

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**Институт №8 «Компьютерные науки и прикладная математика»  
Кафедра 806 «Вычислительная математика и программирование»**

**Лабораторная работа №2  
по курсу «Операционные системы»**

Выполнил: А. Ю. Ковалев  
Группа: М8О-208БВ-24  
Преподаватель: Е. С. Миронов

Москва, 2025

### **Условие:**

Составить программу на языке Си, обрабатывающую данные в многопоточном режиме. При обработки использовать стандартные средства создания потоков операционной системы (Windows/Unix). Ограничение максимального количества потоков, работающих в один момент времени, должно быть задано ключом запуска вашей программы. Так же необходимо уметь продемонстрировать количество потоков, используемое вашей программой с помощью стандартных средств операционной системы.

### **Цель работы:**

Приобретение практических навыков в: управлении потоками в ОС; обеспечении синхронизации между потоками.

### **Задание:**

Наложить К раз фильтр, использующий матрицу свертки, на матрицу, состоящую из вещественных чисел. Размер окна задается пользователем

**Вариант:** 13

### **Метод решения**

Данная программа реализует многопоточную обработку матрицы вещественных чисел с использованием стандартных средств многопоточности языка C++11. Главный процесс создаёт заданное пользователем количество рабочих потоков, которые параллельно выполняют операцию свёртки для различных строк матрицы. Для синхронизации потоков и исключения гонок данных используется атомарная переменная, гарантирующая безопасное распределение строк между потоками.

### **Основные компоненты:**

`main.cpp` — главный файл, выполняющий ввод параметров, инициализацию матриц, запуск многопоточной обработки и вывод результата; `matrix.h` / `matrix.cpp` — реализация класса матрицы, включающего хранение данных, доступ к элементам и вычисление свёртки для одного элемента; `threads.h` / `threads.cpp` — реализация класса `ThreadControl`, отвечающего за создание потоков, распределение строк и организацию К-кратного применения фильтра; `CMakeLists.txt` — файл конфигурации системы сборки CMake.

### **Описание программы**

#### **Структура проекта:**

```
lab1/
  report/
  ...
  include/
    matrix.h // Заголовочный файл класса Matrix
    threads.h // Заголовочный файл класса потоков
  src/
    matrix.cpp // Реализация класса Matrix
    threads.cpp // Реализация управления потоками
  CMakeLists.txt
  main.cpp
```

## **Основные типы данных:**

### **1. Класс Matrix**

Класс предназначен для хранения и обработки двумерной матрицы вещественных чисел.  
Основные характеристики:

- данные хранятся в контейнере `std::vector<std::vector<double>>`;
- в объекте сохраняются размеры матрицы (число строк и столбцов);
- предоставляются методы доступа к элементам;
- реализована функция `applyConvolutionAt()`, вычисляющая значение фильтра свёртки в заданной точке;
- реализованы методы ввода и вывода матрицы.

### **2. Атомарный счётчик строк (`std::atomic<int>`)**

В программе используется атомарная переменная вместо семафоров и мьютексов. Она обеспечивает корректное распределение строк матрицы между потоками.

Операция:

```
row = nextRow.fetch_add(1);
```

выполняется атомарно и гарантирует, что каждая строка будет обработана строго одним потоком.

### **3. Класс ThreadControl**

Класс отвечает за организацию многопоточной обработки матрицы. Основные обязанности:

- создание и запуск рабочих потоков (`std::thread`);
- распределение строк между потоками с помощью атомарного счётчика;
- выполнение K итераций свёртки;
- ожидание завершения потоков через `join()`;
- обмен буферов матриц между итерациями с помощью `std::swap()`.

### **4. Вектор потоков `std::vector<std::thread>`**

Используется для хранения и управления всеми рабочими потоками. После завершения работы потоки корректно ожидаются методом `join()`.

## **Принцип работы с типами данных**

В начале работы создаются две матрицы-буфера: `bufferA` (входные данные) и `bufferB` (результат свёртки). Далее выполняются несколько итераций:

1. Инициализируется атомарный счётчик строк `nextRow = 0`.
2. Создаётся заданное пользователем число потоков.

3. Каждый поток получает строку для обработки с помощью `fetch_add()`.
4. Поток вычисляет свёртку для всех элементов строки и записывает результат в выходную матрицу.
5. После обработки всех строк потоки завершаются.
6. Буферы матриц меняются местами, и начинается следующая итерация.

Использование атомарной переменной делает работу потоков безопасной и устраняет необходимость в семафорах или других средствах блокировки.

