



运行时刻环境

Part1: 存储组织

李诚

国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心

计算机科学与技术学院

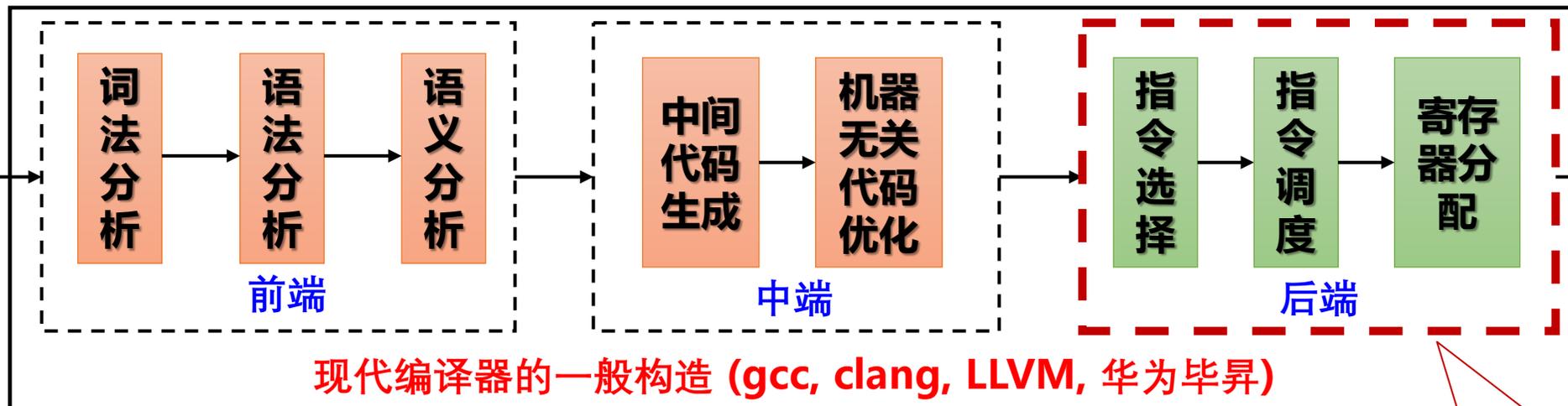
2024年11月04日



本节提纲



程序员编写的源程序



机器硬件上运行的目标代码



- 运行时环境概述
- 存储空间的组织与分配

目标程序需要一个运行环境!



- **编译器为目标程序创建并管理一个运行时环境，目标程序运行在该环境中。**

- 对象存储位置和空间的分配
- 访问变量的机制
- 过程间的连接
- 参数传递机制



运行时涉及的主要内容



- 运行时存储空间组织管理概述
- 活动树与栈式空间分配
- 调用序列与返回序列
- 非局部数据的访问

由编译器、操作系统、目标机器共同完成

编译器视角：目标程序运行在逻辑地址空间

操作系统视角：将逻辑地址转换为物理地址

目标机器视角：真正执行指令，访问数据，同时限制了存储空间的组织和数据的访问



- **编译器必须为源程序中出现的**一些**数据对象分配运行时的存储空间**
 - 静态存储分配
 - 动态存储分配
- **对于那些在编译时刻就可以确定大小的数据对象，可以在编译时刻就为它们分配存储空间，这样的策略成为静态存储分配**
 - 比较简单



