PROCESSOS e *THREADS*

- Conceito de processo
- Estados de um processo
- Transições de estado
- Descrição de processos
- Estruturas de controlo de processos
- Operações sobre processos
- *Threads*

Noção de Processo

Processo
- programa em execução

Processo ≠ Programa
- programa - entidade passiva (conteúdo de um ficheiro)
  processo - entidade activa

Um processo engloba
- código + dados
- conteúdo do *program counter*, registos, *stack*, ...
- recursos

Programas e Processos

Um programa torna-se num processo através de um procedimento de carregamento (*loading*).

O ficheiro contendo o programa compilado é lido e a memória do novo processo é inicializada com o conteúdo do ficheiro
- **código do programa**
- **dados inicializados.**

O S.O. cria um novo Bloco de Controlo de Processo (*PCB - Process Control Block*)
- estrutura de dados contendo informação acerca do processo.

O processo inicia a execução no ponto de partida do programa quando o S.O. o despachar para execução.

Multiprogramação

Execução sequencial de programas ⇒
- **desperdício de recursos**
  - » **as operações de I/O são muito mais lentas do que a execução de instruções por parte da *CPU***

Solução:
- **interlaçar os cálculos com a *I/O* para aumentar a eficiência**
  - execução concorrente (multiprogramação)

Multiprogramação:
- **técnica que sobrepõe operações de I/O e de cálculo de diversos processos em execução.**

Multiprogramação

A ideia básica é permitir que múltiplos processos residam em memória ao mesmo tempo e

- **quando um processo bloqueia à espera de uma operação de *I/O* a *CPU* executa outro processo;**
- **quando este bloqueia, a *CPU* executa um 3º processo, …etc…**
- **quando a operação de *I/O*, de que o 1º processo estava à espera, termina, o S.O. marca o processo que estava bloqueado como pronto a executar.**

O processo pode ser obrigado a ceder a *CPU* antes de bloquear.

Multiprogramação sem preempção
- **Os processos decidem quando devem ceder a *CPU*.**

Multiprogramação com preempção
- **O S.O. decide quando um processo deve ceder a *CPU*.**

Uniprogramação

O S.O. permite
- **só um processo em execução**
- **só um processo algures entre o início e o fim de execução**

Multiprogramação

O S.O. permite
- **só um processo em execução**
- **múltiplos processos algures entre o início e o fim de execução**

Multiprocessamento

O S.O. (e o *hardware*) permite
- **múltiplos processos em execução**
- **múltiplos processos algures entre o início e o fim de execução.**

Exercício

Programa A	Programa B	Programa C
100 instrucões	ler 1 sector	1000 instrucões
escrever 1 sector	100 instrucões	escrever 1 sector
100 instrucões	escrever 1 sector	

Ler/Escrever 1 sector = 0.0020 segundos
executar 100 instrucões = 0.0001 segundos

Com uniprogramação e multiprogramação

- **Quanto tempo leva a executar cada programa ?**
  (considerar uma chegada quase simultânea pela ordem A,B,C)
- **Quanto tempo é que a *CPU* está inactiva ?**

Dificuldades da multiprogramação

- **Necessidade de proteger os recursos atribuídos a cada processo, nomeadamente, proteger e controlar o acesso a:**
  - **áreas de memória**
  - **certas instruções do processador**
  - **periféricos de *I/O***
- **Isto requer que o *hardware* possua certas características especiais, por exemplo**
  - **dois modos de funcionamento (utilizador e supervisor)**
  - **registos especiais usados na protecção de memória**
- **Necessidade de comunicação e sincronização entre processos interdependentes.**

Funções de administração de processos num S.O.

- **Criação e remoção de processos.**
- **Interlaçamento da execução dos processos e controlo do seu progresso garantindo o avanço da sua execução pelo sistema.**
- **Actuação por ocasião da ocorrência de situações excepcionais (erros aritméticos, ...).**
- **Alocação dos recursos de *hardware* aos processos.**
- **Fornecimento dos meios de comunicação de mensagens e sinais entre os processos.**

Processos e *Threads*

Um processo tem duas características
- **posse de recursos**
  - » **Ficheiros, memória, ... detidos pelo processo**
- **uma sequência / *thread* de execução**
  - » **Informação sobre o que é e onde está o processo (*PC*, *PSW* e outros registos)**

Os S.O.'s modernos usam o conceito de *thread* ou *lightweight process* (LWP).

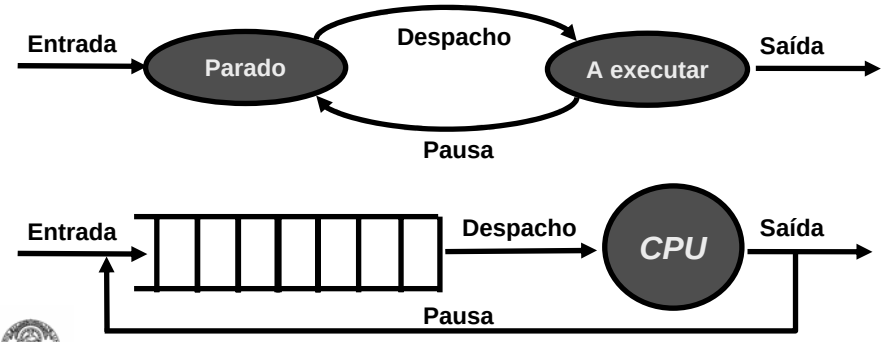
Processo / tarefa → posse de recursos
***Thread* / *LWP* → sequência de execução**

Múltiplas *threads* podem estar associadas a um processo.

