Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Факультет компьютерных систем и сетей

Кафедра информатики

Дисциплина: Операционные среды и системное программирование

ОТЧЕТ

к лабораторной работе №3

на тему

**УПРАВЛЕНИЕ ПАМЯТЬЮ И ВВОДОМ-ВЫВОДОМ, РАСШИРЕННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ ВВОДА-ВЫВОДА WINDOWS**

Студент Е. С. Кахновский

Преподаватель Н. Ю. Гриценко

Минск 2023

СОДЕРЖАНИЕ

[1 Цель работы 3](#_Toc146752068)

[2 Теоретические сведения 4](#_Toc146752069)

[3 Результат выполнения 5](#_Toc146752070)

[Заключение 6](#_Toc146752071)

[Список использованных источников 7](#_Toc146752072)

[Приложение А (обязательное) Листинг кода 8](#_Toc146752073)

1. **ЦЕЛЬ РАБОТЫ**

Целью данной лабораторной работы является изучение методов управления памятью и вводом-выводом, а также изучение функций *API* подсистемы памяти *WIN* 32, организации и контроля асинхронных операций ввода-вывода и отображения файлов в память. Данные методы будут продемонстрированы на оконном приложении «*Airplane*», позволяющее управлять моделью самолета, изображенного с помощью функций *GDI*, для логирования информации о действиях и движениях модели самолета.

1. **ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ**

Управление памятью и вводом-выводом (*I/O*) - важные аспекты операционных систем, включая *Windows*. В *Windows* операционная система предоставляет множество функций *API* для управления памятью и для ввода-вывода.

Виртуальная память: *Windows* предоставляет виртуальную память, которая позволяет приложениям использовать больше памяти, чем физически доступно. Виртуальная память разбита на страницы, и Windows отвечает за переключение и загрузку страниц в физическую память.

1. Функция *VirtualAlloc*: Выделяет блоки виртуальной памяти.
2. Функция *VirtualFree*: Освобождает виртуальную память.
3. Функция *VirtualProtect*: Изменяет защиту страниц памяти (например, чтение, запись, выполнение).
4. Функция *VirtualQuery*: Получает информацию о виртуальной памяти.

Memory mapping (отображение памяти) - это мощный механизм в *Windows* *API*, который позволяет приложениям работать с файлами и разделять данные между процессами, используя виртуальную память.

Memory mapping представлен в *Windows* через *Memory*-*Mapped* *Files* (*MMF*). Это позволяет отображать файлы или другие ресурсы, доступные в памяти, в адресное пространство приложения.

Основные функции *Windows* *API* для работы с *memory* *mapping* включают в себя:

1. *CreateFileMapping*: Создание или открытие отображаемого файла.
2. *MapViewOfFile* или *MapViewOfFileEx*: Отображение файла в адресное пространство процесса.
3. *UnmapViewOfFile*: Отмена отображения файла.
4. *FlushViewOfFile*: Сохранение изменений в отображенном файле.
5. *OpenFileMapping*: Открытие существующего отображения файла.

Преимущества *Memory* *Mapping*:

1. Быстрый доступ: *Memory* *mapping* обеспечивает быстрый доступ к данным в файле, так как операции ввода-вывода выполняются автоматически при доступе к данным в памяти.
2. Обмен данными: *Memory* *mapping* позволяет разным процессам разделять данные, так как несколько процессов могут отобразить один и тот же файл в память и обмениваться данными через него.
3. **РЕЗУЛЬТАТ ВЫПОЛНЕНИЯ**

Основой является приложение «*Airplane*» (рисунок 1), позволяющее управлять самолетом по нажатию клавиш на клавиатуре.

