

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого
Институт компьютерных наук и технологий
Высшая школа программной инженерии

Курсовая работа
Модель операционной системы реального времени
по дисциплине
«Архитектура программных систем»

Выполнил:

Луцай П.П.

Группа:

гр. 3530904/00104

Проверил:

Коликова Т. В.

Санкт-Петербург
2023

Содержание

1	Постановка задачи	2
2	Пояснения к варианту	3
2.1	Плоский планировщик	3
2.2	Невытесняющий алгоритм планирования	3
2.3	Протокол наследования приоритетов	3
3	Описание структуры проекта	4
3.1	Управление ОС	4
3.2	Управление задачами	4
3.3	Управление ресурсами	4
3.4	Управление событиями	4
4	Тестирование	5
4.1	Невытесняющий алгоритм планирования	5
4.2	Системных события	6
4.3	PIP-алгоритм	6
4.4	Полный функционал	7
	Код программы	10

1 Постановка задачи

Индивидуальное задание №4

Необходимо реализовать модель операционной системы реального времени обладающей следующими свойствами:

Тип планировщика: плоский

Алгоритм планирования: nonpreemptive, RMA

Управление ресурсами: PIP

Управление событиями: системные события

Обработка прерываний: нет

Максимальное количество задач: 32

Максимальное количество ресурсов: 16

Максимальное количество событий: 16

Кроме того, в задание входит написание тестов проверяющих соответствие проекта этим свойствам.

2 Пояснения к варианту

2.1 Плоский планировщик

Плоский планировщик (*flat scheduler*) - это тип планировщика операционной системы, который использует простейший алгоритм планирования, такой как "первым пришел - первым обслужен" (*First Come, First Served, FCFS*). При таком подходе процессы выполняются в том порядке, в котором они поступили в очередь на выполнение, без учета их приоритетов или времени выполнения.

2.2 Невытесняющий алгоритм планирования

В данном варианте используется *nonpreemptive* или невытесняющий алгоритм планирования. Этот алгоритм основан на том, что активному потоку позволяет выполняться, пока он сам, по собственной инициативе, не отдаст управление операционной системе для того, чтобы та выбрала из очереди другой готовый к выполнению поток.

2.3 Протокол наследования приоритетов

Протокол наследования приоритетов (*PIP*) используется для совместного использования критических ресурсов между различными задачами без возникновения неограниченных инверсий приоритета ¹.

Когда несколько задач ждут доступа к одному и тому же критическому ресурсу, которая в данный момент имеет доступ к этому ресурсу, присваивается самый высокий приоритет среди всех задач, ждущих этот ресурс. Если задача с более низким приоритетом, но имеющая доступ к критическому ресурсу, находится в ожидании, то ее приоритет увеличивается до приоритета задачи, которая в данный момент имеет доступ к этому ресурсу. Это позволяет нижестоящей задаче использовать критический ресурс без прерывания выполнения и избежать неограниченных инверсий приоритета.

¹Инверсия приоритета - это ситуация, которая возникает при параллельном выполнении нескольких задач с разными приоритетами, когда задача с более высоким приоритетом блокируется задачей с более низким приоритетом из-за необходимости доступа к общему ресурсу

3 Описание структуры проекта

3.1 Управление ОС

StartOS(entry, priority, name) – Запуск ОС, инициализация основных элементов системы, активация начальной задачи.

ShutdownOS() – Завершение работы ОС.

3.2 Управление задачами

ActivateTask(entry, priority, name) – Инициализация задачи в системе.

TerminateTask() – Завершение задачи.

Schedule(task, mask) – Постановка задачи в очередь.

Dispatch() – Диспетчеризация задач, постановка на выполнение.

3.3 Управление ресурсами

InitRes(name) – Инициализация ресурса в системе.

PIP_GetRes(res) – Захват ресурса выполняющейся задачей.

PIP_ReleaseRes(res) – Освобождение ресурса.

3.4 Управление событиями

SetSysEvent(mask) – Установка системного события.

GetSysEvent(mask) – Возвращает текущее состояние системной маски установленных событий.

WaitSysEvent(mask) – Задача переводится в состояние ожидания.

