Звіт з лабораторної роботи за дисципліною "Архітектура і програмне забезпечення обчислювальних систем" студента групи ПА-17-1 Панасенка Егора Сергійовича Кафедра комп’ютерних технологій, фпм, дну 2017/2018 навч.р.

1. Постановка задачі: Зібрати статистику швидкості різних типів множення матриці на вектор з різними типами даних. Такі типи множення: множення на вектор з переходами по стовпцям (Метод 1), множення на вектор з переходами по строкам (Метод 2), множення строки на матрицю (Метод 3). Використати такі типи даних: ціле (int), збільшене ціле (long long int) та дробове (double).
2. Опис роботи коду:
    1. big_collector.sh
        1. Запускає collector.sh для кожної з 9 програм.
    2. collector.sh
        1. Створює заново csv файл статистики
        2. Компілює потрібну прогаму
        3. Перевіряє скільки доступно пам’яті.
        4. Виконує цикл доки не закінчиться пам’ять
            1. Запускає відладчик для того щоб забрати кількість використаної пам’яті
            2. Перевіряє скільки доступно пам’яті після виконання.
        5. 01.c-03.c – програми мають тільки різний тип даних (int, long long int, long double)
            1. Ініціювання потрібних змінних
            2. Зберігання початкового часу
            3. Ініціювання матриці з векторами
            4. Заповнювання випадковими числами від -20 до 20 матриці та вектора
            5. Множення матриці на вектор з переходом по стовпцям, тобто беремо строку матриці множимо її елементи на відповідні елементи вектора та додаємо отримані відповіді і присвоюємо це значення до елемента з номером

строки матриці вихідного вектора. (Метод 1)

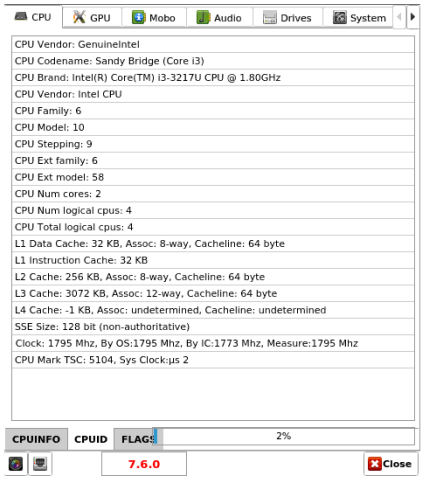
6. Виведення часу виконання
7. Звільнення пам’яті
8. Вихід програми

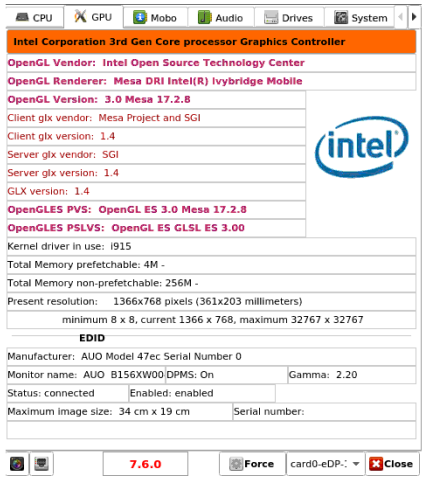
6. 04.c-07.c – програми мають тільки різний тип даних (int, long long int, long double)
    1. Ініціювання потрібних змінних
    2. Зберігання початкового часу
    3. Ініціювання матриці з векторами
    4. Заповнювання випадковими числами від -20 до 20 матриці та вектора
    5. Множення матриці на вектор з переходом по строкам, тобто беремо стовпець матриці множимо її елементи на елемент вектора з номером стовпця та додаємо це значення до елемента з номером строки матриці вихідного вектора. (Метод 2)
    6. Виведення часу виконання
    7. Звільнення пам’яті
    8. Вихід програми
7. 04.c-07.c – програми мають тільки різний тип даних (int, long long int, long double)
    1. Ініціювання потрібних змінних
    2. Зберігання початкового часу
    3. Ініціювання матриці з векторами
    4. Заповнювання випадковими числами від -20 до 20 матриці та вектора
    5. Стандартне множення вектора (строку) на матрицю (Метод 3)
    6. Виведення часу виконання
    7. Звільнення пам’яті
    8. Вихід програми