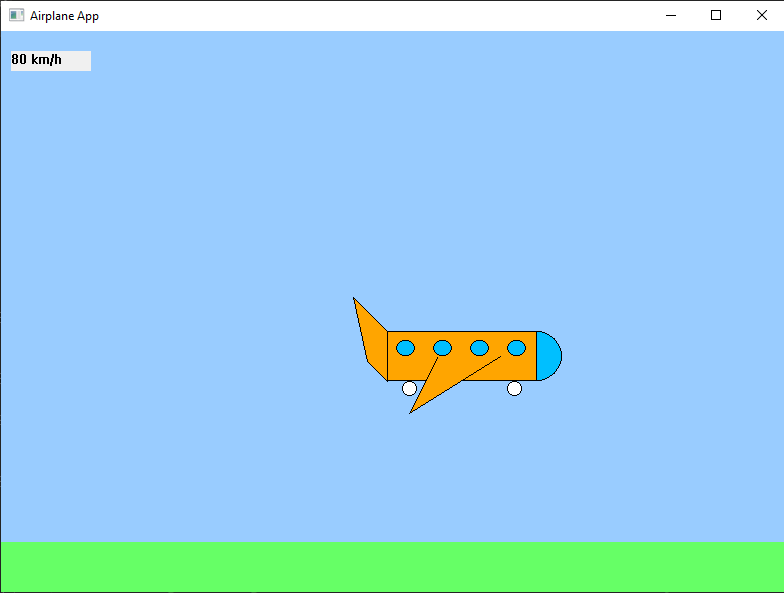


Рисунок 1 – Окно приложения

В ходе выполнения задания было реализовано логирование действий модели самолета, такие как: ускорение, замедление, подъем, спуск, открытие и закрытие шасси, запись информации о крушение самолета при определенных обстоятельствах. (рисунок 2).

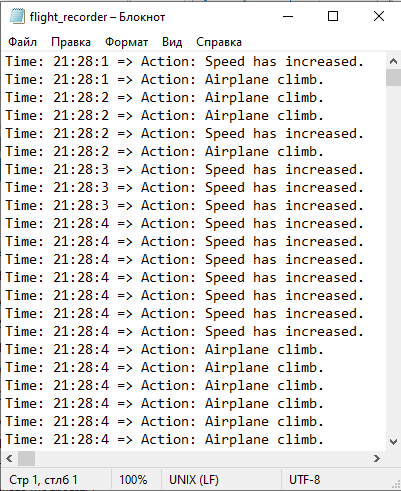


Рисунок 2– Файл *flight\_recorder.txt*

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате лабораторной работы были изучены основные принципы работы с вводом-выводом: управление памятью, контроль асинхронных операций, отображение файлов в память. Для приложения была добавлена возможность логирования действий модели самолета в текстовый файл.

# СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Основы программирования для Win32 API [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://dims.karelia.ru/win32/>.
2. Сопоставление файлов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/windows/win32/memory/file-mapping>.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А (обязательное) Листинг кода

Листинг 1 – Файл *Airplane.cpp*

#include <windows.h>

#include <corecrt\_wstdio.h>

#include <string>

#include <fstream>

#include "AirplaneDef.h"

HINSTANCE hInst;

HWND hMainWnd;

// Variables

HHOOK landingGear\_hKeyboardHook = NULL;

BOOL isLandingGear = TRUE;

BOOL isAirplaneMoving = TRUE;

BOOL isCrashed = FALSE;

// Start position

INT airplaneX = 70;

INT airplaneY = 510;

// Start speed

INT airplaneSpeed = 0;

// Memory mapped file

HANDLE hFile = NULL;

HANDLE hMapFile = NULL;

LPVOID pMappedData = NULL;

SIZE\_T mappedDataSize = 0;

// Func

LRESULT CALLBACK WndProc(HWND, UINT, WPARAM, LPARAM);

VOID DrawAirplane(HDC hdc, INT x, INT y, INT width, INT height);

VOID UpdateAirplanePosition(INT deltaX, INT deltaY);

VOID SwitchLandingGear();

VOID StartAirplaneMovement();

VOID StopAirplaneMovement();

// File & Thread func

// Function for recording keystrokes to a file in separate thread

DWORD WINAPI RecordKeyPressThread(LPVOID lpParam);

VOID CallRecordKeyPressInThread(CONST CHAR\* actionString);

VOID InitializeMappingFile();

VOID UninitializeMappingFile();

// Hook func

LRESULT CALLBACK KeyboardHookProc(INT nCode, WPARAM wParam, LPARAM lParam);

VOID SetKeyboardHook();

VOID UnhookKeyboardHook();