4 Тестирование

4.1 Невытесняющий алгоритм планирования

Цель теста: Проверка работы невытесняющего алгоритма планирования.

Ожидаемый результат : Задача низкого приоритета завершает своё выполнение без прерываний, потом срабатывает задача высокого приоритета, после неё — задача среднего приоритета;

Результат:

```
StartOS!
[ActivateTask] Task1
End of Activate Task1
[Schedule] Task1
End of Schedule Task1
Task1 started

This is Task1!

[ActivateTask] Task2
End of Activate Task2
[Schedule] Task2
End of Schedule Task2
Task1 is running
[ActivateTask] Task3
End of Activate Task3
[Schedule] Task3
End of Schedule Task3
Task1 is running
[Terminate Task] Task1
End of Terminate Task Task1
Task3 started

This is Task3!

[Terminate Task] Task3
End of Terminate Task Task3
Task2 started

This is Task2!

[Terminate Task] Task2
End of Terminate Task Task2
ShutdownOS!
```

4.2 Системных события

Цель теста: Проверка работы системных событий.

Ожидаемый результат: Событие перевелось в состояние ожидания по системному событию пока задача, которая поставит это событие не закончит свою работу.

Результат:

```
StartOS!
[ActivateTask] Task6
End of Activate Task6
[Schedule] Task6
End of Schedule Task6
Task6 started

This is Task6!

[ActivateTask] Task7
End of Activate Task7
[Schedule] Task7
End of Schedule Task7
Task6 is running
WaitSysEvent 1
Task7 started

This is Task7!

SetSysEvent 1
Task "Task6" is ready
Task7 is running
End of SetSysEvent 1
Task7
[Terminate Task] Task7
End of Terminate Task Task7
Task6 started
Task6 is running
End of WaitSysEvent 1
GetEvent=0
Task6
[Terminate Task] Task6
End of Terminate Task Task6
ShutdownOS!
```

4.3 PIP-алгоритм

Цель теста: Проверка работы PIP-алгоритма

Ожидаемый результат: Задача низкого приоритета должна успешно захватить и освободить ресурс, предоставив задаче высокого приоритета возможность успешно захватить его снова

Результат:

StartOS!

[ActivateTask] Task4

End of Activate Task4

[Schedule] Task4

End of Schedule Task4

Task4 started

This is Task4!

GetResource Res1

Resource Res1 captured by Task4

[ActivateTask] Task5

End of Activate Task5

[Schedule] Task5

End of Schedule Task5

Task4 is running

Release resource Res1

Resource Res1 released by Task4

Task4 is running

[Terminate Task] Task4

End of Terminate Task Task4

Task5 started

This is Task5!

GetResource Res1

Resource Res1 captured by Task5

Release resource Res1

Resource Res1 released by Task5

Task5 is running

[Terminate Task] Task5

End of Terminate Task Task5

ShutdownOS!

4.4 Полный функционал

Цель теста: Проверка работы всех функций вместе.

Результат:

StartOS!
[ActivateTask] Task8
End of Activate Task8
[Schedule] Task8
End of Schedule Task8
Task8 started

Start Task8

[ActivateTask] Task9
End of Activate Task9
[Schedule] Task9
End of Schedule Task9
Task8 is running
WaitSysEvent 1
Task9 started

Start Task9

GetResource Res1
Resource Res1 captured by Task9
[ActivateTask] Task10
End of Activate Task10
[Schedule] Task10
End of Schedule Task10
Task9 is running
SetSysEvent 1
Task "Task8" is ready
Task9 is running
End of SetSysEvent 1
WaitSysEvent 2
Task10 started

Start Task10

GetResource Res1
Resource Res1 captured by Task10
SetSysEvent 2
Task "Task9" is ready
Task10 is running
End of SetSysEvent 2
Release resource Res1
Resource Res1 released by Task10
Task10 is running

Task 10 finished

[Terminate Task] Task10
End of Terminate Task Task10
Task9 started
GetResource Res1
Resource Res1 captured by Task9
Task9 is running
End of WaitSysEvent 2
Release resource Res1
Resource Res1 released by Task9
Task9 is running

Task 9 finished

[Terminate Task] Task9
End of Terminate Task Task9
Task8 started
Task8 is running
End of WaitSysEvent 1

Task 8 finished

[Terminate Task] Task8
End of Terminate Task Task8
ShutdownOS!

