

به نام خدا

مبانی برنامه نویسی

آرش شفیعی



توابع و ساختارهای برنامه

- توسط توابع می‌توان محاسبات طولانی را به قسمت‌های کوچکتر تقسیم کرد. این تقسیم‌بندی کمک می‌کند که یک برنامه خوانایی بیشتری داشته باشد، علاوه بر این که وقتی یک محاسبات معین توسط یک واحد مشخص تعریف شود، از آن واحد محاسباتی می‌توان در برنامه‌های دیگر نیز استفاده کرد.
- یک واحد محاسباتی توسط یک نام مشخص می‌شود. واحد محاسباتی برای انجام محاسبات تعدادی ورودی دریافت می‌کند و تعدادی خروجی باز می‌گرداند. چنین واحد محاسباتی در زبان سی یک تابع نامیده می‌شود.
- یک تابع یک واحد محاسباتی است که توسط یک نام مشخص می‌شود و صفر یا تعدادی ورودی دریافت کرده و صفر یا یک خروجی باز می‌گرداند.
- یک تابع تشکیل شده است از یک نوع داده بازگشتی، نام تابع، متغیرهای ورودی که پارامتر نامیده می‌شوند و بدنه تابع.

- فرض کنید می‌خواهیم تابعی بنویسیم که مقدار x^y را محاسبه می‌کند. در واقع این تابع دو متغیر x و y را دریافت می‌کند و مقداری را از تابع $\text{power}(x, y)$ بازمی‌گرداند.

- این تابع به صورت زیر تعریف می‌شود.

```
۱۱  /* power: raise base to n-th power; n >= 0 */
۱۲  int power (int base, int n)
۱۳  {
۱۴      int i, p;
۱۵      p = 1;
۱۶      for (i = 1; i <= n; ++i)
۱۷          p = p * base;
۱۸      return p;
۱۹  }
```

- سپس این تابع را به صورت زیر فراخوانی می‌کنیم.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ /* test power function */
۳ int main ()
۴ {
۵     int i;
۶     for (i = 0; i < 10; ++i)
۷         printf ("%d %d %d\n", i, power (2, i), power (-3, i));
۸     return 0;
۹ }
```

- برنامه‌سی از تعداد زیادی تابع تشکیل شده است که هر یک وظیفه مشخصی دارند. این توابع می‌توانند در یک یا چند فایل مختلف قرار بگیرند. هر فایل به طور جداگانه کامپایل می‌شود و فایل‌های کامپایل شده توسط لینکر به یکدیگر متصل می‌شوند. در بسیاری از مواقع توابع مورد نیاز توسط افراد دیگر نوشته شده‌اند و فایل‌های کامپایل شده برای استفاده در اختیار ما قرار می‌گیرند. مجموعه توابعی که برای یک کاربرد خاص تعریف شده و برای استفاده در اختیار دیگر برنامه‌ها قرار می‌گیرند، یک کتابخانه نامیده می‌شود.

- یک تابع را می‌توانیم قبل از تعریف کردن¹ اعلام کنیم².
- برای اعلام تابع باید نوع خروجی، نام تابع و پارامترهای ورودی و نوع آنها مشخص شود. به مجموعهٔ نوع، نام، و پارامترهای ورودی تابع، پروتوتایپ تابع گفته می‌شود، پس در اعلام تابع تنها پروتوتایپ تابع³ مشخص می‌شود. این اعلام جهت اطلاع کامپایلر است از اینکه چنین تابعی وجود دارد.
- یک تابع پس از اعلام باید تعریف شود. در تعریف تابع علاوه بر مشخص کردن نام و نوع ورودی‌ها و خروجی تابع باید مجموعه دستورات تابع در یک بلوک تعریف شوند. تعریف و اعلام یک تابع باید با یکدیگر همخوانی داشته باشند.
- در اعلام تابع، الزامی به ذکر نام پارامترها وجود ندارد. بنابراین می‌توانیم بنویسیم:
`int power (int, int);`

¹ definition

² declaration

³ function prototype

- اگر یک تابع، قبل از فراخوانی تعریف شده باشد، نیازی به اعلام تابع نداریم. اما اگر تابع بعد از فراخوانی تعریف شده باشد یا در یک فایل دیگر قرار گرفته باشد، باید قبل از فراخوانی آن را اعلام کنیم.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ int power (int m, int n);
۳ /* test power function */
۴ int main ()
۵ {
۶     int i;
۷     for (i = 0; i < 10; ++i)
۸         printf ("%d %d %d\n", i, power (2, i), power (-3, i));
۹     return 0;
۱۰ }
```

- یک تابع در یک فایل تعریف می‌شود و نمی‌توان یک تابع را به دو قسمت تقسیم کرد. وقتی یک تابع در یک فایل جداگانه از تابع فراخوانی کننده قرار می‌گیرند، برای استفاده از آن باید فایل‌های آبجکت ساخته شده به یکدیگر پیوند داده شوند.
- تابع power در مثال قبل دارای دو پارامتر ورودی از نوع عدد صحیح و یک مقدار بازگشتی از نوع عدد صحیح است.
- متغیرهایی که در تعریف تابع به کار می‌روند را پارامتر و متغیرهایی که در فراخوانی تابع به تابع ارسال می‌شوند را آرگومان می‌نامیم.
- کلمه کلیدی return برای بازگرداندن یک مقدار از تابع به کار می‌رود.
- نوع void برای یک متغیر به معنی نوع تهی است. تابعی که هیچ متغیری باز نمی‌گرداند، مقدار بازگشتی آن از نوع void است.