INT WINAPI WinMain(HINSTANCE hInstance, HINSTANCE hPrevInstance, LPSTR lpCmdLine, INT nCmdShow) {

InitializeMappingFile();

hInst = hInstance;

WNDCLASSEX wcex = {

sizeof(WNDCLASSEX),

CS\_HREDRAW | CS\_VREDRAW,

WndProc,

0L,

0L,

GetModuleHandle(NULL),

NULL, NULL, (HBRUSH)(COLOR\_WINDOW + 1),

NULL, L"AirplaneApp", NULL

};

if (!RegisterClassEx(&wcex))

{

MessageBox(NULL, L"Call to RegisterClassEx failed!", L"Error", MB\_ICONERROR);

return 1;

}

hMainWnd = CreateWindow(

L"AirplaneApp",

L"Airplane App",

WS\_OVERLAPPEDWINDOW, CW\_USEDEFAULT, CW\_USEDEFAULT,

800, 600, NULL, NULL, hInstance, NULL);

// Creating a label for a airplaneSpeed

CreateWindow(L"STATIC", L"0 km/h", WS\_CHILD | WS\_VISIBLE, 10, 20, 80, 20, hMainWnd, (HMENU)ID\_SPEED\_LABEL, hInstance, NULL);

if (!hMainWnd)

{

MessageBox(NULL, L"Call to CreateWindow failed!", L"Error", MB\_ICONERROR);

return 1;

}

ShowWindow(hMainWnd, nCmdShow);

UpdateWindow(hMainWnd);

// Setting the hook

SetKeyboardHook();

// Setting the timer

SetTimer(hMainWnd, ID\_MAIN\_TIMER, 20, NULL);

MSG msg;

while (GetMessage(&msg, NULL, 0, 0)) {

TranslateMessage(&msg);

DispatchMessage(&msg);

}

// Delete the hook

UnhookKeyboardHook();

UninitializeMappingFile();

return (int)msg.wParam;

}

LRESULT CALLBACK WndProc(HWND hWnd, UINT message, WPARAM wParam, LPARAM lParam) {

switch (message){

case WM\_PAINT:

{

PAINTSTRUCT ps;

HDC hdc = BeginPaint(hWnd, &ps);

RECT rc;

GetClientRect(hWnd, &rc);

// Setting the background color to light blue (RGB(153, 204, 255))

HBRUSH hLightBlueBrush = CreateSolidBrush(RGB(153, 204, 255));

FillRect(hdc, &rc, hLightBlueBrush);

DeleteObject(hLightBlueBrush);

// Rendering the ground in light green colot (RGB(102, 255, 102))

HBRUSH hLightGreenBrush = CreateSolidBrush(RGB(102, 255, 102));

RECT groundRect = { rc.left, rc.bottom - 50, rc.right, rc.bottom };

FillRect(hdc, &groundRect, hLightGreenBrush);

DeleteObject(hLightGreenBrush);

// Main Background the same as the system

//FillRect(hdc, &rc, (HBRUSH)(COLOR\_WINDOW + 1));

DrawAirplane(hdc, airplaneX, airplaneY, AIRPLANE\_WIDTH, AIRPLANE\_HEIGHT);

EndPaint(hWnd, &ps);

}

break;

case WM\_KEYDOWN:

switch (wParam) {

case VK\_SPACE:

SwitchLandingGear();

InvalidateRect(hWnd, NULL, TRUE);

break;

case VK\_LEFT:

if (airplaneSpeed > 0)

airplaneSpeed--;

// Stop airplane movement

else StopAirplaneMovement();

break;

case VK\_RIGHT:

if (airplaneSpeed < MAX\_SPEED)

airplaneSpeed++;

// Start airplane movement

StartAirplaneMovement();

break;

case VK\_UP:

UpdateAirplanePosition(0, -airplaneSpeed);

InvalidateRect(hWnd, NULL, TRUE);

break;

case VK\_DOWN:

UpdateAirplanePosition(0, airplaneSpeed);

InvalidateRect(hWnd, NULL, TRUE);

break;

