

# Raport końcowy – Gra w życie

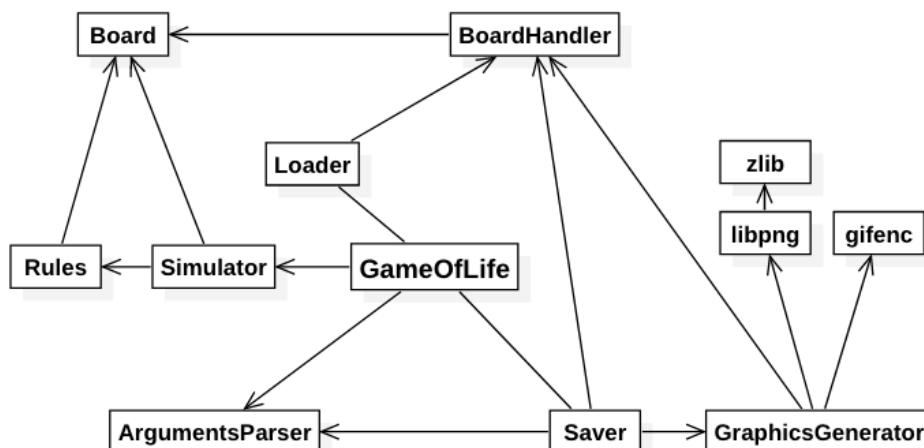
9 kwietnia 2019

## Spis treści

|   |   |
|---|---|
| <b>1. Ostateczny projekt modułów</b>                                      | 1 |
| <b>2. Opis modyfikacji</b>  | 2 |
| 2.1. GameOfLife   | 2 |
| 2.2. ArgumentsParser  | 2 |
| 2.3. Simulator  | 2 |
| 2.4. BoardSaver   | 2 |
| 2.5. GraphicsGenerator  | 3 |
| 2.5.1. Nowe funkcje   | 3 |
| 2.5.2. Zmiany już istniejących funkcji                                    | 4 |
| <b>3. Prezentacja działania</b>   | 4 |
| 3.1. Generacja obrazów z wczytaniem stanu z pliku                         | 4 |
| Powstałe obrazy   | 5 |
| 3.2. Generacja plików tekstowych z wczytaniem losową planszą początkową   | 5 |
| 3.3. Generacja plików gif z losową planszą                                | 6 |
| 3.4. Wyświetlenie kolejnych pokoleń w konsoli z planszą pobieraną z pliku | 6 |
| <b>4. Podsumowanie testów modułów</b>                                     | 7 |
| 4.1. Wygenerowany raport  | 7 |
| 4.2. Wnioski  | 7 |
| <b>5. Analiza pamięci</b>   | 7 |

## 1. Ostateczny projekt modułów

Zmodyfikowany diagram modułów:



## 2. Opis modyfikacji

W trakcie pracy nad projektem okazało się, że niektóre problemy można rozwiązać lepiej niż przewiduje to specyfikacja implementacyjna. Pojawiły się również nieprzewidziane problemy z wyświetlaniem bardzo małych obrazów przez typowe programy do prezentacji grafik. Z tych powodów wprowadzone zostały pewne zmiany.

### 2.1. GameOfLife

Specyfikacja nie przewidywała funkcji odpowiedzialnej za główny przebieg sterowania w programie. Dodano więc funkcję `void runProgram(int argc, char **args)`. Koordynuje ona pracę wszystkich pozostałych modułów.

### 2.2. ArgumentsParser

Do typu wyliczeniowego `FileType` (dawniej `Type`) została dodana nowa wartość „OUT” reprezentująca wypisywanie kolejnych stanów na standardowe wyjście.

Do struktury `Config` zostały dodane nowe pola `sizeX` i `sizeY` reprezentujące wymiary planszy.

Dodano funkcję `void disposeConfig(Config *config)`, która zwalnia pamięć zarezerwowaną na tę strukturę.

### 2.3. Simulator

Zmieniono funkcję `Board** simulate(Board* b, Config* p)` tak aby na podstawie planszy początkowej generowała tablicę wskaźników na struktury będące reprezentacjami kolejnych pokoleń - historię stanów.

Dodano funkcję `int calcHistorySize(Config* c)` zwracającą ilość generowanych stanów.

Dodano funkcję `Board** stepSimulate(Board** b, Config* p)` przeryzającą historię stanów tak by zawierała tylko co n-ty stan, gdzie n to wartość flagi „step”.

