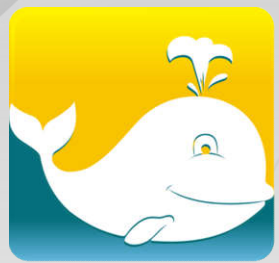


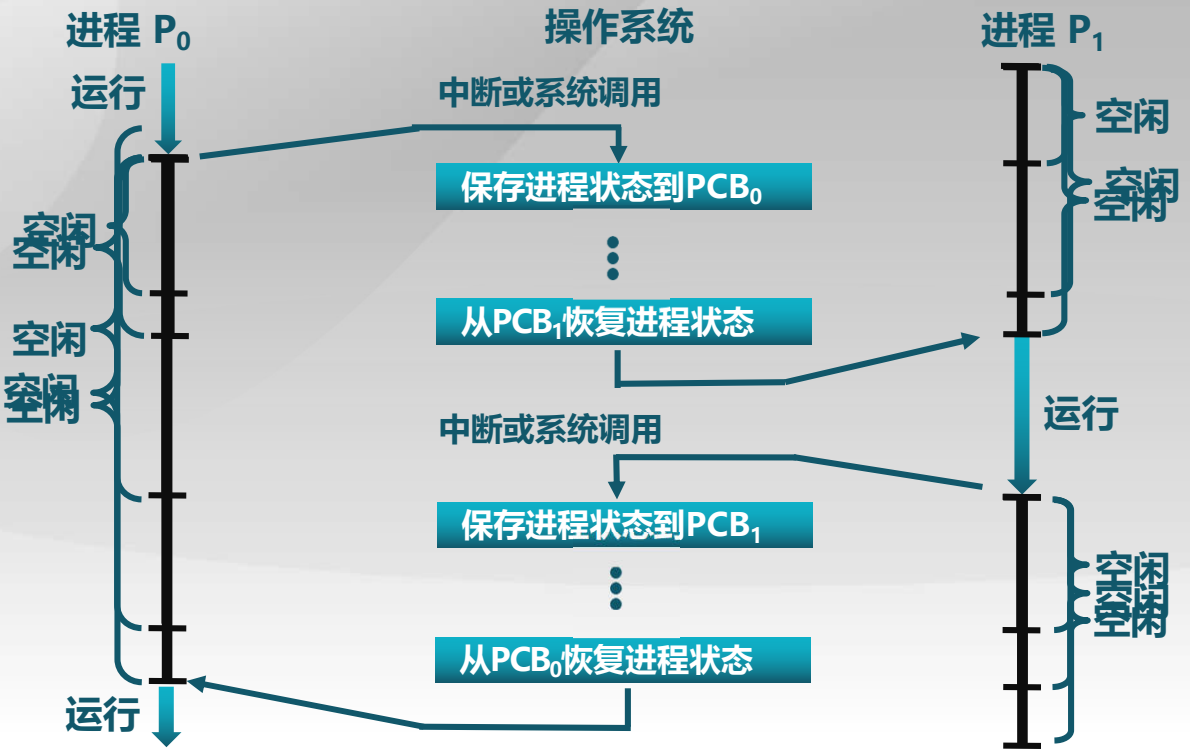
操作系统

Operating System

进程切换

- 进程切换(上下文切换)
  - 暂停当前运行进程，从运行状态变成其他状态
  - 调度另一个进程从就绪状态变成运行状态
- 进程切换的要求
  - 切换前，保存进程上下文
  - 切换后，恢复进程上下文
  - 快速切换
- 进程生命周期的信息
  - 寄存器 (PC, SP, ...)
  - CPU状态
  - 内存地址空间

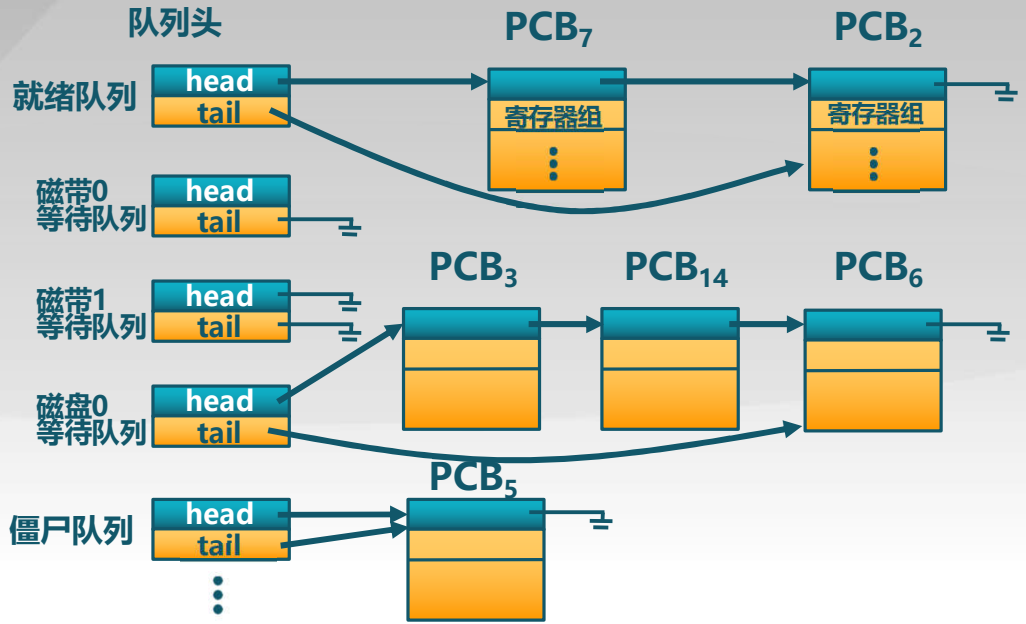
上下文切换图示


进程 P_0
操作系统
进程 P_1
运行
中断或系统调用
空闲
保存进程状态到PCB_0
空闲
从PCB_1恢复进程状态
空闲
空闲
中断或系统调用
运行
保存进程状态到PCB_1
空闲
空闲
从PCB_0恢复进程状态
运行

进程控制块PCB:内核的进程状态记录

- 内核为每个进程维护了对应的进程控制块（PCB）
- 内核将相同状态的进程的PCB放置在同一队列

- 就绪队列
- I/O等待队列
  - 每个设备一个队列
- 僵尸队列



ucore的进程控制块结构proc_struct

char name[PROC_NAME_LEN + 1]

int pid

int runs

struct proc_struct *parent

uintptr_t kstack

struct mm_struct *mm

list_entry_t hash_link

char name[PROC_NAME_LEN + 1]