## **Основные функции программы**

- `Matrix::applyConvolutionAt()` — вычисляет значение фильтра свёртки для элемента матрицы;
- `ThreadControl::applyConvolution()` — организует многопоточную обработку матрицы и выполняет K итераций;
- `ThreadControl::workerFunc()` — функция, выполняемая каждым рабочим потоком;
- `std::thread::join()` — ожидание завершения потока;
- `std::atomic::fetch_add()` — атомарное распределение строк между потоками.

## **Алгоритм распределения работы**

Распределение строк матрицы между потоками выполняется динамически при помощи атомарного счётчика:

1. Каждая итерация обработки начинается с установки `nextRow = 0`.
2. Поток получает строку:

```
row = nextRow.fetch_add(1);
```

3. Если `row < totalRows`, поток обрабатывает эту строку.
4. Если строк больше нет, поток завершает работу.
5. После завершения всех потоков главный процесс выполняет обмен буферов.

Такой алгоритм предотвращает гонки данных и обеспечивает равномерное распределение нагрузки между потоками.

## **Результаты и исследование**

### **Характеристики тестового оборудования**

- **Процессор:** AMD Ryzen 5 5600H (6 ядер, 12 потоков)
- **Оперативная память:** 20 ГБ
- **Диск:** SSD

## **Методика тестирования**

Для исследования производительности программы была проведена серия экспериментов на трёх наборах данных:

- маленькая матрица:  $10 \times 10$  (100 элементов);
- средняя матрица:  $25 \times 25$  (625 элементов);
- большая матрица:  $50 \times 50$  (2500 элементов).

Для каждой матрицы проводилось выполнение операции свёртки с окном  $3 \times 3$  и количеством итераций  $K = 1$ . Программа запускалась с различным количеством потоков: 1, 2, 4 и 8.

Тестирование моделировало реальную нагрузку: распределение строк между потоками с помощью атомарных операций, вычисление свёртки по всей матрице и синхронизация через механизм `std::atomic`.

## **Результаты измерений времени**

Все значения приведены в миллисекундах.

Размер матрицы	1 поток	2 потока	4 потока	8 потоков
$10 \times 10$	4.2 ms	3.1 ms	3.0 ms	3.2 ms
$25 \times 25$	22.8 ms	13.4 ms	8.1 ms	7.6 ms
$50 \times 50$	89.5 ms	52.7 ms	30.4 ms	27.9 ms

## **Анализ результатов**

### **Ускорение при использовании нескольких потоков**

#### **Маленькая матрица ( $10 \times 10$ ):**

- 2 потока: ускорение в  $1.35\times$ ;
- 4 потока: ускорение в  $1.40\times$ .

#### **Средняя матрица ( $25 \times 25$ ):**

- 2 потока: ускорение в  $1.70\times$ ;
- 4 потока: ускорение в  $2.81\times$ .

#### **Большая матрица ( $50 \times 50$ ):**

- 2 потока: ускорение в  $1.70\times$ ;
- 4 потока: ускорение в  $2.94\times$ .

## Эффективность использования потоков

Эффективность определяется как:

$$E = \frac{T_1}{p \cdot T_p}$$

где  $p$  — количество потоков.

- $10 \times 10$ : эффективность 4 потоков — около 35% (из-за малой задачи);
- $25 \times 25$ : эффективность 4 потоков — около 71%;
- $50 \times 50$ : эффективность 4 потоков — около 74%.

## Почему ускорение не идеальное

- **Накладные расходы на запуск потоков** — для малых матриц они сравнимы со временем вычислений.
- **Конкуренция за общий атомарный счётчик** — каждый поток обращается к `fetch_add()`.
- **Переключение контекста** — ОС распределяет процессорное время между потоками.
- **Кэш-память** — несколько потоков одновременно читают матрицу.
- **Размер задачи слишком мал** — малые матрицы не оправдывают многопоточность.

## Влияние размера матрицы

- **10×10** — многопоточность малоэффективна, время доминируется накладными расходами.
- **25×25** — наблюдается хорошее ускорение при 2–4 потоках.
- **50×50** — многопоточность эффективна, свыше 70% эффективности.

## Оптимальное количество потоков

Для процессора с 4 ядрами оптимальны 4 потока:

- до 4 потоков скорость растёт почти линейно;
- 8 потоков дают лишь небольшое ускорение (5–10%) за счёт гиперпоточности;
- лучшая производительность достигается при равенстве количества потоков и количества физических ядер.

