Курс «Параллельное программирование»

Лабораторная работа №2. Разработка и отладка OpenMP-программы вычисления суммы ряда

Юлдашев Артур Владимирович
art@ugatu.su
Спеле Владимир Владимирович
spele.vv@ugatu.su

Кафедра высокопроизводительных вычислительных технологий и систем (ВВТиС)

Цель работы

На примере задачи параллельной суммы ряда научиться разрабатывать простейшие параллельные программы средствами OpenMP, а также использовать инструмент для проверки корректности программ Intel Inspector и инструмент для профилирования производительности программ Intel VTune Profiler.

Задание

1. Используя последовательную программу с лучшими ключами оптимизации из лабораторной работы №1 подобрать N при которых программа будет работать ~ 30 сек.
2. Выполнить распараллеливание последовательной программы путем включения в ее код OpenMP директив. Проанализировать корректность распараллеленной программы с помощью инструмента Intel Inspector.
3. Проанализировать производительность параллельной программы с помощью инструмента Intel VTune Profiler.
4. Вычислить ускорение и эффективность параллельной программы, полученные данные занести в таблицу. По данным таблицы построить графики зависимостей ускорение и эффективности от числа процессов.

Задание

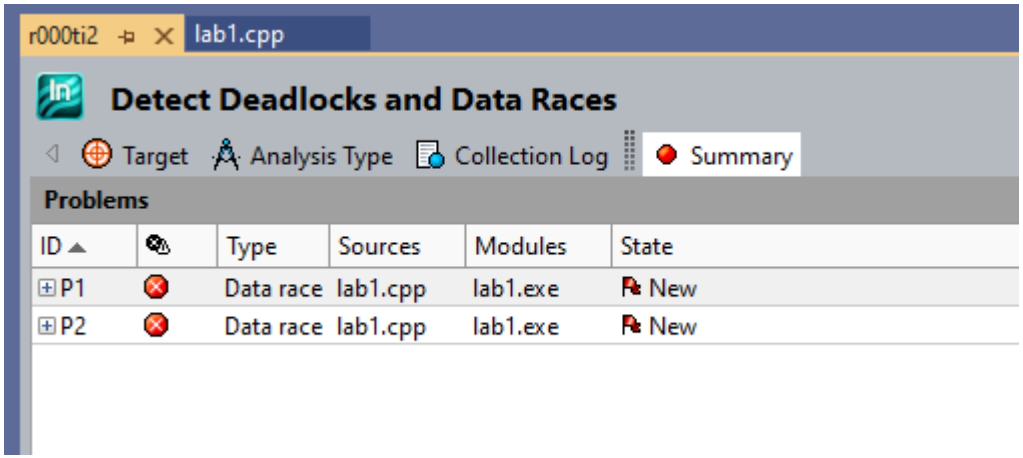
Используя последовательную программу с лучшими ключами оптимизации из лабораторной работы №1 подобрать N при которых программа будет работать ~ 30 сек. Зафиксировать полученную сумму ряда.

Провести распараллеливание последовательной программы из лабораторной работы №1 с помощью директивы OpenMP

```
#pragma omp parallel for
```

