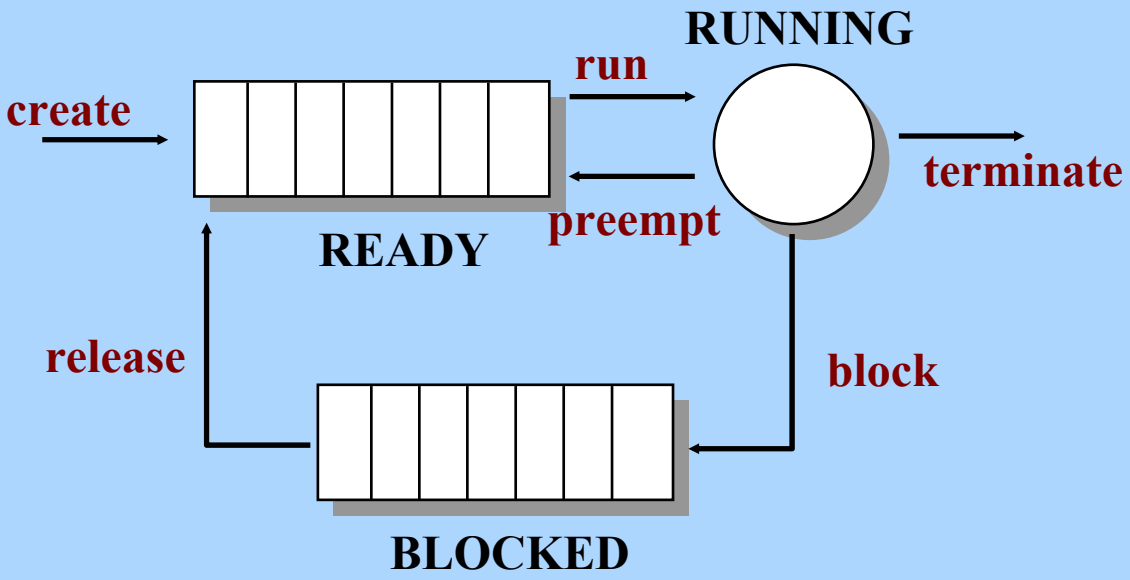
Αποφυγή deadlock

- Απόκτηση συνόλου πόρων πριν τη συνέχιση
- Απόκτηση των πόρων στην ίδια σειρά
- Ειδικά πρωτόκολλα αποφυγής deadlock

```
taskA( ) {
   ...
   lock(R1);
   lock(R2);

   <use R1,R2>

   unlock(R2);
   unlock(R1);
   ...
}
```

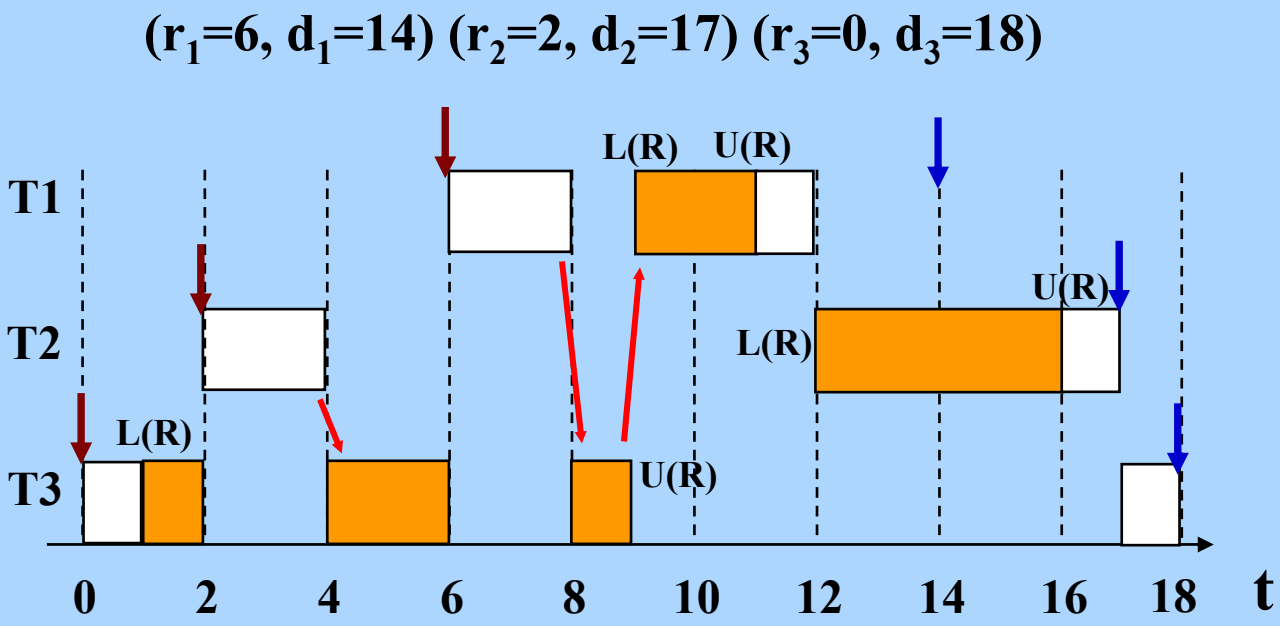
```
taskB( ) {
   ...
   lock(R1);
   lock(R2);

   <use R1,R2>

   unlock(R2);
   unlock(R1);
   ...
}
```