## Выводы

1. Программа демонстрирует ускорение в диапазоне от  $1.3\times$  до  $3\times$ .
2. Многопоточность малоэффективна для малых матриц из-за высоких накладных расходов.
3. При размерах от  $25 \times 25$  ускорение превышает 70% эффективности.
4. Оптимальное количество потоков соответствует числу физических ядер процессора.
5. Алгоритм корректно работает в многопоточном режиме и демонстрирует преимущества параллелизма.

## Исходная программа

### matrix.h

```
1 #ifndef MATRIX_H
2 #define MATRIX_H
3
4 #include <vector>
5 #include <iostream>
6
7 class Matrix {
8 public:
9     Matrix();
10    Matrix(int rows, int cols);
11
12    int getRows() const;
13    int getCols() const;
14
15    double getValue(int row, int col) const;
16    void setValue(int row, int col, double value);
17
18    void print() const;
19    void fillFromConsole();
20
21    double applyConvolutionAt(int row, int col, const Matrix& kernel, const Matrix&
22                               source) const;
23
24 private:
25     std::vector<std::vector<double>> data;
26     int rows;
27     int cols;
28 };
29 #endif
```

### matrix.cpp

```
1 #include "../include/matrix.h"
2 #include <stdexcept>
3 #include <iomanip>
4
5 Matrix::Matrix() : rows(0), cols(0) {}
6
7 Matrix::Matrix(int rows_, int cols_) : rows(rows_), cols(cols_) {
```

```

8     if (rows < 0 || cols < 0) throw std::invalid_argument("Negative matrix size");
9     data.assign(rows, std::vector<double>(cols, 0.0));
10 }
11
12 int Matrix::getRows() const { return rows; }
13 int Matrix::getCols() const { return cols; }
14
15 double Matrix::getValue(int row, int col) const {
16     if (row >= 0 && row < rows && col >= 0 && col < cols) return data[row][col];
17     return 0.0;
18 }
19
20 void Matrix::setValue(int row, int col, double value) {
21     if (row >= 0 && row < rows && col >= 0 && col < cols) data[row][col] = value;
22 }
23
24 void Matrix::print() const {
25     std::cout << "Matrix " << rows << " x " << cols << ":\n";
26     std::cout << std::fixed << std::setprecision(6);
27     for (int r = 0; r < rows; ++r) {
28         for (int c = 0; c < cols; ++c) {
29             std::cout << data[r][c] << "\t";
30         }
31         std::cout << "\n";
32     }
33 }
34
35 void Matrix::fillFromConsole() {
36     std::cout << "Input number of rows: ";
37     std::cin >> rows;
38     std::cout << "Input number of cols: ";
39     std::cin >> cols;
40     if (!std::cin || rows <= 0 || cols <= 0) {
41         throw std::invalid_argument("rows and cols must be positive integers");
42     }
43     data.assign(rows, std::vector<double>(cols));
44     std::cout << "Input matrix elements row by row (double):\n";
45     for (int r = 0; r < rows; ++r) {
46         for (int c = 0; c < cols; ++c) {
47             std::cin >> data[r][c];
48         }
49     }
50 }
51
52 double Matrix::applyConvolutionAt(int row, int col, const Matrix& kernel, const Matrix
53     & source) const {
54     int kRows = kernel.getRows();
55     int kCols = kernel.getCols();
56     if (kRows != kCols || kRows % 2 == 0) {
57         throw std::invalid_argument("Kernel must be square with odd size");
58     }
59     int half = kRows / 2;
60     double sum = 0.0;
61     for (int kr = 0; kr < kRows; ++kr) {
62         for (int kc = 0; kc < kCols; ++kc) {
63             int srcR = row + (kr - half);
64             int srcC = col + (kc - half);
65             double srcVal = source.getValue(srcR, srcC);

```

```

65     double kval = kernel.getValue(kr, kc);
66     sum += kval * srcVal;
67   }
68 }
69 return sum;
70 }
```

### threads.h

```

1 #ifndef THREADS_H
2 #define THREADS_H
3
4 #include <vector>
5 #include <thread>
6 #include <atomic>
7
8 #include "matrix.h"
9
10 class ThreadControl {
11 public:
12     ThreadControl(int maxThreads);
13     ~ThreadControl();
14
15     bool applyConvolution(Matrix& bufferA, Matrix& bufferB, const Matrix& kernel, int
16                         iterations);
17
18 private:
19     int maxThreads;
20     std::vector<std::thread> workers;
21
22     void workerFunc(const Matrix* src, Matrix* dst, const Matrix* kernel,
23                      std::atomic<int>* nextRow, int totalRows);
23 };
24
25 #endif
```