### 2.4. BoardSaver

Nazwa modułu została zmieniona na `Saver`, a jego struktura gruntownie zmodyfikowana.

Aktualna postać modułu:

`void saveAsPng(Board** history, Config* config, int i)` – Zapis kolejnych pokoleń do plików png.

`Board** history` – tablica wskaźników na struktury reprezentujące kolejne pokolenia,

`Config* config` – wskaźnik na strukturę ustawień generacji kolejnych pokoleń,

`int i` – numer aktualnie generowanego pokolenia. Potrzebny do generowania nazw plików.

`void saveAsGif(Board** history, Config* config, int historySize)` – Zapis kolejnych pokoleń do pliku gif.

`Board** history` – tablica wskaźników na struktury reprezentujące kolejne pokolenia,

`Config* config` – wskaźnik na strukturę ustawień generacji kolejnych pokoleń,

`int historySize` – Liczba pokoleń w historii

`void saveAsTxt(Board** history, Config* config, int i)` – Zapis kolejnych pokoleń do plików txt.

**Board\*\* history** – tablica wskaźników na struktury reprezentujące kolejne pokolenia,  
**Config\* config** – wskaźnik na strukturę ustawień generacji kolejnych pokoleń,  
**int i** – numer aktualnie generowanego pokolenia. Potrzebny do generowania nazw plików.

**void printToStdout(Board\*\* history, Config\* config, int i)** – Wyświetlenie kolejnych pokoleń w terminalu.

**Board\*\* history** – tablica wskaźników na struktury reprezentujące kolejne pokolenia,  
**Config\* config** – wskaźnik na strukturę ustawień generacji kolejnych pokoleń,  
**int i** – numer aktualnie generowanego pokolenia. Potrzebny do generowania nazw plików.

## 2.5. GraphicsGenerator

W tym module zostały dodane nowe funkcje pomocnicze związane z przeskalowywaniem obrazu. Okazało się, że po stworzeniu obrazu, o rozmiarze w pikselach takich jak plansza, domyślnie jest on wyświetlany w bardzo małej wielkości przez typowe programy. By tego uniknąć dodana została funkcjonalność przeskalowywania obrazów do minimalnej wielkości.

By skalowanie było uniwersalne pracuje ono na wartościach pikseli, z których ma powstać grafika. Dzięki temu jest niezależne od palet barw, które są różne dla generowania png i gif. Do przechowywania wartości pikseli używany jest nowy typ **Pixel**.

Skalowanie może tylko zwiększyć wymiary obrazu.

### 2.5.1. Nowe funkcje

Na potrzeby skalowania zostały napisane następujące funkcje:

**Pixel \*translateBoardToPixels(Board \*board, Pixel valueOfAlive, Pixel valueOfDead)** – Zamiana planszy na tablicę pikseli.

**Board \*board** – wskaźnik na planszę, która ma być przedstawiona jako piksele,  
**Pixel valueOfAlive** – wartość pikseli dla żywych komórek,  
**Pixel valueOfDead** – wartość pikseli dla martwych komórek.

Zwracany jest wskaźnik na dynamicznie przydzieloną tablicę pikseli odpowiadającą otrzymanej planszy.

**void getUpscaledImageSize(int originalX, int originalY, int \*newX, int \*newY)** – Obliczenie wymiarów obrazu po przeskalowaniu.

**int originalX** – szerokość oryginalnego obrazu,  
**int originalY** – wysokość oryginalnego obrazu,  
**int \*newX** – wskaźnik na zmienną typu int, gdzie zostanie zapisana nowa szerokość planszy,  
**int \*newY** – wskaźnik na zmienną typu int, gdzie zostanie zapisana nowa wysokość planszy.

**Pixel \*upscaleImage(const Pixel \*original, int imageX, int imageY)** – Przeskalowanie obrazu.

**const Pixel \*original** – wskaźnik na tablicę pikseli reprezentującą oryginalny obraz,  
**int imageX** – szerokość oryginalnego obrazu,  
**int imageY** – wysokość oryginalnego obrazu,

Zwracany jest wskaźnik na dynamicznie przydzieloną tablicę pikseli odpowiadającą przeskalowanemu obrazowi.

