CS100 Recitation 1

GKxx

目录

编译、运行一个 C 程序

编译、运行一个 C 程序

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
  printf("Hello, world\n");
  return 0;
}
```

`gcc hello.c -o hello` 使用 `gcc` 编译，生成一个**可执行文件**。

- Windows 上叫 `hello.exe`，Linux/Mac 上叫 `hello`。

`./hello` (Linux/Mac), `.\hello` (Windows) 运行这个程序。

- 当然你也可以双击它，但它会“一闪而过”。

环境变量 `PATH`

当你执行 `gcc hello.c -o hello` 的时候，你唤醒的 `gcc` 是你安装在某处的 `gcc` (Linux/Mac) / `gcc.exe` (Windows)

例如，Windows 上的 `D:\mingw64\bin\gcc.exe`

终端如何认识到你想找的 `gcc` 是 `D:\mingw64\bin\gcc.exe` ？

环境变量 `PATH`

当你执行 `gcc hello.c -o hello` 的时候，你唤醒的 `gcc` 是你安装在某处的 `gcc` (Linux/Mac) / `gcc.exe` (Windows)

例如，Windows 上的 `D:\mingw64\bin\gcc.exe`

终端如何认识到你想找的 `gcc` 是 `D:\mingw64\bin\gcc.exe` ？

- 将 `D:\mingw64\bin` 添加到环境变量 `PATH` 。

在 VSCode 的终端中执行以上指令

`ctrl` + `` ` `` 开启终端，默认 working directory 为当前打开的文件夹。

可以先 `cd` 到方便的位置（如果需要的话）

Code Runner

Code Runner 的功能：

- 提供一个按钮 "Run Code"
- 为每一类文件预先设置一个指令 `"code-runner.executorMap"`
- 按下那个按钮时，Code Runner 根据当前文件的类型，执行预先设定的指令

例如