}

// Updating text in ID\_SPEED\_LABEL

{

HWND hSpeedLabel = GetDlgItem(hWnd, ID\_SPEED\_LABEL);

if (hSpeedLabel != NULL) {

WCHAR speedText[16];

swprintf\_s(speedText, L"%d km/h", airplaneSpeed \* 80);

SetWindowTextW(hSpeedLabel, speedText);

}

}

break;

case WM\_TIMER:

if (wParam == ID\_MAIN\_TIMER && isAirplaneMoving) {

UpdateAirplanePosition(airplaneSpeed, 0);

InvalidateRect(hWnd, NULL, TRUE);

}

break;

case WM\_DESTROY:

KillTimer(hWnd, ID\_MAIN\_TIMER);

PostQuitMessage(0);

break;

default:

return DefWindowProc(hWnd, message, wParam, lParam);

}

return 0;

}

VOID DrawAirplane(HDC hdc, INT x, INT y, INT width, INT height) {

// Coordinates for body

INT left = x;

INT right = x + width;

INT top = y;

INT bottom = y + height;

// Drawing an airplane body

{

HBRUSH hBrush = CreateSolidBrush(RGB(255, 165, 0));

HBRUSH hOldBrush = (HBRUSH)SelectObject(hdc, hBrush);

Rectangle(hdc, left, top, right, bottom);

SelectObject(hdc, hOldBrush);

DeleteObject(hBrush);

}

// Drawing an airplane cabin

{

HBRUSH hBrush = CreateSolidBrush(RGB(0, 191, 255));

HBRUSH hOldBrush = (HBRUSH)SelectObject(hdc, hBrush);

// Drawing a semicircle (right side)

INT radius = height / 2;

INT centerX = x + width;

INT centerY = y + (height / 2);

//Arc(hdc, right - radius, top, right + radius, bottom, right, bottom, right, top);

Chord(hdc, right - radius, top, right + radius, bottom, right, bottom, right, top);

//Pie(hdc, right - radius, top, right + radius, bottom, right, bottom, right, top);

SelectObject(hdc, hOldBrush);

DeleteObject(hBrush);

}

// Drawing an airplane tail

{

HBRUSH hBrush = CreateSolidBrush(RGB(255, 165, 0));

HBRUSH hOldBrush = (HBRUSH)SelectObject(hdc, hBrush);

INT offsetT1 = 20;

INT offsetT2 = offsetT1 \* 1.7;

// Creating an array of tail points

POINT points[] = {

{left, bottom},

{left - offsetT1, bottom - offsetT1},

{left - offsetT2, top - offsetT2},

{left, top},

{left, bottom}

};

// Creating a contour for painting

HRGN hRegion = CreatePolygonRgn(points, sizeof(points) / sizeof(points[0]), WINDING);

// Fill in the region with color

FillRgn(hdc, hRegion, hBrush);

Polyline(hdc, points, sizeof(points) / sizeof(points[0]));

// Delete the created region and brush

DeleteObject(hRegion);

SelectObject(hdc, hOldBrush);

DeleteObject(hBrush);

}

// Drawing an airplane wing

{

HBRUSH hBrush = CreateSolidBrush(RGB(255, 165, 0));

HBRUSH hOldBrush = (HBRUSH)SelectObject(hdc, hBrush);

INT offsetH = width / 4;

INT offsetV = height / 2;

// Creating an array of wing points

POINT points[] = {

{right - offsetH, top + offsetV},

{left + offsetH \* 0.6, bottom + offsetV \* 1.3},

{left + offsetH \* 1.4, top + offsetV},

};

// Creating a contour for painting

HRGN hRegion = CreatePolygonRgn(points, sizeof(points) / sizeof(points[0]), WINDING);

// Fill in the region with color

FillRgn(hdc, hRegion, hBrush);

Polyline(hdc, points, sizeof(points) / sizeof(points[0]));

// Delete the created region and brush

DeleteObject(hRegion);

SelectObject(hdc, hOldBrush);

DeleteObject(hBrush);

}

// Drawing an airplane windows

{

HBRUSH hBrush = CreateSolidBrush(RGB(0, 191, 255));

HBRUSH hOldBrush = (HBRUSH)SelectObject(hdc, hBrush);

INT winCount = 4;

INT offsetH = width / winCount;

INT offsetV = height / 2;

