13 ADT in C++

`struct` 是 C-style heterogeneous aggregate data type，而 `class` 是 C++-style heterogeneous aggregate data type.

`struct` 和 `class` 的区别在于：

1. `struct` 的 member variables 必须 call init function 来 initialize, 而 `class` 可以写 default constrctor 自动 initialize
2. `struct` 的所有 data 都是 `public` by default 的，`class` 的所有 data 都是 `private` by default 的.
3. `struct` 只包含 member variables，functions 是 technically separate 的，而 `class` 包含了自己的 member variables 和 member functions.

因而用 class 可以：

• Enforce the interface

• Maintain representation invariants

13.1 Class Declaration

格式：

```
class Triangle {
private: // private(一般是variables/data)
  double a;
  double b;
  double c;
```

```
public: // public(大部分functions)
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in) {
    ...
  }  // Constructor(s)

  double perimeter() const {  // 注意不改变 member variables 的 function 要加 const
    ...
  }

  void scale(double s) {
    ...
  }

}; // 注意和struct一样要加semicolom!
```

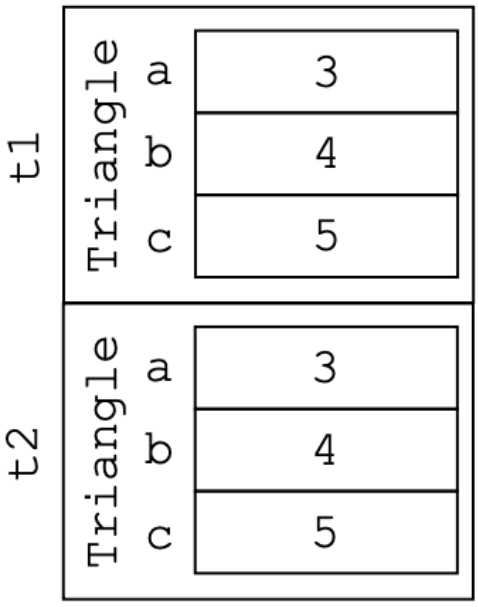
initialize 一个 instance object：

```
int main() {
  Triangle t1{3, 4, 5};
}
```

13.1.1 前情提要: class 型的 object 可以使用 `=` 赋值

```
int main() {
  Triangle t1(3, 4, 5);
  Triangle t2 = t1;
  ...
}
```

能这么做。



13.2 Calling a member function

一个 Class 的每个 object 都有它自己的 copy of each member variable.

调用 Class 的 member function 总是在某个 object 上，使用 `.` 调用。比如 `Triangle` 有一个 member function 叫做 `scale()`，那么我们无法直接调用 `scale()`，而是必须在某个 instance object 上调用，比如 `t1` 是一个 object，`t1.scale()`.

13.2.1 自动创建的 `this` 作为指针变量

记得在 `struct` 中，我们是先自己创建某个 object 的一个指针变量或者直接使用 `&t1` 把地址传进去作为一个指针型变量，然后把它传给一个**以指针 `Triangle *ptr` 作为参数的 function**，这个 function 通过 `ptr -> a` 这样使用 `->` operator 获取**传进来的指针作为参数指向对象的 member variable.**

而 `class` 中就不同。我们可以在 member functon 中使用 `this` 这个关键词，使得当一个 object 调用这个 function 时**自动创建一个指向这个 object 的指针 `this`，**然后通过 `this -> a` 这样使用 `->` operator 来 access**原对象参数的 member variable.**

The object on which a function is called is pointed to by the pointer named `this`.

就是说如果我们在 member function 中用 `this` 这个关键词，意思就是 `this` 是指向调用这个函数的 object 的一个指针。

```
void Triangle::scale(double s) {
  this -> a *= s;
  this -> b *= s;
  this -> c *= c;
}
```

```
int main() {
  Triangle t1(3, 4, 5);
  t1.scale(2);
  // 6 8 10
}
```

对比一下 C-style (`struct`):

```
void Triangle_scale(Triangle *tri, double s) {
  tri->a *= s;
  tri->b *= s;
  tri->c *= s;
}
```

```
int main() {
  Triangle t1;
  Triangle_init(&t1, 3, 4, 5);
  Triangle_scale(&t1, 2);
  // 6 8 10
}
```

