C++程序设计精要教程

华中科技大学

第2章 类型、常量及变量

◆2.1 C++的单词

单词包括常量、变量名、函数名、参数名、类型名、运算符、关键字等。

关键字也被称为保留字，不能用作变量名。

予定义类型如int等也被当作保留字。

char16_t表示双字节字符类型，支持UTF-16。

char32_t表示四字节字符类型，支持UTF-32。

```
char16_t  x = u'马';  char32_t  y = U'马';
```

wchar_t表示char16_t ， 或char32_t。

nullptr表示空指针。

alignas	continue	friend	register	true
alignof	decltype	goto	reinterpret_cast	try
asm	default	if	return	typedef
auto	delete	inline	short	typeid
bool	double	int	signed	typename
break	do	long	sizeof	union
case	dynamic_cast	mutable	static	unsigned
catch	else	namespace	static_assert	using
char	enum	new	static_cast	virtual
char16_t	explicit	noexcept	struct	void
char32_t	export	nullptr	switch	volatile
class	extern	operator	template	wchar_t
const	false	private	this	while
constexpr	float	protected	thread_local	
const_cast	for	public	throw	

第2章 类型、常量及变量

◆2.2 预定义类型及值域和常量

- ●类型的字节数与硬件、操作系统、编译有关。假定VS1029采用X86编译模式。
- ●void：字节数不定。常表示函数无参或无返回值。
- ●bool：单字节布尔类型，取值false和true。
- ●char：单字节有符号字符类型，取值-128~127。
- ●short：两字节有符号整数类型，取值-32768~32767。
- ●int：四字节有符号整数类型，取值-2^{31}~$2^{31}-1$ 。
- ●long：四字节有符号整数类型，取值-2^{31}~$2^{31}-1$ 。
- ●float：四字节有符号单精度浮点数类型，取值-10^{38}~10^{38}。
- ●double：八字节有符号双精度浮点数类型，取值-10^{308}~10^{308}。

注意：默认一般整数常量当作为int类型，浮点常量当作double类型。

第2章 类型、常量及变量

◆2.2 预定义类型及值域和常量

- char、short、int、long前可加unsigned表示无符号数。
- long int等价于long；long long占用八字节。
- sizeof(short)≤sizeof(int)≤sizeof(long)， sizeof(double)≤sizeof(long double。
- 自动类型转换路径：char→unsigned char→ short→unsigned short→ int→unsigned int→long→unsigned long→float→double→long double。
- 数值零自动转换为布尔值false，数值非零转换为布尔值true。
- 强制类型转换的格式为：(类型表达式) 数值表达式
- 字符常量：‘A’，‘a’，‘9’，‘\’’(单引号)，‘\\’(斜线)，‘\n’(换新行)，‘\t’(制表符)，‘\b’(退格)
- 整型常量：9,04,0xA(int); 9U,04U,0xAU(unsigned int); 9L,04L,0xAL(long); 9UL,04UL,0xAUL(unsigned long), 9LL,04LL,0xALL(long long);

第2章 类型、常量及变量

预定义类型的数值输出，如:#include<stdio.h>后printf(“%d” ,4);

- double常量：0.9, 3., .3, 2E10, 2.E10, .2E10, -2.5E-10
- char: %c; short, int: %d; long：%ld; 其中%开始的输出格式称为占位符。
- 输出无符号数用u代替d(十进制)，八进制数用o代替d，十六进制用x代替d
- 整数表示宽度如printf(“%5c” , ‘A’)打印字符占5格(右对齐)。%-5d表示左对齐。
- float：%f; double：%lf。float, double：%e科学计数。%g自动选宽度小的e或f。
- 可对%f或%lf设定宽度和精度及对齐方式。 “%-8.2f” 表示左对齐、总宽度8(包括符号位和小数部分)，其中精度为2位小数。
- 字符串输出：%s。可设定宽度和对齐：printf(“%5s” ,” abc”)。
- 字符串常量的类型：指向只读字符的指针即const char *, 上述” abc “的类型。
- 注意strlen(“abc”)=3，但要4个字节存储，最后存储字符 ‘\0’ 表示串