Код Программы

global.cpp

```
1  #include "sys.h"
2
3  TTask TaskQueue[MAX_TASK];
4  TResource ResourceQueue[MAX_RES];
5  TResource EventQueue[MAX_EVENTS];
6
7  int RunningTask;
8  int FreeTask = 0; // Указатель на свободную ячейку.
9  int HeadTask = 0; // Указатель на голову списка задач.
10 int FreeResource = 0;
11 TEventMask WorkingEvents;
```

defs.h

```
1
2 #ifndef APS_OS_REALTIME_DEFS_H
3 #define APS_OS_REALTIME_DEFS_H
4
5 #define MAX_TASK 32 // Максимальное количество задач.
6 #define MAX_RES 16 // Максимальное количество ресурсов.
7 #define MAX_EVENTS 16 // Максимальное количество событий.
8
9 #endif //APS_OS_REALTIME_DEFS_H
```

rtos_api.h

```
1
2 #ifndef APS_OS_REALTIME_RTOS_API_H
3 #define APS_OS_REALTIME_RTOS_API_H
4
5 #include "sys.h"
6
7 // Макрос для объявления задачи с ее приоритетом.
8 #define DeclareTask(TaskID, priority) \
9     TASK(TaskID); \
10     enum {TaskID##prior=priority}
11
12 // Макрос для объявления функции.
13 #define TASK(TaskID) void TaskID(void)
14
15 // Макрос для объявления события.
16 #define DeclareEvent(task, EventID) \
17     TEvent Event##EventID = TEvent(task, 1 << (EventID - 1));
18
19 typedef void TTaskCall(void);
20
```

```

21 void ActivateTask(TTaskCall entry, int priority, char *name);
22
23 void TerminateTask(void);
24
25 int StartOS(TTaskCall entry, int priority, char *name);
26
27 void ShutdownOS();
28
29 int InitRes(const char *name);
30
31 void PIP_GetRes(int res);
32
33 void PIP_ReleaseRes(int res);
34
35 // наш вариант
36
37 #define DeclareSysEvent(ID) \
38 const int Event_##ID = (ID)*(ID);
39
40 void SetSysEvent(TEventMask mask);
41
42 void GetSysEvent(TEventMask* event);
43
44 void WaitSysEvent(TEventMask mask);
45
46 #endif //APS_OS_REALTIME_RTOS_API_H

```

sys.h

```

1
2 #ifndef APS_OS_REALTIME_SYS_H
3 #define APS_OS_REALTIME_SYS_H
4
5 #include "defs.h"
6 #include <csetjmp>
7 #include "string.h"
8
9 // Режимы работы планировщика.
10 #define INSERT_TO_TAIL 1 // Вставка в конец.
11 #define INSERT_TO_HEAD 0 // Вставка в начало.
12
13 #define _NULL -1 // Указатель в никуда.
14
15 // Возможные состояния задачи.
16 enum TTaskState {
17     TASK_RUNNING,
18     TASK_READY,

```

```

19     TASK_SUSPENDED,
20     TASK_WAITING,
21     TASK_DONE
22 };
23
24 typedef int TEventMask;
25 extern TEventMask WorkingEvents;
26
27 // Задача.
28 typedef struct Type_Task {
29     int ref; // Ссылка на следующую задачу.
30     int priority; // RMA планирование.
31     TTaskState state; // Состояние задачи.
32     TEventMask waiting_events;
33
34     int res;
35     unsigned int switchNumber = 0; // Количество переключений на эту задачу.
36
37     void (*entry)(void); // Указатель на функцию.
38
39     jmp_buf context;
40     char *name;
41 } TTask;
42
43 typedef struct Type_resource {
44     int task;
45     int priority;
46     const char *name;
47 } TResource;
48
49 extern int HeadTask;
50
51 extern TTask TaskQueue[MAX_TASK]; // Массив задач.
52 typedef struct Event {
53     Event(char *name, TEventMask mask) {
54         this->task = name;
55         this->mask = mask;
56     }
57
58     char *task;
59     TEventMask mask;
60 } TEvent;
61
62 // Объявление глобальных переменных.
63 extern TResource ResourceQueue[MAX_RES];
64 extern TResource EventQueue[MAX_EVENTS];

