

# HY252 - Οντοκεντρικός Προγραμματισμός

## Προγραμματιστική Εργασία Εαρινού Εξαμήνου 2004

### Περιγραφή Παραδοτέων

#### Περιγραφή

Στην εργασία αυτή καλείστε να υλοποιήσετε την προσομοίωση μηχανών Turing. Μια μηχανή Turing είναι μια συσκευή αποτελούμενη από μία κεφαλή ανάγνωσης/εγγραφής προσαρτημένη πάνω σε μία ταινία απείρου μήκους, η οποία μπορεί να κινείται αριστερά-δεξιά. Η ταινία αυτή έχει πάνω της άπειρα διακριτά κελιά, στα οποία η κεφαλή μπορεί να γράφει ή να διαβάζει σύμβολα. Κάθε (διακριτή) χρονική στιγμή, η μηχανή Turing βρίσκεται σε μια μοναδική κατάσταση. Το «πρόγραμμα» μιας τέτοιας μηχανής είναι ένας πίνακας μετάβασης καταστάσεων, ο οποίος περιέχει τις εξής πληροφορίες: την τρέχουσα κατάσταση της μηχανής, το σύμβολο κάτω από την κεφαλή, την επόμενη κατάσταση στην οποία θα μεταβεί η μηχανή, το νέο σύμβολο που θα γραφτεί και την κατεύθυνση κατά την οποία θα μετακινηθεί η ταινία (επιτρέπεται να μείνει και ακίνητη). Υπάρχει επίσης μια κατάσταση που ονομάζεται αρχική (initial state), καθώς και μία ή περισσότερες καταστάσεις τερματισμού (halting states). Όταν η μηχανή «ξεκινά», η «είσοδος» στο πρόγραμμα αποτελείται από όλα τα σύμβολα που είναι ήδη γραμμένα επάνω στην ταινία. Σε κάθε βήμα η μηχανή εκτελεί μια ενέργεια (γράψιμο νέου συμβόλου, μετακίνηση της ταινίας ή και μετάβαση σε νέα εσωτερική κατάσταση) που καθορίζεται από την τρέχουσα κατάσταση και από το σύμβολο κάτω από την κεφαλή. Η μηχανή θα δουλεύει μέχρι να φτάσει σε κάποια κατάσταση τερματισμού. Η «έξοδος» του προγράμματος αποτελείται από τα σύμβολα που έχουν απομείνει στην ταινία, όταν η μηχανή σταματήσει.

Η βασική μηχανή Turing (TM) είναι ένα τυπικό μοντέλο μελέτης υπολογιστικών μηχανών<sup>1</sup> και αποτελείται από τα παρακάτω αντικείμενα:

- Μια ταινία με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:
  - Εκτείνεται άπειρα προς τα δεξιά (δηλαδή έχει αρχή, αλλά όχι τέλος).
  - Χωρίζεται σε κελιά.
  - Κάθε κελί χωράει ένα σύμβολο.
  - Τα σύμβολα στην ταινία προέρχονται από ένα πεπερασμένο σύνολο από σύμβολα, που ονομάζεται Αλφάβητο.
  - Το αλφάβητο πρέπει να περιέχει ένα ξεχωριστό σύμβολο που θα υποδηλώνει το κενό.
  - (Η ταινία) Έχει μία αρχική κατάσταση, η οποία ορίζεται από ένα πεπερασμένο σύνολο από κελιά, το περιεχόμενό τους και ένα καθορισμένο αρχικό κελί όπου τοποθετείται η κεφαλή, το οποίο είναι το αριστερότερο κελί της ταινίας.
- Μια κεφαλή με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:
  - Τοποθετείται στο αριστερότερο κελί της ταινίας, δηλαδή στην αρχή της.
  - Μπορεί να διαβάσει το σύμβολο στην ταινία στην συγκεκριμένη θέση.

---

<sup>1</sup> Οι σημερινοί Η/Υ είναι, ουσιαστικά, μηχανές Turing με πεπερασμένη, όμως, μνήμη και CPU (=μονάδα ελέγχου).