- تابع main هم مانند توابع دیگر یک مقدار باز می‌گرداند. مقدار صفر نشان دهنده این است که برنامه بدون خطا متوقف شده است.
- مقداری که توسط تابع main بازگردانده می‌شود به محیط اجرا کننده آن بازگردانده می‌شود. محیط اجرا کننده می‌تواند تصمیم بگیرد که با مقدار بازگردانده شده چه عملیاتی انجام دهد.
- می‌توانیم از تابع main مقادیر غیر صفر نیز بازگردانیم، که به معنای خاتمه برنامه با خطا است.
- برای مثال می‌توانیم برنامه دیگری بنویسیم که یک برنامه را راه‌اندازی کند و در صورتی که مقدار بازگردانده شده غیر صفر بود، عملیاتی برای مدیریت خطا انجام دهد.

- فرض کنید می‌خواهیم برنامه‌ای بنویسیم که در ورودی تعدادی خط را دریافت کرده و اگر در یک خط یک رشته داده شده وجود داشت، آن خط را در خروجی چاپ کند.
- پس الگوریتم این برنامه بدین صورت است : تا وقتی که خط بعدی وجود دارد، خط بعدی را از ورودی استاندارد بخوان و اگر آن خط شامل رشته داده شده است، آن خط را چاپ کن.

- گرچه همهٔ دستورات را می‌توانیم در بدنه تابع اصلی `main` قرار دهیم، راه بهتری این است که برنامه را طوری ساختار بندی کنیم که دستورات بدنهٔ اصلی کم و برنامه اصلی خوانا باشد. طراحی بهتر این است جزئیات را در توابع قرار دهیم و در بدنهٔ اصلی تنها بنویسیم چه کاری باید انجام نشود و به این که چگونه باید انجام شود.
- برای دریافت خط بعدی قبلاً تابع `getline` را نوشتیم. برای چاپ یک جمله نیز از تابع `printf` استفاده می‌کنیم. تنها تابع مورد نیاز، تابعی است که یک رشته (یک خط) را دریافت کند و یک زیررشته (یک الگو) را در آن جستجو کند.
- می‌توانیم تابعی بنویسیم که به عنوان ورودی اول یک جمله و به عنوان ورودی دوم یک الگو را دریافت کرده و در جمله، الگوی مورد نظر را جستجو کند. این تابع در صورتی که الگوی ورودی را پیدا کرد اندیس کاراکتر اول الگوی یافت شده را در جمله باز می‌گرداند و در غیر اینصورت مقدار ۱- را باز می‌گرداند.
- در کتابخانهٔ استاندارد زبان سی تابعی به نام `strstr` وجود دارد که عملیات مشابه انجام می‌دهد.

- برنامه جستجوی رشته در ورودی استاندارد به صورت زیر نوشته می شود.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #define MAXLINE 1000      /* maximum input line length */
۳ int _getline (char line[], int max);
۴ int strindex (char source[], char searchfor[]);
۵ char pattern[] = "ould";  /* pattern to search for */
```

```
۶  /* find all lines matching pattern */
۷  int main ()
۸  {
۹      char line[MAXLINE];
۱۰     int found = 0;
۱۱     while (_getline (line, MAXLINE) > 0)
۱۲         if (strindex (line, pattern) >= 0)
۱۳             {
۱۴                 printf ("%s", line);
۱۵                 found++;
۱۶             }
۱۷     return found;
۱۸ }
```

```
۲۰  /* getline: get line into s, return length */
۲۱  int _getline (char s[], int lim)
۲۲  {
۲۳      int c, i;
۲۴      i = 0;
۲۵      while (--lim > 0 && (c = getchar ()) != EOF && c != '\n')
۲۶          s[i++] = c;
۲۷      if (c == '\n')
۲۸          s[i++] = c;
۲۹      s[i] = '\0';
۳۰      return i;
۳۱  }
```

```
۳۳ /* strindex: return index of t in s, -1 if none */
۳۴ int strindex (char s[], char t[])
۳۵ {
۳۶     int i, j, k;
۳۷     for (i = 0; s[i] != '\0'; i++)
۳۸     {
۳۹         for (j = i, k = 0; t[k] != '\0' && s[j] == t[k]; j++, k++)
۴۰             ;
۴۱         if (k > 0 && t[k] == '\0')
۴۲             return i;
۴۳     }
۴۴     return -1;
۴۵ }
```

- همانطور که دیدیم یک تابع توسط نوع خروجی، نام تابع، پارامترهای ورودی (متغیرهای ورودی) و نوع آنها که توسط کامپایلر جدا می‌شوند، و بدنه تابع تعریف می‌شود.
- بدنه تابع می‌تواند تهی باشد، بنابراین کوچک‌ترین تابع به صورت `{ } void f()` تعریف می‌شود. اگر نوع خروجی تابع تعیین نشود، نوع پیش فرض `int` است، ولی در کامپایلرهای امروزی پیام هشدار صادر می‌شود و نوع خروجی تابع باید مشخص شود.
- توابع با یکدیگر توسط پارامترها ارتباط برقرار می‌کنند و یک تابع توسط `return` یک مقدار باز می‌گرداند. وقتی یک تابع عبارت `expression` را باز می‌گرداند، نوع مقدار بازگشتی به نوع بازگشتی تابع تبدیل می‌شود.
- دستور `return` بدون تعیین عبارت بازگردانده شده، باعث خروج از تابع بدون بازگرداندن مقدار می‌شود.
- همچنین تابعی که یک تابع دیگر را فراخوانی می‌کند، می‌تواند مقدار بازگشتی تابع فراخوانی شده را نادیده بگیرد.

- توابع را می‌توانیم در فایل‌های جداگانه قرار دهیم و در هنگام کامپایل باید همه فایل‌های مورد نیاز را مشخص کنیم. برای مثال می‌توانیم تابع محاسبه توان را در یک فایل جداگانه به نام `power.c` قرار دهیم.
- در هنگام کامپایل توسط `gcc` برنامه را به صورت `gcc main.c power.c` کامپایل می‌کنیم.
- همچنین اگر فایل `power.c` قبلاً کامپایل شده بود و می‌خواستیم آنها را به برنامه اصلی پیوند دهیم، می‌توانستیم به صورت `gcc main.c power.o` نیز برنامه را کامپایل کنیم.

- در برنامه‌ای که نوشتیم همه توابع را در یک فایل قرار دادیم. می‌توانیم توابع را در فایل‌های جداگانه قرار دهیم و در هنگام کامپایل باید همه فایل‌های مورد نیاز را مشخص کنیم. برای مثال برنامه قبل را می‌توانستیم به صورت `gcc main.c getline.c strindex.c` کامپایل کنیم.
- همچنین اگر فایل‌های `getline.c` و `strindex.c` قبلاً کامپایل شده بودند و می‌خواستیم آنها را به برنامه اصلی پیوند دهیم، می‌توانستیم به صورت `gcc main.c getline.o strindex.o` نیز برنامه را کامپایل کنیم.

- در زبان سی فراخوانی توابع به طور پیش فرض با مقدار است، بدین معنی که مقدار آرگومان‌ها در مقدار پارامترها کپی می‌شوند و تنها مقدار آرگومان‌ها در دسترس است نه مکان حافظه و آدرس آنها بنابراین متغیرهای ارسال شده به عنوان آرگومان در بدنه تابع در دسترس نیستند.
- فراخوانی با مقدار¹ در کنار فراخوانی با ارجاع² دو نوع فراخوانی در زبان سی هستند. فراخوانی به طور پیش فرض با مقدار است.
- ارسال متغیرها با نوع‌های معمولی با مقدار است، اما وقتی آرایه‌ها به توابع ارسال می‌شوند، ارسال با ارجاع است.

¹ call by value

² call by reference

فراخوانی با مقدار

- در مثال زیر، مقدار n در تابع کاهش می‌یابد ولی از آنجایی که n یک کپی از آرگومان دوم ارسال شده به تابع است، مقدار آرگومان دوم تغییر نخواهد کرد.