```

```

65  extern int RunningTask; // Номер текущей выполняющейся задачи.
66  extern int FreeTask;
67  extern int FreeResource;
68
69  void Schedule(int task, int mode = INSERT_TO_TAIL);
70
71  void Dispatch();
72
73
74  #endif //APS_OS_REALTIME_SYS_H

```

events.cpp

```

1  #include "sys.h"
2  #include "rtos_api.h"
3  #include <stdio.h>
4  #include "string.h"
5  #include <stdexcept>
6
7  void SetSysEvent(TEventMask mask) {
8      printf("SetSysEvent %i\n", mask);
9      WorkingEvents |= mask;
10     for (int i = 0; i < MAX_TASK; i++) {
11         if (TaskQueue[i].state == TASK_WAITING &&
12             (WorkingEvents & TaskQueue[i].waiting_events)) {
13             TaskQueue[i].waiting_events &= !mask;
14             TaskQueue[i].state = TASK_READY;
15             printf("Task \"%s\" is ready\n", TaskQueue[i].name);
16         }
17     }
18     WorkingEvents &= !mask;
19     Dispatch();
20     printf("End of SetSysEvent %i\n", mask);
21 }
22
23 void GetSysEvent(TEventMask *mask) {
24     *mask = WorkingEvents;
25 }
26
27 void WaitSysEvent(TEventMask mask) {
28     printf("WaitSysEvent %i\n", mask);
29     TaskQueue[RunningTask].waiting_events = mask;
30     if ((WorkingEvents & mask) == 0) {
31         TaskQueue[RunningTask].state = TASK_WAITING;
32
33         int task = RunningTask;
34         RunningTask = _NULL;

```

```

35         setjmp(TaskQueue[task].context);
36
37         Dispatch();
38     }
39     printf("End of WaitSysEvent %i\n", mask);
40 }
41

```

resource.cpp

```

1  #include "sys.h"
2  #include "rtos_api.h"
3  #include <stdio.h>
4  #include <stdexcept>
5
6  // Инициализация ресурса в системе.
7  int InitRes(const char *name) {
8      // Инициализируем ресурс в системе
9      int resource = FreeResource; // Берем первую свободную ячейку ресурсов.
10     FreeResource++;
11     ResourceQueue[resource].name = name;
12     ResourceQueue[resource].priority = 0; // Изначально приоритет 0.
13     ResourceQueue[resource].task = _NULL; // Пока никем не занят.
14     return resource;
15 }
16
17
18 // Захват ресурса выполняющейся задачей.
19 // PIP (Priority Inheritance Protocol) (протокол наследования приоритетов).
20 void PIP_GetRes(int res) {
21     printf("GetResource %s\n", ResourceQueue[res].name);
22
23     // PIP алгоритм не предполагает захват ресурса задачей меньшего приоритета.
24     // Если выполняющаяся задача имеет меньший приоритет, чем ресурс...
25     if (TaskQueue[RunningTask].priority < ResourceQueue[res].priority) {
26         // Выбрасываем соответствующее исключение.
27         printf("%s is trying to capture the res of higher priority",
28             TaskQueue[RunningTask].name);
29         throw std::exception();
30     }
31     // Если ресурс занят.
32     if (ResourceQueue[res].task != _NULL) {
33         // Переводим задачу, которая заняла этот ресурс в ожидание.
34         TaskQueue[ResourceQueue[res].task].state = TASK_WAITING;
35     }
36
37     // Даем ресурс выполняющейся задаче.
38     TaskQueue[RunningTask].res = res;