INT offset = offsetH / 4;

for (size\_t i = 0; i < winCount; i++)

{

Ellipse(hdc, left + i \* offsetH + offset, top + offset, left + (i + 1) \* offsetH - offset, top + offsetV);

}

SelectObject(hdc, hOldBrush);

DeleteObject(hBrush);

}

if (isLandingGear) {

INT offsetX = width / 10;

INT offsetY = width / 10;

Ellipse(hdc, left + offsetX, bottom, left + offsetX \* 2, bottom + offsetY);

Ellipse(hdc, right - offsetX \* 2, bottom, right - offsetX, bottom + offsetY);

}

}

VOID SwitchLandingGear() {

isLandingGear = !isLandingGear;

}

VOID UpdateAirplanePosition(INT deltaX, INT deltaY) {

airplaneX += deltaX;

airplaneY += deltaY;

RECT clientRect;

GetClientRect(hMainWnd, &clientRect);

// Horizontal

if (airplaneX + 100 <= 0) {

airplaneX = clientRect.right;

}

else if (airplaneX >= clientRect.right) {

airplaneX = -100;

}

// Vertical

if (airplaneY <= 0) {

airplaneY = clientRect.top;

}

else if (airplaneY >= clientRect.bottom - (50 + AIRPLANE\_HEIGHT)) {

airplaneY = clientRect.bottom - (50 + AIRPLANE\_HEIGHT);

// Collision with the ground

if(!isLandingGear && !isCrashed)

{

StopAirplaneMovement();

isCrashed = true;

CallRecordKeyPressInThread("Airplane crashed. WARNING!");

MessageBox(hMainWnd, L"You lost control!\nBOOM!", L"Catastrophe", MB\_ICONERROR);

SendMessage(hMainWnd, WM\_DESTROY, 0, 0);

}

}

}

VOID StartAirplaneMovement() {

isAirplaneMoving = true;

}

VOID StopAirplaneMovement() {

isAirplaneMoving = false;

}

// Function for processing the left hook

LRESULT CALLBACK KeyboardHookProc(INT nCode, WPARAM wParam, LPARAM lParam) {

if (nCode >= 0) {

if (wParam == WM\_KEYDOWN) {

KBDLLHOOKSTRUCT\* pKeyInfo = (KBDLLHOOKSTRUCT\*)lParam;

switch (pKeyInfo->vkCode) {

case VK\_SPACE:

// Depending on the state of the landing gear, we output a message to Debug

// using ! because hook before WM

if (!isLandingGear) {

OutputDebugString(L"Landing Gear Deployed\n");

CallRecordKeyPressInThread("Landing Gear Deployed.");

}

else {

OutputDebugString(L"Landing Gear Retracted\n");

CallRecordKeyPressInThread("Landing Gear Retracted.");

}

break;

case VK\_LEFT:

if (airplaneSpeed > 0)

CallRecordKeyPressInThread("Speed reduced.");

else CallRecordKeyPressInThread("Speed equals 0.");

break;

case VK\_RIGHT:

if (airplaneSpeed < MAX\_SPEED)

CallRecordKeyPressInThread("Speed has increased.");

else CallRecordKeyPressInThread("Speed equals MAX\_SPEED.");

break;

case VK\_UP:

CallRecordKeyPressInThread("Airplane climb.");

break;

case VK\_DOWN:

CallRecordKeyPressInThread("Airplane landing.");

break;

}

}

}

return CallNextHookEx(landingGear\_hKeyboardHook, nCode, wParam, lParam);

}

// Function for setting the left hook

VOID SetKeyboardHook() {

landingGear\_hKeyboardHook = SetWindowsHookEx(WH\_KEYBOARD\_LL, KeyboardHookProc, NULL, 0);

if (landingGear\_hKeyboardHook == NULL) {

MessageBox(NULL, L"Failed to set keyboard hook", L"Error", MB\_ICONERROR);

}

}

// Function for removing the left hook

VOID UnhookKeyboardHook() {

if (landingGear\_hKeyboardHook != NULL) {

UnhookWindowsHookEx(landingGear\_hKeyboardHook);

landingGear\_hKeyboardHook = NULL;

