*Кошманский Андрей*

**Результаты анализа производительности перемножения симметричной матрицы на верхне-треугольную с использованием различных оптимизаций**

Размерность матриц (n) – **1440**.

Количество экспериментов (усреднённых значений времени вычисления умножения) – **8**.

Матрицы хранятся в векторном формате.

Используемый язык программирования – C++.

Используемый компилятор - **clang-omp++**:

clang version 3.5.0

Target: x86\_64-apple-darwin15.3.0

Thread model: posix

Спецификация CPU, на котором выполнялись расчеты (использовалась команда *$ sysctl hw*):

hw.ncpu: 4

hw.byteorder: 1234

hw.memsize: 4294967296

hw.activecpu: 4

hw.targettype:

hw.physicalcpu: 2

hw.physicalcpu\_max: 2

hw.logicalcpu: 4

hw.logicalcpu\_max: 4

hw.cputype: 7

hw.cpusubtype: 4

hw.cpu64bit\_capable: 1

hw.cpufamily: 526772277

hw.cacheconfig: 4 2 2 4 0 0 0 0 0 0

hw.cachesize: 4294967296 32768 262144 3145728 0 0 0 0 0 0

hw.pagesize: 4096

hw.pagesize32: 4096

hw.busfrequency: 100000000

hw.busfrequency\_min: 100000000

hw.busfrequency\_max: 100000000

hw.cpufrequency: 2500000000

hw.cpufrequency\_min: 2500000000

hw.cpufrequency\_max: 2500000000

hw.cachelinesize: 64

hw.l1icachesize: 32768

hw.l1dcachesize: 32768

hw.l2cachesize: 262144

hw.l3cachesize: 3145728

hw.tbfrequency: 1000000000

hw.packages: 1

hw.optional.floatingpoint: 1

hw.optional.mmx: 1

hw.optional.sse: 1

hw.optional.sse2: 1

hw.optional.sse3: 1

hw.optional.supplementalsse3: 1

hw.optional.sse4\_1: 1

hw.optional.sse4\_2: 1

hw.optional.x86\_64: 1

hw.optional.aes: 1

hw.optional.avx1\_0: 1

hw.optional.rdrand: 1

hw.optional.f16c: 1

hw.optional.enfstrg: 1

hw.optional.fma: 0

hw.optional.avx2\_0: 0

hw.optional.bmi1: 0

hw.optional.bmi2: 0

hw.optional.rtm: 0

hw.optional.hle: 0

hw.optional.adx: 1

hw.optional.mpx: 0

hw.optional.sgx: 0

hw.cputhreadtype: 1

**Результаты вычислений**

**Без оптимизаций компилятора**

Без блочного вычисления и распараллеливания – 103350339726 нс.

Блочное вычисление без распараллеливания.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 80628492607 |
| 3 | 77489830122 |
| 4 | 68034850600 |
| 5 | 65114972112 |
| 6 | 63863929480 |
| 8 | 62503297179 |
| 9 | 63409206683 |
| 10 | 64329671817 |
| 12 | 63453434136 |
| 15 | 63090683055 |
| 16 | 61764438460 |
| 18 | 61703484755 |
| 20 | 61996781338 |
| 24 | 61136688987 |
| 30 | 61008790168 |
| 32 | 60749879428 |
| 36 | 60835625938 |
| 40 | 60877317324 |
| 45 | 60879718402 |
| 48 | 61244476886 |
| 60 | 61694408658 |
| 72 | 62267103271 |
| 80 | 62597596312 |
| 90 | 62820600086 |
| 96 | 62738899077 |
| 120 | 63057369100 |

Блочное вычисление с распараллеливанием по строкам.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока(m) | Время (нс) |
| 2 | 35050991649 |
| 3 | 32362080952 |
| 4 | 31657140051 |
| 5 | 31159383867 |
| 6 | 31128445399 |
| 8 | 30364151120 |
| 9 | 30357081554 |
| 10 | 30082828962 |
| 12 | 29828818748 |
| 15 | 29541831464 |
| 16 | 29781098742 |
| 18 | 29467563584 |
| 20 | 29429524700 |
| 24 | 29417241901 |
| 30 | 29388682502 |
| 32 | 29933097032 |
| 36 | 29425780293 |
| 40 | 29522376413 |
| 45 | 29491908321 |
| 48 | 30133125056 |
| 60 | 29566211847 |
| 72 | 29602234144 |
| 80 | 30100632187 |
| 90 | 29608158473 |
| 96 | 30024791754 |
| 120 | 29798544763 |