- Μπορεί να γράψει οποιοδήποτε σύμβολο του αλφαβήτου της TM στην ταινία και στην συγκεκριμένη θέση.
- Μπορεί να μετακινηθεί στην ταινία κατά ένα κελί, είτε προς τα δεξιά είτε προς τα αριστερά.
- Ένα πεπερασμένο σύνολο από καταστάσεις, καθεμία με τα παρακάτω χαρακτηριστικά:
  - Ένα μοναδικό όνομα.
  - Ένα πεπερασμένο σύνολο από μεταβάσεις.
  - Κάθε μετάβαση ορίζεται από ένα μοναδικό αρχικό σύμβολο (καμία μετάβαση δεν έχει το ίδιο αρχικό σύμβολο με μια άλλη μετάβαση της ίδιας κατάστασης).
  - Κάθε μετάβαση έχει μια τελική κατάσταση και ένα τελικό σύμβολο ή μια διεύθυνση.
  - Το αρχικό και το τελικό σύμβολο μίας μετάβασης μπορεί να είναι το ίδιο σύμβολο.
  - Η τελική κατάσταση μίας μετάβασης μπορεί να είναι η κατάσταση στην οποία ανήκει η μετάβαση.

Μια βασική TM έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά λειτουργίας:

- Σε κάθε χρονική στιγμή, τοποθετείται σε μια κατάσταση.
- Έχει μια συγκεκριμένη αρχική κατάσταση.
- Μπορεί να εκτελέσει μόνο μια στοιχειώδη λειτουργία, η οποία αποτελείται από τα παρακάτω βήματα:
  - Διάβασε το σύμβολο στην τωρινή θέση της κεφαλής.
  - Επέλεξε την μετάβαση της συγκεκριμένης κατάστασης με αρχικό σύμβολο ίσο με το σύμβολο στην συγκεκριμένη θέση της κεφαλής.
  - Ανάλογα με την επελεχθείσα μετάβαση:
    - Είτε γράψε το τελικό σύμβολο της επιλεγμένης μετάβασης στην συγκεκριμένη θέση της κεφαλής
    - Είτε μετακίνησε την κεφαλή στην κατεύθυνση της συγκεκριμένης μετάβασης.
  - Πήγαινε στην τελική κατάσταση της επιλεγμένης μετάβασης.
- Αν η τωρινή κατάσταση δεν έχει μία μετάβαση με αρχικό σύμβολο ίσο με το σύμβολο στην τρέχουσα θέση της κεφαλής, τότε η TM σταματά.

Η γενικευμένη μηχανή Turing είναι μια παραλλαγή της βασικής TM με τις εξής διαφορές:

- Η ταινία εκτείνεται άπειρα και προς τις δύο κατευθύνσεις.
- Η ταινία έχει μία αρχική κατάσταση, η οποία ορίζεται από ένα πεπερασμένο σύνολο από κελιά, το περιεχόμενό τους και ένα καθορισμένο αρχικό κελί όπου τοποθετείται η κεφαλή.
- Κάθε μετάβαση έχει μια τελική κατάσταση, ένα τελικό σύμβολο και μια διεύθυνση.

Αυτό που σας ζητείται είναι να σχεδιάσετε και να υλοποιήσετε την προσομοίωση τόσο της βασικής όσο και της γενικευμένης μηχανής Turing.

## Ενδεικτικές κλάσεις (όχι υποχρεωτικές)

Παρακάτω παραθέτουμε κάποιες ενδεικτικές κλάσεις των οποίων η παρουσία και η χρήση στο σχεδιασμό και την υλοποίηση της εργασίας, αντίστοιχα, δεν είναι απαραίτητες. Αρχικά, παραθέτουμε τις βασικές κλάσεις των στοιχειωδών οντοτήτων μιας TM και ύστερα τις υπόλοιπες όπου στιγμιότυπα των βασικών κλάσεων εμφανίζονται ως μέλη των κλάσεων αυτών.

