

# 中国科学技术大学计算机学院

## 《计算机组成原理》实验报告



实验题目：汇编程序设计\_\_\_\_\_

学生姓名：郭耸霄\_\_\_\_\_

学生学号：PB20111712\_\_\_\_\_

完成日期：2022 年 3 月 11 日

计算机实验教学中心制

2020 年 09 月

## 1 实验题目

汇编程序设计。

## 2 实验目的

- 1、了解汇编程序的基本结构，以及汇编程序的仿真和调试的基本方法。
- 2、掌握简单汇编程序的设计，以及 CPU 下载测试方法和测试数据（COE 文件）的生成方法。

## 3 实验环境

**操作系统** Microsoft Windows 11 Pro 10.22567 N/A Build 22567

**虚拟机平台** java version "16" 2021-03-16

**软件** RARS 1.5

## 4 逻辑设计

**指令测试** 依次测试各个指令，采用七段数码管显示测试过程。

- 1、测试 addi，将 a0 加为 1；
- 2、测试 sw，将 a0 的内容显示在七段数码管；
- 3、测试 lw，将七段数码管的内容读到 a1，并用已通过测试的 sw 将其存回七段数码管；
- 4、测试 add，用 a2 作为循环变量每次自增；
- 5、测试 beq 及 jal，将其作为循环跳转指令。

**排序** 采取冒泡排序算法，输入采用静态生成，输出采用模拟显示屏显示。

- 1、将数组存储标签读入，并将需要的常量存入，初始化外循环计数器及指针；
- 2、进入外循环，先判断是否需要终止循环，否则初始化内循环计数器及指针；
- 3、进入内循环，先判断是否需要终止循环，否则进入比较交换阶段；
- 4、先读取两个要比较对象，比较后，若不需交换，跳转出交换区，否则进行交换。
- 5、内循环结束，进行内循环计数器及指针的自增；
- 6、外循环结束，进行外循环计数器及指针的自增；
- 7、进入输出部分，读入数组存储标签，存入所需常量，初始化循环计数器及指针，将显示屏 ready 置 1；
- 8、循环输出排序后的数组内容。

## 5 核心代码

### 5.1 测试指令

这是测试指令步骤编写的代码：

# 实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

```
1 .text
2 .align 2
3 addi a0,zero,1    #test addi, show in registers file
4 li s1,0xffff0010 #command right seven segment display
5 sw a0,0(s1)       #test sw, show in digital lab sim
6 ebreak
7 lw a1,0(s1)       #test lw. show in registers file
8 sw a1,0(s1)
9 LOOP:
10 add a2,a0,a2      #test add, show in register file
11 sw a2,0(s1)
12 beq a0,a2,LOOP    #test beq, only go to LOOP once
13 jal zero,LOOP     #test jal, go to LOOP infinitely
```

## 5.2 排序

这是排序步骤编写的代码，其中静态生成的数组由 C 语言程序输出，该程序附在后面。

```
1 .text
2 lw s1,a           #cycle const
3 add a2,zero,zero  #outcycle counter
4 la a4,a           #outcycle pointer
5 addi a4,a4,4
6 beginOutCycle:
7 beq s1,a2,endOutCycle #judge outcycle
8 addi a3,a2,1       #incycle counter
9 addi a5,a4,4       #incycle pointer
10 beginInCycle:
11 beq s1,a3,endInCycle #judge incycle
12 lw a6,0(a4)        #get element from array
13 lw a7,0(a5)        #get element from array
14 bgeu a7,a6,noMove
15 sw a6,0(a5)        #move elements
16 sw a7,0(a4)
17 noMove:
18 addi a5,a5,4       #add incycle pointer
19 addi a3,a3,1       #add incycle counterer
20 jal zero,beginInCycle
21 endInCycle:
22 addi a4,a4,4       #add outcycle pointer
23 addi a2,a2,1       #add outcycle counterer
24 jal zero,beginOutCycle
25 endOutCycle:
```