第2章 类型、常量及变量

◆2.3 变量及其类型解析

- ●变量说明：描述变量的类型及名称，但没有初始化。可以说明多次。
- ●变量定义：描述变量的类型及名称，同时进行初始化。只能定义一次。
- ●说明实例：extern int x;　extern int x;　　//变量可以说明多次
- ●定义实例：int x=3; extern int y=4; int z; //全局变量z的初始值为0
- ●模块静态变量：使用static在函数外部定义的变量。可通过单目::访问。
- ●局部静态变量：使用static在函数内部定义的变量。

```
static int x, y; //模块静态变量x、y定义，默认初始值均为0
int main( ){
    static int y;       //局部静态变量y定义，  初始值y=0
    return  ::y+x+y;//分别访问模块静态变量y,模块静态变量x,局部静态变量
}
```

第2章 类型、常量及变量

◆2.3 变量及其类型解析

- 只读变量：使用const或constexpr说明或定义的变量，定义时必须同时初始化。当前程序只能读不能修改其值。
- constexpr变量必须用常量表达式初始化，编译试图将使用变量方优化为常量。 constexpr可定义静态数据成员，但不能定义实例数据成员和函数参数。
- 易变变量：使用volatile说明或定义的变量，可以后初始化。当前程序没有修改其值，但是变量的值变了。不排出其它程序修改。
- const实例：extern const int x； const int x=3; //定义必须显式初始化x
- volatile例： extern const int y;; volatile int y; //可不显式初始化y，全局y=0
- 若y=0，语句if(y==2)是有意义的，因为易变变量y可以变为任何值。

第2章 类型、常量及变量

◆2.3 变量及其类型解析

- 在多任务环境下，定义 “const volatile int z=0;” 是由意义的，不排出其它程序修改z使其值易变。
- 作为类型修饰符，const和volatile可以定义函数参数和返回值。
- 保留字inline用于定义函数外部变量或函数外部静态变量、类内部的静态数据成员，但不能定义实例数据成员和函数参数。
- inline函数外部变量的作用域和inline函数外部静态变量一样,都是局限于当前代码文件的，相当于默认加了static。
- 用inline定义的变量可以使用任意表达式初始化，但这样不能保证被优化。

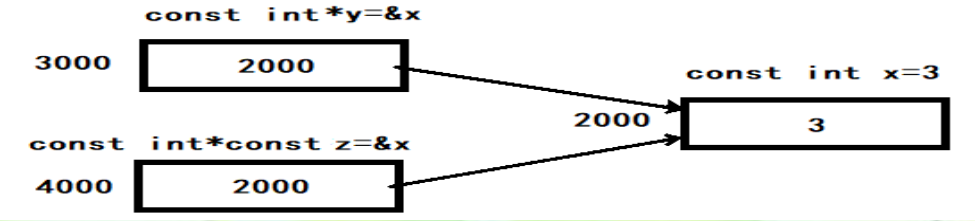
第2章 类型、常量及变量

指针及其类型理解

- 指针类型的变量使用*说明和定义，例如：int x=0; int *y=&x;。
- 指针变量y存放的是变量x的地址，&x表示获取x的地址运算，表示y指向x。
- 指针变量y涉及两个实体：变量y本身，y指向的变量x。
- 变量x、y的类型都可以使用const、volatile以及const volatile修饰。

```
const int x=3;                  //不可修改x的值
const int *y=&x;                //可以修改y的值，但是y指向的const int实体不可修改
const int *const z=&x;          //不可修改z的值，且z指向的const int实体也不可改
```