```
۱  /* power: raise base to n-th power; n >= 0; version 2 */
۲  int power (int base, int n)
۳  {
۴      int p;
۵      for (p = 1; n > 0; --n)
۶          p = p * base;
۷      return p;
۸  }
۹  int main () {
۱۰     int b = 2, n = 10;
۱۱     int x = power(b, n);
۱۲     // the value of n does not change after the call
۱۳ }
```

- وقتی نیاز داشته باشیم مقدار یک آرگومان را تغییر دهیم باید از فراخوانی با ارجاع استفاده کنیم. در فراخوانی با ارجاع پارامترها به صورت اشاره‌گر تعریف می‌شوند.
- وقتی یک آرایه به عنوان آرگومان به یک تابع ارسال می‌شود، فراخوانی با ارجاع است و نام آرایه به آدرس اولین عنصر آرایه که به عنوان آرگومان ارسال شده اشاره می‌کند. عناصر یک آرایه از آرگومان به پارامتر کپی نمی‌شوند.

- بنابراین تابع زیر مقدار عناصر آرایه را تغییر می‌دهد.

```
۱ void change(int arr[], int n) {  
۲     for (int i=0; i<n; i++)  
۳         arr[i]*=2;  
۴ }  
۵ int main () {  
۶     int x[] = {1,2,3,4};  
۷     change(x, 4);  
۸     for (int i=0; i<4; i++)  
۹         printf("x[%d] = %d\n", i, x[i]);  
۱۰ }
```


- اما تابع زیر مقدار ورودی تابع را تغییر نمی‌دهد.

```
۱ void change(int n) {  
۲     n*=2;  
۳ }  
۴ int main () {  
۵     int x = 4;  
۶     change(x);  
۷     printf("x = %d\n", x);  
۸ }
```

- می‌خواهیم تابعی بنویسیم که یک رشته را در یک رشته دیگر کپی کند.

- این برنامه را به صورت زیر می‌توانیم بنویسیم.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #define MAXLEN 1000 /* maximum string length */
۳ void copy (char to[], char from[]);
۴ int main () {
۵     char target[MAXLEN];
۶     char source[MAXLEN] = "hello";
۷     copy (target, source);
۸     printf ("%s\n", target);
۹     return 0;
۱۰ }
```

```
۳۹  /* copy: copy 'from' into 'to'; assume string 'to' is big enough */
۴۰  void copy(char to[], char from[])
۴۱  {
۴۲      int i;
۴۳      i = 0;
۴۴      while ((to[i] = from[i]) != '\0')
۴۵          ++i;
۴۶  }
```

- در برنامه قبل متغیرهای source و target را در تابع main تعریف کردیم. این متغیرها فقط در تابع main تعریف شده‌اند و بیرون از تابع دسترسی به آنها امکان پذیر نیست.
- متغیرهایی که در یک تابع تعریف می‌شوند را متغیرهای محلی¹ تابع می‌نامیم. به عبارت دیگر این متغیرها تنها در حوزه تابع² تعریف شده‌اند.
- یک متغیر محلی با فراخوانی تابع تعریف می‌شود و در حافظه قرار می‌گیرد و به محض اتمام اجرای تابع از حافظه حذف می‌شود و مقدار خود را از دست می‌دهد و دسترسی به آن امکان‌پذیر نیست. بنابراین در ابتدای تابع نیاز به مقداردهی اولیه این متغیرهای محلی داریم.

¹ local variables

² scope

- یک متغیر را می‌توانیم بیرون از توابع نیز تعریف کنیم. چنین متغیرهایی را متغیر عمومی¹ می‌نامیم. به متغیرهای عمومی متغیرهای خارجی² نیز گفته می‌شود.
- یک متغیر عمومی با شروع برنامه تعریف می‌شود و با اتمام برنامه از بین می‌رود بنابراین مقدار خود را در طول برنامه نگه می‌دارد.
- وقتی یک متغیر خارج از یک تابع تعریف شده باشد، می‌توانیم با استفاده از کلمه کلیدی extern آن را اعلام کنیم.

