Processos

Sistemas Operativos

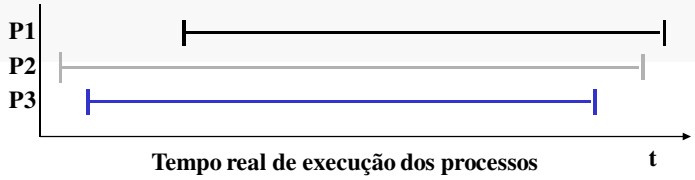
2009 / 2010

Departamento de Engenharia Informática

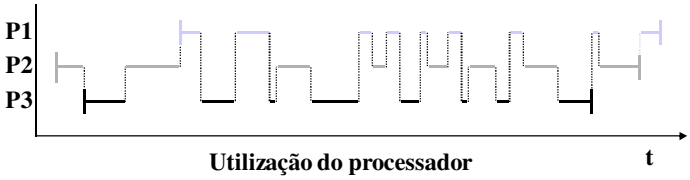
Multiprogramação

- Execução, em paralelo, de múltiplos programas na mesma máquina
- Cada instância de um programa em execução denomina-se um **processo**
- Considerando um grau de tempo fino, o paralelismo não é real
- **Pseudoparalelismo** ou **pseudoconcorrência** – implementação de sistemas multiprogramados sobre um computador com um único processador

Pseudoconcorrência



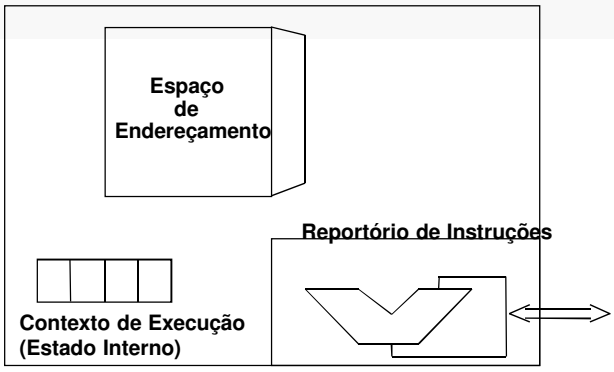
Tempo real de execução dos processos



Utilização do processador

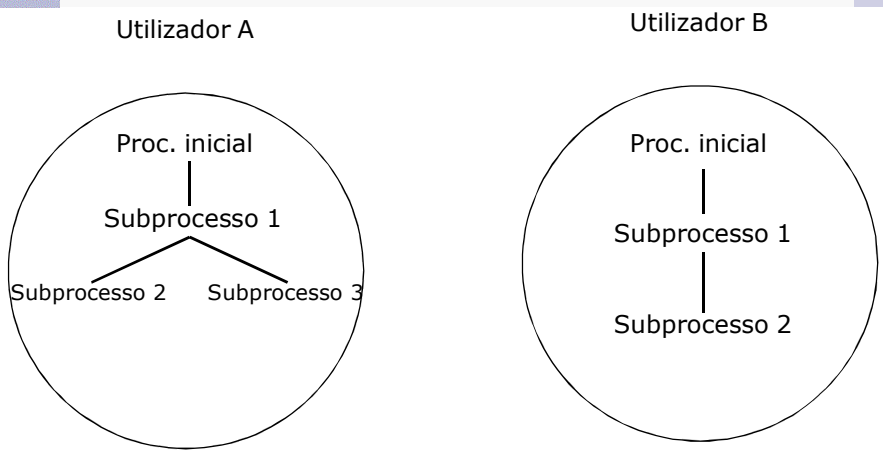
- Analogia com a Física
  - As leis da física quântica determinam a evolução de um sistema mas na maioria dos fenómenos as leis físicas macroscópicas representam adequadamente o seu comportamento
- Analogia com a vida de um estudante do IST?

