

08 - 多重循环

C++ 程序设计基础

SOJ 信息学竞赛教练组

2024 年 6 月 5 日

目录

1 复习回顾

2 多重循环

3 多重循环的应用

4 break 和 continue 语句

5 总结

问题回顾 - 加减数列求和

编程题

- 编写程序，输入一个整数 n ($1 \leq n \leq 1000$)，输出 $1 - 2 + 3 - 4 + 5 - \dots$ 一直到 n 的和。
- 样例输入
7
- 样例输出
4
- 样例说明
 $1 - 2 + 3 - 4 + 5 - 6 + 7 = 4$

问题回顾 - 加减数列求和

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int sum = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         if (i % 2 == 0) {
11             sum -= i;
12         } else {
13             sum += i;
14         }
15     }
16     cout << sum << endl;
17
18     return 0;
19 }
```

既然循环体中可以写顺序结构和分支结构，
那么是否可以写循环结构呢？

目录

1 复习回顾

2 多重循环

3 多重循环的应用

4 break 和 continue 语句

5 总结

多重循环

- 一重循环

多重循环

- 一重循环
- 二重循环

多重循环

- 一重循环
- 二重循环
 - 在一重循环的循环体中再写一个循环

多重循环

- 一重循环
- 二重循环
 - 在一重循环的循环体中再写一个循环
- 三重循环

多重循环

- 一重循环
- 二重循环
 - 在一重循环的循环体中再写一个循环
- 三重循环
- ...

例 8.1.1: 输出一行 m 个星号

编程题

- 编写程序, 输入一个整数 m ($1 \leq m \leq 1000$), 输出一行 m 个星号。
- 样例输入
5
- 样例输出

例 8.1.1：输出一行 m 个星号

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int m;
7     cin >> m;
8     for (int j = 1; j <= m; j++) {
9         cout << "*";
10    }
11    cout << endl;
12
13    return 0;
14 }
```

例 8.1.2: 输出 n 行 m 个星号

编程题

- 编写程序，输入两个整数 n, m ($1 \leq n, m \leq 1000$), 输出 n 行 m 个星号。
- 样例输入
3 5
- 样例输出

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 1

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 1

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 1

- 输出

*

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 2

- 输出

*

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 2

- 输出

*

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 2

- 输出

* *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 3

- 输出

* *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 3

- 输出

* *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 3

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j = 4

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

j <= 3 不成立

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 1

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 1

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 1

- 输出

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 1

- 输出

* * *

*

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 2

- 输出

* * *

*

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 2

- 输出

* * *

*

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 2

- 输出

* * *

* *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 3

- 输出

* * *

* *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 3

- 输出

* * *

* *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 3

- 输出

* * *

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j = 4

- 输出

* * *

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

j <= 3 不成立

- 输出

* * *

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 2

- 输出

* * *

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

i = 3

- 输出

* * *

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

$i \leq 2$ 不成立

- 输出

* * *

* * *

示例：双重循环

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "*";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

- 输入

2 3

- 变量

- 输出

* * *

* * *

目录

1 复习回顾

2 多重循环

3 多重循环的应用

4 break 和 continue 语句

5 总结

例 8.2: 输出 n 行从 1 到 m 的整数

编程题

- 编写程序, 输入两个整数 n, m ($1 \leq n, m \leq 1000$), 输出 n 行从 1 到 m 的整数。
- 样例输入
2 4
- 样例输出
1 2 3 4
1 2 3 4

例 8.2：输出 n 行从 1 到 m 的整数

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << j << " ";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

例 8.3：输出二重循环的循环变量

编程题

- 在【例 8.2】的基础上，输出二重循环的循环变量 (i,j) 的值，以空格间隔。
- 样例输入
2 4
- 样例输出
(1,1) (1,2) (1,3) (1,4)
(2,1) (2,2) (2,3) (2,4)

例 8.3：输出二重循环的循环变量

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             cout << "(" << i << " " << j << ") ";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

3 4

(1,1) (1,2) (1,3) (1,4)

(2,1) (2,2) (2,3) (2,4)

(3,1) (1,2) (1,3) (1,4)

