实习报告

题目：编制一个多关键字排序程序，用三种不同算法进行排序

组员：吕星宇、胡康、赵昱杰　　**成稿日期**：2022.06.25

一、需求分析

1. 问题描述

在进行高考分数处理时，除了需对总分进行排序外，不同的专业对单科分数的要求不同，因此尚需在总分不同的情况下，按用户提出的单科分数的次序要求排出考生录取的次序。编制一个程序，按照多个关键字的优先级，给出含多关键字的记录的排序结果。

2. 功能描述

用户首先选择关键字优先级，接着选择排序方式（LSD 稳定的内部排序，LSD“收集”和“分配策略”和 MSD 三者之一），系统输出原始的数据顺序和排序后的数据顺序。

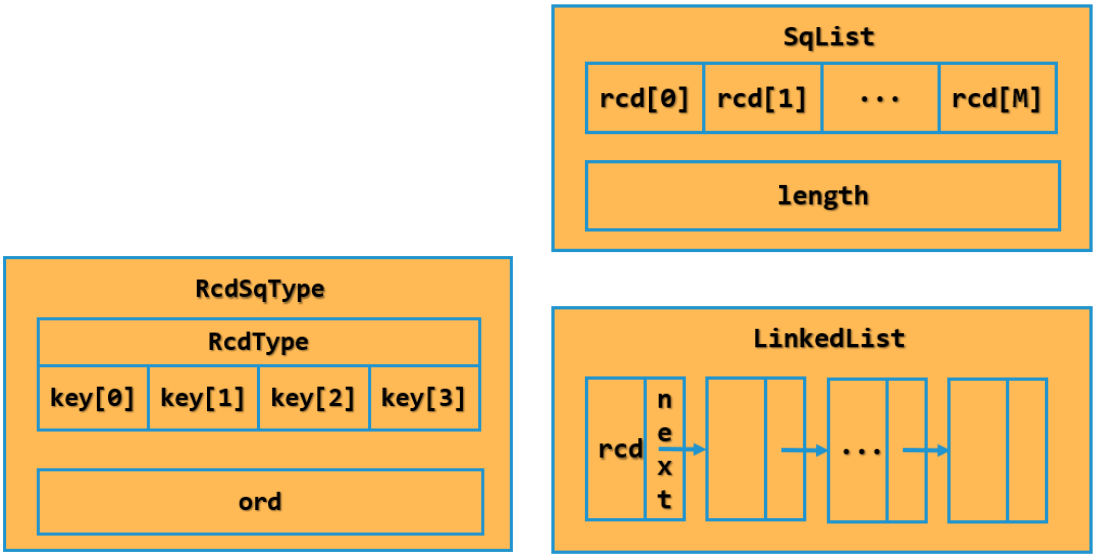
3. 测试数据

由随机数生成函数产生。

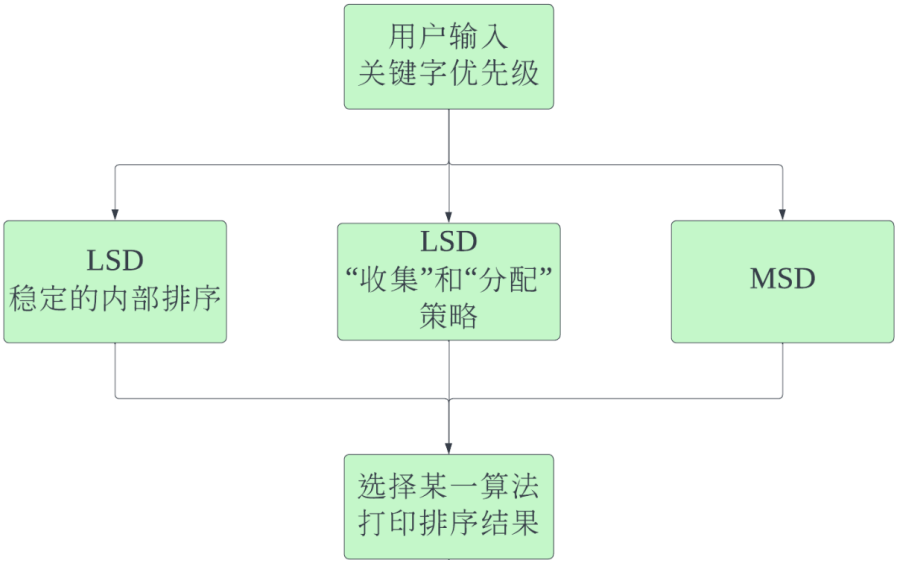
二、设计框架

1. 数据结构

使用顺序表和链表。其中为了达到“稳定的”快速排序，顺序表记录类型比链表记录类型多一个 ord 域，用于保存记录的位置。示意图如下图所示，其中左侧为记录类型，右侧为链表和顺序表：