Processo Como Uma Máquina Virtual



- Elementos principais da máquina virtual que o SO disponibiliza aos processos

Hierarquia de Processos



- Certas informações são herdadas

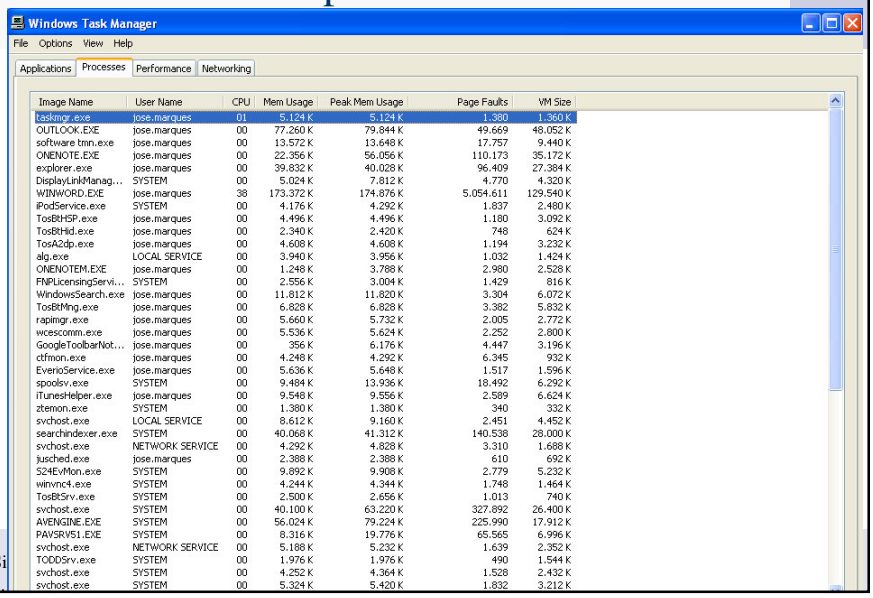
Modelo: Objecto "Processo"

- Propriedades
  - Identificador
  - Programa
  - Espaço de Endereçamento
  - Prioridade
  - Processo pai
  - Canais de Entrada Saída, Ficheiros,
  - Quotas de utilização de recursos
  - Contexto de Segurança
- Operações – Funções sistema que actuam sobre os processos
  - Criar
  - Eliminar
  - Esperar pela terminação de subprocesso

Exemplo: Unix

```
ps -ef | more
    UID   PID  PPID  C    STIME TTY  TIME CMD
   root     0     0  0   Sep 18 ?    0:17 sched
   root     1     0  0   Sep 18 ?    0:54 /etc/init -
   root     2     0  0   Sep 18 ?    0:00 pageout
   root     3     0  0   Sep 18 ?    6:15 fsflush
   root   418     1  0   Sep 18 ?    0:00 /usr/lib/saf/sac -t 300
daemon   156     1  0   Sep 18 ?    0:00 /usr/lib/nfs/statd
```


Exemplo: Windows



Criação de um processo

```
IdProcesso = CriarProc (Código, Prioridade,... )
```

A função tem frequentemente diversos parâmetros: a prioridade, canais de entrada/saída, ...

Quando a criação tem sucesso o sistema atribuí um identificador interno (PID) ao processo que é retornado na função

Na criação de um processo tem de ficar definido qual é o programa que o processo vai executar. Normalmente é especificado um ficheiro contendo um programa executável.

Eliminação de processos

- Eliminação do processo quando o seu programa termina, libertando todos os recursos e estruturas de dados detidas pelo processo

  `Sair ([Estado])`

- Eliminação de outro processo

  `EliminarProc ( IdProcesso )`

O processo cujo identificador é passado como parâmetro é eliminado. O núcleo do SO valida se o processo que invoca esta função tem privilégios para a poder executar

Terminação do Processo Filho

- Em numerosas situações o processo pai pode querer bloquear-se esperando a terminação de um processo filho

```
Estado = EsperarTerminacao (Idprocesso)
```

O processo pai pode esperar por um processo específico ou genericamente por qualquer processo

Departamento de Engenharia Informática

Unix – Processos

(Sob o ponto de vista do utilizador)

Processos em Unix

- Identificação de um processo
  - um inteiro designado por PID
  - Alguns identificadores estão pré atribuídos: processo 0 é o *swapper* (gestão de memória) e o processo 1 *init* é o de inicialização do sistema
- Os processos relacionam-se de forma hierárquica
  - O processo herda todo o ambiente do processo pai
  - O processo sabe quem é o processo de que descende designado por processo pai.
  - Quando o processo pai termina os subprocessos continuam a executar-se, são adoptados pelo processo de inicialização (pid = 1)
- Os processos têm prioridades variáveis.
  - Veremos as regras de escalonamento mais adiante.

