ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΚΥΠΡΟΥ
Τμήμα Πληροφορικής

ΕΠΛ 232 – Προγραμματιστικές Τεχνικές και Εργαλεία

ΑΣΚΗΣΗ 3 – Δυναμικές Δομές Δεδομένων (Κώδικες Huffman)

Διδάσκων: Ανδρέας Αριστείδου

Υπεύθυνοι Εργαστηρίων: Παύλος Αντωνίου & Πύρρος Μπράτσκας

Ημερομηνία Ανάθεσης: 3 Νοεμβρίου 2023
Ημερομηνία Παράδοσης: 24 Νοεμβρίου 2023 ώρα 13:00

(ο κώδικας και τα άλλα αρχεία της εργασίας να υποβληθούν μέσω του Moodle)

I. Στόχοι

Στην εργασία αυτή θα ασχοληθούμε με **δυναμικές δομές δεδομένων** σε συνδυασμό με αναδρομικές συναρτήσεις. Συγκεκριμένα καλείστε να υλοποιήσετε τον αλγόριθμο **Huffman** για να συμπιέσετε και να αποσυμπιέσετε το περιεχόμενο αρχείων κειμένου. Για την υλοποίηση της άσκησης θα χρειαστεί να χρησιμοποιήσετε τα ακόλουθα στοιχεία:

1. Διάσπαση του προγράμματος σε πολλαπλά αρχεία .c και .h με χρήση generic **makefile** και ένα βασικό αρχείο huffman.c, μαζί με τα σχετικά αρχεία κεφαλίδας.
2. **Κάθε αντικείμενο (module)** πρέπει να συμπεριλαμβάνει τον **σχετικό οδηγό χρήσης** (**driver functions**, δείτε διάλεξη 12).
3. **Σχόλια** και οδηγό σχολίων με χρήση του **doxygen** αλλά και διάγραμμα εξαρτήσεων αντικειμένων με χρήση του **`graphviz`**.

Θα ξεκινήσουμε με την περιγραφή του αλγόριθμου και στη συνέχεια θα δώσουμε τα ζητούμενα.

II. Περιγραφή Κωδικών Huffman

A. Εισαγωγή

Είναι γνωστό ότι για την αναπαράσταση κάποιου χαρακτήρα σε ένα υπολογιστικό σύστημα χρησιμοποιούνται πίνακες οι οποίοι ορίζουν τη δυαδική αναπαράσταση κάθε χαρακτήρα. Οι πιο γνωστοί τέτοιοι πίνακες είναι ο ASCII (7 bit), το Extended-ASCII (8 bit – οι πρώτοι 128 χαρακτήρες του δίδονται στο τέλος της εκφώνησης, στην ενότητα VI) και το UNICODE (16-bit). Για παράδειγμα, εάν έχουμε ένα αρχείο το οποίο περιέχει 1000 χαρακτήρες Extended-ASCII τότε το αρχείο θα έχει μέγεθος 8000 bits (δηλ., περίπου 1KByte).

Η χρήση σταθερού μεγέθους κωδικού αναπαράστασης χαρακτήρων **(constant-length codes)** κάνει πολύ εύκολη την κωδικοποίηση και αποκωδικοποίηση κάποιου αρχείου αφού κάθε όγδοο δυαδικό ψηφίο είναι η αρχή κάποιου νέου χαρακτήρα. Έτσι εάν ένα αρχείο περιέχει την ακόλουθη δυαδική ακολουθία **01100011**01100001**01110010** τότε ο υπολογιστής μπορεί εύκολα να βρει ότι αυτό αναπαριστά την λέξη "car" (δες τον πίνακα ASCII στο τέλος της εκφώνησης). Η μέθοδος Huffman από την άλλη, η οποία επινοήθηκε το 1952 από τον τότε φοιτητή του MIT David A. Huffman, δημιουργεί μεταβλητού μεγέθους κωδικούς **(variable-length codes)** βάση του πιο κάτω συλλογισμού:

> *Ένας χαρακτήρας που έχει ψηλή πιθανότητα εμφάνισης σε ένα κείμενο (π.χ. 'a', 'e', ' ',…), πρέπει να χρησιμοποιεί όσο το δυνατό λιγότερα bits, ενώ χαρακτήρες με*

χαμηλότερη πιθανότητα εμφάνισης (π.χ. '@') μπορούν να χρησιμοποιούν περισσότερα bits.