# 实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

```
26    li    s0,0xffff000c    #output
27    li    s2,0xffff0008
28    li    s3,1
29    add    a2,zero,zero    #outcycle counter
30    la    a4,a
31    addi    a4,a4,4
32    sw    s3,0(s2)
33    beginOutputCycle:
34    beq    s1,a2,endOutputCycle    #judge incycle
35    lw    a1,0(a4)    #get element from array
36    sw    a1,0(s0)
37    addi    a4,a4,4    #add outcycle pointer
38    addi    a2,a2,1    #add outcycle counterer
39    jal    zero,beginOutputCycle
40    endOutputCycle:
41
42    .data
43    a:
44    .word 256
45    .word 256
46    .word 255
47    .word 254
48    .word 253
49    .word 252
50    .word 251
51    .word 250
52    .word 249
53    .word 248
54    .word 247
55    .word 246
56    .word 245
57    .word 244
58    .word 243
59    .word 242
60    .word 241
61    .word 240
62    .word 239
63    .word 238
64    .word 237
65    .word 236
66    .word 235
67    .word 234
68    .word 233
```

# 实 验 报 告

---

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

---

69 . word 232  
70 . word 231  
71 . word 230  
72 . word 229  
73 . word 228  
74 . word 227  
75 . word 226  
76 . word 225  
77 . word 224  
78 . word 223  
79 . word 222  
80 . word 221  
81 . word 220  
82 . word 219  
83 . word 218  
84 . word 217  
85 . word 216  
86 . word 215  
87 . word 214  
88 . word 213  
89 . word 212  
90 . word 211  
91 . word 210  
92 . word 209  
93 . word 208  
94 . word 207  
95 . word 206  
96 . word 205  
97 . word 204  
98 . word 203  
99 . word 202  
100 . word 201  
101 . word 200  
102 . word 199  
103 . word 198  
104 . word 197  
105 . word 196  
106 . word 195  
107 . word 194  
108 . word 193  
109 . word 192  
110 . word 191  
111 . word 190

# 实 验 报 告

---

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

---

112 . word 189  
113 . word 188  
114 . word 187  
115 . word 186  
116 . word 185  
117 . word 184  
118 . word 183  
119 . word 182  
120 . word 181  
121 . word 180  
122 . word 179  
123 . word 178  
124 . word 177  
125 . word 176  
126 . word 175  
127 . word 174  
128 . word 173  
129 . word 172  
130 . word 171  
131 . word 170  
132 . word 169  
133 . word 168  
134 . word 167  
135 . word 166  
136 . word 165  
137 . word 164  
138 . word 163  
139 . word 162  
140 . word 161  
141 . word 160  
142 . word 159  
143 . word 158  
144 . word 157  
145 . word 156  
146 . word 155  
147 . word 154  
148 . word 153  
149 . word 152  
150 . word 151  
151 . word 150  
152 . word 149  
153 . word 148  
154 . word 147

# 实 验 报 告

---

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

---

155 . word 146  
156 . word 145  
157 . word 144  
158 . word 143  
159 . word 142  
160 . word 141  
161 . word 140  
162 . word 139  
163 . word 138  
164 . word 137  
165 . word 136  
166 . word 135  
167 . word 134  
168 . word 133  
169 . word 132  
170 . word 131  
171 . word 130  
172 . word 129  
173 . word 128  
174 . word 127  
175 . word 126  
176 . word 125  
177 . word 124  
178 . word 123  
179 . word 122  
180 . word 121  
181 . word 120  
182 . word 119  
183 . word 118  
184 . word 117  
185 . word 116  
186 . word 115  
187 . word 114  
188 . word 113  
189 . word 112  
190 . word 111  
191 . word 110  
192 . word 109  
193 . word 108  
194 . word 107  
195 . word 106  
196 . word 105  
197 . word 104

# 实 验 报 告

---

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

---

198 . word 103  
199 . word 102  
200 . word 101  
201 . word 100  
202 . word 99  
203 . word 98  
204 . word 97  
205 . word 96  
206 . word 95  
207 . word 94  
208 . word 93  
209 . word 92  
210 . word 91  
211 . word 90  
212 . word 89  
213 . word 88  
214 . word 87  
215 . word 86  
216 . word 85  
217 . word 84  
218 . word 83  
219 . word 82  
220 . word 81  
221 . word 80  
222 . word 79  
223 . word 78  
224 . word 77  
225 . word 76  
226 . word 75  
227 . word 74  
228 . word 73  
229 . word 72  
230 . word 71  
231 . word 70  
232 . word 69  
233 . word 68  
234 . word 67  
235 . word 66  
236 . word 65  
237 . word 64  
238 . word 63  
239 . word 62  
240 . word 61