Processos em Unix

- Cada processo também tem associado um contexto de execução acessível em modo utilizador e que contém diversas variáveis úteis para os programas utilitários ou para as aplicações.
- Exemplo:

```
HOME=/usr/jam
SHELL=/bin/csh
USER=jamarques
PATH=/usr/jam/bin/:/usr/local/bin:/bin
```

- Este contexto é herdado do processo pai e pode ser modificado livremente porque reside no espaço utilizador.
- Nos programas em C é acessível através do parâmetro do main ou de uma variável externa:

```
main (arc, arv, envp)
extern char **environ
```

Criação de um Processo

```
id = fork()
```

A função não tem parâmetros, em particular o ficheiro a executar. A imagem do novo processo é uma cópia da do criador.

O contexto do processo pai é copiado para o filho

A função retorna o PID do processo.

Este parâmetro assume valores diferentes consoante o processo em que se efectua o retorno:

- ao processo pai é devolvido o "pid" do filho
- ao processo filho é devolvido 0
- -1 em caso de erro

Retorno de uma função com valores diferentes → não existente na programação sequencial

Exemplo de fork

```
main() {
    int pid;

    pid = fork();
    if (pid == 0) {
        /* código do processo filho */
    } else {
        /* código do processo pai */
    }

    /* instruções seguintes */
}
```

Terminação do Processo

- Termina o processo, liberta todos os recursos detidos pelo processo, ex.: os ficheiros abertos
- Assinala ao processo pai a terminação

```
void exit (int status)
```

Status é um parâmetro que permite passar ao processo pai o estado em que o processo terminou.

Normalmente um valor negativo indica um erro

Terminação do Processo

- Em Unix existe uma função para o processo pai se sincronizar com a terminação de um processo filho
- Bloqueia o processo pai até que um dos filhos termine

```
int wait (int *status)
```

Retorna o pid do processo terminado. O processo pai pode ter vários filhos sendo desbloqueado quando um terminar

Devolve o estado de terminação do processo filho que foi atribuído no parâmetro da função exit

Exemplo de Sincronização entre o Processo Pai e o Processo Filho

```
main () {
    int pid, estado;

    pid = fork ();
    if (pid == 0) {
        /* algoritmo do processo filho  */
        exit(0);
    } else {
        /* o processo pai bloqueia-se à espera da
           terminação do processo filho  */
        pid = wait (&estado);
    }
}
```


Execução de um Programa

```
int execl(char* ficheiro, arg0, argl,…, argn,0)

int execv(char* ficheiro, *argv [])
```

Caminho de acesso ao ficheiro executável

Argumentos para o novo programa. Podem ser passado como apontadores individuais ou como um array de apontadores. Estas parâmetros são passados para a função main do novo programa e acessíveis através do argv

Exemplo de Exec

```
main ()
{
    int pid;

    pid = fork ();
    if (pid == 0) {
        execl ("/bin/who", "who", 0);
        /* controlo deveria ser transferido para o novo
             programa  */
        printf ("Erro no execl\n");
        exit (-1);
    } else {
        /* algoritmo do proc. pai */
    }
}
```

Por convenção o arg0 é o nome do programa

Shell

- O shell constitui um bom exemplo da utilização de fork e exec (*esqueleto muito simplificado*)

```
while (TRUE){
    prompt();
    read_command (command, params);

    pid = fork ();
    if (pid < 0) {
        printf ("Unable to fork"):
         continue;
    }
    if (pid !=0) {
        wait(&status)
    } else{
        execv (command, params):
    }
}
```

Autenticação

- Um processo tem associados dois identificadores que são atribuídos quando o utilizador efectua o login (se autentica) perante o sistema:
  - o número de utilizador UID - *user identification*
  - o número de grupo GID - *group identification*
- Os UID e GID são obtidos do ficheiro **`/etc/passwd`** no momento do *login*
- O UID e o GID são herdados pelos processos filhos
- *superuser* é um UID especial – zero. Normalmente está associado ao utilizador root (privilegiado).

