



## ΓΡΑΦΙΚΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ ΚΑΙ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΛΛΗΛΕΠΙΔΡΑΣΗΣ

Προγραμματιστική Άσκηση 1-B.

### Team

Γκόβαρης Χρήστος-Γρηγόριος  
Σπανού Μαρία

## Χρονοδιάγραμμα Εργαστηριακής Άσκησης 1-B

Έκδοση	Ημερομηνία	Progress
1.0	4/11/2024	Ανακοίνωση εργαστηριακής άσκησης 1-B
2.0	7/11/2024	Υλοποίηση του ερωτήματος (i)
2.1	8/11/2024	Υλοποίηση των ερωτημάτων (ii), (iii), (iv) και (v)
2.2	9/11/2024	Υλοποίηση του ερωτήματος (vi)
3.0	10/11/2024	Υλοποίηση Report εργαστηριακής άσκησης

## Ανάλυση Χαρακτηριστικών

Η εργασία υλοποιήθηκε σε ένα μηχάνημα (Lenovo Ideapad 3), με τα εξής χαρακτηριστικά πυρήνα:

- AMD Ryzen 7 (7730U)
- 8 CPU cores
- 16 Threads
- Boost Clock up to 4.5GHz
- Base Clock 2.0GHz
- CPU Socket FP6
- Intergrated Graphics (Radeon Graphics)

Επιπλέον, η εργασία 1-B υλοποιήθηκε σε Windows 11 Home, χρησιμοποιώντας το Visual Studio 2022 (x64).

## Λειτουργία Ομάδας / Ανάλυση Ερωτημάτων

Η συνεργασία της ομάδας υπήρξε υποδειγματική, εξασφαλίζοντας την άρτια υλοποίηση και τη βέλτιστη λειτουργικότητα της Άσκησης 1-B. Και τα δύο μέλη συνέβαλαν ουσιαστικά στη σχεδίαση του αλγοριθμικού μέρους της εργασίας. Στο ερώτημα (i), η συνεργασία ήταν πλήρης και καταλήξαμε στο ζητούμενο αποτέλεσμα. Στο ερώτημα (ii), το μέλος 5203 ανέλαβε την αναπαράσταση του 3D λαβύρινθου με τις συντεταγμένες των τριγώνων σε χαρτί, ενώ το μέλος 5351 διαμόρφωσε τον πίνακα  $\text{cube[]}$  με τις συντεταγμένες των 576 τριγώνων. Στο ερώτημα (iii), δημιουργήσαμε τον 3D χαρακτήρα A προσδιορίζοντας τις συντεταγμένες ώστε να είναι κεντραρισμένος στο πλέγμα. Στο ερώτημα (iv), τοποθετήσαμε την κάμερα στην ζητούμενη θέση και υλοποιήσαμε την κίνηση της κάμερας και του 3D χαρακτήρα A, όπως αναφέρεται στην εκφώνηση, βασισμένο στην άσκηση 1Α.

## 2.0 Υλοποίηση των ερωτημάτων (i)

### Για το ερώτημα (i):

Στο παρόν ερώτημα, μας ζητήθηκε να υλοποιήσουμε ένα πρόγραμμα που ανοίγει ένα βασικό παράθυρο 950x950, καθώς και να αλλάξουμε το χρώμα του background σε μαύρο. Πιο συγκεκριμένα, έγιναν οι εξής αλλαγές:

Στο αρχείο **Source-1B.cpp**, εντοπίσαμε την εντολή

```
window = glfwCreateWindow(950, 950, u8"Άσκηση 1B - 2024", NULL, NULL);
```

η οποία καθορίζει το μέγεθος και τον τίτλο του παραθύρου (όπου αργότερα θα απεικονιστεί ο λαβύρινθος). Προχωρήσαμε στην αλλαγή των δύο πρώτων ορισμάτων της συνάρτησης **glfwCreateWindow** σε 950, ορίζοντας έτσι το μέγεθος του παραθύρου στις διαστάσεις 950x950.