¹ global variable

² external variable

- در مثال زیر از متغیرهای عمومی به جای متغیرهای محلی استفاده شده است.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #define MAXLEN 1000 /* maximum string length */
۳ char target[MAXLEN];
۴ char source[MAXLEN] = "hello";
۵ void copy ();
۶ int main () {
۷     extern char target [];
۸     extern char source [];
۹     copy ();
۱۰    printf ("%s\n", target);
۱۱    return 0;
۱۲ }
```

```
۱۳ /* copy: specialized version */  
۱۴ void copy()  
۱۵ {  
۱۶     int i = 0;  
۱۷     extern char target[], source[];  
۱۸     while ((target[i] = source[i]) != '\0')  
۱۹         ++i;  
۲۰ }
```

- اگر تعریف متغیر قبل از تابع استفاده‌کننده از آن صورت گرفته باشد، نیازی به اعلام متغیر با کلمه `extern` نداریم. همچنین اگر یک برنامه از چند فایل تشکیل شده باشد و یک متغیر در یک فایل تعریف شده باشد و بخواهیم در یک فایل دیگر از آن استفاده کنیم، نیاز داریم با استفاده از کلمه `extern` آن را اعلام کنیم.
- توابعی مانند `printf` که از آنها استفاده کردیم، در فایل‌های دیگر تعریف شده‌اند و بنابراین در ابتدای برنامه فایل `stdio.h` را ضمیمه کردیم که در آن اعلام تابع `printf` وجود دارد. این توابع ورودی و خروجی توسط توسعه دهندگان زبان سی در این فایل تعریف شده‌اند.

- وقتی یک متغیر را تعریف می‌کنیم، در واقع متغیر باید ساخته شود و بر روی حافظه قرار بگیرد. وقتی یک متغیر را اعلام می‌کنیم در واقع به کامپایلر می‌گوییم آن متغیر قبلاً تعریف شده و اکنون می‌خواهیم از آن استفاده کنیم.
- تا آنجایی که امکان دارد بهتر است از متغیرهای عمومی و خارجی استفاده نکنیم. دلیل اول این است که استفاده زیاد از متغیرهای خارجی از خوانایی برنامه می‌کاهد. دلیل دوم این است که گاهی ممکن است توابع مختلف مقدار یک متغیر عمومی را به نحوی تغییر دهند که برنامه نویس نسبت به آن آگاه نباشد و این امر باعث ایجاد برنامه‌ای شود که از نظر منطقی دچار مشکل شود. سومین دلیل این است که ممکن است چند تابع در یک اجرای همزمان (در برنامه نویسی همروند) به طور همزمان یک متغیر را تغییر دهند که باعث ایجاد اشکال در اجرای برنامه شود. چهارمین دلیل این است که توابعی که پارامتر دریافت می‌کنند به طور عمومی تعریف می‌شوند و در همه برنامه‌ها قابل استفاده هستند چون به صورت یک تابع مستقل عمل می‌کنند. بنابراین ترجیح می‌دهیم برنامه قبلی را با متغیرهای محلی پیاده‌سازی کنیم و نه متغیرهای عمومی.

- توابع می‌توانند هر نوع مقداری را بازگردانند. برای مثال فرض کنید می‌خواهیم تابعی بنویسیم که یک رشته را به عدد اعشاری تبدیل کند. در اینصورت تابع مورد نظر باید مقدار double بازگرداند.

- تابع تبدیل رشته به عدد اعشاری به صورت زیر نوشته می‌شود.

```
۱ #include <ctype.h>
۲ /* atof: convert string s to double */
۳ double atof (char s[])
۴ {
۵     double val, power;
۶     int i, sign;
۷     for (i = 0; isspace (s[i]); i++)    /* skip white space */
۸         ;
۹     sign = (s[i] == '-') ? -1 : 1;
۱۰    if (s[i] == '+' || s[i] == '-')
۱۱        i++;
```

```
۱۳     for (val = 0.0; isdigit (s[i]); i++)
۱۴         val = 10.0 * val + (s[i] - '0');
۱۵     if (s[i] == '.')
۱۶         i++;
۱۷     for (power = 1.0; isdigit (s[i]); i++)
۱۸         {
۱۹             val = 10.0 * val + (s[i] - '0');
۲۰             power *= 10;
۲۱         }
۲۲     return sign * val / power;
۲۳ }
```

- یک تابع را می‌توان در کنار تعریف متغیرها اعلام کرد. مزیت اعلام یک تابع این است که استفاده‌کننده آن خواهد دانست چگونه از تابع استفاده کند.

- در برنامه زیر تابع atof اعلام شده است.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #define MAXLINE 100
۳ /* rudimentary calculator */
۴ int main ()
۵ {
۶     double sum, atof (char []);
۷     char line[MAXLINE];
۸     int getline (char line[], int max);
۹     sum = 0;
۱۰ while (_getline (line, MAXLINE) > 0)
۱۱     printf ("\t%g\n", sum += atof (line));
۱۲ return 0;
۱۳ }
```

- الزامی به اعلام توابع وجود ندارد و توابع را می‌توانیم تنها تعریف کنیم. در اینصورت در هنگام فراخوانی، کامپایلر به دنبال تعریف تابع می‌گردد.
- با فرض اینکه تابع `atof` برای تبدیل رشته به اعشاری تعریف شده است، می‌توانیم تابعی تعریف کنیم که یک رشته را به یک عدد صحیح تبدیل می‌کند.

```
۱ /* atoi: convert string s to integer using atof */  
۲ int atoi (char s[])  
۳ {  
۴     double atof (char s[]);  
۵     return (int) atof (s);  
۶ }
```

- توابع می‌توانند توسط متغیرهای عمومی و متغیرهای خارجی نیز با یکدیگر اطلاعات به اشتراک بگذارند. متغیرهای محلی یک تابع در هنگام فراخوانی تعریف شده و در هنگام اتمام اجرای تابع از بین می‌روند، ولی متغیرهای عمومی مقدار خود را نگه می‌دارند.

