Tópicos em Sistemas Operacionais

Semáforos e Barreiras

Islene Calciolari Garcia

Instituto de Computação - Unicamp

Segundo Semestre de 2013

Semáforos

- Semáforos são *contadores especiais* para recursos compartilhados.
- Proposto por Dijkstra (1965)
- Operações básicas (atômicas):
  - decremento (down, wait ou P)
    bloqueia se o contador for nulo
  - incremento (up, signal (post) ou V)
    nunca bloqueia

Semáforos
Comportamento básico

- sem_init(s, 5)
- wait(s)

```
if (s == 0)
   bloqueia_processo();
else s--;
```

- signal(s)

```
if (s == 0 && existe processo bloqueado)
  acorda_processo();
else s++;
```

- Veja a implementação da glic: sem_wait.c e sem_post.c

glibc: TODO

- semaphore changes:
  - sem_post should only wake one thread and only when the state of the semaphore changed from 0 to 1. this also requires that sem_wait and sem_timedwait don't drop the post if they get canceled.
  - possibly add counter field. This requires reviving the differences between old and new semaphose funtions. The old ones stay as they are now. The new once can use an additional field wich is the counter for the number of waiters

glibc: TODO

Será que é uma boa abordagem?

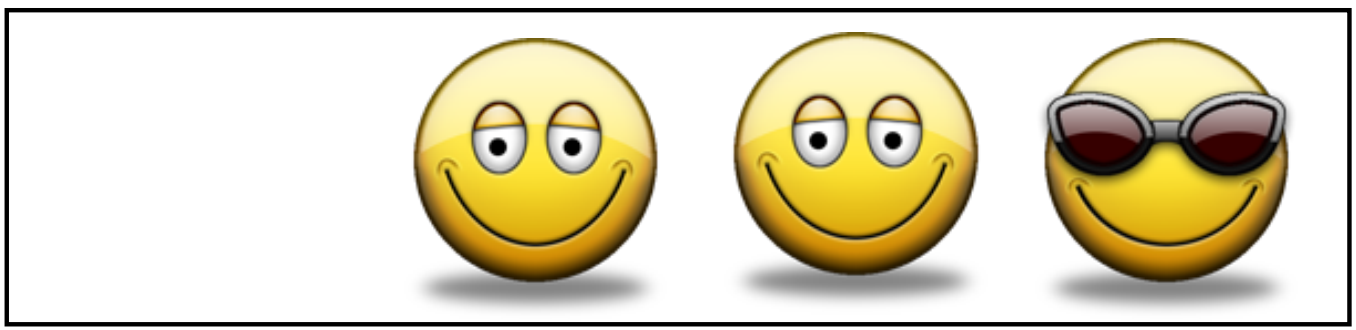
- `semaphore changes:`
  - `sem_post should only wake one thread and only when the state of the semaphore changed from 0 to 1.`

Considere o seguinte cenário:

- 3 threads estão aguardando na fila do futex
- 2 threads incrementam o contador (0-¿1 e 1-¿2) antes de a primeira thread na espera decrementar o contador
- apenas 1 thread seria acordada