13.2.2 `const` function

在使用 `struct` 的函数中我们如果需要不改变原 object 就需要使用 **pointer to const**.

```
double Triangle_perimeter(Triangle const *tri) { // pointer to const
  return tri->a + tri->b + tri->c;
}

int main() {
  Triangle t1;
  Triangle_init(&t1, 3, 4, 5);
  cout << Triangle_perimeter(&t1); // 使用 & 传地址作为指针变量
}
```

而在 `class` 中我们可以直接给 member function 加上 `const` 表示它不改变调用它的原 object 的值。

```
double Triangle::perimeter() const{ // const function
  return this->a + this->b + this->c;
}

int main() {
  Triangle t1(3, 4, 5);
  cout << t1.perimeter(); // 不需要传入地址
}
```

13.2.3 `this` 不仅可以 `->` member variable 还可以 `->` member function

```
int operation() {
  this -> scale(2.0);
  cout << this -> perimeter();
}
```

`this -> scale()` 就是 `*(this).scale()`.

表示在 member function 里调用其他 member function.

13.2.4 `const` 配对: `const` 的 object 不能使用非 `const` 的 member function

```
class Triangle {
private:
  ...
public:
  double scale(double s);
  double perimeter() const;
  ...
}

int main() {
  const Triangle t1(3, 4, 5);
  t1.scale(); // error, 因为scale不是const function. 它在尝试strip off t1's const
  cout << t1.perimeter(); //ok
}
```

13.2.5 参数包含其他同 class object 的 member function

```
int double(const Triangle &anothertriangle) const {
  this->scale(2.0); //不行,
  cout << this->perimeter(); //可以

  anothertriangle.scale(2.0); //也不行, 因为 anothertriangle 是一个 const reference
  cout << anothertriangle.perimeter(); //可以
}
```

13.2.6 不使用 `this` implement member function: compiler 自动补全

```
class Triangle {
private:
  double a, b, c;
public:
  void scale(double s) {
    this->a *= s;
    this->b *= s;
    this->c *= s;
  }
  void shrink(double s) {
     this->scale(1.0 / s);
  }
};
```

我们可以直接不写 `this ->`. compiler 会自动帮我们补全 `this ->`.

等于:

```
class Triangle {
private:
  double a, b, c;
public:
  void scale(double s) {
    a *= s;
    b *= s;
    c *= s;
  }
  void shrink(double s) {
     scale(1.0 / s);
  }
};
```

13.3 Member Accessibility (或称 visibility)

我们知道 private 的 member 只能在 class scope 里 access，也就是通过 public member function 来 access.

但是我们要补充一点是：**只要是同一个 class，那么这个 class 其他 object 的 member 也可以由 member function access. 也就是说一个 member function 不只可以用 `this ->` access 自己的 private 属性，还可以随便用 `.` access 其他同类 object 的 private 属性.**

比如：

```
class Triangle {
private:
  double a;
  double b;
  double c;
public:
  bool isSame(const Triangle &someOtherTriangle) {
    return a == someOtherTriangle.a &&
           b == someOtherTriangle.b &&
           c == someOtherTriangle.c;    // private的，但是可以
  }
};
int main() {
  Triangle t1(3, 4, 5);
  Triangle t2(3, 4, 7);
  cout << t1.isSame(t2); // 不会有 error
}
```

这就凸显了 class 的灵活性。

13.4 Initialization

Every object in C++ is initialized upon creation.

1. explictly initialized

   ```
   Triangle t1(3, 4, 5);
   Triangle t2 = Triangle(3, 4, 5);
   ```

2. default initialized

   ```
   Triangle t3;
   ```

Atomic objects (int, double, bool, char, pointers) default initialization 自动赋一个 junk 值.

Array objects default initialization 给每个元素自动赋一个 junk 值.