- فرض کنید می‌خواهیم یک ماشین حساب بنویسیم که عملیات جمع و تفریق و ضرب و تقسیم انجام دهد. از آنجایی که محاسبه عبارت‌های ریاضی که به صورت پسوندی¹ بیان می‌شوند برای کامپیوتر آسان‌تر است، به جای دریافت عبارت‌ها به صورت میانوندی² از نشانه گذاری پسوندی استفاده می‌کنیم.
- برای مثال عبارت میانوندی $(2-1)*(4+5)$ در نشانه گذاری پسوندی به صورت $12-45+*$ بیان می‌شود. نشانه گذاری پسوندی غیر مبهم است پس به پرانتز گذاری نیاز ندارد.

¹ postfix

² infix

- پیاده‌سازی این ماشین حساب به یک پشته نیاز دارد. هر عملوند در یک پشته ذخیره می‌شود. وقتی به یک عملگر می‌رسیم، دو عملوند را از پشته خارج می‌کنیم و عملگر مورد نظر را بر روی آنها اعمال می‌کنیم. نتیجه محاسبات مجدداً در پشته ذخیره می‌شود.
- الگوریتم این ماشین حساب بدین صورت است.
 ۱. تا وقتی که مقدار بعدی در رشته عملگر یا عملوند است.
 ۲. اگر به یک عدد رسیدی
 ۳. عدد را در پشته وارد کن
 ۴. در غیراینصورت اگر به یک عملگر رسیدی
 ۵. دو عملوند را از پشته خارج کن و عملگر را بر روی آنها اعمال کن و نتیجه را در پشته ذخیره کن.
 ۶. در غیراینصورت اگر به کاراکتر خط جدید رسیدی
 ۷. مقدار نهایی را از پشته خارج کن و چاپ کن.
 ۸. در غیراینصورت پیام خطا چاپ کن.

- برای هر یک از عملیات پشته یک تابع تعریف می‌کنیم. این توابع نیاز دارند مکان آخر پشته را به یکدیگر منتقل کنند. آخرین مکان پشته را می‌توانیم به صورت یک متغیر عمومی تعریف کنیم.
- این برنامه را در چند فایل می‌نویسیم. در یک فایل بدنه اصلی برنامه تعریف می‌شود، در فایل دیگر توابع مربوط به پشته تعریف می‌شوند و در فایل دیگر توابع مورد نیاز برای دریافت ورودی.

- بدنه اصلی برنامه ماشین حساب به صورت زیر نوشته می‌شود.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #include <stdlib.h>          /* for atof() */
۳ #define MAXOP 100          /* max size of operand or operator */
۴ #define NUMBER '0'         /* signal that a number was found */
۵ int getop (char []);
۶ void push (double);
۷ double pop (void);
۸ /* reverse Polish calculator */
۹ int main ()
۱۰ {
۱۱     int type;
۱۲     double op2;
۱۳     char s[MAXOP];
۱۴     while ((type = getop (s)) != EOF)
```

```
۱۶ {  
۱۷     switch (type)  
۱۸     {  
۱۹         case NUMBER:  
۲۰             push (atof (s));  
۲۱             break;  
۲۲         case '+':  
۲۳             push (pop () + pop ());  
۲۴             break;  
۲۵         case '*':  
۲۶             push (pop () * pop ());  
۲۷             break;  
۲۸         case '-':  
۲۹             op2 = pop ();  
۳۰             push (pop () - op2);  
۳۱             break;
```

```
۳۲     case '/':
۳۳         op2 = pop ();
۳۴         if (op2 != 0.0)
۳۵             push (pop () / op2);
۳۶         else
۳۷             printf ("error: zero divisor\n");
۳۸         break;
۳۹     case '\n':
۴۰         printf ("\t%.8g\n", pop ());
۴۱         break;
۴۲     default:
۴۳         printf ("error: unknown command %s\n", s);
۴۴         break;
۴۵     }
۴۶ }
۴۷ return 0;
۴۸ }
```

- پشته مورد نیاز در برنامه ماشین حساب به صورت زیر نوشته می‌شود.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #define MAXVAL 100      /* maximum depth of val stack */
۳ int sp = 0;             /* next free stack position */
۴ double val[MAXVAL];     /* value stack */
۵ /* push: push f onto value stack */
۶ void push (double f)
۷ {
۸     if (sp < MAXVAL)
۹         val[sp++] = f;
۱۰     else
۱۱         printf ("error: stack full, can't push %g\n", f);
۱۲ }
```

```
۱۴ /* pop: pop and return top value from stack */
۱۵ double pop (void)
۱۶ {
۱۷     if (sp > 0)
۱۸         return val[--sp];
۱۹     else
۲۰     {
۲۱         printf ("error: stack empty\n");
۲۲         return 0.0;
۲۳     }
۲۴ }
```

- توابع مورد نیاز برای دریافت عملوندها به صورت زیر تعریف می‌شود.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #include <ctype.h>
۳ #define NUMBER '0'      /* signal that a number was found */
۴ int getch (void);
۵ void ungetch (int);
۶ /* getop: get next character or numeric operand */
۷ int getop (char s[])
۸     int i, c;
۹     while ((s[0] = c = getch ()) == ' ' || c == '\t')
```