Προσπέλαση πόρων και ουρές διεργασιών



- **Αίτηση απόκτησης αποκλειστικής χρήσης πόρου**
  - **Γίνεται δεκτή (grant)**
  - **Δεν γίνεται δεκτή ⇒ η διεργασία απενεργοποιείται (block)**
- **Απελευθέρωση πόρου (release)**

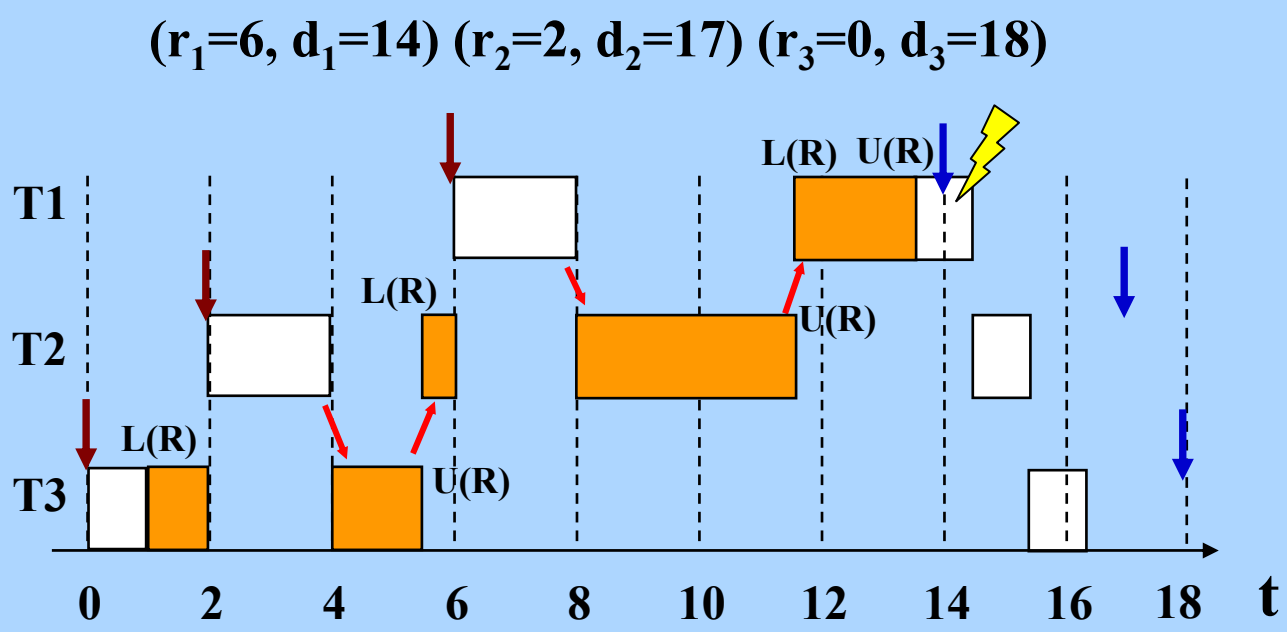
Σύγκρουση προσπέλασης πόρων



- **Χρονοδρομολόγηση EDF**
  - **Χρόνοι εκτέλεσης: (5, 7, 6)**
  - **Χρόνοι σε κρίσιμη περιοχή: (2, 4, 4)**
- **Ένας κοινός πόρος (R)**

Χρονικές ανωμαλίες

αύξηση συνολικού χρόνου ολοκλήρωσης με μείωση επιμέρους χρόνων εκτέλεσης!