```
"c": "cd $dir && gcc '$fileName' -o '$fileNameWithoutExt' && ./'$fileNameWithoutExt'"
```

VSCode C/C++ 相关的其它支持

依赖于插件 "C/C++"，配置在 `c_cpp_properties.json` 中。

Linting: 在你写代码的时候为你提供静态检查。

"Run C/C++ file": 根据 `tasks.json` 编译，然后根据 `launch.json`（如果有）运行。

- "C/C++" 插件会根据 `c_cpp_properties.json` 生成 `tasks.json`，**不需要上网抄**。
- 如果没有 `launch.json`，就是一个普普通通的运行。
- `launch.json` 可以直接由 VSCode 提供的帮助生成，**也不需要上网抄**，除非你需要某些特殊的配置（比如抄 CMake Tools 的文档）

以上过程远不如 Code Runner 清晰、直观、直接，所以我推荐使用 Run Code。

调试

一切调试的基础：GDB，比如 `D:\mingw64\bin\gdb.exe`

"Debug C/C++ file": 走一个类似于 "Run C/C++ file" 的流程，先根据 `tasks.json` 编译，然后启动 `gdb` 运行程序。

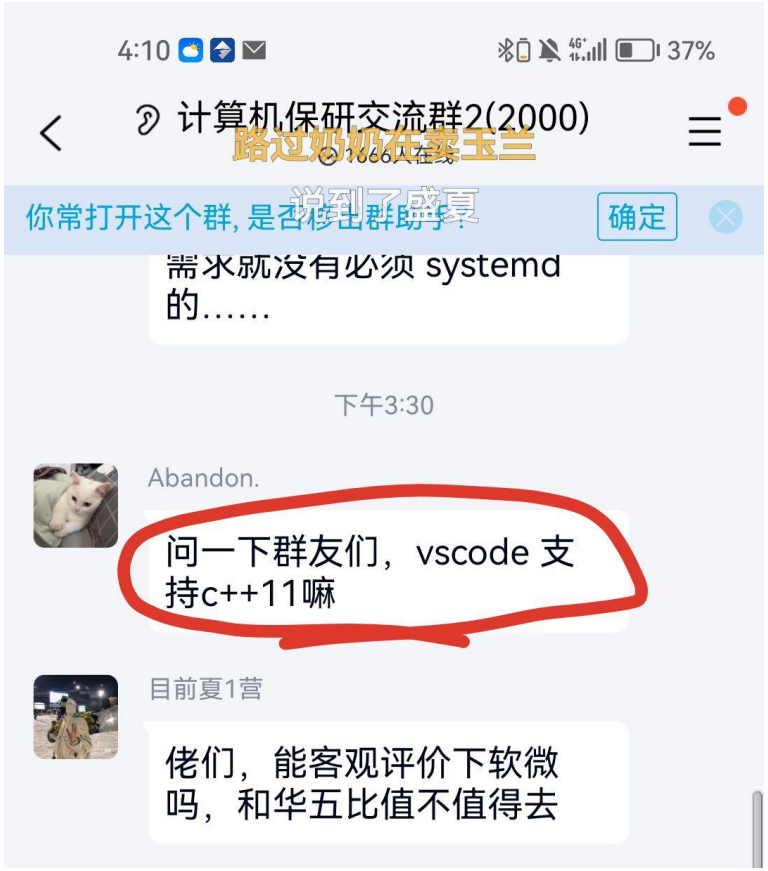
- 试一试，在 VSCode 里打断点、单步执行等。

配置有问题怎么办？

- 简单情况，直接删掉 `tasks.json` 和 `launch.json` 重来就行。

编译、运行、调试一个 C 程序

VSCode 本身不具备任何编译、运行、调试的功能！ 它只是把编译器、可执行文件和 GDB 的结果打在公屏上，然后给你提供一些方便操作的按钮。



工欲善其事，必先利其器

熟悉 VSCode 的各种功能，没事的时候就玩玩。

- 一些神奇的插件，比如网易云音乐、知乎、QQ
- 一些小插件，比如变透明、Lifeline、vscode-icons
- 用户代码片段 (user snippet)
- 自定义快捷键 (keybinding)

再比如 Marp ——我的 slides 的制作工具，是以 VSCode 插件的形式给出的。

初识函数

定义一个函数

语法：`ReturnType FunctionName(Parameters) { FunctionBody }`

- 数学上，函数是 $f : S \mapsto T$
- 一个函数的**参数**的类型对应 S，**返回值**类型对应 T。

例：下取整函数 $f(x) = \lfloor x \rfloor$ 的参数和返回值类型分别是什么？

定义一个函数

语法：`ReturnType FunctionName(Parameters) { FunctionBody }`

- 数学上，函数是 $f : S \mapsto T$
- 一个函数的**参数**的类型对应 S，**返回值**类型对应 T。

例：下取整函数 $f(x) = \lfloor x \rfloor$ 的参数和返回值类型分别是什么？

```
int floor(double x) {
  // ...
}
```

定义一个函数

一个函数可以接受多个参数（$f : S_1 \times S_2 \times \cdots \times S_n \mapsto T$），**每个参数的类型都需要写出来**。

- 哪怕它和前一个参数类型相同，也不可以省去。`(int x, int y)` 不可以省略为 `(int x, y)`

```
ReturnType myFunction(Type1 a1, Type2 a2, Type3 a3) {
  // ...
}
```

定义一个函数

一个函数可以没有返回值，这样的函数返回值类型为 `void`。

和数学函数不同，C 函数不仅仅是“接受一些参数、返回一个值”，它实际上就是将一小段具有特定功能的代码单独拎出来，并且给它起个名字。

定义一个函数

一个函数可以不接受参数（$f : \varnothing \mapsto T$），写法是在参数列表里放一个 `void`

```
ReturnType do_some_work(void) {
  // ...
}
```

和 C++ 不同，**参数列表空着并不代表不接受参数**，而是表示 "accepting unknown parameters"。这项规则自 C23 起才被删除。

- 这是 C 的一个历史遗留问题。上古时期的 C 并不注重参数类型检查，这可能更接近汇编的风格，但也更容易出错。

另一个历史遗留问题

在 C99 之前，一个函数如果不写返回值类型，则返回值类型默认为 `int`。

事实上在旧的 C 语言中存在着大量的“默认为 `int`”的规则，在很多场合下这种写法极易引发难以预料的问题。

- 不幸的是，为了兼容已经存在的上亿行旧代码，编译器大概率会允许这种写法，并仅仅给出一个 warning。

你可能见过一些人写这样的 `main` 函数：