Estados de um processo

À medida que um processo executa, muda de estado.

Modelo de 2 estados



Estados de um processo

Alguma informação que é necessário guardar:

- **estado actual do processo**
- **sua posição na memória**
- **lista de processos à espera de execução**

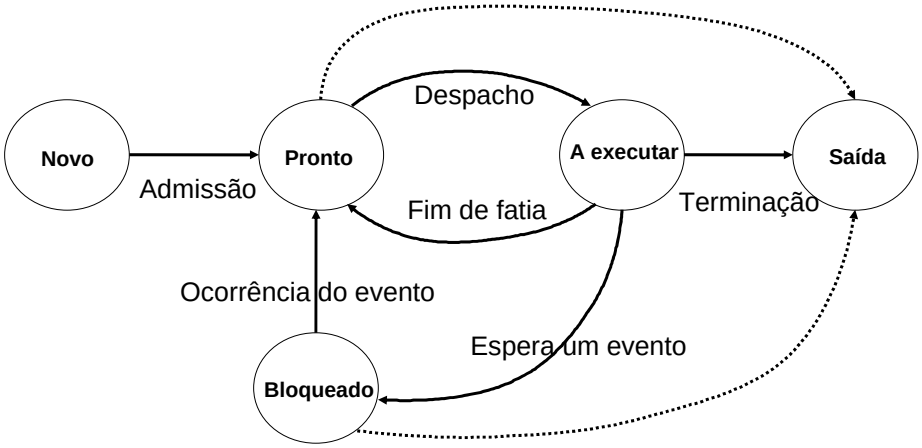
A lista de processos à espera de execução pode conter 2 tipos de processos:

- **processos prontos a correr**
- **processos bloqueados (à espera de *I/O*)**

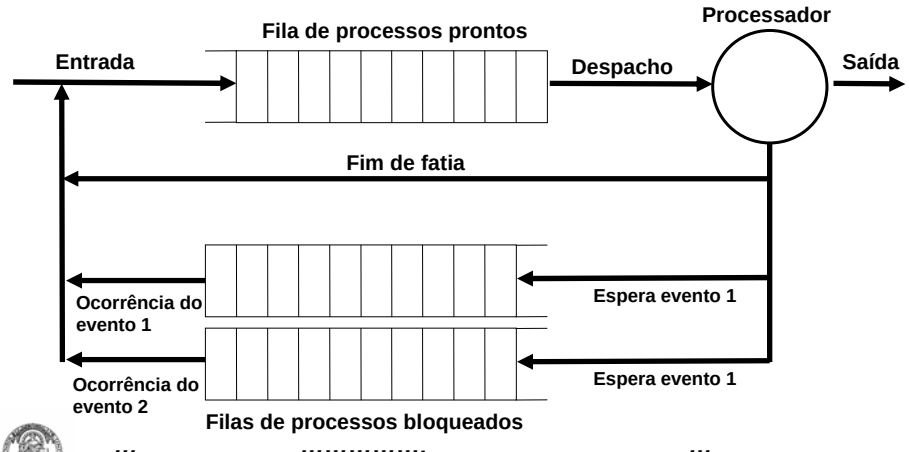
Surge assim o modelo de 5 estados.

Poderá existir
uma fila de processos prontos e uma fila de processos bloqueados
ou mesmo
uma fila de processos prontos por cada nível de prioridade
e uma fila de processos bloqueados por cada evento (dispositivo).

Modelo de 5 estados



Modelo de 5 estados



Modelo de 5 estados

Estados:

- **Novo**
  - » **o processo acaba de ser definido,mas ainda não está em execução**
- **Pronto**
  - » **o processo está à espera que lhe seja atribuída a *CPU***
- **A executar**
  - » **as instruçõers estão a ser executadas**
- **Bloqueado**
  - » **o processo está à espera da ocorrência de um acontecimento**
- **Terminado**
  - » **o processo terminou a execução (normalmente ou abortou)**

Modelo de 5 estados

Transições de estado:

- **Novo → Pronto**
  - » **q.do um processo é criado e inicializado**
- **Pronto → A Executar**
  - » **q.do a um processo é atribuída a *CPU***
- **A Executar → Pronto**
  - » **q.do uma fatia de tempo expira**
    (multiprogramação com preempção)
- **A Executar → Bloqueado**
  - » **q.do um processo bloqueia à espera de um acontecimento**
    (operação de *I/O*, acesso a ficheiro, serviço do S.O. ,
    comunicação c/outro processo, …)
- **A Executar → Terminado**
  - » **q.do um processo termina a execução**
- **Bloqueado → Pronto**
  - » **q.do o acontecimento ocorre**
- **Pronto, Bloqueado → Terminado**
  - » **q.do o processo é forçado a terminar por outro processo**