Compound objects 通过 default constructor 来 default initialization. 这个 constructor 为 `Triangle(){}`, 是 compiler 自动加的，给每个 member variable 赋了 junk。**一旦你自己写写了其他 constructor，这个 default 就失效了！这个时候你再 `Triangle t` 就会报 error!**

```
int main() {
  int y; // contains junk
  int array2[3]; //each element contains junk
  Triangle t3; // 根据 default constructor
}
```

```
Triangle::Triangle(double a_in, double b_in, double c_in) {
  a = a_in;
  b = b_in;
  c = c_in;
}

int main() {
  Triangle t; // error!
}
```

13.4.1 使用 member initializer list 的 Constructors

实际上，我们一直以来使用的像刚才这样的 constructors 有时候是**低效而且甚至在有些时候是会出错误的。**

```
class Triangle {
private:
  double a;
  double b;
  double c;
public:
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in) {
    a = a_in;
    b = b_in;
    c = c_in;
  }
};
```

我们有一个更加高效的方式叫做 **member initializer list**:

```
class Triangle {
private:
  double a;
  double b;
  double c;
public:
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in)
    : a(a_in), b(b_in), c(c_in) {}  //这里的顺序不重要. {}里面不需要写东西
};
```

这两个 constructor 在这里并没有作用和性能上的区别，但是如果我们的 class `Triangle` 的 member 里包含了另一个 class 型的变量，那么就出现了很大的区别。

因为其实 compiler 对于 constructor 会自动加上 initializer list.

这个自动的 initializer list 是一个只声明变量，而不赋值的 list.

就是:

```
// 对于
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in) {
    a = a_in;
    b = b_in;
    c = c_in;
  }

// compiler 会自动加上 initializer list, 相当于:
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in)
  : a, b, c {
    a = a_in;
    b = b_in;
    c = c_in;
  }
```

对于 `int`, `double` 这些 types 的类成员，compiler 并不会给它们赋默认值，而是只是声明一个这样的变量。所以不论是 initializer list 还是直接写在框里都一样，因为这不会有性能的区别

但是自然地，对于 class 型的成员，这个 default 的行为会先使用该 class 成员的 default constructor 来初始化这个成员，然后再进入框体。因为声明 class 型的变量的同时就默认它被 default constucted.

所以说，如果这个 class 的成员中包括了另一个 class，那么 compiler 就会自动调用这个另一个 class 的 default constructor 来进行 initialize 这个成员。而后，我们才在框体中重新给这个 class member 赋新值。

这样的一个问题是，如果这个作为成员的 class 很大，那么我们就浪费了几乎一倍的性能。

另一个问题是，如果这个作为成员的 class 只写了带参数的 constructor 而导致它已经没有 default constructor 了，那么就会直接报错。尽管我们在框体里写了调用那个带参数的 constructor 来初始化这个 member，由于 compiler 自动尝试调用它的 default constructor，还是发生了错误。

而 initializer list 就会避免这个错误，直接把 compiler 自动尝试调用它的 default constructor 的行为换成了调用你选

而 initializer list 就会避免这个错误，直接把 compiler 自动会试调用它的 default constructor 的行为换成了调用你选定的正确的 constructor。

