C程序设计语言

第4章 函数与程序结构

孙志岗
sun@hit.edu.cn
http://sunner.cn

大话三国

懿问曰：“孔明寝食及事之烦简若何？”

使者曰：“丞相夙兴夜寐，罚二十以上皆亲览焉。所啖之食，日不过数升。”

懿顾谓诸将曰：“孔明食少事烦，其能久乎？”

程序设计的艺术

- 算法设计的艺术
  - 程序的灵魂
  - Donald E. Knuth, "The Art of Computer Programming"，清华大学出版社, 2002
- 结构设计的艺术
  - 程序的肉体
  - *“..the larger the project, the more essential the structuring!”—Dijkstra, 1968*
  - 模块化（Parnas, 1972）
    - 结构化（Structural）
    - 面向对象（Object-Oriented）
    - 面向组件（Component-Oriented）
    - 面向智能体（Agent-Oriented）
    - ……

假如不模块化

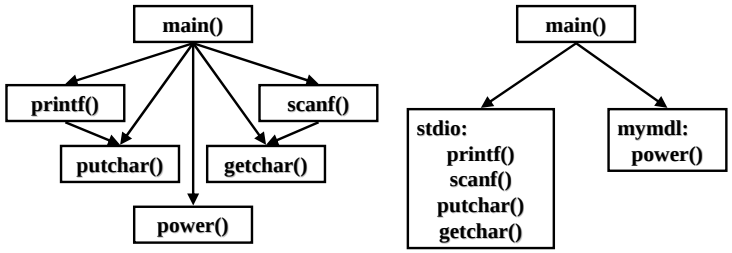
- 读多少行的程序能让你不头疼？
- `main()`当中能放多少行程序？
- 假如`printf()`函数由10行代码替换，那么你见过的程序会成什么样子？
- 如果所有代码都在`main()`当中，怎么团队合作？
- 如果代码都在一个文件中，怎么团队合作？

模块化的优点

- 模块各司其职
  - 每个模块只负责一件事情，它可以更专心
  - 便于进行单个模块的设计、开发、调试、测试和维护等工作
  - 一个模块一个模块地完成，最后再将它们集成
- 开发人员各司其职
  - 按模块分配任务，职责明确
  - 并行开发，缩短开发时间
- 分而治之（Wirth, 1971）
  信息隐藏（Parnas, 1972）

函数（function）和模块（module）

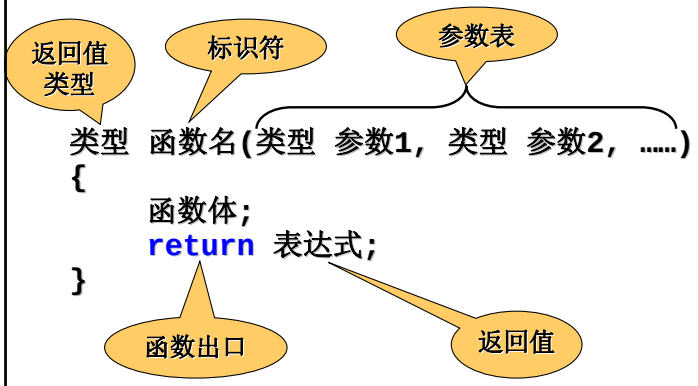
- 函数是C语言中模块化编程的最小单位
  - 可以把每个函数看作一个模块
- 若干相关的函数可以合并作一个“模块”



函数的分类

- 函数生来都是平等的，没有高低贵贱之分，只有`main()`稍微特殊一点点
- 库函数
  - ANSI C定义的标准库函数
    - 符合标准的C语言编译器必须提供这些函数
    - 函数的行为也要符合ANSI C的定义
  - 第三方库函数
    - 由其它厂商自行开发的C语言函数库
    - 不在标准范围内，能扩充C语言的功能
- 自定义函数
  - 自己编写的函数
    - 包装后，也可成为函数库，供别人使用