Задание

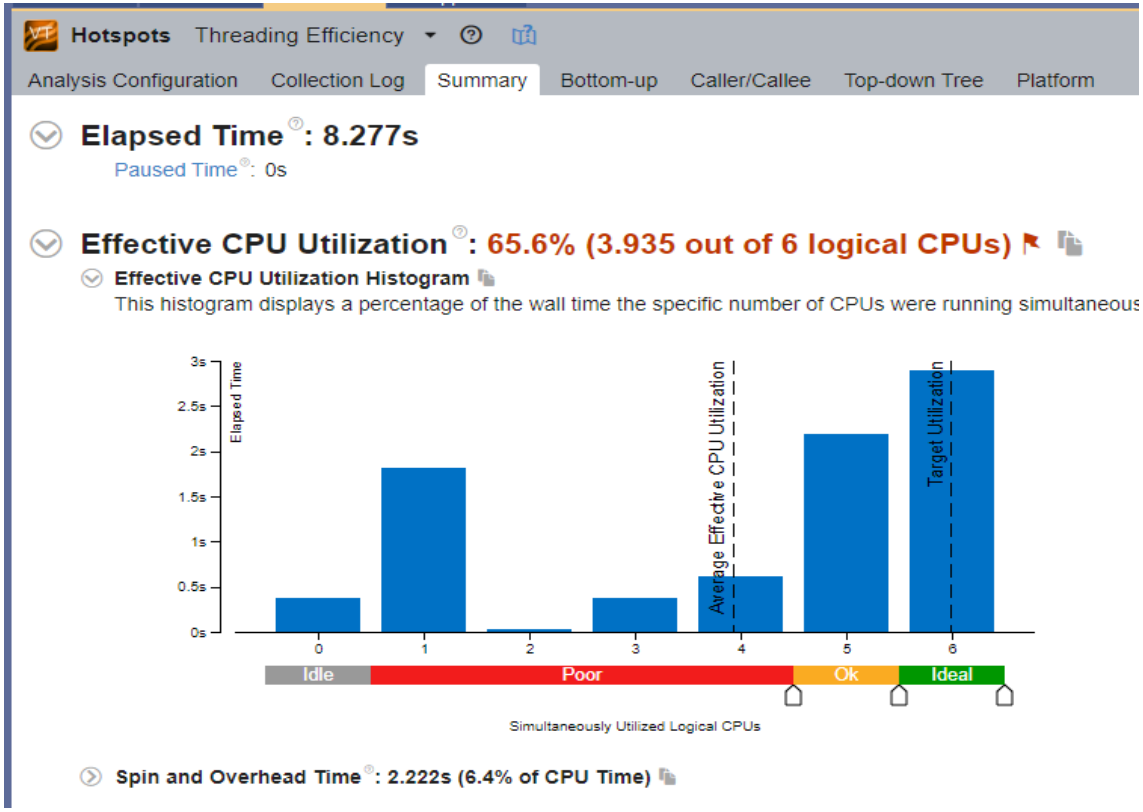
Проверить корректность распараллеленной программы с помощью инструмента Intel Inspector. Вставить в отчет скриншот.



Кратко описать найденную ошибку и исправить ее. Проверить корректность исправленной программы в Intel Inspector. Вставить в отчет скриншот.

