实验一

实验内容

编写一个多线程程序，计算数字列表的各种统计值。该程序将接受键盘上的一系列数字，然后创建三个独立的工作线程。一个线程将确定数字的平均值，第二个将确定最大值，第三个将确定最小值。
表示平均值、最小值和最大值的变量将全局存储。工作线程将设置这些值，一旦工作线程退出，父线程将输出这些值。

程序设计

- API

```c
#include <pthread.h>

/*
pthread_create()用于创建线程
thread:  接收创建的线程的 ID
attr:  指定线程的属性//一般传NULL
start_routine: 指定线程函数
arg:  给线程函数传递的参数
成功返回 0,  失败返回错误码
*/
int pthread_create(pthread_t * thread, const pthread_attr_t *attr,void *
(*start_routine) ( void *),void *arg);



/*
pthread_exit()退出线程
retval: 指定退出信息
*/
int pthread_exit( void *retval);



/*
pthread_join()等待 thread 指定的线程退出，线程未退出时，该方法阻塞
retval: 接收 thread 线程退出时，指定的退出信息
*/
int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);
```

- 设计说明
  - 函数:
    - `void ReadNumbers(int *arry);`用于用户输入
    - `void PrintNumbers(int *arry);`用于打印数组中的数字，测试用
    - `void *ComputAvg(void *arg);`用于在线程中计算平均值

        - `void *ComputMax(void *arg);`用于在线程中计算最大值
        - `void *ComputMin(void *arg);`用于在线程中计算最小值
    - 全局变量`int avg, max, min;`分别用于存储平均值、最大值和最小值
    - 主函数逻辑：先读取整个数字序列中的长度，然后申请内存空间，申请的长度为序列长度加1，数组第一个元素保存序列长度。创建3个线程，等待3个线程结束，打印输出。

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

int avg, max, min;
void ReadNumbers(int *arry);
void PrintNumbers(int *arry);
void *ComputAvg(void *arg);
void *ComputMax(void *arg);
void *ComputMin(void *arg);

void OutputResult();

int main()
{
    int len;
    printf("Input the length of the numbers.\n");
    scanf("%d", &len);
    while (len <= 0) {
        printf("Length must be positive.\n");
        scanf("%d", &len);
    }
    int *arry = (int *)malloc(sizeof(int) * (len + 1));
    if (arry == NULL) {
        printf("Malloc error.\n");
        return -1;
    }
    arry[0] = len;
    ReadNumbers(arry);
    pthread_t id[3];
    pthread_create(&id[0], NULL, ComputAvg, (void *)arry);
    pthread_create(&id[1], NULL, ComputMin, (void *)arry);
    pthread_create(&id[2], NULL, ComputMax, (void *)arry);
    for (int i = 0; i < 3; i++) {
        pthread_join(id[i], NULL);
    }
    OutputResult();
    free(arry);
    return 0;
}
void ReadNumbers(int *arry)
{
    printf("Enter numbers separated by spaces.\n");
    for (int i = 1; i <= arry[0]; i++) {
        scanf("%d", &arry[i]);
```

```
    }
}

void PrintNumbers(int *arry)
{
    printf("Numbers you input.\n");
    for (int i = 1; i <= arry[0]; i++) {
        printf("%d ", arry[i]);
    }
}

void *ComputAvg(void *arg)
{
    int *arry = (int *)arg;
    avg = 0;
    for (int i = 1; i <= arry[0]; i++) {
        avg += arry[i];
    }
    avg /= arry[0];
}

void *ComputMax(void *arg)
{
    int *arry = (int *)arg;
    max = arry[1];
    for (int i = 1; i <= arry[0]; i++) {
        max = max < arry[i] ? arry[i] : max;
    }
}

void *ComputMin(void *arg)
{
    int *arry = (int *)arg;
    min = arry[1];
    for (int i = 1; i <= arry[0]; i++) {
        min = min > arry[i] ? arry[i] : min;
    }
}

void OutputResult()
{
    printf("The average value is %d.\n", avg);
    printf("The minimum value is %d.\n", min);
    printf("The maximum value is %d.\n", max);
}
```

测试报告

- 测试用例1
  9
  23 1 5 2 6 7 3 8 4 6

- 测试用例2
  5
  1 2 3 4 5

- 测试用例3（不合理序列长度）
  -1
  0
  4
  1 2 3 4

- 运行结果1

