数据结构实验报告——实验一

学号：__20201060330__姓名：___胡诚皓___得分：_____

一、实验目的

1. **复习变量、数据类型、语句、函数；**
2. **掌握函数的参数和值；**
3. **了解递归。**

二、实验内容

1. （必做题）采用函数统计学生成绩

输入学生的成绩，计算并输出这些学生的最低分、最高分、平均分。

2. （必做题）采用递归和非递归方法计算 k 阶裴波那契序列的第 n 项的值

序列定义如下：

$f_0=0$，$f_1=0$，…，$f_{k-2}=0$，$f_{k-1}=1$，$f_n= f_{n-1}+f_{n-2}+\cdots+f_{n-k}$ (n>=k)

要求：输入 k(1<=k<=5)和 n(0<=n<=30)，输出 f_n

3. （二选一）采用递归和非递归方法求解汉诺塔问题

问题描述如下：

有三根柱子 A、B、C，在柱子 A 上从下向上有 n 个从大到小的圆盘，在柱子 B 和 C 上没有圆盘，现需将柱子 A 上的所有圆盘移到柱子 C 上，可以借助柱子 B，要求每次只能移动一个圆盘，每根柱子上的圆盘只能大的在下，小的在上。

要求：输入 n，输出移动步骤。

4. （选做题）采用递归和非递归方法求解

问题描述如下：

有一群猴子摘了些桃子放在仓库，每天吃掉所有桃子的一半还要多吃一颗。第 n 天时，还剩下 m 颗桃子，问一开始放入仓库的桃子几颗？

要求：可循环输入 n，m 求解，直到输入-1 时退出程序，输出一开始的桃子总数 sum。

三、数据结构及算法描述

1. 学生成绩统计

使用动态数组 score 来存储每个学生的成绩，count 来记录学生的数量，0 到 100 之间的分数值被认为是有效的，不在此区间内的分数值将会被忽略。以 q 结尾表示输入的结束。max_score、min_score、avg_score 函数分别用于计算最高分、最低分和平均分。

2. 斐波那契数列的第 n 项

对于 k 阶斐波那契数列，第 k 项（下标为 k-1）为 1，之前都为 0。后面的某一项等于它的前 k 项之和。在递归解法中，边界条件为 $F_{k-1}=1$，F_0~$F_{k-2}=0$

在循环解法中，从第 k+1 项（即 F_k）开始一项一项地往后计算。在循环中可以使用滑动窗口算法大大降低算法的时间复杂度。由于题目中给出了 n 与 k 的取值范围，并且满足 n>=k，在获取输入后需要进行简单的验证。

3. 汉诺塔问题

解决汉诺塔问题，相较于非递归方法，递归方法更加便于理解且易于代码编写。递归边界条件为只有一个盘时，直接移动至目标柱子上即可。其他情况努力转换为除了最小的盘外都有序放在目标柱子上，最后只要把最小的盘直接移动至目标柱子上即可。其中 hanoi(int n, char a, char b, char c, int* times)表示按照汉诺塔的规则，将 n 个盘借助 b 柱子从 a 柱子移动至 c 柱子，times 用来存储总共移动的次数，边界条件为 n=1。以把 n 个盘从 A 移动至 C 为例，从总体上看，需要做的分为三步：①把 A 上方的 n-1 个盘借助 C 移动至 B；②把 A 上剩下的一个盘（最大的）直接放到 C；③把 B 上的 n-1 个盘借助 A 移动至 C，由于 C 上只有一个最大的盘，所有其他的盘都能移到 C 上，相当于 C 上是空的。做完这三步就完成了整个汉诺塔游戏。

非递归的循环迭代法思考起来较为困难，为了达到最佳方案，需要找到其中的固定规律。经过观察，得出以下几个规律：①完成游戏的方案有多个，但是移动次数最少的最佳方案只有一种，且移动的步骤是唯一的；②对于奇数个的盘子，需要不断向左循环移动；对于偶数个的盘子，需要不断向右循环移动；③只要不断做两个动作就可以达到最佳方案，首先将最小的盘移到下一个柱子，其次将没放最小的盘的另两个柱子之间进行一次移动（能怎么移就怎么移）。每个柱子都是后进先出的，每个柱子都作为一个栈进行存储，STK.name 存储该栈的标签（即为柱子编号），STK.arr 指向栈底，STK.num 记录栈中的元素数量。current、next、another 三个 STK 的指针用来交替循环指向当前处理、下一个处理、辅助的柱子。first、