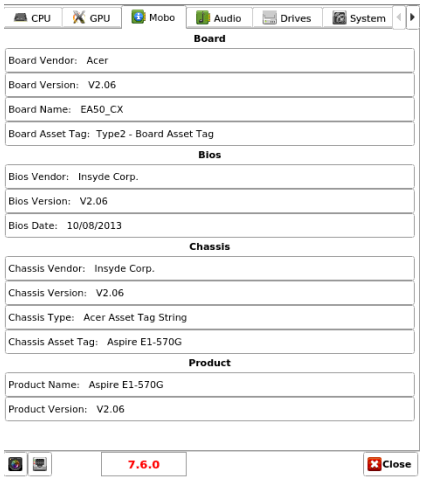
3. Опис результатів:
    1. Результати показали, що 2 метод працює дуже повільно (у 2 рази повільніше), а 1 та 3 однаково швидко, хоча усі вони відрізняються. Пояснюється це тим, що при читанні масиву, у кеш пам’ять переходить не одна частина масиву, а увесь масив,

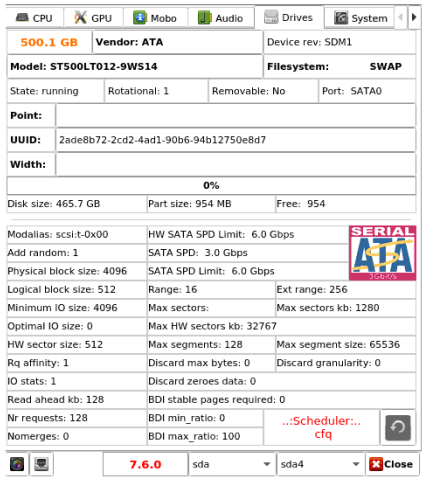
а якщо масив дуже великий, то береться його частина. У 1 методі ми брали підряд елементи рядка матриці і елементи вектора, а у 2 методі не брали жоден елемент підряд, тому знижується швидкість, так як програмі треба брати код не з кеша, а безпосередньо з пам’яті, то знижується швидкість. У 3 методі ми брали підряд елементи вихідного вектора і елементи рядка матриці. Також дуже цікаво описано про кеш пам’ять тут https://stackoverflow.com/questions/16699247/what-is-cache-friendly-code

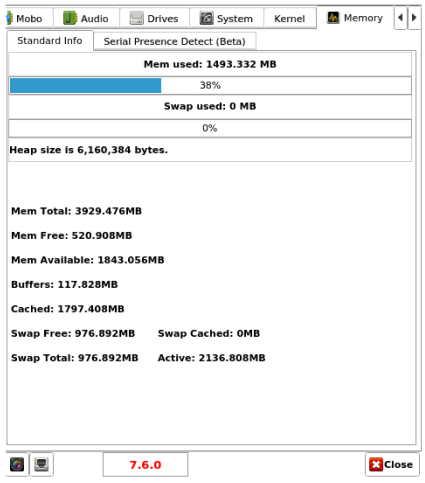
4. Інформація про комп'ютер:











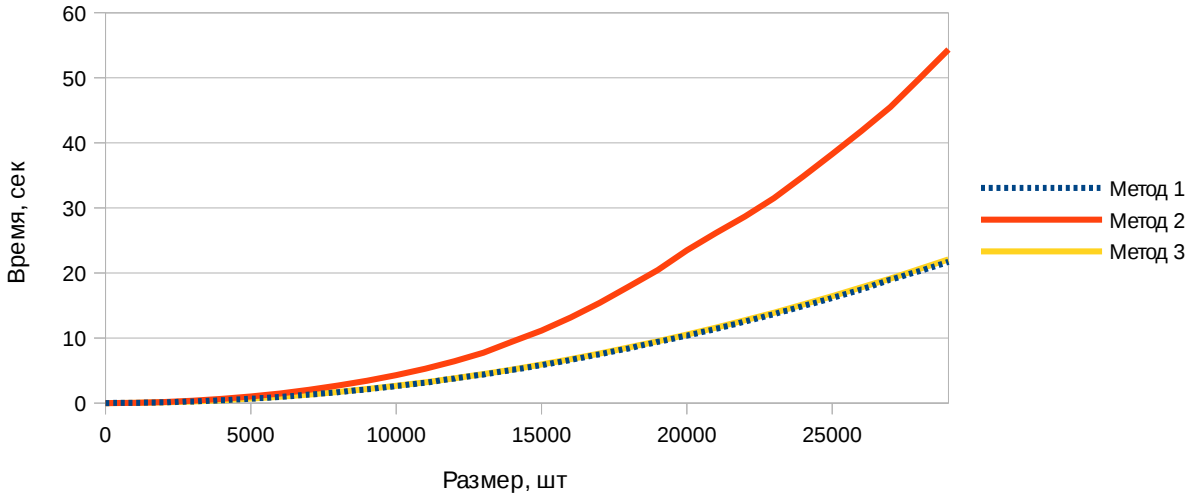
5. Таблиці та графіки:

Построчное умножение матрицы на вектор								
int			long long int			long double		
Size	Time	Memory	Size	Time	Memory	Size	Time	Memory
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0.03	3	1000	0.04	7	1000	0.05	15
2000	0.11	15	2000	0.13	30	2000	0.17	61
3000	0.24	34	3000	0.26	68	3000	0.36	137
4000	0.42	61	4000	0.46	122	4000	0.63	244
5000	0.66	95	5000	0.71	190	5000	0.98	381
6000	0.94	137	6000	1.02	274	6000	1.4	549
7000	1.28	187	7000	1.38	374	7000	1.9	748
8000	1.67	244	8000	1.79	488	8000	2.46	977
9000	2.11	309	9000	2.28	618	9000	3.12	1266
10000	2.6	381	10000	2.82	763	10000	3.84	1563
11000	3.14	462	11000	3.39	923	11000	4.62	1848
12000	3.77	549	12000	4.02	1099	12000	5.51	2203
13000	4.38	645	13000	4.75	1289	13000	6.47	2590
14000	5.1	748	14000	5.46	1496	14000	7.53	3008
15000	5.83	858	15000	6.25	1717	15000	8.61	3457
16000	6.62	977	16000	7.11	1953			
17000	7.51	1103	17000	8.62	2258			
18000	8.41	1236	18000	9.64	2531			
19000	9.4	1377	19000	10.74	2820			
20000	10.36	1526	20000	11.89	3125			
21000	11.41	1682	21000	13.12	3445			
22000	12.52	1847						
23000	13.68	2018						
24000	14.91	2198						
25000	16.16	2384						
26000	17.46	2579						
27000	18.97	2781						
28000	20.27	2991						
29000	21.7	3209						

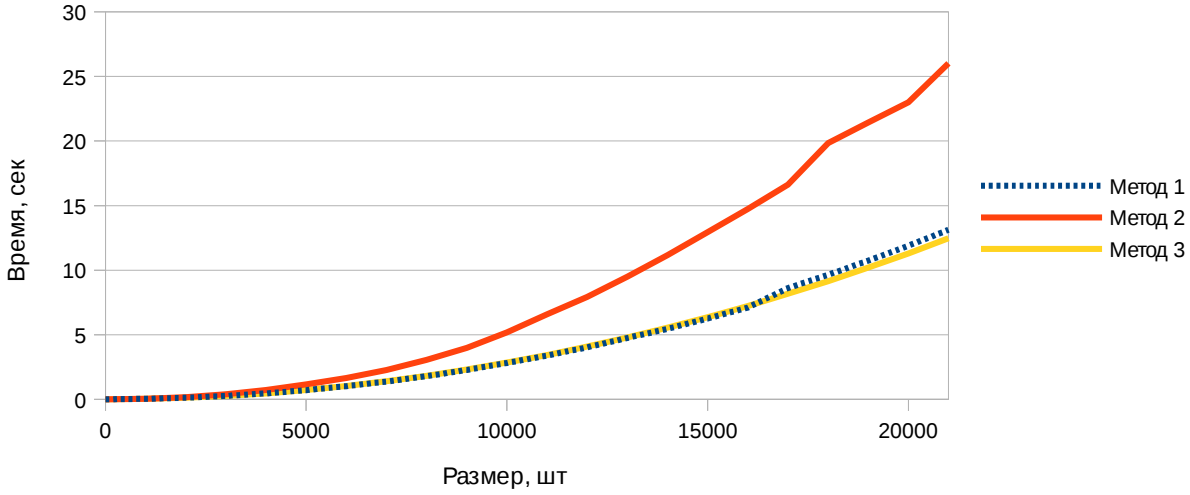
Постолбцовое умножение матрицы на вектор								
int			long long int			long double		
Size	Time	Memory	Size	Time	Memory	Size	Time	Memory
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0.05	3	1000	0.05	7	1000	0.07	15
2000	0.15	15	2000	0.17	30	2000	0.26	61
3000	0.35	34	3000	0.4	68	3000	0.58	137
4000	0.63	61	4000	0.73	122	4000	1.01	244
5000	1.01	95	5000	1.15	190	5000	1.6	381
6000	1.46	137	6000	1.65	274	6000	2.35	549
7000	2.02	187	7000	2.27	374	7000	3.17	748
8000	2.7	244	8000	3.05	488	8000	4.08	977
9000	3.44	309	9000	3.99	618	9000	5.46	1266
10000	4.3	381	10000	5.18	763	10000	6.55	1563
11000	5.27	462	11000	6.58	923	11000	8.24	1848
12000	6.42	549	12000	7.92	1099	12000	9.67	2203
13000	7.75	645	13000	9.5	1289	13000	11.25	2590
14000	9.47	748	14000	11.17	1496	14000	13.37	3008
15000	11.12	858	15000	12.95	1717	15000	14.68	3457
16000	13.13	977	16000	14.74	1953			
17000	15.42	1103	17000	16.61	2258			
18000	17.9	1236	18000	19.84	2531			
19000	20.45	1377	19000	21.44	2820			
20000	23.48	1526	20000	22.99	3125			
21000	26.15	1682	21000	26.02	3445			
22000	28.68	1847						
23000	31.53	2018						
24000	34.84	2198						
25000	38.27	2384						
26000	41.82	2579						
27000	45.48	2781						
28000	49.87	2991						
29000	54.36	3209						

