

华中科技大学

# 课程实验报告

课程名称： 计算机系统基础

实验名称： 汇编和 C 的混合编程及优化

院 系： 计算机科学与技术

专业班级： CS2304

学 号： U202315653

姓 名： 郝依凝

指导教师： 金良海

2025 年 3 月 27 日

## 一、实验目的与要求

(1) 熟练掌握程序开发平台 (VS2019/Vs2022/Vs2023) 下 C 和汇编语言的混合编程方法;

(2) 熟悉掌握常用机器指令的使用方法;

(3) 掌握代码优化的基本方法, 提高程序运行速度。

## 二、实验内容

任务 1 用 C 语言编写一个学生成绩管理程序, 具有平均成绩计算、按平均成绩从高到低排序、显示学生成绩的功能

定义了结构 `student`, 设有 `N` 个学生

```
struct student {  
    char name[8];  
    char sid[11]; // 如 U202315123  
    short scores[8]; // 8 门课的分  
    short average; // 平均分  
};
```

要求:

(1) 第 0 个人姓名(name)为自己的名字, sid 为自己的学号; 可以用产生随机数的方法或者使用一定的规则, 初始化 `N` 个学生的信息。`N` 的个数自定;

(2) 对于函数“计算平均成绩”、“按平均成绩从高到低排序”分别计时, 显示两个函数的时间开销;

(3) 显示排序前、排序后的学生信息(姓名、学号、8 门课的分、平均分), 一个学生一行。

(4) 对“计算平均成绩”、“按平均成绩排序”函数的 Debug 版、Release 版的运行效率进行对比, 比较两个版本下的反汇编代码的差异, 分析程序执行速度提高的原因。

任务 2 用汇编语言编写函数“计算平均成绩”, 代替原来用 C 语言编写的函数

要求: 只是将任务 1 中用 C 语言编写的“计算平均成绩”替换成用汇编语言编写的函数, 其他程序保持不变; 测试该函数的运行速度。

任务 3 对用汇编语言编写的“计算平均成绩”函数进行优化

要求: 使用寄存器与变量绑定、循环展开、使用更快的机器指令等手段, 对程序进行优化; 可以实现多个优化版本, 比较它们的运行速度, 并分析提高速度的原因。

任务 4 对排序函数进行算法优化

要求: 采用算法优化、程序优化等多种手段对函数进行优化; 比较它们的运行速度, 并分析提高速度的原因。

### 三、实验记录及问题回答

#### (1) 实验任务 1 的实验测试结果记录

```

计算平均成绩用时: 0.000300 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
排序用时: 0.006700 毫秒
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62

D:\计算机系统基础实验\计基2\Debug\计基2.exe (进程 6768)已退出, 代码为 0 (0x0)。
按任意键关闭此窗口. . .

```

图 1 debug 版本测试结果

```

计算平均成绩用时: 0.000100 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
排序用时: 0.000400 毫秒
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62

D:\计算机系统基础实验\计基2_2\Release\计基2_2.exe (进程 24564)已退出, 代码为 0 (0x0)。
按任意键关闭此窗口. . .

```

图 2 release 版本测试结果

结果分析: release 版本优化后函数运行时间小于 debug 版本函数运行时间, 运行效率提高; 在排序函数上时间缩短显著。

Debug 版本: 采用函数调用, 压栈、跳转等产生开销

寻址方式, 每次需动态计算地址, 增加了指令复杂度和执行时间  
循环开销, 迭代需条件检查、跳转和索引更新, 产生分支开销

Release 版本：采用内联展开，避免了函数调用的开销

寻址，使用固定偏移访问，地址计算在编译时完成，减少运行时计算  
循环展开，消除分支

用 XMM 寄存器、成组运算等，减少指令

采用单指令多数据流

## (2) 实验任务 2 的实验测试结果记录

```
计算平均成绩用时： 0.000600 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
排序用时： 0.002100 毫秒
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62

D:\计算机系统基础实验\计基2\Debug\计基2.exe (进程 40128)已退出，代码为 0 (0x0)。
按任意键关闭此窗口...
```

图 3 汇编语言计算平均成绩测试结果

## (3) 实验任务 3 的实验测试结果记录、优化手段、优化原理分析

```
计算平均成绩用时： 0.000100 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
排序用时： 0.002400 毫秒
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62

D:\计算机系统基础实验\计基2\Debug\计基2.exe (进程 37432)已退出，代码为 0 (0x0)。
按任意键关闭此窗口...
```

图 4 优化测试结果

```

计算平均成绩用时（优化前）： 0.000600 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
计算平均成绩用时（优化后）： 0.000100 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
D:\计算机系统基础实验\计基2\Debug\计基2.exe (进程 30240)已退出，代码为 0 (0x0)。
按任意键关闭此窗口。 . .

```

图 5 优化前后运行对比

优化手段：循环展开、移位运算代替除法。

优化原理：循环展开，将数据加载到寄存器中，减少了指令间的依赖，允许 CPU 乱序执行更多指令；消除循环迭代需条件检查、跳转和索引更新等产生的分支开销。移位运算代替除法，使用 `shr eax, 3` 代替 `idiv ebx`，移位操作比除法指令快，降低计算平均值的时间。

#### (4) 实验任务 4 的实验测试结果记录、优化手段、优化原理分析

```

计算平均成绩用时： 0.000300 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
排序用时（优化前）： 0.001200 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
排序用时（优化后）： 0.001000 毫秒
郝依凝 U202315653 97 96 96 95 94 93 91 90 94
夏光 U202515634 100 99 99 98 98 98 97 96 98
郑微岚 U202515317 98 97 99 90 91 65 100 88 91
gabriel U202515516 67 61 66 65 78 98 65 64 70
程勃 U202512316 100 99 99 98 97 98 95 99 98
李灵 U202515557 90 67 89 100 63 25 61 99 74
金海鸣 U202515558 98 100 99 95 97 91 90 95 95
刘宝 U202515559 97 99 98 96 95 90 91 92 94
张承艺 U202515566 100 98 70 65 61 90 78 65 78
杨晓宇 U202515567 65 61 60 66 78 54 53 62 62
D:\计算机系统基础实验\计基2\Debug\计基2.exe (进程 32340)已退出，代码为 0 (0x0)。
按任意键关闭此窗口。 . .

```

图 6 优化测试结果

优化手段：使用快速排序算法代替冒泡排序。

优化原理：冒泡排序时间复杂度为  $O(n^2)$ ，快速排序时间复杂度为  $O(n \log n)$ ；冒泡排序每次比较直接交换 `student` 对象，交换成本高，交换次数多。

```
排序用时（优化前）： 0.843800 毫秒  
排序用时（优化后）： 0.229400 毫秒
```

```
D:\计算机系统基础实验\计基2\Debug\计基2.exe (进程 14612)已退出，代码为 0 (0x0)。  
按任意键关闭此窗口。 . . |
```

图 7 student 为 1000 测试结果

## 四、体会

1. 混合编程：提升编程技能，深化对计算机工作原理的理解
2. 汇编优化：直观体会到指令级优化对计算任务的影响
3. 算法优化：体会到算法优化对性能提升产生很大影响
4. Debug 版本 Release 版本对比：通过对比反汇编代码发现 Release 版本中编译器自动进行了多项优化，了解学习提升程序效率的方法