struct proc_struct

kern-ucore/process/proc.h

uint32_t flags

uintptr_t cr3

enum proc_state state

volatile bool need_resched

struct trapframe *tf

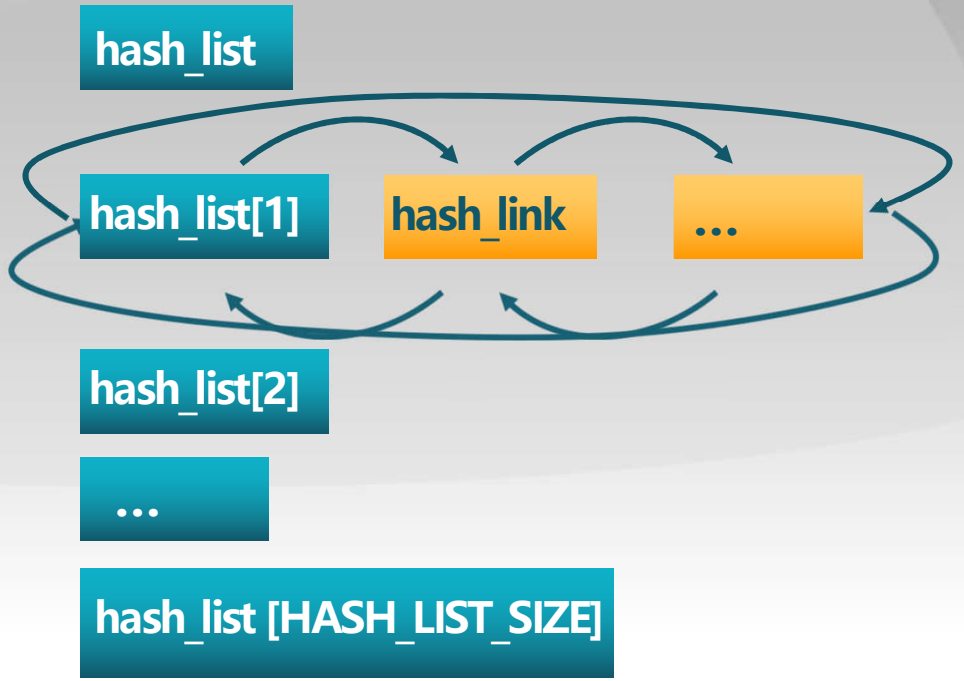
struct context context

ucore的内存地址空间结构mm_struct

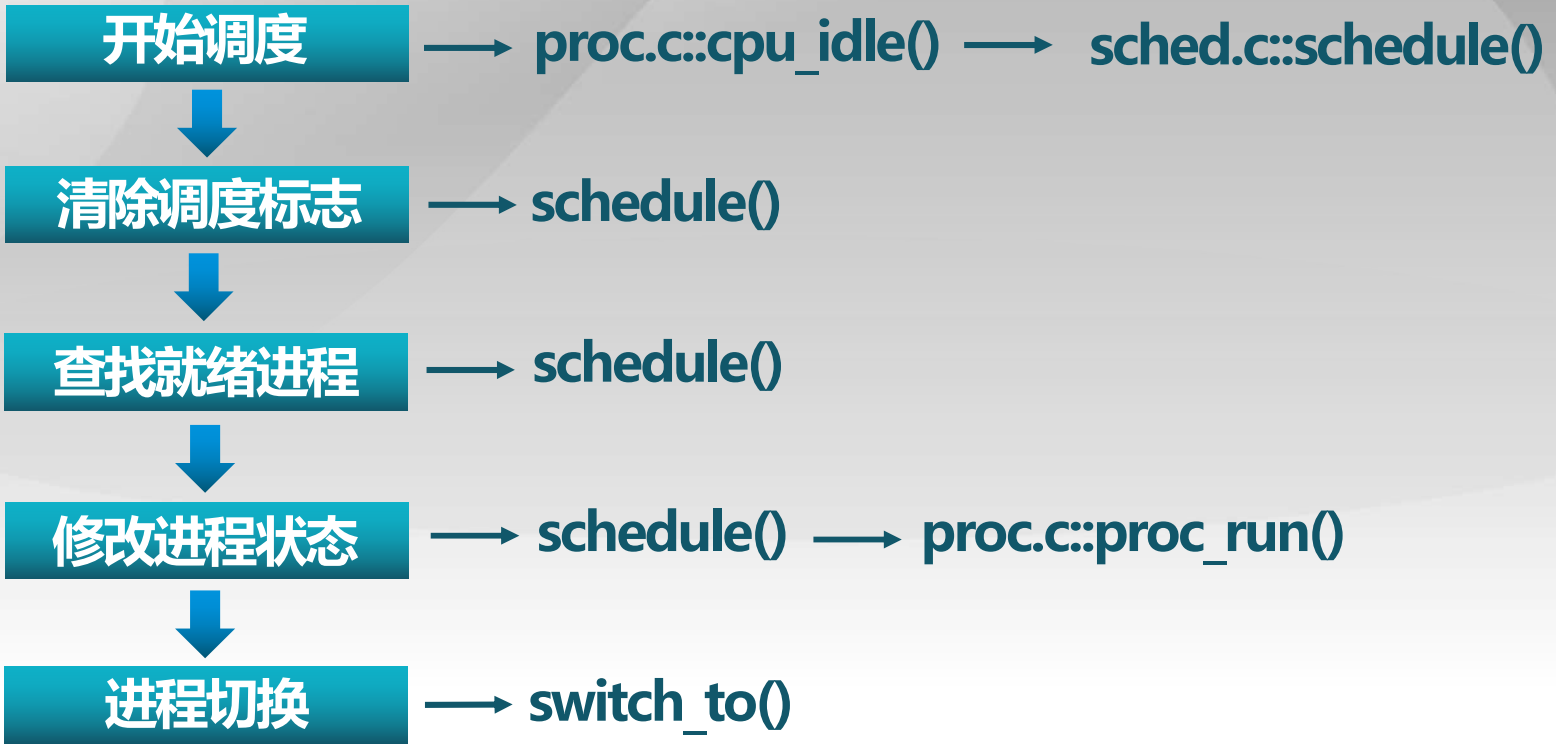
```
/kern-ucore/mm/vmm.h
  struct mm_struct {
          // linear list link which sorted by start addr of vma
              list_entry_t mmap_list;
          // current accessed vma, used for speed purpose
              struct vma_struct *mmap_cache;
              pde_t *pgdir;  // the PDT of these vma  =cr3=boot_cr3
              int map_count; // the count of these vma
              void *sm_priv;   // the private data for swap manager
};
```

