Sistemas Operacionais I

Profa. Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco
kalinka@icmc.usp.br

Universidade de São Paulo

Setembro de 2023

O que são *Threads*

- Definição de antes: um único contexto de execução único - Descreve sua representação
- Fornece a abstração de: Uma única sequência de execução que representa uma tarefa programada separadamente - Também é uma definição válida!
- *Threads* são um mecanismo de simultaneidade
- Proteção é um conceito ortogonal - Um domínio de proteção pode conter um ou vários *threads*.

Motivação para *Threads*

- Os sistemas operacionais devem lidar com várias coisas ao mesmo tempo (VCMT) - Processos, interrupções, manutenção do sistema em segundo plano
- Os servidores em rede devem lidar com VCMT - Múltiplas conexões tratadas simultaneamente
- Programas paralelos devem lidar com VCMT - Para alcançar melhor desempenho
- Programas com interface de usuário geralmente devem lidar com VCMT - Para alcançar a capacidade de resposta do usuário durante a computação
- Os programas ligados à rede e ao disco devem lidar com VCMT - Para ocultar a latência da rede / disco; Etapas de sequência no acesso ou comunicação

Threads permitem tratamento de VCMT

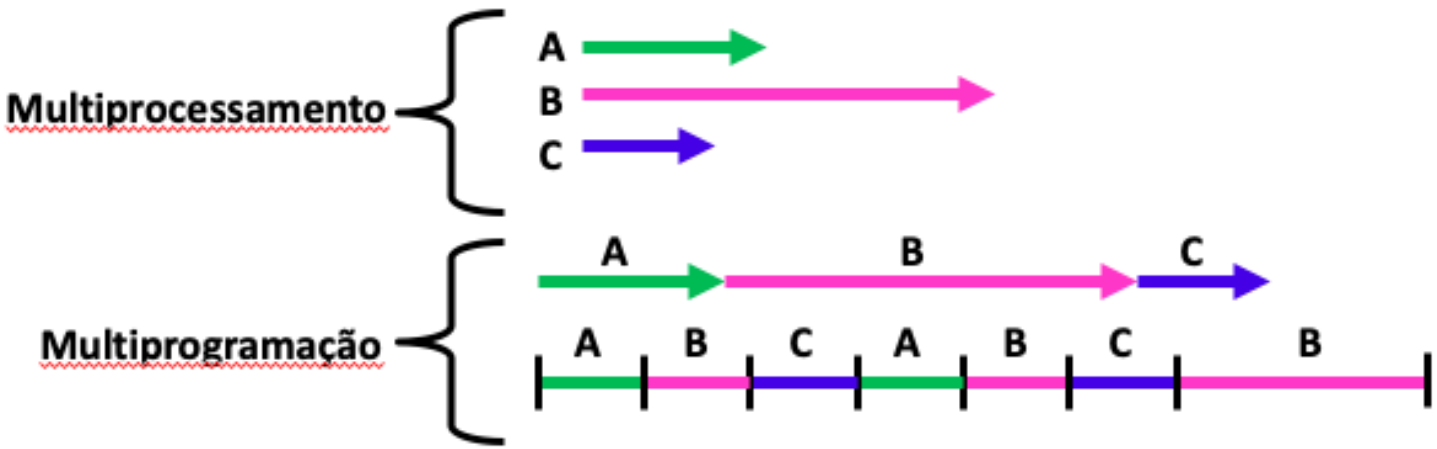
- *Threads* são uma unidade de simultaneidade fornecida pelo sistema operacional
- Cada *thread* pode representar uma coisa ou uma tarefa

Concorrência não é paralelismo

- Simultaneidade lida com várias coisas ao mesmo tempo (VCMT)
- Paralelismo é fazer várias coisas simultaneamente
- Exemplo: dois *threads* em um sistema de núcleo único
  - ... executar simultaneamente ...
  - ... mas não em paralelo
- Cada *thread* lida ou gerencia uma coisa ou tarefa separada ...
- Mas essas tarefas não são necessariamente executadas simultaneamente!

Multiprocessamento vs. Multiprogramação

- Multiprocessamento: vários núcleos
- Multiprogramação: vários trabalhos/processos
- *Multithreading*: vários *threads* / processos
- O que significa executar dois *threads* simultaneamente?
  - O **Escalonador** é livre para executar *threads* em qualquer ordem e intercalação



Exemplo "bobo" de *threads*

- Imagine o seguinte programa

```
main() {
    ComputePI("pi.txt");
    PrintClassList("classlist.txt");
}
```

- Qual é o comportamento aqui?