second、third 则作为柱子的绝对位置存储。其他细节见代码注释。

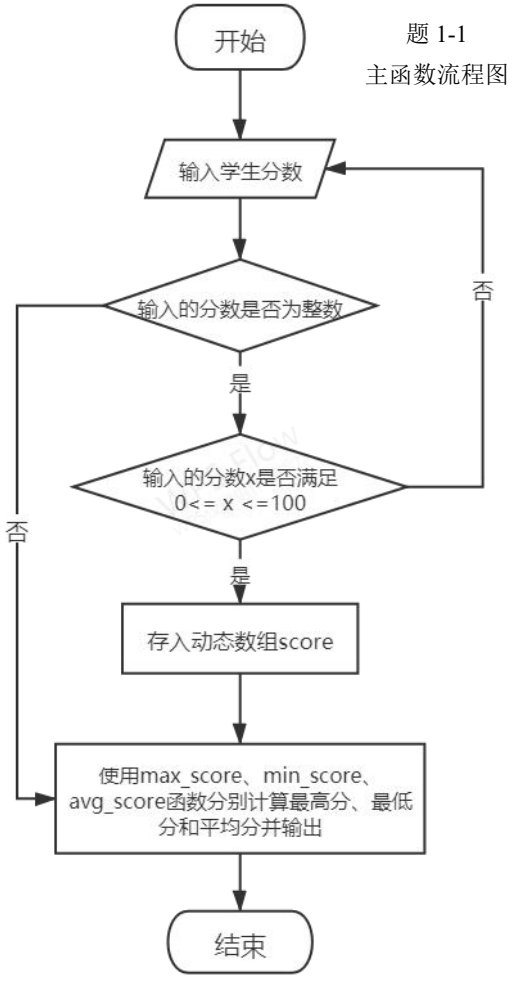
4. 猴子吃桃

在递归解法中，int solve(int days, int peaches)函数作为递归函数，用于解决“第 n 天时剩下 peaches 个桃子，求一开始桃子的数量”的问题，边界条件为 days == 0，可以直接返回。“第 n 天时剩下 peaches 个桃子，求一开始桃子的数量”的问题可以转移为“第 n-1 天时剩下(peaches+1)*2 个桃子，求一开始桃子的数量”。

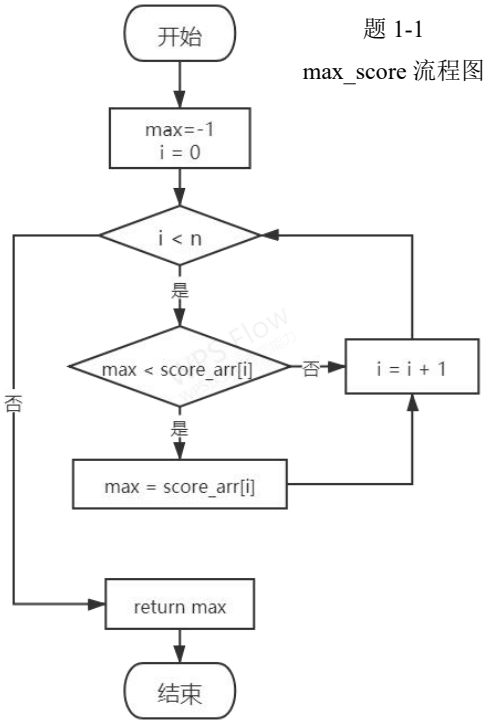
在循环解法中，先初始化桃子数量为 m，将桃子数量不断+1 再乘 2。由于求解的是第 n 天，操作 n 次即可得到一开始的桃子数量