Επιπροσθέτως, τροποποιήσαμε το τρίτο όρισμα της συνάρτησης, το οποίο αντιστοιχεί στον τίτλο του παραθύρου, αλλάζοντάς το σε «Άσκηση 1B - 2024». Τέλος, προσθέσαμε τη δυνατότητα κλεισίματος του παραθύρου με το πλήκτρο SPACE.

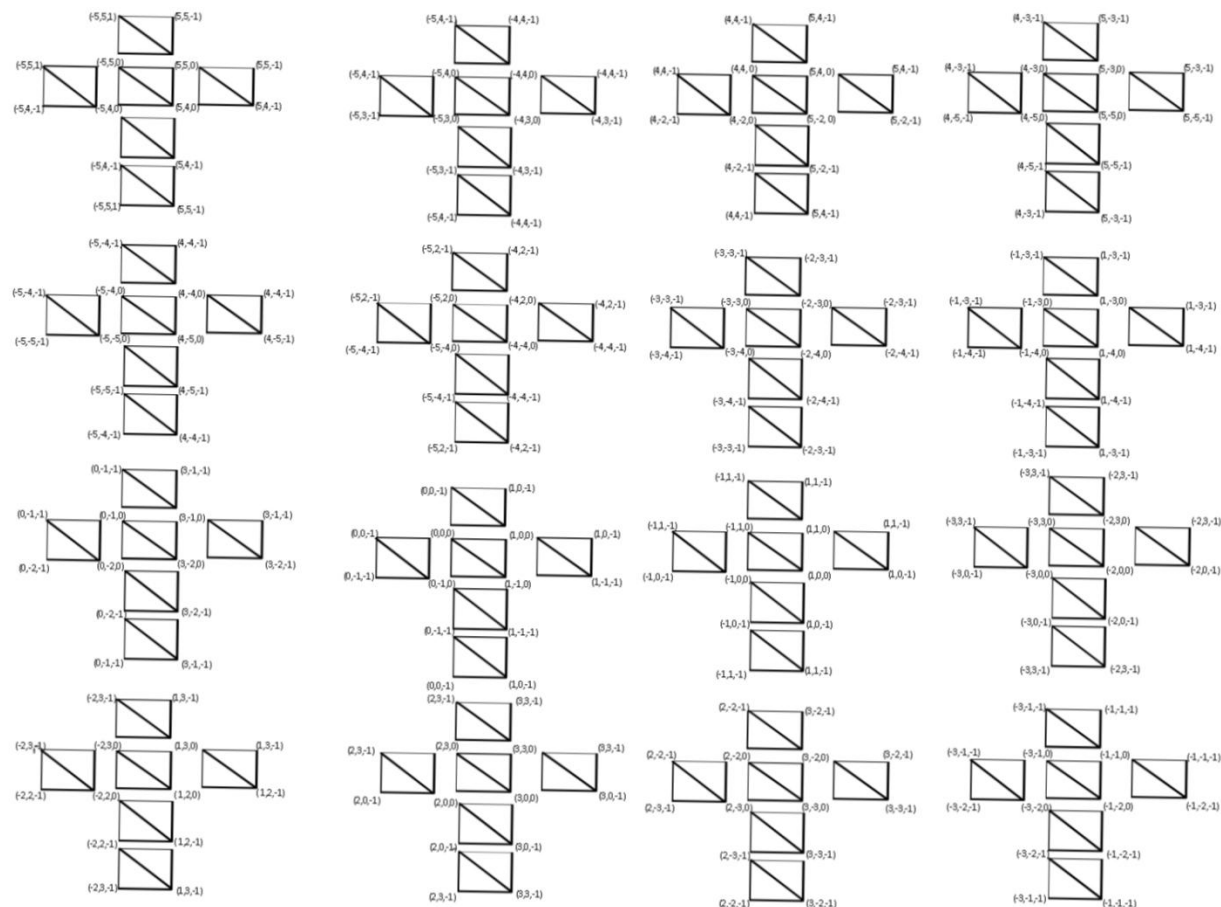
Τέλος, όσον αφορά το χρώμα του υποβάθρου, εντοπίσαμε την εντολή

```
glClearColor(0.0f, 0.0f, 0.0f, 0.0f);
```

της οποίας τροποποιήσαμε κατάλληλα τα ορίσματα, ώστε να δημιουργηθεί σωστά το «Μαύρο Υπόβαθρο».