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

3 4

(1,1) (1,2) (1,3) (1,4) $i = 1$

(2,1) (2,2) (2,3) (2,4)

(3,1) (1,2) (1,3) (1,4)

- i 表示所在的行号

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

```
3 4
(1,1) (1,2) (1,3) (1,4)
(2,1) (2,2) (2,3) (2,4) i = 2
(3,1) (1,2) (1,3) (1,4)
```

- i 表示所在的行号

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

3 4

(1,1) (1,2) (1,3) (1,4)

(2,1) (2,2) (2,3) (2,4)

(3,1) (1,2) (1,3) (1,4) $i = 3$

- i 表示所在的行号

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

3 4

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| (1,1) | (1,2) | (1,3) | (1,4) |
| (2,1) | (2,2) | (2,3) | (2,4) |
| (3,1) | (1,2) | (1,3) | (1,4) |

$j = 1$

- i 表示所在的行号
- j 表示所在的列号

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

| 3 | 4 | | | |
|-------|-------|-------|-------|--|
| (1,1) | (1,2) | (1,3) | (1,4) | |
| (2,1) | (2,2) | (2,3) | (2,4) | |
| (3,1) | (1,2) | (1,3) | (1,4) | |

$j = 2$

- i 表示所在的行号
- j 表示所在的列号

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

| 3 | 4 | |
|-------|-------|-------|
| (1,1) | (1,2) | (1,3) |
| (2,1) | (2,2) | (2,3) |
| (3,1) | (1,2) | (1,3) |

$j = 3$

- i 表示所在的行号
- j 表示所在的列号

例 8.3：输出二重循环的循环变量

- 当输入 n 为 3, m 为 4 时, 输出如图所示

3 4

| | | | |
|-------|-------|-------|-------|
| (1,1) | (1,2) | (1,3) | (1,4) |
| (2,1) | (2,2) | (2,3) | (2,4) |
| (3,1) | (1,2) | (1,3) | (1,4) |

$j = 4$

- i 表示所在的行号
- j 表示所在的列号

例 8.4：输出数字直角三角形

编程题

- 编写程序，输入一个整数 n ($1 \leq n \leq 1000$)，输出一个等腰直角三角形，腰长为 n ，每行由整数 1, 2, 3... 组成，以空格间隔。

- 样例输入

3

- 样例输出

1

1 2

1 2 3

例 8.4：输出数字直角三角形

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= i; j++) {
10             cout << j << " ";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

例 8.4：输出数字直角三角形

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= i; j++) {
10             cout << j << " ";
11         }
12         cout << endl;
13     }
14
15     return 0;
16 }
```

例 8.5：累加数列求和

编程题

- 已知 $A_i = 1 + 2 + 3 + \dots + i$, $S_n = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$ 。编写程序，输入一个整数 n ($1 \leq n \leq 1000$)，计算 S_n 的结果并输出。
- 样例输入
3
- 样例输出
10
- 样例说明
 $A_1 = 1$
 $A_2 = 1 + 2 = 3$
 $A_3 = 1 + 2 + 3 = 6$
 $S_3 = A_1 + A_2 + A_3 = 1 + 3 + 6 = 10$

例 8.5：累加数列求和

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     long long Sn = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         int Ai = 0; // 用于累加 1~i 的累加器, 需要初始化为 0
11         for (int j = 1; j <= i; j++) {
12             Ai += j;
13         }
14         Sn += Ai;    // 将求得的 Ai 累加到 Sn 中
15     }
16     cout << Sn << endl;
17
18     return 0;
19 }
```


例 8.5：累加数列求和

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     long long Sn = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         int Ai = 0; // 用于累加 1~i 的累加器，需要初始化为 0
11         for (int j = 1; j <= i; j++) {
12             Ai += j;
13         }
14         Sn += Ai; // 将求得的 Ai 累加到 Sn 中
15     }
16     cout << Sn << endl;
17
18     return 0;
19 }
```

例 8.5：累加数列求和 - 代码优化

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     long long Sn = 0, Ai = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         Ai += i; // 当前的 Ai 为之前的 Ai + i
11         Sn += Ai; // 将求得的 Ai 累加到 Sn 中
12     }
13     cout << Sn << endl;
14
15     return 0;
16 }
```