Αυτή η μέθοδος στοχεύει στην κατά μέσο όρο μείωση του αριθμού των δυαδικών ψηφίων που χρειάζονται για την κωδικοποίηση κάποιου αρχείου και κατά συνέπεια στη μείωση του μεγέθους ενός αρχείου. Οι κωδικοί Huffman βρίσκουν πάρα πολλές πρακτικές εφαρμογές σε προγράμματα συμπίεσης (π.χ., pack), κωδικοποίηση αρχείων (π.χ., mp3, jpg κτλ.) και στα δίκτυα.

Σημειώστε ότι οι κωδικοί Huffman μας επιτρέπουν να συμπιέσουμε το περιεχόμενο των αρχείων χωρίς να χάσουμε πληροφορία **(lossless compression),** άρα ένα αποκωδικοποιημένο κείμενο είναι το ίδιο με το αρχικό κείμενο σε αντίθεση με άλλες μεθόδους που χρησιμοποιούνται για την συμπίεση πολυμέσων και οι οποίες δεν μας επιτρέπουν να πάρουμε πίσω την αρχική πληροφορία **(lossy compression).**

Β. Περιγραφή Αλγόριθμου Huffman μέσω Παραδείγματος

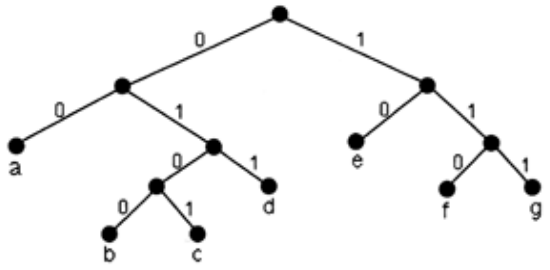
Για να κατανοήσουμε τη λειτουργία των κωδικών Huffman θα περιγράψουμε τώρα ένα αναλυτικό παράδειγμα. Υποθέστε ότι έχουμε ένα αρχείο **FILE** το οποίο αποτελείται από 100 χαρακτήρες που προέρχονται μόνο από το αλφάβητο {a,b,c,d,e,f,g}.

Επίσης υποθέστε ότι έχουμε αναλύσει ένα-ένα τους χαρακτήρες του FILE και βρίσκουμε ότι η πιθανότητα εμφάνισης κάθε χαρακτήρα του αλφάβητου (δηλ., πλήθος_εμφανίσεων_χαρακτήρα / 100) είναι αυτή που δίνεται στον Πίνακα 1 (τον οποίο ονομάζουμε **Πίνακα Πιθανοτήτων**).

Χαρακτήρας	Συχνότητα	Πιθανότητα Εμφάνισης
a	20	0.20
b	5	0.05
c	10	0.10
d	10	0.10
e	25	0.25
f	15	0.15
g	15	0.15

Πίνακας 1: Ο Πίνακας Πιθανοτήτων (πρώτη και τρίτη στήλη)

Ο πίνακας πιθανοτήτων θα αξιοποιηθεί από τον **Αλγόριθμο του Huffman** για να δημιουργηθούν κωδικοί μεταβλητού μεγέθους ανάλογα με την πιθανότητα εμφάνισης των χαρακτήρων σε ένα κείμενο. Συγκεκριμένα, ο αλγόριθμος του Huffman κατασκευάζει από τον Πίνακα Πιθανοτήτων ένα **Δυαδικό Δένδρο Huffman** όπως αυτό που παρουσιάζεται στο Σχήμα 1 (η περιγραφή του αλγόριθμου ακολουθεί στο Μέρος ΙΙ.Γ για αυτό δεν χρειάζεται ακόμη να καταλάβετε πώς δημιουργήθηκε το δένδρο).



