

ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

Αναφορά 1ης Εργαστηριακής Άσκησης

Καμινάρης Κωνσταντίνος, 236064
kaminaris@ceid.upatras.gr

Δεκέμβριος 2023

ΕΡΩΤΗΜΑ 1: SHELL SCRIPTING

Υλοποιημένα κομμάτια: 1 — 6

Μη υλοποιημένα κομμάτια: —

Κομμάτια που δουλεύουν σωστά: 1 — 6

Κομμάτια που δε δουλεύουν σωστά: —

Η εφαρμογή υλοποιήθηκε σε BASH script με χρήση awk για την αναζήτηση σε αρχεία.

Το πρόγραμμα αποτελείται από ένα loop που δίνει στο χρήστη τις επιλογές, το οποίο επαναλαμβάνεται μέχρι ο χρήστης να επιλέξει την έξοδο από την εφαρμογή. Αφού ο χρήστης επιλέξει κάποια ενέργεια, η ροή προγράμματος προωθείται μέσω ενός “case ... in” statement στην αντίστοιχη συνάρτηση. Εκεί επιτελείται η εκάστοτε ενέργεια.

Η βασική ιδέα της εφαρμογής είναι πως το αρχείο που θέλει ο χρήστης να διαβάσει/αλλάξει αντιγράφεται σε ένα προσωρινό αρχείο με χρήση της εντολής mktemp. Όλες οι επιλογές του προγράμματος πραγματοποιούνται πάνω σε αυτό το προσωρινό αρχείο, μέχρι να επιλεγεί η αποθήκευσή του από το χρήστη, οπότε και αντιγράφεται στο “πραγματικό αρχείο”.

Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στην προστασία της εφαρμογής από τυχόν καταρρεύσεις κατά τη διάρκεια της εκτέλεσής της. Παραδείγματα εκτέλεσης των ερωτημάτων:

```
konstantinos:~/osproject1/bash-project$ ./business_hall.sh

Welcome to Business Hall!

Press <ENTER> to continue...

Select business file - - - - - (1)
Print business data - - - - - (2)
Update business data field - - - (3)
Print entire file - - - - - (4)
Save changes - - - - - (5)
Exit - - - - - (6)

Select one of the options above by typing the respective number: 1
Enter the path to your selected business file: businesses.csv

File selected!
Press <ENTER> to continue...
```

Σχήμα 1: Επιλογή αρχείου επιχειρήσεων

```
Select business file - - - - - (1)
Print business data - - - - - (2)
Update business data field - - - (3)
Print entire file - - - - - (4)
Save changes - - - - - (5)
Exit - - - - - (6)

Select one of the options above by typing the respective number: 2
Enter business id: 36363

ID      BusinessName Address          City      PostCode Longitude Latitude
36363   1call Direct 116 West Regent Street Glasgow G2 2QD -4.258314 55.863552

Press <ENTER> to continue...
```

Σχήμα 2: Προβολή στοιχείων επιχείρησης

```

Select business file - - - - - (1)
Print business data - - - - - (2)
Update business data field - - - (3)
Print entire file - - - - - (4)
Save changes - - - - - (5)
Exit - - - - - (6)

Select one of the options above by typing the respective number: 3
Enter business id: 36363

ID (1)
Name (2)
Address (3)
City (4)
PostCode (5)
Longitude (6)
Latitude (7)

Select the field you would like to change by entering its respective number (1-7): 2
Enter new field value: McDonalds

Are you sure you want to change the value to McDonalds? (y/n): y

Old data:

ID      BusinessName  Address              City      PostCode  Longitude  Latitude
36363   Icall Direct      116 West Regent Street Glasgow G2 20D -4.258314 55.863552

New data:

ID      BusinessName  Address              City      PostCode  Longitude  Latitude
36363   McDonalds       116 West Regent Street Glasgow G2 20D -4.258314 55.863552

Update successful!

Press <ENTER> to continue...