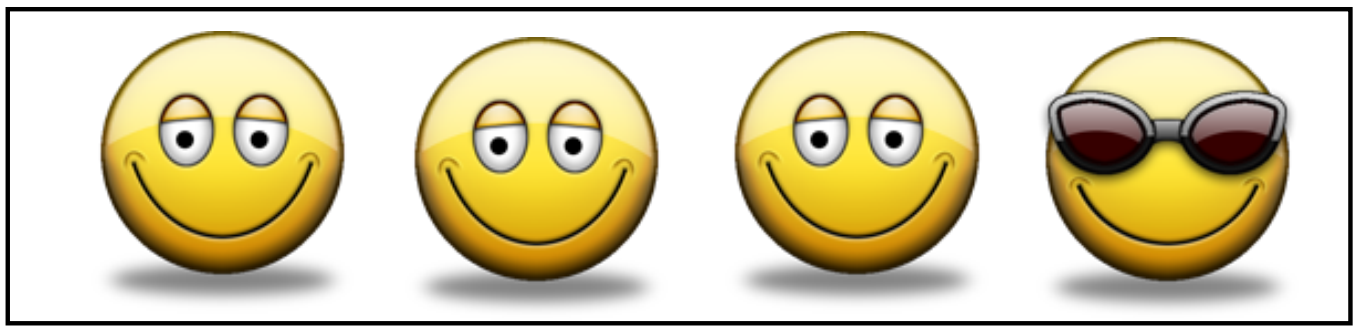
O ponto de encontro das threads

Aguardando N threads



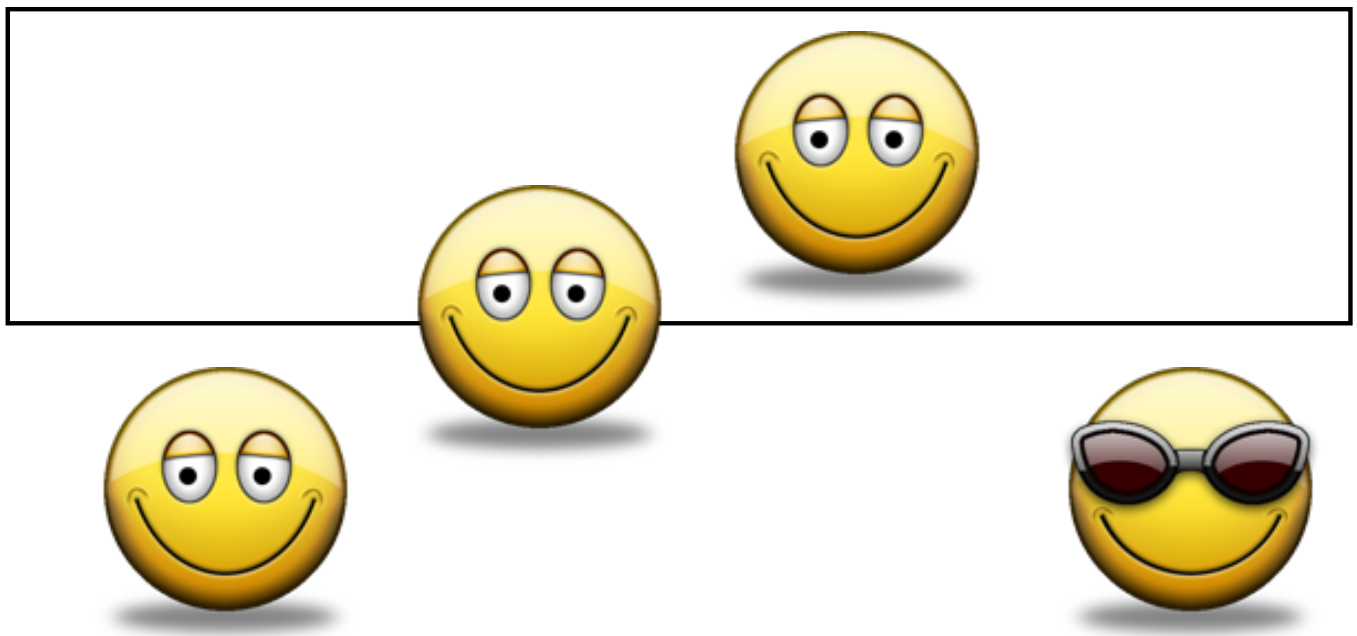
O ponto de encontro das threads

N threads na barreira



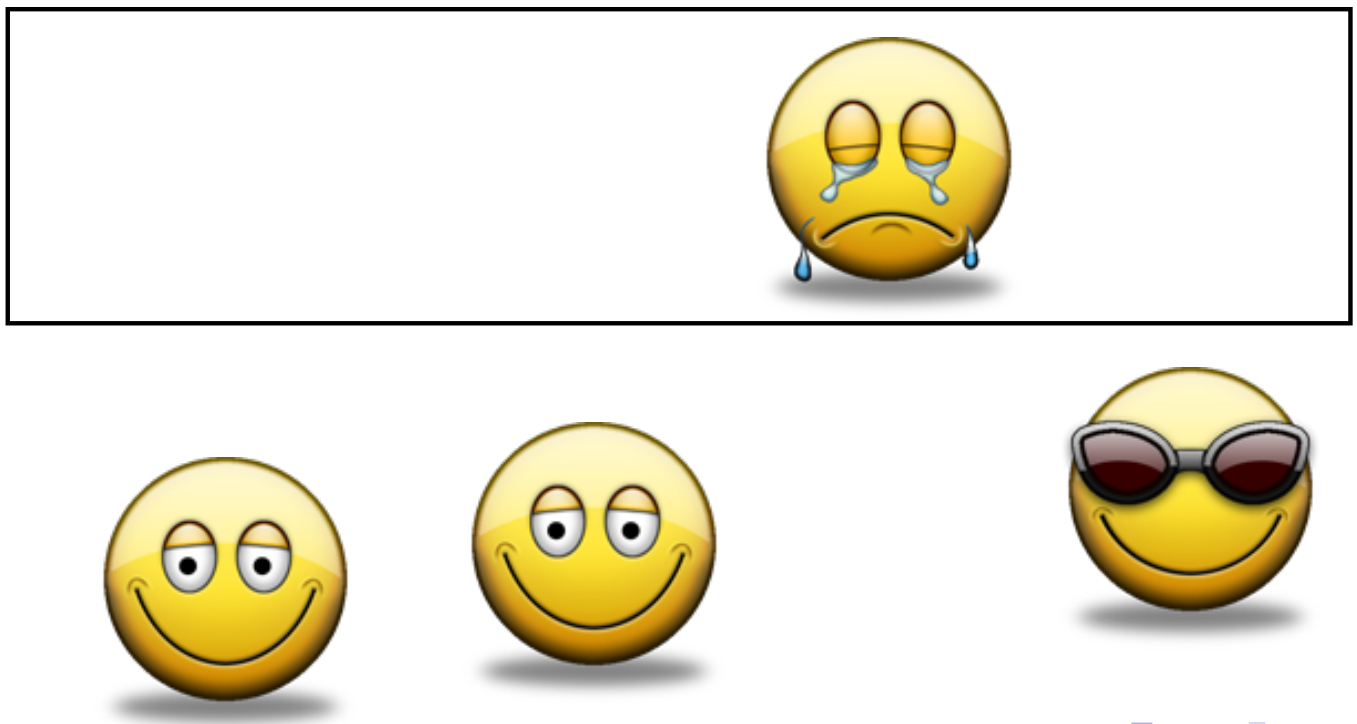
O ponto de encontro dos threads

Threads devem prosseguir



O ponto de encontro das threads

Nenhuma thread pode ficar presa



O ponto de encontro das threads

Vamos implementar?

- Grupo de N threads
- Vida monótona
  - Trabalham e
  - Sincronizam