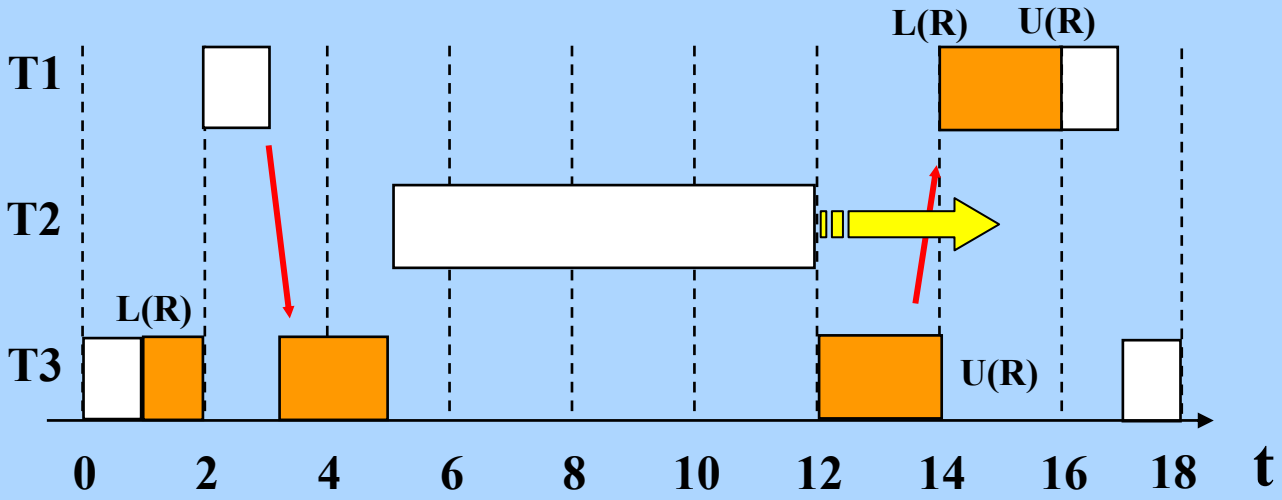


- **Χρονοδρομολόγηση EDF**
  - **Χρόνοι εκτέλεσης: (5, 7, 6)**
  - **Χρόνοι σε κρίσιμη περιοχή: (2, 4, *2.5*)**

Προσπέλαση κοινών πόρων σε ΛΣΠΧ

- **Αντιστροφή προτεραιότητας (priority inversion)**
  - **διεργασία υψηλής προτεραιότητας περιμένει διεργασία χαμηλής προτεραιότητας**
  - **όμως αναπόφευκτη!**
- **Μη προβλέψιμο σύστημα**
  - **χρόνος σε κρίσιμη περιοχή**
  - **χρονικές ανωμαλίες**
  - **μη φραγμένη διάρκεια αντιστροφής προτεραιότητας**
  - **deadlock**
- **Αναγκαίος ο ακριβής έλεγχος προσπέλασης**
  - **δεν αρκούν οι παραδοσιακές δομές ενός ΛΣ**

Ανεξέλεγκτη αντιστροφή προτεραιοτήτων



- **Η καθυστέρηση του Τ1 δεν εξαρτάται μόνο από τον χρόνο του Τ3 στην κρίσιμη περιοχή!**
- **Τ2 δεν προσπελαύνει κοινό πόρο!**

Έλεγχος προσπέλασης πόρων

- **Μέθοδος ελέγχου**
  - **Μη διακοπή σε κρίσιμες περιοχές**
  - **Priority Inheritance**
  - **Priority Ceiling**
- **Αποτέλεσμα**
  - **Εξάλειψη ανεξέλεγκτης αντιστροφής προτεραιοτήτων**
  - **Μείωση χρόνων αναμονής για τη χρήση πόρων**
  - **Αποφυγή deadlock**
- **Υλοποίηση**
  - **Για συστήματα με στατικές ή δυναμικές προτεραιότητες;**
  - **Απαιτείται γνώση εκ των προτέρων για τη χρήση των κοινών πόρων;**

Μη διακοπή εκτέλεσης σε κρίσιμη περιοχή

- **Εκτέλεση με την υψηλότερη προτεραιότητα**
  - **Μη προεκτοπισμός (πλήρης)**
    - **εμποδίζει εκτέλεση ακόμα κι όταν δεν υπάρχει σύγκρουση!**
  - **Αποφυγή deadlock**
  - **Αποφυγή ανεξέλεγκτης αντιστροφής προτεραιότητας**
    - **μόνο μία φορά**
    - **μέγιστη καθυστέρηση = max χρόνων εκτέλεσης σε κρίσιμες περιοχές**

$$B_i = \max_{i+1 \le k \le n}(c_k)$$

      - **fixed-priority: των διεργασιών χαμηλότερης προτεραιότητας**
      - **EDF: των διεργασιών με αργότερο deadline**
  - **απλό πρωτόκολλο**
    - **Δεν απαιτείται πληροφορία χρήσης πόρων**
    - **Για συστήματα με στατικές ή δυναμικές προτεραιότητες**