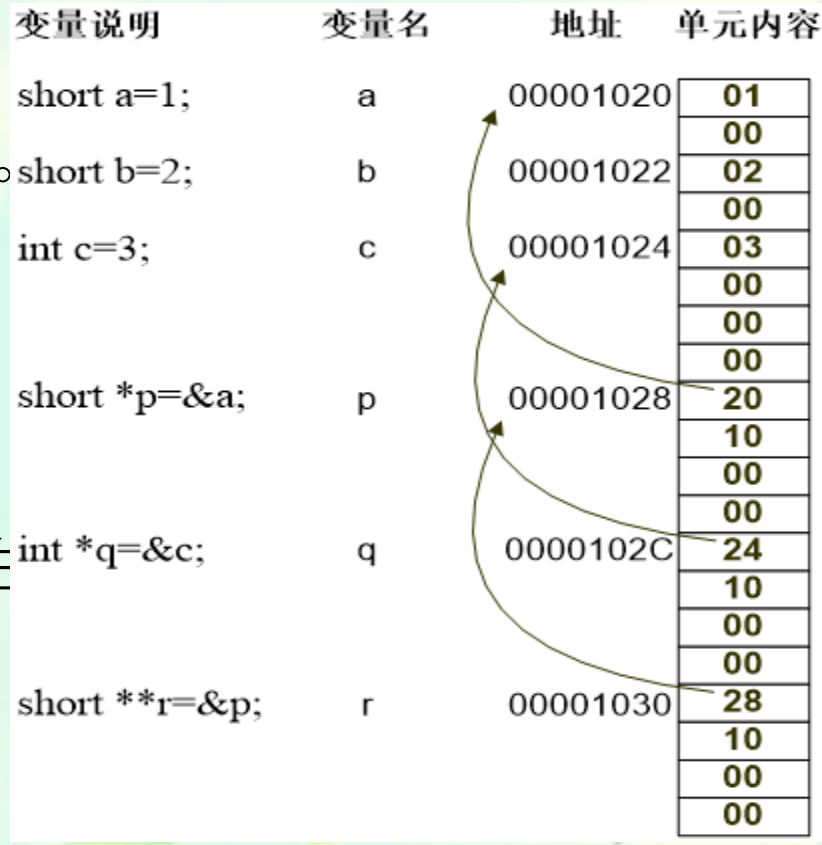
- x的值为3，地址为2000。
- y和z的值均为2000，表示y和z都指向x。
- y可被修改指向别的变量，但z不行。



第2章 类型、常量及变量

指针及其类型理解

- 指针变量还可以指向指针变量，从而形成多重指针。
- 例如： short *p=&a定义p是一个指针变量
  short **r=&p定义r是一个双重指针变量
  变量r存储的是q的地址00001028
- VS2019在X86编译模式下，使用4个字节表示地址
- 根据表2.7有关*的结合性“自右向左”，故先解释右边的指针，再向左解释左边的指针，如下图所示：

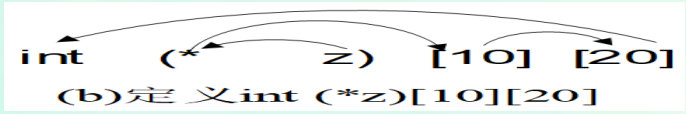


- *r取r指向的单元的值00001020(a的地址)，故**r才能取a的值1，而**r=7修改a

第2章 类型、常量及变量

指针及其类型理解

- 在一个类型表达式中，先解释优先级高，若优先级相同，则按结合性解释。
- 如：int *y[10][20]; 在y的左边是*，右边是[10]，据表2.7知[ ]的优先级更高。



- 解释: (1) y是一个10元素数组；(2)每个数组元素均为20元素数组
  (3) 20个元素中的每个元素均为指针；（4）每个指针都指向一个整数
- 但括号()可提高运算符的优先级，如：int (*z)[10][20];
- (…)、[10]、[20]的运算符优先级相同，按照结合性，应依次从左向右解释。
- 其第(1)个解释应为z是一个指针，注意z与y的第(1)个解释的不同。
- 指针移动：y[m][n]+1移动到下一整数，z+1移动到下一10*20整数数组。

第2章 类型、常量及变量

指针使用注意事项

- 所指单元值只读的指针(地址)不能赋给所指单元值可写的指针变量。
- 例如：const int x=3; const int *y=&x;

  int *z=y; //错：y是所指单元值只读的指针

  z=&x; //错：&x是是所指单元值只读的地址

  证明: (1)假设int *z=&x正确（应用反正法证明）

  (2)由于int *z表示z指向的单元可写，故*z=5是正确的

  (3)而*z修改的实际是变量x的值，const int x规定x是不可写的。矛盾。
- 所指单元值可写的指针(地址)能赋给所指单元值只读的指针变量: y=z;
- 所指单元值易变的指针(地址)不能赋给所指单元值可写的指针变量，反之成立。即将前例的const换成volatile或者const volatile，结论一样。

