Lab 1：FFT

实验目标

输入一个复数数组`in`，对其做`FFT`后输出到`out`数组中，`n`为数组长度。

```
void student_fft(int n, const double complex* in, double complex* out)
```

框架代码

实验文件可在`elearning`上下载, 其中包括`fft.c`，`omp_sample.c`和`makefile`三个文件

在`fft.c`中，我们给出了一个框架，其中包括测试代码以及`DFT`和`FFT`的简单串行实现，你要做的是将`student_fft`中的`naive_fft`替换成自己实现的并行`FFT`代码。

在`omp_sample.c`中，我们给出了一些`openmp`的使用样例，之前没接触过的同学可以参考。

运行方式

1.登陆服务器

我们为大家准备了一个24核的服务器，进入校内网后（校外需要VPN），使用命令行或 SSH 相关工具登入服务器。命令行 SSH 指令：

```
ssh user[your-student-ID]@10.20.26.203 # e.g. ssh user20307130000@10.20.26.203
```

初始密码为学号。

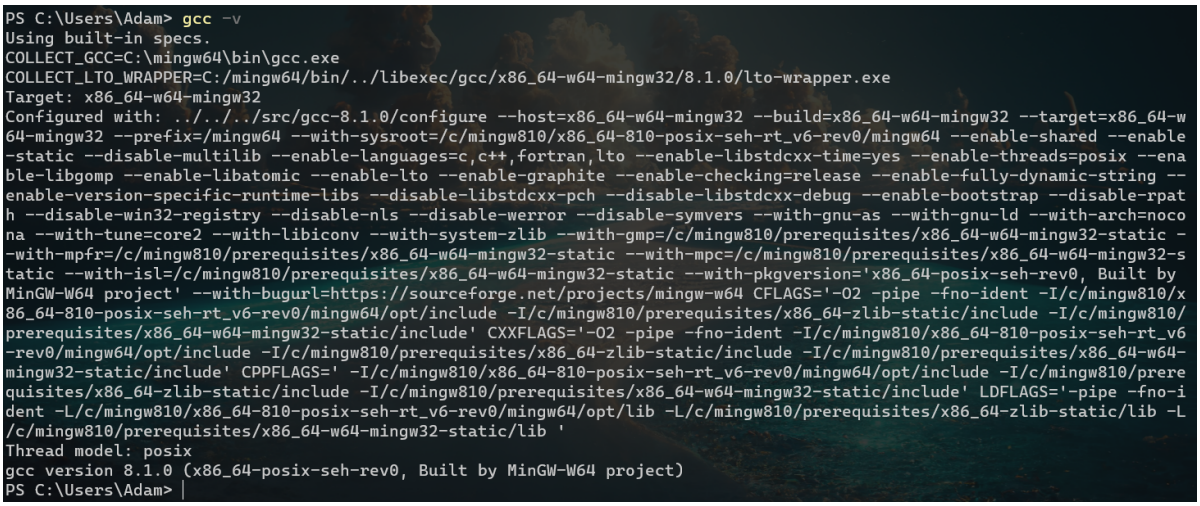
由于我们的服务器资源有限且程序对于性能十分敏感，因此禁止大家使用`vscode`或`clion`等软件远程连接服务器！！！如果发现，我们将会杀掉你的程序。

因此你应该在本地写好代码，并确保能够编译运行且结果正确后再将代码上传至服务器运行。

2.本地运行

编译:

本地编译代码需要安装`gcc`和`make`工具，使用`windows`系统的同学可以在`elearning`上下载`mingw64.zip`压缩包，解压后将`bin`文件夹路径加入到环境变量。比如将压缩包解压到`C:\mingw64`后，可以在环境变量中新建一条`C:\mingw64\bin`，按下确定后在终端中运行`gcc -v`指令，出现如下信息，即为安装成功



