МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ

(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)

Кафедра вычислительной математики и программирования

**спецкурс «Параллельные и распределенные вычисления»**

**ОТЧЕТ**

**Лабораторная работа № 1**

**«Программирование CUDA»**

Выполнил: Савельев А.С.

Группа: М80-107-22

Преподаватель: Семенов С. А.

Москва, 2022

Содержание

[1. Постановка задачи 2](#_Toc7492)

[2. Описание решения 2](#_Toc16227)

[4. Основные моменты кода 3](#_Toc5215)

[5. Результат работы программы 4](#_Toc10579)

[7. Выводы 5](#_Toc8193)

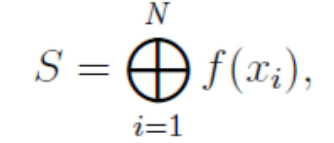
[8. Приложения 5](#_Toc23729)

# 1. Постановка задачи

Вариант 12 (Сложный): Найти сумму квадратов.

# Описание решения

Оптимальный алгоритм решения задачи сводится к задачи редукции. Задача редукции в общем случае состоит в вычислении суммы вида:



Длинна массива частичных сумм должна быть, с одной стороны достаточно мала, чтобы не перегружать CPU, а с другой - достаточно велика, чтобы должным образом занять его вычислениями. Эмпирически была определена длинна массива в 32 значения. Таким образом максимальное кол-во блоков сетки должно быть меньше или равно 32.

Результатами выполнения программы являются значения массива *reduced* частичных сумм квадратов, полученные на GPU, и результирующая сумма *sum*, полученная на CPU.

# Основные моменты кода

Так как ожидаемый результат вычислений представляет собой набор положительных значений достаточно больших по модулю тип int был расширен модификаторами unsigned long long:

// Инициализация массивов

int in[N], \* dev\_in;

unsigned long long int reduced[blocksPerGrid], \* dev\_reduced;

// Выделение памяти

cudaMalloc((void\*\*)&dev\_in, N \* sizeof(int));

cudaMalloc((void\*\*)&dev\_reduced, blocksPerGrid \* sizeof(long long int));

Кол-во блоков должно быть меньше или равно 32:

const int threadsPerBlock = 512;

const int blocksPerGrid = imin(32, (N + threadsPerBlock - 1) / threadsPerBlock);

Если кол-во элементов массива превышает общее кол-во нитей, задействованных в вычислениях - осуществляется шаг на gridDim.x \* blockDim.x. И так до тех пор, пока не будут обработаны все элементы массива:

\_\_global\_\_ void reduction( int\* in, unsigned long long int\* reduced)

{

\_\_shared\_\_ unsigned long long int cache[threadsPerBlock];

int tid = threadIdx.x + blockIdx.x \* blockDim.x;