Σχήμα 1: Το Δυαδικό Δένδρο Huffman που αντιστοιχεί στις πιθανότητες του Πίνακα 1

Υποθέστε τώρα ότι λαμβάνετε τα 7 μονοπάτια από την ρίζα του δένδρου προς τους τερματικούς κόμβους του σχήματος 1, καταγράφοντας σε κάθε κίνηση την κατεύθυνση προς την οποία πηγαίνετε (αριστερά καταγράφουμε το 0 και δεξιά καταγράφουμε το 1). Αυτή η διαδικασία δημιουργεί ένα κωδικό ανά γράμμα όπως φαίνεται στον Πίνακα 2 (τον οποίο θα ονομάσουμε **Πίνακα Huffman**)

Χαρακτήρας	a	b	c	d	e	f	g
Κωδικός Huffman	00	0100	0101	011	10	110	111

Πίνακας 2: Ο Πίνακας Huffman

Όπως βλέπουμε οι χαρακτήρες 'a' και 'e' οι οποίοι είχαν την ψηλότερη πιθανότητα εμφάνισης (δηλ., 20% και 25% αντίστοιχα) έχουν και το μικρότερο μήκος κωδικού (2 bits) ενώ ο χαρακτήρας 'b' που έχει την χαμηλότερη πιθανότητα εμφάνισης (δηλ., 5%) έχει το μεγαλύτερο μήκος κωδικού (4 bits).

Για να κατανοήσουμε το πλεονέκτημα της κωδικοποίησης Huffman (και χωρίς αυτό να έχει άμεση σχέση με τα ζητούμενα της άσκησης) αναλύουμε τώρα το παράδειγμα της εκφώνησης για να βρούμε πόσο αποδοτική μπορεί να είναι η συμπίεση. Καταρχήν θυμηθείτε ότι για να κωδικοποιήσουμε ένα οποιοδήποτε κείμενο με σταθερού μεγέθους κωδικούς (constant-length codes) για το αλφάβητο μας {a,b,c,d,e,f,g} θέλουμε **3-bits ανά χαρακτήρα** (το οποίο μας δίνει 2^3=8 κωδικούς που είναι αρκετοί για το αλφάβητο 7 χαρακτήρων). Εάν από την άλλη κάνουμε χρήση των κωδικών Huffman (όπως αυτοί δίνονται στον Πινάκα 2), τότε θέλουμε κατά μέσο όρο μόνο:

$\sum_{i\in\{a,b,c,d,e,f,g\}} \text{πιθανότητα\_εμφάνισης}_i * \text{μήκος\_κωδικού}_i$ =(0.2*2) + (0.05*4) + (0.1*4) + (0.1*3)+ (0.25*2) + (0.15*3) + (0.15*3) = **2.7 bits** / χαρακτήρα (αντί 3 bits ανά χαρακτήρα).

Σε πραγματικές εφαρμογές η εξοικονόμηση είναι πολύ μεγαλύτερη!