```

Σχήμα 3: Αλλαγή στοιχείου επιχείρησης

```

Select business file - - - - - (1)
Print business data - - - - - (2)
Update business data field - - - (3)
Print entire file - - - - - (4)
Save changes - - - - - (5)
Exit - - - - - (6)

Select one of the options above by typing the respective number: 4

ID      BusinessName  AddressLine2      AddressLine3      PostCode  Longitude  Latitude
19429   Starbucks     390 Provau Walk   Glasgow G34 8DL -4.136999 55.872982
360857  1478 Social Club 11 Dove Street   Glasgow G53 7BS -4.362002 55.812693
36363   McDonalds      116 West Regent Street Glasgow G2 20D -4.258314 55.863552
36362   2 Go           207 Dumbarton Road Glasgow G11 6BE -4.308613 55.879617
507934  280 St Vincent Street Glasgow G2 5SG -4.268957 55.86229
95689   279 Cafe Bistro 279 Dumbarton Road Glasgow G11 6AB -4.303939 55.870516
110587  32nd Signal Regiment (v) 21 Jardine Street Glasgow G20 6JU -4.277246 55.877088
10859   7 Day Catering Ltd -Staff Canteen Glasgow G3 4UD -4.152553 55.863938
406755  7th Heaven      15 Elabank Gardens Glasgow G2 4NQ -4.270439 55.865108
556088  916 - Diner     916 Sauchiehall Street Glasgow G3 7TF -4.284479 55.865774
31114   Abercromby Cafe 168 Abercromby Street Glasgow G40 2RZ -4.229148 55.852688
36313   Abercromby Catering And Vending Glasgow G40 30D -4.213875 55.84625
35898   A-Cakes         39 Milnbank Street Glasgow G31 3AD -4.221675 55.864803
537382  Ad Lib          33 Ingram Street Glasgow G1 1HA -4.242358 55.859008
91632   Agra Restaurant 995 Crow Road    Glasgow G13 1JP -4.32204 55.893903
315982  AJ's Sandwich Shop 14 Tollcross Road Glasgow G31 4XD -4.19669 55.850836
360826  Akhars Balti Restaurant 573 Sauchiehall Street Glasgow G3 7PQ -4.273083 55.866048
36482   Alba Cafe       481 Great Western Road Glasgow G12 8HL -4.282144 55.875281
22585   Alba Catering Ltd 2 Haghill Road   Glasgow G31 3SR -4.202495 55.858569
188993  Albacore        208 Carlisle Street Glasgow G2 6EJ -4.24259842 55.85779953
19526   Albacore (Scottish Qualifications Authority) 58 Robertson Street Glasgow G2 8DU -4.260464 55.857095
49104   Alberto's       586 Alexandra Parade Glasgow G31 3BQ -4.218008 55.863548
360864  Albion Sports And Social Club 320 Halley Street Glasgow G13 4D1 -4.378986 55.891898
65168   Alishan Tandoori 259 Battlefield Road Glasgow G42 8HU -4.262139 55.824889
49865   All In One      12 Marne Street   Glasgow G31 2TD -4.212686 55.8627
15468   Alla Turca Restaurant 192 Pitt Street   Glasgow G2 4DY -4.26452 55.865289
116807  Allied Distillers Canteen 1780 London Road Glasgow G32 6XA -4.192206 55.838729
548299  Almi's Cafeteria 608 Eglinton Street Glasgow G5 9RR -4.262232 55.844633
511143  Al's Diner      70 Cathedral Street Glasgow G4 0RN -4.25203 55.865428
112421  AM PM           16 Killermont Street Glasgow G2 3MW -4.253893 55.863929
133348  Amalfi Pizzeria 148 West Nile Street Glasgow G1 2RQ -4.253556 55.86203996
19627   Amarone        4 Nelson Mandela Place Glasgow G2 6EE -4.259031 55.853338
568571  Amateur Football Association 30 Bridge Street Glasgow G5 9HU -4.256413 55.86329
133364  Amber Regent    50 West Regent Street Glasgow G2 2RA -4.295156 55.873646
38936   Amber Restaurant 132 Byres Road    Glasgow G12 6TD -4.255888 55.884272
488211  Amber's Cafe    19 Balmore Road   Glasgow G2 2GN -4.242543 55.859445
31320   Amore Ristorante 30 Ingram Street   Glasgow G1 1EZ -4.193152 55.878212
45671   Amros Tandoori 1228 Royston Road Glasgow G33 1EX -4.258211 55.859302
31211   AMT Coffee      79 Gordon Street   Glasgow G1 3SD -4.251204 55.862487
102350  Ant Espresso (Queen St Station) 38 George Square Glasgow G2 7AF -4.27954 55.866593
30935   An Clachan Cafe Ltd 5 Le Belle Place Glasgow G3 7LH -4.265291 55.83407
132673  Anarkali Restaurant 531 Victoria Road Glasgow G2 5LA -4.25852 55.861876
48841   Anatolia        148 St Vincent Street Glasgow G2 3BH -4.258023 55.863157
507922  Andell's Restaurant And Tearoom 183 Fordneuk Street Glasgow G40 3SA -4.218836 55.849486
315985  Anne's Snack Bar 387 Great Western Road Glasgow G4 9HY -4.277598 55.873819
49131   Another Piece   305 Sauchiehall Street Glasgow G2 3HD -4.263947 55.865326
128362  Anti Pasti      280 Gleadon Road Glasgow G2 7XS -4.259779 55.895646
26768   Aramark         9 Ardery Street   Glasgow G11 7SX -4.31445 55.871478
360791  Ardery Street Masonic Halls 71 Albion Street Glasgow G1 1NY -4.243579 55.858573
31127   Arisaig         459 Crow Road     Glasgow G11 7UN -4.327257 55.882261
31815   Arnold Clark Canteen 5 Cadogan Street Glasgow G2 6DE -4.260169 55.859446
49871   Aroma           13 Walls Street   Glasgow G1 1PA -4.24317 55.857852
36128   Artisan Roast   15 Gibson Street Glasgow G12 8NU -4.282448 55.8723
40165   Arty Tarts      3 McLaren Crescent Glasgow G8 0LD -4.285638 55.895285
10607   Asda (Restaurant and Staff Canteen) 1380 Duke Street Glasgow G31 4EB -4.199841 55.853449
21857   Asda Cafe/Canteen 555 Prospecthill Road Glasgow G42 0AE -4.246845 55.830176

--More--(Press space to continue, 'q' to quit.)