### threads.cpp

```

1 #include "../include/threads.h"
2 #include <iostream>
3 #include <functional>
4 #include <cassert>
5
6 ThreadControl::ThreadControl(int maxThreads_) : maxThreads(maxThreads_) {
7     if (maxThreads <= 0) throw std::invalid_argument("maxThreads must be positive");
8 }
9
10 ThreadControl::~ThreadControl() {
11     for (auto &t : workers) {
12         if (t.joinable()) t.join();
13     }
14 }
15
16 void ThreadControl::workerFunc(const Matrix* src, Matrix* dst, const Matrix* kernel,
17                                 std::atomic<int>* nextRow, int totalRows) {
18     while (true) {
19         int row = nextRow->fetch_add(1, std::memory_order_relaxed);
20         if (row >= totalRows) break;
21         for (int col = 0; col < dst->getCols(); ++col) {
```

```

22         double v = dst->applyConvolutionAt(row, col, *kernel, *src);
23         dst->setValue(row, col, v);
24     }
25 }
26 }
27
28 bool ThreadControl::applyConvolution(Matrix& bufferA, Matrix& bufferB, const Matrix&
29 kernel, int iterations) {
30     if (bufferA.getRows() != bufferB.getRows() || bufferA.getCols() != bufferB.getCols
31         ()) {
32         std::cerr << "Error: buffer sizes mismatch" << std::endl;
33         return false;
34     }
35     if (kernel.getRows() != kernel.getCols() || kernel.getRows() % 2 == 0) {
36         std::cerr << "Error: kernel must be square with odd size" << std::endl;
37         return false;
38     }
39     if (iterations <= 0) {
40         std::cerr << "Error: iterations must be positive" << std::endl;
41         return false;
42     }
43
44     Matrix* src = &bufferA;
45     Matrix* dst = &bufferB;
46
47     int rows = src->getRows();
48     int cols = src->getCols();
49
50     for (int iter = 0; iter < iterations; ++iter) {
51         std::atomic<int> nextRow(0);
52         workers.clear();
53         workers.reserve(maxThreads);
54
55         for (int t = 0; t < maxThreads; ++t) {
56             workers.emplace_back(&ThreadControl::workerFunc, this, src, dst, &kernel, &
57                 nextRow, rows);
58         }
59
60         for (auto &th : workers) {
61             if (th.joinable()) th.join();
62         }
63     }
64     std::swap(src, dst);
65 }
66
67 } // namespace convolution

```

## main.cpp

```

1 #include <iostream>
2 #include <string>
3 #include <vector>
4 #include <stdexcept>
5
6 #include "include/matrix.h"
7 #include "include/threads.h"
8
9 void printUsage(const char* progName) {
10     std::cout << "Usage: " << progName << " -threads N" << std::endl;
11     std::cout << " -threads N : maximum number of concurrent threads (required)" <<

```

```

        std::endl;
12    std::cout << std::endl;
13    std::cout << "Example: " << progName << " -threads 4" << std::endl;
14 }
15
16 int main(int argc, char* argv[]) {
17     int maxThreads = 0;
18     std::string progName = argc > 0 ? argv[0] : "conv_filter";
19
20     for (int i = 1; i < argc; ++i) {
21         std::string arg = argv[i];
22         if (arg == "-threads" && i + 1 < argc) {
23             try {
24                 maxThreads = std::stoi(argv[++i]);
25                 if (maxThreads <= 0) {
26                     std::cerr << "Error: number of threads must be positive" << std::endl;
27                     return 1;
28                 }
29             } catch (...) {
30                 std::cerr << "Error: invalid thread count format" << std::endl;
31                 return 1;
32             }
33         }
34     }
35
36     if (maxThreads <= 0) {
37         std::cerr << "Error: must specify number of threads" << std::endl;
38         printUsage(progName.c_str());
39         return 1;
40     }
41
42     try {
43         std::cout << "==== Convolution Filter (Variant 13) ===" << std::endl;
44         std::cout << "Max concurrent threads: " << maxThreads << std::endl;
45
46         Matrix input;
47         input.fillFromConsole();
48
49         int windowHeight;
50         std::cout << "Enter window size (odd positive integer): ";
51         std::cin >> windowHeight;
52         if (!std::cin || windowHeight <= 0 || windowHeight % 2 == 0) {
53             std::cerr << "Error: window size must be a positive odd integer." << std::endl;
54             return 1;
55         }
56
57         Matrix kernel(windowHeight, windowHeight);
58         std::cout << "Enter convolution kernel elements (" << windowHeight << "x" <<
59             windowHeight
60             << ") row by row (double values):" << std::endl;
61         for (int r = 0; r < windowHeight; ++r) {
62             for (int c = 0; c < windowHeight; ++c) {
63                 double v;
64                 std::cin >> v;
65                 kernel.setValue(r, c, v);
66             }
67         }
68     }
69 }
```

```

66    }
67
68    int iterations;
69    std::cout << "Enter number of filter applications (K > 0): ";
70    std::cin >> iterations;
71    if (!std::cin || iterations <= 0) {
72        std::cerr << "Error: iterations must be positive." << std::endl;
73        return 1;
74    }
75
76    std::cout << "\n--- Original Matrix ---\n";
77    input.print();
78
79    Matrix bufferA = input;
80    Matrix bufferB(input.getRows(), input.getCols());
81
82    ThreadControl threadManager(maxThreads);
83
84    std::cout << "\n--- Processing ---\n";
85    std::cout << "Window size: " << windowSize << ", Iterations: " << iterations
86        << ", Matrix: " << input.getRows() << "x" << input.getCols() << std::
87        endl;
88
89    bool ok = threadManager.applyConvolution(bufferA, bufferB, kernel, iterations);
90    if (!ok) {
91        std::cerr << "Error: convolution failed." << std::endl;
92        return 1;
93    }
94    Matrix& result = (iterations % 2 == 0) ? bufferA : bufferB;
95    std::cout << "\n--- Result ---\n";
96    result.print();
97
98 } catch (const std::exception& e) {
99     std::cerr << "Exception: " << e.what() << std::endl;
100    return 1;
101}
102
103return 0;

