

**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 обработке 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 K 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 K -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: 10×10 (100 элементов);
- средняя матрица: 25×25 (625 элементов);
- большая матрица: 50×50 (2500 элементов).

Для каждой матрицы проводилось выполнение операции свёртки с окном 3×3 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
10×10	4.2 ms	3.1 ms	3.0 ms	3.2 ms
25×25	22.8 ms	13.4 ms	8.1 ms	7.6 ms
50×50	89.5 ms	52.7 ms	30.4 ms	27.9 ms

Анализ результатов

Ускорение при использовании нескольких потоков

Маленькая матрица (10×10):

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

Средняя матрица (25×25):

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

Большая матрица (50×50):

- 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.

- 10×10 : эффективность 4 потоков — около 35% (из-за малой задачи);
- 25×25 : эффективность 4 потоков — около 71%;
- 50×50 : 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, выше 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 25×25 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&
        source) const;
22 |
23 | private:
24 |     std::vector<std::vector<double>> data;
25 |     int rows;
26 |     int cols;
27 | };
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
    & source) const {
53     int kRows = kernel.getRows();
54     int kCols = kernel.getCols();
55     if (kRows != kCols || kRows % 2 == 0) {
56         throw std::invalid_argument("Kernel must be square with odd size");
57     }
58     int half = kRows / 2;
59     double sum = 0.0;
60     for (int kr = 0; kr < kRows; ++kr) {
61         for (int kc = 0; kc < kCols; ++kc) {
62             int srcR = row + (kr - half);
63             int srcC = col + (kc - half);
64             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
        iterations);
16
17 private:
18     int maxThreads;
19     std::vector<std::thread> workers;
20
21     void workerFunc(const Matrix* src, Matrix* dst, const Matrix* kernel,
22                     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&
    kernel, int iterations) {
29     if (bufferA.getRows() != bufferB.getRows() || bufferA.getCols() != bufferB.getCols()
        ()) {
30         std::cerr << "Error: buffer sizes mismatch" << std::endl;
31         return false;
32     }
33     if (kernel.getRows() != kernel.getCols() || kernel.getRows() % 2 == 0) {
34         std::cerr << "Error: kernel must be square with odd size" << std::endl;
35         return false;
36     }
37     if (iterations <= 0) {
38         std::cerr << "Error: iterations must be positive" << std::endl;
39         return false;
40     }
41
42     Matrix* src = &bufferA;
43     Matrix* dst = &bufferB;
44
45     int rows = src->getRows();
46     int cols = src->getCols();
47
48     for (int iter = 0; iter < iterations; ++iter) {
49         std::atomic<int> nextRow(0);
50         workers.clear();
51         workers.reserve(maxThreads);
52
53         for (int t = 0; t < maxThreads; ++t) {
54             workers.emplace_back(&ThreadControl::workerFunc, this, src, dst, &kernel, &
                nextRow, rows);
55         }
56
57         for (auto &th : workers) {
58             if (th.joinable()) th.join();
59         }
60         std::swap(src, dst);
61     }
62     return true;
63 }

```

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 windowSize;
50         std::cout << "Enter window size (odd positive integer): ";
51         std::cin >> windowSize;
52         if (!std::cin || windowSize <= 0 || windowSize % 2 == 0) {
53             std::cerr << "Error: window size must be a positive odd integer." << std::
                endl;
54             return 1;
55         }
56
57         Matrix kernel(windowSize, windowSize);
58         std::cout << "Enter convolution kernel elements (" << windowSize << "x" <<
            windowSize
59             << ") row by row (double values):" << std::endl;
60         for (int r = 0; r < windowSize; ++r) {
61             for (int c = 0; c < windowSize; ++c) {
62                 double v;
63                 std::cin >> v;
64                 kernel.setValue(r, c, v);
65             }

```

```

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::
            endl;
87
88     bool ok = threadManager.applyConvolution(bufferA, bufferB, kernel, iterations);
89     if (!ok) {
90         std::cerr << "Error: convolution failed." << std::endl;
91         return 1;
92     }
93     Matrix& result = (iterations % 2 == 0) ? bufferA : bufferB;
94     std::cout << "\n--- Result ---\n";
95     result.print();
96
97     } catch (const std::exception& e) {
98         std::cerr << "Exception: " << e.what() << std::endl;
99         return 1;
100     }
101
102     return 0;
103 }