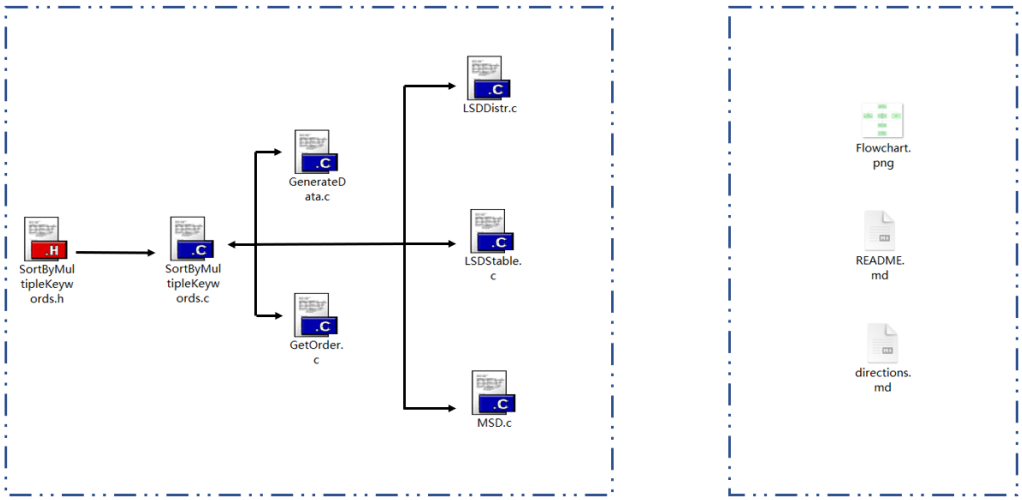


2. 执行流程



3. 相关文件

文件结构如下图所示：



其中，头文件 SortByMultipleKeywords.h 保存了数据结构和主要函数的定义，可以查看该文件大致了解本程序的执行流程。SortByMultipleKeywords.h 中含有主函数，根据用户输入，选择需要调用的函数。GenerateData.c 将随机数产生的数字组织成顺序表和链表，GetOrder.c 从用户处得到关键字的优先级，随后用户选择某一算法，对应地进入到 LSDDistr.c，LSDStable.c 或 MSD.c 中计算出排序结果，并打印。

其它文件包括：Flowchart.png，展示程序的执行流程；README.md，对程序整体架构和代码规范做说明；directions.md，用户手册。

三、测试运行结果

用户选择界面如下图所示：

```
请指出关键字的优先级关系：
说明：共有4个关键字，分别为1、2、3、4，输入格式：K1 K2 K3 K4
例：1 3 4 2
1 2 4 3
请选择您想要使用的算法：(1/2/3)
1.LSD分配与收集
2.LSD稳定的内部排序法
3.MSD
```