```
Input the length of the numbers.
9
Enter numbers separated by spaces.
23 1 5 2 6 7 3 8 4 6
The average value is 6.
The minimum value is 1.
The maximum value is 23.[1] + Done
euler@DESKTOP-Q5O2H2Q:/mnt/d/Work/Program/Ubuntu/OS/3$
```

- 运行结果2

```
Input the length of the numbers.
5
Enter numbers separated by spaces.
1 2 3 4 5
The average value is 3.
The minimum value is 1.
The maximum value is 5.
[1] + Done                       "/usr/bi
euler@DESKTOP-Q5O2H2Q:/mnt/d/Work/Program/
```

- 运行结果3（不合理序列长度）

```
Input the length of the numbers.
-1
Length must be positive.
0
Length must be positive.
4
Enter numbers separated by spaces.
1 2 3 4
The average value is 2.
The minimum value is 1.
The maximum value is 4.
[1] + Done                       "/usr/bin/gdb" --interpret
euler@DESKTOP-Q5O2H2Q:/mnt/d/Work/Program/Ubuntu/OS/3$
```

  直到输入长度合理为止

- 结果分析
  首先在主函数中，也就是主线程中读入序列长度和数字序列，然后创建三个线程进行计算，将值保存到

对应的全局变量中，然后主线程等待所有子线程结束，最后打印输出。

实验二

实验内容

编写多线程程序，实现矩阵相乘
对于该项目，计算每个$C_{i,j}$是一个独立的工作线程，因为它将设计生成$M \times N$个工作线程。主线程（或称为父线程）将初始化矩阵A和B，并分配足够的内存给矩阵C，它将容纳A和B的积。这些矩阵声明为全局数据，以使得每个工作线程能偶访问A、B和C。

程序设计

- API

```
#include <pthread.h>

/*
pthread_create()用于创建线程
thread:  接收创建的线程的 ID
attr:  指定线程的属性//一般传NULL
start_routine: 指定线程函数
arg:  给线程函数传递的参数
成功返回 0,  失败返回错误码
*/
int pthread_create(pthread_t * thread, const pthread_attr_t *attr,void *
(*start_routine) ( void *),void *arg);



/*
pthread_exit()退出线程
retval: 指定退出信息
*/
int pthread_exit( void *retval);



/*
pthread_join()等待 thread 指定的线程退出，线程未退出时，该方法阻塞
retval: 接收 thread 线程退出时，指定的退出信息
*/
int pthread_join(pthread_t thread, void **retval);
```

- 设计说明
  - 函数:
    - `void *Comput(void *arg)`用于计算第i行j列的值，主要是通过传入的一参数，对于一个3×3的矩阵传入的参数如下:

```
0 1 2
3 4 5
6 7 8
```

这样就可以通过下述代码来判断是计算第几行第几列的值了

```
int row = (*(int *)arg) / N;
int col = (*(int *)arg) % N;
```

- 全局变量

```
#define M 3
#define K 2
#define N 3

int A[M][K] = {{1, 4}, {2, 5}, {3, 6}};
int B[K][N] = {{8, 7, 6}, {5, 4, 3}};
int C[M][N];
```

- 主函数逻辑：创建$M \times N$个线程，然后主线程等待这些线程，之后打印输出。