- Vários exemplos retirados do livro The Little Book of Semaphores
- É possível ser mais eficiente?

Primeira tentativa (3.4)

```
int c;
sem barreira = 0;
atomic_inc(c);
if (c == N) sem_post(barreira);
sem_wait(barreira);
```

- Quais são os problemas deste código?
- Quando funciona?
- Veja o arquivo `barreira1.c`

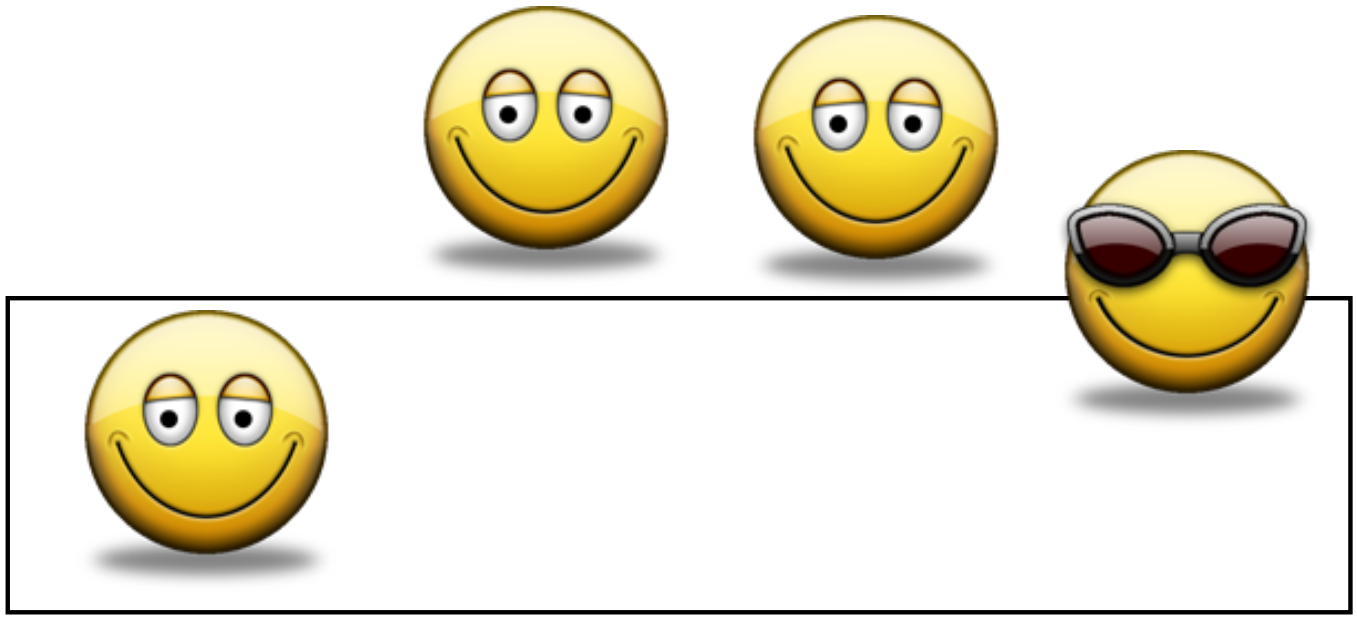
Segunda tentativa (3.5)

```
int c;
sem barreira = 0;
atomic_inc(c);
if (c == N) sem_post(barreira);
sem_wait(barreira);
sem_post(barreira);
```