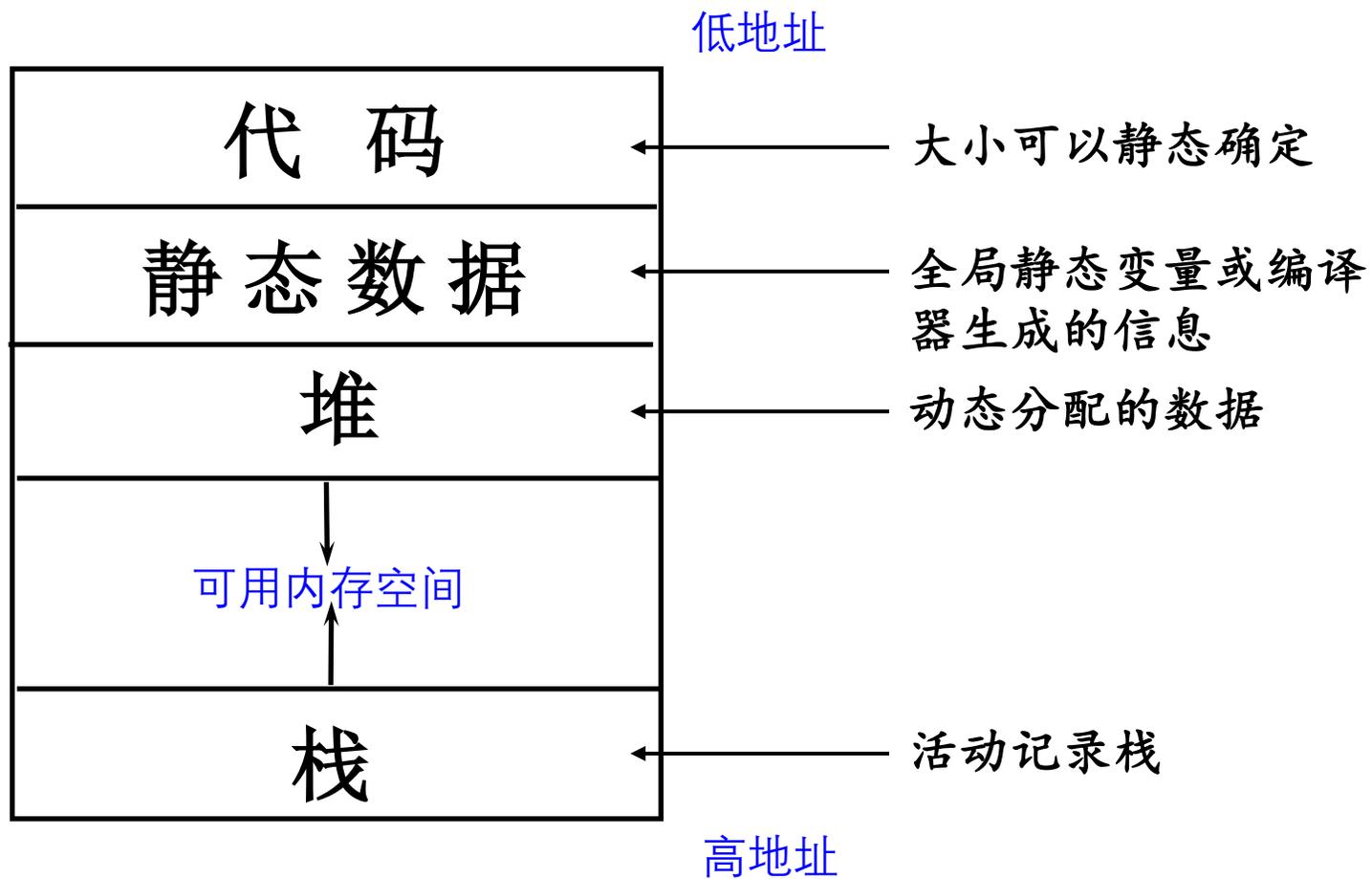
存储分配的策略



- 如果**不能**在编译时刻**完全确定**数据对象的**大小**，就要采用**动态存储分配**的策略。即，在编译时刻仅产生各种必要的信息，而在运行时刻，再动态地分配存储空间。
 - 栈式存储分配
 - 堆式存储分配
- **静态**和**动态**这两个概念分别对应**编译时刻**和**运行时刻**



程序的存储分配





- **过程能否递归**
- **当控制从过程的活动返回时, 局部变量的值是否要保留**
- **过程能否访问非局部变量**
- **过程调用的参数传递方式**
- **过程能否作为参数被传递**
- **过程能否作为结果值传递**
- **存储块能否在程序控制下被动态地分配**
- **存储块是否必须被显式地释放**