第2章 类型、常量及变量

指针使用注意事项

- void *p表示p指向的存储单元的字节数可以是任何大于0的整数。
- 因此，任何类型的存储单元的地址(指针）都可以赋值给p。

```
int x=3;        p=&x;
double y=4;     p=&y;
```

- 同理可知：delete <操作数>; //该操作数一定是void *类型，最初C++规定它可接受任何类型的指针或地址。实际可接受任何指针的类型为“const volatile void*”
- 但是：在向p所指的存储单元赋值时，不能修改任意个字节数的值：即“*p=值”是错误的。必须明确指出所修改的存储单元的类型：使用强制类型转换。
- 例如，*(int *)p=5; *(double *)p=3.2; //(int *)将p转换为指向4字节整型单元

第2章 类型、常量及变量

&定义的有址引用

- 运算符&可以用来定义有址引用变量、参数或返回值。
- 被有址引用变量引用的变量必须有内存地址：因引用被编译为指针(例2.3)。

```
int x=3;          int &y=x;          //被引用的x必须有内存地址，可x=4
const int u=4;  const int&v=u;//被引用的u必须有内存地址,不可u=5
```

- 通过u和v均不能改变内存单元存储的常量4。
- 可直接分配一个内存单元存储常量，由一个只读有址引用变量引用。

```
const int &w=4;  //为常量分配内存，由只读有址引用变量w引用
```

- 由于可进行y=4，故y可看作传统左值有址引用变量。
- 由于不可v=5或w=5，故v、w可看作传统又值有址引用变量。

第2章 类型、常量及变量

&定义的有址引用

- 传统左值有址引用变量必须由同类型的传统左值表达式初始化。
- 例如：在 “int x=3; int&y=x;” 中，x为左值表达式，并且x的类型也为int

  说明：如果x为char类型，则int&y=x默认进行转换int&y=(int)x，而转换后的结果(int)x为int类型的右值，不符合用左值表达式初始化的要求。
- 传统右值有址引用变量要用的传统右值表达式初始化。由于左值同时为右值，故也可用左值表达式初始化。

```
const int u=4;  const int&v=u;//用传统右值表达式u初始化v
const int &w=4;                //用传统右值表达式4初始化w
int x=3;        const int &z=x;//用传统左值表达式x初始化z
```

- 函数调用的实参传递也可看作是对形参赋值，必须遵守上述类似规则。

第2章 类型、常量及变量

&定义的有址引用

- 传统左值有址引用变量共享被引用的传统左值的内存。理论上自己无内存：故不能定义传统左值有址引用变量去引用传统左值有址引用变量(无内存)
- 例如：int & &u; //错：传统左值有址引用变量u去引用传统左值有址引用

  int & *v; //错：p不能指向引用传统左值有址引用(无内存)

  int x=3;

  int &y=x; //对：y共享x的内存，y=5将使x=5，x=6将使y=6

  int &z=y; //对：z引用y所引用的变量x，注意z、y同类型。非z引用y。
- 由于引用变量无内存，故数组元素不能为引用类型，即不能定义int &a[2]。
- 由于数组有内存，故可被引用”int s[6]; int(&t)[6]=s;”。
- 位段无地址，不可被引用；register可转为内存存储，故可被引用。

第2章 类型、常量及变量

&定义的有址引用

- 由于有址引用变量被编译为指针。const和volatile有关指针的用法可推广至&定义的有址引用变量
- 例如： “所指单元值只读的指针(地址)不能赋给所指单元值可写的指针变量”推广至引用为 “所引用单元值只读的引用不能初始化所引用单元值可写的引用变量” 。如前所述，反之是成立的。

```
const int &u=3;   //u是所引用单元值只读的引用
int &v=u;         //错：u不能初始化所引用单元值可写的引用变量v
int x=3; int &y=x;//对：可进行y=4，则x=4。
const int &z=y;   //对：不可进行z=4。但若y=5，则x=5, z=5。
volatile int &m=y;//对：可有volatile有关指针的概念推广，m引用x。
```