Умножение строки на матрицу								
int			long long int			long double		
Size	Time	Memory	Size	Time	Memory	Size	Time	Memory
0	0	0	0	0	0	0	0	0
1000	0.03	3	1000	0.04	7	1000	0.05	15
2000	0.11	15	2000	0.12	30	2000	0.17	61
3000	0.25	34	3000	0.27	68	3000	0.36	137
4000	0.43	61	4000	0.47	122	4000	0.63	244
5000	0.67	95	5000	0.72	190	5000	0.98	381
6000	0.96	137	6000	1.04	274	6000	1.42	549
7000	1.3	187	7000	1.4	374	7000	1.89	748
8000	1.69	244	8000	1.82	488	8000	2.48	977
9000	2.15	309	9000	2.31	618	9000	3.12	1266
10000	2.64	381	10000	2.85	763	10000	3.86	1563
11000	3.2	462	11000	3.44	923	11000	4.64	1848
12000	3.81	549	12000	4.09	1099	12000	5.49	2203
13000	4.46	645	13000	4.79	1289	13000	6.5	2590
14000	5.17	748	14000	5.54	1496	14000	7.48	3008
15000	5.92	858	15000	6.35	1717	15000	8.62	3457
16000	6.73	977	16000	7.23	1953			
17000	7.62	1103	17000	8.18	2258			
18000	8.54	1236	18000	9.15	2531			
19000	9.5	1377	19000	10.21	2820			
20000	10.53	1526	20000	11.29	3125			
21000	11.61	1682	21000	12.48	3445			
22000	12.75	1847						
23000	13.9	2018						
24000	15.13	2198						
25000	16.41	2384						
26000	17.76	2579						
27000	19.14	2781						
28000	20.59	2991						
29000	22.07	3209						