ucore+的进程队列

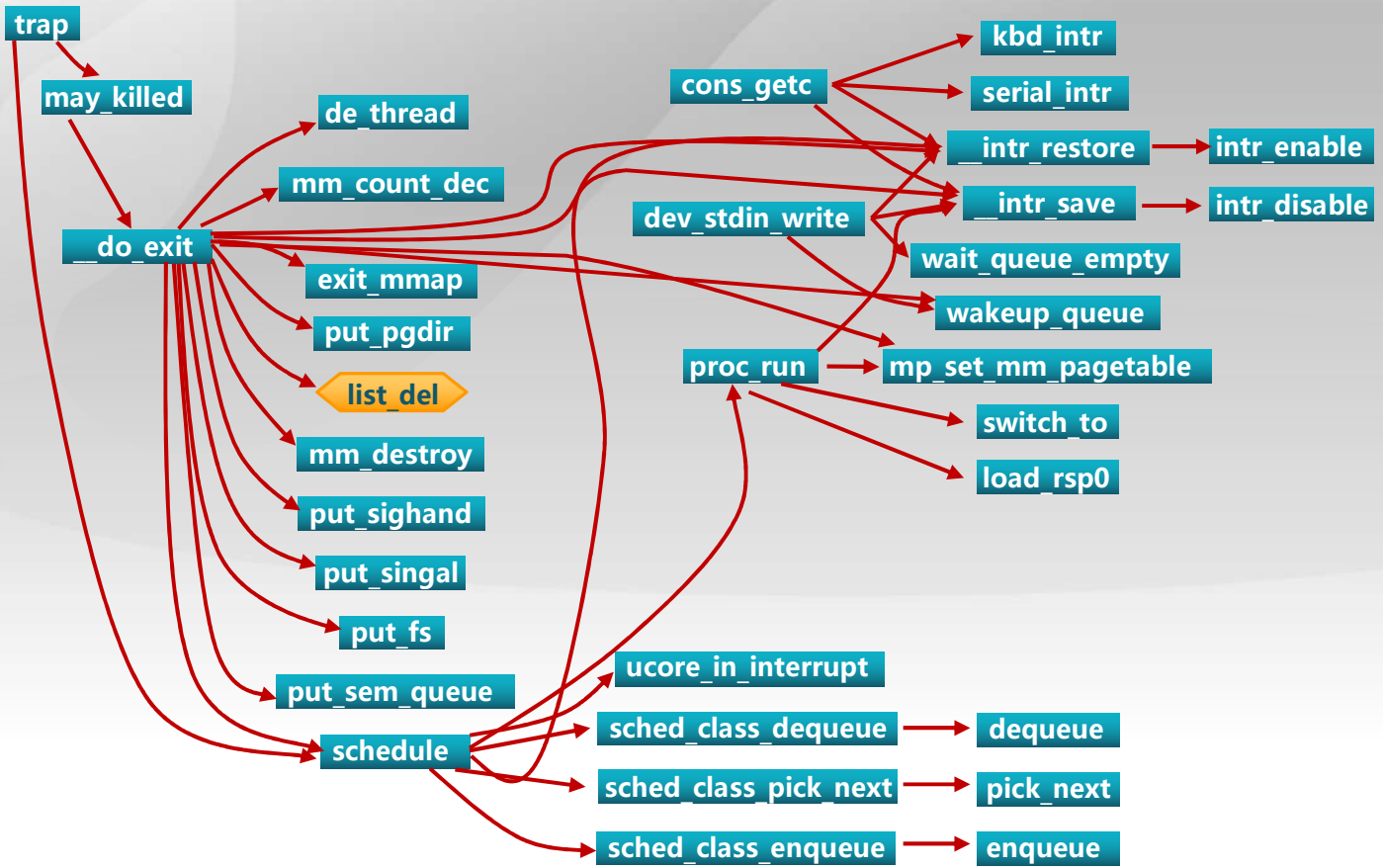
/ucore/src/kern-ucore/process/proc.h



ucore+进程/线程切换流程



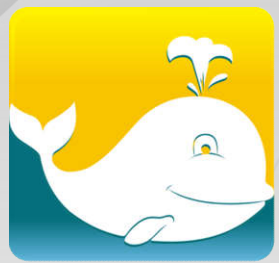
ucore+的进程切换


trap
may_killed
de_thread
mm_count_dec
__do_exit
exit_mmap
put_pgdir
list_del
mm_destroy
put_sighand
put_singal
put_fs
put_sem_queue
schedule
cons_getc
kbd_intr
serial_intr
__intr_restore
intr_enable
__intr_save
intr_disable
dev_stdin_write
wait_queue_empty
wakeup_queue
proc_run
mp_set_mm_pagetable
switch_to
load_rsp0
ucore_in_interrupt
sched_class_dequeue
dequeue
sched_class_pick_next
pick_next
sched_class_enqueue
enqueue

switch_to的实现

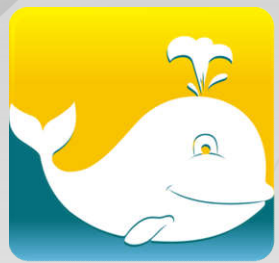
kern-ucore/arch/i386/process/switch.S

```
.text
.globl switch_to
switch_to:                  # switch_to(from, to)
    # save from's registers
    movl 4(%esp), %eax          # eax points to from
    popl 0(%eax)                # save eip !popl
    movl %esp, 4(%eax)
    movl %ebx, 8(%eax)
    movl %ecx, 12(%eax)
    movl %edx, 16(%eax)
    movl %esi, 20(%eax)
    movl %edi, 24(%eax)
    movl %ebp, 28(%eax)

    # restore to's registers
    movl 4(%esp), %eax          # not 8(%esp): popped return address already
                                # eax now points to to
    movl 28(%eax), %ebp
    movl 24(%eax), %edi
    movl 20(%eax), %esi
    movl 16(%eax), %edx
    movl 12(%eax), %ecx
    movl 8(%eax), %ebx
    movl 4(%eax), %esp
     pushl 0(%eax)              # push eip
        ret
```



操作系统

Operating System



操作系统

Operating System

创建新进程

- Windows进程创建API： CreateProcess(filename)
- Unix
  - 创建进程的系统调用：fork()
    - fork()把一个进程复制成两个进程
    - 创建时改变子进程的环境
      - parent (old PID), child (new PID)
    - exec()用新程序来重写当前进程
    - 等等
      - PID没有改变

创建进程并关闭其调用进程里的文件描述符

CreateProcess(filename, CLOSE_FD)

CreateProcess(filename, CLOSE_FD, new_envp)

创建新进程

- 用fork和exec创建进程的示例

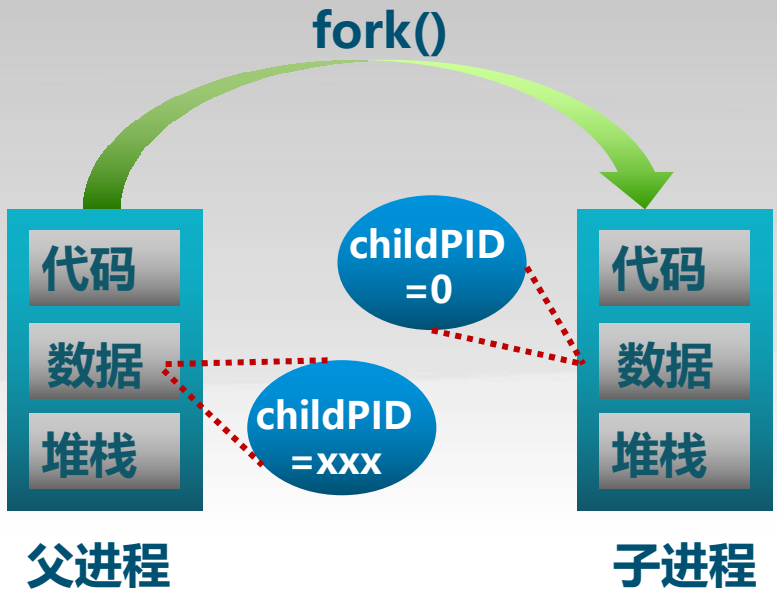
```
int pid = fork();                    // 创建子进程
if(pid == 0) {                                  // 子进程在这里继续
    // Do anything (unmap memory, close net connections…)
     exec(“program”, argc, argv0, argv1, …);
}
```

- fork() 创建一个继承的子进程
  - 复制父进程的所有变量和内存
  - 复制父进程的所有CPU寄存器(有一个寄存器例外)
- fork()的返回值
  - 子进程的fork()返回0
  - 父进程的fork()返回子进程标识符
  - fork() 返回值可方便后续使用，子进程可使用getpid()获取PID

fork()的地址空间复制

- fork()执行过程对于子进程而言，是在调用时间对父进程地址空间的一次复制
  - 对于父进程fork() 返回child PID, 对于子进程返回值为0

```
main {
   int childPID;
   s1;

   childPID=fork();

   if(childPID==0)
    <子进程执行代码>
   else{
      <父进程执行代码>
      wait();
   }

   s2;
}
```