四、详细设计

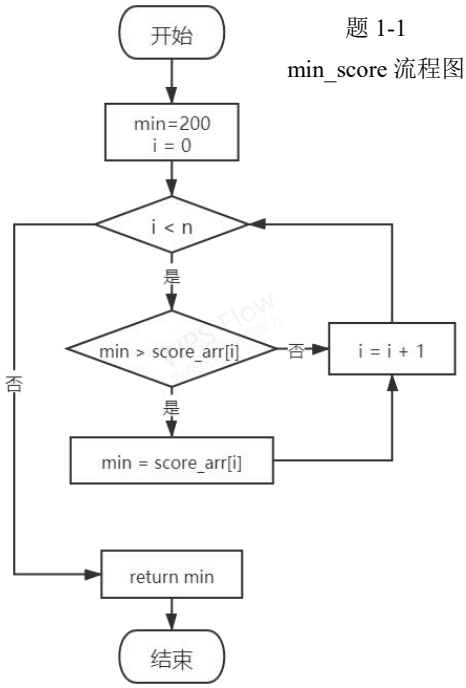
1. 学生成绩统计



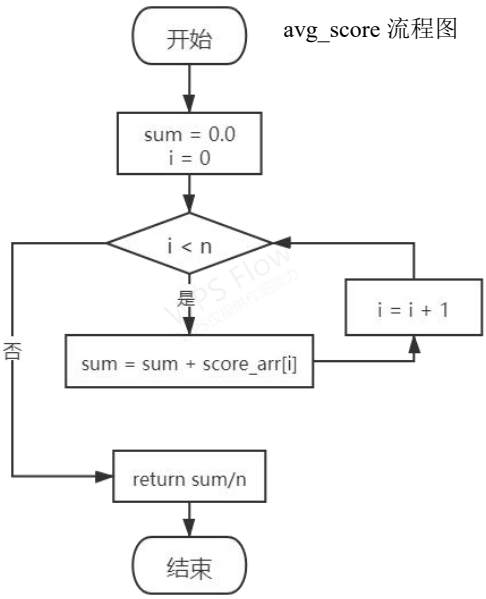
题 1-1
主函数流程图



题 1-1
max_score 流程图

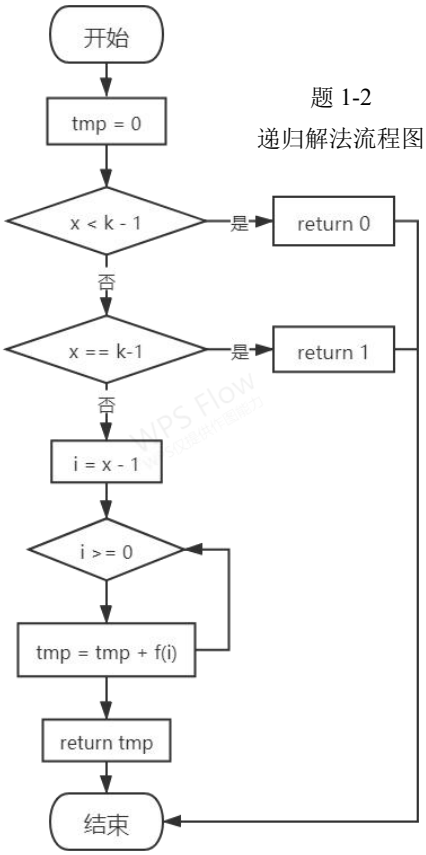


题 1-1
min_score 流程图

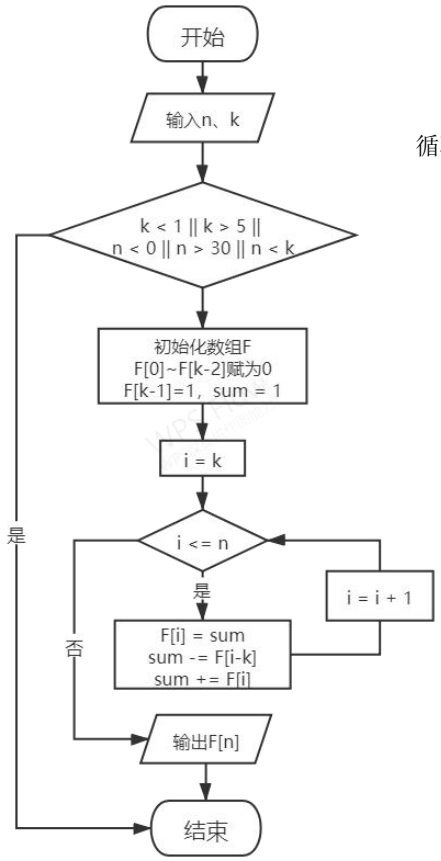


题 1-1
avg_score 流程图

2. 斐波那契数列的第 n 项



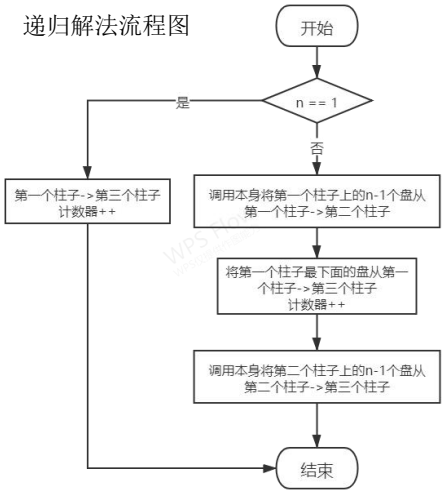
题 1-2
递归解法流程图



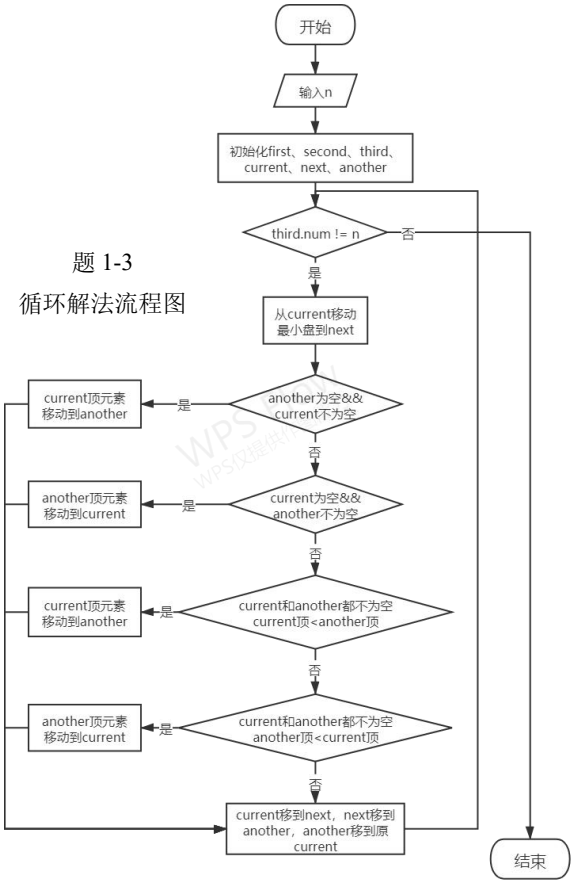
题 1-2
循环解法流程图

3. 汉诺塔问题