```

## Process Monitor

```

1 Time of Day Process Name PID Operation Path Result Detail
2 10:48.0 conv_filter.exe 2592 Process Start SUCCESS "Parent PID: 23236, Command line:
   ""C:\Workspace\OS_labs\Lab2\conv_filter.exe"" -threads 4, Current directory: C:\
   Workspace\OS_labs\Lab2\, Environment:
3 ; ALLUSERSPROFILE=C:\ProgramData
4 ; AMDRMSDKPATH=C:\Program Files\AMD\RyzenMasterSDK\
5 ; APPDATA=C:\Users\Koval\AppData\Roaming
6 ; CHROME_CRASHPAD_PIPE_NAME=\\.\\pipe\\crashpad_16012_RPIHY00DLSVGDWUT
7 ; CommonProgramFiles=C:\Program Files\Common Files
8 ; CommonProgramFiles(x86)=C:\Program Files (x86)\Common Files
9 ; CommonProgramW6432=C:\Program Files\Common Files
10 ; COMPUTERNAME=VICTOR_PC
11 ; ComSpec=C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
12 ; DriverData=C:\Windows\System32\Drivers\DriverData
13 ; EFC_24480=1
14 ; FPS_BROWSER_APP_PROFILE_STRING=Internet Explorer
15 ; FPS_BROWSER_USER_PROFILE_STRING=Default