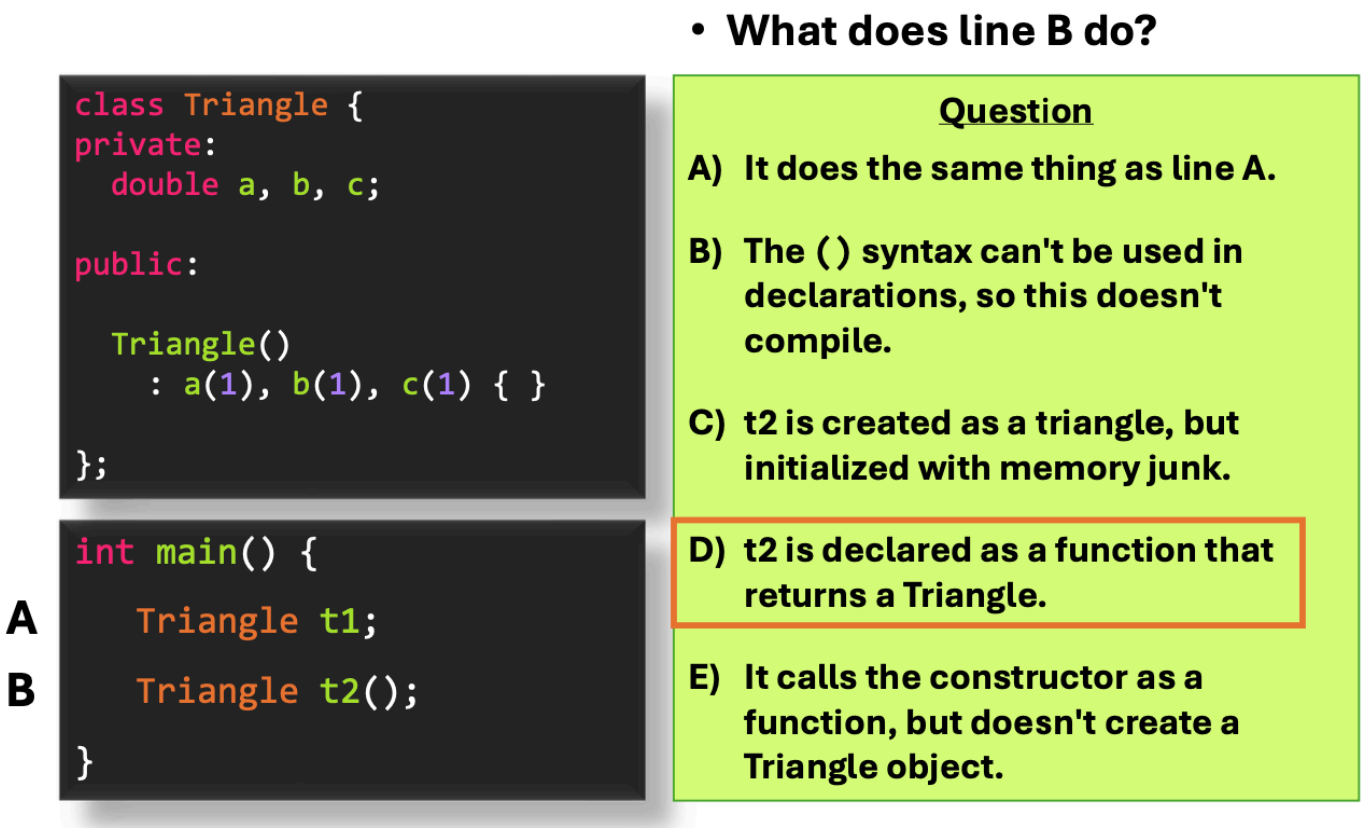
13.4.2 多个 Constructors

```
class Triangle {
private:
  double a;
  double b;
  double c;
public:
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in)
    : a(a_in), b(b_in), c(c_in) {}
  Triangle(double side)
    : a(side), b(side), c(side) {}
  Triangle()
    :a(1), b(1), c(1) {}
};
```

我们可以创建多个 constructor，针对不同的 arguments 数量。

注意：**使用 0-argument construtor 的写法比较特殊，是必须写 `Triangle t;` 而不能写 `Triangle t();`，后者会被 compiler 认为是 declare 了一个 return Triangle 的 function 叫做 `t`，没有参数。**

注意2：如果我们没有写某个 argument 数量的 constructor，那就不能用。比如这里我们没有写两个参数的 constructor，所以 `Triangle t(3, 4);` 会报错。



13.4.3 Classes 作为 members

```
class Professor {
private:
  string name;
  vector<string> students;
  Coffee facCoffee;
  Triangle favTriangle;

public:
  Professor(const string &name)
    : name(name), favCoffee(0, 0, false);
};
```

有一点注意是，我们不要这样写：

```
Professor(const string &name)
    : name(name), favCoffee = Coffee(0, 0, false);
```

因为这样的话 compiler 就会先 default construct `favCoffee`，然后再用这个 constructor 构建，which causes error because 这个时候已经没有 default constructor 了.

13.4.4 Check Invariants

13.4.4 Check invariants

应该写一个 respect interface 的函数，并且塞在 constructor 里。

```
class Triangle {
private:
  double a;
  double b;
  double c;

  void check_invariants() {
    assert(0 < a && 0 < b && 0 < c);
    assert(a + b < c && a + c > b && b + c > a)
  }

public:
  Triangle(double a_in, double b_in, double c_in)
    : a(a_in), b(b_in), c(c_in) {
    check_invariants();
  }
};
```