МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

НОВОСИБИРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Факультет информационных технологий

Кафедра параллельных вычислений

ОТЧЕТ

О ВЫПОЛНЕНИИ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ

«Измерение степени ассоциативности кэш-памяти»

Студента 2 курса, 21211 группы

Петрова Сергея Евгеньевича

Направление 09.03.01 – «Информатика и вычислительная техника»

Преподаватель:
Антон Юрьевич Кудинов

Новосибирск 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ЦЕЛЬ

- *Экспериментальное определение степени ассоциативности кэш-памяти;*

ЗАДАНИЕ

- *Написать программу, выполняющую обход данных в памяти, который вызывает «буксование» кэш-памяти;*
- *Измерить среднее время доступа к одному элементу массива (в тактах процессора) для разного числа фрагментов: от 1 до 32. Построить график зависимости времени от числа фрагментов;*
- *По полученному графику определить степень ассоциативности кэш-памяти, сравнить с реальными характеристиками исследуемого процессора;*
- *Составить отчет по лабораторной работе. Отчет должен содержать следующее:*
    - *Титульный лист;*
    - *Цель лабораторной работы;*
    - *Параметры теста: размер фрагментов, величина смещения.*
    - *График зависимости среднего времени доступа к элементу массива от числа фрагментов;*
    - *Реальные и полученные в ходе тестирования значения степени ассоциативности кэш-памяти процессора;*
    - *Полный компилируемый листинг реализованной программы и команды для ее компиляции;*
    - *Вывод по результатам лабораторной работы.*

ОПИСАНИЕ РАБОТЫ

Пошаговое описание выполненной работы

1. *Написал программу, выполняющую обход памяти в соответствии с заданием;*
2. *Измерил среднее время доступа к одному элементу массива (в тактах процессора) для числа фрагментов от 1 до 32 при следующих параметрах:*
   - *размер фрагментов - 12 МБ;*
   - *смещение между фрагментами - 24 МБ;*
3. *Построил график зависимости времени чтения элемента массива от числа фрагментов (см. Результаты измерения);*
4. *Нашёл информацию о кэш-памяти процессора Intel Xeon X5660;*

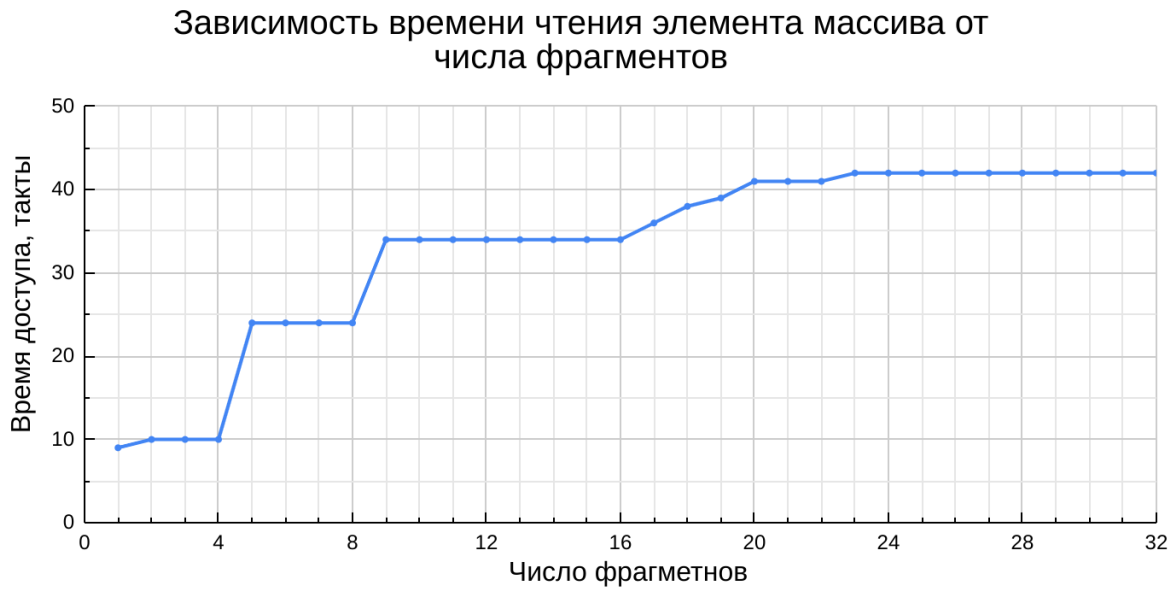
Level 1 cache size	6 x 32 KB 4-way set associative instruction caches 6 x 32 KB 8-way set associative data caches
Level 2 cache size	**6 x 256 KB 8-way set associative caches**
Level 3 cache size	**12 MB 16-way set associative shared cache**

