



**ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΜΙΚΡΟΠΕΞΕΡΓΑΣΤΩΝ & ΥΛΙΚΟΥ**  
**ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΟ ΜΑΘΗΜΑ:**  
**ΗΡΥ 201ΨΗΦΙΑΚΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΕΣ**

**ΧΕΙΜΕΡΙΝΟ ΕΞΑΜΗΝΟ 2020-2021**

**Εργαστήριο 5:**

**Αναδρομή, Διαχείριση Στοιβών για Πέρασμα Ορισμάτων,  
Διαχείριση Μνήμης Συμβολοσειρών: Αριθμοί Fibonacci**

**ΕΚΠΟΝΗΣΗ:** Δρ. Ε. Σωτηριάδης, Δρ. Α. Ιωάννου

**A. Σκοπός του εργαστηρίου**

Στο Εργαστήριο αυτό σκοπός είναι να γράψουμε αναδρομικό κώδικα με κάποιες ιδιαιτερότητες όσον αφορά το πέρασμα ορισμάτων προς τις υπορουτίνες και την επιστροφή των αποτελεσμάτων, αλλά και την στοχευμένη αλλαγή θέσεων μνήμης για να εκτυπώσουμε μηνύματα προς τον χρήστη. Παρότι οι αριθμοί Fibonacci είναι στην περίπτωση των αναδρομικών κωδίκων όπου στην πραγματικότητα δεν χρειάζεται η αναδρομή, εμείς θα το υλοποιήσουμε με αναδρομή (γιατί πιο ρεαλιστικά παραδείγματα όπως Quicksort θα ήταν πιο δύσκολο να γραφτούν σε Assembly).

Ο αναδρομικός ορισμός των αριθμών Fibonacci είναι ότι για όρισμα  $n$ , όπου  $n$  είναι ένας μη αρνητικός ακέραιος, για αριθμό Fibonacci  $F_n$  έχουμε:

$$F_n = F_{n-1} + F_{n-2} \text{ και } F_1 = 1, F_0 = 0$$

Οι πρώτοι 25 αριθμοί Fibonacci είναι οι εξής (ξεκινώντας από τον  $F_0$  και έως τον  $F_{24}$ ):

0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89, 144, 233, 377, 610, 987, 1597, 2584, 4181, 6765, 10946, 17711, 28657, 46368, και επομένως ξέρουμε ποιες είναι οι σωστές απαντήσεις στο ερώτημα του χρήστη. Το πρόγραμμά μας δεν εκτυπώνει όλους τους αριθμούς αλλά μόνο  $F_n$ .

Επί πλέον, θα μάθουμε να διαχειριζόμαστε την μνήμη ώστε να κάνουμε στοχευμένη παρέμβαση σε κάποιες θέσεις, με αντίστοιχη μετατροπή ενός μη προσημασμένου αριθμού, σε ASCII, και βάζοντάς τον στο σωστό πεδίο.

**B. Περιγραφή της λειτουργίας του κώδικα**

Μία ενδεικτική λειτουργία του προγράμματός μας είναι να έχουμε ένα βρόχο για να βάλουμε μία καταχώρηση ή να ρωτήσουμε κάποιον αριθμό με τον αριθμό καταχώρησης. Ενδεικτικά (με **bold** οι ερωτήσεις του υπολογιστή στην κονσόλα, με κανονικά γράμματα οι απαντήσεις του χρήστη). Δεν φαίνονται κενές γραμμές για οικονομία χώρου.

**Please enter a number in the range 0-24, or Q to quit:**

39

**This number is outside the allowable range.**

**Please enter a number in the range 0-24, or Q to quit:**

12

**The Fibonacci number F12 is 144**

**Please enter a number in the range 0-24, or Q to quit:**

Q

(και το πρόγραμμα τερματίζει).

## Γ. Υλοποίηση

Στο συγκεκριμένο εργαστήριο έχουμε δύο ιδιαιτερότητες, που κάνουν τον κώδικα ελαφρά πιο δύσκολο στο να γραφτεί, αλλά σκοπός είναι να εξοικειωθούμε με τις αντίστοιχες τεχνικές. Αυτές είναι:

1. Τα ορίσματα τα περνάμε μόνο μέσα από την κανονική μας στοίβα που ελέγχεται από το \$sp και χωρίς καθόλου χρήση καταχωρητών παρότι δεν μας λείπουν οι καταχωρητές και θα ήταν εύκολο να λύσουμε το πρόβλημα με χρήση καταχωρητών, και,
2. Για την εκτύπωση π.χ. **The Fibonacci number F12 is 144** επιτρέπονται μόνο δύο syscalls. Πρακτικά, αυτό σημαίνει ότι τον αριθμό 12 που διαβάσατε κανονικά σαν Integer με το κατάλληλο syscall πρέπει να τον μετατρέψετε με δικό σας κώδικα σε ένα ή περισσότερους χαρακτήρες ASCII, τους οποίους να ενσωματώσετε στο string **"The Fibonacci number F is"** (προσοχή στο ότι το `asciiiz` string έχει ήδη τρία κενά για να μην χρειάζεται να μετακινούμε το "is" και απλά βάζουμε τα κατάλληλα bytes στην κατάλληλη θέση – δεν μας πειράζει αν έχει ένα παραπάνω space π.χ. στο F7). Επειδή η έμφαση είναι σε άλλα θέματα από την ελαχιστοποίηση προσπελάσεων της μνήμης είναι αποδεκτό να χρησιμοποιήσετε LB/SB αν σας χρειάζεται, αν και υπάρχουν πολύ κομψές λύσεις με LW/SW, ή και μόνο SW (αλλά μας καίει ένα καταχωρητή).
3. Για την μετατροπή ενός μη προσημασμένου αριθμού σε ASCII πρέπει να γράψετε υπορουτίνα δικής σας επινόησης, αλλά προτείνουμε να σκεφτείτε καλά τι θα έκανε την ζωή σας εύκολη, με δεδομένο ότι οι αποδεκτοί αριθμοί είναι στο πεδίο ορισμού 0-24.

Προφανώς είναι αποδεκτό και καλή πρακτική η θέση στοίβας στην οποία περνάτε ένα όρισμα στην αναδρομική κλήση να χρησιμοποιείται για επιστροφή ενός από τα αποτελέσματα στην επιστροφή.

Σας γράφουμε από τώρα ότι στην διαχείριση της στοίβας για κλήση/επιστροφή από υπορουτίνα, παρότι όταν καλείτε πρέπει να περνάτε ένα όρισμα (το  $n$ ), πρέπει να αφήνετε χώρο για να επιστρέψετε δύο ορίσματα, το  $F_{n-1}$  και  $F_{n-2}$ . Επίσης, επειδή προφανώς για να βρούμε το  $F_{n-1}$  ξέρουμε ήδη το  $F_{n-2}$  οι αναδρομικές κλήσεις είναι περίπου  $n$ . Το «περίπου» πάει στο ότι  $F_1$  και  $F_0$  ορίζονται, και είναι στην δική σας ευχέρεια πως θα τις χειριστείτε, αν και το πρόγραμμα πρέπει να δουλεύει σωστά και με ορίσματα  $n=1$  και  $n=0$ .

Όπως και σε προηγούμενα εργαστήρια, ξεκινάμε με ένα «χάρτη» της χρήσης των καταχωρητών αλλά πλέον και «χάρτη» της μνήμης.

Κλείνοντας, υπάρχουν δύο πράγματα που πρέπει να προσέξετε γιατί θα τα παρατηρούμε όταν βαθμολογούμε: με το τέλος της κλήσης της αναδρομής ο \$sp πρέπει να είναι στην αρχική του τιμή, δηλαδή να μην μας έχει ξεφύγει, και, όταν γράφετε τους χαρακτήρες ASCII φροντίστε να πανωγράψετε κενό εκεί που ενδεχόμενα είχατε κάποιο χαρακτήρα, αν π.χ. είχε ζητήσει ο χρήστης το F21 και κατόπιν ζητήσει το F5 μπορεί η έξοδος να φαίνεται σαν: The Fibonacci number F51 is (γιατί;). Προφανώς το εργαστήριο αυτό έχει πολλές «λεπτομέρειες» για να λύσετε επί μέρους προβλήματα όπως εσείς θέλετε. Όλες οι λύσεις που βασίζονται σε καλά δομημένο κώδικα με υπορουτίνες (αναδρομή και μη), καλά δουλεμένους αλγορίθμους, και τήρηση των περιορισμών θα θεωρηθούν αποδεκτές, αλλά οι κωδικές σας πρέπει να είναι πραγματικά «καλοδουλεμένοι» και τεκμηριωμένοι.

## Δ. Παραδοτέα – Βαθμολογία

1. Ένα .zip αρχείο που περιλαμβάνει
  - A) ένα .pdf αρχείο με pdf το flowchart του προγράμματος σας όπου φαίνονται οι ρουτίνες και οι υπορουτίνες σας. (20% του βαθμού σας)
  - B) ένα .pdf αρχείο με screenshots της εξόδου του προγράμματος και δείχνει την καλή λειτουργία του συστήματος
  - Γ) το αρχείο .asm με τον πηγαίο κώδικα
2. Πρέπει να έχετε εξαιρετικά καλά σχόλια στον κώδικα, σε κάθε υπορουτίνα να έχετε σχόλια στην αρχή για το ποιους καταχωρητές χρησιμοποιείτε και πως, να κάνετε σωστή χρήση καταχωρητών και μνήμης, κλπ. ( 20% του βαθμού σας)
3. Την ώρα του εργαστηρίου θα εξέξετε τον κώδικά σας αλλά και θα τον δείξετε στον εξεταστή. (60% του βαθμού σας)