Πιο αναλυτικά, ο τρόπος εύρεσης των συντεταγμένων, έγινε σύμφωνα με το παρακάτω σχήμα:



Για το ερώτημα (iii):

Στο παρόν ερώτημα, μας ζητήθηκε να σχεδιάσουμε τον χαρακτήρα A, όπως απεικονίζεται στην Εικόνα 1 της εκφώνησης (3D απεικόνιση). Ο χαρακτήρας πρέπει να έχει συγκεκριμένες διαστάσεις και να απεικονίζεται στο κέντρο του τετραγώνου όπου βρίσκεται. Πιο συγκεκριμένα, έγιναν οι εξής αλλαγές:

Στο αρχείο **Source-1B.cpp**, υλοποιήσαμε τις εντολές

```
float x = -4.75f;
float y = 2.7f;
float z = 0.0f;

GLfloat character_vertices[] = {
    x,y,z,   x,y - 0.5f,z,   x + 0.5f,y - 0.5f,z,   x,y,z,   x + 0.5f,y,z,   x + 0.5f,y - 0.5f,z,
    x,y,z - 0.5f,   x,y - 0.5f,z - 0.5f,   x + 0.5f,y - 0.5f,z - 0.5f,   x,y,z - 0.5f,   x + 0.5f,y,z - 0.5f,   x + 0.5f,y - 0.5f,z - 0.5f,
    x + 0.5f,y,z,   x + 0.5f,y - 0.5f,z,   x + 0.5f,y - 0.5f,z - 0.5f,   x + 0.5f,y,z,   x + 0.5f,y,z - 0.5f,   x + 0.5f,y - 0.5f,z - 0.5f,
    x,y,z,   x,y - 0.5f,z,   x,y - 0.5f,z - 0.5f,   x,y,z,   x,y,z - 0.5f,   x,y - 0.5f,z - 0.5f,
    x,y,z,   x,y,z - 0.5f,   x + 0.5f,y,z - 0.5f,   x,y,z,   x + 0.5f,y,z,   x + 0.5f,y,z - 0.5f,
    x,y - 0.5f,z,   x,y - 0.5f,z - 0.5f,   x + 0.5f,y - 0.5f,z - 0.5f,   x,y - 0.5f,z,   x + 0.5f,y - 0.5f,z,   x + 0.5f,y - 0.5f,z - 0.5f
};

GLuint vertexbuffer2; glGenBuffers(1, &vertexbuffer2);

glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vertexbuffer2);

glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, sizeof(character_vertices),
character_vertices, GL_STATIC_DRAW);

glEnableVertexAttribArray(0);

glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER, vertexbuffer2);

glVertexAttribPointer(0, // attribute 0, must match the layout in the shader. 2, // size GL_FLOAT, // type GL_FALSE, //
normalized? 0, // stride (void*)0 // array buffer offset );

glDrawArrays(GL_TRIANGLES, 0, 6);
```

σύμφωνα με τις οποίες, αρχικοποιήσαμε τις συντεταγμένες x y και z (πρώτο κελί του παραπάνω πίνακα), ώστε να δημιουργήσουμε τις συντεταγμένες του 3D χαρακτήρα A (δεύτερο κελί του παραπάνω πίνακα). Στην συνέχεια, όπως και στο προηγούμενο ερώτημα, δημιουργήσαμε VAOs και VBOs (τρίτο κελί του παραπάνω πίνακα) και τα τυπώσαμε στο παράθυρο (τέταρτο κελί του παραπάνω πίνακα). Τέλος, το χρώμα του 3D χαρακτήρα A, προήλθε από έναν πίνακα **GLfloat colorChar[]** που δημιουργήσαμε, και αρχικοποιήθηκε σε κίτρινο. Για να επιτύχουμε το συγκεκριμένο χρώμα, υλοποιήσαμε τις ακόλουθες εντολές:

```
GLfloat r2 = 1.0f;

GLfloat g2 = 1.0f;

GLfloat b2 = 0.0f;

static const GLfloat colorChar[] = {

    r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a,
    r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a,
    r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a,
    r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a,
    r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a,
    r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a, r2, g2, b2,a

};
```