```
main() {
  // ...
}
```

这不符合现代 C 语言的语法，也是极不推荐的写法。

更糟糕的历史遗留问题

如果你调用了一个未经声明的函数

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
  int x = my_mysterious_function();
  printf("%d\n", x);
}
```

C++ 编译器会给出一个十分正常的报错: "... was not declared in this scope"

```
a.cpp: In function ‘int main()’:
a.cpp:4:11: error: ‘my_mysterious_function’ was not declared in this scope
    4 |   int x = my_mysterious_function();
      |           ^~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
```

更糟糕的历史遗留问题

如果你调用了一个未经声明的函数

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
  int x = my_mysterious_function();
  printf("%d\n", x);
}
```

而 C 编译器会允许，并且给出一个令人困惑的 warning: "implicit declaration"

```
a.c: In function ‘main’:
a.c:4:11: warning: implicit declaration of function ‘my_mysterious_function’
[-Wimplicit-function-declaration]
    4 |   int x = my_mysterious_function();
      |           ^~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~~
```

当然，它是无法运行的，链接器会抱怨“找不到名为 `my_mysterious_function` 的函数”。

更糟糕的历史遗留问题

如果你调用了一个未经声明的函数

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
  int x = my_mysterious_function();
  printf("%d\n", x);
}
```

C 标准认为你“隐式地声明” (implicitly declare) 了这个函数，于是压力全都给到链接器。

这一规则 C99 起被删除，但为了向后兼容 (backward compatibility)，编译器很可能仍然支持，只是给一个 warning。

- 向后兼容，又是向后兼容！

`int main` 还是 `void main`？

据我观察，`void main` 的支持者主要是两类人：

- 某些特殊的（可能是嵌入式）系统的开发者，在那些系统上程序不需要有返回值。
- 一些在上个世纪学习 C 语言的人，那时语言的标准化可能还未完成或者语言标准没有普及，就如同鲁迅、朱自清也会写出错别字和病句一样。

那么，标准到底允不允许 `void main` ？

`int main` 还是 `void main？

C 标准允许的 `main` 函数的形式：见 cppreference

- `int main(void) { body }`
- `int main(int argc, char *argv[]) { body }`
- `/* another implementation-defined signature */` (since C99)

C++ 标准允许的 `main` 函数的形式：见 cppreference

- `int main() { body }`
- `int main(int argc, char *argv[]) { body }`
- `/* another implementation-defined form, with int as return type */`

所以，`void main` 在 C++ 里一定不合法，在 C 里只要 implementation 支持就合法。

`int main` 还是 `void main`？

但 `void main` 会使得程序执行完毕后向 host environment 传递的返回值是 **unspecified** 的，而一个正常退出的程序应该返回 `0`。

例如在 OJ 上，`main` 如果不返回 `0`，就会被视为 runtime error。

`scanf` 和 `printf`

虽然文档有点复杂，但也要试着在这里检索你需要的信息。

scanf

printf

"A+B" problem

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
  int a, b;
  scanf("%d%d", &a, &b);
  printf("%d\n", a + b);
  return 0;
}
```

A+B Problem

约定输入格式：两行，每行一个整数，分别表示 `a` 和 `b`。

- `scanf("%d\n%d\n", &a, &b)` 会发生什么？试一试。

A+B Problem

约定输入格式：两行，每行一个整数，分别表示 `a` 和 `b`。

- `scanf("%d\n%d\n", &a, &b)` 会卡住，**直到你输入了一个非空白字符为止**。
- 看看标准：

> whitespace characters: any single whitespace character in the format string **consumes all available consecutive whitespace characters** from the input (determined as if by calling isspace in a loop). Note that **there is no difference** between `"\n"`, `" "`, `"\t\t"`, or other whitespace in the format string.

- whitespace character: “空白字符”，包括空格、换行、回车、制表等。

A+B Problem

约定输入格式：两行，每行一个整数，分别表示 `a` 和 `b`。

- `scanf("%d%d", &a, &b)` 可以吗？试一试。

A+B Problem

约定输入格式：两行，每行一个整数，分别表示 `a` 和 `b`。

- `scanf("%d%d", &a, &b)` 可以。
- 中间的换行符不写也可以？看看标准：

> `"%d"` matches a decimal integer.
>
> The format of the number is the same as expected by `strtol` with the value 10 for the base argument.

- `strtol` 是什么鬼？点进去看看：

> Interprets an integer value in a byte string pointed to by str.
>
> **Discards any whitespace characters** (as identified by calling `isspace`) until the first non-whitespace character is found, then...

`printf`

`double` 需要用 `%lf` 输出。如果我用 `%d` 输出，会怎样？