```

Σχήμα 4: Προβολή αρχείου

```

Select business file - - - - - (1)
Print business data - - - - - (2)
Update business data field - - - (3)
Print entire file - - - - - (4)
Save changes - - - - - (5)
Exit - - - - - (6)

Select one of the options above by typing the respective number: 4

ID      BusinessName      AddressLine2      AddressLine3      PostCode      Longitude      Latitude
19429   (Starbucks)            390 Provan Walk   Glasgow           G34 9DL        -4.136969      55.872982
360857  1478 Social Club      11 Dove Street   Glasgow           G3 7BS         -4.262802      55.812693
36363   McDonalds              116 West Regent Street Glasgow           G2 200         -4.258314      55.863552
36362   2 Go                   397 Dumbarton Road Glasgow           G11 6BE        -4.388613      55.878617
507934  208 St Vincent Street 208 St Vincent Street Glasgow           G2 55G         -4.260957      55.86229
95689   279 Cafe Bistro       279 Dumbarton Road Glasgow           G11 6AB        -4.303939      55.876516
110587  32nd Signal Regiment (v) 21 Jardine Street Glasgow           G20 6JU        -4.277246      55.877088
10859   7 Day Catering Ltd -Staff Canteen 53 Coltness Street Glasgow           G33 4JD        -4.152553      55.863938
406755  7th Heaven            15 Elmbank Gardens Glasgow           G2 4M0         -4.270439      55.865108
556088  916 - Diner            916 Sauchiehall Street Glasgow           G3 7TF         -4.284479      55.865774
31114   Abercromby Cafe        168 Abercromby Street Glasgow           G40 2R2        -4.229148      55.852688
36313   Abercromby Catering And Vending 8 Arrol Road Glasgow           G2 3DQ         -4.213875      55.84625
35898   A.Cakes               39 Milnbank Street Glasgow           G31 3AQ        -4.221675      55.864803
537382  Ad Lib                33 Ingram Street Glasgow           G1 1HA         -4.242358      55.859888
91632   Agra Restaurant       995 Crow Road Glasgow           G13 1LP        -4.32204       55.893903
315982  AJ's Sandwich Shop    14 Tollcross Road Glasgow           G31 4XD        -4.19669       55.850836
360826  Akbars Balti Restaurant 573 Sauchiehall Street Glasgow           G3 7PQ         -4.273883      55.866048
26482   Alba Cafe              481 Great Western Road Glasgow           G12 8HL        -4.282144      55.875291
22585   Alba Catering Ltd     2 Hoggill Road Glasgow           G31 3SR        -4.262495      55.858569
188093  Albacore              208 Carlisle Street Glasgow           G2 8BU         -4.242599842   55.85779953
19526   Albacore (Scottish Qualifications Authority) 58 Robertson Street Glasgow           G2 8BU         -4.268484      55.857895
49184   Alberto's             568 Alexandra Parade Glasgow           G31 3BD        -4.218888      55.863548
360864  Albion Sports And Social Club 328 Halley Street Glasgow           G13 4DJ        -4.378986      55.891898
66169   Alishan Tandoori      258 Battlefield Road Glasgow           G42 9HU        -4.262139      55.824889
49605   All In One            12 Marne Street Glasgow           G31 7TD        -4.212686      55.8627
15468   Alta Turca Restaurant 192 Pitt Street Glasgow           G2 4DY         -4.26452       55.865289
