11 C-style strings

当一个 ptr 出了 arrary 的边界时，我们如果 dereference 就做了一个 undefined behavior，read/write random memory.

因而我们需要 keep pointers in their arrays.

如何做到：

1. keep track of the length separately
2. put a **sentinel value** at the end of the array

11.1 C-style strings: 就是末尾自动加上 null `\0` 的 char array

在 C 中，string 单纯就是一个 char array. 唯一在结构上的特点是，它的末尾被自动加上了一个 null character `\0`.

这个 `\0` character 并不是数字 0 的 char！！它实际上是 null，它的 ASCII value 为 0.

null character 像一个 sentinel，表示 string 在某个地方停止.

11.1.1 如何 Define 一个 C-style string

如果我们使用 C-style string，以下这两个 definition 是等价的：

```
char str1[6] = {'h', 'e', 'l', 'l', 'o', '\0'};
char str2[6] = "hello";
```

注意，如果我们从 `""` 形式 initialize，那就是正常的，但是**如果我们从 array 形式 initialize，我们必须在最后一个元素后手动加上 `'\0'`！**否则我们 stream out 就会乱七八糟。

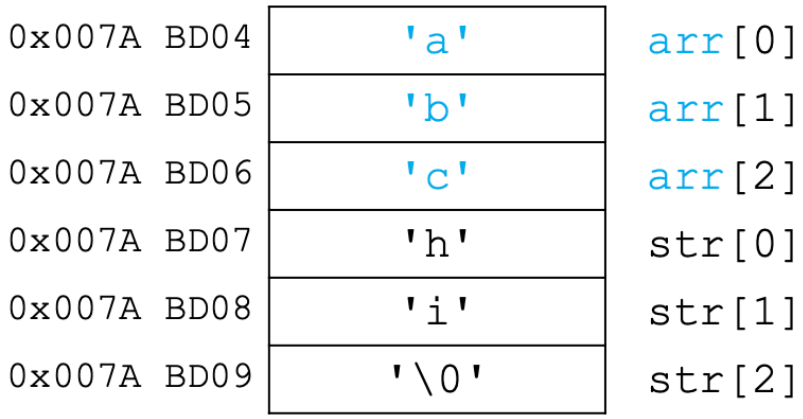
```
char arr[3] = {'a', 'b', 'c'}; cout << arr << endl;
// abcÇ2?╔╠
```

因为直到找到 `'\0'` 它才会停止找下去。

还有一些八股文：如果当我们在同一个 stack 中连续定义两个 c string，并且在上层的不加 sentinal，那么我们就会 stream out 一个连续的合并 string。。。

```
char str[3] = {'h', 'i', '\0'};
char arr[3] = {'a', 'b', 'c'}; cout << arr << endl;
// abchi
```

Apparently, memory was allocated like:



11.1.2 用 pointer 来 initial C-style string: 必须 `const`

array 意味着：C-style string 是 immutable 的！它的长度不能改变. 而我们熟悉的 C++-style string 则是可以改变大小的.

我们现在要介绍一个勾时的创造一个 C string 的方式：

```
const char *ptr = "yay";
```

其实就是

```
const char[] ptr = "yay";
```

但是**这并不是在 stack frame 里面的。**我们是在 **read only segement** 创建了一个没有名字的 C-string 内容为"yay"。但是我们同时定义了一个 pointer to const 叫做 `ptr`，存储它的首元素地址，那么 `ptr` 就和数组名有基本相同的作用，相当于模拟了 array 名。我们可以用 `ptr[n]` 来 slice.