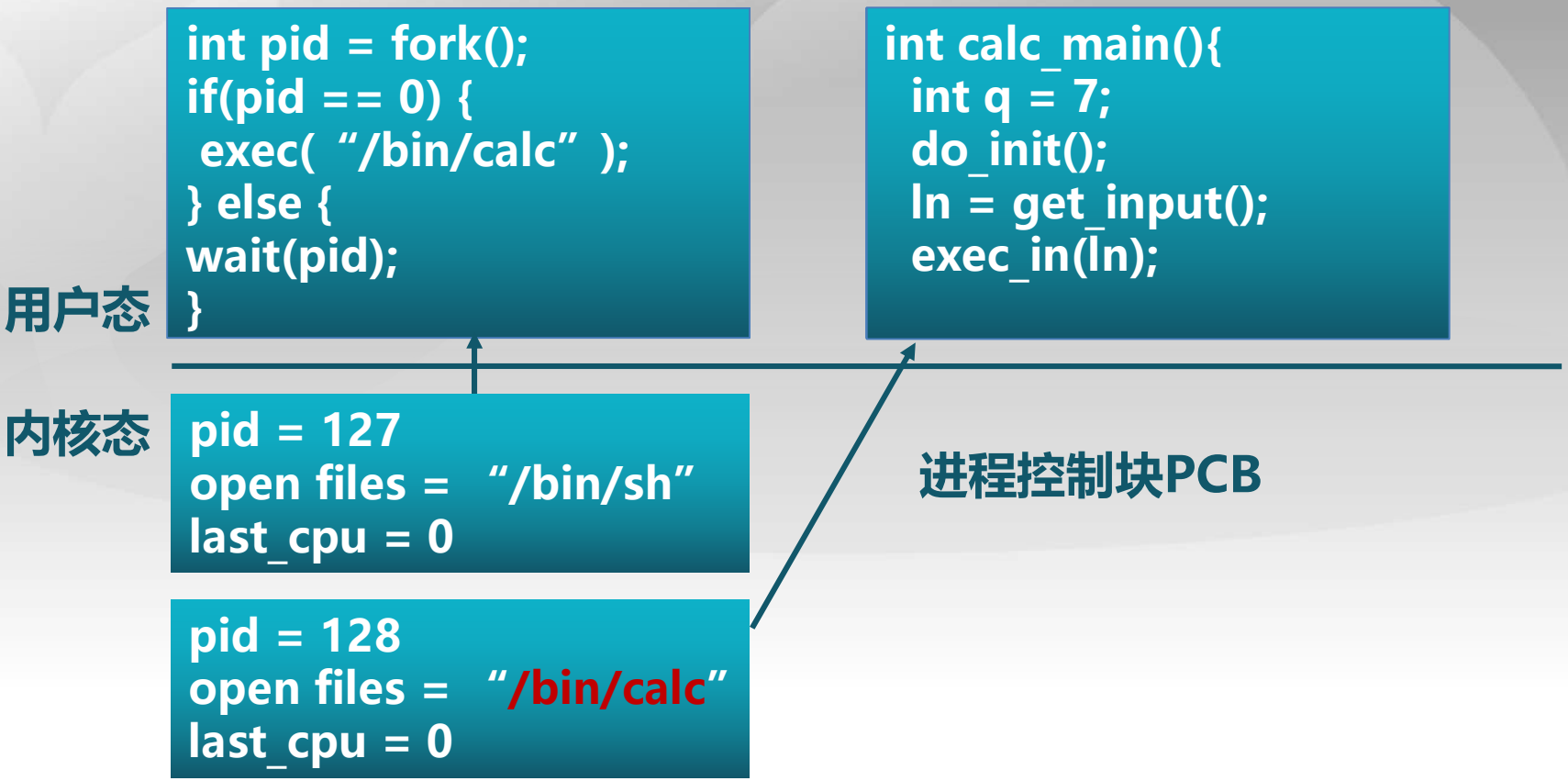
程序加载和执行

系统调用exec( )加载新程序取代当前运行进程

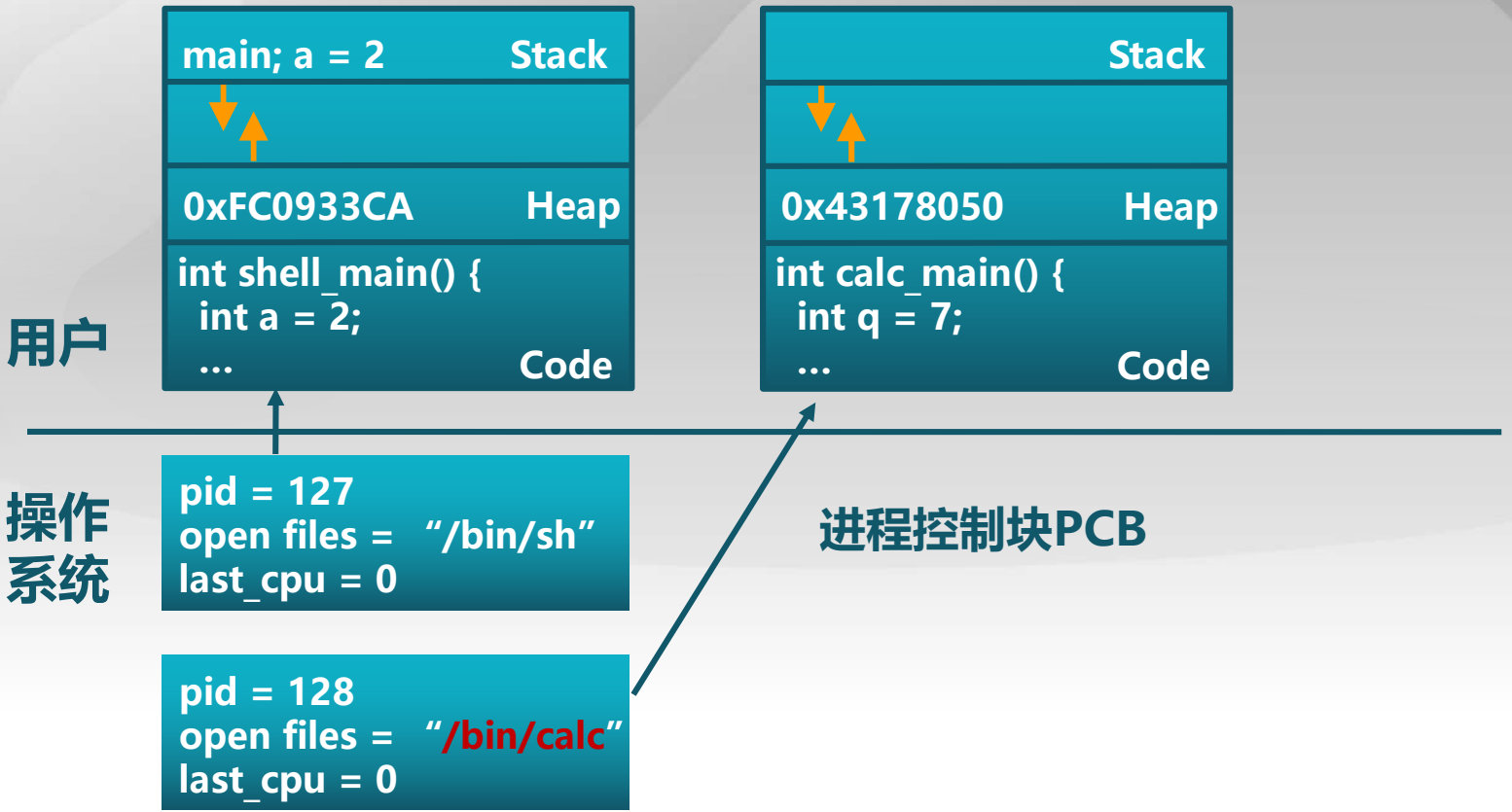
exec()示例代码

```
main()
…
int pid = fork();                                   // 创建子进程
if (pid == 0) {                                     // 子进程在这里继续
    exec_status = exec( “calc” , argc, argv0, argv1, …);
    printf( “Why would I execute?” );
} else {                                            // 父进程在这里继续
    printf( “Whose your daddy?” );
    …
    child_status = wait(pid);
}
if (pid < 0) { /* error occurred */
```