第2章 类型、常量及变量

&&定义的无址引用

- &&定义引用无址右值的变量。常见的无址右值为常量: int &&x=2；
- 注意，以上x是传统左值无址引用变量，即可进行赋值：x=3;
- 传统右值无址引用变量y的定义形式如：const int &&y=2；//不可赋值: y=3;
- 同理：无址引用共享被引用对象的“缓存”，本身不分配内存。

```
int && *p;          //错：p不能指向没有内存的无址引用
int &&  &q;         //错：int &&没有内存，不能被q引用
int &  &&r;         //错：int &没有内存，不能被r引用。
int &&  &&s;        //错：int &&没有内存，不能被s引用
int &&t[4];         //错：数组的元素不能为int &&：数组内存空间为0。
cosnt int a[3]={1,2,3};   int(&& t)[3]=a; //错：a是有址右值, 有名(a)的均是有址的。
int(&& u)[3]= {1,2,3};    //正确，{1，2，3}是无址右值
```

第2章 类型、常量及变量

&&定义的无址引用

- 若函数不返回有址引用类型，则该函数调用的返回值是无址的；

```
int &&x=printf( “abcdefg” ); //对：printf( )返回无址右值
int &&a=2;          //对：引用无址右值
int &&b=a;          //错：a是有名有址的
int&& f( ) { return 2; }
int &&c=f( );       //对：f返回的是无址引用，是无址的
```

- 位段成员是无址的。

```
int &&x=printf( “abcdefg” ); //对：printf( )
struct A {   int a;  /*普通成员：有址*/    int b : 3; /*位段成员：无址*/ }p = { 1,2 };
int &&q=p.a;        //错：不能引用有址的变量
int &&r=p.b;        //对：引用无址左值(同时也是无址右值)
```

第2章 类型、常量及变量

元素、下标及数组

- 枚举一般被编译为整型，而枚举元素有相应的整型常量值；
- 第一个枚举元素的值默认为0，后一个元素的值默认在前一个基础上加1

```
enum  WEEKDAY {Sun, Mon, Tue, Wed, Thu, Fri, Sat};
WEEKDAY  w1=Sun, w2(Mon);          //可用限定名WEEKDAY::Sun，Sun=0, mon=1
```

- 也可以为枚举元素指定值，哪怕是重复的整数值。
- 如果使用“enum class”或者“enum struct”定义枚举类型，则访问其元素时必须使用类型名::限定元素名

```
enum struct RND{e=2, f=0, g, h};       //正确：e=2，f=0，g=1，h= 2
RND m= RND::h;                         //必须用限定名RND::h
int  n=sizeof(RND::h);                 //n=4, 枚举元素实现为整数
```

第2章 类型、常量及变量

元素、下标及数组

- 数组元素按行存储, 对于 “int a[2][3]={{1,2,3},{4,5,6}};” ， 先存第1行再存第2行

  a: 1, 2, 3, 4, 5, 6 //第1个元素为a[0][0], 第2个为a[0][1],第4个为a[1][0]
- 若上述a为全局变量，则a在数据段分配内存，1,2…6等初始值存放于该内存。
- 若上述a为静态变量，则a的内存分配及初始化值存放情况同上。
- 若上述a函数内定义的局部非静态变量，则a的内存在栈段分配，而初始化值则在数据段分配，最终函数使用栈段的内存。
- C++数组并不存放每维的长度信息，因此也没有办法自动实现下标越界判断。每维下标的起始值默认为0。
- 数组名a代表数组的首地址，其代表的类型为int [2][3]或int(*)[3]。

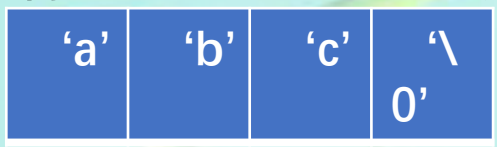
第2章 类型、常量及变量

元素、下标及数组

- 一维数组可看作单重指针，反之也成立。例如：

```
int b[3];                    //*(b+1)等价于访问b[1]
int *p=&b[0];                //*(p+2)等价访问p[2]，也即访问b[2]
```