# 实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

241	. word 60
242	. word 59
243	. word 58
244	. word 57
245	. word 56
246	. word 55
247	. word 54
248	. word 53
249	. word 52
250	. word 51
251	. word 50
252	. word 49
253	. word 48
254	. word 47
255	. word 46
256	. word 45
257	. word 44
258	. word 43
259	. word 42
260	. word 41
261	. word 40
262	. word 39
263	. word 38
264	. word 37
265	. word 36
266	. word 35
267	. word 34
268	. word 33
269	. word 32
270	. word 31
271	. word 30
272	. word 29
273	. word 28
274	. word 27
275	. word 26
276	. word 25
277	. word 24
278	. word 23
279	. word 22
280	. word 21
281	. word 20
282	. word 19
283	. word 18

# 实 验 报 告

11 系 20 级 3 班

郭耸霄 PB20111712

2022 年 3 月 11 日

284 . word 17  
285 . word 16  
286 . word 15  
287 . word 14  
288 . word 13  
289 . word 12  
290 . word 11  
291 . word 10  
292 . word 9  
293 . word 8  
294 . word 7  
295 . word 6  
296 . word 5  
297 . word 4  
298 . word 3  
299 . word 2  
300 . word 1

生成静态数组所编写的 C 程序：

```
1 #include<stdio.h>
2 int main(){
3     FILE*fp=fopen("code.txt","wb");
4     for(int i=0;i<256;i++)
5         fprintf(fp,". word %d\n",256-i);
6     return 0;
7 }
```