Protecção no Acesso aos Recursos

- A protecção dos recursos em Unix é uma versão simplificada do modelo de Listas de Controlo de Acesso (ACL)
- Para um recurso (ficheiro, socket, etc.) a protecção é definida em três categorias:
  - Dono (*owner*): utilizador que normalmente criou o recurso
  - Grupo (*group*): conjunto de utilizadores com afinidades de trabalho que justificam direitos semelhantes
  - Restantes utilizadores (*world*)

SetUID

- Mecanismo de Set UID (SUID) – permite alterar dinamicamente o utilizador
- Duas variantes: bit de setuid, ou função sistema setuid

Bit SetUID

- No ficheiro executável pode existir uma indicação especial que na execução do exec provoca a alteração do uid
- O processo assume a identidade do dono do ficheiro durante a execução do programa.
- Exemplo: comando **`passwd`**
- Operação crítica para a segurança

Funções Sistema de identificação

- *Real UID e GID* – UID e GID originais do processo
- *Effective UID e GID* – usado para verificar permissões de acesso e que pode ter sido modificado pelo setuid

`getpid()` - devolve a identificação do processo

`getuid()`, `getgid()`

devolvem a identificação real do utilizador

`geteuid()`, `getegid()`

devolvem a identificação efectiva do utilizador

`setuid(uid)`, `setgid(gid)`

altera a identificação efectiva do utilizador para uid e gid

só pode ser invocada por processos com privilégio de superutilizador

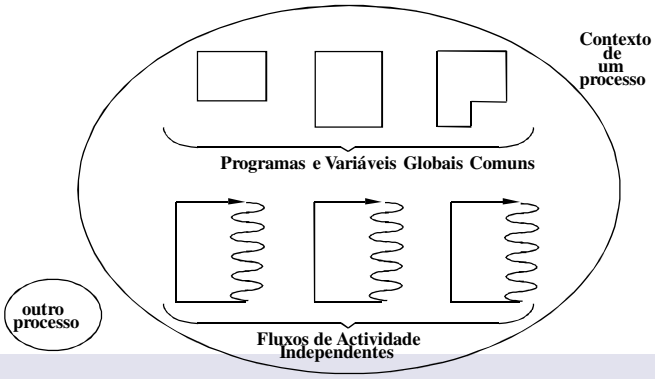
Departamento de Engenharia Informática

Tarefas (Threads)

Múltiplos fluxos de execução no mesmo processo

Tarefas

- Mecanismo simples para criar fluxos de execução independentes, partilhando um contexto comum



Tarefas vs. Processos

- Porque não usar processos?
  - Processos obrigam ao isolamento (espaços de endereçamentos disjuntos) → dificuldade em partilhar dados (mas não impossível… exemplos?)
  - Eficiência na criação e comutação

Tarefas: Exemplos de Utilização

- Servidor (e.g., web)
- Aplicação cliente de correio electrónico
- Quais as tarefas em cada caso?

Modelos Multitarefa no Modelo Computacional

- Operações sobre as Tarefas

```
IdTarefa = CriarTarefa(procedimento);
```

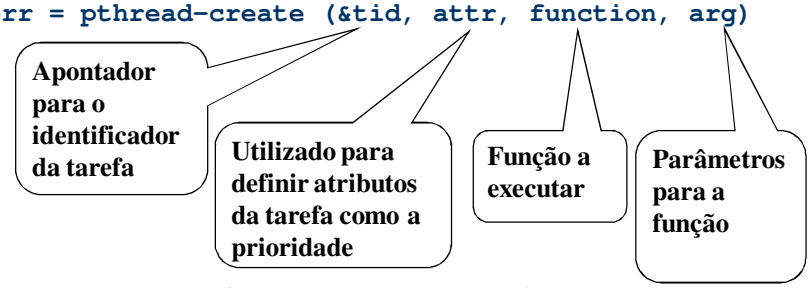
A tarefa começa a executar o procedimento dado como parâmetro e que faz parte do programa previamente carregado em memória

```
EliminarTarefa (IdTarefa);
EsperaTarefa (IdTarefa)
```

Bloqueia a tarefa à espera da terminação de outra tarefa ou da tarefa referenciada no parâmetro Idtarefa

Interface POSIX

```
err = pthread-create (&tid, attr, function, arg)
```




```
pthread_exit(void *value_ptr)
```

```
int pthread_join(pthread_t thread, void **value_ptr)
```

- se a tarefa alvo não terminou a tarefa continua, senão bloqueia-se

Exemplo (sequencial)