Γ. Δημιουργία Δένδρου Huffman

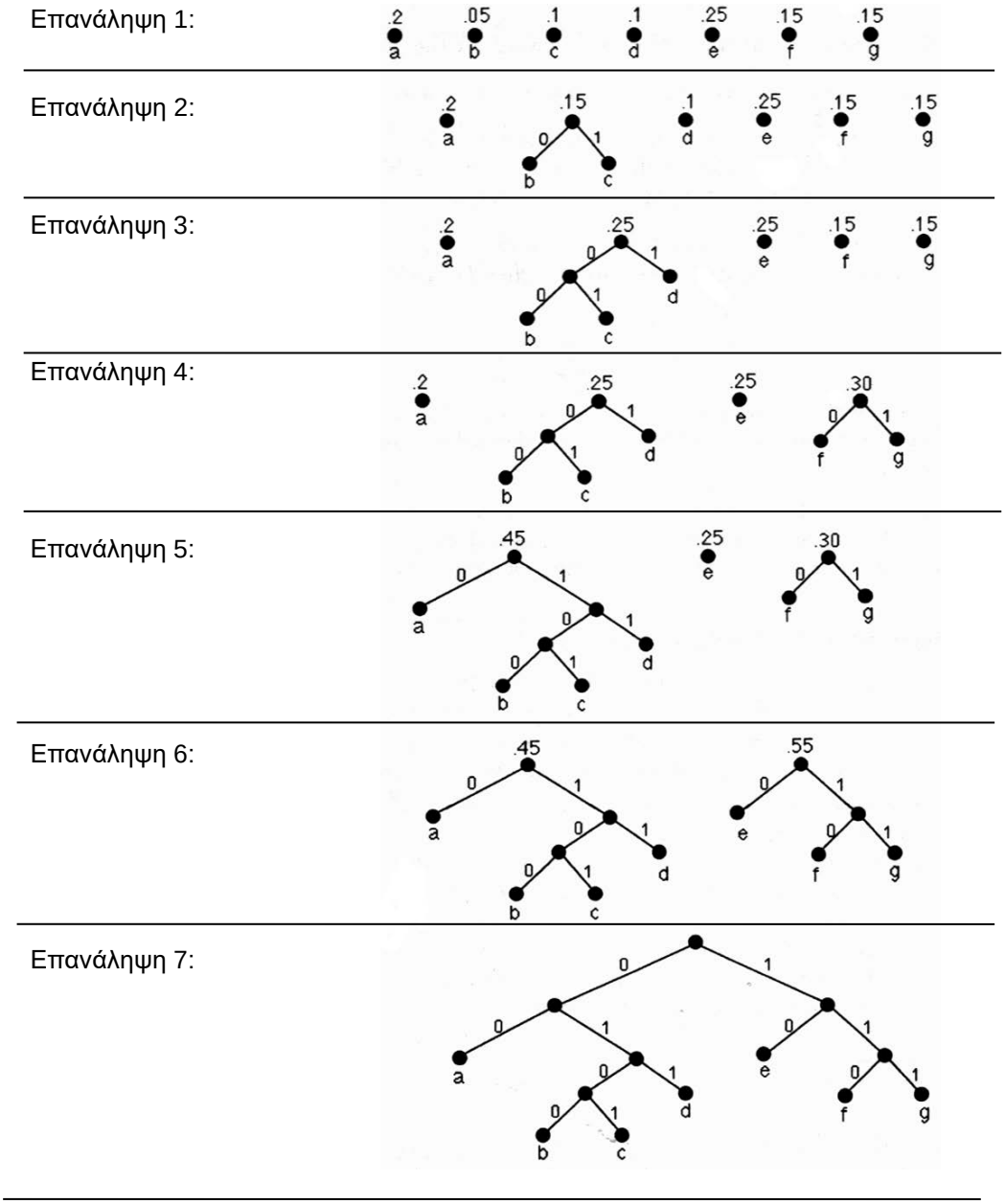
Θα περιγράψουμε τώρα σε υψηλό επίπεδο αφαιρετικότητας τον αλγόριθμο του Huffman ο οποίος μετατρέπει τον πίνακα πιθανοτήτων του πίνακα 1 στο δυαδικό δέντρο του σχήματος 1. Στην συνέχεια θα δώσουμε ένα αναλυτικό παράδειγμα για να εμπεδώσετε την λειτουργία του αλγορίθμου:

- Αρχικά για κάθε γράμμα του αλφαβήτου δημιούργησε ένα δένδρο αποτελούμενο μόνο από τη ρίζα σημειωμένη με την αντίστοιχη πιθανότητα εμφάνισης του. Στο σχήμα 2 (επανάληψη 1) δείχνουμε 7 χαρακτήρες μαζί με την αντίστοιχη πιθανότητα εμφάνισης.

- Επανέλαβε τα ακόλουθα βήματα μέχρι να μείνει μόνο ένα δένδρο:

    1. Επέλεξε τα δύο δένδρα S1 και S2 τα οποία έχουν τη χαμηλότερη πιθανότητα εμφάνισης p1 και p2 αντίστοιχα (p1<=p2). Στην περίπτωση ισοβαθμίας πιθανοτήτων τριών ή περισσοτέρων δένδρων επέλεξε όποια δένδρα επιθυμείς.

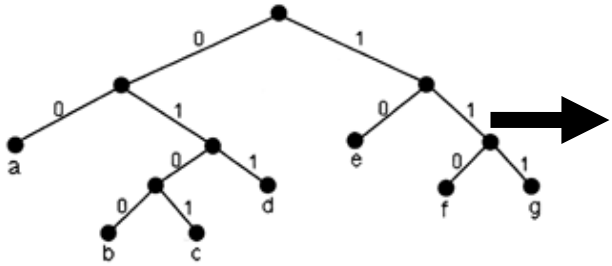
    2. Συγχώνευσε τα δένδρα S1 και S2 σε ένα δυαδικό δένδρο με ρίζα το S ως ακολούθως: τοποθέτησε το S1 το S2 σαν παιδιά του S (με αυθαίρετη αλλά κοινή σειρά τόσο στη κωδικοποίηση όσο και στη αποκωδικοποίηση). Επίσης σημείωσε ως πιθανότητα εμφάνισης του S το (p1+p2).