• 过程

- FORTRAN的子例程(subroutine)
- PASCAL的过程/函数(procedure/function)
- C的函数

• 过程的激活（调用）与终止（返回）

• 过程的执行需要：

- 代码段+活动记录（过程运行所需的额外信息，如参数，局部数据，返回地址等）



局部存储分配



- **基本概念：作用域与生存期**
- **活动记录的常见布局**
 - 字节寻址、类型、次序、对齐
- **程序块：同名情况的处理**



• 名字的作用域

- 一个声明起作用的程序部分称为该声明的**作用域**
- 即使一个名字在程序中只声明一次，该名字在程序运行时也可能表示不同的数据对象

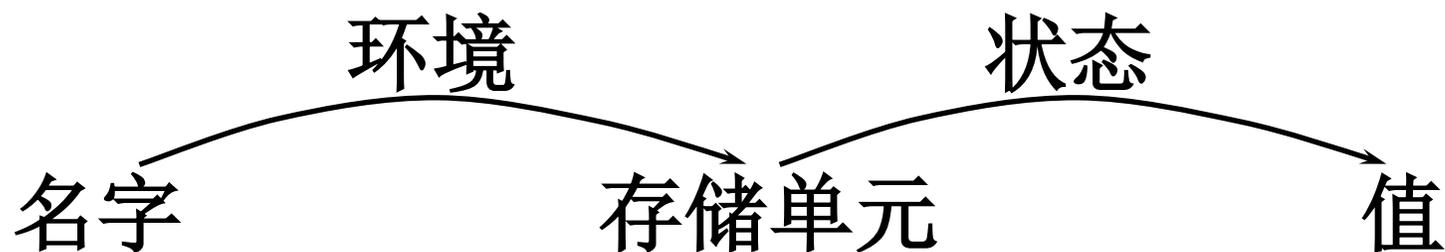
如下图代码中的n

```
int f(int n){  
    if (n<0) error("arg<0");  
    else if (n==0) return 1;  
    else return n*f(n-1);  
}
```



• 环境和状态

- 环境把名字映射到左值，而状态把左值映射到右值（即名字到值有两步映射）
- 赋值改变状态，但不改变环境
- 过程调用改变环境
- 如果环境将名字 x 映射到存储单元 s ，则说 x 被绑定到 s