Βασικές κλάσεις:

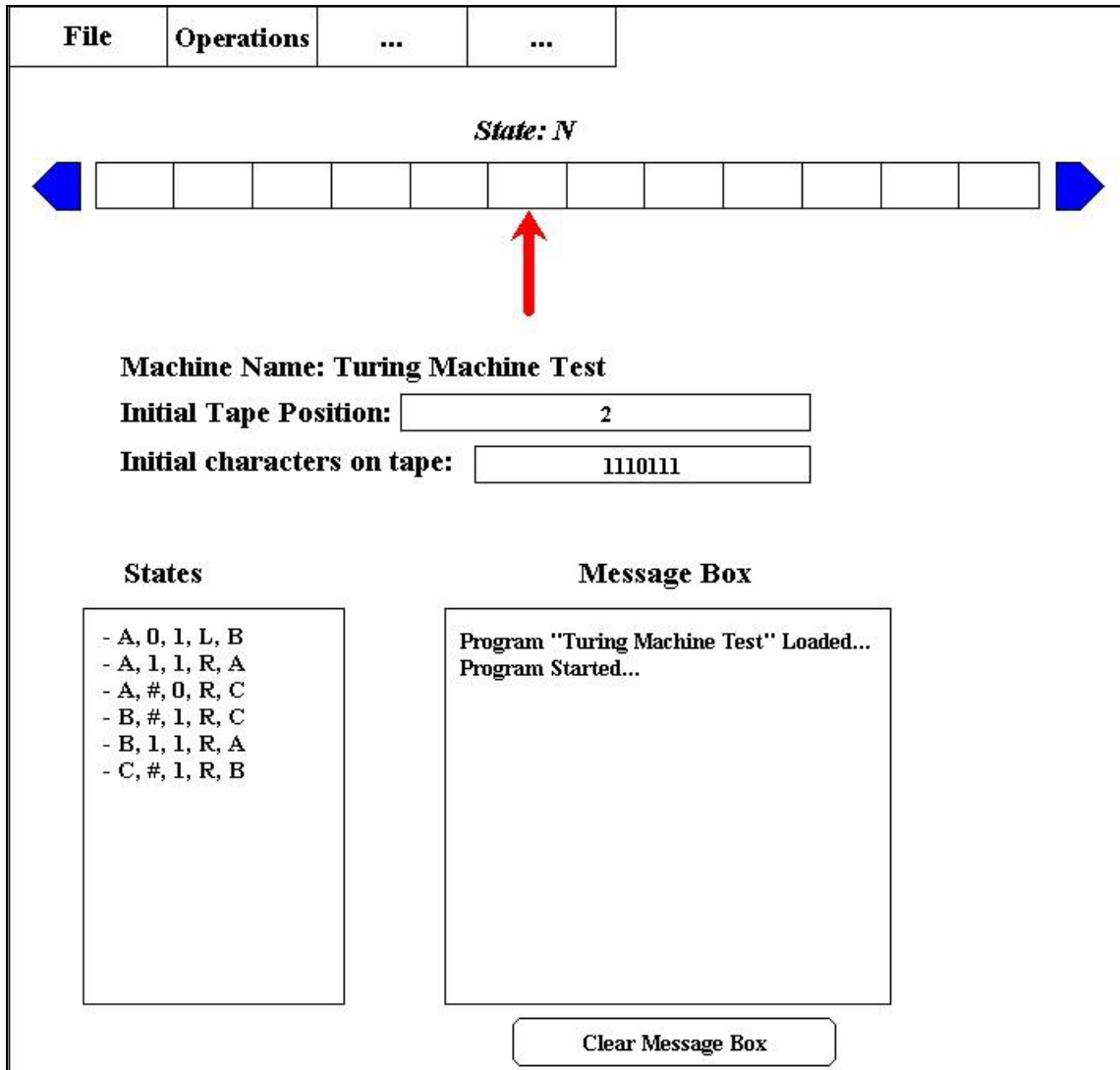
- State: Η κλάση που χρησιμοποιείται για την αναπαράσταση των καταστάσεων στις οποίες μπορεί να βρεθεί μία TM. Εκτός από το συμβολισμό που την αναπαριστά, χαρακτηριστικό της αποτελεί και η πληροφορία για το αν μία κατάσταση είναι αρχική ή τελική.
- Cell: Η κλάση που αντιστοιχεί στα κελιά της ταινίας. Κάθε κελί έχει ως χαρακτηριστικό το σύμβολο που περιέχει (αν περιέχει).
- Symbol: Η κλάση των συμβόλων μιας TM.

