MC514–Sistemas Operacionais: Teoria e Prática

1s2008

Processos e Threads 5

Objetivos

- Algoritmo do desempate (Peterson)
- Extensão para N threads
- Técnica do campeonato

Algoritmo de Dekker (1965)

```
int s = 0, vez = 0, interesse[2] = {false, false};
```

Thread 0

```
while (true)
  interesse[0] = true;
  while (interesse[1])
    if (vez != 0)
      interesse[0] = false;
      while (vez !=0);
      interesse[0] = true;
  s = 0;
  print ("Thr 0:" , s);
  vez = 1;
  interesse[0] = false;
```

Thread 1

```
while (true)
  interesse[1] = true;
  while(interesse[0])
    if (vez != 1)
      interesse[1] = false;
      while(vez != 1);
      interesse[1] = true;
  s = 1;
  print ("Thr 1:" , s);
  vez = 0;
  interesse[1] = false;
```

Proposta incorreta de Hyman (1966)

```
int s = 0, vez = 0, interesse[2] = {false, false};
```

Thread 0

```
while (true)
  interesse[0] = true;
  while (vez != 0)
      while (interesse[1]);
      vez = 0;
  s = 0;
  print ("Thr 0:" , s);
  interesse[0] = false;
```

Thread 1

```
while (true)
  interesse[1] = true;
  while(vez != 1)
      while(interesse[0]);
      vez = 1;
  s = 1;
  print ("Thr 1:" , s);
  interesse[1] = false;
```

Algoritmo do Desempate (1981)

```
int s = 0, ultimo = 0, interesse[2] = {false, false};
```

Thread 0

```
while (true)
  interesse[0] = true;
  ultimo = 0;
  while (ultimo == 0 &&
         interesse[1]);
  s = 0;
  print ("Thr 0:" , s);
  interesse[0] = false;
```

Thread 1

```
while (true)
  interesse[1] = true;
  ultimo = 1;
  while (ultimo == 1 &&
         interesse[0]);
  s = 1;
  print ("Thr 1:" , s);
  interesse[1] = false;
```

Algoritmo do Desempate

3 Threads (bug!)

```
int s=0, ultimo=0, interesse[3];
```

Thread 0

```
while (true)
  interesse[0] = true;
  ultimo = 0;
  while (ultimo == 0 && (interesse[1] || interesse[2]));
  s = 0;
  print ("Thr 0:" , s);
  interesse[0] = false;
```

Algoritmo do desempate

Extensão para 3 threads

- Para 2 threads, podemos estabelecer que a thread de identificador `ultimo` perde;
- Caso 3 threads alterem a variável ultimo simultaneamente, só poderemos identificar a que fez a última alteração.
- Como indicar que 2 threads perderam?

Algoritmo do Desempate

3 Threads

```
int s=0, ultimo, penultimo, interesse[3];
```

Thread 0

```
while (true)
  interesse[0] = true;
  ultimo = 0;
  while (ultimo == 0 && interesse[1] && interesse[2]);
  penultimo = 0;
  while (penultimo == 0 && (interesse[1]||interesse[2]));
  s = 0;
  print ("Thr 0:" , s);
  interesse[0] = false;
```

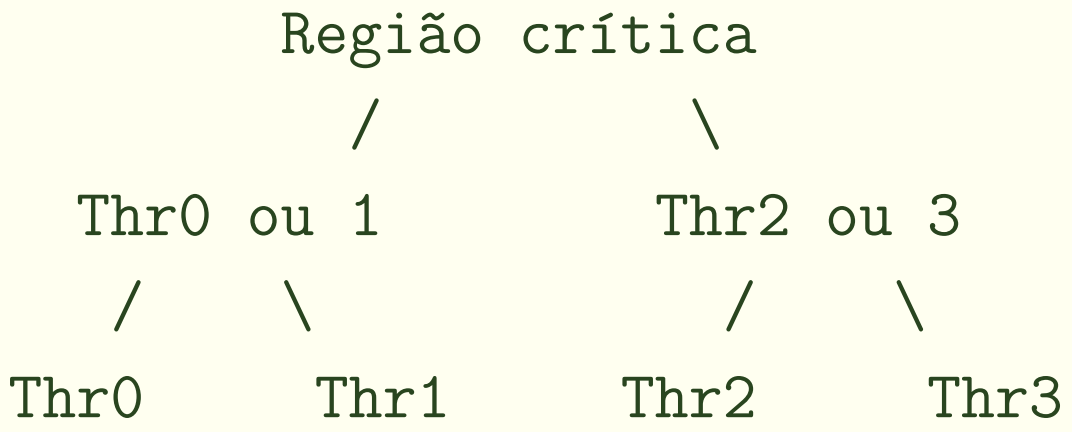
Algoritmo do Desempate

Características

```
Região crítica
    /     \
 Thr0     Thr1
```

- Funciona para 2 threads
- Variável ultimo é acessada pelas 2 threads
- Variável interesse[i] é acessada
  - para escrita pela thread i
  - para leitura pela thread adversária

Campeonato entre 4 threads



- A thread campeã da disputa entre Thr0 e Thr1 disputa a região crítica com a thread campeã da disputa entre Thr2 e Thr3.
- Todas as partidas são instâncias do algoritmo do desempate.