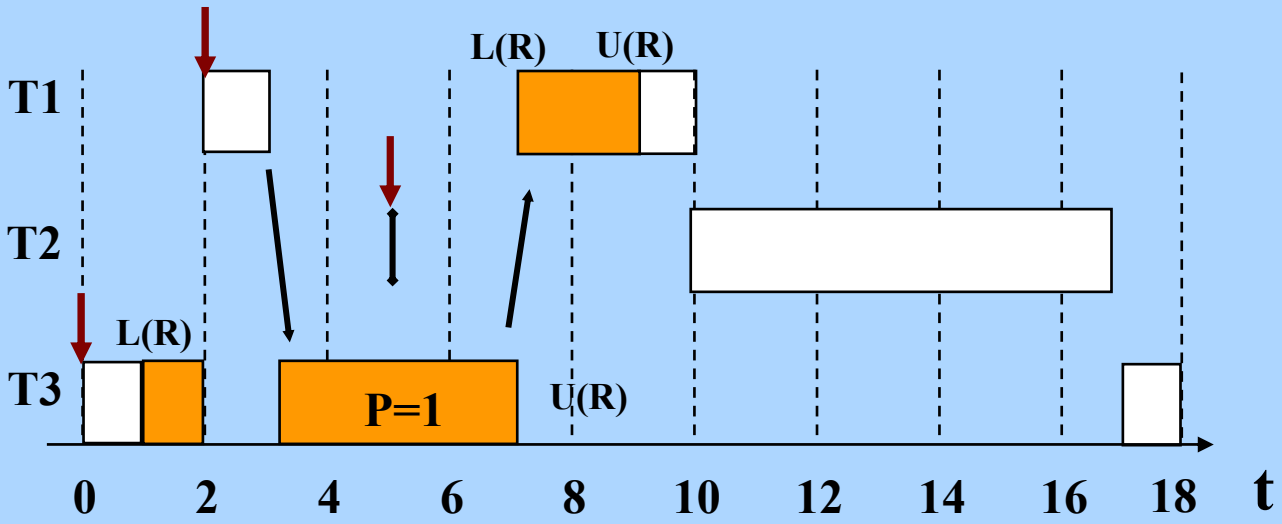
Priority Inheritance Protocol (PIP)

- **Χρονοδρομολόγηση με (στατικές) προτεραιότητες**
  - ***ονομαστική*** **και** ***τρέχουσα*** **προτεραιότητα**
- **Μία διεργασία σε κρίσιμη περιοχή αποκτά τη μέγιστη προτεραιότητα από όλες τις διεργασίες που εμποδίζει.**
  - **μεταβατική ιδιότητα**
  - **αποφυγή ανεξέλεγκτης αντιστροφής προτεραιότητας**
    - **min(u,k) φορές**

      u = αριθμός πόρων που προσπελαύνει

      k = αριθμός διεργασιών χαμηλότερης προτεραιότητας με τις οποίες συγκρούεται
  - **αλλά όχι και deadlock**
  - **δεν ελαχιστοποιεί χρόνους blocking**
- **Δεν απαιτείται πληροφορία χρήσης κοινών πόρων**
  - **μόνο για τον υπολογισμό χρόνου blocking**
    - **αλγοριθμικά**

