

# ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

## Αδιέξοδα Ερωτήσεις Επανάληψης

Υλικό από:  
Modern Operating Systems, A.S. Tanenbaum

Σύνθεση  
Κ.Γ. Μαργαρίτης, Τμήμα Εφαρμοσμένης Πληροφορικής, Πανεπιστήμιο Μακεδονίας

## ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ

1. Δώστε ένα παράδειγμα αδιεξόδου παρμένο από την πολιτική.
2. Οι φοιτητές που εργάζονται σε ξεχωριστούς υπολογιστές σε κάποιο πανεπιστημιακό εργαστήριο στέλνουν αρχεία για εκτύπωση, χρησιμοποιώντας έναν ενδιάμεσο διακομιστή που παροχτεύει τα αρχεία στο σκληρό δίσκο. Κάτω από ποιες συνθήκες υπάρχει περίπτωση να εμφανιστεί αδιέξοδο, αν υποθέσουμε ότι ο χώρος παροχέτευσης στο δίσκο (ο οποίος έχει σχέση με την εκτύπωση) είναι περιορισμένος; Πώς μπορεί να αποφευχθεί το αδιέξοδο;
3. Στο προηγούμενο πρόβλημα, ποιοι πόροι είναι προεκτολίσσιμοι και ποιοι μη προεκτολίσσιμοι;
4. Στην Εικόνα 3-1, οι πόροι επιστρέφονται στο σύστημα με αντίστροφη σειρά από αυτή που αποκτήθηκαν. Αν επιστρέφονταν με την κανονική σειρά απόκτησης, θα ήταν το αποτέλεσμα εξίσου ικανοποιητικό;
5. Η Εικόνα 3-3 δείχνει την έννοια των γράφων πόρων. Υπάρχουν "άκυροι" γράφοι, δηλαδή γράφοι που παραβιάζουν το μοντέλο της χρήσης πόρων που χρησιμοποιούμε; Αν υπάρχουν, δώστε ένα παράδειγμα.
6. Στην εξέταση του αλγόριθμου της στρουθοκαμήλου, αναφέρθηκε ότι υπάρχει πιθανότητα να υπερκαλυφθούν οι θέσεις στον πίνακα διεργασιών ή οι θέσεις σε άλλους πίνακες του συστήματος. Μπορείτε να προτείνετε κάποια μέθοδο που να επιτρέπει στο διαχειριστή να επαναφέρει το σύστημα από την κατάσταση αυτή;

