北京郵電大學

实验报告

题目：使用 MIPS 指令实现冒泡排序法

计算机系统结构实验小组成员信息			
班级	姓名	学号	学院
2020211314	王小龙	2020211502	计算机学院
2020211314	闻奔放	2020211505	计算机学院
2020211314	黄洪健	2020211371	计算机学院

注：红色标出的成员为本次实验的完成者

2023 年 5 月 9 日

一、实验目的

（1） 掌握静态调度方法
（2） 增强汇编语言编程能力
（3） 学会使用模拟器中的定向功能进行优化

二、实验原理

（1） 冒泡算法的运作原理

①比较相邻的元素。如果第一个比第二个大，就交换他们两个。

②对每一对相邻元素作同样的工作，从开始第一对到结尾的最后一对。在这一点，最后的元素应该会是最大的数。

③针对所有的元素重复以上的步骤，除了最后一个。

④持续每次对越来越少的元素重复上面的步骤，直到没有任何一对数字需要比较。

（2） 定向技术的原理

在某条指令产生一个计算结果之前，其他指令并不真正需要该计算结构，如果能将该计算结果从其产生的地方直接送到其他指令需要它的地方，就可以避免暂停。

（3） 静态调度的优化原理

依靠编译器确定并分理处程序中存在相关的指令，通过调整指令的顺序来减少流水线的停顿,提高程序的执行速度。

三、冒泡排序代码清单及注释说明

```
.text
main:
ADDIU $r1, $r0, 15 #保存数组大小
ADDIU $r2, $r0, 14 #外循环计数 i
LOOP1: #外循环
ADDIU $r3, $r0, array #数组 array
ADDIU $r4, $r0, 0 #内循环计数 j
LOOP2: #内循环
LW $r5, 0($r3) # array[j]
LW $r6, 4($r3) # array[j+1]
DSUB $r7, $r5, $r6 #array[j] - array[j+1]
BLTZ $r7, bk #若 array[j] < array[j+1],则跳转到 bk
SW $r6, 0($r3) #若 array[j] > array[j+1],则交换位置
SW $r5, 4($r3)
bk:
ADDIU $r4, $r4, 1 #j=j+1
ADDIU $r3, $r3, 4 #下一个数
DSUB $r8, $r2, $r4 #i - j
BGTZ $r8, LOOP2
ADDIU $r2, $r2, -1 #i=i-1
BGTZ $r2, LOOP1 #i > 0 继续外循环
```

```
TEQ $r0, $r0 #End
.data
array:
.word 5,30,10,24,29,67,28,81,34,17,13,7,50,4,1
```

四、优化后的程序代码清单

```
.text
main:
ADDIU $r1, $r0, 15 #保存数组大小
ADDIU $r2, $r0, 14 #外循环计数 i
LOOP1: #外循环
ADDIU $r3, $r0, array #数组 array
ADDIU $r4, $r0, 0 #内循环计数 j
LOOP2: #内循环
LW $r5, 0($r3) # array[j]
LW $r6, 4($r3) # array[j+1]
ADDIU $r4, $r4, 1 #j=j+1
DSUB $r7, $r5, $r6 #array[j] - array[j+1]
DSUB $r8, $r2, $r4 #i - j
BLTZ $r7, bk #若 array[j] < array[j+1],则跳转到 bk
SW $r6, 0($r3) #若 array[j] > array[j+1],则交换位置
SW $r5, 4($r3)
bk:
ADDIU $r3, $r3, 4 #下一个数
BGTZ $r8, LOOP2
ADDIU $r2, $r2, -1 #i=i-1
BGTZ $r2, LOOP1 #i > 0 继续外循环
TEQ $r0, $r0 #End
.data
array:
.word 5,30,10,24,29,67,28,81,34,17,13,7,50,4,1
```