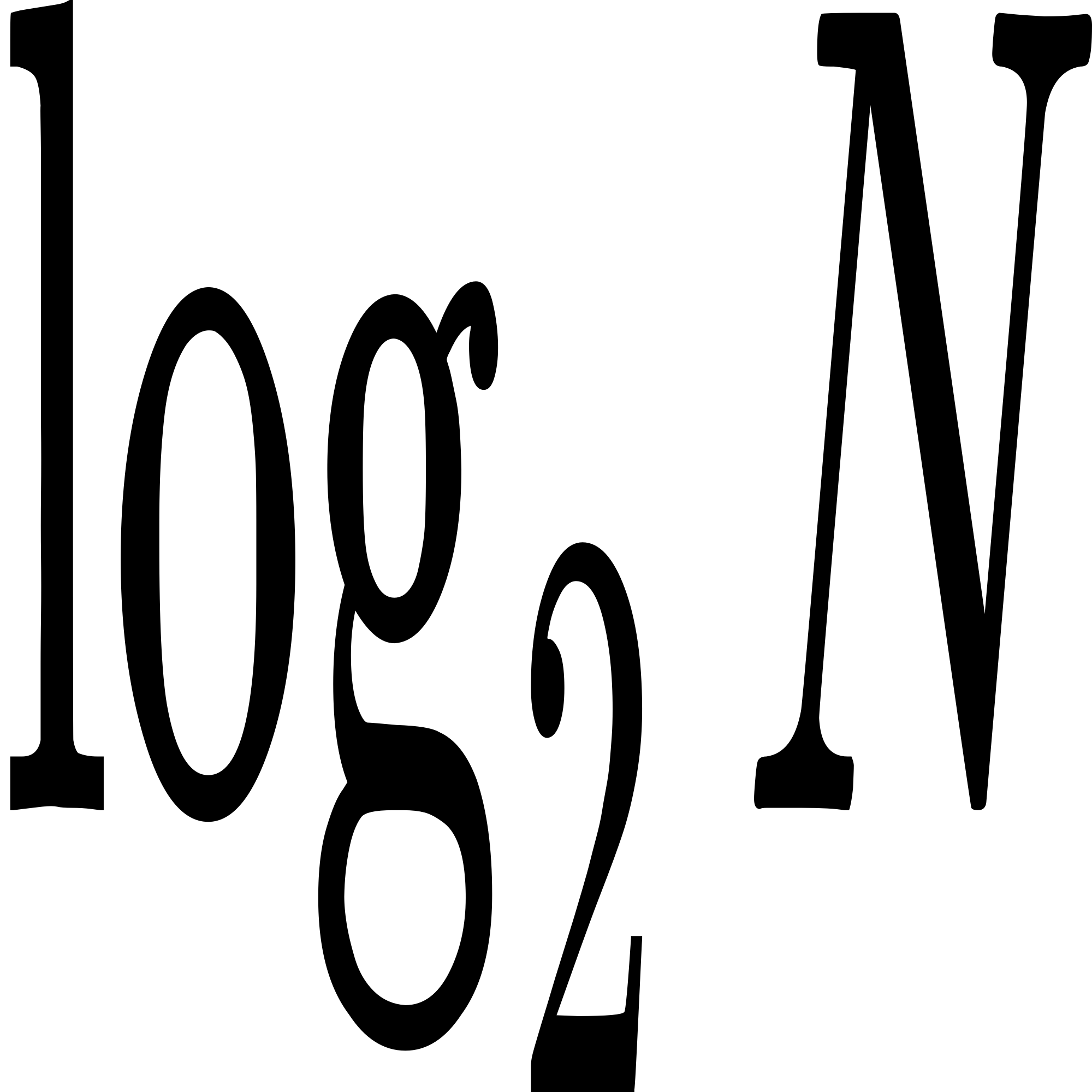
// Вычисление суммы квадратов

for (int i = tid; i < N; i += gridDim.x \* blockDim.x) {

cache[threadIdx.x] += in[tid] \* in[tid];

}

\_\_syncthreads();

Редукция выполняется за  итераций, результат помещается в нулевой элемент shared массива *cache.* Затем результаты записываются в результирующий массив *reduced* и затем передаются на CPU:

// Непосредственно редукция

for (int i = blockDim.x / 2; (i !=0) && (threadIdx.x < i); i /= 2){

cache[threadIdx.x] += cache[threadIdx.x + i];

\_\_syncthreads();

}

// Запись частичных сумм в массив меньшего размера (Результат выполнения редукции)

if (threadIdx.x == 0){

reduced[blockIdx.x] = cache[0];

}

}

Вычисление результирующей (итоговой) суммы:

for (int i = 0; i < blocksPerGrid; i++)

{

printf("\n Temp sum of %d block is %d", i, reduced[i]);

sum += reduced[i];

}

# 5. Результат работы программы

# 

1. Выводы

В Лабораторной работе №1 были изучены возможности редукции в контексте задачи по вычислению суммы квадратов. Рост производительности GPU относительно CPU коррелирует с ростом размера обрабатываемого массива значений.

# Приложения

#include "cuda\_runtime.h"

#include "device\_launch\_parameters.h"

#include <stdio.h>

#include <time.h>

#include <cuda.h>

#include <cuda\_runtime\_api.h>

#include <device\_functions.h>

//#define N 1024

//#define N 2048

//#define N 4096

#define N 8192

//#define N 16384

//#define N 32768

//#define N 65536

using namespace std;

#define imin(a,b) (a<b?a:b)

const int threadsPerBlock = 512;

const int blocksPerGrid = imin(32, (N + threadsPerBlock - 1) / threadsPerBlock);

\_\_global\_\_ void reduction( int\* in, unsigned long long int\* reduced)

{

\_\_shared\_\_ unsigned long long int cache[threadsPerBlock];

int tid = threadIdx.x + blockIdx.x \* blockDim.x;

// Сложение значений входного массива

for (int i = tid; i < N; i += gridDim.x \* blockDim.x) {

cache[threadIdx.x] += in[tid] \* in[tid];

}

\_\_syncthreads();

// Непосредственно редукция

for (int i = blockDim.x / 2; (i != 0) && (threadIdx.x < i); i /= 2) {

cache[threadIdx.x] += cache[threadIdx.x + i];

\_\_syncthreads();

}

// Запись частичных сумм в массив меньшего размера (Результат выполнения редукции)

if (threadIdx.x == 0) {

reduced[blockIdx.x] = cache[0];

}

}

int main()

{

// Инициализация массивов

int in[N], \* dev\_in;

unsigned long long int reduced[blocksPerGrid], \* dev\_reduced;

// Выделение памяти

cudaMalloc((void\*\*)&dev\_in, N \* sizeof(int));

cudaMalloc((void\*\*)&dev\_reduced, blocksPerGrid \* sizeof(long long int));

// Заполнение входного массива (арифметическая прогрессия)

for (int i = 0; i < N; i++)

{

in[i] = i;

}

// Передача данных устройству

cudaMemcpy(dev\_in, in, N \* sizeof(int), cudaMemcpyHostToDevice);

// Исполнение на устройстве

reduction << < blocksPerGrid, threadsPerBlock >> > (dev\_in, dev\_reduced);

// Передача данных хосту

cudaMemcpy(reduced, dev\_reduced, blocksPerGrid \* sizeof(long long int), cudaMemcpyDeviceToHost);

// Вывод результирующих значений

printf("\n Count of numbers: %d", N);

printf("\n Blocks per grid: %d", blocksPerGrid);

printf("\n Threads per block: %d", threadsPerBlock);

printf("\n ---");

unsigned long long int sum = 0;

for (int i = 0; i < blocksPerGrid; i++)

{

printf("\n Temp sum of %d block is %lld", i, reduced[i]);

sum += reduced[i];

}

printf("\n ---");

printf("\n Result sum = %lld\n", sum);

// Освобождение памяти

cudaFree(dev\_in);

cudaFree(dev\_reduced);

return 0;

}