Σχήμα 2: Αναλυτικό παράδειγμα δημιουργίας Δυαδικού Δένδρου Huffman

Δ. Μετατροπή Δένδρου Huffman σε Πίνακα Huffman

Έχοντας δημιουργήσει το δένδρο huffman τώρα περιγράφουμε πώς το επεξεργαζόμαστε αποδοτικά. Σημειώστε καταρχάς ότι ο κωδικός huffman κάποιου χαρακτήρα είναι το μονοπάτι το οποίο διανύουμε από τη ρίζα του δένδρου μέχρι να φτάσουμε στον χαρακτήρα. Ωστόσο για να βρούμε το σωστό μονοπάτι θα χρειαζόταν στη χειρότερη περίπτωση να ψάξουμε όλα τα μονοπάτια του δένδρου ενώ εάν αποθηκεύαμε το δένδρο σαν ένα πίνακα (όπως αυτός φαίνεται πιο κάτω στα δεξιά) τότε θα μπορούσαμε να γλιτώσουμε αυτή την ακριβή διαδικασία. Για να φτιάξουμε τον πίνακα Huffman μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αναδρομική διαδικασία.



Το Δυαδικό Δένδρο Huffman

Χαρακτήρας	Κωδικός Huffman
a	00
b	0100
c	0101
d	011
e	10
f	110
g	111

Ο Πίνακας Huffman

Ε. Κωδικοποίηση Αρχείου

Χρησιμοποιώντας τον Πίνακα Huffman μπορούμε τώρα να κωδικοποιήσουμε ένα αρχείο χαρακτήρων με την ακόλουθη λογική: διαβάζουμε ένα χαρακτήρα **c** από το αρχείο και στη συνέχεια βρίσκουμε από τον Πίνακα Huffman τον κωδικό που αντιστοιχεί στον c (έστω ότι τον ονομάζομαι **h(c)**). Τέλος γράφουμε τον **h(c)** σε ένα νέο αρχείο **outfile**.

Π.χ. για την λέξη **bag** θα δημιουργήσουμε με τον πιο πάνω πίνακα τον κωδικό **0100**00**111**.

Σημείωση: Στην υλοποίηση σας ο παραγόμενος κωδικός είναι δυνατό να διαφέρει. Αυτό μπορεί να οφείλεται σε δυο παράγοντες: α) στο γεγονός ότι έχετε χρησιμοποιήσει μεγαλύτερο αλφάβητο και β) στο γεγονός ότι έχετε επιλέξει διαφορετικούς κόμβους προς συγχώνευση σε περίπτωση ισοβαθμίας πιθανοτήτων τριών ή περισσοτέρων κόμβων.

Ζ. Αποκωδικοποίηση Αρχείου

Για να αποκωδικοποιήσουμε μια ακολουθία από δυαδικά ψηφία απροσδιορίστου μεγέθους αξιοποιούμε το δένδρο Huffman με την έξης διαδικασία:

- Διαβάζουμε σειριακά την ακολουθία από δυαδικούς χαρακτήρες από αριστερά προς τα δεξιά.
- Εάν βρούμε 0 προχωρούμε αριστερά στο δένδρο, ενώ στην αντίθετη περίπτωση προχωρούμε δεξιά μέχρι να βρούμε κάποιο τερματικό κόμβο οπόταν τυπώνουμε και τον χαρακτήρα που είναι αποθηκευμένος σε αυτό τον κόμβο.

Για παράδειγμα για να αποκωδικοποιήσουμε την ακολουθία **0100**00**111** ακολουθούμε την έξης σειρά:

0	**1**	**0**	**0**	**0**	**0**	**1**	**1**	**1**
left	right	left	left	left	left	right	right	right
			b		**a**			**g**

Για να είναι ο πιο πάνω τρόπος αποκωδικοποίησης λειτουργήσιμος δεν πρέπει κανένας κωδικός να είναι πρόθεμα (δηλαδή να περιέχεται σαν το αρχικό τμήμα) οποιουδήποτε άλλου κωδικού. Ευτυχώς, αυτή η απαίτηση διασφαλίζεται πάντοτε από το γεγονός ότι οι χαρακτήρες βρίσκονται αποθηκευμένοι σαν τερματικοί κόμβοι επομένως μεταξύ οποιονδήποτε δυο χαρακτήρων ο κωδικός Huffman θα διαφέρει πάντοτε κατά τουλάχιστο 1 bit!