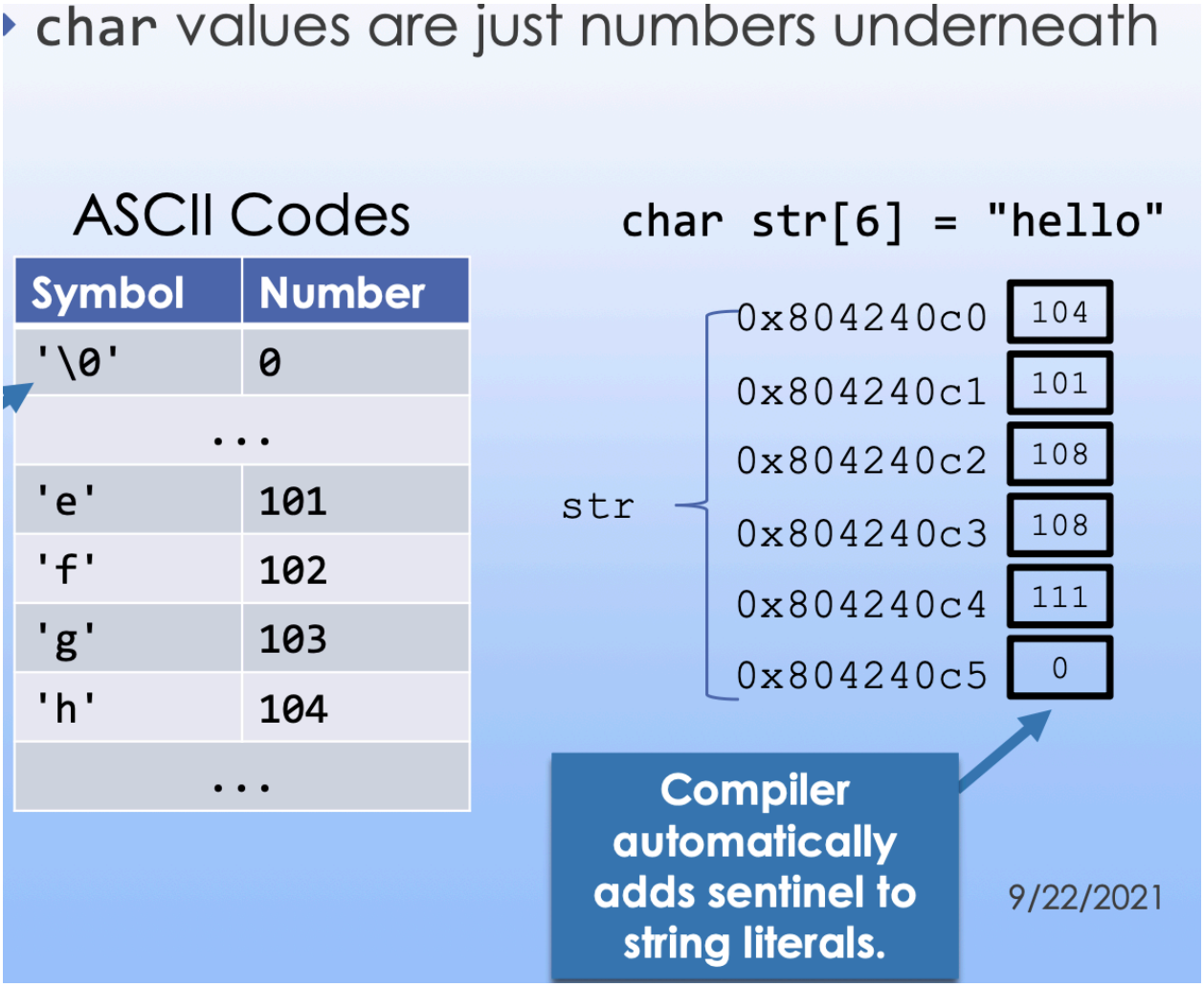
但是通过这个行为我们要强调另外一个事情：

如果我们写

```
char *ptr = "yay"
```

这就不对了，因为我们知道 "yay" 作为一个 array ，首元素地址是 const 的，而我们创建了一个非 pointer to const 的 pointer 指向它。

11.1.3 char value 的本质



11.2 `cout` 由 char array 名字 decay 形成的 `char*` 会 `cout` 整个 char array 而不是首元素地址

我们知道，当我们试图获取 array的名字的值时，它就会 decay 成一个对应类型的 pointer.(返回首元素地址)

```
char str1[6] = "hello";
char *strPtr = str1;
```

`StrPtr` 于是就指向了 str1 的第一个元素，也就是 `'h'`.

ex:

```
char str1[6] = "hello";
char *strPtr = str1;

char str2[6] = "hello";
char str3[6] = "apple";

cout << (str1 == str2)  // compile 但结果为false, 因为它们都变成了ptr, 这两个值都是地址, 不等

str1 = str3;  // 不 compile, 因为我们尝试获取 str3 的值使其 decay 为一个 ptr, 而左侧是一个 array. Type mismatch.

strPtr = str3;  // 使得 strPtr 重新指向 str3
```