7. Παρατηρήστε την Εικόνα 3-4. Υποθέστε ότι στο βήμα (α) η  $F$  ζητάει τον  $P$  αντί του  $P$ . Θα οδηγήσει αυτό σε αδιέξοδο; Τι θα γινόταν αν ζητούσε και τους δύο πόρους;
8. Σε ένα σταυροδρόμι όπου υπάρχουν σήματα STOP και στις τέσσερις γωνίες, ο κανόνας ορίζει ότι ο κάθε οδηγός πρέπει να παραχωρεί προτεραιότητα στους οδηγούς που έρχονται από δεξιά του. Ο κανόνας δεν επαρκεί στην περίπτωση όπου τέσσερις οδηγοί φτάνουν στη διασταύρωση ταυτόχρονα. Ευτυχώς, οι άνθρωποι ενεργούν μερικές φορές πιο έξυπνα από τους υπολογιστές, και το πρόβλημα λύνεται συνήθως όταν κάποιος από τους οδηγούς κάνει σήμα στον οδηγό που βρίσκεται στα αριστερά του να προχωρήσει. Μπορείτε να βρείτε κάποια αναλογία ανάμεσα στη συμπεριφορά αυτή και σε οποιονδήποτε από τους τρόπους ανάκαμψης από αδιέξοδο που περιγράφηκαν στην Ενότητα 3.4.3; Γιατί κάποιες λύσεις που φαίνονται τόσο απλές στον πραγματικό κόσμο είναι εξαιρετικά δύσκολο να εφαρμοστούν στα συστήματα υπολογιστών;
9. Ας υποθέσουμε ότι στην Εικόνα 3-6 ισχύει  $T_{ω} + A_{ω} < T_l$  για κάποιο  $\kappa$ . Τι επιπτώσεις μπορεί να έχει αυτή η σχέση σε όλες τις διεργασίες που ολοκληρώνονται χωρίς να εμφανίζεται αδιέξοδο;
10. Όλες οι διαδρομές στην Εικόνα 3-8 είναι οριζόντιες ή κατακόρυφες. Υπάρχουν συνθήκες κάτω από τις οποίες οι διαδρομές θα μπορούσαν να είναι διαγώνιες;
11. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί το σχοδιάγραμμα με τις τροχιές πόρων της Εικόνας 3-8 για να περιγραφεί τα αδιέξοδα στην περίπτωση που έχουμε τρεις διεργασίες και τρεις πόρους; Αν ναι, πώς μπορεί να γίνει αυτό; Αν όχι, γιατί δεν μπορεί να γίνει;
12. Θεωρητικά, οι γράφοι που σχηματίζονται από τις τροχιές πόρων χρησιμοποιούνται για την αποφυγή των αδιεξόδων. Αν εφαρμοστεί ο κατάλληλος χρονοπρογραμματισμός, το σύστημα μπορεί να αποφύγει τις ανασφαλείς περιοχές. Αναφέρετε ένα πρακτικό πρόβλημα όπου είναι δυνατόν να εφαρμοστεί η μέθοδος αυτή.