116807  Allied Distillers Canteen 1780 London Road Glasgow           G32 8XA        -4.192286      55.838729
548299  Almi's Cafeteria      688 Eglinton Street Glasgow           G5 9RR         -4.262232      55.844633
511145  Al's Diner             78 Cathedral Street Glasgow           G2 8RN         -4.25203       55.865428
112421  AM NY                 16 Killermont Street Glasgow           G2 3WU         -4.253893      55.863929
133348  Amalfi Pizzeria       148 West Nile Street Glasgow           G1 2RQ         -4.253556      55.86203936
19637   Amarone               4 Nelson Mandela Place Glasgow           G5 9HU         -4.259031      55.853338
568571  Amateur Football Association 34 Bridge Street Glasgow           G2 2RA         -4.256413      55.86329
133364  Amber Regent          59 West Regent Street Glasgow           G12 8TD        -4.295156      55.873646
30936   Amber Restaurant      132 Byres Road Glasgow           G22 6RN        -4.255888      55.884273
488311  Amber's Cafe          18 Balmore Road Glasgow           G1 1EZ         -4.242543      55.859445
31320   Amore Ristorante     38 Ingram Street Glasgow           G3 1EX         -4.193152      55.878212
45671   Amros Tandoori       1226 Royston Road Glasgow           G1 3SQ         -4.258211      55.859302
31211   AMT Coffee            79 Gordon Street Glasgow           G1 2AF         -4.251284      55.862487
102359  Amt Espresso (Queen St Station) 5 La Belle Place Glasgow           G3 7LH         -4.27954       55.866593
30935   An Clachan Cafe Ltd  531 Victoria Road Glasgow           G42 8BH        -4.265291      55.83407
132673  Anakali Restaurant   140 St Vincent Street Glasgow           G2 5LA         -4.25852       55.861876
48841   Anatolia              183 Farnheuk Street Glasgow           G40 3SA        -4.218836      55.849486
507922  Andell's Restaurnt And Tearoom 387 Great Western Road Glasgow           G4 9HY         -4.277598      55.873819
315905  Anne's Snack Bar     305 Sauchiehall Street Glasgow           G2 3HD         -4.263947      55.865326
49131   Another Piece         208 Glentana Road Glasgow           G22 7XS        -4.259779      55.895646
128362  Anti Posti            9 Ardery Street Glasgow           G11 7SX        -4.31445       55.871478
26768   Aramark               71 Albion Street Glasgow           G1 1NY         -4.243579      55.858573
306791  Ardery Street Masonic Halls 459 Crow Road Glasgow           G11 7DN        -4.327257      55.882281
31127   Arisallo              5 Cadogan Street Glasgow           G2 6DE         -4.260169      55.859446
31015   Arnold Clark Canteen 13 Walls Street Glasgow           G1 1PA         -4.24317       55.857852
49871   Aroma                 15 Gibson Street Glasgow           G12 8NU        -4.282448      55.8723
132908  Arta                  3 McLaren Crescent Glasgow           G20 0LD        -4.285638      55.895285
36128   Artisan Roast         1300 Duke Street Glasgow           G31 4EB        -4.199841      55.853449
49165   Arty Tarts            355 Prospecthill Road Glasgow           G42 0AE        -4.246845      55.830176
10867   Asda (Restaurant and Staff Canteen)
21857   Asda Cafe/Canteen
--More--[Press space to continue, 'q' to quit.]