Estados de um processo

Num sistema sem memória virtual

- **cada processo a executar tem de estar totalmente carregado em memória principal**
- **todos os processos, de todas as filas de espera, têm de estar em memória principal**

Problema

- **como o processador é muito mais rápido que a *I/O* será comum acontecer que todos os processos em memória estejam à espera de *I/O*.**

Solução

- ***Swapping* - deslocar parte de (/ todo) um processo para o disco.**

Swapping

Quando nenhum dos processos em mem. principal está pronto o S.O. desloca um dos processos bloqueados para o disco e coloca-o numa fila de processos suspensos (modelo de 6 estados).

A activação do processo (Suspenso → Pronto) só deve ser feita quando acontecer o evento que deu origem a que o processo fosse suspenso
⇒ preferível dividir o estado Suspenso em 2 estados: Bloqueado Suspenso e Pronto Suspenso

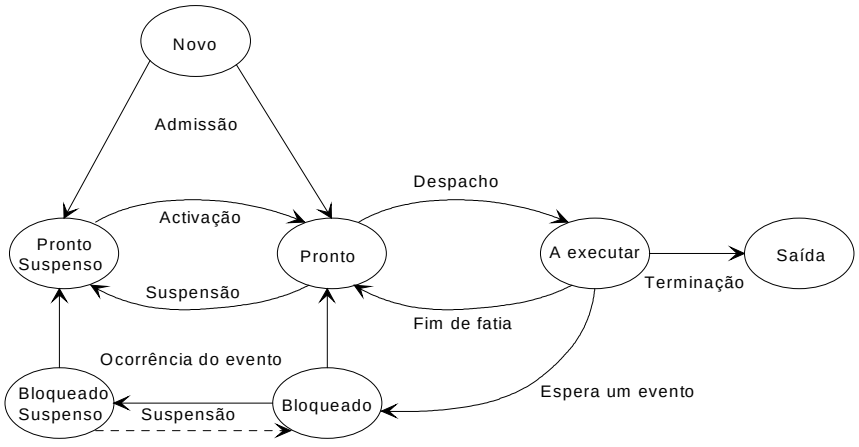
(modelo de 7 estados)

Processos suspensos

Razões para a suspensão de um processo:

- ***swapping***
- **pedido interactivo do utilizador**
- **pedido do processo-pai**
- **temporização**
  (ex.: processo executado periodicamente)
- **outra razão do S.O.**
  (ex.: processo que corre em *background*)

Modelo de 7 estados



Modelo de 7 estados

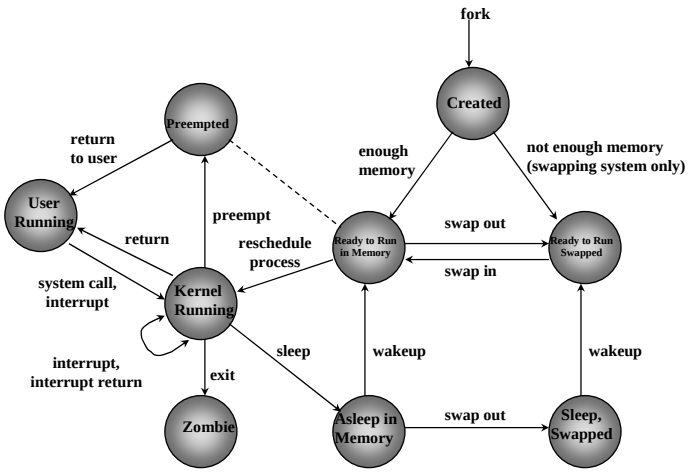
Transições de estado (algumas notas):

- **Pronto → Pronto Suspenso**
  - » em geral será pouco comum;
  - » será preferível suspender um processo bloqueado;
  - » mas pode acontecer p/libertar memória.
- **Bloqueado Suspenso → Bloqueado**
  - » q.do o processo BS tem maior prioridade do que qualquer um dos que está no estado Pronto Suspenso e o SO presume que o motivo do bloqueio desaparecerá em breve
- **A Executar → Pronto, Suspenso**
  - » o S.O. recorre à preempção (retirar a *CPU*) de um processo quando um processo de prioridade mais elevada fica Pronto.
- **Podem acontecer várias transições de diversos estados para Terminação.**

Preempção

- **acto de retirar o processador a um processo sem ser por ele estar bloqueado ou ter terminado.**

Estados dos Processos no UNIX System V



Estados dos Processos no UNIX System V

- 9 estados
- 2 estados "A Executar"
  - modo núcleo / supervisor
    - » como resultado de :
      - chamada ao sistema
      - interrupção do relógio
      - interrupção de *I/O*
  - modo utilizador
- Os estados *Ready to Run in Memory* e *Preempted* são essencialmente o mesmo. Existe uma única fila de espera para ambos.
- A transição *sleep* corresponde a bloqueamento
- A preempção só pode ocorrer na ocasião em que um processo que está a executar em modo supervisor (*kernel running*) vai passar a executar em modo utilizador (*user running).*

Estados dos Processos no UNIX System V

Estado *asleep*

- O processo está à espera de um determinado acontecimento (operação de *I/O*, à espera num semáforo, ...)