在shell中调用fork()后加载计算器的图示



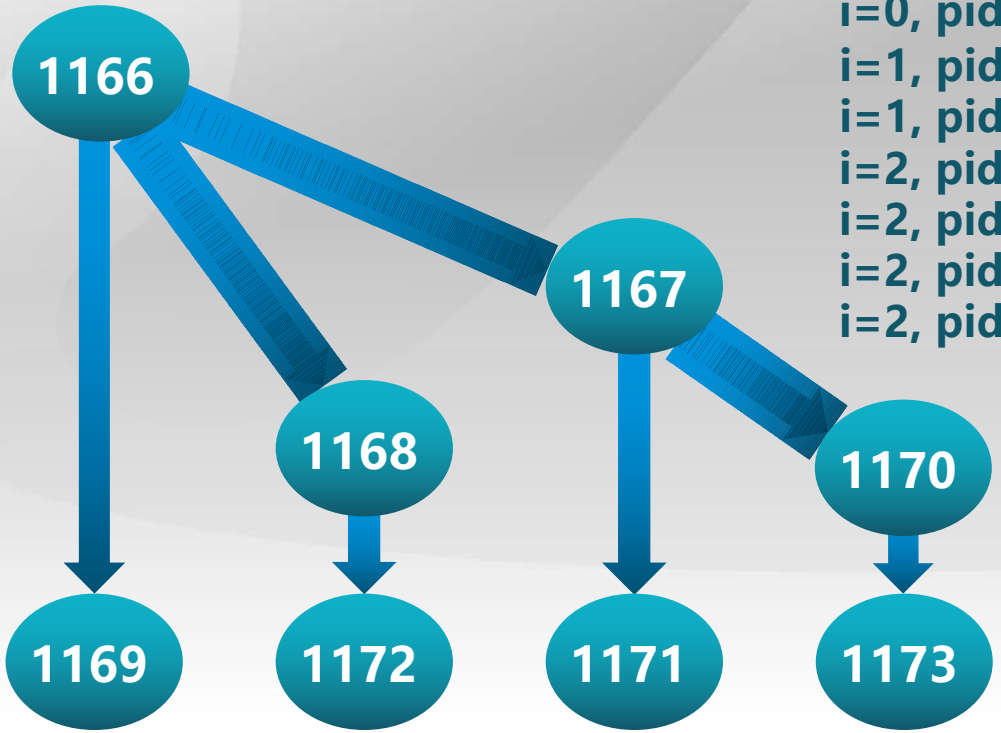
在shell中调用fork()后加载计算器的图示



fork()使用示例

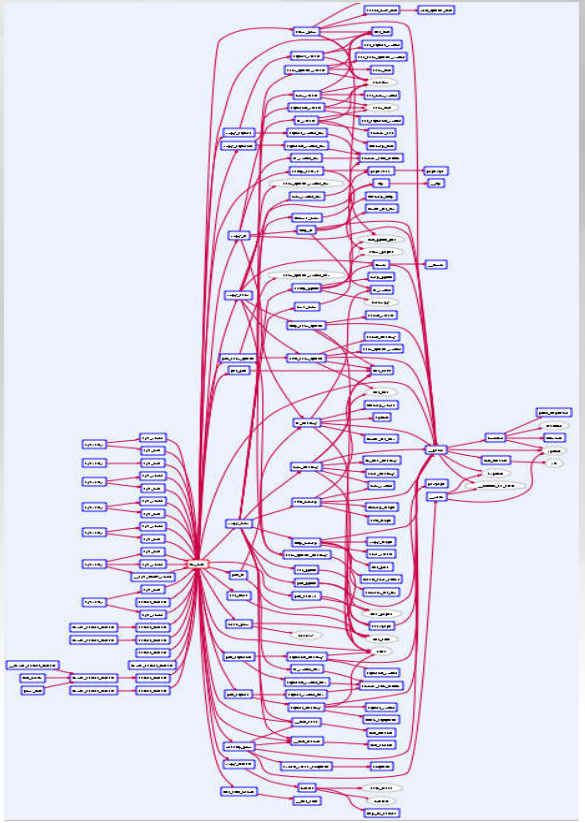
```
int  main()
{
    pid_t  pid;
     int  i;

     for  (i=0;  i<LOOP;  i++)
     {
         /* fork  another  process  */
         pid = fork();
         if  (pid < 0) { /*error  occurred  */
             fprintf(stderr,  “Fork Failed”  );
             exit(-1);
         }
         else if (pid == 0) { /* child process */
             fprintf(stdout,   “i=%d,  pid=%d,  parent  pid=%d\n” ,I,
                         getpid() ,getppid());
         }
     }
     wait(NULL);
     exit(0);
}
```

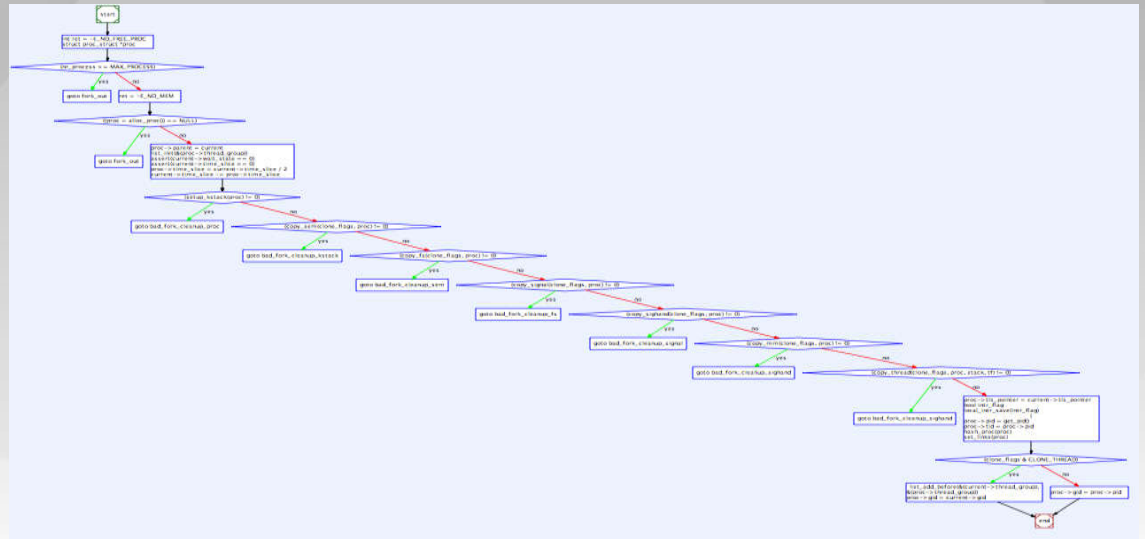
fork()使用示例?