题 1-3
递归解法流程图

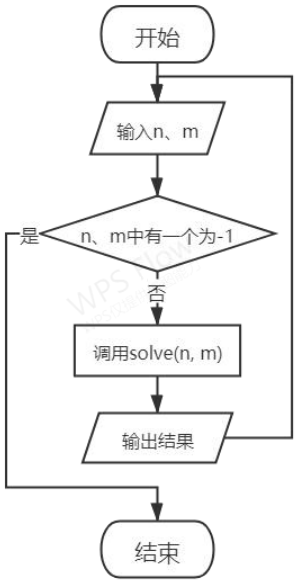


题 1-3
循环解法流程图

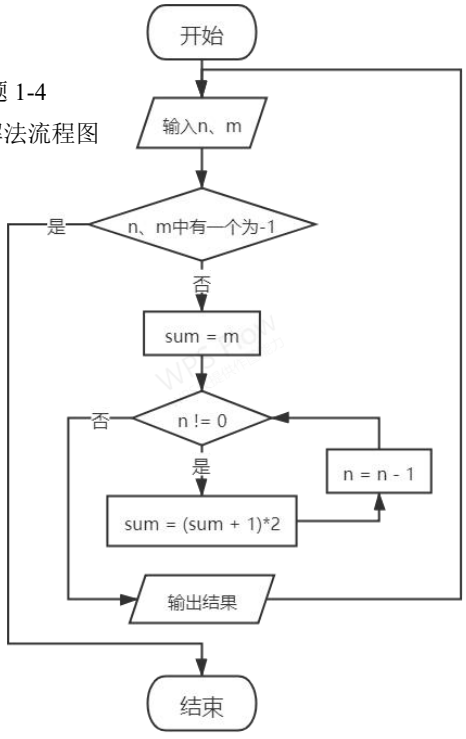


4. 猴子吃桃

题 1-4
递归解法流程图



题 1-4
循环解法流程图



五、程序代码

1. 学生成绩统计

1-1.c （双击图标可以打开文件）

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

int max_score(int*, int);
int min_score(int*, int);
double avg_score(int*, int);

int main() {
    //使用动态数组来存储分数，count 记录数组中存储的分数的个数
    int *score, count=0;