```
۱۱     ;
۱۲     s[1] = '\\0';
۱۳     if (!isdigit (c) && c != '.')
۱۴         return c;          /* not a number */
۱۵     i = 0;
۱۶     if (isdigit (c))        /* collect integer part */
۱۷         while (isdigit (s[++i] = c = getch ()))
۱۸             ;
۱۹     if (c == '.')           /* collect fraction part */
۲۰         while (isdigit (s[++i] = c = getch ()))
۲۱             ;
۲۲     s[i] = '\\0';
۲۳     if (c != EOF)
۲۴         ungetch (c);
۲۵     return NUMBER;
۲۶ }
```

- در این توابع نیاز به یک تابع برای دریافت یک کاراکتر داریم که آن را با نام `getch` تعریف می‌کنیم. وقتی می‌خواهیم یک عدد دریافت کنیم نیاز داریم کاراکترها به ترتیب دریافت کنیم تا زمانی که کاراکتر بعدی یک رقم نباشد. از آنجایی که طول یک عدد مشخص نیست باید یکی یکی کاراکترها را دریافت کنیم و در نهایت کاراکتری دریافت خواهیم کرد که رقم نیست. در اینصورت نیاز داریم این کاراکتر خوانده شده را بازگردانیم. تابع `ungetch` برای بازگرداندن یک کاراکتر استفاده می‌شود.

- توابع دریافت کاراکتر به صورت زیر تعریف می‌شوند.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ #define BUFSIZE 100
۳ char buf[BUFSIZE]; /* buffer for ungetch */
۴ int bufp = 0; /* next free position in buf */
۵ int getch (void) /* get a (possibly pushed-back) character */
۶ {
۷     return (bufp > 0) ? buf[--bufp] : getchar ();
۸ }
```

```
\0 void ungetch (int c) /* push character back on input */
\1 {
\2     if (bufp >= BUFSIZE)
\3         printf ("ungetch: too many characters\n");
\4     else
\5         buf[bufp++] = c;
\6 }
```

برنامه در چند فایل *

- معمولاً برنامه‌ها در زبان سی در چند فایل ذخیره می‌شوند و فایل‌ها به طور جداگانه کامپایل شده و به یکدیگر پیوند داده می‌شوند.
- حوزه تعریف¹ یک نام، قسمتی از برنامه است که در آن نام تعریف شده است. برای مثال حوزه تعریف یک متغیر که در ابتدای یک تابع تعریف شده است، بلوک دستورات آن تابع است. دو متغیر محلی در دو تابع مختلف دو متغیر کاملاً متفاوت هستند. حوزه تعریف یک متغیر عمومی در ابتدای یک فایل، همه آن فایل است که شامل توابع تعریف شده در آن فایل می‌شود. همچنین یک تابع که در یک فایل تعریف و اعلام شده است در همه آن فایل قابل استفاده است و بنابراین حوزه تعریف آن همه آن فایل است.

¹ scope

برنامه در چند فایل *

- اگر تابع f بعد از تابع g تعریف شده باشد، تابع f در تابع g تابع استفاده نیست مگر اینکه f قبل از g اعلام شده باشد.
- اگر یک متغیر در یک فایل دیگر تعریف شده باشد، توسط کلیدواژه `extern` می‌توان آن متغیر را در فایل جاری اعلام کرد. در این صورت فایل دیگر باید توسط `include` به فایل جاری معرفی شود. یک متغیر یا یک تابع فقط یک بار می‌تواند تعریف شود. ولی می‌توان در چند مکان اعلام شود.

برنامه در چند فایل *

- معمولاً توابع در یک برنامه سی در یک فایل سرتیتل¹ با پسوند `.h` اعلام می‌شوند و در یک فایل سورس با پسوند `.c` تعریف می‌شوند.
- برای مثال در برنامه ماشین حساب می‌توان همه توابع را در یک فایل `calc.h` اعلام کرد و توابع مربوط به پشته را در فایل `stack.h`، توابع دریافت عملوندها را در فایل `getop.c`، توابع مربوط به دریافت کاراکتر را در فایل `getch.c` و تابع بدنه اصلی را در فایل `main.c` ذخیره کرد. برای اینکه هریک از فایل‌های سورس که به توابع فایل‌های سورس دیگر نیاز دارند بتوانند کامپایل شوند، نیاز داریم در همه فایل‌ها `calc.h` را اضافه کنیم. همچنین در فایل `main.c` نیاز به اعلام توابع داریم که برای اعلام آنها `calc.h` را به فایل اصلی اضافه می‌کنیم. وقتی یک متغیر در یک فایل تعریف شود، آن متغیر می‌تواند توسط کلیدواژه `extern` به عنوان متغیر خارجی در یک فایل دیگر استفاده شود.

¹ header file

- اگر بخواهیم یک متغیر به طور خصوصی برای یک فایل تعریف شود و در فایل‌های دیگر قابل استفاده نباشد، آن متغیر باید به صورت ایستا با کلیدواژه static تعریف شود.
- یک متغیر عمومی ایستا در یک فایل در فایل‌های دیگر قابل استفاده نیست.
- همینطور می‌توان یک تابع را به طور ایستا تعریف کرد. تابع ایستا در یک فایل در فایل‌های دیگر قابل استفاده نیست.
- اگر یک متغیر به صورت ایستا در یک تابع تعریف شود، پس از اتمام فراخوانی تابع مقدار آن از بین نمی‌رود. در واقع متغیرهای ایستا حتی اگر محلی باشند، پس از تعریف تا اتمام برنامه در حافظه باقی می‌مانند.

- متغیرهای پر استفاده معمولاً با استفاده از کلیدواژه register تعریف می‌شوند. متغیرهای رجیستر در واقع بر روی رجیستر پردازنده قرار می‌گیرند و نه بر روی حافظه. بدین ترتیب سرعت دسترسی به آنها بسیار بیشتر است. از آنجایی که تعداد رجیسترهای پردازنده محدود است، در استفاده از متغیرهای رجیستر نیز محدودیت وجود دارد.