Campeonato entre 4 threads

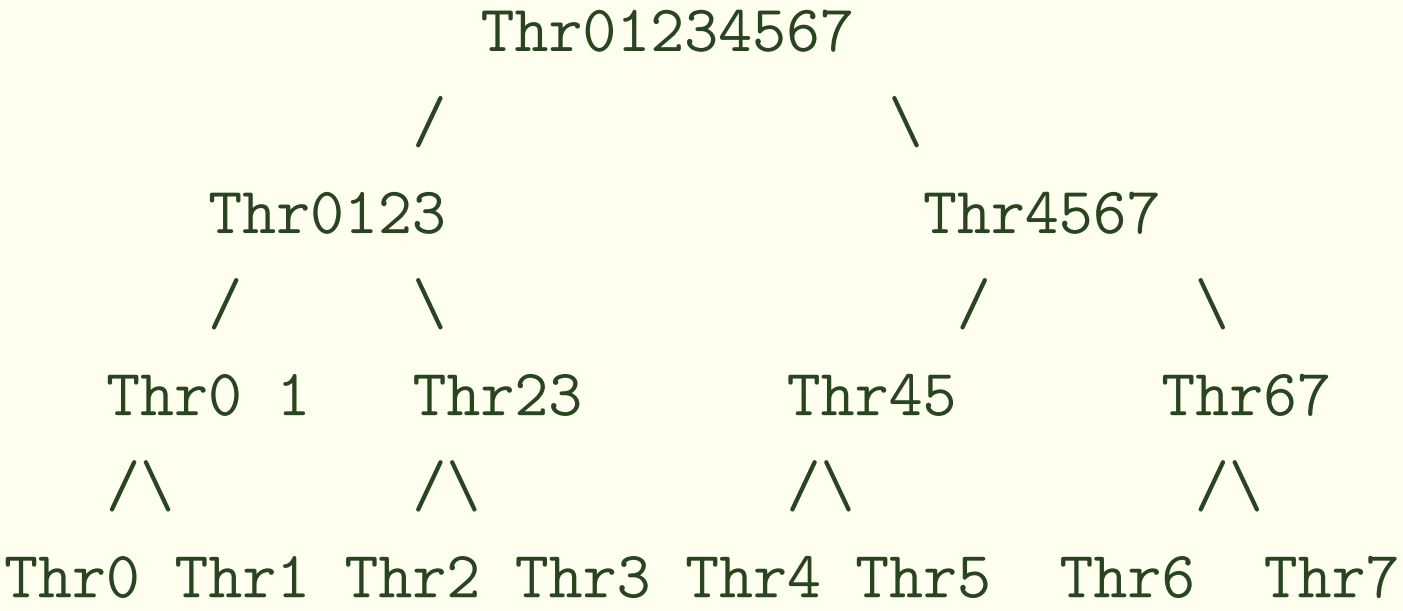
Variáveis de controle replicadas

```
int ultimo_final = 0;
int interesse_final[2] = {false, false};

int ultimo01 = 0;
int interesse01[2] = {false, false};

int ultimo23 = 2;
int interesse23[2] = {false, false};
```

- Veja código: camp4.c

Exclusão mútua entre N threads

Abordagem do campeonato



- As threads podem concorrer duas a duas
- Garante ausência de starvation?

Algoritmo do desempate

Extensão para N threads

- Caso M threads alterem a variável ultimo simultaneamente, só poderemos identificar a que fez a última alteração.
- Como indicar que $M - 1$ threads perderam?

Algoritmo do desempate

N threads

- Dividimos o problema em N-1 fases (0..N-2)
- A cada fase, conseguimos identificar uma thread perdedora, que fica esperando
- Variáveis de controle:

```
int interesse[N]; /* -1..N-2 */
int ultimo[N-1];
```