Exemplo "bobo" de *threads*

- Imagine o seguinte programa

```
main() {
    ComputePI("pi.txt");
    PrintClassList("classlist.txt");
}
```

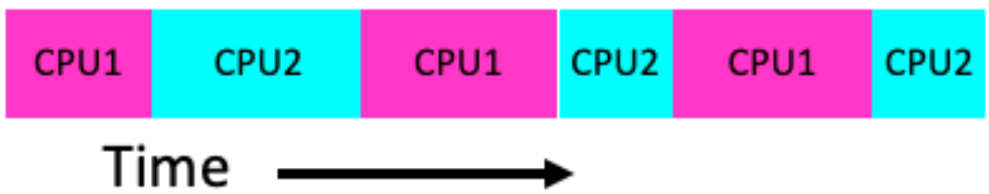
- Qual é o comportamento aqui?
- O programa nunca imprimiria a lista de aulas
- Por quê? ComputePI nunca terminaria

Vamos adicionar *threads*

- Versão do programa com *threads* (sintaxe flexível):

```
main() {
    create_thread(ComputePI, "pi.txt");
    create_thread(PrintClassList, "classlist.txt");
}
```

- $create_thread$: gera um novo *thread* executando o procedimento fornecido
- Deve se comportar como se outra CPU estivesse executando o procedimento dado
- Agora, você realmente veria a lista de classes



Mais motivações práticas

De volta aos números que todos deveriam saber de Jeff Dean

Lidar com E/S em thread separadas, evita bloquear outros processos

L1 cache reference	0.5 ns
Branch mispredict	5 ns
L2 cache reference	7 ns
Mutex lock/unlock	25 ns
Main memory reference	100 ns
Compress 1K bytes with Zippy	3,000 ns
Send 2K bytes over 1 Gbps network	20,000 ns
Read 1 MB sequentially from memory	250,000 ns
Round trip within same datacenter	500,000 ns
Disk seek	10,000,000 ns
Read 1 MB sequentially from disk	20,000,000 ns
Send packet CA->Netherlands->CA	150,000,000 ns

Thread

- *Thread* está em um dos três estados a seguir:
  - EXECUTANDO - executando
  - PRONTO - elegível para execução, mas não em execução no momento
  - BLOQUEADO - inelegível para execução
- Se um *thread* está esperando que uma E/S termine, o SO o marca como BLOQUEADO
- Quando a E/S finalmente termina, o sistema operacional o marca como PRONTO

Um exemplo melhorzinho de *threads*

- Versão do programa com *threads* (sintaxe flexível):

```
main() {
    create_thread(ReadLargeFile, "pi.txt");
    create_thread(RenderUserInterface);
}
```

- Qual é o comportamento aqui?
- Ainda responde à entrada do usuário
- Ao ler o arquivo em segundo plano

Programas *Multithread*

- Você sabe como compilar um programa C e executar o executável - Isso cria um processo que está executando aquele programa
- Inicialmente, este novo processo tem um *thread* em seu próprio espaço de endereço - Com código, globais, etc. conforme especificado no executável

P: Como podemos fazer um processo *multithread*?