Блочное вычисление с распараллеливанием по колонкам.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 39740378453 |
| 3 | 36063334755 |
| 4 | 34965649291 |
| 5 | 33824402089 |
| 6 | 33597734401 |
| 8 | 33251508617 |
| 9 | 33021168983 |
| 10 | 32958024075 |
| 12 | 32515304391 |
| 15 | 32120240922 |
| 16 | 31674510799 |
| 18 | 32065374275 |
| 20 | 31931447143 |
| 24 | 31855319291 |
| 30 | 31823265088 |
| 32 | 31435306105 |
| 36 | 31831493622 |
| 40 | 31833015963 |
| 45 | 31877692798 |
| 48 | 30599078541 |
| 60 | 31994493166 |
| 72 | 32173555064 |
| 80 | 31542967831 |
| 90 | 31936525326 |
| 96 | 32118940616 |
| 120 | 32075206389 |

Блочное вычисление с распараллеливанием по строкам и колонкам.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 34883989234 |
| 3 | 32590581715 |
| 4 | 31536568135 |
| 5 | 31114972289 |
| 6 | 30373232485 |
| 8 | 30123840853 |
| 9 | 30383823872 |
| 10 | 30258563423 |
| 12 | 29785171890 |
| 15 | 29545913873 |
| 16 | 29692748250 |
| 18 | 29460154635 |
| 20 | 29381499306 |
| 24 | 29366346089 |
| 30 | 29323542169 |
| 32 | 29879923380 |
| 36 | 29628672461 |
| 40 | 29517819876 |
| 45 | 29666478860 |
| 48 | 29904798731 |
| 60 | 29716227245 |
| 72 | 29735960907 |
| 80 | 30089668777 |
| 90 | 29742723070 |
| 96 | 30115828806 |
| 120 | 30079715063 |

Блочное распараллеливание по строкам с векторизацией.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 42348855895 |
| 3 | 37254374157 |
| 4 | 35415246477 |
| 5 | 33093160549 |
| 6 | 32513696524 |
| 8 | 31873276002 |
| 9 | 31994123479 |
| 10 | 31443742165 |
| 12 | 31289568530 |
| 15 | 31840408637 |
| 16 | 31979144202 |
| 18 | 31906967042 |
| 20 | 32928365229 |
| 24 | 31095998026 |
| 30 | 30925926590 |
| 32 | 31108023318 |
| 36 | 31944878364 |
| 40 | 31225794604 |
| 45 | 31585140504 |
| 48 | 31320306917 |
| 60 | 33400043166 |
| 72 | 31960430929 |
| 80 | 33997670746 |
| 90 | 32023395912 |
| 96 | 31587076817 |
| 120 | 32600595181 |

**С включенное оптимизацией компилятора –O3**

Без блочного вычисления и распараллеливания – 35131451217 нс.

Блочное вычисление без распараллеливания.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 37765500222 |
| 3 | 30705826218 |
| 4 | 28404436892 |
| 5 | 26467095111 |
| 6 | 26392140368 |
| 8 | 25316115830 |
| 9 | 24714920040 |
| 10 | 24278395518 |
| 12 | 23954032050 |
| 15 | 23682621458 |
| 16 | 23863973199 |
| 18 | 23682643329 |
| 20 | 23933314056 |
| 24 | 23969415125 |
| 30 | 24127182180 |
| 32 | 23957812626 |
| 36 | 24035951103 |
| 40 | 26213486460 |
| 45 | 25830046758 |
| 48 | 24612750800 |
| 60 | 25129564233 |
| 72 | 25743816610 |
| 80 | 26243880502 |
| 90 | 26330441503 |
| 96 | 27080458539 |
| 120 | 31798631784 |

Блочное вычисление с распараллеливанием по строкам.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 16770752984 |
| 3 | 14447462535 |
| 4 | 13257870143 |
| 5 | 11632703345 |
| 6 | 11235385047 |
| 8 | 10782109125 |
| 9 | 10883240968 |
| 10 | 10690453557 |
| 12 | 10418943822 |
| 15 | 10163430193 |
| 16 | 10316973860 |
| 18 | 10167706584 |
| 20 | 10248530255 |
| 24 | 10258311180 |
| 30 | 10427387275 |
| 32 | 10981064720 |
| 36 | 10595510540 |
| 40 | 10674333877 |
| 45 | 10752672195 |
| 48 | 11348377895 |
| 60 | 10994742841 |
| 72 | 11086147859 |
| 80 | 12062865784 |
| 90 | 11168297510 |
| 96 | 11789268967 |
| 120 | 11463408560 |

Блочное вычисление с распараллеливанием по колонкам.

|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 18439265895 |
| 3 | 14365017680 |
| 4 | 12854556489 |
| 5 | 11765975955 |
| 6 | 11473281239 |
| 8 | 11372758212 |
| 9 | 12206898182 |
| 10 | 11059459847 |
| 12 | 12573662483 |
| 15 | 12529787207 |
| 16 | 9753139031 |
| 18 | 9863035998 |
| 20 | 9962035074 |
| 24 | 9953507755 |
| 30 | 9811991463 |
| 32 | 10614967411 |
| 36 | 10160302934 |
| 40 | 10431083641 |
| 45 | 10157328994 |
| 48 | 10341998066 |
| 60 | 9651422847 |
| 72 | 10522527104 |
| 80 | 10687322492 |
| 90 | 11736015909 |
| 96 | 11450167840 |
| 120 | 12421200271 |

Блочное вычисление с распараллеливанием по строкам и колонкам.