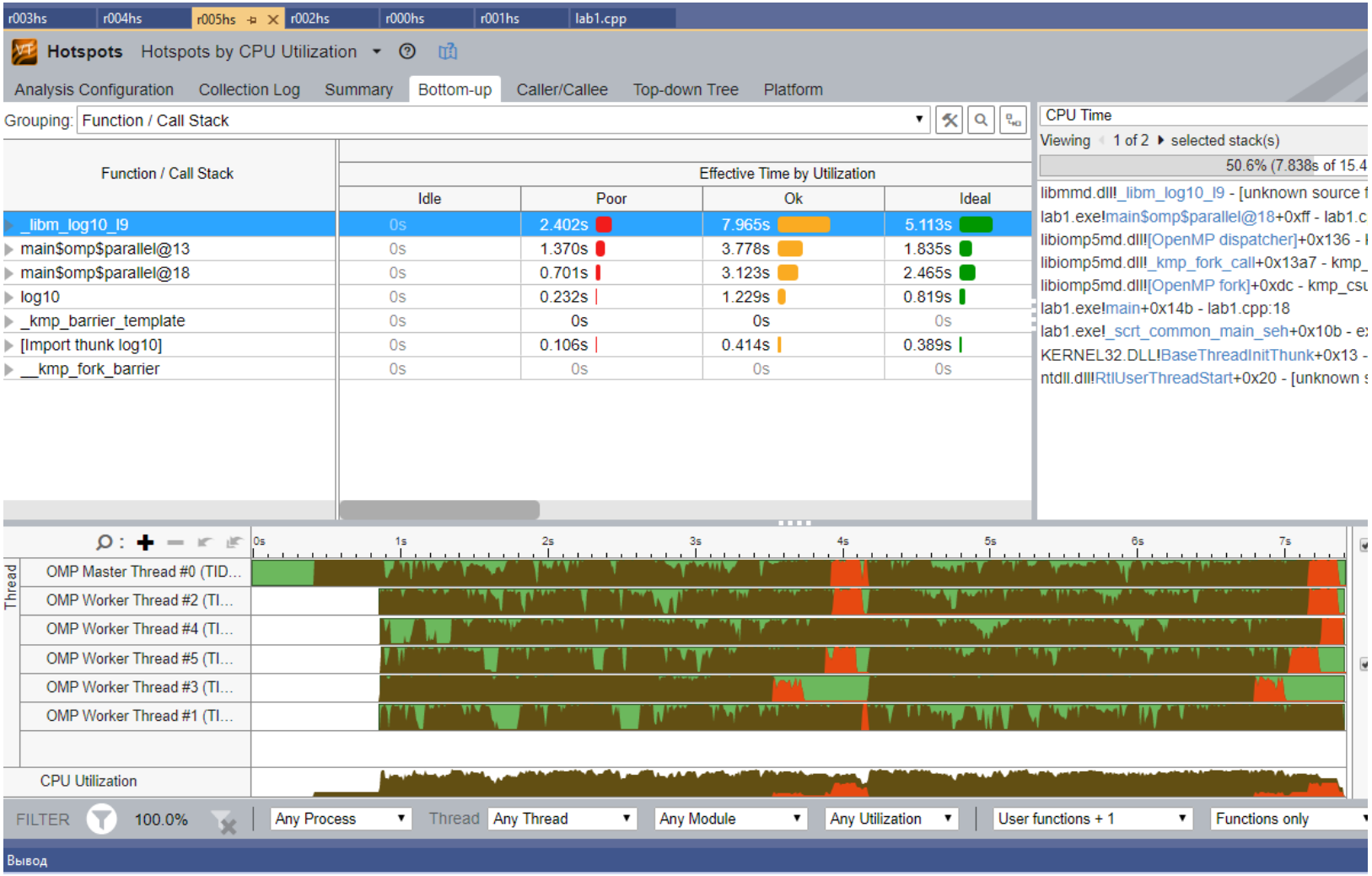
Задание

Снять профиль распараллеленной программы с помощью инструмента Intel VTune Profiler. Вставить в отчет скриншот эффективной загрузки CPU.



Задание

Вставить в отчет скриншот детальной загрузки каждого ядра CPU.



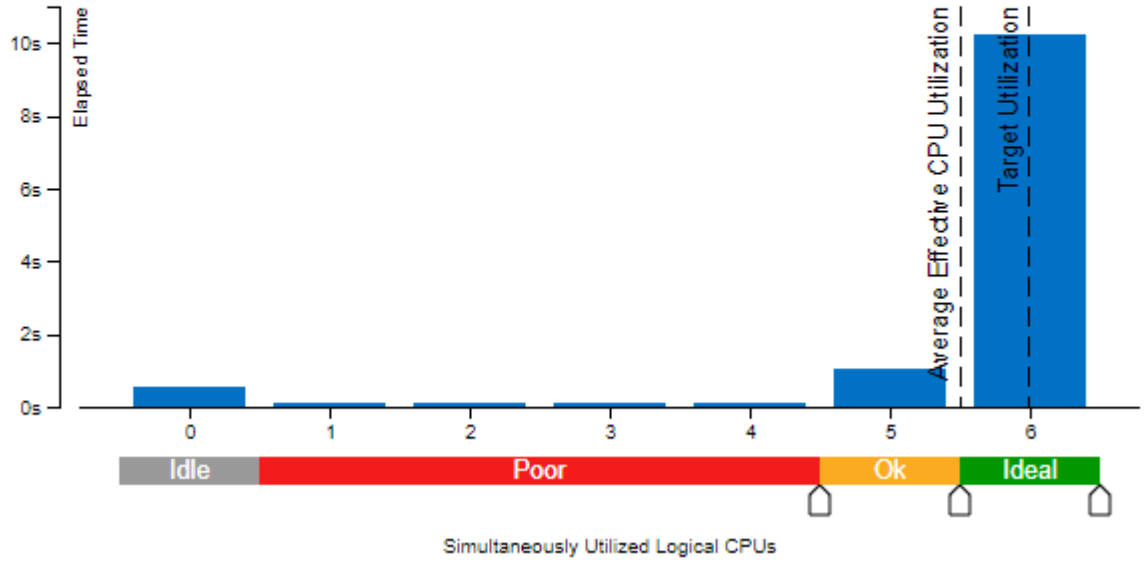
Задание

Оптимизировать загрузку центрального процессора, так чтобы эффективная загрузка CPU была максимально возможной.