Υπόλοιπες κλάσεις:

- Alphabet: Η κλάση του αλφαβήτου (συνόλου συμβόλων) που αντιστοιχεί σε μία TM.
- Tape: Η κλάση της ταινίας μιας TM που αποτελείται από κελιά.
- Transition: Η κλάση που αναπαριστά μία μετάβαση σε μία TM, και αποτελείται από το αρχικό σύμβολο, την αρχική της κατάσταση, την τελική της κατάσταση, το τελικό σύμβολο και/ή την κατεύθυνση προς την οποία πρέπει να κινηθεί η κεφαλή.
- Program: Η κλάση του προγράμματος που αντιστοιχεί σε μία TM, δηλαδή το σύνολο των μεταβάσεων (transitions) αυτής.
- TM: Η κλάση που αντιστοιχεί σε μία Turing Machine και περιέχει όλη την πληροφορία αυτής (δυνατές καταστάσεις, ταινία, αλφάβητο, πρόγραμμα, κ.τ.λ.).

Η υλοποίηση της TM μπορεί να γίνει με τους δύο παρακάτω τρόπους (ή κάποιον άλλο που θα επιλέξετε):

- Είτε οι παραπάνω κλάσεις ορίζονται ως abstract και στη συνέχεια γίνονται extend για την υλοποίηση του κάθε μοντέλου από τα δύο ξεχωριστά.
- Είτε υλοποιούνται κανονικά για το απλό μοντέλο και στη συνέχεια γίνονται extend για το γενικευμένο με ταυτόχρονο override των μεθόδων, όπου απαιτείται.



### Γραφική Αναπαράσταση της Μηχανής Turing

Η εφαρμογή που θα υλοποιήσετε θα περιλαμβάνει την αναπαράσταση δύο μοντέλων TM. Πιο συγκεκριμένα προτείνουμε το παραπάνω μοντέλο αναπαράστασης, το οποίο θα πρέπει να είναι κοινό και για τα δύο μοντέλα. Σε αυτήν την αναπαράσταση εντοπίζονται τα εξής κομμάτια:

- Η μπάρα λειτουργιών, η οποία περιέχει τις λειτουργίες που αναφέρονται στο αντίστοιχο κεφάλαιο.
- Η ταινία της μηχανής Turing με βελάκια είτε στο δεξιό άκρο είτε και στα δύο, ανάλογα το μοντέλο, υποδεικνύοντας την συνέχισή της έως το άπειρο (προφανώς το αριστερό βελάκι θα πρέπει να μπορεί να κρυφτεί και να επανεμφανιστεί ανάλογα με το μοντέλο που απεικονίζεται την εκάστοτε στιγμή). Πάνω από την ταινία δείχνεται η τρέχουσα κατάσταση της μηχανής, ενώ το κόκκινο βελάκι αντιστοιχεί στην κεφαλή της μηχανής.

- Τρία text boxes που δείχνουν το όνομα της συγκεκριμένης TM, την αρχική θέση της κεφαλής στην ταινία και τους αρχικούς χαρακτήρες που εισάγονται στην ταινία.
- Δυο message boxes, τα οποία δείχνουν τις επιτρεπτές καταστάσεις της μηχανής και κάποια διευκρινιστικά μηνύματα για το πρόγραμμα.

### Λειτουργίες

Οι λειτουργίες που θα υποστηρίζονται από την εφαρμογή θα είναι:

- Εναλλαγή μεταξύ των δύο υποστηριζόμενων μορφών της Turing μηχανής.
- Δημιουργία μίας καινούργιας TM.
- Αποθήκευση και φόρτωση μίας υπάρχουσας TM.
  - Ειδικότερα για το φόρτωμα, θα πρέπει να υποστηρίζεται η φόρτωση ολόκληρης της Turing μηχανής (δηλαδή των καταστάσεων, της ταινίας, του αλφαβήτου, του προγράμματος, κ.τ.λ.) από text αρχείο, το οποίο θα έχει συγκεκριμένη μορφή που θα καθοριστεί αργότερα. Απώτερος σκοπός είναι δυνατόν κατά την εξέταση να δίνονται τα χαρακτηριστικά μιας συγκεκριμένης TM και να ελέγχονται τα αποτελέσματα αυτής.
- Προσθήκη και αφαίρεση συμβόλων από το αλφάβητο της TM.
- Αρχικοποίηση, αποθήκευση και διόρθωση της ταινίας της TM.
- Προσθήκη και αφαίρεση καταστάσεων.
- Προσθήκη, αφαίρεση και διόρθωση των μεταβάσεων μίας κατάστασης.
- Εκτέλεση στοιχειώδους λειτουργίας της TM, δηλαδή απλού βήματος (Step).
- Επαναλαμβανόμενη εκτέλεση στοιχειωδών λειτουργιών της TM έως ότου αυτή να σταματήσει (Run).
- Σταμάτημα και συνέχιση της εκτέλεσης της TM είτε με την υλοποίηση μιας λειτουργίας (Pause) είτε ως δυο λειτουργίες (Stop και Continue).
- Επαναφορά της TM στις αρχικές της ρυθμίσεις, δηλαδή αλλαγή της κατάστασης στην αρχική και αρχικοποίηση της ταινίας (Reset).