所以说我们知道：

```
int arr[3] = {1, 2, 3};
cout << arr << "\n"; // 结果是首元素地址
```

但是，char array 却是可以这样打印的. 这并不是什么特例，而是因为 `<<`, `>>` 对于 char array 类型在 library 中重写过，使其支持这种行为. char array，也就是 C string，有很多 build-in functions.

```
char str[6] = "hello";
cout << str << endl; // 结果是 hello
```

这里 `str` 仍然 decay 成 `char*` 指针了，并没有什么突变，但是因为 std library 对于 `<<` 的 overload ， `cout` 把所有 `char*` 类型都 treat as C-style strings！！

严谨的意思就是说：ostream 型 (比如 `cout`) 只要遇到 `<< char *` 就会持续 write 从该 `char *` 指向的地址往后，直到碰到第一个 null character 之前的所有东西. 通过这样的方式来实现打印整个 C-style string.

11.2.1 warning: 不要打印并非指向一个 C string 的 `char*` 型变量

然而有一个非常非常逆天的东西，就是这个 overload 不是仅对由 `char[]` 型 decay 而成的 `char *` 型变量生效，而是对任何 `char *` 型变量生效.

也就是说，**如果这单纯是一个 `char *` 型变量，而不是一个 `char` arrary 的名字，是不能直接用 ostream write 的，否则它就会一直 write 该地址后面的所有东西，直到碰到 null character `\0` 为止. 那这件事情就很危险了，它会一直 write 下去.**

所以 warning: Don't try to print a `char*` not pointing into a C-style string.

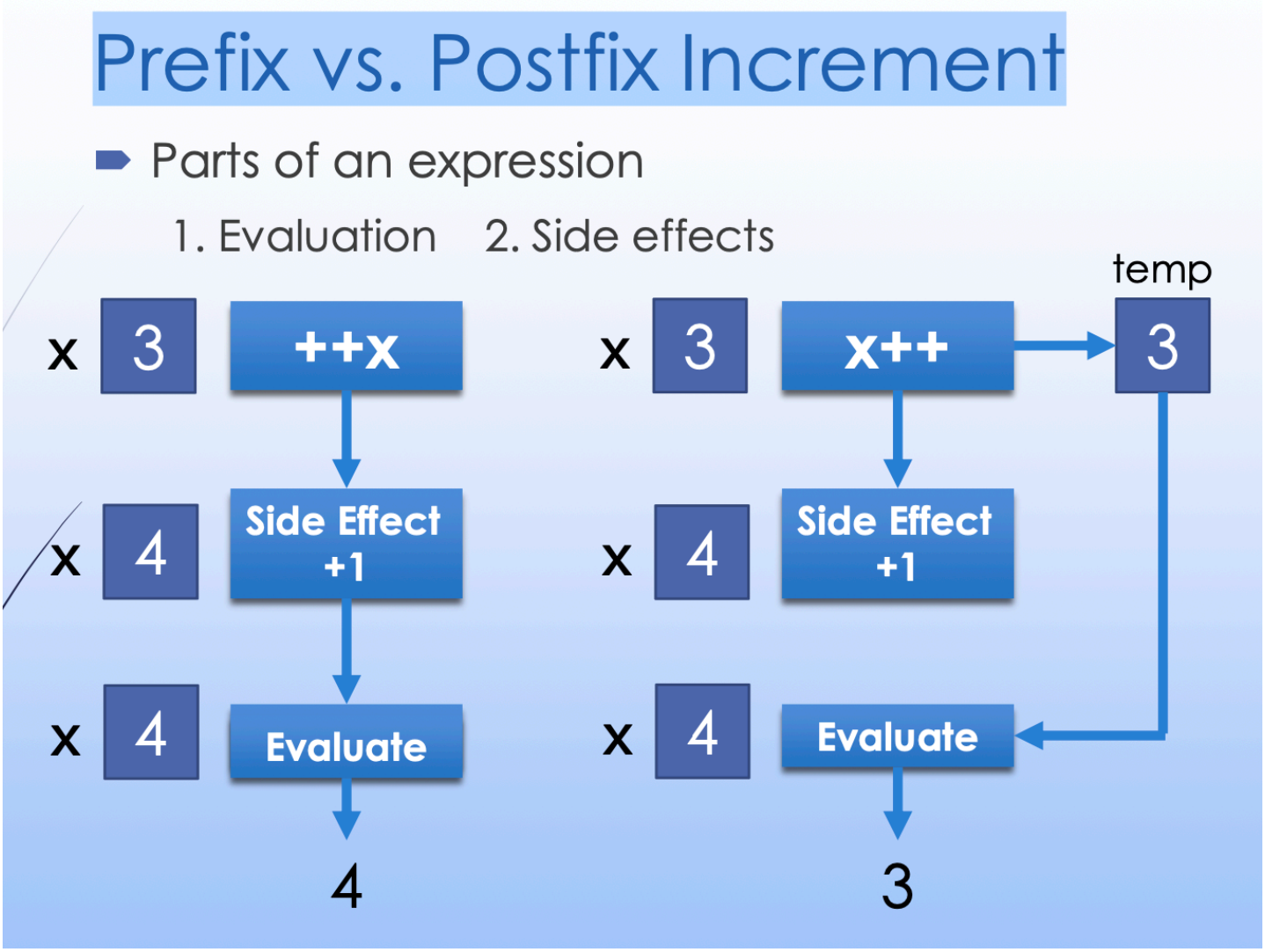
11.3 题外话: Prefix(`++x`) vs. Postfix(`x++`) Increment