## 6 仿真结果

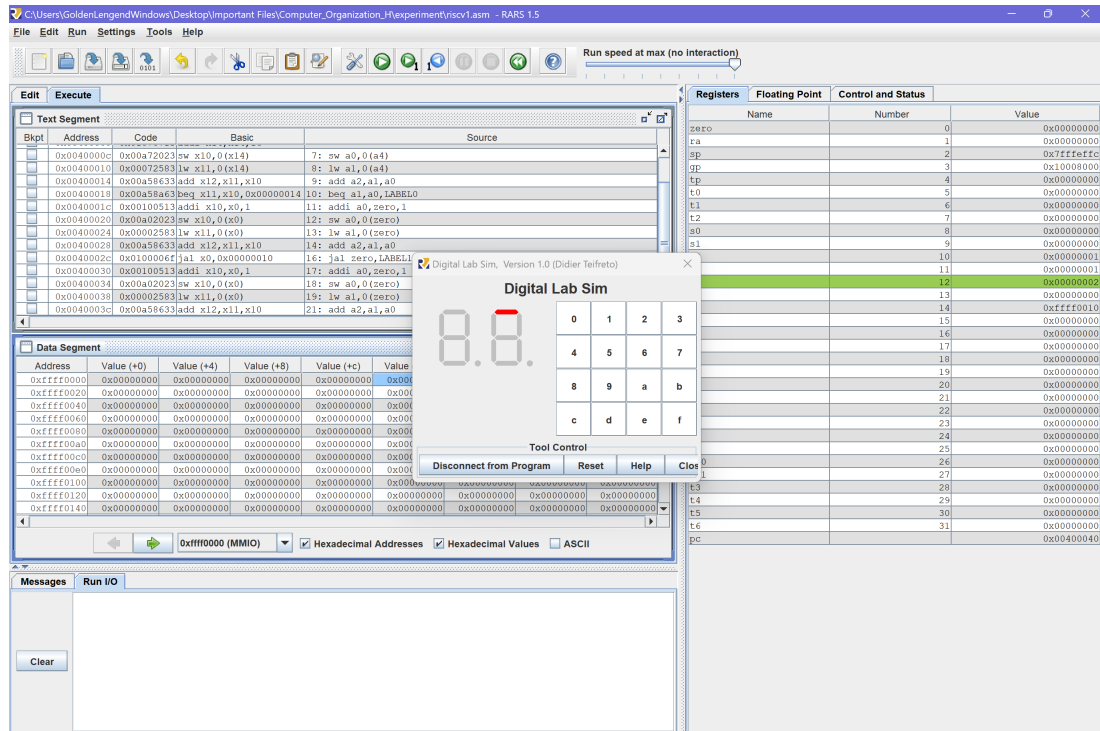


图 1: 指令测试运行实况

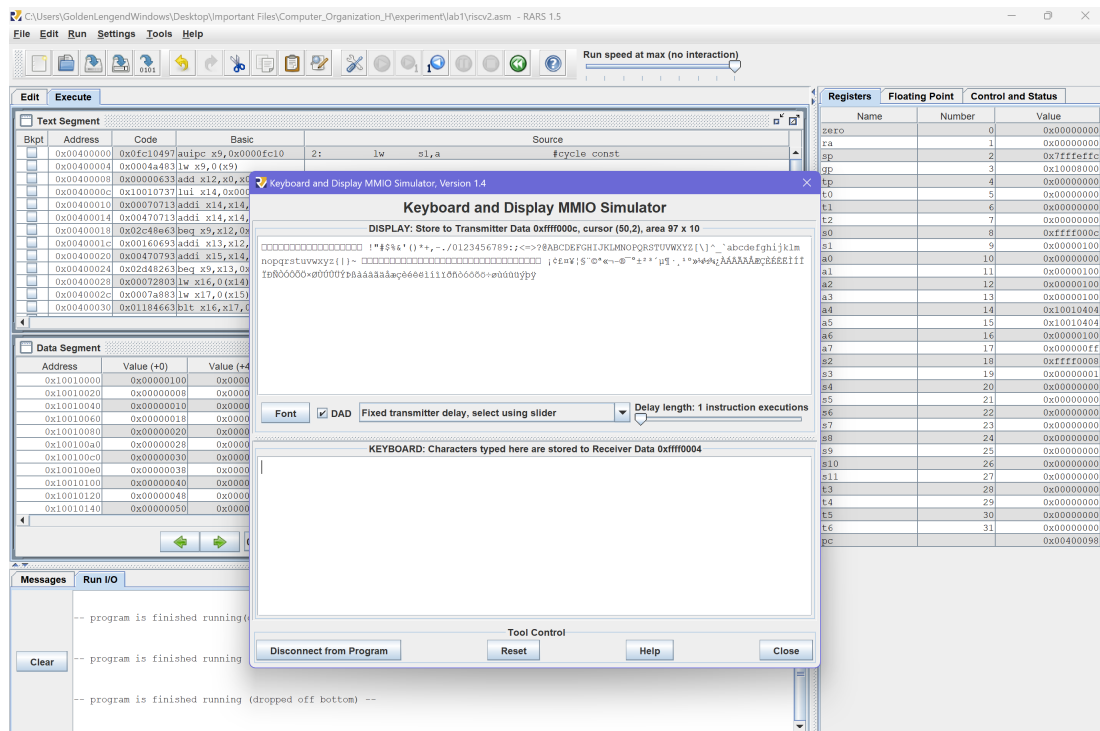


图 2: 排序运行实况

## 7 结果分析

结果符合设计预期。

## 8 实验总结

### 8.1 汇编语言学习

本次实验是我第一次接触 RISC-V 汇编语言，故上手比较吃力，起初甚至不知道普通的语法规则。通过阅读 RISC-V 手册，也感觉较为不易。最后采用了阅读使用 GCC 编译器生成的汇编代码的方式学习。但是 RARS 模拟器并不支持其中的部分指令，这对我的实验进度稍有影响。

### 8.2 实验检查

本系列实验没有采用常规的助教检查的方式，而是由赵老师亲自检查。在检查过程中，通过赵老师提出的问题及要求我对汇编代码进行讲解，我对程序进行了若干优化，包括：

- 1、用 la 伪指令代替两条指令；
- 2、使用 ebreak 伪指令进行类断点调试。

此外，在这个过程中，我还学到了更多有关实验的知识，包括：

- 1、bgeu 包括等于，但 blt 不包括等于；
- 2、模拟显示器的 ready 位在置 0 后显示完毕会自动置 1。

这种检查方式非常有利于实验学习。

## 9 意见建议

本次实验内容安排合理，实验过程中对于编译器生成的汇编程序在模拟器上无法运行稍有困惑。建议下次开设此课程时可以给学生当堂指出类似问题。