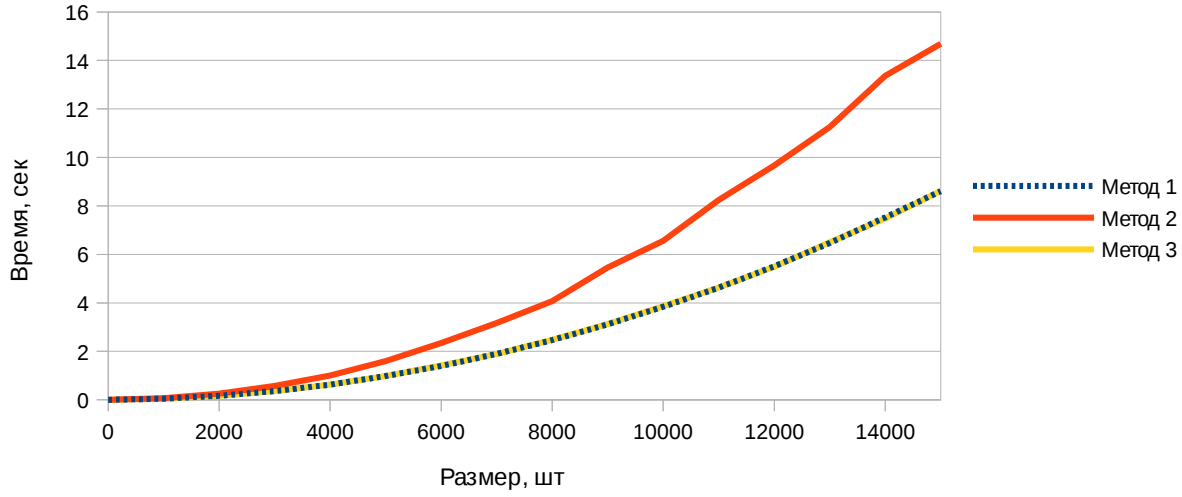
Integer



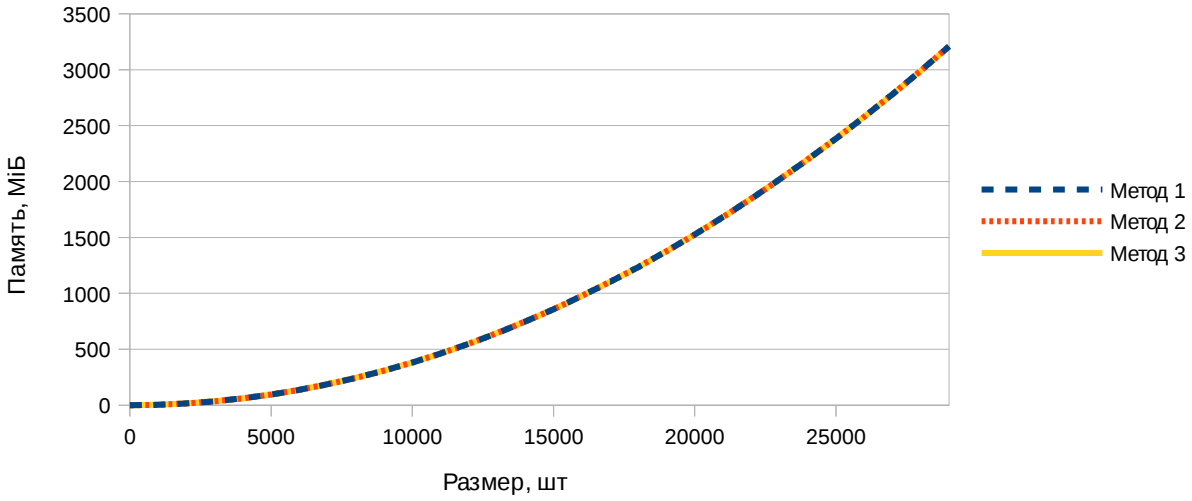
Long long integer



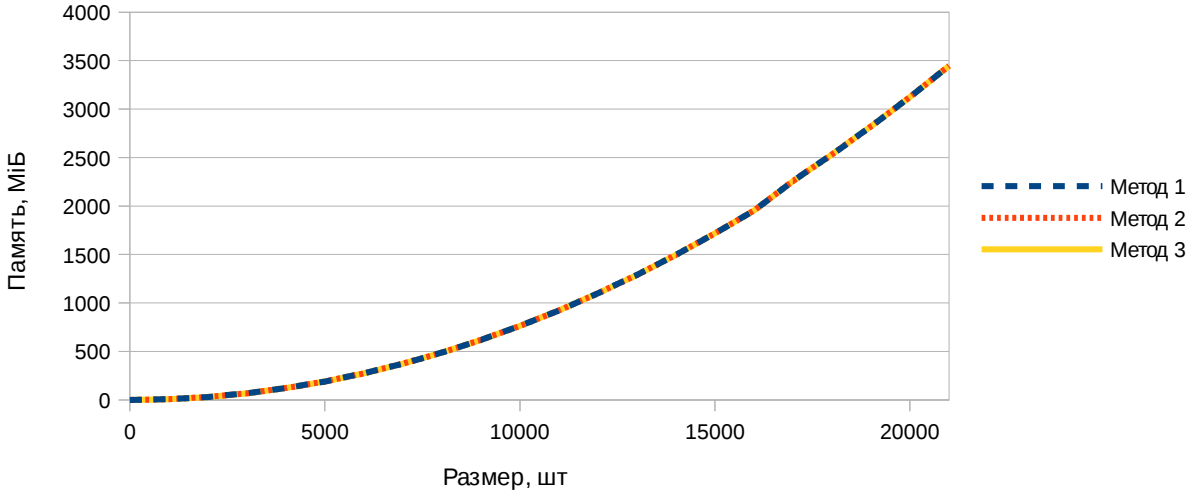
Long double



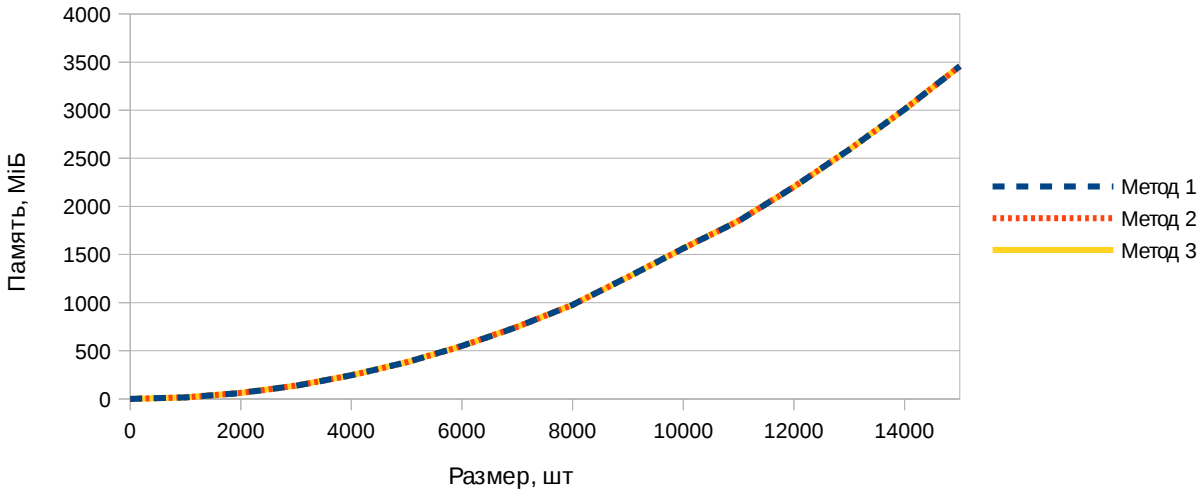
Integer



Long long integer



Long double



6. Коди програм, скриптів:

big_collector.sh

```
#!/bin/bash

./collector.sh 01.c 01.csv 0 1000
./collector.sh 02.c 02.csv 0 1000
./collector.sh 03.c 03.csv 0 1000
./collector.sh 04.c 04.csv 0 1000
./collector.sh 05.c 05.csv 0 1000
./collector.sh 06.c 06.csv 0 1000
./collector.sh 07.c 07.csv 0 1000
./collector.sh 08.c 08.csv 0 1000
./collector.sh 09.c 09.csv 0 1000
exit 0
```

collector.sh

```
#!/bin/bash

SOURCE_CODE="main.c"
if [ ! -z "$1" ]
then
      SOURCE_CODE=$1
fi
OUTPUT_FILE="statistics.txt"
if [ ! -z "$2" ]
then
      OUTPUT_FILE=$2
fi
BEGIN="1000"
if [ ! -z "$3" ]
then
      BEGIN=$3
fi
STEP="1000"
if [ ! -z "$4" ]
then
      STEP=$4
fi

rm $OUTPUT_FILE
echo "Size,Time,Memory" > $OUTPUT_FILE
gcc -g $SOURCE_CODE
read -r -a MEM <<< "$(free -m | tr -s " " | grep Mem)"
FREE_MEM=`echo "(${MEM[1]}*85/100-${MEM[2]}-${MEM[4]})" | bc`
USED_MEMORY=0
i=$BEGIN
while [ $USED_MEMORY -le $FREE_MEM ]
do
    USED_MEMORY=`echo "break 25
run $i >> $OUTPUT_FILE
call malloc_stats()
continue
```

```
quit" | gdb a.out 2>&1 | grep "system bytes" | head -2  | tail -1 | tr -s " " |