函数定义（definition）



函数定义（definition）

- 函数是这样的一种运算：
  - 函数名说明运算规则
  - 参数是运算的操作数
  - 返回值是运算的结果
- 当函数执行到`return`语句或`}`时，函数的运算停止。程序从当次调用函数的地方继续执行
  - 函数可以有多个`return`，但最好只有一个且是最后一行
- 用`void`定义返回值类型
  - 函数没有运算结果，没有返回值
  - `return`语句之后不需要任何表达式
- 用`void`定义参数，表示没有参数
- 参数表里的参数（叫形式参数，parameter）也是函数的语句块内的变量

函数调用（call）

- 函数名(表达式1, 表达式2, ……);
- 调用一个函数之前，先要对其返回值类型、函数名和参数进行声明（declare）
  - 不对函数进行声明是非常危险的
  - 函数定义也有声明函数的效果
- 调用函数时，提供的表达式（叫实际参数，argument）和该函数的形式参数必须匹配
  - 数目一致
  - 类型一一对应（会发生自动类型转换）
  - 表达式的值赋值给对应的参数
- 返回值可以按需处理

realeql.c

函数调用的过程

- 函数的每次执行都会建立一个全新的独立的环境
  - 在“栈”中为函数的每个变量（包括形式参数）分配内存
  - 把实际参数的值复制给形式参数
  - 开始执行函数内的第一条语句
- 函数内的代码在这个独立的环境内工作
- 函数退出时
  - 求出返回值，将其存入一个可以被调用者访问的地方（x86中通常使用EAX寄存器）
  - 收回分配给所有变量（包括形式参数）的内存
  - 程序控制权交给调用者，调用者拿到返回值，将其作为函数调用表达式的结果

main()、printf()和scanf()特 殊 吗？

- `main()`
  - C语言允许不对函数参数和返回值类型进行说明
  - 甚至可以连函数名都不声明
  - 此时默认
    - 该函数的参数是不定个数的`int`型
    - 该函数返回值为`int`型
  - 永远不要利用此特性！
- `printf()`、`scanf()`
  - 变长参数表，`<stdarg.h>`
  - 缺点：对参数类型和个数无法严格验证，易使用出错

使用函数要注意

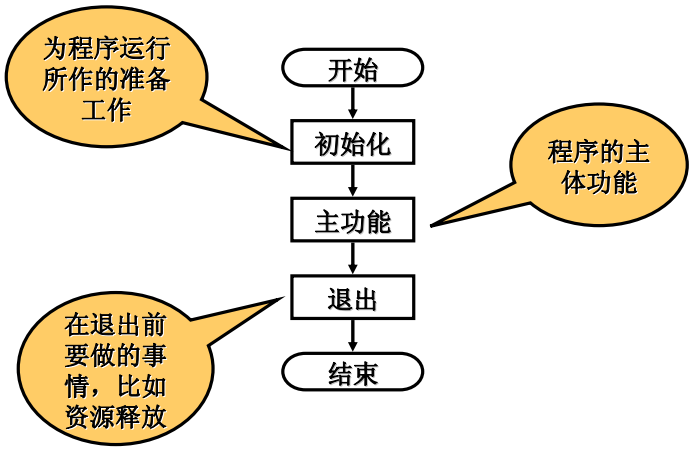
- 每个函数只完成一个功能（包括`main()`）
  - 对函数的功能可以用不含连词的一句话描述
- 函数不能过长
  - 1986年IBM在OS/360的研究结果：大多数有错误的函数都大于500行
  - 1991年对148,000行代码的研究表明：小于143行的函数比更长的函数更容易维护
- 函数一定要对传进来的非法参数做点什么
  - 向调用者提供错误信息
  - `assert()`

safediv.c

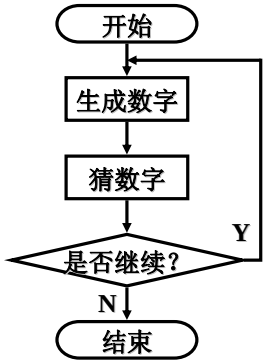
用函数完成此题

- 编程先由计算机“想”一个1到100之间的数请人猜，如果人猜对了，则计算机给出提示：“Right!”，否则提示：“Wrong!”，并告诉人所猜的数是大(Too high)还是小(Too low)，最多可以猜10次。如果猜了10次仍未猜中的话，则停止本次猜数，然后继续猜下一个数。每次运行程序可以反复猜多个数，直到操作者想停止时才结束。