- 静态概念和动态概念的对应

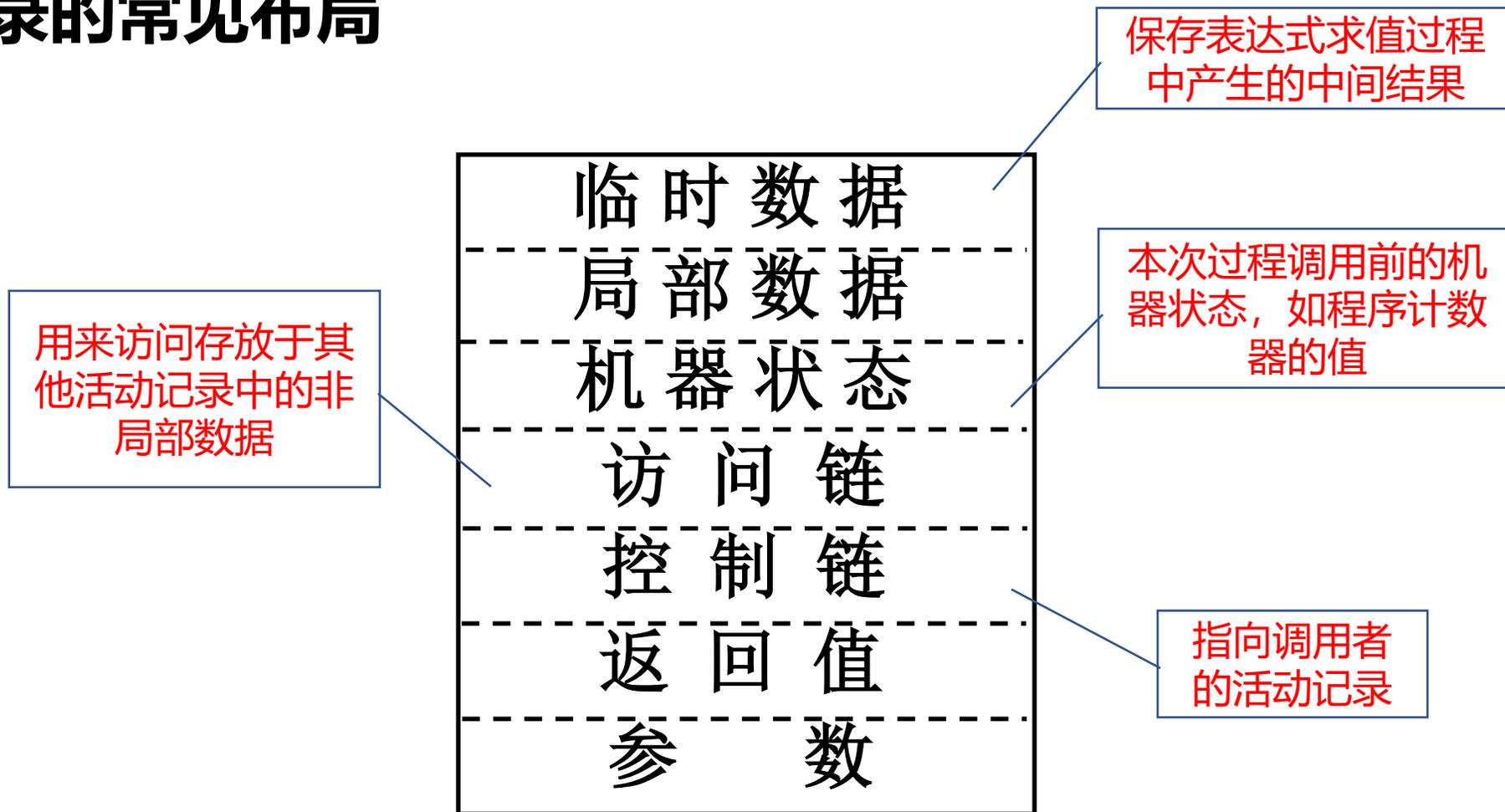
静态概念	动态对应
过程的定义	过程的活动
名字的声明	名字的绑定
声明的作用域	绑定的生存期



- 使用过程(或函数、方法)作为用户自定义动作的单元的语言，其编译器通常以过程为单位分配存储空间
- 过程体的每次执行成为该过程的一个活动
- 编译器为每一个活动分配一块连续存储区域，用来管理此次执行所需的信息，这片区域称为活动记录(activation record)



• 活动记录的常见布局





• 局部数据的布局

- 字节是可编址内存的最小单位
- 变量所需的存储空间可以根据其类型而静态确定
- 一个过程所声明的局部变量，按这些变量声明时出现的次序，在局部数据域中依次分配空间
- 局部数据的地址可以用相对于活动记录中某个位置的地址来表示
- 数据对象的存储布局还有一个对齐问题



- 例 在SPARC/Solaris工作站上下面两个结构体的size分别是24和16, 为什么不一样?

```
typedef struct _a{
```

```
    char c1;
```

```
    long i;
```

```
    char c2;
```

```
    double f;
```

```
}a;
```

```
typedef struct _b{
```

```
    char c1;
```

```
    char c2;
```

```
    long i;
```

```
    double f;
```

```
}b;
```