Για το ερώτημα (iv):

Στο παρόν ερώτημα, μας ζητήθηκε να τοποθετήσουμε την κάμερα σε ένα συγκεκριμένο σημείο. Πιο συγκεκριμένα, έγιναν οι εξής αλλαγές:

Στο αρχείο **Source-1B.cpp**, εντοπίσαμε τις εντολές

```
glm::mat4 View = glm::lookAt(  
    glm::vec3(0.0f, 0.0f, 20.0f),  
    glm::vec3(0.0f, 0.0f, 0.25f),  
    glm::vec3(0.0f, 1.0f, 0.0f));
```

σύμφωνα με τις οποίες, η κάμερα τοποθετήθηκε στο σημείο (0.0f, 0.0f, 20.0f), ώστε να κοιτάει προς το σημείο (0.0f, 0.0f, 0.25f), με ανιόν (0.0f, 1.0f, 0.0f).

Για το ερώτημα (v):

Στο παρόν ερώτημα, μας ζητήθηκε να υλοποιήσουμε τις κινήσεις για τον 3D χαρακτήρα A, τις αναφέρεται στην εκφώνηση. Ο χαρακτήρας θα πρέπει να μπορεί να μετακινείται μέσα στον λαβύρινθο (με κάποιες παραπάνω λειτουργίες), με περιορισμούς τα τοιχώματα και με την πίεση συγκεκριμένων πλήκτρων. Πιο συγκεκριμένα, έγιναν οι εξής αλλαγές:

Στο αρχείο **Source-1B.cpp**, υλοποιήσαμε τις εντολές

*βλ. σειρές κώδικα 180-390*

σύμφωνα με τις οποίες, η συνάρτηση **moveChar()** που παρέχεται υλοποιεί την κίνηση ενός χαρακτήρα σε ένα 3D περιβάλλον, χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα για την κίνηση προς τα δεξιά, αριστερά, πάνω και κάτω, και ενημερώνει τις συντεταγμένες του χαρακτήρα. Αρχικά, ορίζουμε τις θέσεις εκκίνησης και τερματισμού του χαρακτήρα στο πεδίο με τις μεταβλητές **start\_x**, **start\_y**, **end\_x**, και **end\_y**. Στη συνέχεια, ελέγχουμε για την πίεση των πλήκτρων κίνησης (L, J, K, I) μέσω της συνάρτησης **glfwGetKey()**. Αν το πλήκτρο έχει πιεστεί, ενημερώνουμε τη θέση του χαρακτήρα, αυξάνοντας ή μειώνοντας τις τιμές των συντεταγμένων x, y, και z. Ειδικότερα, ελέγχουμε αν ο χαρακτήρας βρίσκεται στην αρχική ή τερματική θέση, και αν ναι, επιστρέφουμε στην αντίθετη θέση, ενώ για την κίνηση προς τα αριστερά ελέγχουμε επιπλέον αν το x είναι μεγαλύτερο από την ελάχιστη επιτρεπόμενη τιμή. Όταν ο χαρακτήρας επιχειρεί να μετακινηθεί σε μια θέση που δεν είναι τοίχος (ελέγχοντας μέσω της συνάρτησης **isWall()**), ανανεώνουμε τις τιμές των συντεταγμένων του χαρακτήρα. Στη συνέχεια, τα δεδομένα των συντεταγμένων αποθηκεύονται στον πίνακα **character\_vertices[]** για να αναπαριστούν την 3D θέση του χαρακτήρα. Η συνάρτηση **glBindBuffer()** και **glBufferData()** χρησιμοποιούνται για να ενημερώσουν τον buffer με τις νέες θέσεις του χαρακτήρα, ώστε να εμφανιστεί στην οθόνη. Όλα αυτά τα βήματα πραγματοποιούνται σε κάθε κύκλο του βρόχου **render**, όπου ο χαρακτήρας κινείται και ενημερώνεται ανάλογα με τα πλήκτρα που πιέζονται.



