1. Uvod

Zadatak ovog projekta je implementacija paralelnog softvera koji realizuje igru **Space Defender**. Igrač upravlja svemirskim brodom koji se nalazi na dnu ekrana i ima mogućnost kretanja levo i desno, kao i ispaljivanja metaka. Sa gornje ivice ekrana kontinuirano padaju asteroidi koje je potrebno pogoditi pre nego što stignu do dna.

Pogodak metka uništava asteroid i povećava rezultat za jedan poen, nakon čega se generiše novi asteroid na vrhu ekrana, na nasumičnoj horizontalnoj poziciji. U svakom trenutku je aktivno najmanje dva asteroida. Igra se završava pobedom kada rezultat dostigne ili premaši zadatu vrednost (*target*), odnosno porazom kada bilo koji asteroid dodirne donju ivicu ekrana.

Program je realizovan u programskom jeziku **C++**, uz korišćenje **OpenCV** biblioteke za grafički prikaz i obradu korisničkog ulaza. Paralelizacija je ostvarena korišćenjem **POSIX Threads (pthreads)**, pri čemu su pojedini delovi logike igre izvršavani u posebnim nitima.

2. Kontrole i parametri

2.1 Kontrole

- Kretanje levo/desno: **A / D** ili strelice
- Pucanje: **W** ili **SPACE**
- Restart runde: **R**
- Izlaz iz programa: **ESC** ili **Q**

2.2 Parametri komandne linije

- **--asteroids N** — broj aktivnih asteroida (minimum 2)
- **--target K** — ciljani broj poena za pobedu
- **--width W** — širina prozora u pikselima
- **--height H** — visina prozora u pikselima

Ukoliko se parametri ne navedu, koriste se podrazumevane vrednosti.

3. Glavne strukture podataka

U implementaciji su korišćene sledeće strukture podataka:

Ship
{ x, y, w, step }
Predstavlja stanje broda, odnosno njegovu poziciju na ekranu i korak kretanja pri pomeranju levo ili desno.

Bullet
{ x, y, v, active }
Predstavlja projektil. Brzina metka je izražena u pikselima po sekundi i kretanje je zasnovano na realnom vremenu (dt). Polje active označava da li je metak trenutno aktivan.

Asteroid
{ x, y, r, v, alive }
Predstavlja asteroid sa pozicijom, radijusom i brzinom padanja izraženom u pikselima po sekundi. Polje alive označava da li je asteroid aktivan.

InputState
{ move_impulse: atomic<int>, fire_impulse: atomic<bool> }
Struktura koja služi za prenos impulsa korisničkog ulaza između niti. Korišćenjem atomika omogućeno je bezbedno čitanje i pisanje bez dodatnog zaključavanja.

GameState
Struktura koja sadrži kompletno deljeno stanje igre:

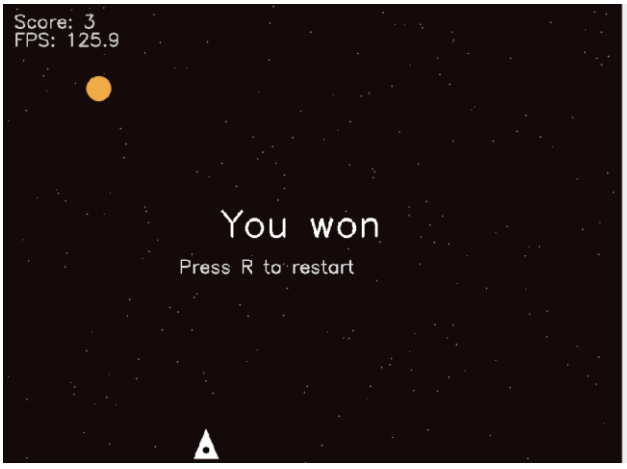
- dimenzije prozora (W, H),
- ciljani rezultat (*targetScore*),
- vektore asteroida i metaka,
- stanje broda,
- trenutni rezultat,
- indikatore završetka igre (*win*, *over*) i indikator rada programa (*running*),
- generator slučajnih brojeva,
- globalni mutex (pthread_mutex_t) za sinhronizaciju.

4. Funkcije

Implementacija koristi sledeće ključne funkcije:

- **hit(const Bullet&, const Asteroid&)**
  Proverava koliziju između metka i asteroida na osnovu udaljenosti njihovih centara.
- **draw_ship(Mat&, int x, int y, int w)**
  Iscrtava brod u obliku trougla na zadatoj poziciji.
- **init_asteroids(GameState&)**
  Inicijalizuje vektor asteroida sa nasumičnim početnim pozicijama i brzinama.
- **reset_round(GameState&)**
  Resetuje stanje runde, uključujući brod, asteroide, metke i rezultat.

Kretanje metaka i asteroida zasnovano je na realnom vremenu, pri čemu se pomeraj računa kao proizvod brzine objekta i proteklog vremena (*dt*).



5. Tok programa

5.1 Inicijalizacija

Na početku programa vrši se parsiranje parametara komandne linije, inicijalizacija OpenCV prozora i inicijalizacija strukture GameState. Nakon toga se generiše početni skup asteroida.

5.2 Pokretanje niti

Pokreću se sledeće niti:

- jedna nit za upravljanje brodom (ship_thread),
- N niti za asteroide, po jedna nit za svaki asteroid.

5.3 Glavna petlja (T0 / main)

U svakoj iteraciji glavne niti izvršava se:

- obrada tastature i upis impulsa u InputState,
- ažuriranje metaka i uklanjanje neaktivnih projektila,
- provera kolizija metak–asteroid uz kratko zaključavanje mutex-a,
- ažuriranje rezultata i provera uslova pobede ili poraza,
- iscrtavanje scene i prikaz HUD-a (rezultat, FPS i poruka o završetku igre).

5.4 Završetak i čišćenje

Pri izlazu iz igre postavlja se indikator running = false. Zatim se čeka završetak svih radnih niti pomoću pthread_join, zatvara se OpenCV prozor i oslobađaju se zauzeti resursi.

6. Arhitektura i niti

T0 (main nit)
Zadužena je za obradu korisničkog ulaza, upravljanje mecima, proveru kolizija, logiku pobede i poraza, kao i za iscrtavanje igre.

Nit za brod
Čita impulse iz InputState, pomera brod u okviru granica arene i generiše metke.

N niti za asteroide
Svaka nit upravlja jednim asteroidom. Nit računa padanje asteroida korišćenjem dt modela, obavlja respawn nakon uništenja i detektuje dodir dna ekrana.

7. Deljeni podaci i sinhronizacija

7.1 Deljeni podaci

- vektori metaka i asteroida,
- stanje broda,
- rezultat i indikatori završetka igre.

7.2 Primitivi za sinhronizaciju

- **Mutex (pthread_mutex_t)**
  Koristi se za zaštitu deljenih struktura podataka tokom kolizija, respawn-a i ažuriranja rezultata.
- **Atomici**
  Koriste se za impulse korisničkog ulaza i za kontrolu životnog ciklusa programa.

7.3 Pravila pristupa

- Kolizije se obrađuju centralizovano u glavnoj niti radi determinističkog ponašanja.
- Niti za brod i asteroide ne vrše iscrtavanje i ne menjaju HUD.
- Pristup deljenim podacima ograničen je na kratke kritične sekcije.