ΙΙΙ. Ζητούμενα Άσκησης

Κατασκευάστε ένα πρόγραμμα το οποίο θα υλοποιεί τις ακόλουθες λειτουργίες:

- **Θέμα 1:** Υπολογισμός Πιθανοτήτων
- **Θέμα 2:** Δημιουργία Δένδρου Huffman
- **Θέμα 3:** Κωδικοποίηση Αρχείου
- **Θέμα 4:** Αποκωδικοποίηση Αρχείου

Θέμα 1: Υπολογισμός Πιθανοτήτων

Το πρώτο ζητούμενο είναι η κατασκευή του πίνακα πιθανοτήτων των χαρακτήρων. Σας δίνεται ένα αρκετά μεγάλο αρχείο κειμένου (**`sample.txt)`** το οποίο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για να υπολογιστούν οι πιθανότητες των πρώτων 128 χαρακτήρων του πίνακα ASCII (που φαίνονται στην ενότητα VI).

Συγκεκριμένα, έστω Huffman η εντολή που έχει δημιουργηθεί από την μεταγλώττιση του προγράμματος σας. Το πρόγραμμα σας πρέπει να υποστηρίζει την ακόλουθη εντολή:

`$./huffman -p sample.txt probfile.txt`

Το όρισμα `-p` δηλώνει ότι θέλετε να υπολογίσετε την πιθανότητα (probability) των χαρακτήρων. Το αρχείο `sample.txt` είναι ένα μεγάλο αρχείο κειμένου το οποίο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για την κατασκευή του αρχείου `probfile.txt` (το αρχείο `sample.txt` μπορείτε να το προμηθευτείτε από το αρχείο `as3-supplementary.zip` το οποίο βρίσκεται αναρτημένο στην ηλεκτρονική μας πύλη). Το αρχείο `probfile.txt` είναι το αποτέλεσμα του προγράμματος σας και περιέχει 128 πραγματικούς αριθμούς οι οποίοι αναπαριστούν την πιθανότητα εμφάνισης κάθε χαρακτήρα στην σειρά των χαρακτήρων ASCII.

Παράδειγμα sample.txt:

```
International Coffee Organization, ICO, producing countries will present a
proposal for reintroducing export quotas for 12 months from April 1 with a …
```

Παράδειγμα probfile.txt:

```
…
0.03333333
0.005
…
```

Θέμα 2: Δημιουργία Δένδρου Huffman

Το δεύτερο ζητούμενο είναι η δημιουργία του δένδρου Huffman και η εκτύπωση των παραγόμενων κωδικών στην οθόνη και σε αρχείο. Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα σας πρέπει να υποστηρίζει την ακόλουθη εντολή:

`$./huffman -s probfile.txt`

Σε αυτή την περίπτωση το πρόγραμμα πρέπει να εκτυπώνει στην οθόνη τους κωδικούς huffman όλων των χαρακτήρων του πίνακα ASCII στο διάστημα [32 έως 126] (αυτό επειδή οι υπόλοιποι δεν θα παρουσιαστούν ορθά στην οθόνη). Επίσης πρέπει να τυπώνει σε ένα αρχείο `"codes.txt"` όλους τους κωδικούς του πίνακα ASCII στο διάστημα [0 έως 127]. Το αρχείο `probfile.txt` περιέχει και πάλι τις πιθανότητες για κάθε επί μέρους χαρακτήρα του πίνακα ASCII (υποθέτουμε ότι έχει δημιουργηθεί από το θέμα 1)

Παράδειγμα `codes.txt`:

```
…
111
01101
0111
…
```

Θέμα 3: Κωδικοποίηση Αρχείου

Το τρίτο ζητούμενο είναι η κωδικοποίηση ενός αρχείου κειμένου `data.txt` χρησιμοποιώντας το δένδρο Huffman το οποίο δημιουργεί το πρόγραμμα σας (με τις συναρτήσεις που υλοποιήθηκαν στο θέμα 2). Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα σας πρέπει να υποστηρίζει την ακόλουθη εντολή:

`$./huffman -e probfile.txt data.txt data.txt.enc`

Το αρχείο `probfile.txt` περιέχει τις πιθανότητες για κάθε επί μέρους χαρακτήρα του πίνακα ASCII. Το αρχείο κειμένου `data.txt` περιέχει μια απροσδιορίστου μεγέθους ακολουθία χαρακτήρων ASCII. Τέλος το αρχείο `data.txt.enc` περιέχει την κωδικοποιημένη ακολουθία ως μια σειρά από "1" και "0".

Παράδειγμα `data.txt.enc` :

`0101111111001001011100010101110111111111010100100101000100 1…..`

Θέμα 4: Αποκωδικοποίηση Αρχείου

Το τέταρτο ζητούμενο είναι η αποκωδικοποίηση ενός αρχείου κειμένου `data.txt.enc` χρησιμοποιώντας το δένδρο Huffman το οποίο δημιουργεί το πρόγραμμα σας βάση του probfile.txt (με τις συναρτήσεις που υλοποιήθηκαν στο θέμα 2). Συγκεκριμένα, το πρόγραμμα σας πρέπει να υποστηρίζει την εντολή:

`$./huffman -d probfile.txt data.txt.enc data.txt.new`

Το κωδικοποιημένο αρχείο `data.txt.enc` θα περιέχει το συμπιεσμένο αρχείο (από το θέμα 3) σαν μια ακολουθία ψηφίων "1" και "0" ενώ το αρχείο `data.txt.new` θα πρέπει να περιέχει το αποσυμπιεσμένο αρχείο (αν η υλοποίηση είναι σωστή, το `data.txt.new` περιέχει τις ίδιες πληροφορίες με το `data.txt`).

Η εντολή diff, ελέγχει στο UNIX εάν δυο αρχεία περιέχουν τα ίδια στοιχεία.

`$diff data.txt.new data.txt` => δεν πρέπει να επιστρέφει τίποτα.

IV. Κριτήρια αξιολόγησης

Θέμα 1 (Υπολογισμός Πιθανοτήτων)	10
Θέμα 2 (Δημιουργία Δένδρου Huffman)	45
Θέμα 3 (Κωδικοποίηση Αρχείου)	15
Θέμα 4 (Αποκωδικοποίηση Αρχείου)	15
Διάσπαση Προγράμματος σε Πολλαπλά Αρχεία, Makefile, Γενική εικόνα (ευανάγνωστος κώδικας, σχόλια, δομή, αποδοτικότητα κλπ.)	15
ΣΥΝΟΛΟ	**100**

V. Γενικές Οδηγίες

Το πρόγραμμα σας θα πρέπει να συμβαδίζει με το πρότυπο ISO C, να περιλαμβάνει εύστοχα και περιεκτικά σχόλια, να έχει καλή στοίχιση και το όνομα κάθε μεταβλητής, σταθεράς, ή συνάρτησης να είναι ενδεικτικό του ρόλου της. **Να χρησιμοποιήσετε το λογισμικό τεκμηρίωσης doxygen** έτσι ώστε να μπορούμε να μετατρέψουμε τα σχόλια του προγράμματός σας σε HTML αρχεία και να τα δούμε με ένα browser. Η συστηματική αντιμετώπιση της λύσης ενός προβλήματος περιλαμβάνει στο παρόν στάδιο τη διάσπαση του προβλήματος σε μικρότερα ανεξάρτητα προβλήματα που κατά κανόνα κωδικοποιούμε σε ξεχωριστές συναρτήσεις. Για αυτό τον λόγο σας καλούμε να κάνετε χρήση συναρτήσεων και άλλων τεχνικών δομημένου προγραμματισμού που διδαχτήκατε στο ΕΠΛ131. Επίσης, σας θυμίσουμε ότι κατά την διάρκεια της εκτέλεσης του προγράμματος σας αυτό θα πρέπει να δίνει τα κατάλληλα μηνύματα σε περίπτωση λάθους. **Το πρόγραμμα σας θα πρέπει να μεταγλωττίζεται στις μηχανές του εργαστηρίου. Κώδικας που δεν μεταγλωττίζεται βαθμολογείται με 0 (ανεξαρτήτως εάν υπάρχουν σωστά σχόλια). Δεν επιτρέπεται αλλαγή στον κώδικα μετά την υποβολή του στο Moodle.**

