**Processos de Concorrência em Sistemas Operacionais**

Concorrência é a capacidade do processador de um computador executar mais de uma instrução ao mesmo tempo. Para que isso funcione, a CPU precisa retomar a execução do programa no mesmo estado em que o deixou. A concorrência lida com várias coisas simultaneamente.

Existem diversos mecanismos e técnicas que tornam a concorrência possível em um sistema operacional, como:

* Interrupções e exceções
* Operações de E/S (I/O)
* Buffering
* Spooling
* Reentrância

**Interrupções e Exceções**

Interrupções e exceções ocorrem quando um evento inesperado acontece durante a execução de um programa, desviando o fluxo da sua execução.

* Interrupção: ocorre quando o evento é externo ao programa. Exemplo: um dispositivo avisa ao processador que uma operação de E/S está completa. A interrupção é a base da concorrência em sistemas multiprogramáveis e decorre de eventos assíncronos.

O fluxo básico de uma interrupção/exceção é o seguinte:

1. Durante a execução do programa, ocorre uma interrupção/exceção.
2. O conteúdo dos registradores é salvo na pilha de controle.
3. Identifica-se a origem do evento.
4. Obtém-se o endereço da rotina de tratamento.
5. Executa-se a rotina de tratamento.
6. O conteúdo dos registradores é restaurado.
7. Retorna-se à execução do programa.

* Exceção: ocorre durante a execução de uma instrução do programa atual. Exemplo: divisão por zero. É comum o uso do termo "tratamento de exceções" em programação.

**Operações de E/S (I/O)**

Historicamente, operações de entrada e saída eram custosas para o processador, pois o mantinham ocupado. Com o surgimento do controlador, não era mais necessário o processador se comunicar diretamente com os periféricos. O mecanismo de interrupção foi essencial para liberar a CPU.

Na E/S controlada por interrupção, a CPU fica livre para processar outras tarefas após iniciar um comando de leitura ou escrita. Funciona da seguinte forma:

1. Um controlador recebe um sinal de leitura.
2. O controlador armazena blocos do disco em memória ou em seus registradores.
3. O controlador sinaliza uma interrupção ao processador.
4. O processador atende à interrupção.
5. Uma rotina de tratamento é iniciada para transferir dados dos registradores do controlador para a memória principal.
6. A execução do programa interrompido é retomada.

Apesar da eficiência, o controlador perde eficácia quando lida com grandes volumes de dados. Para resolver isso, temos:

* DMA (Direct Memory Access): permite a transferência de blocos de dados entre a memória principal e dispositivos de E/S sem a intervenção constante do processador (apenas no início e fim da transferência).
* Canal de Entrada e Saída: elimina a necessidade de carregar programas de E/S na memória principal, já que possui memória própria e executa os programas de E/S.

**Buffering**

O buffering é uma técnica que utiliza uma área na memória principal, chamada de buffer, para transferir dados entre dispositivos de E/S e a memória do computador. Enquanto o processador manipula um dado no buffer, o dispositivo de E/S pode realizar outra operação.

**Spooling**

A técnica de spooling (Simultaneous Peripheral Operation Online) utiliza uma área do disco como um buffer, permitindo que outros programas sejam executados enquanto dados são lidos ou gravados no disco. Atualmente, essa técnica é usada em sistemas de impressão, onde os dados a serem impressos são gravados no disco em um arquivo de spool.

**Reentrância**

A reentrância é a capacidade de um código ser compartilhado entre vários usuários com apenas uma cópia do programa na memória. Um programa ou subrotina é considerado reentrante se puder ser invocado várias vezes de forma segura e concorrente.

**Condições de Corrida em Sistemas Operacionais**

O que é uma condição de corrida?

Uma maneira simples de relacionar isso com os corredores em uma corrida é imaginar uma finalização fotográfica em que dois corredores realmente cruzam a linha de chegada no mesmo ponto no tempo. É possível, embora bastante improvável, que isso ocorra em corridas humanas. Para computadores que processam milhares de operações por milissegundo, torna-se muito mais viável.

Como outro exemplo, imagine uma corrida de revezamento em que os corredores passam um bastão de uma pessoa para outra. Agora imagine que um dos participantes comete um erro e dois corredores acham que devem pegar o bastão. Um evento significativo em uma corrida de revezamento é a passagem do bastão, pois isso significa que o detentor anterior pode parar de correr, cabendo ao novo proprietário continuar. Agora há dois corredores agarrando o bastão, o que causará um conflito.

Em essência, uma condição de corrida é um bug, erro ou falha no código do sistema de computador que produz resultados imprevisíveis: uma sequência inesperada de eventos. Normalmente, é causada por dois encadeamentos em conflito de alguma forma. Mais de dois encadeamentos podem estar envolvidos no conflito real e, muitas vezes, vários encadeamentos estão sendo executados no momento da falha do software.

No exemplo da corrida, tivemos duas pessoas acessando um objeto aproximadamente ao mesmo tempo, e a corrupção (termo para indicar que alguns dados foram corrompidos) aconteceu quando duas pessoas (ou dois threads) tentaram pegar o bastão e o conflito ocorreu. Em termos de computador, dois threads tentaram escrever em um espaço de memória que normalmente deveria ser escrito por apenas um thread.

As condições de corrida podem acontecer em várias áreas, como eletrônica interna, software de computador e telecomunicações. No software de computador, uma das áreas mais proeminentes, há uma grande variedade de condições de corrida possíveis.

Como outro exemplo, imagine dois threads de computação trabalhando com um determinado espaço de memória. Um usuário acabou de confirmar um formulário e o software de back-end está gravando esse formulário na memória. Simultaneamente, outro usuário está lendo os campos deste formulário do mesmo espaço de memória. Dependendo do que acontecer, o usuário leitor pode receber um formulário parcialmente incorreto com informações parcialmente atualizadas.