```

```

39     // Даем ресурсу приоритет выполняющейся задачи (которая взяла ресурс).
40     ResourceQueue[res].priority = TaskQueue[RunningTask].priority;
41     // Даем ресурсу выполняющуюся задачу.
42     ResourceQueue[res].task = RunningTask;
43
44     printf("Resource %s captured by %s\n", ResourceQueue[res].name,
45           TaskQueue[RunningTask].name);
46 }
47
48 void PIP_ReleaseRes(int res) {
49     printf("Release resource %s\n", ResourceQueue[res].name);
50
51     // Если таска ресурса не была той, которая выполняется.
52     if (RunningTask != ResourceQueue[res].task) {
53         printf("%s is trying to release the resource %s, which "
54               "is not captured by it", TaskQueue[RunningTask].name,
55               ResourceQueue[res].name);
56         throw std::exception();
57     }
58
59     // Забираем ресурс от задачи.
60     TaskQueue[ResourceQueue[res].task].res = _NULL;
61     ResourceQueue[res].task = _NULL; // Забираем задачу от ресурса.
62     ResourceQueue[res].priority = 0; // Обнуляем приоритет ресурса.
63
64     printf("Resource %s released by %s\n", ResourceQueue[res].name,
65           TaskQueue[RunningTask].name);
66
67     Dispatch();
68 }
69

```

task.cpp

```

1  #include <stdio.h>
2  #include "sys.h"
3  #include "rtos_api.h"
4
5  // Инициализация задачи в системе.
6  void ActivateTask(TTaskCall entry, int priority, char *name) {
7      printf("[ActivateTask] %s\n", name);
8
9      int occupy = FreeTask; // Получаем номер задачи в списке.
10     FreeTask = TaskQueue[occupy].ref; // Смещение первой свободной ячейки.
11
12     // Инициализируем поля задачи.
13     TaskQueue[occupy].priority = priority;
14     TaskQueue[occupy].name = name;

```



```

15     TaskQueue[occupy].waiting_events = 0;
16     TaskQueue[occupy].entry = entry;
17     TaskQueue[occupy].switchNumber = 0;
18     TaskQueue[occupy].res = _NULL;
19     TaskQueue[occupy].state = TASK_READY;
20
21     printf("End of Activate %s\n", name);
22
23     Schedule(occupy); // Вызываем планировщик для этой задачи.
24 }
25
26 // Завершение задачи.
27 void TerminateTask(void) {
28     int task = RunningTask; // Номер текущей выполняющейся задачи.
29
30     printf("[Terminate Task] %s\n", TaskQueue[task].name);
31     TaskQueue[task].state = TASK_DONE; // Говорим, что задача выполнена.
32     RunningTask = _NULL; // Теперь ничего не выполняется.
33
34     printf("End of Terminate Task %s\n", TaskQueue[task].name);
35
36     Dispatch(); // После завершения задачи возьмем следующую на выполнение.
37 }
38
39 // Планировщик задач.
40 void Schedule(int task, int mode) {
41     printf("[Schedule] %s\n", TaskQueue[task].name);
42
43     int cur = HeadTask; // Текущая задача - самая первая в списке.
44     int prev = _NULL; // Предыдущей пока нет.
45     int priority = TaskQueue[task].priority; // Получаем приоритет текущей.
46
47     // Реализация preemptive алгоритма планирования.
48     // Проходимся по списку.
49     // Пока приоритет задач в списке больше, чем приоритет нашей задачи...
50     while (cur != _NULL && TaskQueue[cur].priority > priority) {
51         // Переходим к следующей задачи в списке.
52         prev = cur;
53         cur = TaskQueue[cur].ref;
54     }
55
56     // Доходим до последней задачи в списке с таким же приоритетом,
57     // как и у нашей задачи.
58     if (mode == INSERT_TO_TAIL) {
59         while (cur != _NULL && TaskQueue[cur].priority == priority) {
60             prev = cur;