Programas *Multithread*

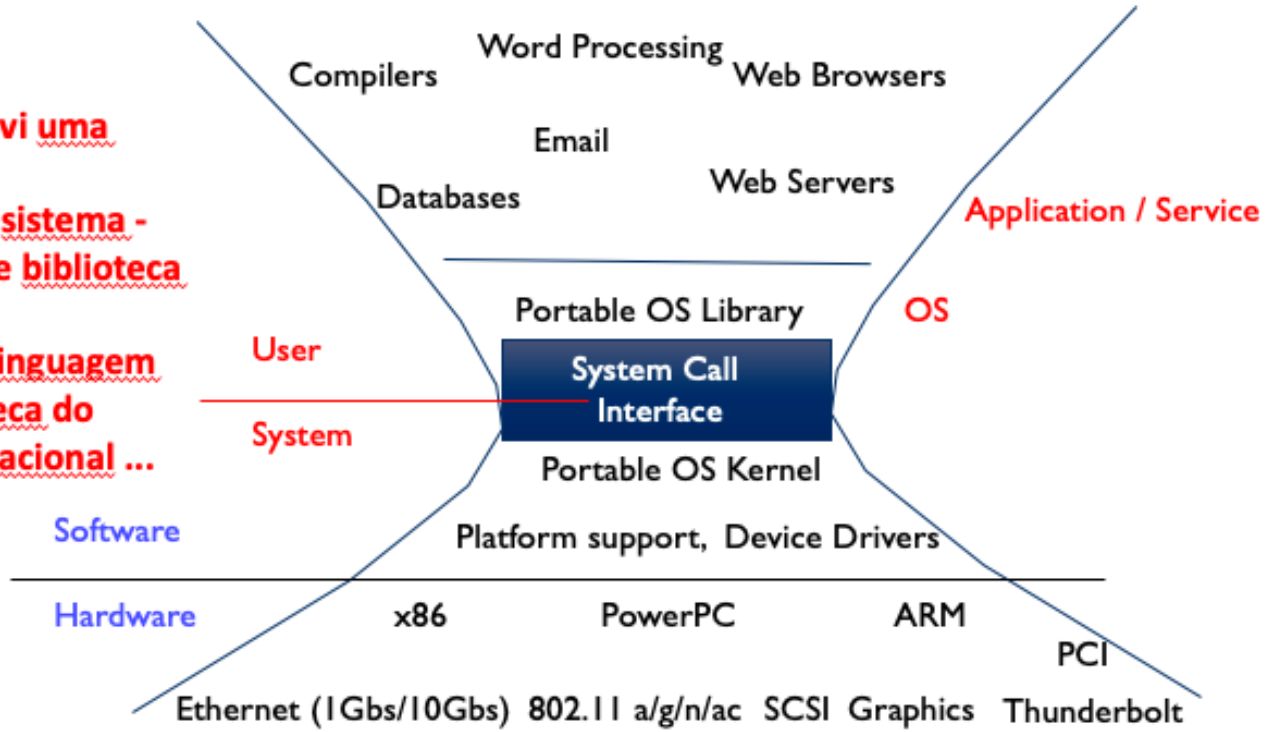
- Você sabe como compilar um programa C e executar o executável - Isso cria um processo que está executando aquele programa
- Inicialmente, este novo processo tem um *thread* em seu próprio espaço de endereço - Com código, globais, etc. conforme especificado no executável

P: Como podemos fazer um processo *multithread*?
R: Assim que o processo é iniciado, ele emite chamadas de sistema para criar novos *threads* Esses novos *threads* são parte do processo: eles compartilham seu espaço de endereço.

Thread - Syscalls

"Mas, eu nunca vi uma syscall!"

- Chamada de sistema - problemas de biblioteca de SO
- Runtime da linguagem usa a biblioteca do sistema operacional ...



Spoiller - pthreads

```
int pthread_create(pthread_t *thread, const pthread_attr_t *attr,
void *(*start_routine)(void*), void *arg);
```

- thread é criada executando *start_routine* com *arg* como seu únicao argumento.
- return é implicito a chamada pthread_exit

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

- Termina thread e torna *value_ptr* diposnivel para qualquer adesão bem sucessida.

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

- Suspende a execução de uma *thread* chamada at;e que a *thread* alvo termine.
- Com o retorno de um valor não NULL *value_ptr* o valor é passado para *pthread_exit()* pela thread terminando e torna disponível a localização referenciada por *value_ptr*.

man pthread
https://pubs.opengroup.org/onlinepubs/7908799/xsh/pthread.h.html

Spoiller - pthreads

- O que acontece quando pthread_create(...) é chamado em um processo?

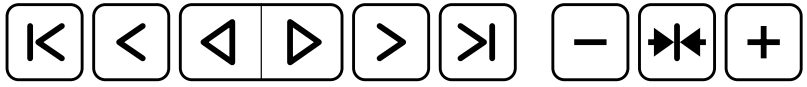
```
Library:
    int pthread_create(…) {
        Faça algo normal como uma fn…

        asm code … syscall # into %eax
        put args into registers %ebx, …
        special trap instruction
```

```
Kernel:
    get args from regs
    dispatch to system func
    Do the work to spawn the new thread
    Store return value in %eax
```