### 2.5.2. Zmiany już istniejących funkcji

Funkcja `savePng` nie przyjmuje ustawień `Config*` c. Nie są one potrzebne do generowania obrazu. Zamiast tego przyjmuje nazwę pliku jaki ma być generowany. Dodatkowo zamiast tekstu `char* data` jako pierwszy argument przyjmuje strukturę planszy. Dzięki temu została wyeliminowana zbędna serializacja i parsowanie planszy.

Nazwa funkcji `saveGif` została zmieniona na `saveHistoryAsGif` ponieważ w bibliotece do tworzenia gifów istnieć już funkcja o takiej nazwie. Funkcja ta również zamiast struktury ustawień otrzymuje nazwę pliku, który ma zostać wygenerowany.

## 3. Prezentacja działania

Przykłady wywołania programu z różnymi flagami.

### 3.1. Generacja obrazów z wczytaniem stanu z pliku

Wywołanie programu:

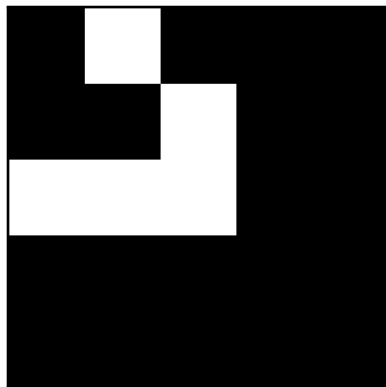
```
./game-of-life -f input.txt -t png -o raport -n 6
```

Argumenty:

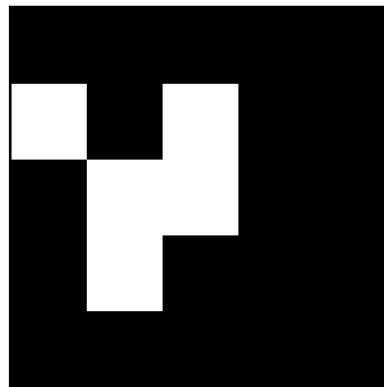
- `-f input.txt` – Stan początkowy jest wczytany z pliku „input.txt”,
- `-t png` – Zostanie wygenerowana seria plików .png z kolejnymi pokoleniami,
- `-o raport` – Wygenerowane pliki zostaną zapisane do podfolderu w folderze „raport”,
- `-n 6` – Zostanie wygenerowanych 6 następnych pokoleń .png (ze stanem początkowym 7 obrazków).

### Powstałe obrazy

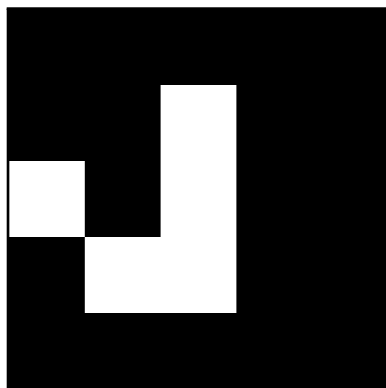
Program wygenerował poniższe pliki. Przedstawiają ruch struktury szybowca.



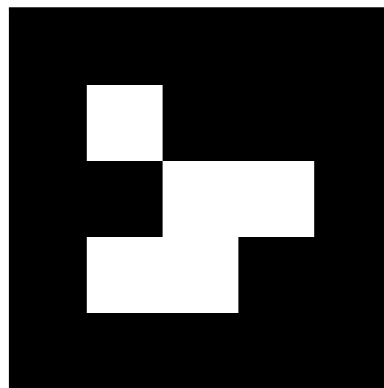
(a) Pokolenie 0



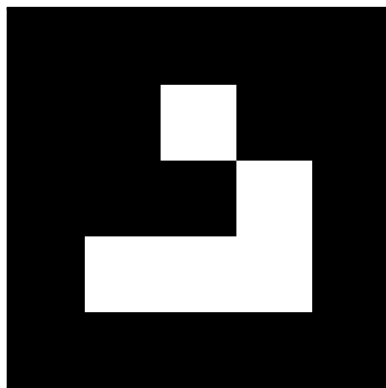
(b) Pokolenie 1



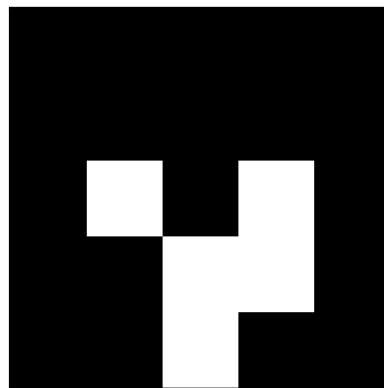
(c) Pokolenie 2



(d) Pokolenie 3



(e) Pokolenie 4



(f) Pokolenie 5

Rysunek 1. Wygenerowane pliki

### 3.2. Generacja plików tekstowych z wczytaniem losową planszą początkową

Wywołanie programu:

```
./game-of-life -s 5x5 -t txt -o raport -n 10
```

Argumenty:

- `-s 5x5` – Zostanie wygenerowana losowa plansza początkowa w rozmiarach 5 na 5 komórek,
- `-t txt` – Zostanie wygenerowana seria plików `.txt` z kolejnymi pokoleniami,

- **-o raport** – Wygenerowane pliki zostaną zapisane do podfolderu w folderze „raport”,
- **-n 3** – Zostanie wygenerowanych 3 następnych pokoleń .png (ze stanem początkowym 4 plików tekstowych).

**Wygenerował pliki o poniższej zawartości:**

```
5 5
1 1 1 1 1
0 0 1 1 0
1 0 1 1 1
1 1 0 1 0
1 1 0 0 1
```

Jako pokolenie początkowe.

```
5 5
0 0 0 0 0
1 1 0 0 0
0 0 0 0 0
1 0 0 0 0
0 1 0 0 0
```

Jako pokolenie drugie.

```
5 5
0 1 0 0 1
1 0 0 0 0
1 0 0 0 1
0 0 0 0 0
1 1 1 0 0
```

Jako pokolenie pierwsze.

```
5 5
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
1 1 0 0 0
0 0 0 0 0
0 0 0 0 0
```

Jako pokolenie trzecie.

### 3.3. Generacja plików gif z losową planszą

Wywołanie programu:

```
./game-of-life -s 20x20 -o raport -n 50
```

Argumenty:

- **-s 20x20** – Zostanie wygenerowana losowa plansza początkowa w rozmiarach 20 na 20 komórek,
- **-o raport** – Wygenerowany plik zostanie zapisany z folderze raport,
- **-n 50** – Zostanie wygenerowanych 50 następnych pokoleń w formie jednego pliku .gif (ze stanem początkowym 51 klatek).

Nie podanie formatu pliku wynikowego spowoduje wygenerowanie pliku .gif. Wyniki pracy programu dostępne [pod linkiem](#).

### 3.4. Wyświetlenie kolejnych pokoleń w konsoli z planszą pobieraną z pliku

Wywołanie programu:

```
./game-of-life -f input.txt -t out -n 20 -d 500
```

Argumenty:

- **-f input.txt** – Stan początkowy jest wczytany z pliku „input.txt”,
- **-t out** – kolejne pokolenia zostaną wyświetlone na konsoli,
- **-n 50** – Zostanie wygenerowanych 50 następnych pokoleń w formie jednego pliku .gif (ze stanem początkowym 51 klatek),
- **-d 500** – Kolejne pokolenia będą wyświetlane co 500ms.

Takie wywołanie programu wyświetli kolejne pokolenia w terminalu zachowując pół sekundowe odstępy między kolejnymi stanami planszy w formacie podobnym do wyników z plików tekstowych (bez wymiarów planszy).

## 4. Podsumowanie testów modułów

Do pisania oraz automatyzacji wykonania testów jednostkowych został wykorzystany framework *CUnit*. Dzięki temu na dowolnym etapie projektu można było łatwo sprawdzić poprawność już istniejącego kodu.

### 4.1. Wygenerowany raport

Wyniki testów jednostkowych przedstawia poniższy raport.

```
CUnit - A unit testing framework for C - Version 2.1-3
http://cunit.sourceforge.net/
```

```
Suite: Board tests
Test: To string test ...passed
Suite: Loader tests
Test: Parse small file test ...passed
Suite: Rules tests
Test: Dead cell stays dead ...passed
Test: Dead cell comes to live ...passed
Test: Alive cell dies from overpopulation ...passed
Test: Alive cell dies from loneliness ...passed
Test: Alive cell stays alive ...passed
Suite: Simulator tests
Test: Simulate one next generation on small board ...passed
```

| Run Summary: | Type    | Total | Ran | Passed | Failed | Inactive |
|--------------|---------|-------|-----|--------|--------|----------|
|              | suites  | 4     | 4   | n/a    | 0      | 0        |
|              | tests   | 8     | 8   | 8      | 0      | 0        |
|              | asserts | 27    | 27  | 27     | 0      | n/a      |

Elapsed time = 0.001 seconds

### 4.2. Wnioski

Z raportu testów jednostkowych wynika, że wszystkie wszystkie sprawdzane funkcjonalności dają prawidłowe wyniki. Wszystkie testy są oznaczone jako `...passed` oraz liczba zapewnień, których wyniki są poprawne jest równa liczbie wszystkich zapewnień.