cut -d " " -f 4`
    echo $USED_MEMORY
    USED_MEMORY=`echo $USED_MEMORY/1024/1024 | bc`
    sed -i '${s/$/,'$USED_MEMORY'/}' $OUTPUT_FILE
    read -r -a MEM <<< "$(free -m | tr -s " " | grep Mem)"
    FREE_MEM=`echo "(${MEM[1]}*85/100-${MEM[2]}-${MEM[4]})" | bc`
    i=$((i+STEP))
done
rm a.out

exit 0
```

01.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
      unsigned long n,i,j,k;
      int ** a, * b, * c;
      clock_t t1,t2;
      double dur;
      if (argc > 1) {
            sscanf(argv[1],"%lu",&n);
      } else scanf("%lu",&n);
      t1 = clock();
      a = (int**) calloc(n,sizeof(int*));
      b = (int*) calloc(n,sizeof(int));
      c = (int*) calloc(n,sizeof(int));
      for (i=0;i<n;i++) {
            a[i] = (int*) calloc(n,sizeof(int));
            b[i] = rand()%51-25;
            c[i]=0;
            for(j=0;j<n;j++)
                  a[i][j]=rand()%51-25;
      }
      for (i=0;i<n;i++) {
            //~ c[i]=0;
            for (k=0;k<n;k++) {
                  c[i]+=a[i][k]*b[k];
            }
      }
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ for (j=0;j<n;j++)
                  //~ printf("%li ",a[i][j]);
            //~ printf("\n");
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",b[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",c[i]);
```