```

Σχήμα 5: Αποθήκευση αρχείου

```

Select business file - - - - - (1)
Print business data - - - - - (2)
Update business data field - - - (3)
Print entire file - - - - - (4)
Save changes - - - - - (5)
Exit - - - - - (6)

Select one of the options above by typing the respective number: 6

Exit Business Hall? (y/n) :y

Thank you for using Business Hall!
konstantinos:~/osproject1/bash-project$

```

Σχήμα 6: Έξοδος

ΕΡΩΤΗΜΑ 2: ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ

Υλοποιημένα κομμάτια: a, b

Μη υλοποιημένα κομμάτια: —

Κομμάτια που δουλεύουν σωστά: a, b

Κομμάτια που δε δουλεύουν σωστά: —

Υλοποιήθηκαν τα αρχεία `integral mc_shm.c` και `integral mc_shm_sem.c`. Ο αριθμός των διεργασιών ορίζεται στην κλήση των προγραμμάτων με τη μορφή του 1ου argument.

Για τη δημιουργία των διεργασιών παιδιών χρησιμοποιήθηκε η εντολή `fork()`, ενώ για την κοινή μνήμη η εντολή `mmap/munmap`. Το seed για τον random number generator τέθηκε σε κάθε διεργασία παιδί σαν συνάρτηση της ώρας και του αριθμού της εργασίας ώστε κάθε seed να είναι διαφορετικό $[time(NULL) + childNumber]$. Όλες οι διεργασίες παιδιά μοιράζονται το φόρτο υπολογισμού ισότιμα, ενώ η διεργασία γονέας περιμένει την έξοδό τους για να αποκριθεί με το τελικό αποτέλεσμα. Στην περίπτωση της υλοποίησης χωρίς σημαφόρους η κοινή μνήμη αποτελείται από έναν pointer σε μονοδιάστατο πίνακα float με μέγεθος το πλήθος των διεργασιών. Στην περίπτωση με σημαφόρους η κοινή μνήμη αποτελείται από ένα struct με δύο πεδία: το σημαφόρο και τη μοναδική θέση μνήμης που απαιτείται για την αποθήκευση του αποτελέσματος. Η πρόσβαση στην τιμή του αποτελέσματος προστατεύεται από το σημαφόρο.

Παρατήρηση: Όταν οι διεργασίες “έγραφαν” απευθείας στην κοινή μνήμη σε κάθε βήμα του εσωτερικού loop παρατηρήθηκε πτώση στην απόδοση του προγράμματος. Οπότε δημιουργήθηκε μία προσωρινή μεταβλητή `partial_sum` η οποία ενημερώνει την κρυφή μνήμη μόνο στο τέλος της ζωής της κάθε διεργασίας παιδιού. Ιδιαίτερα σημαντική ήταν η αλλαγή αυτή στην περίπτωση της υλοποίησης με σημαφόρους διότι η κάθε διεργασία παιδί αποκλειόταν για μεγάλο χρόνο έξω από την κρίσιμη περιοχή της με αποτέλεσμα υπέρβαρη καθυστέρηση στην εκτέλεση του προγράμματος.

ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ ΥΛΟΠΟΙΗΣΗΣ

Virtual Machine	VMWare Workstation 17 Player
OS	Ubuntu 22.04.3 x64
Host OS	Microsoft Windows 10 Pro
Processor Name	Intel Core i5-4460
Processor Speed	3,2 GHz
Number of Processors	1
Total Number of Cores	4
L2 Cache (per Core)	256 KB
L3 Cache	6 MB
Memory	16 GB

Καταγράφηκε συστηματική βελτίωση της απόδοσης αναλογικά με το πλήθος των διεργασιών παιδιών μέχρι την τιμή των διαθέσιμων επεξεργαστικών πυρήνων (4). Για μεγαλύτερες τιμές διεργασιών παιδιών δεν παρατηρήθηκε αξιόλογη βελτίωση απόδοσης, όπως ήταν αναμενόμενο. Παράδειγμα εκτέλεσης του κάθε κώδικα με διαφορετικό αριθμό διεργασιών:

```
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm
Result=0.7386400347256546 Error=2.963311e-06 Rel.Error=4.011831e-06 Time=9.518368 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 2
Result=0.7386416009134991 Error=1.397123e-06 Rel.Error=1.891473e-06 Time=4.665210 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 3
Result=0.7386451737967854 Error=2.175760e-06 Rel.Error=2.945618e-06 Time=3.136158 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 4
Result=0.7386438879217652 Error=8.898849e-07 Rel.Error=1.204756e-06 Time=2.440421 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 10
Result=0.7386536015806203 Error=1.060354e-05 Rel.Error=1.435544e-05 Time=2.521738 seconds
```

Σχήμα 7: Shared memory without semaphore

```
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm
Result=0.7386400347256546 Error=2.963311e-06 Rel.Error=4.011831e-06 Time=9.518368 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 2
Result=0.7386416009134991 Error=1.397123e-06 Rel.Error=1.891473e-06 Time=4.665210 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 3
Result=0.7386451737967854 Error=2.175760e-06 Rel.Error=2.945618e-06 Time=3.136158 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 4
Result=0.7386438879217652 Error=8.898849e-07 Rel.Error=1.204756e-06 Time=2.440421 seconds
konstantinos:~/osproject1/project1_integration$ ./integral mc shm 10
Result=0.7386536015806203 Error=1.060354e-05 Rel.Error=1.435544e-05 Time=2.521738 seconds
```

Σχήμα 8: Shared memory with semaphore

ΕΡΩΤΗΜΑ 3: ΣΥΓΧΡΟΝΙΣΜΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Αρχικά υπολογίζονται οι σταθερές X και Y από το AM 1041756 άρα:

$$X = 6 \text{ και } Y = 7$$

Οι οντότητες που θα υλοποιηθούν είναι οι εξής:

- Συνδαιτημόνας
- Μάγειρας
- Βοηθός 1
- Βοηθός 2

Γνωρίζουμε πως μόνο ένας συνδαιτημόνας μπορεί να σερβίρεται από την κατσαρόλα κάθε φορά και πως όταν ο μάγειρας θέλει να προσθέσει φαγητό θα πρέπει να έχει μόνο αυτός πρόσβαση στην κατσαρόλα, οπότε χρειαζόμαστε ένα δυαδικό σημαφόρο που ονομάζεται `pot`. Ταυτόχρονα χρειαζόμαστε μια κοινή μεταβλητή `food` που θα αποθηκεύει πόσες μερίδες απομένουν στην κατσαρόλα. Η πρόσβαση για ανάγνωση ή εγγραφή σε αυτή τη μεταβλητή προστατεύεται από τον δυαδικό σημαφόρο `mutex`.

Όταν η μεταβλητή `food` γίνει μηδέν, το φαγητό στην κατσαρόλα έχει αδειάσει και θέλουμε να αφυπνίσουμε τον μάγειρα. Αυτό γίνεται με το δυαδικό σημαφόρο `pot_is_empty`. Ο μάγειρας αφυπνίζει τους δύο βοηθούς του με τους δυαδικούς σημαφόρους `help1` και `help2` όσες φορές χρειάζεται, ώστε να έχει όλα τα υλικά που χρειάζεται για να μαγειρέψει. Συγκεκριμένα θα αφυπνίσει μόνο μία φορά τον βοηθό που είναι υπεύθυνος για τα καρότα (βοηθός 2), ενώ περισσότερες φορές τον βοηθό που είναι υπεύθυνος για τα φασόλια (βοηθός 1), γιατί δεν μπορεί να κουβαλήσει περισσότερα από Y . Για την καταμέτρηση των φασολιών χρησιμοποιείται η κοινή μεταβλητή `beans_count` η οποία προστατεύεται για ανάγνωση και εγγραφή από το δυαδικό σημαφόρο `mutex2`.