    score = (int *)malloc(sizeof(int));

    printf("Please input few scores between 0 and 100 (interval with space, ending with
q):\n");
    while (scanf("%d", score+count)) {
        //忽略不在 0 到 100 之间的分数
        if (*(score+count) < 0 || *(score+count) > 100)
            continue;
        else {
            count++;
            score = (int *) realloc(score, count*sizeof(int));
            if (score == NULL)
                return 1;
        }
     }

    printf("\nmax score: %d", max_score(score, count));
    printf("\nmin score: %d", min_score(score, count));
    printf("\naverage score: %.2f", avg_score(score, count));

    return 0;
}

//在长为 n 的动态数组 score_arr 中寻找最高分数
int max_score(int* score_arr, int n) {
   int max=-1;
```

```
   for (int i = 0; i < n; i++)
       max = score_arr[i] > max ? score_arr[i] : max;

   return max;
}

//在长为 n 的动态数组 score_arr 中寻找最低分数
int min_score(int* score_arr, int n) {
   int min=200;

   for (int i = 0; i < n; i++)
       min = score_arr[i] < min ? score_arr[i] : min;

   return min;
}

////求取长为 n 的动态数组 score_arr 中分数的平均值
double avg_score(int* score_arr, int n) {
    double sum=0.0;

    for (int i = 0; i < n; i++) {
        sum += score_arr[i];
    }

    return sum/n;
}
```

2. 斐波那契数列的第 n 项

(1) 递归解法

1-2-recursion.c （双击图标可以打开文件）

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

int n, k;
int f(int);

int main() {
    printf("input k: ");
    scanf("%d", &k);
```

```
    //对读入数据的有效性进行判断
    if (k < 1 || k > 5) {
        printf("error input k");
        return 1;
    }
    printf("input n: ");
    scanf("%d", &n);
    if (n < 0 || n > 30) {
        printf("error input n");
        return 1;
    }

    printf("fn=%d", f(n));

    return 0;
}

//递归计算 fn 的值，x <= k-1 时为递归的边界
int f(int x) {
    int tmp=0;
    if (x < k-1)
        return 0;
    else if (x == k-1)
        return 1;
    else {
        for (int i = x-1; i >= x-k; i--) {
            tmp += f(i);
        }
        return tmp;
    }
}
```

(2) 循环解法

1-2-loop.c （双击图标可以打开文件）

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

int n, k;

int main() {
```

```
    int *F;
    int sum;
    printf("input k: ");
    scanf("%d", &k);
    if (k < 1 || k > 5) {
        printf("error input k");
        return 1;
    }
    printf("input n: ");
    scanf("%d", &n);
    if (n < 0 || n > 30 || n < k) {
        printf("error input n");
        return 1;
    }

    //使用动态数组，不浪费空间
    F = (int *) malloc((n+1)*sizeof(int));
    //初始化条件
    for (int i = 0; i < k-1; i++)
        F[i] = 0;
    F[k-1] = 1;
    sum = 1;

    //使用滑动窗口思想大幅减少时间复杂度
    for (int i = k; i <= n; i++) {
        F[i] = sum;
        sum -= F[i-k];
        sum += F[i];
    }

    printf("fn=%d", F[n]);

    return 0;
}
```

3. 汉诺塔问题

(1) 递归解法

1-3-recursion.c

（双击图标可以打开文件）

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

void hanoi(int, char, char, char, int*);

int main() {
    int num=0, n;

    printf("input n: ");
    scanf("%d", &n);

    hanoi(n, 'A', 'B', 'C', &num);

    return 0;
}

//按照规则将 n 个盘借助形参 b 柱从形参 a 柱移至形参 c 柱
void hanoi(int n, char a, char b, char c, int* times) {
    if (n == 1) {
        printf("%c -> %c\n", a, c);
        (*times)++;
    } else {
        //将形参 a 柱上的 n-1 个盘借助形参 c 移至形参 b 柱
        hanoi(n-1, a, c, b, times);
        printf("%c -> %c\n", a, c);
        (*times)++;
        hanoi(n-1, b, a, c, times);
    }
}
```

(2) 循环解法

1-3-loop.c （双击图标可以打开文件）

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

//使用栈存储每个柱子
typedef struct {
    char name;
    int *arr;
    int num;
} STK;
```