Effective CPU Utilization : 91.8% (5.506 out of 6 logical CPUs)

Effective CPU Utilization Histogram

This histogram displays a percentage of the wall time the specific number of CPUs were running simultaı



Вставить в отчет скриншот эффективной и детальной загрузки CPU.

Задание

Используя лучшие ключа оптимизации из лабораторной работы №1 подобрать N при которых программа будет работать ~ 30 сек на 1 ядре процессора. Замерить время работы программы на 1, 2 … p ядрах, где p – максимальное число ядер на вашем ПК.

Кол-во потоков	Время работы
1	
2	
…	
p	

Анализ полученных результатов

Определение. Отношение времени выполнения параллельной программы на одном процессоре (ядре) T_1^* ко времени выполнения параллельной программы на **p** процессорах T_p называется **ускорением** при использовании **p** процессоров:

$$S_p^* = \frac{T_1^*}{T_p}$$

Определение. Отношение ускорения S_p^* к количеству процессоров **p** называется **эффективностью** при использовании **p** процессоров:

$$E_p^* = \frac{S_P^*}{p}$$

Задание

Вычислить ускорение и эффективность параллельной программы, полученные данные занести в таблицу.

Кол-во потоков	Ускорение	Эффективность
1		
2		
…		
p		

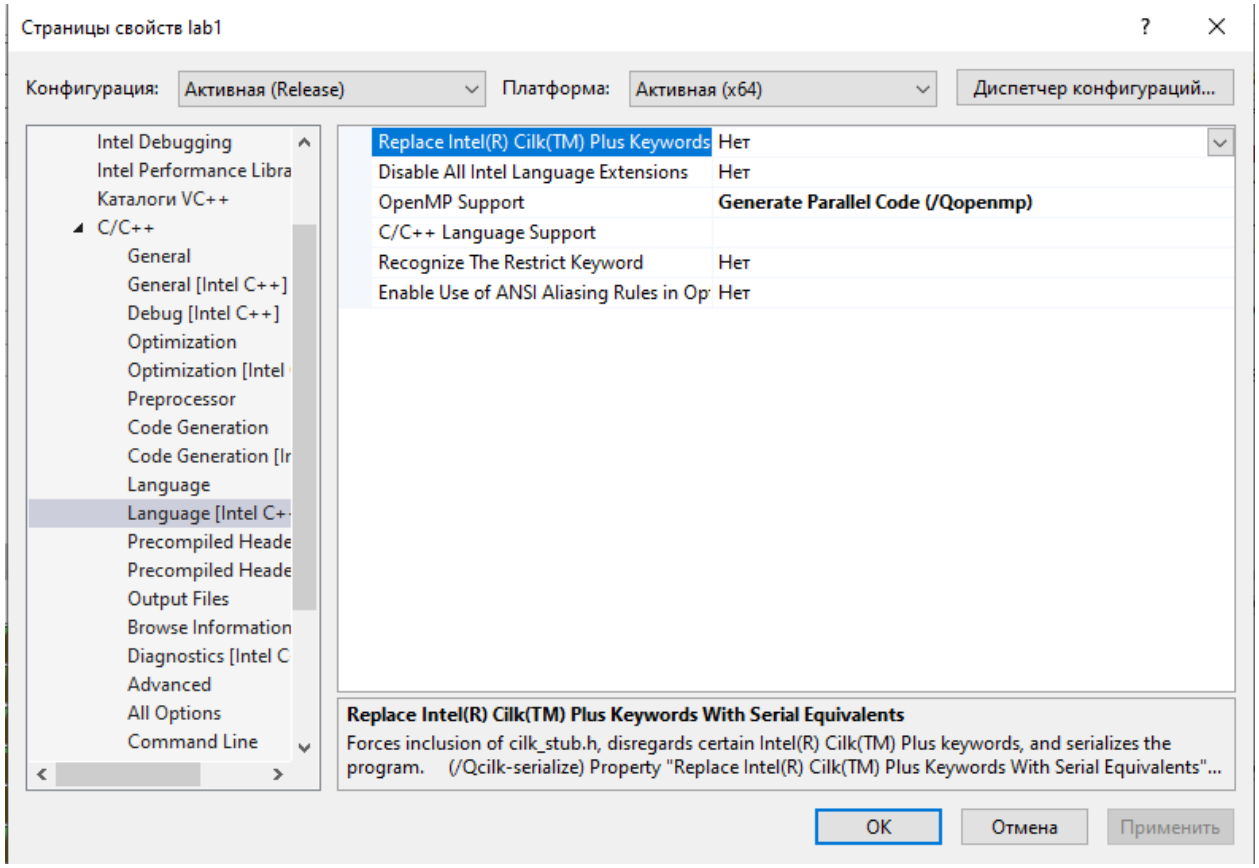
По данным таблицы построить графики зависимостей ускорение и эффективности от числа процессов.