## 2.2 Υλοποίηση του ερωτήματος (vi)

### Για το ερώτημα (vi):

Στο παρόν ερώτημα, μας ζητήθηκε να υλοποιήσουμε μία κάμερα η οποία θα ελέγχεται μόνο με τα πλήκτρα του πληκτρολογίου. Πιο συγκεκριμένα, έγιναν οι εξής αλλαγές:

Στο αρχείο **Source-1B.cpp**, υλοποιήσαμε τις εντολές

*βλ. σειρές κώδικα 80-178*

σύμφωνα με τις οποίες, στην συνάρτηση **camera\_function()**, η οποία διαχειρίζεται την κίνηση και την περιστροφή της κάμερας με την χρήση των πλήκτρων, υλοποιούνται οι βασικοί έλεγχοι για περιστροφή γύρω από τους άξονες x και y, καθώς και για **zoom in** και **zoom out**. Αρχικά, χρησιμοποιούνται τέσσερις **boolean μεταβλητές (flags)** για να παρακολουθούν αν έχει πατηθεί το πλήκτρο της περιστροφής γύρω από τον άξονα x (W και X) ή τον άξονα y (Q και Z), καθώς και αν το πλήκτρο ζουμ (+ και -) έχει πατηθεί. Όταν το αντίστοιχο πλήκτρο πιέζεται, η μεταβλητή pitch ή yaw τροποποιείται, ενώ τα flags ανανεώνονται σε true για να αποτραπεί η συνεχής αλλαγή των τιμών αν το πλήκτρο παραμένει πατημένο. Όταν το πλήκτρο απελευθερώνεται, το flag τίθεται ξανά σε false, επιτρέποντας την επανενεργοποίηση του ελέγχου της κίνησης. Επιπλέον, τα πλήκτρα ζουμ ελέγχουν την απόσταση της κάμερας από την σκηνή. Αν το πλήκτρο για ζουμ in (+) πιεστεί, η απόσταση της κάμερας μειώνεται κατά 0.1 μονάδες, με ένα όριο στο 1.0, ενώ το πλήκτρο ζουμ out (-) αυξάνει την απόσταση με όριο τις 20.0 μονάδες. Αυτή η κίνηση αλλάζει την αίσθηση του zoom στην σκηνή. Μετά την επεξεργασία των πλήκτρων, υπολογίζεται η νέα θέση της κάμερας μέσω της απόστασης (**cameraDistance**), της γωνίας yaw (περιστροφή γύρω από τον άξονα y) και της γωνίας pitch (περιστροφή γύρω από τον άξονα x). Χρησιμοποιώντας τις τριγωνομετρικές σχέσεις για τον υπολογισμό των συντεταγμένων της κάμερας (**cameraX**, **cameraY**, **cameraZ**), δημιουργείται το νέο view matrix χρησιμοποιώντας τη συνάρτηση **glm::lookAt()**, η οποία ορίζει την θέση της κάμερας, το στόχο (**target**) που κοιτάζει η κάμερα (σε αυτήν την περίπτωση την αρχή των αξόνων), και τον άξονα up της κάμερας (στον άξονα z). Με τον τρόπο αυτό, η κίνηση και ο χειρισμός της κάμερας είναι δυνατοί μέσω των πλήκτρων, επιτρέποντας την περιστροφή και την προσαρμογή της απόστασης με ευχέρεια.

## Αναφορές

- Ενδεικτικά video από την ιστοσελίδα του μαθήματος στο e-course (Βασιλική Σταμάτη).
- [Wikibooks/OpenGL Colors](#)