Ο βοηθός 2 με τη σειρά του φέρνει τα καρότα και ενημερώνει με το δυαδικό σημαφόρο `carrots` τον μάγειρα πως τα καρότα είναι έτοιμα. Ο βοηθός 1 φέρνει όσα φασόλια μπορεί να κουβαλήσει και ενημερώνει τη μεταβλητή `beans_count` και μετά ενημερώνει τον μάγειρα πως γύρισε πίσω με το δυαδικό σημαφόρο `beans`. Όταν ο μάγειρας έχει αρκετά υλικά καταναλώνει τους σημαφόρους `beans` και `carrots` και μαγειρεύει. Στη συνέχεια ενημερώνει την κοινή μεταβλητή `food` να γίνει ίση με $X + 5$. Τέλος αφυπνίζει τους συνδαιτημόνες με το σημαφόρο `pot`.

Παρατίθεται μια υλοποίηση των παραπάνω σε μορφή ψευδοκώδικα:

```
define X = 6;
define Y = 7;
semaphore pot = 1;
semaphore pot_is_empty = 0;
semaphore help1 = 0;
semaphore help2 = 0;
semaphore beans = 0;
semaphore carrots = 0;
semaphore mutex = 1;
shared int food = X + 5;
semaphore mutex2 = 1;
shared int beans_count = 0;
```

Σχήμα 9: Μεταβλητές

```
Διεργασία-Συνδαιτημόνας
repeat
    down(mutex);
    if (food>0) then
        food--;
        if (food==0) up(pot_is_empty);
        up(mutex);
        down(pot);
        take_food();
        up(pot);
    else up(mutex);
forever;
```

Σχήμα 10: Διεργασία συνδαιτημόνας

```
Διεργασία-Μάγειρας
repeat
    down(pot_is_empty);
    up(help2);
    count = Y + 3;
    repeat
        down(mutex2);
        if (beans_count < Y+3)
            up(mutex2);
            up(help1);
            down(bean);
        else
            up(mutex2);
            break;
    forever;
    down(carrots);
    cook_food();
    down(mutex);
    food = X + 5;
    up(mutex);
    up(pot);
forever;
```

Σχήμα 11: Διεργασία μάγειρας

```
Διεργασία-βοηθός1
repeat
    down(help1);
    helper();
    down(mutex2);
    beans_count = beans_count + Y;
    up(mutex2);
    up(bean);
forever;

Διεργασία-βοηθός2
repeat
    down(help2);
    helper();
    up(carrots);
forever;
```

Σχήμα 12: Διεργασίες βοηθοί

ΕΡΩΤΗΜΑ 4: ΧΡΟΝΟΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΩΝ

Υλοποιημένα κομμάτια: a, b

Μη υλοποιημένα κομμάτια: c

Συμβολισμοί που χρησιμοποιούνται παρακάτω:

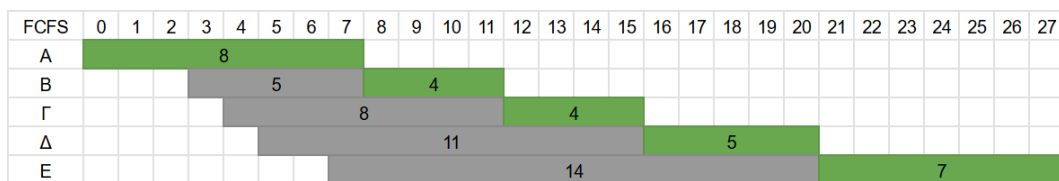
$MX_{A\nu} \rightarrow$ Μέσος Χρόνος Αναμονής

$MX_{A\pi} \rightarrow$ Μέσος Χρόνος Απόκρισης

$MXO \rightarrow$ Μέσος Χρόνος Ολοκλήρωσης

$\Theta A \rightarrow$ Πλήθος Θεματικών Αλλαγών

FIRST COME FIRST SERVED (FCFS)