```

```

61         cur = TaskQueue[cur].ref;
62     }
63 }
64
65 // Сейчас в cur у нас указатель первую задачу, у которой приоритет
66 // будет ниже, чем у новой задачи.
67
68 TaskQueue[task].ref = cur; // Новая задача будет указывать на следующую.
69 if (prev == _NULL) { HeadTask = task; } // Мы добавили первую задачу.
70 else TaskQueue[prev].ref = task; // А предыдущая задача укажет на нову.
71 TaskQueue[task].state = TASK_READY; // Новая задача готова к выполнению.
72
73 printf("End of Schedule %s\n", TaskQueue[task].name);
74
75 Dispatch(); // Вызываем диспетчер.
76 }
77
78 // Диспетчеризация задач, постановка на выполнение.
79 void Dispatch() {
80     int task = HeadTask; // Указатель на голову списка задач.
81     // Проходимся по всему списку задач.
82     while (task != _NULL) {
83         // В зависимости от состояния текущей задачи с высшим приоритетом...
84         switch (TaskQueue[task].state) {
85             case TASK_DONE: // Если очередная задача уже выполнена...
86                 // Просто переходим к следующей.
87                 task = TaskQueue[task].ref;
88                 continue;
89             case TASK_RUNNING: // Если очередная задача выполняется...
90                 // Значит она продолжит выполняться.
91                 printf("%s is running\n", TaskQueue[task].name);
92                 return;
93             case TASK_READY: // Если очередная задача готова к выполнению...
94                 if (RunningTask != _NULL) { // Если что-то выполняется...
95                     task = TaskQueue[task].ref;
96                     continue;
97                 }
98                 // Запускаем задачу на выполнени.
99                 printf("%s started\n", TaskQueue[task].name);
100                 RunningTask = task;
101                 TaskQueue[task].state = TASK_RUNNING;
102
103                 // Даем задаче ресурс.
104                 if (TaskQueue[task].res != _NULL) {
105                     PIP_GetRes(TaskQueue[task].res);
106                 }

```

```

107         TaskQueue[task].switchNumber++;
108         // Если первый раз включили задачу...
109         if (TaskQueue[task].switchNumber == 1) {
110             TaskQueue[task].entry(); // Просто начинаем выполнять.
111         } else { // Иначе...
112             // Восстанавливаем контекст.
113             longjmp(TaskQueue[task].context, 1);
114         }
115         return;
116     case TASK_WAITING:
117         // Если задача обладает всеми событиями, которые ожидает...
118         task = TaskQueue[task].ref;
119         continue;
120     }
121 }
122 }
123

```

test.cpp

```

1  #include <stdio.h>
2  #include "rtos_api.h"
3
4  // Объявление задач.
5  DeclareTask(Task1, 1);
6  DeclareTask(Task2, 2);
7  DeclareTask(Task3, 3);
8  DeclareTask(Task4, 1);
9  DeclareTask(Task5, 2);
10 DeclareTask(Task6, 2);
11 DeclareTask(Task7, 0);
12 DeclareTask(Task8, 1);
13 DeclareTask(Task9, 2);
14 DeclareTask(Task10, 3);
15
16
17 char nameTask6[] = "Task6";
18 char nameTask8[] = "Task8";
19 char nameTask9[] = "Task9";
20
21 // Объявления событий.
22
23 DeclareSysEvent(1);
24 DeclareSysEvent(2);
25 DeclareSysEvent(3);
26
27 int Res1;
28

```

```

29  int main(void) {
30      Res1 = InitRes("Res1");
31      char name1[] = "Task1";
32      char name2[] = "Task4";
33      char name3[] = "Task6";
34      char name4[] = "Task8";
35      //StartOS(Task1, Task1prior, name1);
36      //StartOS(Task4, Task4prior, name2);
37      //StartOS(Task6, Task6prior, name3);
38      //StartOS(Task8, Task8prior, name4);
39
40      ShutdownOS();
41      return 0;
42  }
43
44  // Test 1. preemptive algorithm
45  TASK(Task1) {
46      printf("\nThis is Task1!\n\n");
47      char name[] = "Task2";
48      char name1[] = "Task3";
49      ActivateTask(Task2, Task2prior, name);
50      ActivateTask(Task3, Task3prior, name1);
51      TerminateTask();
52  }
53
54  TASK(Task2) {
55      printf("\nThis is Task2!\n\n");
56      TerminateTask();
57  }
58
59  TASK(Task3) {
60      printf("\nThis is Task3!\n\n");
61      TerminateTask();
62  }
63  // Test 2. PIP resource managment algorithm
64  TASK(Task4) {
65      printf("\nThis is Task4!\n\n");
66      PIP_GetRes(Res1);
67      char name[] = "Task5";
68      ActivateTask(Task5, Task5prior, name);
69      PIP_ReleaseRes(Res1);
70      TerminateTask();
71  }
72
73  TASK(Task5) {
74      printf("\nThis is Task5!\n\n");