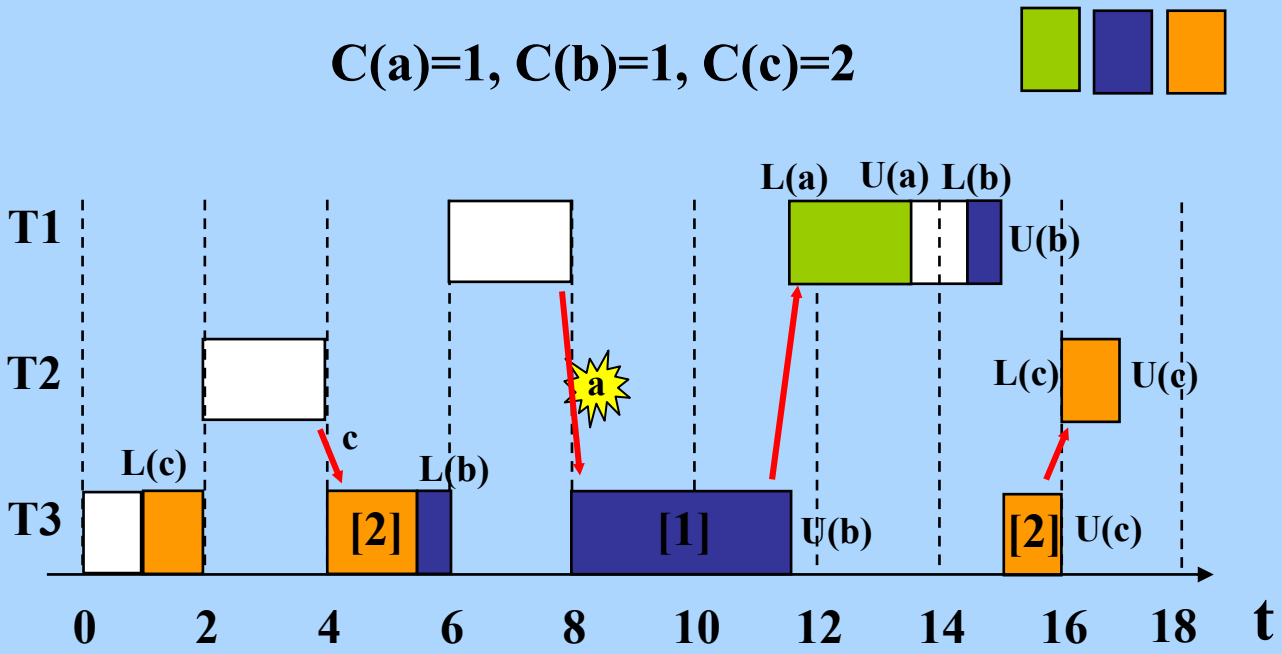
Priority Inheritance Protocol



Priority Ceiling Protocol

- **Βασική ιδέα:**
  - **μία διεργασία δεν επιτρέπεται να εισέλθει σε κρίσιμη περιοχή, εάν υπάρχουν άλλοι "κλειδωμένοι" πόροι που θα μπορούσαν να την μπλοκάρουν.**
    - **για συστήματα με στατικές προτεραιότητες**
    - **απαιτείται γνώση χρησιμοποιούμενων πόρων**
  - **κάθε πόρος χαρακτηρίζεται από ένα όριο (priority ceiling)**
    - **η υψηλότερη προτεραιότητα διεργασίας που μπορεί να τον χρησιμοποιήσει (υπολογισμός off-line)**
  - **προσπέλαση πόρου**
    - **μόνον όταν προτεραιότητα διεργασίας > μεγαλύτερο priority ceiling χρησιμοποιούμενων πόρων (εκτός ίδιας)**
    - **priority inheritance**

Priority Ceiling Protocol (PCP)



Priority Ceiling Protocol

- **Αποτέλεσμα μεθόδου:**
  - **Blocking: μόνο μία φορά**
    - **μετά την είσοδο στην κρίσιμη περιοχή ⇒ όχι blocking**
  - **μείωση χρόνων blocking**
    - **το πολύ κατά τον χρόνο μίας κρίσιμης περιοχής**

$$B_i = \max_{k,s}(c_{k,s}) \mid k > i,\ C(s) \leq i$$

k: διεργασίες (χαμηλότερης προτεραιότητας)

s: κοινοί πόροι (με ceiling ≥ από προτεραιότητα διεργασίας i)

  - **αποφυγή deadlock**
    - **όχι κυκλικό blocking**

Stack Resource Policy (SRP)

- **Παρόμοιο με PCP**
  - **preemption level (στατική παράμετρος)**
    - **συσχετισμός με προτεραιότητες**
    - **έλεγχος κατά την εκκίνηση διεργασίας**
  - **Δυνατή η χρήση δυναμικής χρονοδρομολόγησης**
  - **Αποφυγή ανεξέλεγκτης αντιστροφής προτεραιοτήτων**
  - **Αποφυγή deadlock**
  - **Καλύπτει πολλαπλούς πόρους**
  - **Επιτρέπει τη χρήση κοινού runtime stack**

Σύνοψη

- **Αλγόριθμοι (πρωτόκολλα) ελέγχου προσπέλασης κοινών πόρων**
  - **PIP**
    - **δεν απαιτεί πρόσθετη πληροφορία (ceilings κλπ.)**
    - **υποστηρίζεται σε πολλά εμπορικά ΛΣΠΧ**
    - **δεν αποφεύγει deadlock**
    - **δεν ελαχιστοποιεί χρόνους blocking**
  - **PCP & SRP**
    - **αποφυγή deadlock**
    - **μείωση χρόνου blocking**
    - **υπολογισμός παραμέτρων off-line**
    - **SRP: δυνατότητα χρήσης δυναμικής χρονοδρομολόγησης**