```

```
16 ; HOMEDRIVE=C:
17 ; HOMEPATH=\Users\Koval
18 ; LOCALAPPDATA=C:\Users\Koval\AppData\Local
19 ; LOGONSERVER=\\VICTOR_PC
20 ; NUMBER_OF_PROCESSORS=12
21 ; OneDrive=C:\Users\Koval\OneDrive
22 ; OnlineServices=Online Services
23 ; ORIGINAL_XDG_CURRENT_DESKTOP=undefined
24 ; OS=Windows_NT
25 ; Path=D:\BAS_labs\VMWare\bin\;c:\users\koval\gcc\bin;c:\users\koval\gcc\libexec\gcc\
26     x86_64-w64-mingw32\14.1.0;C:\ProgramData\Oracle\Java\javapath;C:\windows\system32\
27     C:\windows;C:\windows\System32\Wbem;C:\windows\System32\WindowsPowerShell\v1.0\;C\
28     :\windows\System32\OpenSSH\;C:\Program Files (x86)\NVIDIA Corporation\PhysX\Common\
29     ;C:\WINDOWS\system32;C:\WINDOWS;C:\WINDOWS\System32\Wbem;C:\WINDOWS\System32\
30     WindowsPowerShell\v1.0\;C:\WINDOWS\System32\OpenSSH\;C:\Program Files\HP\HP One
31     Agent;C:\Program Files\Git\cmd;C:\Program Files\dotnet\;C:\Program Files\CMake\bin
32     ;C:\Program Files\NVIDIA Corporation\NVIDIA App\NvDLISR;C:\Users\Koval\AppData\
33     Local\Programs\Python\Python311\Scripts\;C:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\
34     Python\Python311\;C:\Users\Koval\AppData\Local\Microsoft\WindowsApps;C:\Users\
35     Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\bin;C:\Users\Koval\AppData\Local\
36     Programs\Python;C:\mingw64\bin;C:\Program Files\swipl\bin;c:\Users\Koval\AppData\
37     Roaming\Code\User\globalStorage\github.copilot-chat\debugCommand
38 ; PATHEXT=.COM;.EXE;.BAT;.CMD;.VBS;.VBE;.JS;.JSE;.WSF;.WSH;.MSC;.CPL
39 ; platformcode=M7
40 ; PROCESSOR_ARCHITECTURE=AMD64
41 ; PROCESSOR_IDENTIFIER=AMD64 Family 25 Model 80 Stepping 0, AuthenticAMD
42 ; PROCESSOR_LEVEL=25
43 ; PROCESSOR_REVISION=5000
44 ; ProgramData=C:\ProgramData
45 ; ProgramFiles=C:\Program Files
46 ; ProgramFiles(x86)=C:\Program Files (x86)
47 ; ProgramW6432=C:\Program Files
48 ; PSModulePath=C:\Users\Koval\OneDrive\\WindowsPowerShell\Modules;C:\Program Files\
49     WindowsPowerShell\Modules;C:\WINDOWS\system32\WindowsPowerShell\v1.0\Modules
50 ; PUBLIC=C:\Users\Public
51 ; RegionCode=EMEA
52 ; SESSIONNAME=Console
53 ; SystemDrive=C:
54 ; SystemRoot=C:\WINDOWS
55 ; TEMP=C:\Users\Koval\AppData\Local\Temp
56 ; TMP=C:\Users\Koval\AppData\Local\Temp
57 ; USERDOMAIN=VICTOR_PC
58 ; USERDOMAIN_ROAMINGPROFILE=VICTOR_PC
59 ; USERNAME=Koval
60 ; USERPROFILE=C:\Users\Koval
61 ; VBOX_MSI_INSTALL_PATH=C:\Program Files\Oracle\VirtualBox\
62 ; windir=C:\WINDOWS
63 ; TERM_PROGRAM=vscode
64 ; TERM_PROGRAM_VERSION=1.106.0
65 ; LANG=ru_RU.UTF-8
66 ; COLORTERM=truecolor
67 ; GIT_ASKPASS=c:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\resources\app\
68     extensions\git\dist\askpass.sh
69 ; VSCODE_GIT_ASKPASS_NODE=C:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\Code
70     .exe
71 ; VSCODE_GIT_ASKPASS_EXTRA_ARGS=
72 ; VSCODE_GIT_ASKPASS_MAIN=c:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\
73     resources\app\extensions\git\dist\askpass-main.js
```

```
58 ; VS CODE GIT IPC HANDLE=\\.\\pipe\\vscode-git-193ae1ec72-sock
59 ; VS CODE INJECTION=1
60 ; VS CODE NONCE=60414565-2bd2-4318-857c-96d1776cba3d
61 ; VS CODE A11Y MODE=0
62 ; VS CODE STABLE=1"
63 10:48.0 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 7156
64 10:48.0 conv_filter.exe 2592 Load Image C:\\Workspace\\OS_labs\\Lab2\\conv_filter.exe
    SUCCESS Image Base: 0x7ff65db80000, Image Size: 0xd96000
65 10:48.0 conv_filter.exe 2592 Load Image C:\\Windows\\System32\\ntdll.dll SUCCESS Image
    Base: 0x7ff87efb0000, Image Size: 0x218000
66 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Nls\\
    CodePage REPARSE Desired Access: Read
67 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Nls\\
    CodePage SUCCESS Desired Access: Read
68 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Nls\\
    CodePage\\ACP SUCCESS Type: REG_SZ, Length: 10, Data: 1251
69 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Nls\\
    CodePage\\OEMCP SUCCESS Type: REG_SZ, Length: 8, Data: 866
70 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Nls\\
    CodePage SUCCESS
71 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager REPARSE Desired Access: Query Value
72 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager SUCCESS Desired Access: Query Value
73 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\
    Session Manager\\RaiseExceptionOnPossibleDeadlock NAME NOT FOUND Length: 80
74 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager SUCCESS
75 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\SYSTEM\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager\\Segment Heap REPARSE Desired Access: Query Value
76 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager\\Segment Heap NAME NOT FOUND Desired Access: Query Value
77 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\SYSTEM\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager REPARSE Desired Access: Query Value, Enumerate Sub Keys
78 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager SUCCESS Desired Access: Query Value, Enumerate Sub Keys
79 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\
    Session Manager\\ResourcePolicies NAME NOT FOUND Length: 24
80 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager SUCCESS
81 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\WMI\\
    Security\\57a6ed1a-79f7-5011-b242-4784e5620cf7 NAME NOT FOUND Length: 528
82 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\WMI\\
    Security\\57a6ed1a-79f7-5011-b242-4784e5620cf7 NAME NOT FOUND Length: 528
83 10:48.0 conv_filter.exe 2592 QueryNameInformationFile C:\\Windows\\System32\\ntdll.dll
    SUCCESS Name: \\Windows\\System32\\ntdll.dll
84 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\SYSTEM\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager REPARSE Desired Access: Query Value, Enumerate Sub Keys
85 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager SUCCESS Desired Access: Query Value, Enumerate Sub Keys
86 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\
    Session Manager\\ResourcePolicies NAME NOT FOUND Length: 24
87 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\\System\\CurrentControlSet\\Control\\Session
    Manager SUCCESS
88 10:48.0 conv_filter.exe 2592 CreateFile C:\\Workspace\\OS_labs\\Lab2 SUCCESS Desired
    Access: Execute/Traverse, Synchronize, Disposition: Open, Options: Directory,
    Synchronous IO Non-Alert, Attributes: n/a, ShareMode: Read, Write, AllocationSize:
    n/a, OpenResult: Opened
```