```
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <string.h>

#define M 3
#define K 2
#define N 3

int A[M][K] = {{1, 4}, {2, 5}, {3, 6}};
int B[K][N] = {{8, 7, 6}, {5, 4, 3}};
int C[M][N];

void *Comput(void *arg);

int main()
{
    pthread_t id[M * N];
    int index[M * N];
    for (int i = 0; i < M * N; i++) {
        index[i] = i;
        pthread_create(&id[i], NULL, Comput, (void *)&index[i]);
    }
    for (int i = 0; i < M * N; i++) {
        pthread_join(id[i], NULL);
    }
```

```
    for (int j = 0; j < M; j++) {
        for (int i = 0; i < N; i++) {
            printf("%d ", C[j][i]);
        }
        printf("\n");
    }
    return 0;
}
void *Comput(void *arg)
{
    int row = (*(int *)arg) / N;
    int col = (*(int *)arg) % N;
    C[row][col] = 0;
    for (int i = 0; i < K; i++) {
        C[row][col] += A[row][i] * B[i][col];
    }
}
```

测试报告

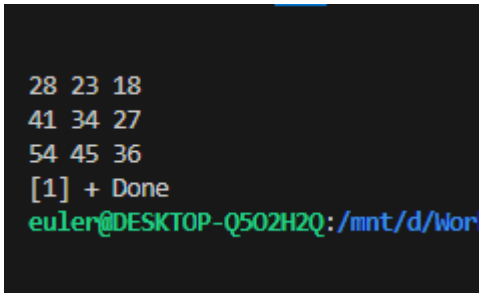
- 测试用例1

```
#define M 3
#define K 2
#define N 3

int A[M][K] = {{1, 4}, {2, 5}, {3, 6}};
int B[K][N] = {{8, 7, 6}, {5, 4, 3}};
int C[M][N];
```

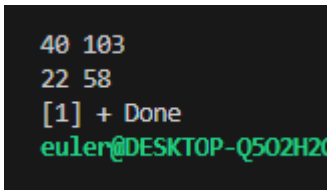
- 测试用例2

```
#define M 2
#define K 3
#define N 2

int A[M][K] = {{8, 7, 6}, {5, 4, 3}};
int B[K][N] = {{1, 4}, {2, 5}, {3, 6}};
int C[M][N];
```

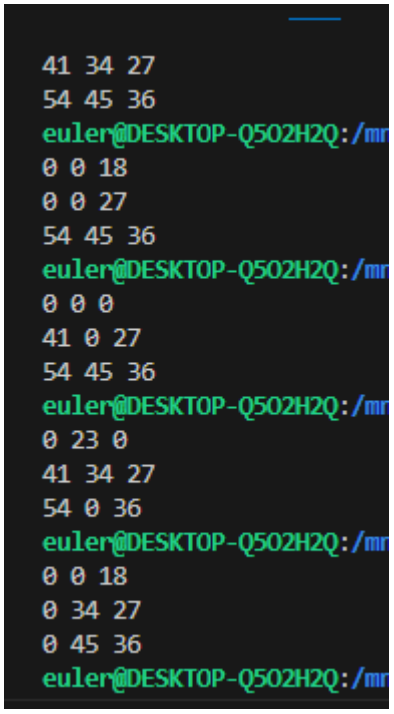
- 运行结果1



- 运行结果2



- 之前错误的运行结果



- 结果分析\
  - 结果1和2：正常的结果
  - 错误结果是因为，之前创建线程如下

```
for (int i = 0; i < M * N; i++) {
    index[i] = i;
    pthread_create(&id[i], NULL, Comput, (void *)&i);
}
```

这是因为我们向pthread_fun传入i的地址。多个线程可能拿到同一个i的值。线程创建在计算机中需要很多个步骤，我们进入for循环传入i的地址后就去进行下一个for循环，创建的线程还没有从地址中获取打印i的值，主函数就继续创建后面的线程了，导致多个线程并发，拿到同一个i值，而且不是创建该线程的时

候i的值。
所以应该传入一个每个不互相影响的地址空间的数值，所以创建一个数组来进行数据传入。