13. Κοιτάξτε προσεκτικά την Εικόνα 3-11(β). Αν ο  $A$  ζητήσει μία ακόμη μονάδα, θα οδηγηθούμε σε ασφαλή ή σε ανασφαλή κατάσταση; Τι θα γινόταν αν η αίτηση προερχόταν από τον  $F$  αντί του  $A$ ;
14. Μπορεί ένα σύστημα να βρίσκεται σε μια κατάσταση που δεν είναι ούτε κατάσταση αδιεξόδου ούτε ασφαλής; Αν ναι, δώστε ένα παράδειγμα. Αν όχι, αποδείξτε ότι όλες οι καταστάσεις είναι είτε καταστάσεις αδιεξόδου είτε ασφαλείς.
15. Ένα σύστημα διαθέτει δύο διεργασίες και τρεις πανομοιότυπους πόρους. Το μέγιστο που χρειάζεται κάθε διεργασία είναι δύο πόροι. Υπάρχει πιθανότητα να συμβεί αδιέξοδο; Εξηγήστε την απάντησή σας.
16. Εξετάστε ξανά το προηγούμενο πρόβλημα, αλλά αυτή τη φορά υποθέστε ότι υπάρχουν  $d$  διεργασίες, ο μέγιστος αριθμός πόρων που χρειάζονται οι διεργασίες είναι  $\mu$ , και υπάρχουν  $\pi$  πόροι διαθέσιμοι. Ποια συνθήκη πρέπει να ισχύει ώστε να μην εμφανίζεται ποτέ αδιέξοδο στο σύστημα;
17. Ας υποθέσουμε ότι στην Εικόνα 3-12, η διεργασία  $A$  ζητάει την τελευταία μονάδα ταινίας. Οδηγεί αυτή η ενέργεια σε αδιέξοδο;
18. Ένας υπολογιστής έχει έξι μονάδες ταινίας και  $\delta$  διεργασίες που τις διακδικούν. Κάθε διεργασία μπορεί να χρειαστεί το πολύ δύο μονάδες. Για ποιες τιμές του  $\delta$  αποκλείεται η εμφάνιση αδιεξόδου στο σύστημα;
19. Ο αλγόριθμος του τραπέζιτη εκτελείται σε ένα σύστημα με  $\mu$  κατηγορίας πόρων και  $\nu$  διεργασίες. Για πολύ μεγάλα  $\mu$  και  $\nu$ , ο αριθμός των λειτουργιών που πρέπει να εκτελεστούν για να ελεγχθεί αν μια κατάσταση είναι ασφαλής είναι ανάλογος του  $\mu^\nu \nu^\mu$ . Ποιες είναι οι τιμές των  $\alpha$  και  $\beta$ ;
20. Ένα σύστημα διαθέτει τέσσερις διεργασίες και πέντε διαθέσιμους πόρους. Η τρέχουσα κατανομή και οι μέγιστες ανάγκες σε πόρους είναι οι ακόλουθες:

	Κατέχει	Μέγιστο	Διαθέσιμοι
Διεργασία Α	1 0 2 1 1	1 1 2 1 3	0 0 x 1 1
Διεργασία Β	2 0 1 1 0	2 2 2 1 0	
Διεργασία Γ	1 1 0 1 0	2 1 3 1 0	
Διεργασία Δ	1 1 1 1 0	1 1 2 2 1	

Ποια είναι η μικρότερη τιμή του  $x$  για την οποία η κατάσταση είναι ασφαλής;

21. Ένα κατανομημένο σύστημα που χρησιμοποιεί γραμματοκιβώτια (mailboxes) έχει δύο βασικές κλήσεις IPC, τις *send* και *receive*. Η δεύτερη κλήση καθορίζει τη διεργασία από την οποία πρόκειται να γίνει η λήψη, και μπλοκάρεται αν δεν έχουν παραληφθεί μηνύματα που προέρχονται από τη διεργασία αυτή, ακόμη και αν υπάρχουν μηνύματα από άλλες διεργασίες που περιμένουν τη διαπερσίωσή τους. Δεν υπάρχουν κοινοί πόροι, αλλά οι διεργασίες χρειάζεται να επικοινωνούν συχνά για άλλα θέματα. Είναι δυνατό να συμβεί αδιέξοδος; Να γίνει συζήτηση.
22. Δύο διεργασίες, οι *A* και *B*, χρειάζονται η κάθε μία τρεις εγγραφές, τις 1, 2, και 3, οι οποίες βρίσκονται σε βάση δεδομένων. Αν η *A* ζητήσει τις εγγραφές με τη σειρά 1, 2, 3, και η *B* τις ζητήσει επίσης με την ίδια σειρά, δεν είναι δυνατόν να εμφανιστεί αδιέξοδος. Ωστόσο, αν η *B* ζητήσει τις εγγραφές με τη σειρά 3, 2, 1, υπάρχει πιθανότητα να εμφανιστεί αδιέξοδος. Αν υπάρχουν τρεις πόροι, σχηματίζονται  $3!$  (δηλαδή 6) πιθανοί συνδυασμοί με τους οποίους η κάθε διεργασία μπορεί να ζητήσει τους πόρους. Ποια είναι το κλάσμα των συνολικών συνδυασμών για το οποίο το σύστημα δεν παρουσιάζει αδιέξοδος;
23. Εξετάστε ξανά το προηγούμενο πρόβλημα, αλλά αυτή τη φορά χρησιμοποιήστε κλειδίωμα σε δύο φάσεις. Θα εξασλισθεί με τη μέθοδο αυτή η πιθανότητα να εμφανιστούν αδιέξοδος; Υπάρχουν κάποια ανεπιθύμητα χαρακτηριστικά όταν εφαρμόζεται αυτή η μέθοδος; Αν ναι, ποια είναι αυτά;
24. Σε ένα ηλεκτρονικό σύστημα μεταφοράς κεφαλαίων, υπάρχουν εκατοντάδες πανομοιότυπες διεργασίες που λειτουργούν ως εξής: κάθε διεργασία διαβάζει μια γραμμή εισόδου, η οποία περιέχει το ποσό των χρημάτων, το λογαριασμό που θα πιστωθεί, και το λογαριασμό που θα χρεωθεί. Στη συνέχεια κλειδώνει και τους δύο λογαριασμούς, μεταφέρει τα χρήματα, και τέλος αποδοσμεύει τους λογαριασμούς όταν ολοκληρωθεί η μεταφορά. Αν εκτελούνται παράλληλα πολλές διεργασίες, υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να κλειδωθεί ο λογαριασμός *A* αλλά να μην μπορεί να κλειδωθεί ο λογαριασμός *B*, γιατί ο *B* έχει ήδη κλειδωθεί από μια άλλη διεργασία που περιμένει να απελευθερωθεί ο *A*. Περιγράψτε μια μέθοδο για την αποφυγή των αδιεξόδων. Δεν πρέπει να απελευθερώσετε ένα λογαριασμό πριν ολοκληρωθεί η δόσοληψία. Με άλλα λόγια, δεν επιτρέπονται οι λύσεις στις οποίες, όταν κλειδώνεται ο ένας λογαριασμός και ο άλλος είναι ήδη κλειδωμένος, ο πρώτος λογαριασμός απελευθερώνεται.
25. Ένας τρόπος για να αποφευχθούν τα αδιέξοδα είναι να αποκλειστεί η συνθήκη δέσμευσης και απομονής. Στο κείμενο που προηγήθηκε, προτάθηκε ότι, όταν μια διεργασία ζητάει επιπλέον πόρους, πρέπει πρώτα να απελευθερώσει όσους κατέχει (υποθέτουμε ότι αυτό είναι πραγματοποιήσιμο). Ωστόσο, η τακτική αυτή εμπεριέχει τον εξής κίνδυνο: τη στιγμή που η διεργασία αποκτά το νέο πόρο, υπάρχει πιθανότητα να χάσει κάποιους από αυτούς που κατείχε νωρίτερα, επειδή πρόλαβαν και τους απέκτησαν οι ανταγωνιστικές διεργασίες. Προτείνετε μια βελτιωμένη σχεδίαση όσο αφορά αυτό το θέμα.