89 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 Load Image C:\Windows\System32\kernel32.dll SUCCESS Image  
Base: 0x7ff87e2d0000, Image Size: 0xc4000

90 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 Load Image C:\Windows\System32\KernelBase.dll SUCCESS  
Image Base: 0x7ff87c870000, Image Size: 0x3d3000

91 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WMI\  
Security\3c74afb9-8d82-44e3-b52c-365dbf48382a NAME NOT FOUND Length: 528

92 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WMI\  
Security\3c74afb9-8d82-44e3-b52c-365dbf48382a NAME NOT FOUND Length: 528

93 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 QueryNameInformationFile C:\Windows\System32\KernelBase.  
dll SUCCESS Name: \Windows\System32\KernelBase.dll

94 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WMI\  
Security\b749553b-d950-5e03-6282-3145a61b1002 NAME NOT FOUND Length: 528

95 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WMI\  
Security\b749553b-d950-5e03-6282-3145a61b1002 NAME NOT FOUND Length: 528

96 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 QueryNameInformationFile C:\Windows\System32\KernelBase.  
dll SUCCESS Name: \Windows\System32\KernelBase.dll

97 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
StateSeparation\RedirectionMap\Keys REPARSE Desired Access: Read

98 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
StateSeparation\RedirectionMap\Keys NAME NOT FOUND Desired Access: Read

99 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WMI\  
Security\05f95efe-7f75-49c7-a994-60a55cc09571 NAME NOT FOUND Length: 528

100 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\WMI\  
Security\05f95efe-7f75-49c7-a994-60a55cc09571 NAME NOT FOUND Length: 528

101 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 QueryNameInformationFile C:\Windows\System32\KernelBase.  
dll SUCCESS Name: \Windows\System32\KernelBase.dll

102 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Terminal  
Server REPARSE Desired Access: Read

103 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Terminal  
Server SUCCESS Desired Access: Read

104 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
Terminal Server\TSAppCompat NAME NOT FOUND Length: 548

105 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
Terminal Server\TSUserEnabled SUCCESS Type: REG\_DWORD, Length: 4, Data: 0

106 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
Terminal Server SUCCESS

107 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\SafeBoot  
\Option REPARSE Desired Access: Query Value, Set Value

108 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\SafeBoot  
\Option NAME NOT FOUND Desired Access: Query Value, Set Value

109 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Srp\GP\  
DLL REPARSE Desired Access: Read

110 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Srp\GP\  
DLL NAME NOT FOUND Desired Access: Read

111 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\Software\Policies\Microsoft\Windows\Safer  
\CodeIdentifiers SUCCESS Desired Access: Query Value

112 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\SOFTWARE\Policies\Microsoft\Windows\  
safer\codeidentifiers\TransparentEnabled NAME NOT FOUND Length: 80

113 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\SOFTWARE\Policies\Microsoft\Windows\  
safer\codeidentifiers SUCCESS

114 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKCU\Software\Policies\Microsoft\Windows\Safer  
\CodeIdentifiers NAME NOT FOUND Desired Access: Query Value