`x += 1` 和 `++x` 是等价的，因为它们都 increment 了 `x`，并且 expression 的值都是一样的.

而 `x += 1` 和 `x++` 却不是等价的，它们都 increment 了 `x`，但是 expression 的值却不一样.

```
x = 1;
y = 1;

cout << x++;  // 1
cout << ++y;  // 2
```



例子：

```
int x = 10;
// go down to 0
while (x --> 0) {
  cout << x << endl;
}
// 9到0, 包含0, 因为x=1时 x--仍是1, 过了判定, 而这行之后就是0了, 于是打印出了0
```

11.4 C-style strings 的 standard functions

	C-style strings	C++-style strings
Library Header	`<cstring>`	`<string>`
Declaration	`char cstr[];` 或 `char *cstr;`	`string str;`
获取 Length	`strlen(cstr)`	`str.length()`
Copy value	`strcpy(cstr1, cstr2)`	`str1 = str2`
Indexing	`cstr[i]`	`str[i]`
Concatenate	`strcat(cstr1, cstr2)`	`str1 += str2`
Compare	`strcmp(cstr1, cstr2)`	`str1 == str2`

11.4.1 Implementation of `strcpy`

`strcpy` 的作用是**把第二个 cstr 的值传给第一个**.

```
char str1[6] = "hello";
char str2[6] = "apple";
strcpy(str1, str2); // str1 的值要变成 "apple"
```

我们这样写:

```
void strcpy(char *dst, const char *src) { // 这是个 ptr-to-const 而不是 const ptr, 可以更改指向的对象, 但是不能用它解引用更改指向对象的值; char * const src 则是 const ptr, 能用它解引用更改指向对象的值, 但是不能更改指向的对象,
  while (*src != '\0') {
    *dst = *src;
    ++src;
    ++dst;
  }
  *dst = *src;  // 最后 copy null char
}
```

还有一个极端简短的版本：

```
void strcpy(char *dst, const char *src) {
  while (*dst++ = *src++) {}
}
```

11.4.2 C++ string 和 C string 的相互转换

1. 把 C++ string 转成 C string:

   ```
   const char *cstr = str.c_str();
   ```

2. 把 C string 转成 C++ string:

   ```
   string str = string(cstr);
   ```

11.4.3 `strcmp(A, B)`

`strcmp(A,B)` returns:

1. if A 比 B 小(字母ascii), 返回一个负值表示小多少(一个int)
2. If A = B, 返回 0
3. if A 比 B 大(字母ascii), 返回一个正值表示大多少(一个int)

返回的是第一个不一样的字母的 ascii 码的大小差距.

11.5 Command Line Arguments

11.5.1 `int main(int argc, char *argv[])` 的结构

`main()` 函数是可以传 parameters 的. 我们可以在 terminal (或者VSCode 的 `launch.json` 代替 terminal) 给 program 指定 **arguments**.

```
./redact bee bee.txt out.txt 10
```

比如这个 command line. 其中有 5 个 arguments: `./redact`, `bee`, `bee.txt`, `out.txt`, `10`.