Desempate para N threads

Estado inicial

	Thr0	Thr1	Thr2	Thr3	Thr4
interesse	-1	-1	-1	-1	-1

	Fase0	Fase1	Fase2	Fase3
ultimo	–	–	–	–

Desempate para N threads

Todas as threads interessadas

	Thr0	Thr1	Thr2	Thr3	Thr4
interesse	0	0	0	0	0

	Fase0	Fase1	Fase2	Fase3
ultimo	2	–	–	–

- Thread 2 não poderá mudar de fase

Desempate para N threads

Todas as threads interessadas

	Thr0	Thr1	Thr2	Thr3	Thr4
interesse	1	1	0	1	1

	Fase0	Fase1	Fase2	Fase3
ultimo	2	1	–	–

- Thread 1 não poderá mudar de fase

Desempate para N threads

Todas as threads interessadas

	Thr0	Thr1	Thr2	Thr3	Thr4
interesse	2	1	0	2	2

	Fase0	Fase1	Fase2	Fase3
ultimo	2	1	0	–

- Thread 0 não poderá mudar de fase

Desempate para N threads

Todas as threads interessadas

	Thr0	Thr1	Thr2	Thr3	Thr4
interesse	2	1	0	3	3

	Fase0	Fase1	Fase2	Fase3
ultimo	2	1	0	4

- Thread 3 pode entrar na região crítica

Desempate para N threads

Algumas threads interessadas

	Thr0	Thr1	Thr2	Thr3	Thr4
interesse	1	0	-1	-1	-1

	Fase0	Fase1	Fase2	Fase3
ultimo	1	0	–	–

- Thread 1 deverá esperar
- Thread 0 pode progredir pois as outras threads não estão interessadas

Desempate para N threads

```
int interesse[N], ultimo[N-1];
```

Thread_i:

```
   for (f = 0; f < N-1; f++)
      interesse[i] = f;
      ultimo[f] = i;
      for (k = 0; k < N && ultimo[f] == i; k++)
         if (k != i)
            while (f <= interesse[k] && ultimo[f] == i);
   s = i;
   print ("Thr ", i, s);
   interesse[i] = -1;
```

Desempate para N Threads

- Garante exclusão mútua
- Garante ausência de deadlock
- Garante ausência de starvation
  - *deve haver um limite no número de vezes que outras threads podem entrar na região crítica (rodadas) a partir do momento que uma thread submete o pedido e o momento em que ela executa a região crítica.*
  - espera máxima = N(N-1)/2 rodadas?

Desempate para N Threads

Pior cenário?

- Thr_0 perde de n-1 threads na fase 0
- Estas N-1 threads tentam novamente
- Thr_0 é desbloqueada e uma outra thread fica bloqueada na fase 0.
- Thr_0 perde de n-2 threads na fase 1
- ...

- Como ilustrar este cenário?

Algoritmo de Knuth

```
enum estado {passive, requesting, in_cs};

int vez, interesse[N];
```

Thread_i:

```
  do {
     interesse[i] = requesting;
     vez_local = vez;
      while (vez_local != i)
         if (interesse[vez_local] != passive)
               vez_local = vez;
         else  vez_local = (vez + 1) % N;
     interesse[i] = in_cs;
   } while (existe j!=i tal que interesse[j] == in_cs);
   vez = i;
```

Algoritmo de Knuth (continuação)

```
s = i;
print ("Thr ", i, s);

vez = (thr_id + 1) % N;
interesse[i] = passive;
```

- Espera máxima pode parecer linear, mas ...

Algoritmo de Knuth

Pior cenário $2^{N-1} - 1$

- 3 Threads: $T2\ T1\ T2\ T0$
  - $T0$ faz o pedido (vez $= 1$)
  - $T2$ pára imediatamente antes de setar in_cs
  - $T1$ pára imediatamente antes de setar in_cs
  - $T2$ entra na RC e vez $= 0$
  - $T1$ entra na RC e vez $= 2$
  - $T2$ entra na RC e vez $= 0$
- 4 Threads: $T3\ T2\ T3\ T1\ T3\ T2\ T3\ T0$

Algoritmo de Knuth

Pior cenário $2^{N-1} - 1$

- 4 Threads: $T3\ T2\ T3\ T1\ T3\ T2\ T3\ T0$
  - $T0$ faz o pedido (vez $= 1$)
  - $T3$, $T2$ e $T1$ param antes de setar in_cs
  - $T3$ entra na RC e vez $= 0$
  - $T2$ entra na RC e vez $= 3$
  - $T3$ entra na RC e vez $= 0$
  - $T1$ entra na RC e vez $= 2$
  - $T3$ pára imediatamente antes de setar in_cs
  - $T2$ entra na RC e vez $= 3$
  - $T3$ entra na RC e vez $= 0$

Algoritmo de Bruijn

```
enum estado {passive, requesting, in_cs};

int vez, interesse[N];
```

Thread_i:

```
  do {
     interesse[i] = requesting;
     vez_local = vez;
      while (vez_local != i)
         if (interesse[vez_local] != passive)
               vez_local = vez;
         else  vez_local = (vez + 1) % N;
     interesse[i] = in_cs;
   } while (existe j!=i tal que interesse[j] == in_cs);
```

Algoritmo de Bruijn (continuação)

```
s = i;
print ("Thr ", i, s);

if (interesse[vez] == passive || vez == i)
   vez = (thr_id + 1) % N;
interesse[i] = passive;
```

- Espera máxima $n(n-1)/2$