例 8.6: 空心矩形

编程题

- 编写程序，输入两个整数 n, m ($1 \leq n, m \leq 1000$), 输出 n 行 m 列的由空格与星号组成的空心矩形。

- 样例输入

4 7

- 样例输出

* *

* *

例 8.6: 空心矩形

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             if (i == 1 || i == n || j == 1 || j == m) {
11                 cout << "*";
12             } else {
13                 cout << " ";
14             }
15         }
16         cout << endl;
17     }
18
19     return 0;
20 }
```

例 8.6: 空心矩形

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n, m;
7     cin >> n >> m;
8     for (int i = 1; i <= n; i++) {
9         for (int j = 1; j <= m; j++) {
10             if (i == 1 || i == n || j == 1 || j == m) {
11                 cout << "*";
12             } else {
13                 cout << " ";
14             }
15         }
16         cout << endl;
17     }
18
19     return 0;
20 }
```

例 8.7: 等腰三角形

编程题

- 编写程序，输入一个整数 n ($1 \leq n \leq 20$)，输出高为 n 的由空格与星号组成的等腰三角形。

- 样例输入

3

- 样例输出

```
  *  
 ***  
*****
```

例 8.7: 等腰三角形

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int k = n - 1, x = 1; // k 表示空格数量, x 表示星号数量
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         for (int j = 1; j <= k; j++) { // 输出 k 个空格
11             cout << " ";
12         }
13         for (int j = 1; j <= x; j++) { // 输出 x 个星号
14             cout << "*";
15         }
16         cout << endl;
17         k--; // 下一行的空格数 - 1
18         x += 2; // 下一行的星号数 + 2
19     }
20
21     return 0;
22 }
```

例 8.8：求一个整数中含有多少个 1

编程题

- 编写程序，输入一个整数 n ($1 \leq n \leq 10^6$)，输出 n 及其数位中 1 的个数，用空格间隔。
- 样例输入
1351
- 样例输出
1351 2

例 8.8：求一个整数中含有多少个 1

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     do {
10         if (n % 10 == 1) {
11             cnt++;
12         }
13         n /= 10;
14     } while (n != 0);
15     cout << n << " " << cnt << endl;
16
17     return 0;
18 }
```

例 8.8：求一个整数中含有多少个 1

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     do {
10         if (n % 10 == 1) {
11             cnt++;
12         }
13         n /= 10;
14     } while (n != 0);
15     cout << n << " " << cnt << endl;
16
17     return 0;
18 }
```

- 运行结果正确吗？

例 8.8：求一个整数中含有多少个 1

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     do {
10         if (n % 10 == 1) {
11             cnt++;
12         }
13         n /= 10;
14     } while (n != 0);
15     cout << n << " " << cnt << endl;
16
17     return 0;
18 }
```

- 运行结果正确吗？
- 不正确，数位拆分后 n 的值会变为 0

例 8.8：求一个整数中含有多少个 1

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0, tmp = n;
9     do {
10         if (tmp % 10 == 1) {
11             cnt++;
12         }
13         tmp /= 10;
14     } while (tmp != 0);
15     cout << n << " " << cnt << endl;
16
17     return 0;
18 }
```

例 8.8：求一个整数中含有多少个 1

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0, tmp = n;
9     do {
10         if (tmp % 10 == 1) {
11             cnt++;
12         }
13         tmp /= 10;
14     } while (tmp != 0);
15     cout << n << " " << cnt << endl;
16
17     return 0;
18 }
```

- 由于后续需要输出 n ，因此不能直接用 n 进行数位拆分

例 8.9: 数 1 的个数

编程题

- 编写程序, 输入一个整数 n ($1 \leq n \leq 10^9$), 统计从 1 到 n 的所有整数中, 数位上 1 的个数。
- 样例输入
12
- 样例输出
5
- 样例说明
当 $n = 12$ 时, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12 中, 数位上 1 的个数为 5。

例 8.9: 数 1 的个数

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         do {
11             if (i % 10 == 1) {
12                 cnt++;
13             }
14             i /= 10;
15         } while (i != 0);
16     }
17     cout << cnt << endl;
18
19     return 0;
20 }
```

例 8.9: 数 1 的个数

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         do {
11             if (i % 10 == 1) {
12                 cnt++;
13             }
14             i /= 10;
15         } while (i != 0);
16     }
17     cout << cnt << endl;
18
19     return 0;
20 }
```

- 运行结果正确吗?