Για όλες τις λειτουργίες που υποστηρίζει η εφαρμογή, θα πρέπει να καταγράψετε λεπτομερώς στην αναφορά σας τα βήματα που θα πρέπει να ακολουθεί ο χρήστης για να πραγματοποιήσει τη λειτουργία αυτή (users manual).

### Γενικές παρατηρήσεις

Για την υλοποίηση θα χρησιμοποιηθεί η γλώσσα Java. Για την υλοποίηση δεν χρειάζονται άλλες βιβλιοθήκες (packages) εκτός από αυτές που παρέχει η Java και ως εκ τούτου δεν επιτρέπεται χρήση άλλων βιβλιοθηκών εκτός από τα standard packages της Java 1.5.

Παρόλο που η ανάπτυξη της εφαρμογής μπορεί να γίνει σε οποιαδήποτε πλατφόρμα ανάπτυξης, η δοκιμή και παρουσίαση θα γίνει στα εργαστήρια του τμήματος οπότε οι ομάδες είναι υπεύθυνες να εξασφαλίσουν ότι η εφαρμογή τους θα μπορεί να εκτελεστεί σε αυτά και σύμφωνα με την έκδοση της Java που υπάρχει σε αυτά τα μηχανήματα.

## Σχεδιασμός και Υλοποίηση

Το project χωρίζεται σε 2 φάσεις:

### Φάση 1η - Σχεδιασμός

Σε αυτή τη φάση πρέπει να γίνει ο σχεδιασμός της εφαρμογής βάσει των ιδεών και των αρχών που έχετε διδαχθεί. Αποτέλεσμα του σχεδιασμού θα είναι να καθοριστούν οι οντότητες, τα χαρακτηριστικά τους και η συμπεριφορά τους, οι οποίες θα αποτελέσουν δομικά στοιχεία για την υλοποίηση της ζητούμενης εφαρμογής.

Παραδοτέα σε αυτή τη φάση είναι :

- μια αναφορά η οποία θα περιγράφει τα παραπάνω στοιχεία και θα παρουσιάζει το σχέδιο υλοποίησης του project έτσι ώστε να είναι έτοιμο το πέρασμα στην επόμενη φάση.
- σε μορφή πηγαίου κώδικα τα Java interfaces και classes συνοδευόμενα με τα απαραίτητα javadoc σχόλια, τα οποία θα χρησιμοποιηθούν ως βάση για την υλοποίηση (φάση 2).

Το αποτέλεσμα αυτής της φάσης θα είναι να καθοριστεί επ'ακριβώς τι θα γίνει και να σκιαγραφηθεί σε επίπεδο classes και interfaces το πώς θα γίνει. Επιγραμματικά, οι σημαντικότερες εργασίες που πρέπει να γίνουν σε αυτή τη φάση είναι:

- Αναγνώριση των κλάσεων. Ποια είναι τα χαρακτηριστικά του συστήματος και πώς μοντελοποιούνται.
- Αναγνώριση του interface κάθε κλάσης.
- Εύρεση των χαρακτηριστικών και των ιδιοτήτων κάθε κλάσης.
- Τι δεδομένα πρέπει να κρατάει κάθε κλάση.
- Μεθόδους που υποστηρίζει κάθε αντικείμενο.
- Εύρεση των σχέσεων των αντικειμένων. Πώς επικοινωνούν (εάν επικοινωνούν) μεταξύ τους.
- Συμπεριφορά (behavior) των αντικειμένων.
- Αναγνώριση των ευθυνών κάθε κλάσης. Τι ενέργειες πρέπει να κάνει κάθε αντικείμενο.
- Τι ελέγχους πρέπει να κάνουν στα δεδομένα (pre/post conditions) τα αντικείμενα, μέσω των μεθόδων τους.
- Interface των κλάσεων, υπογραφές (signatures) των μεθόδων που υποστηρίζει, συναρτήσεις εγκατάστασης (constructors), συναρτήσεις επόπτες (observers), συναρτήσεις μετατροπής (modifiers).

*Παρατήρηση: Για να μπορέσετε σε αυτή τη φάση να καθορίσετε όσο το δυνατό πληρέστερα τα παραπάνω και να καταλήξετε σε μια ικανοποιητική σχεδίαση, θα σας βοηθούσε αρκετά (αλλά δεν απαιτείται) να υλοποιήσετε ένα πρωτότυπο (prototype) της εφαρμογής, πάνω στο οποίο θα μπορούσατε μετέπειτα να βασιστείτε για την τελική υλοποίηση.*

### Φάση 2η - Υλοποίηση

Σε αυτή τη φάση πρέπει να γίνει η υλοποίηση της εφαρμογής, βάσει της σχεδίασης που έχει προηγηθεί (φάση 1). Μολονότι δεν επιβάλλεται να χρησιμοποιηθεί αυτούσια η σχεδίαση της 1ης φάσης, καθότι κάποιες σχεδιαστικές επιλογές

αποδεικνύονται στην πορεία άκυρες και χρειάζονται αναθεώρηση, εντούτοις η τελική βαθμολογία θα εξαρτηθεί και από το πόσο απείχε η τελική υλοποίηση από την αρχική σχεδίαση.

Σε αυτή τη φάση, παραδοτέα είναι :

- ο πηγαίος κώδικας που υλοποιεί την ζητούμενη εφαρμογή και η δυνατότητα εκτέλεσης του προγράμματος ως **applet**,
- αναλυτικές οδηγίες πώς μεταγλωττίζεται και πώς τρέχει το πρόγραμμα (README, Makefile κ.λ.π.).
- αναφορά, στην οποία θα αναλύεται :
  - η -τελική- σχεδίαση της εφαρμογής,
  - ποιες αλλαγές έγιναν σε σχέση με τη σχεδίαση της 1ης φάσης (και γιατί),
  - οι αλγόριθμοι που χρησιμοποιήθηκαν,
  - τα προβλήματα που αντιμετωπίστηκαν,
  - οι σχεδιαστικές ή προγραμματιστικές αποφάσεις που λήφθηκαν και πώς αυτό αντανακλάται στον τελικό χρήστη (π.χ. ευκολία/δυσκολία χειρισμού),
  - πιθανές επεκτάσεις (π.χ. καινούριες λειτουργίες) και πώς θα μπορούσαν να γίνουν με την παρούσα σχεδίαση,
  - ποιες αλλαγές θα έπρεπε να γίνουν στην υλοποίηση ή/και την σχεδίαση για να υποστηρίζονται επιπλέον λειτουργίες ή σχήματα.
  - ... γενικά ό,τι άλλο κρίνετε απαραίτητο να αναφέρετε.

### Βαθμολογία εργασίας

Για την βαθμολογία της εργασίας θα συνεκτιμηθούν

- εάν (και πόσο) η σχεδίαση της εφαρμογής εφαρμόζει τις έννοιες και τεχνικές του οντοκεντρικού προγραμματισμού που διδάχθηκαν στο μάθημα
- εάν (και πόσο) υλοποιήθηκαν οι ζητούμενες λειτουργίες της εφαρμογής
- η πληρότητα της τελικής αναφοράς, η οποία θα καταγράφει και θα τεκμηριώνει την σχεδίαση και υλοποίηση της εφαρμογής

Για διευκρινήσεις σχετικά με την παραπάνω εργασία, μπορείτε να στέλνετε ηλεκτρονικά μηνύματα με απορίες στη λίστα του μαθήματος *hy252-list*.