这里可以选择三种算法之一，以算法 3：MSD 方法为例，程序通过随机数函数生成 4*100 个测试数据，范围为 0~100，运行结果为：

```
原始数据:
92      17      54      74
5       63      63      44
25      72      10      22
80      53      3       60
66      81      62      77
10      66      98      82
44      100     0       7
65      56      47      16
70      68      99      45
50      72      100     3
61      82      28      18
29      22      73      56
62      93      56      82
67      6       68      80
63      75      93      58
34      9       89      64
57      38      51      86
86      52      30      33
91      94      39      38
39      79      86      17
24      29      56      10
74      32      39      90
94      89      48      9
64      11      45      69
78      87      77      16
62      82      71      95
1       98      77      68
52      18      69      19
96      83      99      97
65      55      96      64
19      87      41      61
19      23      75      97
82      9       97      5
40      85      77      43
43      8       56      23
99      94      85      26
100     9       80      87
87      68      93      93
30      52      93      5
78      35      2       93
8       97      69      11
98      0       57      81
19      63      48      28
62      3       20      43
95      17      86      65
89      10      67      11
82      46      26      83
76      37      65      62
92      3       65      100
68      82      32      0
51      4       27      83
42      76      47      97
87      24      62      4
89      38      90      95
77      11      69      23
75      66      52      88
11      36      59      66
10      71      58      99
38      32      30      61
95      25      45      17
63      13      13      86
33      94      4       83
24      85      7       74
96      73      63      70
16      25      18      57
87      83      18      52
71      48      24      0
47      83      32      71
57      60      23      32
11      4       19      88
45      68      3       92
72      82      79      30
59      23      10      21
30      89      62      7
23      26      94      15
52      95      10      95
84      64      44      62
41      32      84      80
16      14      94      64
```

```
50      48      61      5
39      90      76      1
40      19      22      23
13      28      12      39
52      6       47      24
61      62      35      83
53      20      68      20
0       99      17      97
92      53      86      60
69      95      19      71
22      96      11      99
97      0       27      23
71      71      35      94
31      85      86      50
34      2       14      75
46      22      2       1
17      27      64      80
76      2       88      23
48      20      67      76
22      10      62      83
92      5       5       45
排序结果3:
100     9       80      87
99      94      85      26
98      0       57      81
97      0       27      23
96      83      99      97
96      73      63      70
95      25      45      17
95      17      86      65
94      89      48      9
92      53      86      60
92      17      54      74
92      5       5       45
92      3       65      100
91      94      39      38
89      38      90      95
89      10      67      11
87      83      18      52
87      68      93      93
87      24      62      4
86      52      30      33
84      64      44      62
82      46      26      83
82      9       97      5
80      53      3       60
78      87      77      16
78      35      2       93
77      11      69      23
76      37      65      62
76      2       88      23
75      66      52      88
74      32      39      90
72      82      79      30
71      71      35      94
71      48      24      0
70      68      99      45
69      95      19      71
68      82      32      0
67      6       68      80
66      81      62      77
65      56      47      16
65      55      96      64
64      11      45      69
63      75      93      58
63      13      13      86
62      93      56      82
62      82      71      95
62      3       20      43
61      82      28      18
61      62      35      83
59      23      10      21
57      60      23      32
57      38      51      86
53      20      68      20
52      95      10      95
52      18      69      19
52      6       47      24
51      4       27      83
50      72      100     3
50      48      61      5
48      20      67      76
47      83      32      71
46      22      2       1
45      68      3       92
44      100     0       7
43      8       56      23
42      76      47      97
41      32      84      80
40      85      77      43
40      19      22      23
39      90      76      1
39      79      86      17
38      32      30      61
34      9       89      64
34      2       14      75
33      94      4       83
31      85      86      50
30      89      62      7
```

```
30      52      93      5
29      22      73      56
25      72      10      22
24      85      7       74
24      29      56      10
23      26      94      15
22      96      11      99
22      10      62      83
19      87      41      61
19      63      48      28
19      23      75      97
17      27      64      80
16      25      18      57
16      14      94      64
13      28      12      39
11      36      59      66
11      4       19      88
10      71      58      99
10      66      98      82
8       97      69      11
5       63      63      44
1       98      77      68
0       99      17      97
```

四、调试分析

1. 问题与解决方式

兼顾速度与稳定

多关键字排序在使用内部排序时必须要求排序算法稳定。快速排序算法在随机数分布均匀时，时间复杂度为$O(n\log n)$，但是不稳定。为了兼顾速度与稳定性，增加了 ord 域（相当于增加了一个关键字）虽然增加了存储空间，但是将快速排序算法转化为一个稳定的排序方式。

2. 算法的性能分析

① **LSD 基于“分配”与“收集”方法策略**

共需执行d次“分配”与“收集”，其中d是关键字数目。每次“分配”与“收集”时，需要对n个记录进行“分配”，对r个链表进行“收集”，因此时间复杂度为$O(d(n+r))$；由于另设 subLL 存储分配后的新链表，空间复杂度为$O(nd)$。

② **MSD 和 LSD 基于稳定的内部排序方法策略**

时间开销为$O(d(n\log n))$，空间开销为$O(d\log n)$。

五、用户使用说明

本程序实现运用 LSD 分配与收集法、LSD 稳定的内部排序法、MSD 法三种方法进行多关键词排序，可用于高考分数排序等多个场景。

本程序设置了 100 个待排序记录，每个记录有 4 个关键字。可通过微调来改变待排记录数和关键字数。

程序开始运行时，用户需要对 4 个关键字的优先级进行排序，例如输入 1 3 4 2 代表$1>3>4>2$。然后用户需要选择三种排序方法中的一种：

1. LSD 分配与收集法
2. LSD 稳定的内部排序法
3. MSD 法

之后程序会输出 100 个原始记录与排序后的记录。其中原始记录由随机数产生，排序后的记录按照从高到低的顺序输出。