Estado *zombie*

- Um processo que termina não pode deixar o sistema até que o seu processo-pai aceite o seu código de retorno.
- Se o processo-pai estiver "vivo" mas nunca executar um *wait( )* o código de retorno do processo-filho nunca será aceite e este ficará *zombie*.
- Um processo *zombie* não tem código, nem dados, nem *stack*, mas continua a constar da tabela de processos.

Descrição de Processos

Para gerir e controlar os processos o S.O. deve saber:

- **onde cada processo está colocado**
  - » **bloco contíguo de memória ou**
  - » **blocos separados (paginação, segmentação) podendo alguns não estar em memória (mem. virtual)**
- **os atributos do processo**

O S.O. mantém uma tabela, a tabela de processos, com uma entrada por cada processo, contendo toda a informação relevante para a gestão dos processos.

A informação relativa a cada processo é mantida no respectivo Bloco de Controlo do Processo.

Os processos da tabela de processos poderão estar organizados em várias listas consoante o seu estado (pronto, a executar, ...).

Bloco de Controlo do Processo (*Process Control Block - PCB*)

Estrutura de dados contendo informação associada ao processo.

É no PCB que é guardado o estado de um processo por ocasião da comutação de processos.

Inclui

- **identificação do processo (=*Process ID* / *PID*, do processo, do pai)**
- **estado do processo (pronto, bloqueado, suspenso, ...)**
- **registos do processo (*program counter*, flags, registos da *CPU*, ...)**
- **informação de escalonamento da *CPU* (prioridade, ...)**
- **informação de gestão da memória (lim.s da zona de memória,...)**
- **informação de contabilidade (tempo de *CPU* gasto,...)**
- **informação de estado da *I/O* (fich.s abertos, operaç.s pendentes, ...)**

Estruturas de controlo do S.O.

Outras estruturas de dados necessárias para a gestão dos processos:

Tabelas de memória
- **alocação da memória principal e secundária**
- **protecções de acesso**
- **informação para a gestão de memória virtual**

Tabelas de *I/O*
- **estado das operações de *I/O***
- **localização dos dados de origem e de destino**

Tabelas de ficheiros
- **ficheiros existentes**
- **posição em memória secundária**
- **estado actual**
- **outros atributos**

Gestão de processos

Operações típicas do núcleo *(kernel):*
- **criação e terminação de processos**
- **escalonamento e despacho**
  - » ***scheduller* - implementa a política global de gestão da *CPU* (selecciona o próximo processo a executar)**
  - » ***dispatcher* - dá o controlo da *CPU* ao processo seleccionado ⇒**
    - **comutar de contexto**
    - **comutar para modo utilizador**
    - **saltar para o endereço adequado do programa**
- **sincronização e suporte para intercomunicação entre processos**
- **gestão dos *PCB*'s**

Criação e Terminação de processos

Criação de um processo (estado Novo)

- O sistema operativo
  - » cria as estruturas de dados necessárias p/gerir o processo
  - » aloca o espaço de endereçamento a ser usado pelo processo

Terminação de um processo

- O processo é retirado em 2 etapas
  - » 1 – É-lhe retirado o processador (normalmente ou abortou).
  - » 2 – A informação associada ao processo é apagada
    - Esta informação é mantida no sistema depois de o processador lhe ter sido retirado para que outros processos possam extrair informação relativa ao processo que acabou (ex.: tempo de *CPU*, recursos usados)

Criação e Terminação de processos

Razões para a criação de processos:

- novo "batch job"
- "log on" interactivo
- criado pelo SO p/fornecer um serviço (ex: impressão)
- criado por outro processo

Razões para a terminação de um processo (*):

- completação normal
- tempo limite excedido
- memória indisponível
- violação dos limites de memória
- erro de protecção
- erro aritmético
- tempo de espera excedido
- falha de *I/O*
- instrução inválida
- instrução priveligiada
- intervenção do operador ou do SO
- terminação do processo-pai
- pedido do processo-pai
- ...

(*) - algumas podem não ser aplicáveis em alguns S.O.'s

Criação de um processo

Etapas:

- **Atribuir um identificador ao processo**
- **Reservar espaço para o processo**
  - » **para todos os elementos da imagem do processo**
    - **programa + dados + *stack* + *PCB***
- **Inicializar o *PCB***
- **Colocar o processo na lista de processos Prontos**
- **Criar / actualizar outras estruturas de dados (ex.: dados de contabilidade do sistema)**

Comutação de Contexto

Sempre que um processo bloqueia e outro processo passa a ser executado ocorre uma comutação de contexto:

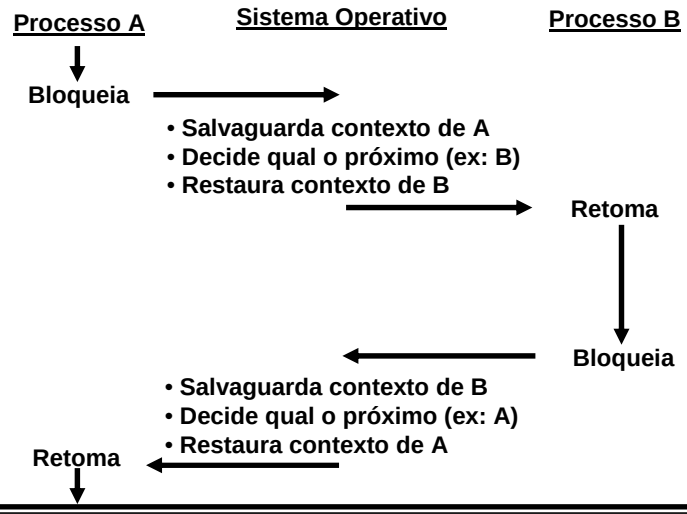
- **salvaguarda do estado actual do processo (registos, …)**
- **restauro do estado, previamente guardado, do próximo processo a executar**
- **passagem do controlo do processador para o novo processo**

Comutação de contexto ⇒ perda de tempo

Redução do tempo de comutação de contexto

- **máquinas onde existe mais do que um conjunto de registos;**
- **utilização de *threads.***

Comutação de contexto



Criação de processos em UNIX

fork( ) **cria um novo processo (processo-filho)**
que obtém uma cópia de toda a memória do processo-pai
e partilha os ficheiros que o processo-pai estiver a usar.

Os 2 processos (pai e filho) executam concorrentemente.

Não é carregado nenhum programa novo.
Os 2 processos correm o mesmo programa.
O processo divide-se em 2 cópias, ambas resultantes da chamada a *fork( )*, com todo o estado anterior em comum.

Existe um conjunto de chamadas *exec( )*,
(de facto *execXX( )*, em que *XX* depende da chamada)
para fazer o carregamento de um programa novo.
O código do programa que invocar *exec()* é substituído pelo código do programa que for indicado como argumento de *exec()*.

(ver apontamentos sobre API do UNIX)

Criação de processos em UNIX (cont.)

fork( ) **cria simultaneamente**
- **um novo processo**
- **um novo espaço de endereçamento**

Espaço de endereçamento
- **a memória em que um processo é executado**

É possível distinguir o processo-pai do processo-filho testando o valor retornado por *fork( )*:

= 0 ⇒ é o processo-filho
> 0 ⇒ é o processo-pai e
o valor retornado é o identificador do filho

= -1 ⇒ a chamada falhou

Criação de processos em UNIX (cont.)

EXEMPLO:

```
main()
{
  int pid;
  if ((pid = fork())==-1)
    return(-1);
  else
   if (pid==0)
    {
      printf("Eu sou o filho !\n");
      exit(1);
    }
  printf("Eu sou o pai\n");
}
```

Qual o resultado deste programa ?

E se a instrução `exit(1)` **fosse retirada ?**

Criação de processos em UNIX (cont.)

EXERCÍCIO: Qual o resultado do seguinte programa ?

```
 main()
{ printf("1\n");
  printf("2\n");
  fork();
  printf("3\n");
  printf("4\n");
}
```

Resposta:

Tanto pode ser →	como →
1	1
2	2
3	3
4	3
3	4
4	4

Tudo depende de como a sequência dos 2 programas for interlaçada, devido à multiprogramação.

Criação de processos em UNIX (cont.)

Para criar um novo processo, executando um programa diferente usa-se uma função *execXX( )*.

Uma função *execXX( )* é uma chamada à biblioteca do C que por sua vez chama uma rotina de sistema, *execve( )*.

EXEMPLO:

```
...
switch (pid=fork()) {
 case 0  : /* Este é o filho */
           execl("/bin/ls","ls","-l",NULL);
           /* se chegar aqui, o exec falhou */
           exit(1);
 case -1 : /* o fork() falhou */
           exit(2);
 default : /* Este é o pai */
           /* executa concorrentemente com o filho */
           ...
}
...
```

Threads

Um(a) *thread* é
um processo "leve" (*Lightweight Process),*
com um estado reduzido.

A redução de estado é conseguida
fazendo com que um grupo de *threads* (do mesmo processo)
partilhe recursos como memória, ficheiros, dispositivos de *I/O*, …

Nos sistemas baseados em *threads*,

- **um processo pode ter vários *threads;***
- **os *threads* tomam o lugar dos processos como a mais pequena unidade de escalonamento ;**
- **se a implementação for *kernel-level* enquanto um *thread* está bloqueado, outro pode estar a executar**
- **o processo serve como o ambiente p/ a execução dos *threads.***