Требования к оформлению отчета

- В отчет по проделанной работе включить:
  1) описание используемых компиляторов;
  2) характеристики центрального процессора;
  3) скриншоты проверки корректности вычислений при различных размерностях;
  4) заполненные таблицы;
  5) скриншоты из Intel Inspector и Intel VTune Profiler;
  6) графики ускорения и эффективности;
  7) вывод.

Поддержка OpenMP

Включение поддержки OpenMP в проекте на компиляторе Intel.



Пример программы

```
1   #include <iostream>
2   #define _USE_MATH_DEFINES
3   #include <math.h>
4   #include <time.h>
5
6   using namespace std;
7   int main()
8   {
9       const long long N = 21000000000;
10      double start_time = clock();
11      double sum = 0.0;
12
13
14
15      for (long long i = 1; i < N; i += 2)
16      {
17          sum -= 1 / (i - log10(i));
18      }
19
20      for (long long i = 2; i < N; i += 2)
21      {
22          sum += 1 / (i - log10(i));
23      }
24
25      double end_time = clock();
26      cout << "time = " << (end_time - start_time) / CLK_TCK << endl;
27      cout << "SUM = " << sum << endl;
28      return 0;
29  }
```

Наивное распараллеливание программы

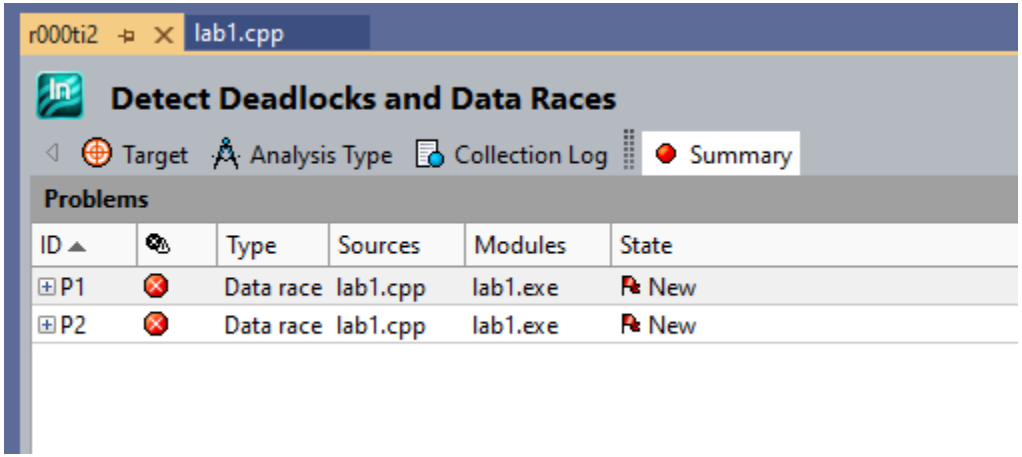
```
1   #include <iostream>
2   #define _USE_MATH_DEFINES
3   #include <math.h>
4   #include <time.h>
5   #include <omp.h>
6   using namespace std;
7   int main()
8   {
9       const long long N = 21000000000;
0       double start_time = omp_get_wtime();
1       double sum = 0.0;
2   #pragma omp parallel num_threads(6)
3       {
4   #pragma omp for
5           for (long long i = 1; i < N; i += 2)
6           {
7               sum -= 1 / (i - log10(i));
8           }
9   #pragma omp for
0           for (long long i = 2; i < N; i += 2)
1           {
2               sum += 1 / (i - log10(i));
3           }
4       }
5       double end_time = omp_get_wtime();
6       cout << "time = " << (end_time - start_time) << endl;
7       cout << "SUM = " << sum << endl;
8       return 0;
9   }
```

Intel Inspector

Переходим в Средства/Intel Inspector/Threading Error Analysis.