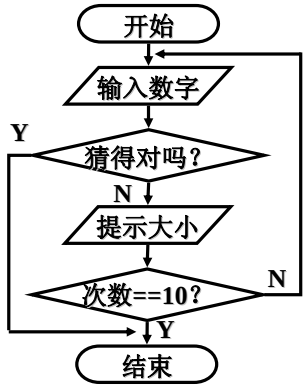
框架流程



主功能



猜数字



全局变量（Global Variable）

- 在所有函数之外定义的变量是全局变量，在定义它的位置以后都有效
  - 全局变量自动初始化为0
  - 全局变量使函数之间的数据交换更容易，效率也高一些
  - 但是不推荐使用，甚至禁止使用
- 程序的任何部分都可以改写全局变量，很难确定在程序的哪里改写了它，程序结构混乱
- 不得不用的时候（这种情况比较少见），要严格控制对它的改写

静态变量（static）

- 函数的内部变量在函数退出后失效（内存释放）。再次进入函数，变量重新定义
  - 每次函数执行都建立一个全新的执行环境，不受其它函数的干扰
- 把此变量定义为static，则变量的值可以保存到下次进入函数
  - `static int i;`
- 静态变量自动初始化为0

static.c

寄存器变量（register）

- 寄存器是CPU内的高速但容量有限的存储器？
- 热点变量声明为寄存器变量，访问速度更快
- `register int i;`
- 现代编译器有能力自动把普通变量优化为寄存器变量，并且可以忽略用户的指定，所以一般无需特别说明变量为寄存器变量

递归（Recursion）

- 函数直接或间接调用自己为递归

```
unsigned int func(unsigned int n)
{
   if (n == 0)
        return 1;
   else
        return n * func(n-1);
}
```

recur.c

模块

- 模块包含两部分
  - 源文件(xxx.c)：一系列相关函数的定义
  - 头文件(xxx.h)：这些函数的声明等必要信息
    - 函数声明、外部变量声明、宏定义、类型定义……
- 可以将模块编译为.obj文件，同.h文件一起供别人使用，从而保护了源代码
- 使用模块的过程
  1. 建立一个工程（project）
  2. 把各模块都加入到工程中
  3. #include模块的头文件
  4. 开始使用此模块

编写模块的技术

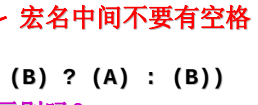
- 模块的信息隐藏
  - 用static定义的函数和全局变量只在此模块内有效（建议采用）
- 允许被其它模块使用的全局变量
  - 在源文件中定义，不加static修饰
  - 在头文件中进行声明，加extern修饰

预编译指令

- 编译器在开始正式编译之前处理的指令，叫预编译指令
  - 它们不会存在于最后生成的目标代码中
- 文件包含：#include
  - 用#include指定的文件内容替换#include所在的行
  - 用<>或者""括上文件名
    - <>表示在编译器的include目录内查找文件
    - ""表示在当前目录查找文件
  - 文件名中可以带有路径

#define

- #define 宏名字 替换文本
- 在#define之后，所有独立出现“宏名字”的地方（除了字符串内）都被“替换文本”替换
- “替换文本”中可以有空格
- 宏可以有参数
  - `#define max(A,B) ((A) > (B) ? (A) : (B))`
  - 能想出带参数的宏和函数的区别吗？
- 定义宏的时候注意替换发生后产生的非预想结果
  - 一般用括号可以避免，如上例



与#define配套者

- **#undef，从现在开始取消#define的定义**
  - **#undef MAXLINE**
- **#if， #else，#elif，#endif**
- **#ifdef，#ifndef**
- 这些预编译指令通常用来处理多文件工程和程序多版本的问题。（程序多版本一般是不同平台的版本，不同用户等级的版本，不同开发阶段的版本等）

使用预编译指令的目的

- 增强程序可读性
  - 但是调错时宏可能带来很多难题
- 精简源代码，提取变化
  - 这一点更多时候用函数的效果更好，但宏也有其不可替代的优势
- 不编译无用代码，精炼目标代码