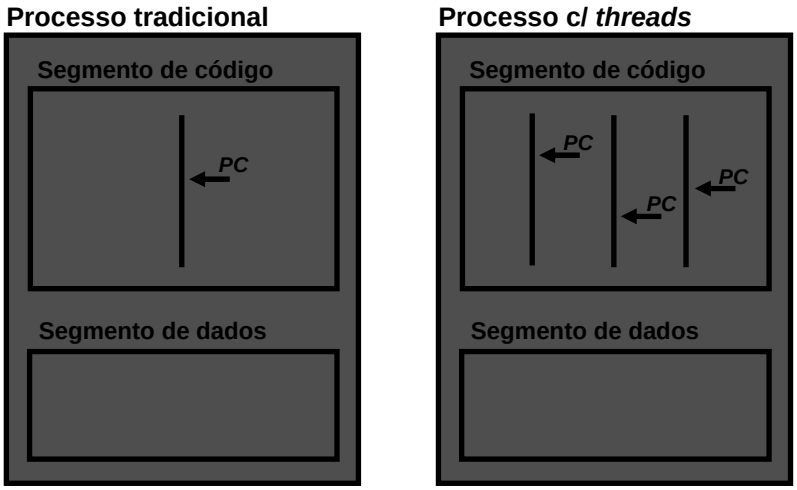
Threads

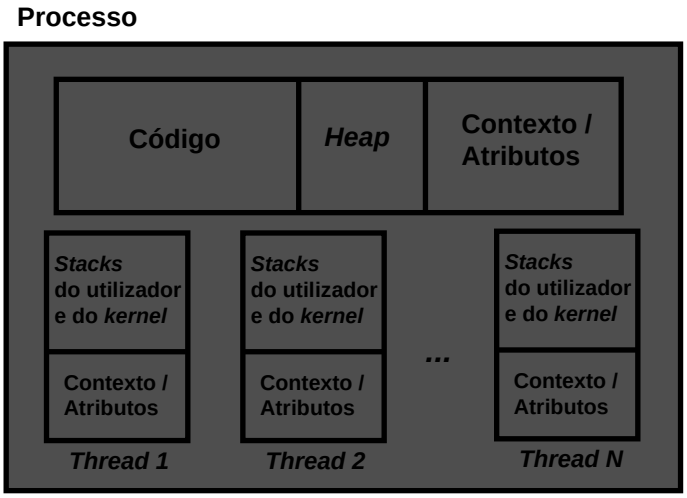
Processo tradicional (*Heavyweight Process*)
⇔ processo c/um único *thread.*

Um *thread* partilha c/ os outros *threads* do mesmo processo:

- **a secção de código**
- **a secção de dados**
- **os recursos do S.O.**

⇒ a comutação entre *threads* do mesmo processo
é muito menos pesada
do que entre processos tradicionais


Processo tradicional
Segmento de código
PC
Segmento de dados
Processo c/ threads
Segmento de código
PC
PC
PC
Segmento de dados


Processo
Código
Heap
Contexto / Atributos
Stacks do utilizador e do kernel
Contexto / Atributos
Thread 1
Stacks do utilizador e do kernel
Contexto / Atributos
Thread 2
...
Stacks do utilizador e do kernel
Contexto / Atributos
Thread N

Processos Tradicionais *vs. Threads*

Threads

Semelhanças c/ os processos

- **têm um estado (pronto, a executar, bloqueado, …)**
- **partilham a *CPU* entre si**
  (em cada instante apenas um *thread* está a executar, num sistema uniprocessador)
- **cada *thread* de um processo executa sequencialmente**
- **cada *thread* tem associado**
  - » **um *program counter***
  - » **um *stack pointer***
  - » **um *Thread Control Block***
    (c/ conteúdo dos registos da *CPU*, estado do *thread*, prioridade,…)
- **um *thread* pode criar *threads*-filho**

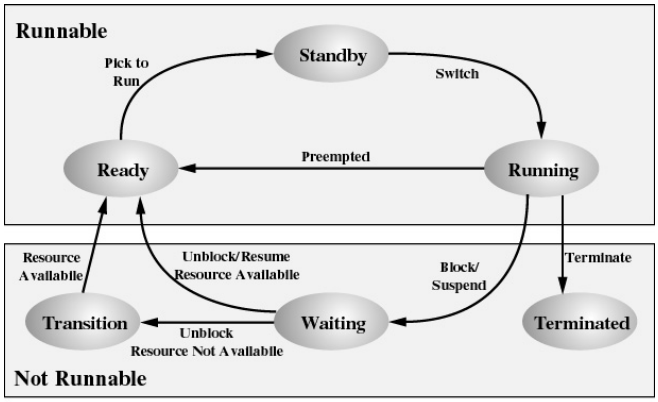
Processos Tradicionais *vs. Threads*

Threads

Algumas características importantes:

- **Não existe protecção entre *threads* do mesmo processo**
  - » **desnecessária (!) ;**
    os *threads* são concebidos para cooperarem numa tarefa comum
- **Qualquer alteração das variáveis globais de um processo é visível em todos os seus *threads***
  - » **Em alguns SOs é possível um *thread* criar variáveis globais cujo conteúdo depende do *thread* que refere essa variável*;***
    estas variáveis não são acedidas directamente,
    mas através de chamadas a funções específicas de acesso.
    Esta facilidade é conhecida por *TLS-Thread Local Storage*.
- **Suspensão (*swapping*) de um processo ⇒ suspensão dos seus *threads***
- **Terminação de um processo ⇒ terminação dos seus *threads***