```
//使用一个字符作为标签初始化一个柱子
void STK_init(STK *, char);

void STK_pop(STK *);

int STK_push(STK *, int);

int main() {
    int num = 0, n;
    //绝对地存储三个柱子
    STK first, second, third;
    //current 指向当前处理的柱子，next 指向下一个要处理的柱子
    //another 指向作为辅助的其他柱子
    STK *current, *next, *another, *tmp;

    //初始化三个柱子
    STK_init(&first, 'A');
    STK_init(&second, 'B');
    STK_init(&third, 'C');

    printf("input n: ");
    scanf("%d", &n);

    //奇数个盘时左移，即当前柱子为 1 号，下一个柱子为 3 号
    //偶数个盘时右移，即当前柱子为 1 号，下一个柱子为 2 号
    if (n % 2 == 1) {
        current = &first;
        next = &third;
        another = &second;
    } else {
        current = &first;
        next = &second;
        another = &third;
    }

    //将盘放入 1 号柱子初始化，数字越大代表越大的盘，即 1 号盘是最小的
    for (int i = n; i >= 1; i--) {
        STK_push(current, i);
    }

    //由于所有步骤都是在满足题目要求的情况下进行移动的
    //则当 3 号柱有 n 个盘时就完成了汉诺塔游戏
    while (third.num != n) {
```

```
        //先将最小的盘移到下一个柱子
        STK_push(next, 1);
        STK_pop(current);
        printf("%c -> %c\n", current->name, next->name);

        //下一个柱子上已经有了最小盘，不再做移动
        //在辅助柱子和当前柱子之间进行一次移动，分为 4 种情况

        //情况 1：辅助柱子为空，将当前柱子有盘
        //情况 2：当前柱子为空，辅助柱子有盘
        //情况 3：当前柱子和辅助柱子都有盘，但是当前柱顶的盘比辅助柱顶的盘小
        //情况 4：当前柱子和辅助柱子都有盘，但是辅助柱顶的盘比当前柱顶的盘小
        if (another->num == 0 && current->num != 0) {
            STK_push(another, *(current->arr + current->num - 1));
            STK_pop(current);
            printf("%c -> %c\n", current->name, another->name);
        } else if (current->num == 0 && another->num != 0){
            STK_push(current, *(another->arr + another->num - 1));
            STK_pop(another);
            printf("%c -> %c\n", another->name, current->name);
        } else if (current->num != 0 && another->num != 0 && *(current->arr + current->num
- 1) < *(another->arr + another->num - 1)) {
            STK_push(another, *(current->arr + current->num - 1));
            STK_pop(current);
            printf("%c -> %c\n", current->name, another->name);
        } else if (current->num != 0 && another->num != 0 && *(another->arr + another->num
- 1) < *(current->arr + current->num - 1)) {
            STK_push(current, *(another->arr + another->num - 1));
            STK_pop(another);
            printf("%c -> %c\n", another->name, current->name);
        }

        //循环交替进行
        tmp = current;
        current = next;
        next = another;
        another = tmp;
    }

    return 0;
}

void STK_pop(STK *stack) {
    (stack->num)--;
```

```
    stack->arr = (int *) realloc(stack->arr, sizeof(int) * (stack->num));
}

void STK_init(STK *stack, char name) {
    stack->name = name;
    stack->num = 0;
    stack->arr = NULL;
}

int STK_push(STK *stack, int x) {
    (stack->num)++;
    if (stack->num == 1) {
        stack->arr = (int *) malloc(sizeof(int));
        *(stack->arr) = x;
    } else {
        stack->arr = (int *) realloc(stack->arr, sizeof(int)*(stack->num+1));
        if (stack->arr == NULL)
            return -1;
        *(stack->arr + stack->num - 1) = x;
    }

    return 1;
}
```

4. 猴子吃桃

(1) 递归解法

1-4-recursion.c （双击图标可以打开文件）

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

int solve(int, int);

int main() {
    int m, n;
    while (1) {
        //若输入的 n 和 m 中有一个为-1 就退出程序
        printf("input n: \n");
        scanf("%d", &n);
        if (n == -1) { return 0; }
        printf("input m: \n");
        scanf("%d", &m);
```

```
        if (m == -1) { return 0; }
        printf("origin peach: %d\n", solve(n, m));
    }

    return 0;
}

//返回第 days 天剩余 peaches 个桃时，一开始桃的个数
int solve(int days, int peaches) {
    if (days == 0)
        return peaches;
    else
        return solve(days-1, (peaches+1)*2);
}
```