- در زبان سی، یک متغیر می‌تواند در یک بلوک تعریف شود. این بلوک می‌تواند هرگونه بلوکی باشد مثلاً در بلوک متعلق به یک دستور if یا for می‌توان متغیر تعریف کرد. در این صورت متغیر فقط در آن بلوک تعریف شده و خارج از بلوک قابل دسترسی نیست.
- در مثال زیر متغیر i در بلوک if تعریف شده است و خارج از بلوک if قابل استفاده نیست.

```
۱ if (n > 0) {  
۲     int i;  /* declare a new i */  
۳     for (i = 0; i < n; i++)  
۴         ...  
۵ }
```

- یک متغیر می‌تواند به صورت عمومی تعریف شود و سپس در یک بلوک مجدداً با همان نام تعریف شود. در این صورت، در بلوک متغیر محلی استفاده می‌شود و در خارج از بلوک متغیر عمومی.
- در مثال زیر متغیر `x` در داخل تابع از نوع `double` است و مقدار متفاوتی از متغیر عمومی `x` دارد.

```
۱ int x;  
۲ int y;  
۳ void f(double x) {  
۴     double y;  
۵ }
```

- متغیر پس از تعریف باید مقداردهی اولیه شوند، در غیراینصورت مقدار آنها معتبر نخواهد بود.
- مقداردهی اولیه با عملگر تساوی انجام می‌شود. برای مثال `int low = 0` متغیر `low` را مقداردهی اولیه می‌کند.
- آرایه‌ها نیز می‌توانند با تعیین مقادیر عناصر آرایه مقداردهی اولیه شوند. برای مثال `int days[] = { 31, 24 }` یک آرایه با دو عنصر با مقادیر 31 و 24 می‌سازد.
- مقداردهی اولیه رشته‌ها می‌تواند به دو صورت انجام شود. یک رشته آرایه‌ای از کاراکترهاست بنابراین می‌توانیم بنویسیم `char str[] = {'h' , 'i'}` و همچنین یک رشته می‌تواند به صورت `char str = "hi"` مقداردهی اولیه شود.

- توابع در زبان سی می‌توانند به صورت بازگشتی نیز فراخوانی شوند. یک تابع می‌تواند خود را فراخوانی کند که به این فراخوانی بازگشتی گفته می‌شود. توابعی که فراخوانی بازگشتی دارند را توابع بازگشتی¹ می‌نامیم. توابع می‌توانند خود را به صورت مستقیم یا غیر مستقیم فراخوانی کنند.

¹ recursive function

- فرض کنید می‌خواهیم برنامه‌ای بنویسیم که فاکتوریل عدد n را محاسبه کند.
- فاکتوریل عدد n برابر است با n ضرب در فاکتوریل عدد $n-1$

- تابع فاکتوریل بازگشتی را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم.

```
۱ #include <stdio.h>
۲ int factorial(int n) {
۳     if (n <= 1)
۴         return 1;
۵     return n * factorial(n-1);
۶ }
۷ int main() {
۸     int x = 5;
۹     int fact = factorial(x);
۱۰    printf("factorial(%d) = %d\n", x, fact);
۱۱    return 0;
۱۲ }
```

- فرض کنید می‌خواهیم برنامه‌ای بنویسیم که یک عدد صحیح را به یک رشته تبدیل کند. روش اول این است که ارقام با ارزش پایین‌تر به ترتیب از عدد جدا شده و رشته از راست به چپ ساخته شود. روش دوم این است که یک فراخوانی بازگشتی استفاده کنیم.
- وقتی می‌خواهیم عدد AX را به رشته تبدیل کنیم به طوری که A یک عدد و x یک رقم است در واقع باید ابتدا A را به رشته تبدیل کرده و سپس x را به صورت کاراکتر چاپ کنیم.

- این برنامه را می‌توانیم به صورت زیر بنویسیم.

```
۱  #include <stdio.h>
۲  /* printf: print n in decimal */
۳  void
۴  printf (int n)
۵  {
۶      if (n < 0)
۷          {
۸              putchar ('-');
۹              n = -n;
۱۰         }
۱۱     if (n / 10)
۱۲         printf (n / 10);
۱۳     putchar (n % 10 + '0');
۱۴ }
```

- یک مثال دیگر برای یک تابع بازگشتی الگوریتم مرتب‌سازی سریع است. با استفاده از این الگوریتم مرتب‌سازی، یک عنصر از آرایه انتخاب می‌شود و عناصر کوچک‌تر از آن به سمت چپ و عناصر بزرگ‌تر از آن به سمت راست عنصر انتخاب شده انتقال داده می‌شوند. این عملیات به صورت بازگشتی برای زیر آرایه‌ها تکرار می‌شود تا کل آرایه مرتب شود.