Estados dos *threads* no Windows 2000



(Stallings)

Estados dos *threads* no Windows 2000

- **Ready**
  - **o *thread* pode ser escalonado para execução**
- **Standby**
  - **o *thread* foi seleccionado p/executar a seguir;**
    espera neste estado até o processador estar disponível
    (que o *thread* a executar bloqueie ou a sua fatia de tempo expire);
    se a prioridade deste *thread* for superior à do *thread* que está a correr
    este pode sofrer preempção
- **Running**
  - **a executar até sofrer preempção, expirar a sua fatia de tempo,**
    bloquear ou terminar; nos 2 primeiros casos volta p/ o estado Ready
- **Waiting**
  - **bloqueado num evento (ex: *I/O*) ou**
  - **à espera de um acontecimento de sincronização ou**
  - **recebeu ordem de suspensão**
- **Transition**
  - **está pronto a correr mas os recursos ainda não estão disponíveis**
    (ex: a *stack* do *thread* foi colocada em disco, em consequência da paginação)
- **Terminated**
  - **terminou normalmente ou foi terminado p/outro *thread* ou o proc.-pai terminou**

Threads

Algumas vantagens de utilização:

- **Economia e velocidade**
  - » **menos tempo p/ criar, comutar e terminar**
- **Aumento da rapidez de resposta percebida pelo utilizador**
  - » **ex: um *thread* lê comandos, outro executa-os; permite ler o próximo comando enq. o anterior é executado**
- **Eficiência de comunicação**
  - » **recorrendo à memória partilhada não é necessário invocar o *kernel***
- **Utilização de arquitecturas multiprocessador**
  - » **cada *thread* pode executar em paralelo num processador diferente**

Dificuldade

- **garantir a sincronização entre os *threads* quando manipulam as mesmas variáveis**

User-level e *Kernel-level Threads*

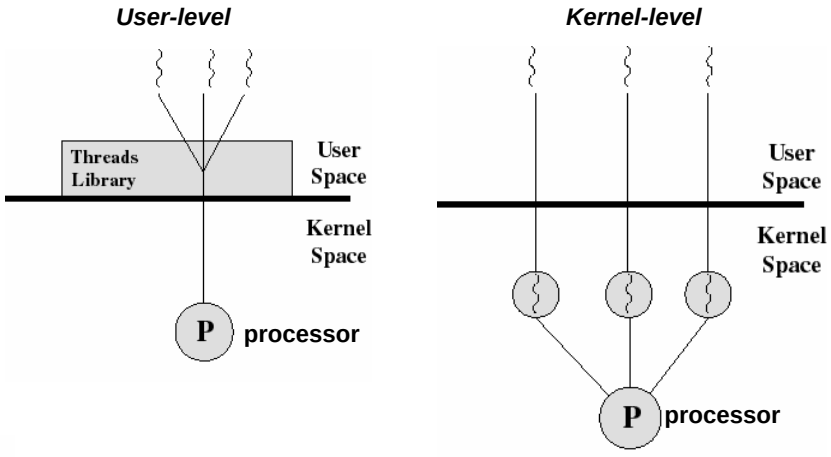
User-level threads

- **O *kernel* "não sabe" da existência de *threads*.**
- **Toda a gestão dos *threads* é feita pela aplicação usando uma biblioteca de funções apropriada.**
- **A comutação entre *threads* não requer privilégios de *kernel mode*.**
- **O escalonamento depende da aplicação.**

Kernel-level threads

- **Toda a gestão dos *threads* é feita pelo *kernel*.**
- **Não existe uma biblioteca de *threads* mas uma *API* de *threads*.**
- **A comutação entre *threads* requer a intervenção do *kernel*.**
- **O escalonamento é feito sobre os *threads*.**
- **O *kernel* mantém informação de escalonamento sobre os processos e sobre os *threads*.**

User-level e *Kernel-level Threads*



User-level Threads

Vantagens

- **A comutação entre *threads* não envolve o *Kernel*: não implica comutação para *Kernel mode*.**
- **O escalonamento pode ser específico de uma aplicação: possível escolher o algoritmo mais adequado.**
- **Podem ser usados em qualquer S.O. . Basta que se disponha de uma biblioteca adequada.**

Inconvenientes

- **Quando uma chamada ao sistema implica um bloqueio (ex:*I/O*) todos os *threads* do processo ficam bloqueados**
- **O *kernel* só pode atribuir processadores aos processos. Dois *threads* do mesmo processo não podem correr em simultâneo em dois processadores.**

Kernel-level Threads

Vantagens

- O *kernel* pode escalonar os diversos *threads* de um mesmo processo para executarem em diferentes processadores.
- O bloqueamento é feito ao nível dos *threads*.
  Quando um *thread* bloqueia, outros *threads* do mesmo processo podem continuar a executar.
- As rotinas do *kernel* podem ser *multithreaded*.