对齐: char : 1, long : 4, double : 8



- 例 在SPARC/Solaris工作站上下面两个结构体的size分别是24和16，为什么不一样？

```
typedef struct _a{  
    char c1;    0  
    long i;     4  
    char c2;    8  
    double f;   16  
}  
}a;
```

```
typedef struct _b{  
    char c1;    0  
    char c2;    1  
    long i;     4  
    double f;   8  
}  
}b;
```

对齐: char : 1, long : 4, double : 8



- 例 在x86/Linux机器的结果和SPARC/Solaris工作站不一样，是20和16。

```
typedef struct _a{
```

```
    char c1;    0
```

```
    long i;    4
```

```
    char c2;    8
```

```
    double f;  12
```

```
}a;
```

```
typedef struct _b{
```

```
    char c1;    0
```

```
    char c2;    1
```

```
    long i;    4
```

```
    double f;    8
```

```
}b;
```

对齐: char : 1, long : 4, double : 4

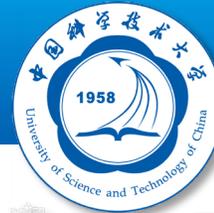


• 程序块

- 本身含有局部变量声明的语句
- 可以嵌套
- 最接近的嵌套作用域规则
- 并列程序块不会同时活跃
- 并列程序块的变量可以重叠分配



局部存储分配



```
main() /* 例 */
{
    /* begin of  $B_0$  */
    int a = 0;
    int b = 0;
    {
        /* begin of  $B_1$  */
        int b = 1;
        {
            /* begin of  $B_2$  */
            int a = 2;
        }
        /* end of  $B_2$  */
        /* begin of  $B_3$  */
        int b = 3;
        /* end of  $B_3$  */
    }
    /* end of  $B_1$  */
}
/* end of  $B_0$  */
```



局部存储分配

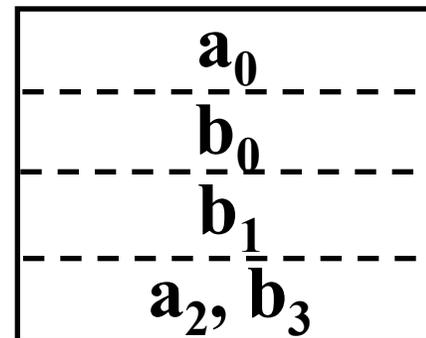


```

main() /* 例 */
{ /* begin of  $B_0$  */
  int a = 0;
  int b = 0;
  { /* begin of  $B_1$  */
    int b = 1;
    { /* begin of  $B_2$  */
      int a = 2;
    } /* end of  $B_2$  */
    { /* begin of  $B_3$  */
      int b = 3;
    } /* end of  $B_3$  */
  } /* end of  $B_1$  */
} /* end of  $B_0$  */

```

声明	作用域
int a = 0;	$B_0 - B_2$
int b = 0;	$B_0 - B_1$
int b = 1;	$B_1 - B_3$
int a = 2;	B_2
int b = 3;	B_3



重叠分配存储单元



- **名字在程序被编译时绑定到存储单元，不需要运行时的任何支持**
- **静态分配给语言带来限制**
 - 递归过程不被允许
 - 数据对象的长度和它在内存中位置的限制，必须是在编译时可以知道的
 - 数据结构不能动态建立



- **例 C程序的外部变量、静态局部变量以及程序中出现的常量都可以静态分配**
- **声明在函数外面**
 - 外部变量 -- 静态分配
 - 静态外部变量 -- 静态分配
- **声明在函数里面**
 - 静态局部变量 -- 也是静态分配
 - 自动变量 -- 不能静态分配



- **程序对数据区的需求在编译时是完全未知的，这是因为每个数据对象所需数据区的大小和数目在编译时是未知的。**
- **主要有两种策略**
 - 栈式存储：与过程调用返回有关，涉及过程的局部变量以及过程活动记录
 - 堆存储：关系到部分生存周期较长的数据



一起努力 打造国产基础软硬件体系!

李诚

国家高性能计算中心(合肥)、信息与计算机国家级实验教学示范中心

计算机科学与技术学院

2024年11月04日