```c
#include <stdio.h>

int main(void) {
  double pi = 3.14;
  printf("%d\n", pi);
  return 0;
}
```

它和先将 `pi` 转换为 `int`（小数部分截去）再输出的效果一样吗？

```c
double pi = 3.14;
int pi_int = pi; // pi_int 值为 3
printf("%d\n", pi_int);
```

`printf`

在 `scanf` 和 `printf` 中，conversion specifier 与对应的变量类型不匹配是 undefined behavior：**你不能对程序的行为做任何假定。**

以下说法统统是错的：

- ~~它会进行某种类型转换再输出~~
- ~~它会输出一个值，只是我不知道它是多少罢了~~

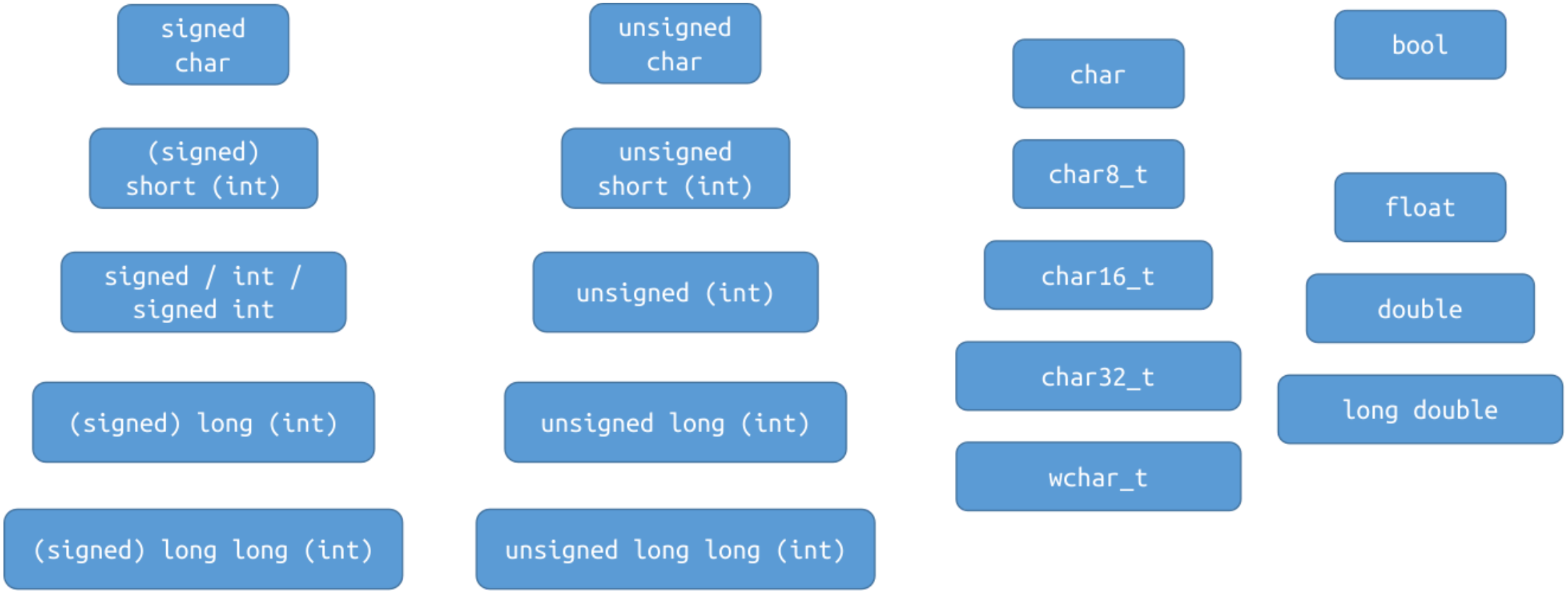
程序完全有可能在这里直接崩溃。此外，编译器可以假定你的程序不含 undefined behavior，所以它如果发现这里有 undefined behavior，就可以直接把这行代码删掉，这完全符合语言标准。

算术类型

正课 slides 已经足够完整，这里仅作为回顾。

算术类型：整数，字符，布尔，浮点数

有时候字符和布尔也认为是整数。



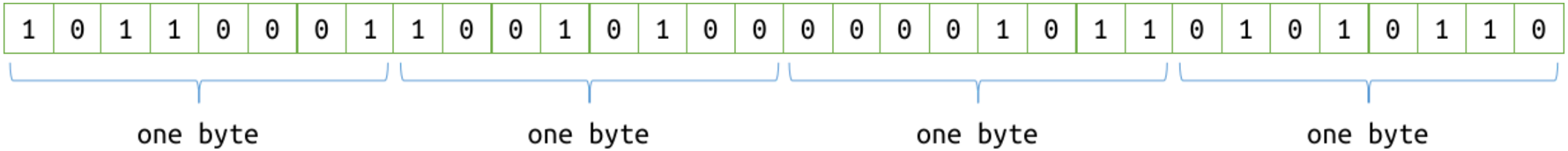
整数类型的大小

type	width (at least)	width (usually)
`short`	16 bits	16 bits
`int`	16 bits	32 bits
`long`	32 bits	32 or 64 bits
`long long`	64 bits	64 bits

- `sizeof(signed T) == sizeof(unsigned T)`
- `1 == sizeof(char) <= sizeof(short) <= sizeof(int) <= sizeof(long) <= sizeof(long long)`

位 (bit) 和字节 (byte)

一个 32 位整数长这样：



通常一个字节是 8 位。`sizeof(T)` 可以获得 `T` 所占的**字节**数量。

`sizeof` 和 `size_t`