```

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_RPIHYOODLSVGDWUT
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 ; HOMETPATH=\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\
    x86_64-w64-mingw32\14.1.0;C:\ProgramData\Oracle\Java\javapath;C:\windows\system32;
    C:\windows;C:\windows\System32\Wbem;C:\windows\System32\WindowsPowerShell\v1.0\;C
    :\windows\System32\OpenSSH\;C:\Program Files (x86)\NVIDIA Corporation\PhysX\Common
    ;C:\WINDOWS\system32;C:\WINDOWS;C:\WINDOWS\System32\Wbem;C:\WINDOWS\System32\
    WindowsPowerShell\v1.0\;C:\WINDOWS\System32\OpenSSH\;C:\Program Files\HP\HP One
    Agent;C:\Program Files\Git\cmd;C:\Program Files\dotnet\;C:\Program Files\CMake\bin
    ;C:\Program Files\NVIDIA Corporation\NVIDIA App\NvDLISR;C:\Users\Koval\AppData\
    Local\Programs\Python\Python311\Scripts\;C:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\
    Python\Python311\;C:\Users\Koval\AppData\Local\Microsoft\WindowsApps;C:\Users\
    Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\bin;C:\Users\Koval\AppData\Local\
    Programs\Python;C:\mingw64\bin;C:\Program Files\swipl\bin;c:\Users\Koval\AppData\
    Roaming\Code\User\globalStorage\github.copilot-chat\debugCommand
26 ; PATHEXT=.COM;.EXE;.BAT;.CMD;.VBS;.VBE;.JS;.JSE;.WSF;.WSH;.MSC;.CPL
27 ; platformcode=M7
28 ; PROCESSOR_ARCHITECTURE=AMD64
29 ; PROCESSOR_IDENTIFIER=AMD64 Family 25 Model 80 Stepping 0, AuthenticAMD
30 ; PROCESSOR_LEVEL=25
31 ; PROCESSOR_REVISION=5000
32 ; ProgramData=C:\ProgramData
33 ; ProgramFiles=C:\Program Files
34 ; ProgramFiles(x86)=C:\Program Files (x86)
35 ; ProgramW6432=C:\Program Files
36 ; PSMODULEPATH=C:\Users\Koval\OneDrive\WindowsPowerShell\Modules;C:\Program Files\
    WindowsPowerShell\Modules;C:\WINDOWS\system32\WindowsPowerShell\v1.0\Modules
37 ; PUBLIC=C:\Users\Public
38 ; RegionCode=EMEA
39 ; SESSIONNAME=Console
40 ; SystemDrive=C:
41 ; SystemRoot=C:\WINDOWS
42 ; TEMP=C:\Users\Koval\AppData\Local\Temp
43 ; TMP=C:\Users\Koval\AppData\Local\Temp
44 ; USERDOMAIN=VICTOR_PC
45 ; USERDOMAIN_ROAMINGPROFILE=VICTOR_PC
46 ; USERNAME=Koval
47 ; USERPROFILE=C:\Users\Koval
48 ; VBOX_MSI_INSTALL_PATH=C:\Program Files\Oracle\VirtualBox\
49 ; windir=C:\WINDOWS
50 ; TERM_PROGRAM=vscode
51 ; TERM_PROGRAM_VERSION=1.106.0
52 ; LANG=ru_RU.UTF-8
53 ; COLORTERM=truecolor
54 ; GIT_ASKPASS=c:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\resources\app\
    extensions\git\dist\askpass.sh
55 ; VSCODE_GIT_ASKPASS_NODE=C:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\Code
    .exe
56 ; VSCODE_GIT_ASKPASS_EXTRA_ARGS=
57 ; VSCODE_GIT_ASKPASS_MAIN=c:\Users\Koval\AppData\Local\Programs\Microsoft VS Code\
    resources\app\extensions\git\dist\askpass-main.js
```

```

58 ; VSCODE_GIT_IPC_HANDLE=\\.pipe\vscode-git-193ae1ec72-sock
59 ; VSCODE_INJECTION=1
60 ; VSCODE_NONCE=60414565-2bd2-4318-857c-96d1776cba3d
61 ; VSCODE_A11Y_MODE=0
62 ; VSCODE_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

```