```

```

75     PIP_GetRes(Res1);
76     PIP_ReleaseRes(Res1);
77     TerminateTask();
78 }
79 // Test 3. Tasks events
80 TASK(Task6) {
81     printf("\nThis is Task6!\n\n");
82     char name[] = "Task7";
83     ActivateTask(Task7, Task7prior, name);
84     WaitSysEvent(Event_1);
85     TEventMask event;
86     GetSysEvent(&event);
87     printf("GetEvent=%i\n", event);
88     printf("Task6\n");
89     TerminateTask();
90 }
91
92 TASK(Task7) {
93     printf("\nThis is Task7!\n\n");
94     SetSysEvent(Event_1);
95     printf("Task7\n");
96     TerminateTask();
97 }
98
99 // Test 4. Full Functionality
100
101 TASK(Task8) {
102     printf("\nStart Task8\n\n");
103     char name[] = "Task9";
104     ActivateTask(Task9, Task9prior, name);
105     WaitSysEvent(1);
106     printf("\nTask 8 finished\n\n");
107     TerminateTask();
108 }
109
110 TASK(Task9) {
111     printf("\nStart Task9\n\n");
112     PIP_GetRes(Res1);
113     char name1[] = "Task10";
114     ActivateTask(Task10, Task10prior, name1);
115     char name2[] = "Task8";
116     SetSysEvent(1);
117     WaitSysEvent(2);
118     PIP_ReleaseRes(Res1);
119     printf("\nTask 9 finished\n\n");
120     TerminateTask();

```

```

121 }
122
123 TASK(Task10) {
124     printf("\nStart Task10\n\n");
125     PIP_GetRes(Res1);
126     char name[] = "Task9";
127     SetSysEvent(2);
128     PIP_ReleaseRes(Res1);
129     printf("\nTask 10 finished\n\n");
130     TerminateTask();
131 }
132
133
134 // TASK(Task6) {
135 //     printf("\nThis is Task6!\n\n");
136 //     char name[] = "Task7";
137 //     ActivateTask(Task7, Task7prior, name);
138 //     WaitEvent(Event1);
139 //     printf("\nTask6 finished\n\n");
140 //     TerminateTask();
141 // }
142
143 // TASK(Task7) {
144 //     printf("\nThis is Task7!\n\n");
145 //     char name[] = "Task6";
146 //     SetEvent(name, Event1);
147 //     printf("\nTask7 finished\n\n");
148 //     TerminateTask();
149 // }
150 // // Test 4. All functionality
151 // TASK(Task8) {
152 //     printf("\nStart Task8\n\n");
153 //     char name[] = "Task9";
154 //     ActivateTask(Task9, Task9prior, name);
155 //     WaitEvent(Event2);
156 //     printf("\nTask 8 finished\n\n");
157 //     TerminateTask();
158 // }
159
160 // TASK(Task9) {
161 //     printf("\nStart Task9\n\n");
162 //     PIP_GetRes(Res1);
163 //     char name1[] = "Task10";
164 //     ActivateTask(Task10, Task10prior, name1);
165 //     char name2[] = "Task8";
166 //     SetEvent(name2, Event2);

```

```
167 //      WaitEvent(Event3);
168 //      PIP_ReleaseRes(Res1);
169 //      printf("\nTask 9 finished\n\n");
170 //      TerminateTask();
171 // }
172
173 // TASK(Task10) {
174 //      printf("\nStart Task10\n\n");
175 //      PIP_GetRes(Res1);
176 //      char name[] = "Task9";
177 //      SetEvent(name, Event3);
178 //      PIP_ReleaseRes(Res1);
179 //      printf("\nTask 10 finished\n\n");
180 //      TerminateTask();
181 // }
182
```