i=0, pid=1167, parent pid=1166
i=1, pid=1168, parent pid=1166
i=1, pid=1170, parent pid=1167
i=2, pid=1169, parent pid=1166
i=2, pid=1172, parent pid=1168
i=2, pid=1171, parent pid=1167
i=2, pid=1173, parent pid=1170

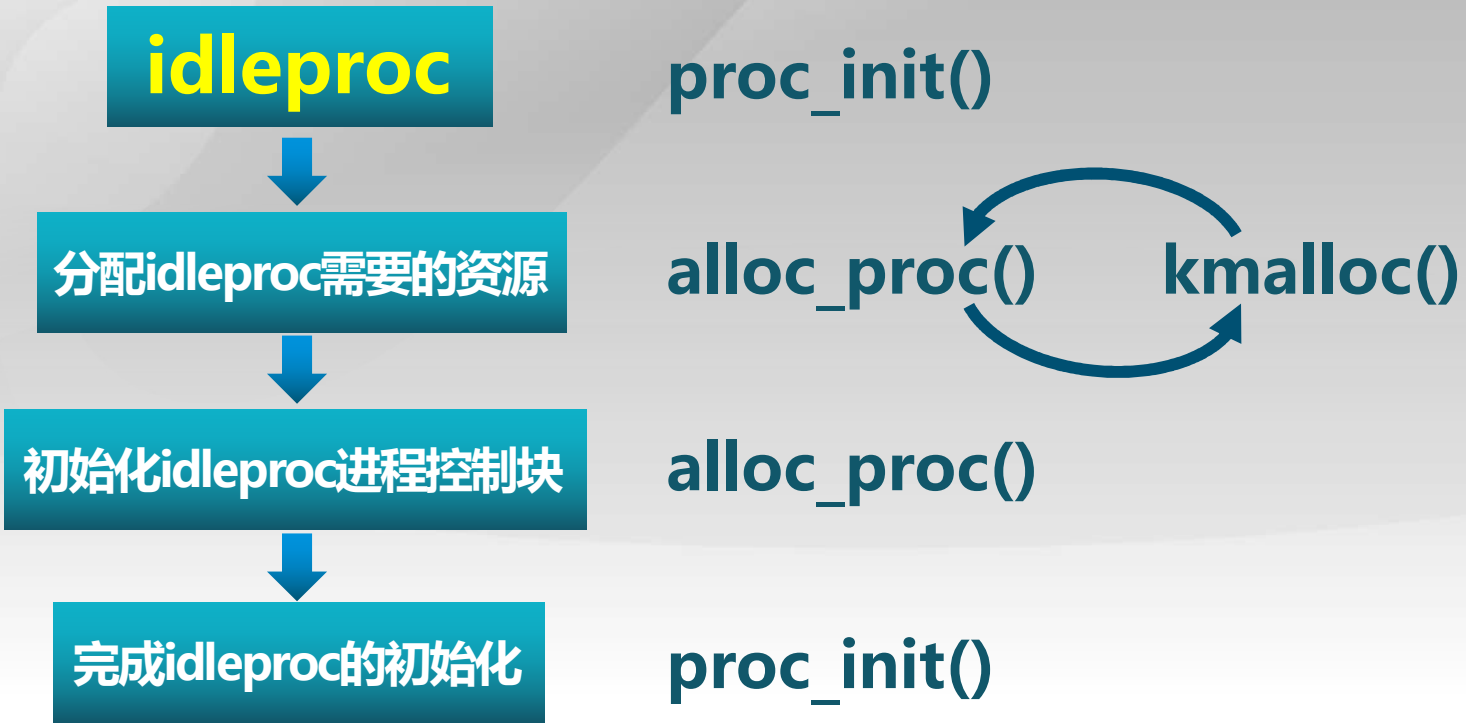
ucore中fork()的实现





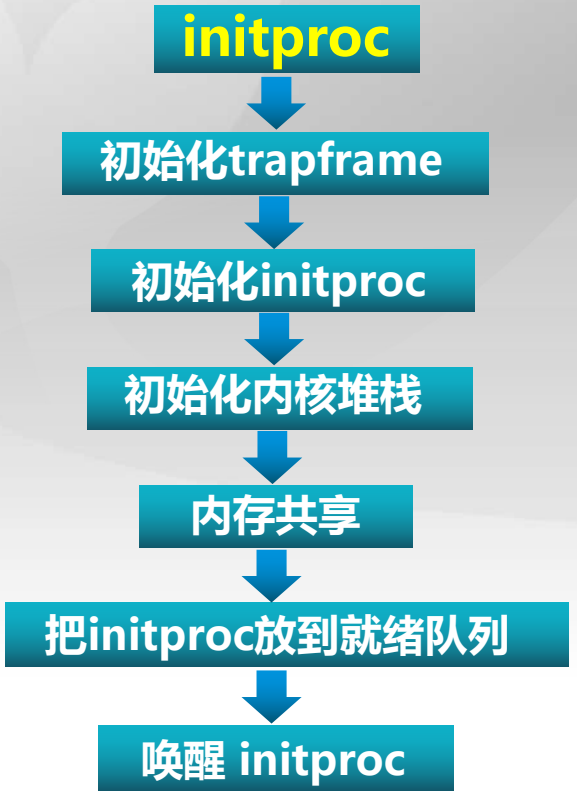
空闲进程的创建

\kern-ucore/process/proc.c



创建第一个内核线程

\kern-ucore/process/proc.c



proc_init()

kernel thread()tf　　do_fork()　　copy_thread()

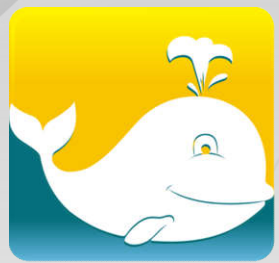
alloc_proc()

setup_stack()

copy_stack()

Fork()的开销?