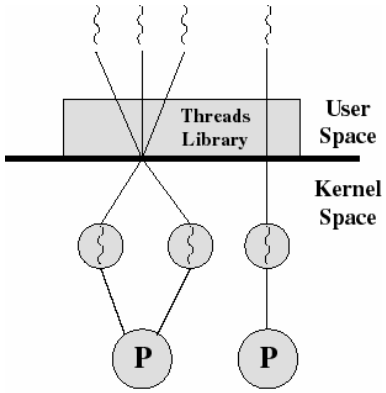
Inconvenientes

- A comutação entre *threads* do mesmo processo envolve o *kernel*.
  (2 comutações: *user mode* →*kernel mode* e *kernel mode* → *user mode*)
- Isto resulta numa comutação mais lenta.

Sistemas operativos: Windows NT/2000/XP, Linux, Solaris

Aproximação mista

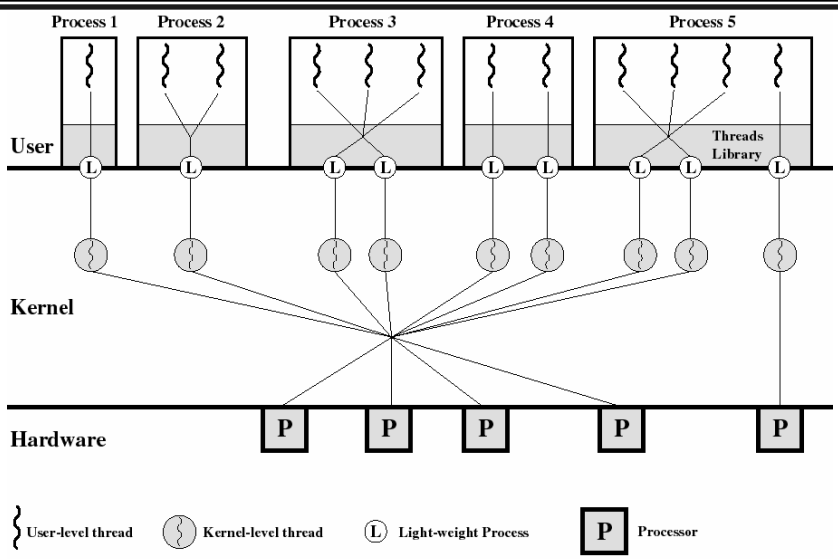
- A criação de *threads* é feita no espaço do utilizador.
- A maior parte do escalonamento e sincronização também são feitos no espaço do utilizador.
- As *User-level Threads* são mapeadas em *Kernel-level Threads* (nº de KLTs <= nº de ULTs).
- O utilizador pode ajustar o número de *Kernel-level Threads.*
- Permite combinar as vantagens de *ULT*s e *KLT*s.
- Exemplo: Solaris 2.x



Solaris 2.x

- **Um processo inclui o espaço de endereçamento do utilizador, a *stack* e o *PCB*.**
- ***User-level threads* (*threads library*)**
  - » **invisível para o S.O.**
- ***Kernel threads***
  - » **a unidade sujeita a despacho num processador**
- ***Lightweight processes* (*LWP*)**
  - » **cada *LWP* suporta um ou mais *ULT*s e mapeia-os exactamente num *KLT* (fig. seguinte).**

Solaris



Interface Pthreads (*Posix threads*)

Funções (~60) :

- **Criar e esperar por *threads***
  - **pthread_create**
  - **pthread_join**
- **Terminar *threads***
  - **pthread_cancel**
  - **pthread_exit**
  - **exit() - termina todos os *threads*;**
    return - termina o *thread* corrente
- **Determinar a ID de um *thread***
  - **pthread_self**
- **Sincronizar o acesso a variáveis partilhadas**
  - **pthread_mutex_init**
  - **pthread_mutex_lock, pthread_mutex_unlock**
  - **...**

(ver apontamentos sobre API do UNIX)

Posix *threads*

EXEMPLO (criação de um *thread*) :

```
#include <stdio.h>
#include <pthread.h>
...
char message[] = "Hello world !";

void *thread_function(void *arg) {
   printf(" Thread function is running. Argument is %s\n",(char *) arg);
   ...
   return NULL;
}

int main(void) {
   int res;
   pthread_t thread_id;


   res = pthread_create(&thread_id, NULL, thread_function, (void *) message);
   if (res != 0){ /* ERROR */ }
   ...
}
```

compilação:

```
$ cc thrprog.c -o thrprog -lpthread
```

(ver apontamentos sobre API do UNIX)

Win32 *API*

Primitivas da Win32 *API* :

- ***CreateProcess***
- ***CreateThread***
- ***SuspendThread***
- ***ResumeThread***
- ***ExitThread***
- ***TerminateThread***
- ***…***

CreateProcess( )

- **cria um novo espaço de endereçamento a partir de um ficheiro executável e cria um único *thread* executando no ponto de entrada do programa**

CreateThread( )

- **cria um novo *thread* dentro do espaço de endereçamento do *thread* original**