例 8.9: 数 1 的个数

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         do {
11             if (i % 10 == 1) {
12                 cnt++;
13             }
14             i /= 10;
15         } while (i != 0);
16     }
17     cout << cnt << endl;
18
19     return 0;
20 }
```

- 运行结果正确吗?
- 不正确, 会死循环。
因为数位拆分后 i 会变化!

例 8.9: 数 1 的个数

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         int tmp = i;
11         do {
12             if (tmp % 10 == 1) {
13                 cnt++;
14             }
15             tmp /= 10;
16         } while (tmp != 0);
17     }
18     cout << cnt << endl;
19
20     return 0;
21 }
```

例 8.9: 数 1 的个数

```
1 #include <iostream>
2
3 using namespace std;
4
5 int main() {
6     int n;
7     cin >> n;
8     int cnt = 0;
9     for (int i = 1; i <= n; i++) {
10         int tmp = i;
11         do {
12             if (tmp % 10 == 1) {
13                 cnt++;
14             }
15             tmp /= 10;
16         } while (tmp != 0);
17     }
18     cout << cnt << endl;
19
20     return 0;
21 }
```

- 为了避免程序进入死循环，使用临时变量 tmp 进行数位拆分

目录

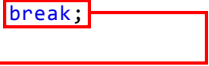
- 1 复习回顾
- 2 多重循环
- 3 多重循环的应用
- 4 break 和 continue 语句**
- 5 总结

break 在多重循环中的应用

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             break;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```

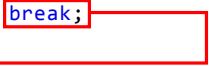
break 在多重循环中的应用

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             break;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```



break 在多重循环中的应用

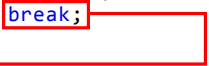
```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             break;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```



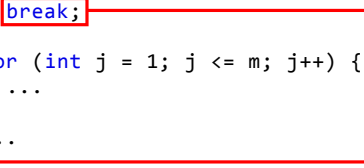
```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     if (...) {  
3         break;  
4     }  
5     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
6         ...  
7     }  
8     ...  
9 }
```

break 在多重循环中的应用

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             break;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```

A red rectangle highlights the 'break;' statement on line 4. A red arrow points from this rectangle to the closing brace of the inner 'for' loop on line 6, indicating that the break statement exits the inner loop.

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     if (...) {  
3         break;  
4     }  
5     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
6         ...  
7     }  
8     ...  
9 }
```

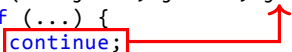
A red rectangle highlights the 'break;' statement on line 3. A red arrow points from this rectangle to the closing brace of the outer 'for' loop on line 9, indicating that the break statement exits the outer loop.

continue 在多重循环中的应用

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             continue;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```


continue 在多重循环中的应用

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             continue;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```



continue 在多重循环中的应用

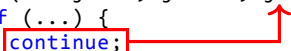
```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             continue;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```



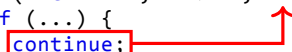
```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     if (...) {  
3         continue;  
4     }  
5     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
6         ...  
7     }  
8     ...  
9 }
```

continue 在多重循环中的应用

```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
3         if (...) {  
4             continue;  
5         }  
6     }  
7     ...  
8 }
```



```
1 for (int i = 1; i <= n; i++) {  
2     if (...) {  
3         continue;  
4     }  
5     for (int j = 1; j <= m; j++) {  
6         ...  
7     }  
8     ...  
9 }
```



目录

- 1 复习回顾
- 2 多重循环
- 3 多重循环的应用
- 4 break 和 continue 语句
- 5 总结

- 多重循环的概念

总结

- 多重循环的概念
- 多重循环的应用

- 多重循环的概念
- 多重循环的应用
 - 输出图形问题

- 多重循环的概念
- 多重循环的应用
 - 输出图形问题
 - 数列计算问题

- 多重循环的概念
- 多重循环的应用
 - 输出图形问题
 - 数列计算问题
 - 数位拆分问题

Thank you!