26. Φοιτητής στην επιστήμη των υπολογιστών, ο οποίος ασχολείται επισταμένα με τα αδιέξοδα, σκέπτεται τον εξής έξοχο τρόπο για να τα εξολοθρευτεί: όταν μια διεργασία ζητάει έναν πόρο, καθορίζει ταυτόχρονα ένα χρονικό όριο. Αν η διεργασία μπλοκαριστεί επειδή ο πόρος δεν είναι διαθέσιμος, ξεκινάει το χρονόμετρο. Αν περάσει το προκαθορισμένο χρονικό διάστημα, η διεργασία απελευθερώνεται και της επιτρέπεται να ξαναεκτελεστεί. Αν ήσαστε ο καθηγητής, τι βαθμό θα βάζατε σε αυτή την πρόταση και γιατί;

27. Η Στοχτοπούτα και ο Πρίγκηπας παίρνουν τελικά διαζύγιο. Για να μοιράσουν την περιουσία τους συμφώνησαν να χρησιμοποιήσουν τον εξής αλγόριθμο: κάθε πρσί, ο καθένας θα μπορεί να στείλει ένα γράμμα στο δικηγόρο του άλλου ζητώντας ένα περιουσιακό στοιχείο. Καθώς το γράμμα χρειάζεται μία μέρα για να φτάσει, συμφώνησαν ότι, αν ανακαλύψουν ότι ζήτησαν και οι δύο το ίδιο στοιχείο την ίδια μέρα, την επόμενη μέρα θα ακυρώσουν την αίτηση αυτή στέλνοντας στους δικηγόρους ένα σχετικό γράμμα. Στην περιουσία τους περιλαμβάνονται, μεταξύ άλλων, ο σκύλος τους ο Γούφερ, το σπίτι του Γούφερ, το καναρίνι τους ο Τουίτερ, και το κλουβί του Τουίτερ. Τα ζώα αγαπούν προφανώς τα σπίτια τους, και έχει συνεπώς συμφωνηθεί ότι δεν είναι έγκυρη καμία μοιρασιά της περιουσίας, η οποία χωρίζει κάποιο ζώο από το σπίτι του. Αν συμβεί κάτι τέτοιο, θα πρέπει η μοιρασιά της περιουσίας να ξαναγίνει από την αρχή. Τόσο η Στοχτοπούτα όσο και ο Πρίγκηπας θέλουν πάνω από όλα τον Γούφερ. Πηγαίνουν λοιπόν (χωριστές) διακοπές, προγραμματίζοντας ο καθένας τον υπολογιστή του ώστε να χειριστεί τις διαπραγματεύσεις. Όταν επιστρέφουν από τις διακοπές τους, οι υπολογιστές εξακολουθούν να κάνουν διαπραγματεύσεις. Γιατί; Είναι δυνατόν να έχει συμβεί αδιέξοδο; Η μήπως έχει συμβεί λιμοκτονία; Να γίνει συζήτηση.

28. Ένας φοιτητής που σπουδάζει ανθρωπολογία και περιστασιακά ασχολείται με την επιστήμη των υπολογιστών έχει ξεκινήσει μια ερευνητική εργασία για να διαπιστώσει αν μπορούν να διδαχθούν τα αδιέξοδα στους μπαμπούνους της Αφρικής. Εντοπίζει ένα βαθύ φαράγγι και δίνει ένα σχοινί από τη μια άκρη στην άλλη, ώστε οι μπαμπούνι να μπορούν να διασχίσουν το φαράγγι κρεμασμένοι από αυτό. Υπάρχει η δυνατότητα να διασχίσουν πολλοί μπαμπούνι μαζί τη χαράδρα, αν κινούνται προς την ίδια κατεύθυνση. Αν χρησιμοποιήσουν ταυτόχρονα το σχοινί μπαμπούνι που κινούνται προς αντίθετες κατευθύνσεις, θα συμβεί αδιέξοδο (οι μπαμπούνι θα κολλήσουν στη μέση) γιατί ο κάθε μπαμπούνος δε θα είναι δυνατόν να περάσει πάνω από έναν άλλο όταν βρίσκεται πάνω από το φαράγγι. Όταν ένας μπαμπούνος θελήσει να διασχίσει το φαράγγι, πρέπει να ελέγξει αν έρχεται άλλος από την αντίθετη κατεύθυνση. Γράψτε ένα πρόγραμμα για την αποφυγή αδιεξόδου με τη χρήση σηματοφόρων. Μη σας ανησυχεί αν οι μπαμπούνι που κινούνται προς τη μία κατεύθυνση καθυστερούν για μεγάλο χρονικό διάστημα αυτούς που κινούνται προς την άλλη.

29. Επαναλάβετε το προηγούμενο πρόβλημα, αλλά τώρα αποφύγετε τη λιμοκτονία. Αν ένας μπαμπούνος θέλει να διασχίσει το φαράγγι προς τα ανατολικά και, όταν φτάσει στο σχοινί, δει ότι κάποιοι άλλοι το διασχίζουν προς τα δυτικά, περιμένει μέχρι να αδειάσει το σχοινί αλλά δεν επιτρέπεται σε άλλους μπαμπούνους να αρχίσουν να μετακινούνται προς τα δυτικά αν δεν περάσει τουλάχιστον ένας προς τα ανατολικά.

30. Γράψτε μια προσομοίωση του αλγορίθμου του τραπεζίτη. Το πρόγραμμά σας πρέπει να διατηρεί κυκλικά τους πελάτες που κάνουν αιτήσεις και να εκτιμά αν η αποδοχή τους είναι ασφαλής ή ανισοφαλής. Αποθηκεύστε μια ακολουθία από αιτήσεις και αποφάσεις σε ένα αρχείο.