Σχήμα 13: FCFS Gantt Chart

$$MX_{A\nu} = \frac{0 + 5 + 8 + 11 + 14}{5} = 7.6$$

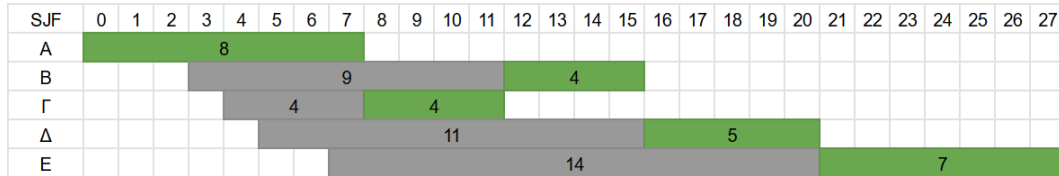
$$MX_{A\pi} = \frac{0 + 5 + 8 + 11 + 14}{5} = 7.6$$

$$MXO = \frac{8 + 9 + 12 + 16 + 21}{5} = 13.2$$

$$\Theta A = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$$

SHORTEST JOB FIRST (SJF)

Εδώ ενεργοποιείται η προτεραιότητα των διεργασιών τη χρονική στιγμή 8 καθώς οι διεργασίες Β και Γ έχουν διάρκεια εκτέλεσης 4 μονάδες η κάθε μία αλλά η Γ έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα.



Σχήμα 14: SJF Gantt Chart

$$MX_{A\nu} = \frac{0 + 9 + 4 + 11 + 14}{5} = 7.6$$

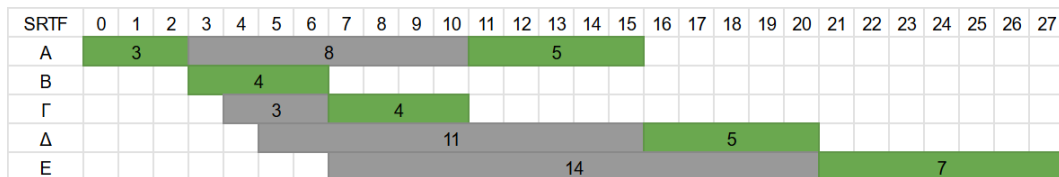
$$MX_{A\pi} = \frac{0 + 9 + 4 + 11 + 14}{5} = 7.6$$

$$MXO = \frac{8 + 13 + 8 + 16 + 21}{5} = 13.2$$

$$\Theta A = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$$

SHORTEST REMAINING TIME FIRST (SRTF)

Εδώ ενεργοποιείται η προτεραιότητα των διεργασιών τη χρονική στιγμή 11 καθώς οι διεργασίες Α και Δ έχουν υπόλοιπη διάρκεια εκτέλεσης 5 μονάδες η κάθε μία αλλά η Α έχει μεγαλύτερη προτεραιότητα.



Σχήμα 15: SRTF Gantt Chart

$$MX_{A\nu} = \frac{8 + 0 + 3 + 11 + 14}{5} = 7.2$$

$$MX_{A\pi} = \frac{0 + 0 + 3 + 11 + 14}{5} = 5.6$$

$$MXO = \frac{16 + 4 + 7 + 16 + 21}{5} = 12.8$$

$$\Theta A = 2 + 1 + 1 + 1 + 1 = 6$$

ROUND-ROBIN (RR)

RR	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27
A			4			2		2				8					2											
B				1		2			6				2															
Γ						4			2				8					2										
Δ							5				2				8				2		2		2		1			
E									7						2		6				2		2		1		2	1

Σχήμα 16: RR Gantt Chart

$$MX_{A\nu} = \frac{10 + 7 + 12 + 15 + 14}{5} = 11.6$$

$$MX_{A\pi} = \frac{0 + 1 + 4 + 5 + 7}{5} = 3.4$$

$$MXO = \frac{18 + 11 + 16 + 20 + 21}{5} = 17.2$$

$$\Theta A = 3 + 2 + 2 + 3 + 3 = 13$$