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>
#define N 5
#define TAMANHO 10

int buffer [N] [TAMANHO];
int nsomas;

void *soma_linha (int *linha) {
  int c, soma=0;
  int *b = linha;
  for (c = 0; c < TAMANHO - 1; c++) {
    soma += b[c];
    nsomas++;
  }

  b[c]=soma; /* soma->ult.col.*/
  return NULL;
}
```

```
int main (void) {
  int i,j;

  for (i=0; i<N; i++){
    for (j=0; j< TAMANHO - 1; j++)
      buffer[i] [j] =rand()%10;
  }

 for (i=0; i< N; i++)
   soma_linha(buffer[i]);


 imprimeResultados(buffer);

exit(0);
}
```

Exemplo (paralelo)

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>
#define N 5
#define TAMANHO 10

int buffer [N] [TAMANHO];
int nsomas;

void *soma_linha (int *linha) {
  int c, soma=0;
  int *b = linha;
  for (c = 0; c < TAMANHO - 1; c++) {
    soma += b[c];
    nsomas++;
  }

  b[c]=soma; /* soma->ult.col.*/
  return NULL;
}
```


Exemplo (paralelo)

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <unistd.h>
#include <pthread.h>
#define N 5
#define TAMANHO 10

int buffer [N] [TAMANHO];
int nsomas;

void *soma_linha (int *linha) {
  int c, soma=0;
  int *b = linha;
  for (c = 0; c < TAMANHO - 1; c++) {
    soma += b[c];
    nsomas++;
  }

  b[c]=soma; /* soma->ult.col.*/
  return NULL;
}
```

```
int main (void) {
  int i,j;
  pthread_t tid[N];

  /* inicializa buffer … */

 for (i=0; i< N; i++){
   if(pthread_create (&tid[i], 0,soma_linha,
                      (void *) buffer[i])== 0) {
      printf ("Criada a tarefa %d\n", tid[i]);
   }
   else {
     printf("Erro na criação da tarefa\n");
     exit(1);
   }
 }

 for (i=0; i<N; i++){
   pthread_join (tid[i], NULL);
 }
 printf ("Terminaram todas as threads\n");

 imprimeResultados(buffer);

 exit(0);
}
```

Programação num ambiente multitarefa

- As tarefas partilham o mesmo espaço de endereçamento e portanto têm acesso às mesmas variáveis globais.
- A modificação e teste das variáveis globais tem de ser efectuada com precauções especiais para evitar erros de sincronização.
- Veremos no cap. 4 a forma de resolver estes problema com objectos de sincronização.

Alternativas de Implementação

- Tarefas-núcleo
- Tarefas-utilizador (pseudotarefas)
  - Projecto da cadeira

Pseudotarefas (Tarefas-Utilizador)

- As tarefas implementadas numa biblioteca de funções no espaço de endereçamento do utilizador.
- Ideia proveniente das linguagens de programação.
- Núcleo apenas "vê" um processo.
- Processo guarda lista de tarefas, respectivo contexto

Departamento de Engenharia Informática

Pseudotarefas (Tarefas-Utilizador)

- A comutação entre tarefas explícita → função **`thread_yield`**
  - Pode ser contornado usando interrupções ("preempção")
- Problema: e se uma tarefa faz chamada bloqueante?
- Solução?

Tarefas-Núcleo (ou Tarefas Reais)

- Implementadas no núcleo do SO
  - Mais comuns
- Lista de tarefas e respectivo contexto são mantidos pelo núcleo

Comparação Tarefas Utilizador e Núcleo

1. Capacidade de utilização em diferentes SOs?
2. Velocidade de criação e comutação? (vs. processos?)
3. Tirar partido de execução paralela em multiprocessadores?
4. Aproveitamento do CPU quando uma tarefa bloqueia (ex: ler do disco)?

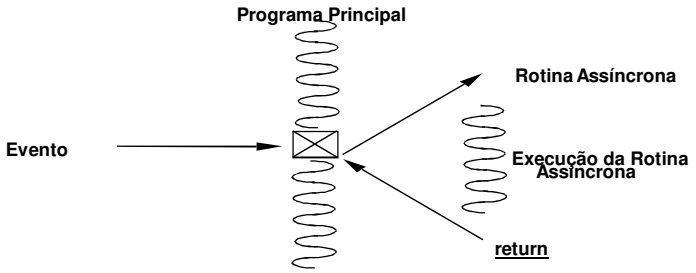
Eventos

Rotinas Assíncronas para Tratamento de acontecimentos assíncronos e excepções

Rotinas Assíncronas

- Certos acontecimentos devem ser tratados pelas aplicações, embora não seja possível prever a sua ocorrência
  - Ex: Ctrl-C
  - Ex: Acção desencadeada por um timeout
- Como tratá-los na programação sequencial?
- Poder-se-ia lançar uma tarefa por acontecimento. Desvantagem?
- Alternativa: Rotinas assíncronas associadas aos acontecimentos (**eventos**)

Modelo de Eventos



- Semelhante a outro conceito...

Rotinas Assíncronas