Команды для компиляции

```
evmpu@comrade:~$ /usr/bin/cmake
-DCMAKE_BUILD_TYPE=Debug
-G "CodeBlocks - Unix Makefiles"
-S /home/evmpu/21211/s.petrov1/lab9
-B /home/evmpu/21211/s.petrov1/lab9/cmake-build-debug

evmpu@comrade:~$ /usr/bin/cmake
--build /home/evmpu/21211/s.petrov1/lab9/cmake-build-debug
--target lab9
```

Результаты измерения



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе выполнения лабораторной работы:

- *Экспериментально определялись степени ассоциативности кэш-памяти;*

По результатам проведённых исследований можно сделать следующие выводы:

- *По приросту времени доступа к данным в памяти можно определить степени ассоциативности кэш-памяти разных уровней (L1 - 8-way, L2 - 8-way, L3 - 16-way);*
- *Прирост времени доступа к данным в памяти после 4 фрагментов связан с тем, что степень ассоциативности буфера преобразования виртуальных адресов в физические (TLB) равен 4.*

ПРИЛОЖЕНИЕ (ЛИСТИНГ ПРОГРАММЫ)

main.cpp

```
#include <cstdint>
#include <iomanip>
#include <iostream>

#define SIZE        (32 * 24 * 1024 * 1024 / sizeof(uint32_t))
#define CACHE_SIZE  (12 * 1024 * 1024 / sizeof(uint32_t))
#define OFFSET      (24 * 1024 * 1024 / sizeof(uint32_t))

union Time
{
    uint64_t m64;
    struct { uint32_t l, h;} m32;
};

void Clock(Time & time);
uint64_t Bypass(const uint32_t * array, size_t fragments,
                size_t cache_size);
void InitArray(uint32_t * array, size_t fragments, size_t offset,
               size_t cache_size);

int main()
{
    auto * array = new uint32_t[SIZE];

    std::cout << std::left << std::setw(20) << "Fragments: "
              << "Tacts: " << std::endl;

    InitArray(array, 32, OFFSET, CACHE_SIZE);
    Bypass(array, 32, CACHE_SIZE);

    for(int fragments = 1; fragments <= 32; ++fragments)
    {
        InitArray(array, fragments, OFFSET, CACHE_SIZE);
        std::cout << std::left << std::setw(20) << fragments
                  << Bypass(array, fragments, CACHE_SIZE)
                  << std::endl;
    }

    delete [] array;
    return EXIT_SUCCESS;
}

void Clock(Time & time)
{
    asm( "rdtsc\n" : "=a" (time.m32.l), "=d" (time.m32.h) );
}

void InitArray(uint32_t * array, size_t fragments, size_t offset,
               size_t cache_size)
{
    for(size_t i = 0; i < cache_size; ++i)
    {
```

```
        for(size_t j = 0; j < fragments; ++j)
            array[i + j * offset] = i + (j + 1) * offset;

        array[i + (fragments - 1) * offset] = i + 1;
    }

    array[(cache_size - 1) + (fragments - 1) * offset] = 0;
}

uint64_t Bypass(const uint32_t * array, size_t fragments,
                size_t cache_size)
{
    uint64_t t_min = UINT64_MAX;
    Time start{}, end{};

    for (int i = 0; i < 10; ++i)
    {
        Clock(start);
        for (uint32_t k = 0, j = 0; j < fragments * cache_size; ++j)
            k = array[k];
        Clock(end);

        if (t_min > end.m64 - start.m64)
            t_min = end.m64 - start.m64;
    }

    return t_min / (fragments * cache_size);
}
```

CMakeLists.txt

```
cmake_minimum_required(VERSION 3.16.3)
project(lab9 CXX)
add_executable(lab9 main.cpp)
```