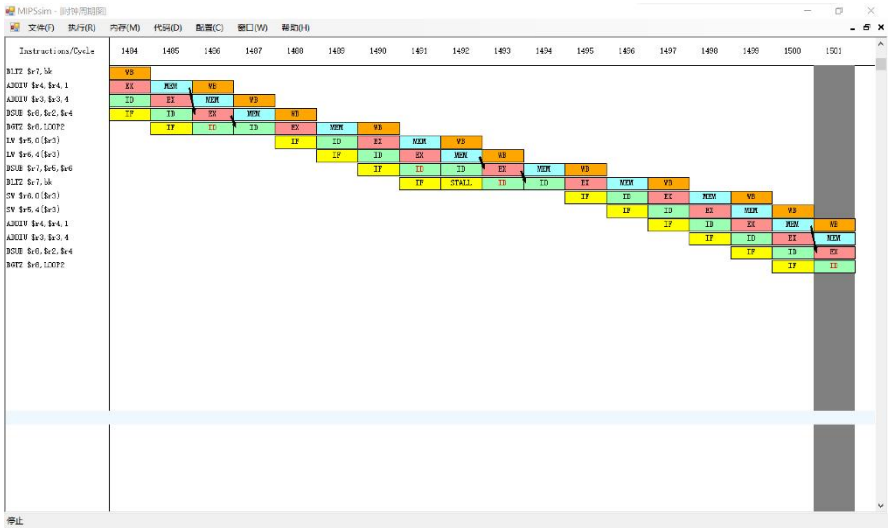
五、未优化代码和优化代码性能分析比较结果

未优化代码未使用定向技术的流水图

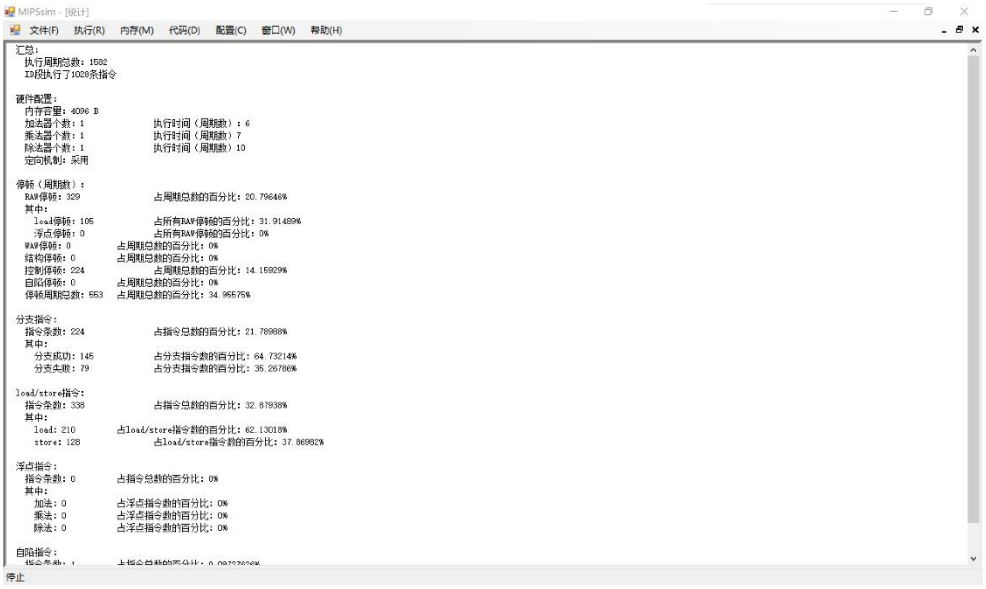
未优化代码未使用定向技术的停顿数

```
0x00000040    34 00 00 00 01 00 00 00
0x00000048    04 00 00 00 05 00 00 00
0x00000050    07 00 00 00 0A 00 00 00
0x00000058    0D 00 00 00 11 00 00 00
0x00000060    18 00 00 00 1C 00 00 00
0x00000068    1D 00 00 00 1E 00 00 00
0x00000070    22 00 00 00 32 00 00 00
0x00000078    43 00 00 00 51 00 00 00
0x00000080    00 00 00 00 00 00 00 00
```