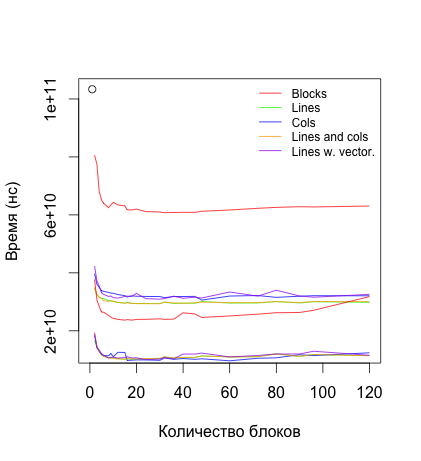
|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 19417020848 |
| 3 | 14831654467 |
| 4 | 13082469652 |
| 5 | 11947927413 |
| 6 | 11057260343 |
| 8 | 10753091289 |
| 9 | 10519727941 |
| 10 | 10427799570 |
| 12 | 10291331655 |
| 15 | 10251570008 |
| 16 | 10422643791 |
| 18 | 10318250750 |
| 20 | 10322113010 |
| 24 | 10410291878 |
| 30 | 10515612065 |
| 32 | 11022633732 |
| 36 | 10639137764 |
| 40 | 10818797224 |
| 45 | 10828227292 |
| 48 | 11323098242 |
| 60 | 10982811208 |
| 72 | 11085981843 |
| 80 | 11994624079 |
| 90 | 11195777263 |
| 96 | 11827142830 |
| 120 | 11404423497 |

Блочное распараллеливание по строкам с векторизацией.

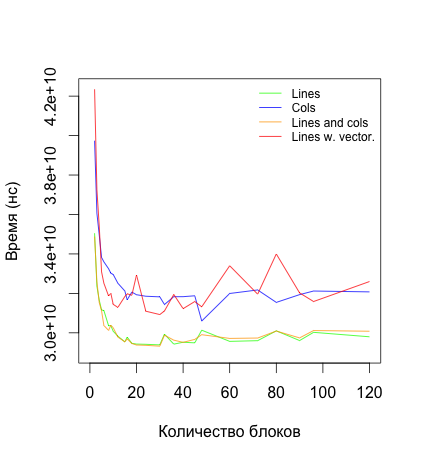
|  |  |
| --- | --- |
| Размер блока (m) | Время (нс) |
| 2 | 19149854593 |
| 3 | 14106242321 |
| 4 | 13235370387 |
| 5 | 12083040580 |
| 6 | 11535297766 |
| 8 | 10576838956 |
| 9 | 10844316430 |
| 10 | 10920016547 |
| 12 | 10619654539 |
| 15 | 10761783917 |
| 16 | 11039921923 |
| 18 | 10639024006 |
| 20 | 10689834644 |
| 24 | 10047836420 |
| 30 | 10251397851 |
| 32 | 10749471871 |
| 36 | 10352176891 |
| 40 | 11991880365 |
| 45 | 11971509216 |
| 48 | 12316908127 |
| 60 | 10990283718 |
| 72 | 11494182832 |
| 80 | 12010634326 |
| 90 | 12004862848 |
| 96 | 12950715711 |
| 120 | 11544828816 |

**Графическое представление результатов**

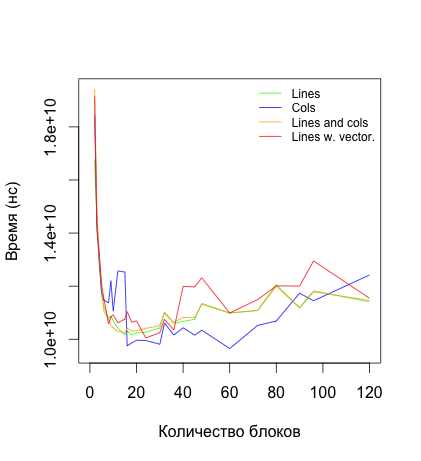
**Вычисления без оптимизаций компилятора (выше) и с флагом –O3**



**Все вычисления без включенных оптимизаций компилятора**



**Все вычисления с включенной оптимизацией –O3**



**Лучшее время** – при распараллеливании по колонкам с флагом компилятора –О3 и использовании блока размером в **60**.