(2) 循环解法

1-4-loop.c （双击图标可以打开文件）

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

int main() {
     int m, n, sum;
    while (1) {
         printf("input n: \n");
         scanf("%d", &n);
         if (n == -1) { return 0; }
         printf("input m: \n");
         scanf("%d", &m);
        if (m == -1) { return 0; }
        //初始化桃子数量
        sum = m;
        //通过倒推的方法不断将桃子数量+1 再乘 2，倒推 n 次即可
        while (n--) {
            sum = (sum + 1)*2;
        }
        printf("origin peach: %d\n", sum);
    }

    return 0;
}
```

六、测试和结果

1. 学生成绩统计

Input:

```
80 67 98 100 0 65 2 q
```

Output:

```
max score: 100
min score: 0
average score: 58.86
```

2. 斐波那契数列的第 n 项

(1) 递归解法

Input:

```
input k: 2
input n: 5
```

Output:

```
fn=5
```

```
D:\Documents\YNU文件及资料\大二上\课程相关\courses-of-2nd-year\data-structure\experiment 1>1-2-recursion.exe
input k: 2
input n: 5
fn=5
```

(2) 循环解法

Input:

```
input k: 3
input n: 8
```

Output:

```
fn=24
```

```
D:\Documents\YNU文件及资料\大二上\课程相关\courses-of-2nd-year\data-structure\experiment 1>1-2-loop.exe
input k: 3
input n: 8
fn=24
```

3. 汉诺塔问题

(1) 递归解法

Input:

```
input n: 4
```

Ouput:

A -> B

A -> C

B -> C

A -> B

C -> A

C -> B

A -> B

A -> C

B -> C

B -> A

C -> A

B -> C

A -> B

A -> C

B -> C

```
D:\Documents\YNU文件及资料\大二上\课程相关\courses-of-2nd-year\data-structure\experiment 1>1-3-recursion.exe
input n: 4
A -> B
A -> C
B -> C
A -> B
C -> A
C -> B
A -> B
A -> C
B -> C
B -> A
C -> A
B -> C
A -> B
A -> C
B -> C
```

(2) 循环解法

Input:

input n: 3

Output:

A -> C

A -> B

C -> B

A -> C

B -> A

B -> C

A -> C

```
D:\Documents\YNU文件及资料\大二上\课程相关\courses-of-2nd-year\data-structure\experiment 1>1-3-loop.exe
input n: 3
A -> C
A -> B
C -> B
A -> C
B -> A
B -> C
A -> C
```

4. 猴子吃桃

(1) 递归解法

Input:

```
input n:
3
input m:
2

input n:
4
input m:
1

input n:
0
input m:
2

input n:
-1
```

Output:

```
origin peach: 30

origin peach: 46

origin peach: 2
```

```
D:\Documents\YNU文件及资料\大二上\课程相关\courses-of-2nd-year\data-structure\experiment 1>1-4-recursion.exe
input n:
3
input m:
2
origin peach: 30
input n:
4
input m:
1
origin peach: 46
input n:
0
input m:
2
origin peach: 2
input n:
-1
```

(2) 循环解法

Input:

```
input n:
3
```

```
input m:
1

input n:
2
input m:
2

input n:
-1
```

Output:

```
origin peach: 22

origin peach: 14
```

```
D:\Documents\YNU文件及资料\大二上\课程相关\courses-of-2nd-year\data-structure\experiment 1>1-4-loop.exe
input n:
3
input m:
1
origin peach: 22
input n:
2
input m:
2
origin peach: 14
input n:
-1
```

七、用户手册

1. 学生成绩统计

0 到 100 之间的整数被认为是有效的分数值，各个分数之间使用空格分隔，以 q 作为输入的结尾；也可以在输入一些数据后回车，再继续输入一些数据，只要最后以 q 结尾即可。输入的不在 0 到 100 之间的整数将会被自动忽略。

2. 斐波那契数列的第 n 项

输入的 n 与 k 需要满足 1<=k<=5、0<=n<=30 且 n >= k，否则程序会在给出错误提示后退出。另外，需要注意 f_n 中的 n 是从 0 开始的。

3. 汉诺塔问题

输入的 n 必须为正整数。

4. 猴子吃桃

输入的 n、m 必须均为正整数，由于 sum 使用的是 int 类型，经粗略估计，n 不应 30 且 m 不应大于 99。