注意程序名本身也是一个 command line argument.

为了接收 arguments，我们的 `main()` 的括号里要写东西:

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  ...
}
```

这里的 `argc` 是一个表示 arguments 的数量的 int，而 `argv` 是一个 array，其元素的类型都是 `char *`.

具体传参数的方式如下：

我们 command line arguments，除了程序名自身是用来 start program 的，**之后的几个 arguments (一个 arrary) 会被做成一个 array，其每个元素都是一个 c-string，也就是一个 char array.**

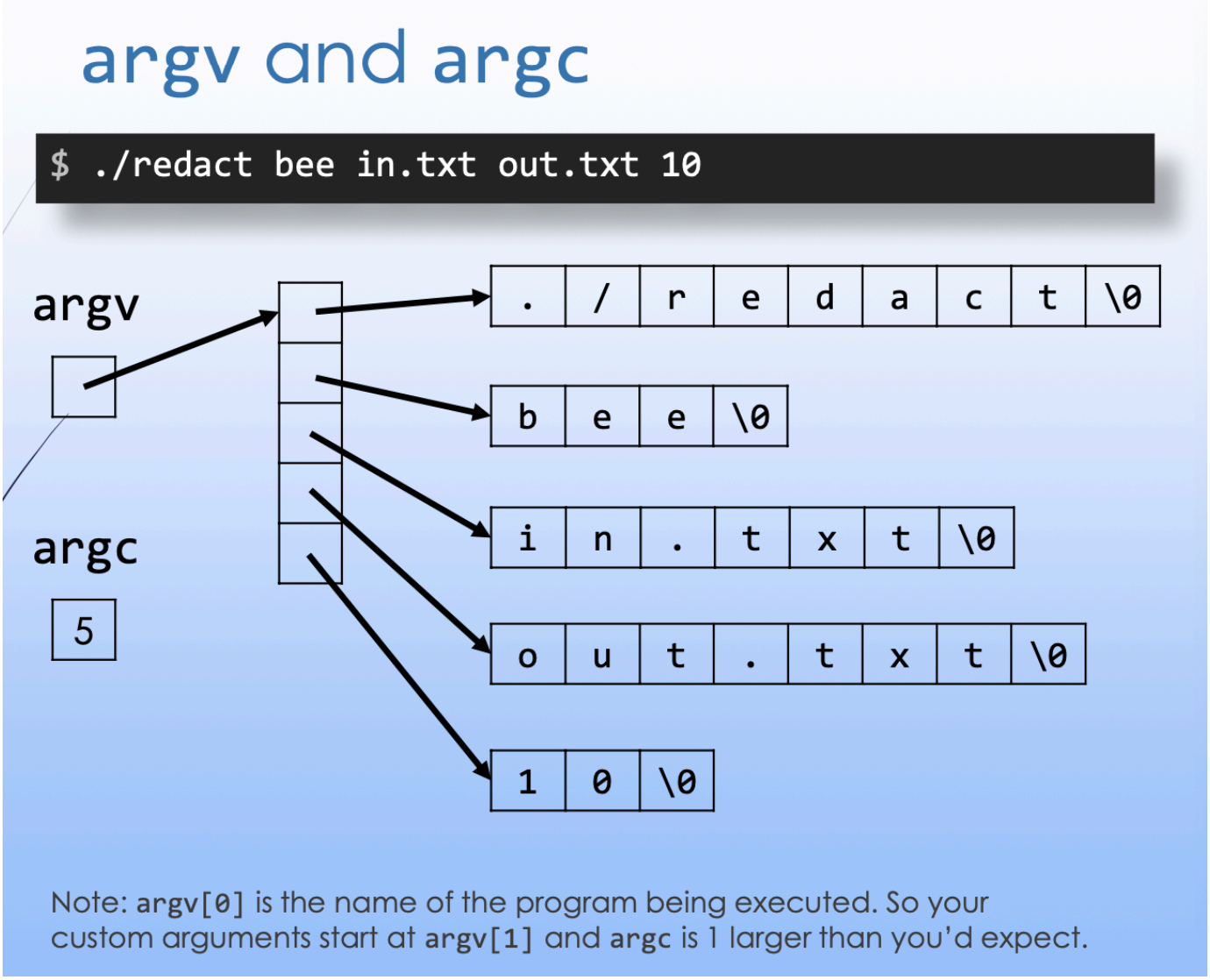
这个大 array 里面每个小 char array 的地址，都会传给 `main()` 的 parameter `argv`。

`argv` 是一个元素为 `char *` 的 array 型参数，我们知道函数传进去 array 参数并不是真的 array 而是会彻底变成一个指向首元素的 pointer 。compiler 会把它自动变成 `char **argv`。

但是这完全不影响它的作用。`argv[]` 的值就是第 0 个 argument 这个 c string 的首个 char 的地址。我们可以使用 `[]` 符号来解引用 `*(argv + i)`，表示第 i 个 argument 这个 c string 的首个 char 的地址。

而我们知道，**所有 stream 对于 `char *` 型变量，也就是 char 的地址，会直接 in/write 它所表示的 char 以及之后的 char 一直到碰到 `\0` 为止。所以当我们 `cout << argv[1]` 的时候， `argv[1]` 是一个地址，但是我们 cout 的是一整个 argument.**

结构如下：



`fstream` 也一样。

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  if (argc != 5) {
    cout << "Usage: ./redact WORD INFILE OUTFILE NUM_STARS" << endl; return 1;
  }

  string wordToRemove = argv[1];

  ifstream fin(argv[2]);
  ofstream fout(argv[3]);
}
```