```
RotinaAssincrona (Evento,Procedimento)
```

Tem de existir uma tabela com os eventos que o sistema pode tratar

Identificação do procedimento a executar assincronamente quando se manifesta o evento.

Signals – Acontecimentos Assíncronos em Unix

Signal	Causa
SIGALRM	O relógio expirou
SIGFPE	Divisão por zero
SIGINT	O utilizador carregou na tecla para interromper (normalmente o CNTL-C
SIGQUIT	O utilizador quer terminar o processo e provoca
SIGKILL	Signal para terminar o processo. Não pode ser tratado
SIGPIPE	O processo escreveu para um pipe que não tem receptores
SIGSEGV	Acesso a uma posição de memória inválida
SIGTERM	O utilizador pretende terminar ordeiramente o proc
SIGUSR1	Definido pelo utilizador
SIGUSR1	Definido pelo utilizador

Excepção

Interacção com o terminal

Desencadeado por interrupção HW

Explicitamente desencadeado por outro processo

- Definidos em **`signal.h`**

Tratamento dos Signals

3 Possibilidades:

- Terminar o processo.
- Ignorar signal.
  - Alguns signals como o SIGKILL não podem ser ignorados. Porquê?
- Correr rotina de tratamento (handler)
  - Associamos rotina de tratamento a signal pela função sistema **`signal`**

Cada signal tem um tratamento por omissão, que pode ser terminar ou ignorar

Chamada Sistema "Signal"

```
void (*signal (int sig, void (*func)(int))) (int);
```

A função retorna um ponteiro para função anteriorment e associada ao signal

Identificador do signal para o qual se pretende definir um handler

Ponteiro para a função ou macro especificando:
- SIG_DFL – acção por omissão
- SIG_IGN – ignorar o signal

Parâmetro para a função de tratamento

Exemplo do tratamento de um Signal

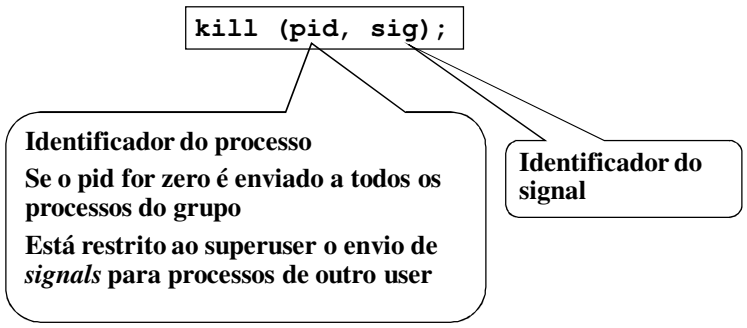
```
#include <stdio.h>
#include <signal.h>

apanhaCTRLC () {
   char ch;
   printf ("Quer de facto terminar a execucao?\n");
   ch = getchar();
   if (ch == 's') exit(0);
   else {
      printf ("Entao vamos continuar\n");
      signal (SIGINT, apanhaCTRLC);
   }
}

main () {
   signal (SIGINT, apanhaCTRLC);
   printf("Associou uma rotina ao signal SIGINT\n");
   for (;;)
     sleep (10);
}
```

Chamada Sistema Kill

- Envia um signal ao processo
- Nome enganador. Porquê?



Outras funções associadas aos signals

- **`unsigned alarm (unsigned int segundos);`**
  - o *signal* SIGALRM é enviado para o processo depois de decorrerem o número de segundos especificados. Se o argumento for zero, o envio é cancelado.
- **`pause();`**
  - aguarda a chegada de um *signal*
- **`unsigned sleep (unsigned int segundos);`**
  - A função faz um alarm e bloqueia-se à espera do signal