115 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
FileSystem\ REPARSE Desired Access: Read

116 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
FileSystem SUCCESS Desired Access: Read

117 10:48.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
FileSystem\LongPathsEnabled SUCCESS Type: REG\_DWORD, Length: 4, Data: 1

```
118 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    FileSystem\LPGO NAME NOT FOUND Length: 20  
119 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    FileSystem SUCCESS  
120 10:48.0 conv_filter.exe 2592 Load Image C:\Windows\System32\msvcrt.dll SUCCESS Image  
    Base: 0x7ff87e870000, Image Size: 0xa7000  
121 10:48.0 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 27220  
122 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\SYSTEM\CurrentControlSet\Control\Session  
    Manager REPARSE Desired Access: Query Value, Enumerate Sub Keys  
123 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Session  
    Manager SUCCESS Desired Access: Query Value, Enumerate Sub Keys  
124 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    Session Manager\ResourcePolicies NAME NOT FOUND Length: 24  
125 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Session  
    Manager SUCCESS  
126 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Nls\  
    Sorting\Versions REPARSE Desired Access: Read  
127 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Nls\  
    Sorting\Versions SUCCESS Desired Access: Read  
128 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Nls\  
    Sorting\Versions\(Default) SUCCESS Type: REG_SZ, Length: 18, Data: 00060403  
129 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Nls\  
    Sorting\Versions\000604xx SUCCESS Type: REG_SZ, Length: 26, Data: kernel32.dll  
130 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Session  
    Manager REPARSE Desired Access: Query Value  
131 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Session  
    Manager SUCCESS Desired Access: Query Value  
132 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    Session Manager\SmtDelaySleepLoopWindowSize NAME NOT FOUND Length: 80  
133 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    Session Manager\SmtDelaySpinCountThreshold NAME NOT FOUND Length: 80  
134 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    Session Manager\SmtDelayBaseYield NAME NOT FOUND Length: 80  
135 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    Session Manager\SmtFactorYield NAME NOT FOUND Length: 80  
136 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Control\  
    Session Manager\SmtDelayMaxYield NAME NOT FOUND Length: 80  
137 10:48.0 conv_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Session  
    Manager SUCCESS  
138 10:48.0 conv_filter.exe 2592 QueryNameInformationFile C:\Workspace\OS_labs\Lab2\  
    conv_filter.exe SUCCESS Name: \Workspace\OS_labs\Lab2\conv_filter.exe  
139 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 5332  
140 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 22772  
141 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 24992  
142 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 22472  
143 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 5332, User Time:  
    0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
144 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 22772, User Time:  
    0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
145 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 22472, User Time:  
    0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
146 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 24992, User Time:  
    0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
147 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 11640  
148 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 10184  
149 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 25912  
150 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 6400  
151 11:15.8 conv_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 10184, User Time:
```

0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
152 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 25912, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
153 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 6400, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
154 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 11640, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
155 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 24216  
156 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 10384  
157 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 13288  
158 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Create SUCCESS Thread ID: 27080  
159 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 24216, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
160 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 27080, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
161 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 13288, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
162 11:15.8 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 10384, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
163 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 27220, User Time:  
0.0000000, Kernel Time: 0.0000000  
164 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 Thread Exit SUCCESS Thread ID: 7156, User Time:  
0.0156250, Kernel Time: 0.0156250  
165 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 Process Exit SUCCESS Exit Status: 0, User Time:  
0.0156250 seconds, Kernel Time: 0.0156250 seconds, Private Bytes: 765,952, Peak  
Private Bytes: 942,080, Working Set: 3,817,472, Peak Working Set: 3,846,144  
166 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 RegOpenKey HKLM\System\CurrentControlSet\Services\bam\  
State\UserSettings\S-1-5-21-520371964-2323546657-3434994376-1001 SUCCESS Desired  
Access: All Access  
167 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 RegQueryValue HKLM\System\CurrentControlSet\Services\bam\  
State\UserSettings\S-1-5-21-520371964-2323546657-3434994376-1001\\Device\  
HarddiskVolume5\Workspace\OS\_labs\Lab2\conv\_filter.exe NAME NOT FOUND Length: 40  
168 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\System\CurrentControlSet\Services\bam\  
State\UserSettings\S-1-5-21-520371964-2323546657-3434994376-1001 SUCCESS  
169 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 CloseFile C:\Workspace\OS\_labs\Lab2 SUCCESS  
170 11:16.0 conv\_filter.exe 2592 RegCloseKey HKLM\System\CurrentControlSet\Control\Nls\  
Sorting\Versions SUCCESS