## 5. Analiza pamięci

Raport programu `valgrind` zwraca następujące wyniki:

```
==18728== LEAK SUMMARY:
==18728== definitely lost: 0 bytes in 0 blocks
==18728== indirectly lost: 0 bytes in 0 blocks
==18728== possibly lost: 72 bytes in 3 blocks
==18728== still reachable: 23,728 bytes in 28 blocks
==18728== suppressed: 18,077 bytes in 153 blocks

==18728== ERROR SUMMARY: 0 errors from 0 contexts
```

2 pierwsze linie raportu informują o braku definitywnych wycieków pamięci, co oznacza że program prawidłowo zarządza pamięcią.

Wycieki oznaczone jako **still reachable** oraz **possibly lost** spowodowane są przez funkcje bibliotek **ctime** oraz **libpng**, więc nie mamy na nie wpływu i nie jesteśmy w stanie ich wyeliminować. Załączamy fragmentu raportu opisujące te wycieki:

#### possible leaks:

```
==18752== 72 bytes in 3 blocks are possibly lost in loss record 34 of 60
==18752== at 0x1000B26EA: calloc (in /usr/local/Cellar/valgrind/3.14.0/lib/valgrind/vgpreload_memcheck-amd64-darwin.so)
==18752== by 0x1007AD7C2: map_images_nolock (in /usr/lib/libobjc.A.dylib)
==18752== by 0x1007C04E0: map_images (in /usr/lib/libobjc.A.dylib)
==18752== by 0x1000DC64: dyld::notifyBatchPartial(dyld_image_states, bool, char const* (*)(dyld_image_states,
unsigned int, dyld_image_info const*), bool, bool) (in /usr/lib/dyld)
==18752== by 0x1000DE39: dyld::registerObjCNotifiers(void (*)(unsigned int, char const* const*,
mach_header const* const*), void (*)(char const*, mach_header const*), void (*)(char const*, mach_header
const*)) (in /usr/lib/dyld)
==18752== by 0x10027871D: _dyld_objc_notify_register (in /usr/lib/system/libdyld.dylib)
==18752== by 0x1007AD073: _objc_init (in /usr/lib/libobjc.A.dylib)
==18752== by 0x100202B34: _os_object_init (in /usr/lib/system/libdispatch.dylib)
==18752== by 0x100202B1B: libdispatch_init (in /usr/lib/system/libdispatch.dylib)
==18752== by 0x1001119C2: libSystem_initializer (in /usr/lib/libSystem.B.dylib)
==18752== by 0x10001FAC5: ImageLoaderMach0::doModInitFunctions(ImageLoader::LinkContext const&)
(in /usr/lib/dyld)
==18752== by 0x10001FCF5: ImageLoaderMach0::doInitialization(ImageLoader::LinkContext const&)
(in /usr/lib/dyld)
```

#### still reachable:

```
==18805== 18,280 bytes in 1 blocks are still reachable in loss record 60 of 60
==18805== at 0x1000B26EA: calloc (in /usr/local/Cellar/valgrind/3.14.0/lib/valgrind/vgpreload_memcheck-amd64-darwin.so)
==18805== by 0x100351930: tzsetwall_basic (in /usr/lib/system/libsystem.c.dylib)
==18805== by 0x1003537C9: localtime (in /usr/lib/system/libsystem.c.dylib)
==18805== by 0x100353945: ctime (in /usr/lib/system/libsystem.c.dylib)
==18805== by 0x1000039AF: setup (Saver.c:5)
==18805== by 0x100003A2E: saveCommon (Saver.c:12)
==18805== by 0x100003E59: saveAsPng (Saver.c:53)
==18805== by 0x10000405E: runProgram (main.c:83)
==18805== by 0x100003F31: main (main.c:32)
```