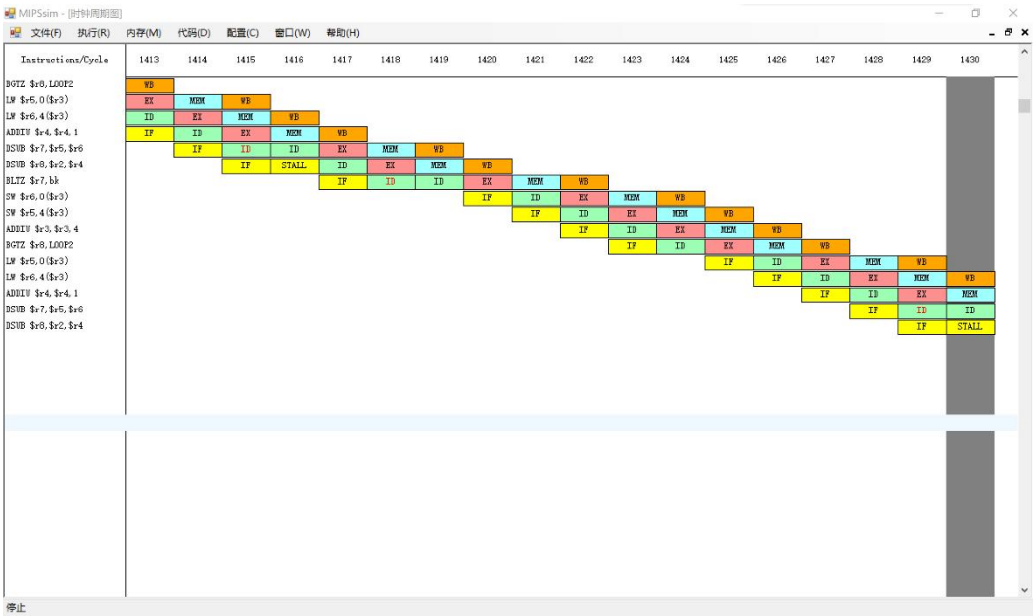
运行结果



未优化代码使用定向技术的流水图

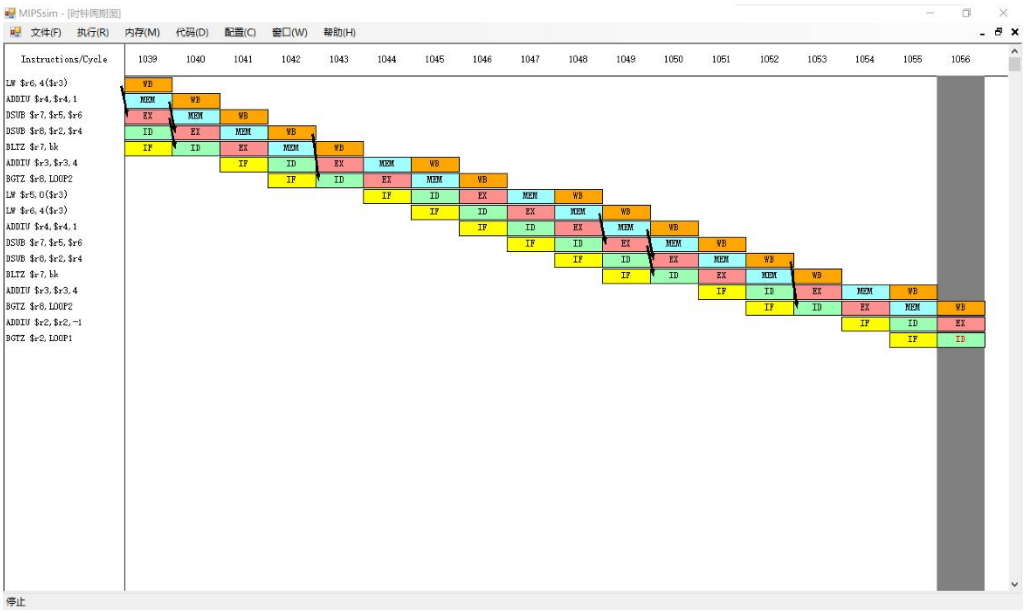


未优化代码使用定向技术的停顿数

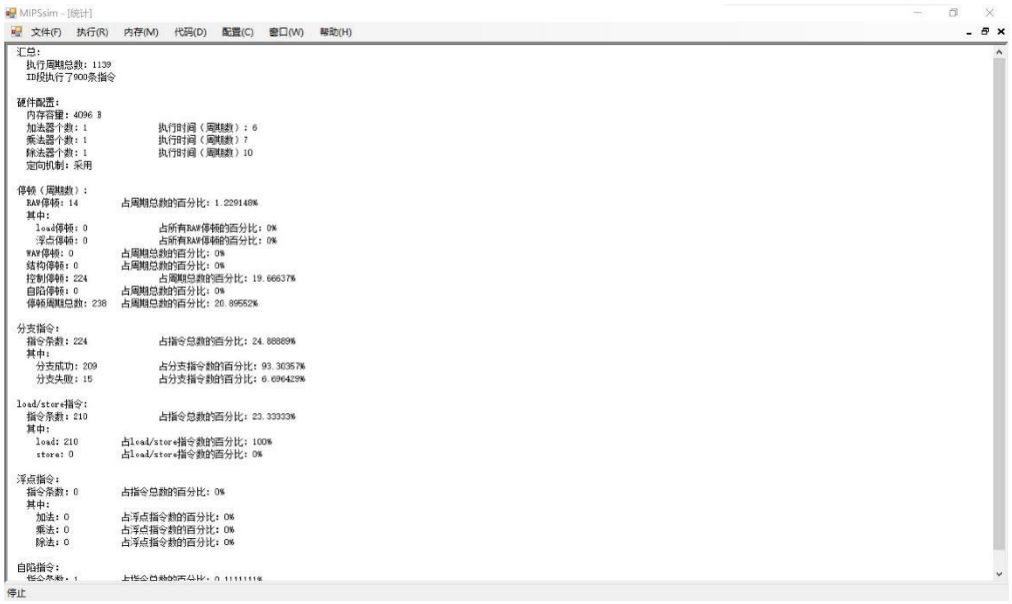


优化代码未使用定向技术的流水图

优化代码未使用定向技术的停顿数



优化代码使用定向技术的流水图



优化代码使用定向技术的停顿数

通过上述图片可以发现，未优化代码未使用定向技术的停顿数为 777，占周期总数 38%，使用定向技术后停顿数减少至 329，占周期总数 20%，优化了约 57%。优化后停顿数为 252，占周期总数 16%，优化效果比仅使用定向技术好。优化后再使用定向技术可以将停顿数锐减至 14，占周期总数 1.2%，效果非常好。