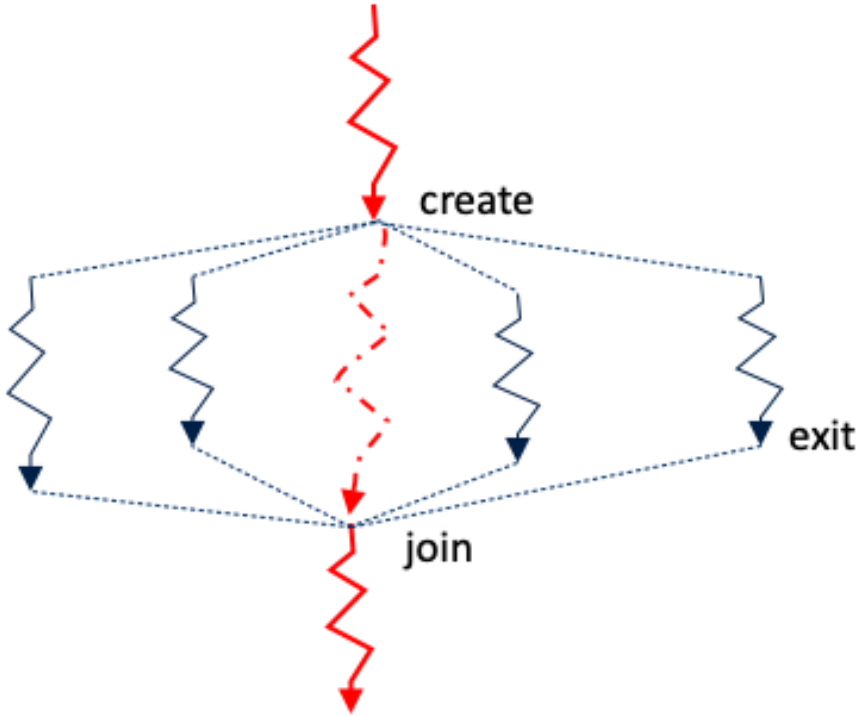
```
        get return values from regs
        Faça algo normal mais um pouco como uma fn…
    };
```

Exemplo: O que há em uma consulta?

```c
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <pthread.h>
#include <string.h>

int common = 162;

void *threadfun(void *threadid)
{
  long tid = (long)threadid;
  printf("Thread #%lx stack: %lx common: %lx (%d)\n", tid,
         (unsigned long) &tid, (unsigned long) &common, common++);
  pthread_exit(NULL);
}

int main (int argc, char *argv[])
{
  long t;
  int nthreads = 2;
  if (argc > 1) {
    nthreads = atoi(argv[1]);
  }
  pthread_t *threads = malloc(nthreads*sizeof(pthread_t));
  printf("Main stack: %lx, common: %lx (%d)\n",
         (unsigned long) &t,(unsigned long) &common, common);
  for(t=0; t<nthreads; t++){
    int rc = pthread_create(&threads[t], NULL, threadfun, (void *)t);
    if (rc){
      printf("ERROR; return code from pthread_create() is %d\n", rc);
      exit(-1);
    }
  }

  for(t=0; t<nthreads; t++){
    pthread_join(threads[t], NULL);
  }
  pthread_exit(NULL);           /* last thing in the main thread  */
}
```