или

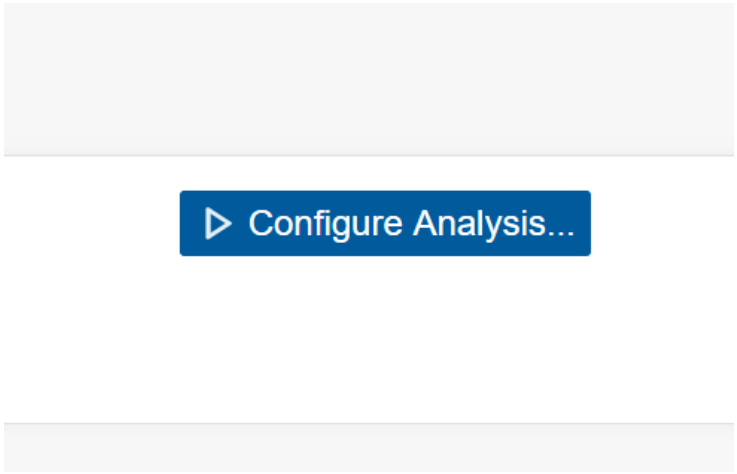
Меню Пуск -> Intel OneAPI 2022 -> Intel Inspector.

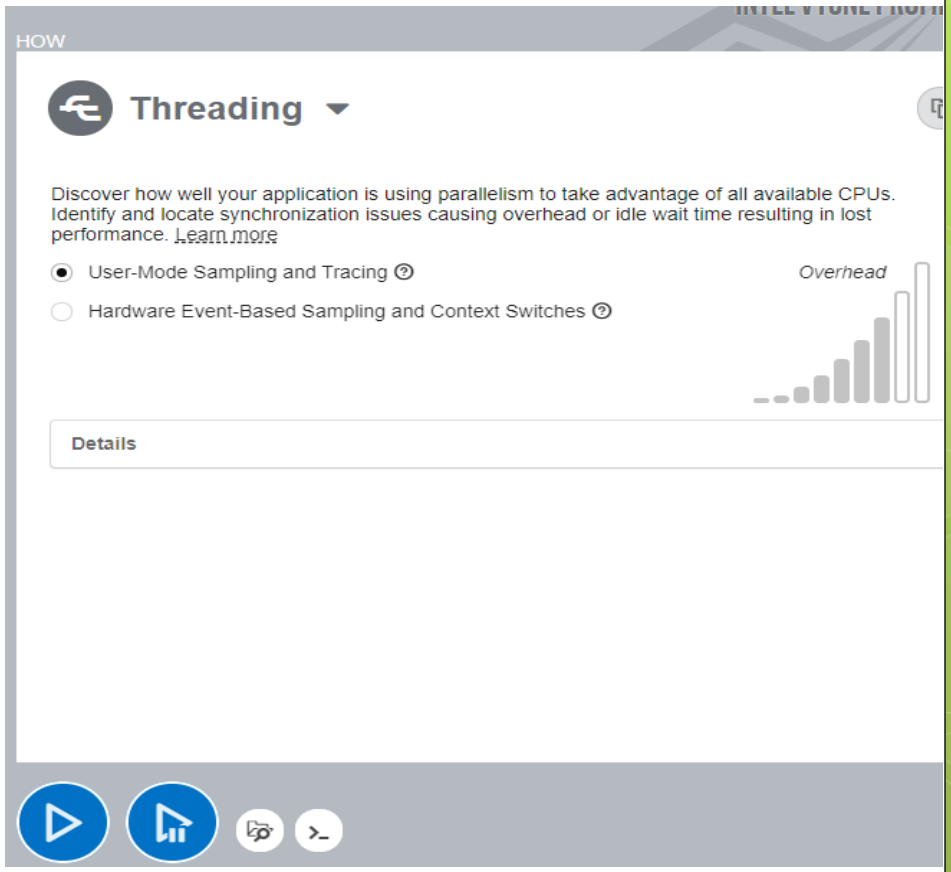


Справка по Intel Inspector

Intel VTune Profiler

Переходим в Средства/Intel VTune Profiler/ Open VTune Profiler. Далее Configure Analysis. Вместо Hotspots выбираем Threading. Запускаем анализ.





Справка по Intel VTune Profiler