```
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	t2 = clock();
	dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
	printf("%lu,%lf\n",n,dur);
	for (i=0;i<n;i++)
		free(a[i]);
	free(a);
	return 0;
}
```

02.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
	unsigned long n,i,j,k;
	long long ** a, * b, * c;
	clock_t t1,t2;
	double dur;
	if (argc > 1) {
		sscanf(argv[1],"%lu",&n);
	} else scanf("%lu",&n);
	t1 = clock();
	a = (long long**) calloc(n,sizeof(long long*));
	b = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
	c = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
	for (i=0;i<n;i++) {
		a[i] = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
		b[i] = rand()%51-25;
		c[i]=0;
		for(j=0;j<n;j++)
			a[i][j]=rand()%51-25;
	}
	for (i=0;i<n;i++) {
		//~ c[i]=0;
		for (k=0;k<n;k++) {
			c[i]+=a[i][k]*b[k];
		}
	}
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ for (j=0;j<n;j++)
			//~ printf("%li ",a[i][j]);
		//~ printf("\n");
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",b[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",c[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
```

```
	t2 = clock();
	dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
	printf("%lu,%lf\n",n,dur);
	for (i=0;i<n;i++)
		free(a[i]);
	free(a);
	return 0;
}
```

03.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
	unsigned long n,i,j,k;
	long double ** a, * b, * c;
	clock_t t1,t2;
	double dur;
	if (argc > 1) {
		sscanf(argv[1],"%lu",&n);
	} else scanf("%lu",&n);
	t1 = clock();
	a = (long double**) calloc(n,sizeof(long double*));
	b = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
	c = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
	for (i=0;i<n;i++) {
		a[i] = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
		b[i] = rand()%51-25;
		c[i]=0;
		for(j=0;j<n;j++)
			a[i][j]=rand()%51-25;
	}
	for (i=0;i<n;i++) {
		//~ c[i]=0;
		for (k=0;k<n;k++) {
			c[i]+=a[i][k]*b[k];
		}
	}
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ for (j=0;j<n;j++)
			//~ printf("%li ",a[i][j]);
		//~ printf("\n");
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",b[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",c[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	t2 = clock();
	dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
```

```
	printf("%lu,%lf\n",n,dur);
	for (i=0;i<n;i++)
		free(a[i]);
	free(a);
	return 0;
}
```

04.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
	unsigned long n,i,j,k;
	int ** a, * b, * c;
	clock_t t1,t2;
	double dur;
	if (argc > 1) {
		sscanf(argv[1],"%lu",&n);
	} else scanf("%lu",&n);
	t1 = clock();
	a = (int**) calloc(n,sizeof(int*));
	b = (int*) calloc(n,sizeof(int));
	c = (int*) calloc(n,sizeof(int));
	for (i=0;i<n;i++) {
		a[i] = (int*) calloc(n,sizeof(int));
		b[i] = rand()%51-25;
		c[i]=0;
		for(j=0;j<n;j++)
			a[i][j]=rand()%51-25;
	}
	for (i=0;i<n;i++) {
		//~ c[i]=0;
		for (k=0;k<n;k++) {
			c[k]+=a[k][i]*b[i];
		}
	}
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ for (j=0;j<n;j++)
			//~ printf("%li ",a[i][j]);
		//~ printf("\n");
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",b[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",c[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	t2 = clock();
	dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
	printf("%lu,%lf\n",n,dur);
	for (i=0;i<n;i++)
```

```
            free(a[i]);
      free(a);
      return 0;
}
```

05.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
      unsigned long n,i,j,k;
      long long ** a, * b, * c;
      clock_t t1,t2;
      double dur;
      if (argc > 1) {
            sscanf(argv[1],"%lu",&n);
      } else scanf("%lu",&n);
      t1 = clock();
      a = (long long**) calloc(n,sizeof(long long*));
      b = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
      c = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
      for (i=0;i<n;i++) {
            a[i] = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
            b[i] = rand()%51-25;
            c[i]=0;
            for(j=0;j<n;j++)
                  a[i][j]=rand()%51-25;
      }
      for (i=0;i<n;i++) {
            //~ c[i]=0;
            for (k=0;k<n;k++) {
                  c[k]+=a[k][i]*b[i];
            }
      }
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ for (j=0;j<n;j++)
                  //~ printf("%li ",a[i][j]);
            //~ printf("\n");
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",b[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",c[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      t2 = clock();
      dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
      printf("%lu,%lf\n",n,dur);
      for (i=0;i<n;i++)
            free(a[i]);
      free(a);
```