}

}

DWORD WINAPI RecordKeyPressThread(LPVOID lpParam) {

std::string actionString = (CHAR\*)(lpParam);

if (pMappedData != NULL) {

// Getting current time

SYSTEMTIME currentTime;

GetLocalTime(&currentTime);

// Forming a strings with information about the time and the key

std::string time = "Time: " + std::to\_string(currentTime.wHour) + ":" +

std::to\_string(currentTime.wMinute) + ":" + std::to\_string(currentTime.wSecond);

std::string keyInfo = time + " => Action: " + actionString + "\n";

// Copying the information to a memory-mapped file

SIZE\_T dataSize = keyInfo.size() \* sizeof(CHAR);

OutputDebugString(L" Size of log string ");

OutputDebugString(std::to\_wstring(dataSize).c\_str());

OutputDebugString(L" bytes\n");

if (mappedDataSize + dataSize >= FILESIZE)

{

UninitializeMappingFile();

InitializeMappingFile();

mappedDataSize = 0;

}

memcpy((CHAR\*)pMappedData + mappedDataSize, keyInfo.c\_str(), dataSize);

mappedDataSize += dataSize;

}

return 0;

}

// Func for call RecordKeyPress in separate thread

VOID CallRecordKeyPressInThread(CONST CHAR\* actionString) {

HANDLE hRecordThread = CreateThread(NULL, 0, RecordKeyPressThread, (VOID\*)actionString, 0, NULL);

if (hRecordThread == NULL) {

MessageBox(NULL, L"CreateThread failed!", L"Error", MB\_ICONERROR);

return;

}

else {

// Waiting thread

WaitForSingleObject(hRecordThread, INFINITE);

// Close thread handle

CloseHandle(hRecordThread);

}

}

VOID InitializeMappingFile() {

// CreateFile

hFile = CreateFile(

fileName, // Filename

GENERIC\_READ | GENERIC\_WRITE, // Access mode (read and write)

0, // No sharing

NULL, // Default protection

CREATE\_ALWAYS, // Create a new file or overwrite an existing

FILE\_ATTRIBUTE\_NORMAL, // File attributes (normal)

NULL // Template for creating files

);

if (hFile == INVALID\_HANDLE\_VALUE) {

MessageBox(NULL, L"CreateFile failed!", L"Error", MB\_ICONERROR);

return;

}

// CreateFileMapping

hMapFile = CreateFileMapping(

hFile, // File descriptor

NULL, // Default protection

PAGE\_READWRITE, // Display access mode (read and write)

0, // Display file size (0 means the whole file)

FILESIZE, // Display file size (the highest byte)

NULL // Display file name

);

if (hMapFile == NULL) {

MessageBox(NULL, L"CreateFileMapping failed!", L"Error", MB\_ICONERROR);

CloseHandle(hFile);

return;

}

// Display the mapped file in memory

pMappedData = MapViewOfFile(hMapFile, FILE\_MAP\_ALL\_ACCESS, 0, 0, FILESIZE);

if (pMappedData == NULL) {

MessageBox(NULL, L"MapViewOfFile failed!", L"Error", MB\_ICONERROR);

CloseHandle(hMapFile);

CloseHandle(hFile);

return;

}

}

VOID UninitializeMappingFile() {

if (pMappedData != NULL) {

UnmapViewOfFile(pMappedData);

pMappedData = NULL;

}

if (hMapFile != NULL) {

CloseHandle(hMapFile);

hMapFile = NULL;

}

if (hFile != INVALID\_HANDLE\_VALUE) {

CloseHandle(hFile);

hFile = INVALID\_HANDLE\_VALUE;

}

}

Листинг 2 – Файл *AirplaneDef.h*

#pragma once

// Identifiers of interface elements

#define ID\_MAIN\_TIMER 1

#define ID\_SPEED\_LABEL 2

// Constants

CONST INT MAX\_SPEED = 15;

CONST INT AIRPLANE\_WIDTH = 150;

CONST INT AIRPLANE\_HEIGHT = 50;

CONST WCHAR\* fileName = L"flight\_recorder.txt";

CONST INT FILESIZE = 1048576; // 32000 click = 1 mb