- fork()的实现开销
  - 对子进程分配内存
  - 复制父进程的内存和CPU寄存器到子进程里
  - 开销昂贵!!
- 在99%的情况里，我们在调用fork()之后调用exec()
  - 在fork()操作中内存复制是没有作用的
  - 子进程将可能关闭打开的文件和连接
  - 为什么不能结合它们在一个调用中?
- vfork()
  - 创建进程时，不再创建一个同样的内存映像
  - 一些时候称为轻量级fork()
  - 子进程应该几乎立即调用exec()
  - 现在使用 Copy on Write（COW) 技术



操作系统

Operating System

操作系统

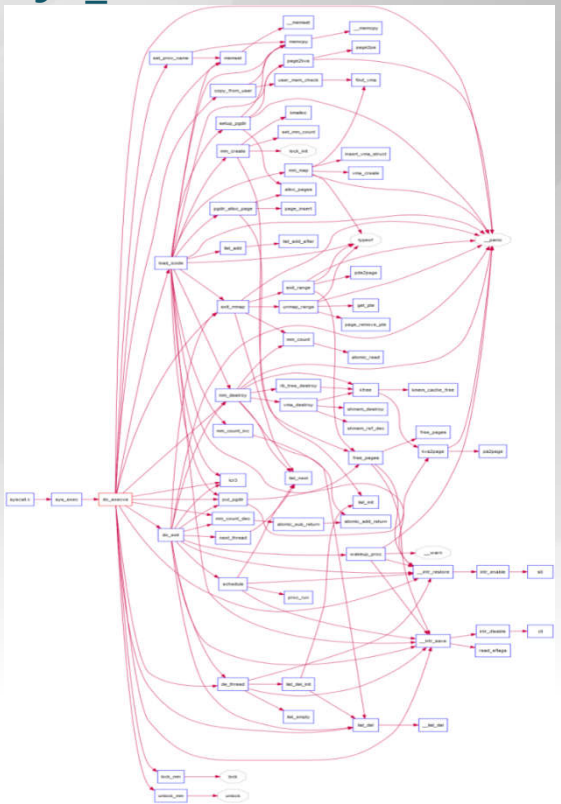
Operating Systems

程序加载和执行系统调用exec()

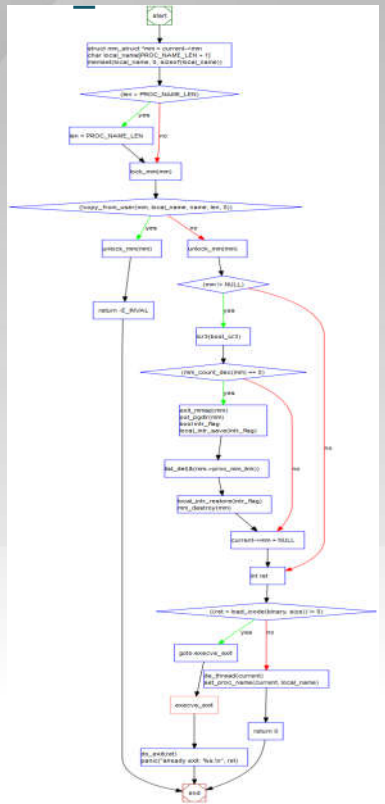
- 允许进程“加载”一个完全不同的程序，并从main开始执行(即_start)
- 允许进程加载时指定启动参数(argc, argv)
- exec调用成功时
  - 它是相同的进程…
  - 但是运行了不同的程序
- 代码段、堆栈和堆(heap)等完全重写