```
	return 0;
}
```

06.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
	unsigned long n,i,j,k;
	long double ** a, * b, * c;
	clock_t t1,t2;
	double dur;
	if (argc > 1) {
		sscanf(argv[1],"%lu",&n);
	} else scanf("%lu",&n);
	t1 = clock();
	a = (long double**) calloc(n,sizeof(long double*));
	b = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
	c = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
	for (i=0;i<n;i++) {
		a[i] = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
		b[i] = rand()%51-25;
		c[i]=0;
		for(j=0;j<n;j++)
			a[i][j]=rand()%51-25;
	}
	for (i=0;i<n;i++) {
		//~ c[i]=0;
		for (k=0;k<n;k++) {
			c[k]+=a[k][i]*b[i];
		}
	}
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ for (j=0;j<n;j++)
			//~ printf("%li ",a[i][j]);
		//~ printf("\n");
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",b[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	//~ for (i=0;i<n;i++) {
		//~ printf("%li ",c[i]);
	//~ }
	//~ printf("\n\n");
	t2 = clock();
	dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
	printf("%lu,%lf\n",n,dur);
	for (i=0;i<n;i++)
		free(a[i]);
	free(a);
	return 0;
}
```

07.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
      unsigned long n,i,j,k;
      int ** a, * b, * c;
      clock_t t1,t2;
      double dur;
      if (argc > 1) {
            sscanf(argv[1],"%lu",&n);
      } else scanf("%lu",&n);
      t1 = clock();
      a = (int**) calloc(n,sizeof(int*));
      b = (int*) calloc(n,sizeof(int));
      c = (int*) calloc(n,sizeof(int));
      for (i=0;i<n;i++) {
            a[i] = (int*) calloc(n,sizeof(int));
            b[i] = rand()%51-25;
            c[i]=0;
            for(j=0;j<n;j++)
                  a[i][j]=rand()%51-25;
      }
      for (i=0;i<n;i++) {
            for (k=0;k<n;k++) {
                  c[k]+=b[i]*a[i][k];
            }
      }
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ for (j=0;j<n;j++)
                  //~ printf("%li ",a[i][j]);
            //~ printf("\n");
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",b[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",c[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      t2 = clock();
      dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
      printf("%lu,%lf\n",n,dur);
      for (i=0;i<n;i++)
            free(a[i]);
      free(a);
      return 0;
}
```

08.c

```
#include <stdio.h>
```

```
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
      unsigned long n,i,j,k;
      long long ** a, * b, * c;
      clock_t t1,t2;
      double dur;
      if (argc > 1) {
            sscanf(argv[1],"%lu",&n);
      } else scanf("%lu",&n);
      t1 = clock();
      a = (long long**) calloc(n,sizeof(long long*));
      b = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
      c = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
      for (i=0;i<n;i++) {
            a[i] = (long long*) calloc(n,sizeof(long long));
            b[i] = rand()%51-25;
            c[i]=0;
            for(j=0;j<n;j++)
                  a[i][j]=rand()%51-25;
      }
      for (i=0;i<n;i++) {
            for (k=0;k<n;k++) {
                  c[k]+=b[i]*a[i][k];
            }
      }
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ for (j=0;j<n;j++)
                  //~ printf("%li ",a[i][j]);
            //~ printf("\n");
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",b[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",c[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      t2 = clock();
      dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
      printf("%lu,%lf\n",n,dur);
      for (i=0;i<n;i++)
            free(a[i]);
      free(a);
      return 0;
}
```

09.c

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>
```

```
//~ using namespace std;

int main(int argc,char *argv[]) {
      unsigned long n,i,j,k;
      long double ** a, * b, * c;
      clock_t t1,t2;
      double dur;
      if (argc > 1) {
            sscanf(argv[1],"%lu",&n);
      } else scanf("%lu",&n);
      t1 = clock();
      a = (long double**) calloc(n,sizeof(long double*));
      b = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
      c = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
      for (i=0;i<n;i++) {
            a[i] = (long double*) calloc(n,sizeof(long double));
            b[i] = rand()%51-25;
            c[i]=0;
            for(j=0;j<n;j++)
                  a[i][j]=rand()%51-25;
      }
      for (i=0;i<n;i++) {
            for (k=0;k<n;k++) {
                  c[k]+=b[i]*a[i][k];
            }
      }
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ for (j=0;j<n;j++)
                  //~ printf("%li ",a[i][j]);
            //~ printf("\n");
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",b[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      //~ for (i=0;i<n;i++) {
            //~ printf("%li ",c[i]);
      //~ }
      //~ printf("\n\n");
      t2 = clock();
      dur = 1.0*(t2-t1)/CLOCKS_PER_SEC;
      printf("%lu,%lf\n",n,dur);
      for (i=0;i<n;i++)
            free(a[i]);
      free(a);
      return 0;
}
```