VI. Ο Πίνακας Extended ASCII (πρώτοι 128 χαρακτήρες)

000	00000000	NUL (Null char.)	064	01000000	@ (AT symbol)
001	00000001	SOH (Start of Header)	065	01000001	A
002	00000010	STX (Start of Text)	066	01000010	B
003	00000011	ETX (End of Text)	067	01000011	C
004	00000100	EOT (End of Transmission)	068	01000100	D
005	00000101	ENQ (Enquiry)	069	01000101	E
006	00000110	ACK (Acknowledgment)	070	01000110	F
007	00000111	BEL (Bell)	071	01000111	G
008	00001000	BS (Backspace)	072	01001000	H
009	00001001	HT (Horizontal Tab)	073	01001001	I
010	00001010	LF (Line Feed)	074	01001010	J
011	00001011	VT (Vertical Tab)	075	01001011	K
012	00001100	FF (Form Feed)	076	01001100	L
013	00001101	CR (Carriage Return)	077	01001101	M
014	00001110	SO (Shift Out)	078	01001110	N
015	00001111	SI (Shift In)	079	01001111	O
016	00010000	DLE (Data Link Escape)	080	01010000	P
017	00010001	DC1 (XON) (Device Control 1)	081	01010001	Q
018	00010010	DC2 (Device Control 2)	082	01010010	R
019	00010011	DC3 (XOFF)(Device Control 3)	083	01010011	S
020	00010100	DC4 (Device Control 4)	084	01010100	T
021	00010101	NAK (Negative Acknowledgement)	085	01010101	U
			086	01010110	V
022	00010110	SYN (Synchronous Idle)	087	01010111	W
023	00010111	ETB (End of Trans. Block)	088	01011000	X
024	00011000	CAN (Cancel)	089	01011001	Y
025	00011001	EM (End of Medium)	090	01011010	Z
026	00011010	SUB (Substitute)	091	01011011	[(left/opening bracket)
027	00011011	ESC (Escape)	092	01011100	\ (back slash)
028	00011100	FS (File Separator)	093	01011101	] (right/closing bracket)
029	00011101	GS (Group Separator)	094	01011110	^ (caret/cirumflex)
030	00011110	RS (Request to Send)(Rec Separator)	095	01011111	_ (underscore)
031	00011111	US (Unit Separator)	096	01100000	`
032	00100000	SP (Space)	097	01100001	a
033	00100001	! (exclamation mark)	098	01100010	b
034	00100010	" (double quote)	099	01100011	c
035	00100011	# (number sign)	100	01100100	d
036	00100100	$ (dollar sign)	101	01100101	e
037	00100101	% (percent)	102	01100110	f
038	00100110	& (ampersand)	103	01100111	g
039	00100111	' (single quote)	104	01101000	h
040	00101000	((left/opening parenthesis)	105	01101001	i
041	00101001	) (right/closing parenthesis)	106	01101010	j
042	00101010	* (asterisk)	107	01101011	k
043	00101011	+ (plus)	108	01101100	l
044	00101100	, (comma)	109	01101101	m
045	00101101	- (minus or dash)	110	01101110	n
046	00101110	. (dot)	111	01101111	o
047	00101111	/ (forward slash)	112	01110000	p
048	00110000	0	113	01110001	q
049	00110001	1	114	01110010	r
050	00110010	2	115	01110011	s
051	00110011	3	116	01110100	t
052	00110100	4	117	01110101	u
053	00110101	5	118	01110110	v
054	00110110	6	119	01110111	w
055	00110111	7	120	01111000	x
056	00111000	8	121	01111001	y
057	00111001	9	122	01111010	z
058	00111010	: (colon)	123	01111011	{ (left/opening brace)
059	00111011	; (semi-colon)	124	01111100	| (vertical bar)
060	00111100	< (less than)	125	01111101	} (right/closing brace)
061	00111101	= (equal sign)	126	01111110	~ (tilde)
062	00111110	> (greater than)	127	01111111	DEL (delete)
063	00111111	? (question mark)			

Καλή Επιτυχία!