`sizeof(T)` 返回 `T` 所占的字节数量，这个值的类型是什么？

- 换句话说，如果我要用 `printf` 输出 `sizeof(int)` 的值，应该用 `%` 什么？

`sizeof` 和 `size_t`

`sizeof(T)` 返回 `T` 所占的字节数量，这个值的类型是什么？

- 换句话说，如果我要用 `printf` 输出 `sizeof(float)` 的值，应该用 `%` 什么？
  - 一种办法是 `printf("%d\n", (int)sizeof(float))`，即将它转换成 `int`。

`sizeof` 和 `size_t`

`sizeof(T)` 返回 `T` 所占的字节数量，这个值的类型是什么？

- 换句话说，如果我要用 `printf` 输出 `sizeof(float)` 的值，应该用 `%` 什么？

`sizeof(T)` 的类型必须保证能存下任何对象的大小，这在不同的机器上情况是不同的。

`sizeof(T)` 的类型是 **`size_t`**：一种特殊的无符号整数类型，定义于 `<stddef.h>` 中。

- 编译器会根据实际情况来决定 `size_t` 究竟是多大。
  - 例如在我的 64 位 Ubuntu 22.04 系统上，`size_t` 是 `unsigned long`，而在我的 64 位 Windows 11 系统上它是 `unsigned long long`。
  - 在 32 位系统上，它可能是某种 32 位无符号整数。
- 让 VSCode 告诉你它到底是啥。

浮点数不是万能的

定义一个函数，接受两个 64 位整数，返回它们的平均值。你会使用什么返回值类型？

浮点数不是万能的

定义一个函数，接受两个 64 位整数，返回它们的平均值。你会使用什么返回值类型？

看起来唯一的选择是 `double`

```
double midpoint(long long a, long long b) {
  return (a + b) / 2.0;
}
```

它对吗？试试看 `9007199254740993 9007199254740993`

浮点数误差是难免的

判断一个浮点数是否等于零，必须使用 $|x| < \epsilon$，其中 ϵ 可以是 10^{-8} 这样的一个小数。

判断两个浮点数是否相等，必须使用 $|a - b| < \epsilon$。