安装`make`之后可以直接使用命令进行编译:

```
make local
```

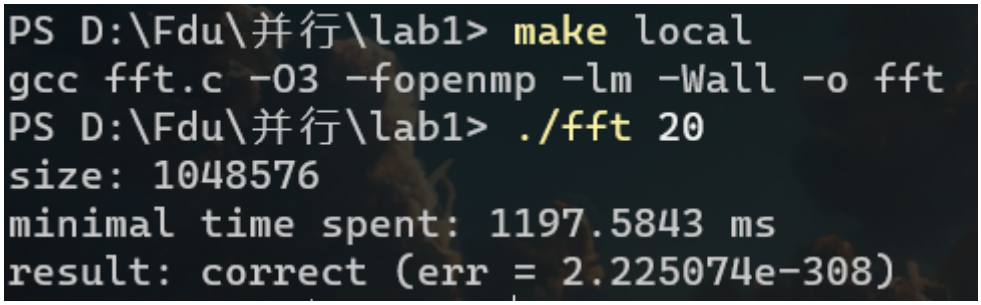
`windows`下安装`make`可能较为麻烦, 你可以直接使用命令进行编译:

```
gcc fft.c -O3 -fopenmp -lm -Wall -o fft
```

运行:

```
./fft [N] # N表示本次运行规模为2^N
```

在本地运行代码会输出程序的正确性以及运行时间, 如图所示:



PS: 如果你是`Linux`或`Mac`用户, 我相信你可以自行安装以上软件并完成编译.

3.上传至服务器

确保在本地能编译通过并且程序正确之后, 你可以将代码上传至服务器运行.

可以使用`scp`命令将整个`lab1`文件夹上传至服务器, 使用教程可以参考Linux scp命令 | 菜鸟教程 (runoob.com)。

登陆服务器后, 你可以先使用`top`命令查看是否有其他同学正在运行程序, 如果有, 建议你等待他的程序运行完成后再进行编译并运行. 由于我们的输入规模并不大, 一般最多也就等个十来分钟. 如果你发现某个同学的程序运行太长时间了, 请联系他或者助教将它停下

在服务器上编译代码使用以下命令:

```
make server
```

运行方式同上, 在服务器上运行代码会同时输出正确性, 运行时间. 我们调用了`fftw`(这应该是目前最快的`fft`程序)来验证你的程序正确性. 然后会同时输出`fftw`的运行时间, 你可以以这个时间为目标不断优化你的代码, 结果如图所示:

```
ubuntu01@ubuntu01:~/lab1$ make server
gcc fft.c -O3 -fopenmp -lfftw3_omp -lfftw3 -lm -DSERVER -Wall -o fft
ubuntu01@ubuntu01:~/lab1$ ./fft 20
size: 1048576
minimal time spent: 322.2600 ms
threads: 24, baseline time spent: 3.3426 ms
result: correct (err = 3.666290e-12)
```

PS: 你可以不使用以上方式进行编译, 如果你发现任何编译器或编译选项能提高程序性能, 欢迎使用, 但请在实验报告中说明, 让助教知道怎么运行你的代码

评分标准

本次实验成绩组成：FFT性能（80%） + 实验报告（20%）

首先，你必须答案正确，才能得分。

性能部分评分方式: 性能第一名80分, 第二名79分...以此类推

实验文档中需要包含:

1.在服务器上的运行结果截图

2.算法主要思路

3.列举你使用的所有优化, 并简要说明它起作用的原因

4.(可选)你对于本次实验的想法, 任何方面都可以

实验报告不宜过长, 请勿在其中粘贴大量代码和注释.

另外，请勿修改框架代码，同学们唯一的任务是完成`student_fft`函数。如果为了提升性能必须修改, 请在实验报告中说明. 如果框架代码存在问题，请及时反馈，助教将会尽快修正。

!注意: 严禁抄袭, 如果发现抄袭现象, 抄袭与被抄袭者本次实验均作0分处理

作业提交

作业截止时间: 2023年10月22日23点59分

请在`elearning`上对应入口提交实验报告, 实验代码上传至服务器中你的用户目录下即可

请及时提交作业，如有迟交本次实验最高只有60分。