- 字符串常量可看做以’\0’结束存储的字符数组。例如“abc”的存储为



//字符串长度即strlen(“abc”)=3，但需要4个自己存储。

```
char c[6]= “abc” ;      //sizeof(c)=6，strlen(c)=3，“abc”可看作字符数组
char d[ ]= “abc” ;      //sizeof(d)=4，编译自动计算数组的大小，strlen(d)=3
const char*p= “abc” ;//sieof(p)=sizeof(void*)=4, p[0]= ‘a’ ，“abc”看作字符指针
```

- 故”abc”[0]= ‘a’ *(“abc”+1)= ‘b’ 。

第2章 类型、常量及变量

◆2.4 运算符及表达式

- C++运算符、优先级、结合性见表2.7。优先级高的先计算，相同时按结合性规定的计算顺序计算。可分如下几类：
  - 位运算：按位与&、按位或|、按位异或^、左移、右移。左移1位相当于乘于2，右移1位相当于除于2。
  - 算数运算：加+、减-、乘*、除/、模%。
  - 关系运算：大于、大等于、等于、小于、小等于
  - 逻辑运算：逻辑与&&、逻辑或||
- 由于C++逻辑值可以自动转换为整数0或1，因此，数学表达式的关系运算在转换为C++表达式容易混淆整数值和逻辑值。假如x=3，则数学表达式“1<x<2”的结果为假，但若C++计算则1<x<2⇔1<3<2⇔1<2⇔真，
- 数学表达式实际上是两个关系运算的逻辑与，相当于C++的“1<x&&x<2”。

第2章 类型、常量及变量

赋值、选择与自增和自减运算

- 赋值语句也是C++一种表达式。对于int x(2); x=x+3; 赋值语句中的表达式：
  - x+3是加法运算表达式，其计算结果为传统右值5。
  - x=5是赋值运算表达式，其计算结果为传统左值x(x的值为5) 。
  - 由于计算结果为传统左值x，故还可对x赋值7，相当于运算：(x=x+3)=7；结果为左值x
- 选择运算使用”?:” 构成， 例如：y=(x>0)?1:0; 翻译成等价的C++语句如下。

  if(x>0) y=1;　　else　　y=0;
- 前置运算“++c”、后置运算“c ++”为自增运算；相当于c=c+1，前置运算“—c”、后置运算“c –”为自减运算，相当于c=c-1。前置运算先运算再取值，后置运算先取值，再运算。如c=2，则x=++c、x=c++、x=--c、x=c--的值分别为x=3, c=3、x=2, c=3、x=1, c=1、x=2, c=1。
- 当数学表达式的分母或分子有优先级低于除法的运算符如+、-时，在转换为对应的C++表达式时应使用括号括起分母或分子。

第2章 类型、常量及变量

◆2.5 结构与联合

- ●结构是使用struct定义的一组数据成员，每个成员都要分配相应的内存。
  - ●数据成员可以是基本数据类型如char、int等。
  - ●数据成员也可以是复杂的结构或联合成员。
  - ●所有成员都可被任意函数访问。
  - ●不大于long long类型的bool、char、枚举、整型等类型成员可以定义为使用若干位二进制的位段类型。
- ●联合是使用union定义的一组数据成员，所有成员共用最大成员分配的内存。
  - ●数据成员可以是基本数据类型、结构或联合类型
  - ●所有成员都可被任意函数访问
  - ●类型不大于int的成员可以定义为使用若干位二进制的位段类型
- ●结构和联合还可以包含函数成员。

第2章 类型、常量及变量

◆2.5 结构与联合

- 在vs2019的x86编译模式下，定义如下结构。

```
struct Person{                  //sizeof(Person)=sizeof(const char*)+sizeof(int)
    const char *name;           //定义实例数据成员name，不允许修改name指向的姓名
    int birthYear;              //定义实例数据成员birthYear
}liShiZhen;                     //定义Person类型的同时定义该类型的变量liShiZhen
struct Person huaTuo;           //定义Person类型后，struct可省略
```

- 在vs2019的x86编译模式下，定义如下联合。

```
union Long { //自定义union类型Long。成员c、s、x共享内存
    char   c;                   //c共享x的内存
    short  s;                   //s共享x的内存
    long   x;                   //sizeof(Long)＝max(sizeof(char), sizeof(short), sizeof(long))=sizeof(long)
}a;   Long b;                   //修改任意成员，都会同时修改其它成员
```