我们通过一个题目来检测一下理解：

```
// ./program cat dog lobster
int main(int argc, char *argv[]) {
  cout << argc  // 4
  cout << argv[1] // cat
  cout << *argv[1] // *(argument1的首个char的address) = argument1的首个char = c
  cout << argv[2] + 1 << " "; // argument2的首个元素address + 1 = argument2的首个元素address + 1个char大小的address = argument2的次元素address, 经过stream out打印出argument2从次元素开始的部分cstring = og
}
// 4 cat c og
```

11.5.1 如何把 command line arguments 里面的数字 c-string 转为 double

我们已经知道了，每个 arguments 是一个 c-string.

实际上我们有些 arguments 的意思是 int, double. 但是在 command line 里只能打出 string.

那么我们怎么把它们转化成 int/double 呢?

1. 如果想要转化成 C++-style string:

   `<string>` 这个 library 里有两个函数: `stoi()` 和 `stod()`.

   (1) `stoi()` parses an integer encoded in a string.

   (2) `stod()` parses a double encoded in a string.

2. 如果想要转化成 C-style string:

   需要 `#include <cstdlib>`

   对应的是 `atoi()`, `atof()`

```
#include <string> // needed for stoi() or stod() using namespace std;
int main(int argc, char *argv[]) {
  // parse string "10" to int 10
  int numStars = stoi(argv[4]);
  // e.g. numStars is 3, makes ***
  string replacement(numStars, '*');
}
```

使用例：Add up command line arguments.

```
./sum 1 2 3 4 5
```

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  int sum = 0;
  for (int i = 1; i < argc; ++i) {
    sum += atoi(argv[i]);
  }
  cout << "sum is " << sum << endl;
}
```

12.6.2 Caution when comparing elements of argv

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  // BAD, compares addresses
  if (argv[1] == "--debug") { ... }

  // OK, wrap one in a std::string
  if (std::string(argv[1]) == "--debug") { ... }

  // OK, ""s suffix creates a std::string
  if (argv[1] == "--debug"s) { ... }

  // BAD, compares addresses
  if (argv[1] == argv[2]) { ... }

  // OK, wrap one in a std::string
  if (std::string(argv[1]) == argv[2]) { ... }
}
```

12.6.3 综合使用例

```
int main(int argc, char *argv[]) {
  if (argc != 3) {
    cout << "Usage: redact INFILE OUTFILE" << endl; return 1;
  }
  string inName = argv[1]; string outName = argv[2];
  cout << "Copying from " << inName << " to " << outName << endl;
  string wordToRemove;
  cout << "What word would you like to remove? "; cin >> wordToRemove;
  ifstream fin(inName);
  ofstream fout(outName);
  if ( !fin.is_open() || !fout.is_open() ) {
    cout << "Unable to open one of the files!" << endl; return 1;
  }

  string word;
  while (fin >> word) {
    if (word != wordToRemove) { fout << word << " "; }

  }
```

```
    fin.close(); fout.close();
}
```