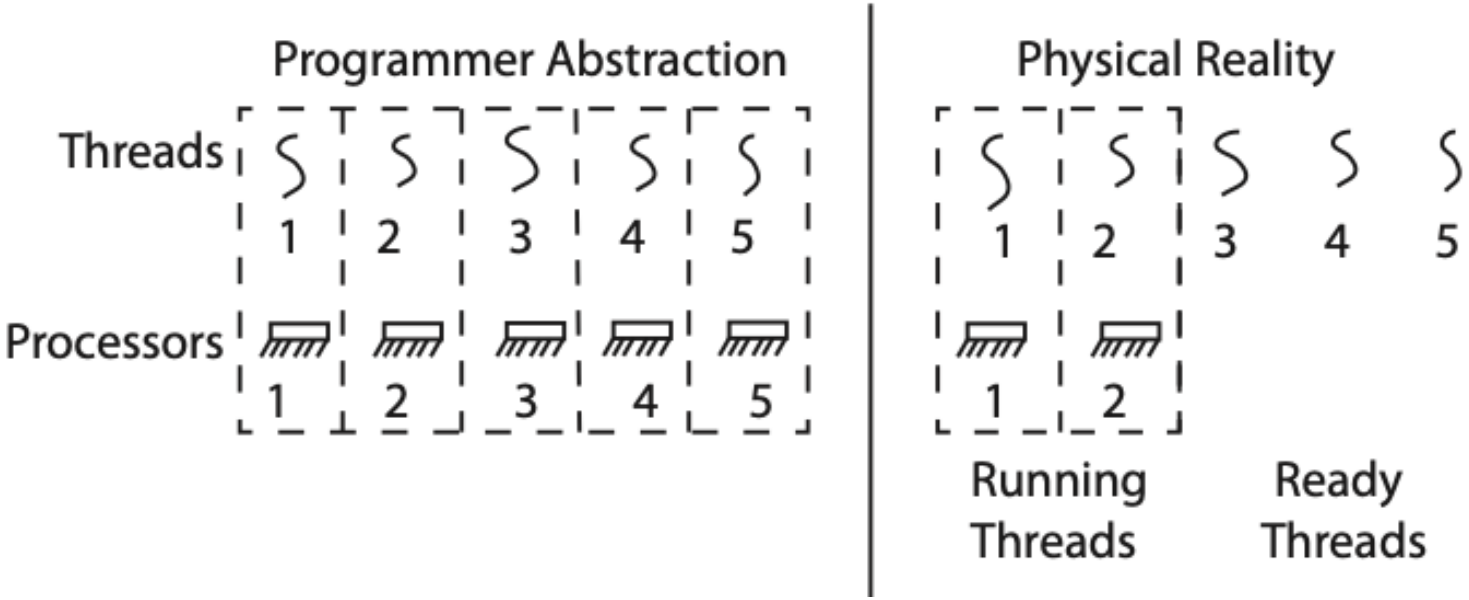


Padrão Fork-Join



- O thread principal cria (bifurca - *fork*) uma coleção de sub-threads, passando-os argumentos para trabalhar ...
- ... E depois se junta (*join*) a eles, coletando resultados.

Abstração de *Threads*

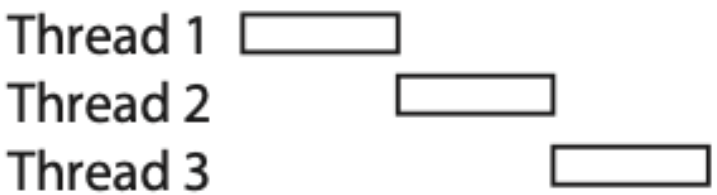


- Ilusão: número infinito de processadores
- Realidade: *Threads* executam com "velocidade" variável
- Os programas devem ser projetados para funcionar com qualquer programação.

Visão do Programa e do Programador

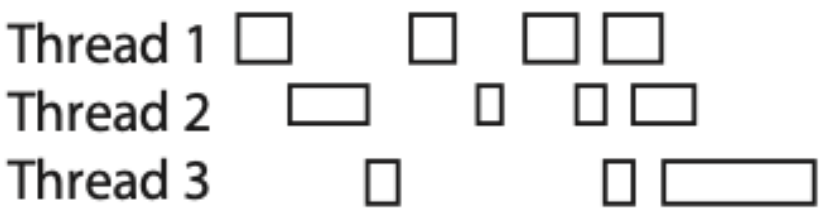
Programmer's View	Possible Execution #1	Possible Execution #2	Possible Execution #3
.	.	.	.
.	.	.	.
.	.	.	.
x = x + 1;	x = x + 1;	x = x + 1	x = x + 1
y = y + x;	y = y + x;	.....	y = y + x
z = x +5y;	z = x + 5y;	thread is suspended	.....
.	.	other thread(s) run	thread is suspended
.	.	thread is resumed	other thread(s) run
.	.	.....	thread is resumed
		y = y + x	.....
		z = x + 5y	z = x + 5y

Possíveis execuções



a) One execution

b) Another execution



c) Another execution

Correções com *Threads* Simultâneos

- Não determinismo:
  - O escalonador pode executar *threads* em qualquer ordem
  - O escalonador pode alternar tópicos a qualquer momento
  - Isso pode tornar o teste muito difícil
- Tópicos Independentes
  - Nenhum estado compartilhado com outros tópicos
  - Condições determinísticas e reproduzíveis
- Tópicos de cooperação
  - Estado compartilhado entre vários tópicos
- **Meta: Correção por Projeto**

Continuemos com **Comunicação entre Processos** ....