- الگوریتم مرتب‌سازی سریع به صورت زیر است.

```
۱  /* qsort: sort v[left]...v[right] into increasing order */
۲  void
۳  qsort (int v[], int left, int right)
۴  {
۵      int i, last;
۶      void swap (int v[], int i, int j);
۷      if (left >= right) /* do nothing if array contains */
۸          return; /* fewer than two elements */
۹      swap (v, left, (left + right) / 2); /* move partition elem */
۱۰     last = left; /* to v[0] */
۱۱     for (i = left + 1; i <= right; i++) /* partition */
۱۲         if (v[i] < v[left])
۱۳             swap (v, ++last, i);
```

```
۱۴     swap (v, left, last);  /* restore partition elem */
۱۵     qsort (v, left, last - 1);
۱۶     qsort (v, last + 1, right);
۱۷ }
```

- عملیات جابجایی دو عنصر آرایه به صورت زیر انجام می‌شود.

```
۱  /* swap: interchange v[i] and v[j] */  
۲  void  
۳  swap (int v[], int i, int j)  
۴  {  
۵      int temp;  
۶      temp = v[i];  
۷      v[i] = v[j];  
۸      v[j] = temp;  
۹  }
```

توابع بازگشتی *

- در یک فراخوانی بازگشتی، درواقع فراخوانی‌های پی‌درپی بر روی پشته‌ای در حافظه ذخیره می‌شوند تا مقادیر آنها بعداً مورد استفاده قرار بگیرد.
- یک تابع بازگشتی از تابع غیربازگشتی معادل آن سریع‌تر نیست، اما کوتاه‌ترین نوشته می‌شود و نوشتن و خواندن برنامه را آسان‌تر می‌کند.

پیش پردازش *

- قبل از مرحله کامپایل در زبان سی، یک مرحله پیش پردازش¹ وجود دارد. در این مرحله فایل هایی که نام آنها توسط کلمه `include` به فایل اضافه شده اند، محتوایشان نیز به فایل اضافه می شود. همچنین نمادهای ثابتی که توسط `define` تعریف شده اند، مقادیرشان در فایل جایگزین نمادها می شوند.
- فایل های به صورت `#include <filename>` مشخص شده اند، در آدرس های تعیین شده توسط سیستم عامل جستجو می شوند و فایل های که به صورت `#include "filename"` استفاده شد، در مکانی که برنامه ذخیره شده است جستجو می شوند.
- توسط کلمه `define` در زبان سی می توان یک می توان یک نماد تعریف کرد. این نمادها ماکرو نامیده می شوند. این نمادها می توانند جایگزین هر قسمتی از برنامه شوند. برای مثال برای تعریف یک حلقه بینهایت می توانیم بنویسیم.

```
\ #define forever for (;;)
```

¹ preprocessing

- ماکروها را می توان با استفاده از پارامتر نیز تعریف کرد. در مثال زیر، نماد \max با دو پارامتر با معادل آن در کد جایگزین می شود.

```
\ #define max(A,B) ((A) > (B) ? (A) : (B))
```

یک برنامه ای که از این ماکرو استفاده می کند $\max(p+q, r+s)$ با عبارت $((p + q) > (r + s) ? (p + q) : (r + s))$ جایگزین می شود.

- در ماکروها باید به پرانتز گذاری توجه کرد. برای مثال اگر ماکرویی به صورت

```
\ #define square(x) x*x          /* WRONG */
```

تعریف کنیم، آنگاه $\text{square}(z+1)$ معادل خواهد بود، $z+1 * z+1$ که معادل است با $2z+1$

پیش پردازش *

- اگر یک نماد توسط یک ماکرو تعریف شود، می‌توان در قطعه‌ای از برنامه تعریف را توسط کلیدواژه `undef` لغو کرد.

- برای مثال :

```
۱ #undef getchar
۲ int getchar() {...}
```

- اگر در عبارت جایگزین شده در یک ماکرو قبل از یک متغیر از علامت `#` استفاده کنیم، آن متغیر در عبارت جایگزین شده در میان دو علامت نقل قول قرار می‌گیرد.

- برای مثال اگر داشته باشیم :

```
۱ #define dprint(expr) printf(#expr " = %g\n" , expr)
```

آنگاه با اجرای `dprint(x/y)` در واقع دستور `printf("x/y" "=%g\n" , x/y)` اجرا می‌شود.

- در ماکروها می‌توانیم از علامت ## استفاده کنیم برای اتصال دو پارامتر به یکدیگر استفاده می‌شود.
- برای مثال اگر داشته باشیم :

```
\ #define paste(front, back) front ## back
```

آنگاه با اجرای `paste(name,1)` عبارت `name1` به دست می‌آید.

- دستورات ماکرویی برای کنترل کردن ماکروها و اجرای شرطی آنها وجود دارد. برای مثال دستور ماکروی `#if` یک ورودی دریافت می‌کند و در صورتی که ورودی غیر صفر باشد دستورات ماکروی بعد از آن تا رسیدن به ماکروی `#endif` اجرا می‌شوند. همچنین دستورات ماکروی `#elif` و `#else` نیز برای اجرای دستورات `else if` و `else` در ماکرو وجود دارند.

پیش پردازش *

- فرض کنید می‌خواهیم در یک برنامه مطمئن شویم که یک فایل سر تیترا تنها یک بار به یک فایل افزوده می‌شود.
- برای این کار یک متغیر در هنگام اعلام توابع در فایل سر تیترا تعریف می‌کنیم و سپس اطمینان حاصل می‌کنیم که این متغیر تنها یک بار تعریف شده است.
- برای مثال فایل `hdr.h` به صورت زیر تعریف شده است.

```
۱ #if !defined(HDR)
۲ #define HDR
۳ /* contents of hdr.h go here */
۴ #endif
```

- در برنامه زیر با توجه به نوع سیستم عامل عملیات متفاوت انجام می‌دهیم.

```
۱ #if SYSTEM == SYSV
۲ #define HDR "sysv.h"
۳ #elif SYSTEM == BSD
۴ #define HDR "bsd.h"
۵ #elif SYSTEM == MSDOS
۶ #define HDR "msdos.h"
۷ #else
۸ #define HDR "default.h"
۹ #endif
۱۰ #include HDR
```

- ماکروی `ifndef` با یک پارامتر ورودی، بدین معنی است که اگر پارامتر ورودی تعریف نشده بود، آنگاه عملیات بعدی را تا رسیدن به `endif` انجام بده.

```
۱ #ifndef HDR
۲ #define HDR
۳ /* contents of hdr.h go here */
۴ #endif
```