ucore中的exec()实现

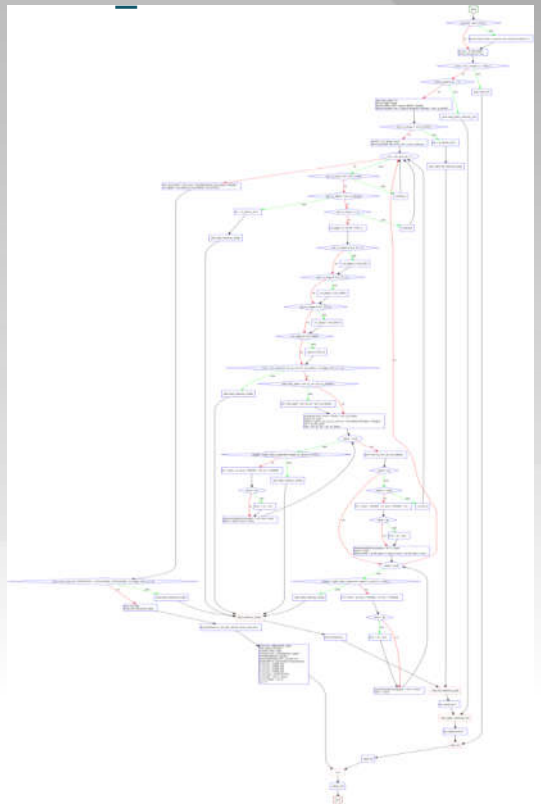
sys_exec



do_execve

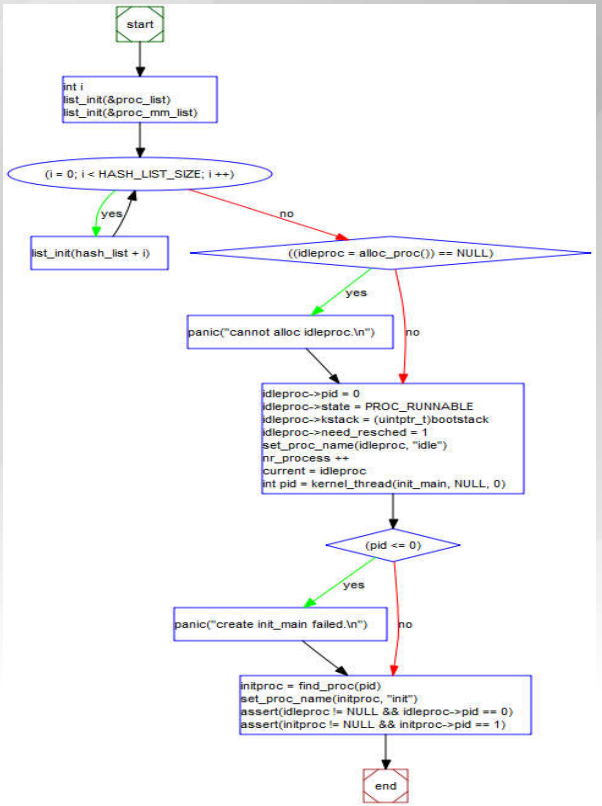


load_icode

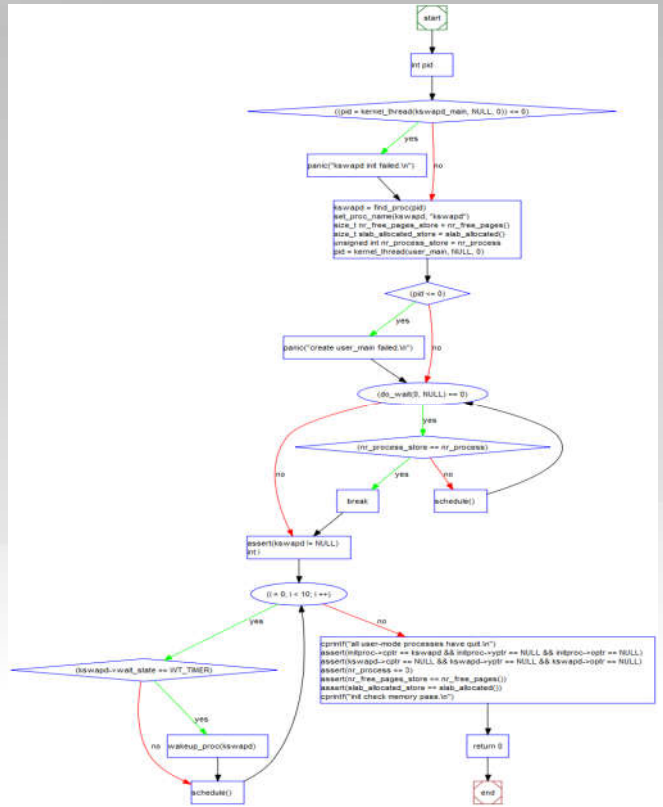


ucore中第一个进程

proc_init



init_main



操作系统

Operating Systems

操作系统

Operating Systems

父进程等待子进程

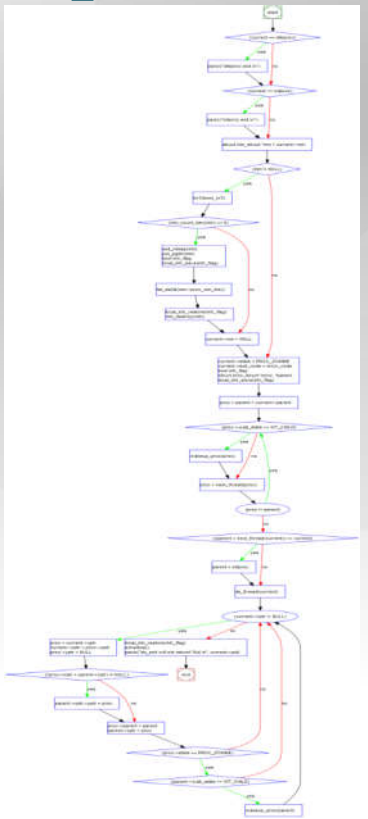
- wait()系统调用用于父进程等待子进程的结束
  - 子进程结束时通过exit()向父进程返回一个值
  - 父进程通过wait()接受并处理返回值
- wait()系统调用的功能
  - 有子进程存活时，父进程进入等待状态，等待子进程的返回结果
    当某子进程调用exit()时,唤醒父进程，将exit()返回值作为父进程中wait的返回值
  - 有僵尸子进程等待时，wait()立即返回其中一个值
  - 无子进程存活时，wait()立刻返回

进程的有序终止 exit()

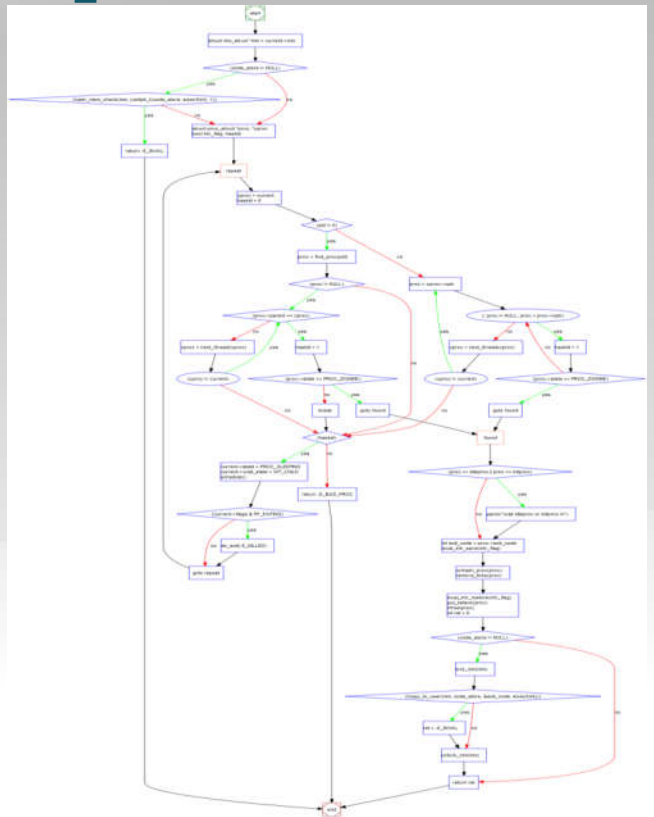
- 进程结束执行时调用exit()，完成进程资源回收
- exit()系统调用的功能
  - 将调用参数作为进程的“结果”
  - 关闭所有打开的文件等占用资源
  - 释放内存
  - 释放大部分进程相关的内核数据结构
  - 检查是否父进程是存活着的
    - 如存活，保留结果的值直到父进程需要它，进入僵尸（zombie/defunct）状态
    - 如果没有，它释放所有的数据结构，进程结果
  - 清理所有等待的僵尸进程
- 进程终止是最终的垃圾收集(资源回收)

ucore中的exit /wait

do_exit



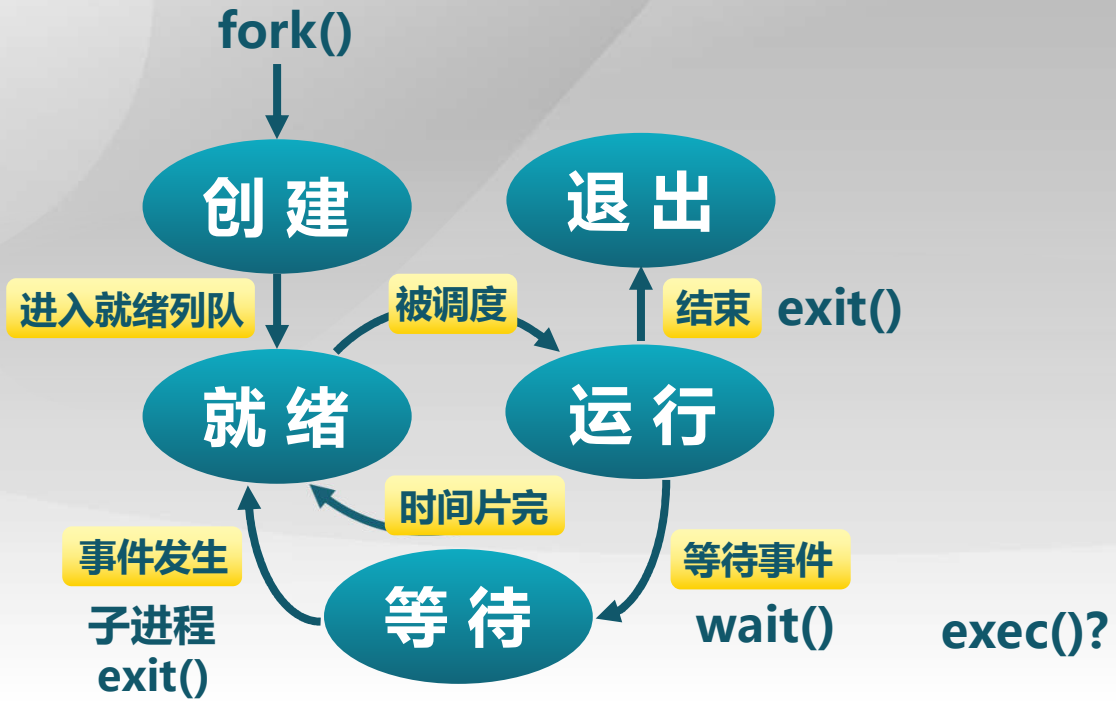
do_wait



其他进程控制系统调用

- 优先级控制
  - nice()指定进程的初始优先级
  - Unix系统中进程优先级会随执行时间而衰减
- 进程调试支持
  - ptrace()允许一个进程控制另一个进程的执行
  - 设置断点和查看寄存器等
- 定时
  - sleep()可以让进程在定时器的等待队列中等待指定

进程控制 v.s. 进程状态


fork()
创 建
退 出
进入就绪列队
被调度
结束
exit()
就 绪
运 行
时间片完
事件发生
等待事件
子进程
exit()
等 待
wait()
exec()?

操作系统

Operating Systems