- Veja o arquivo `barreira2.c`

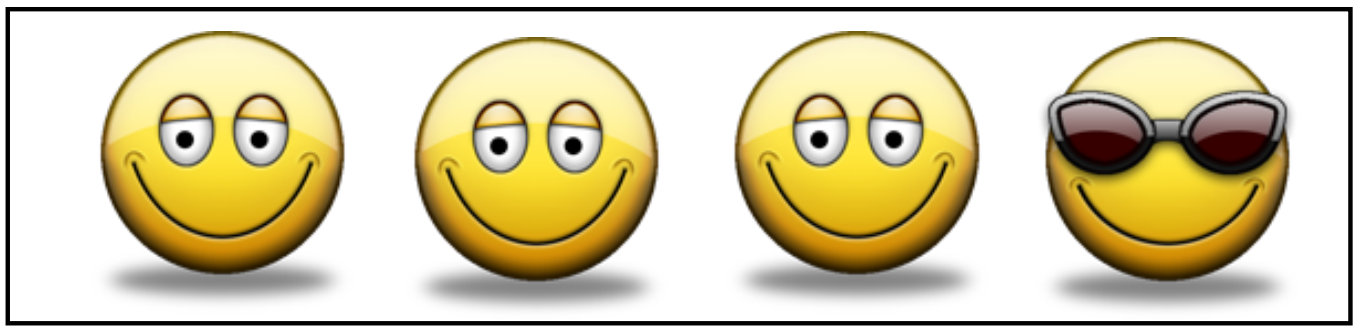
Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Threads devem se ressincronizar!



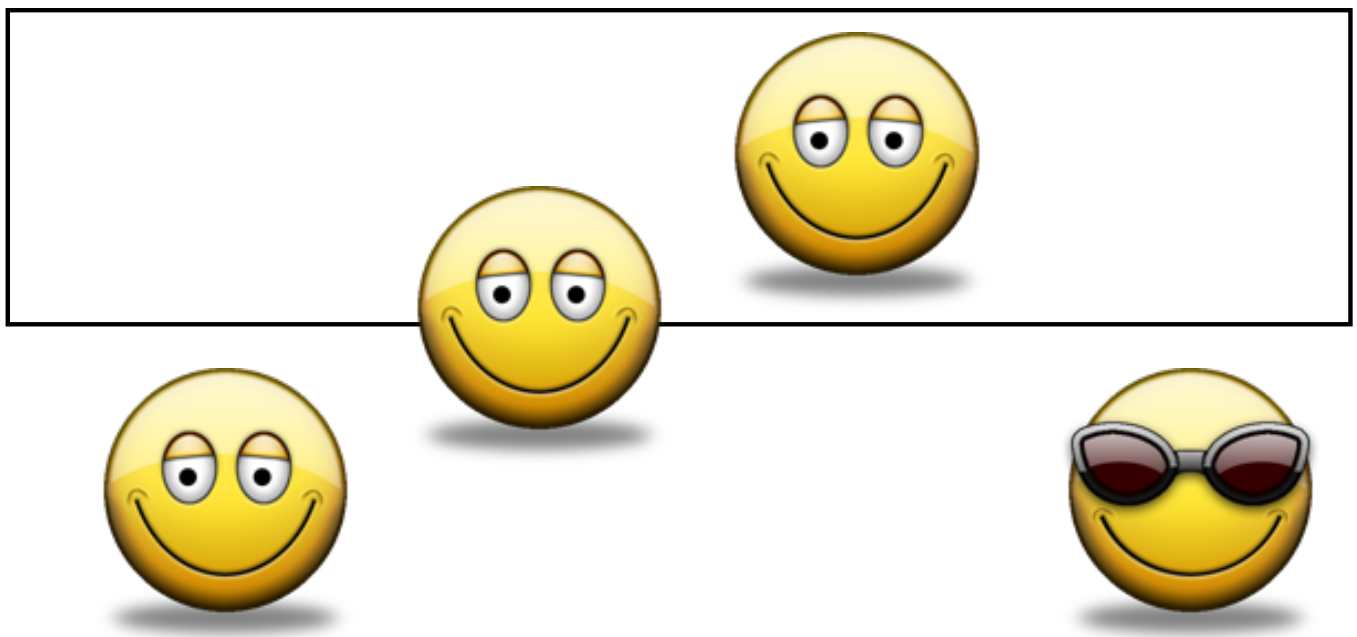
Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Threads devem se ressincronizar!



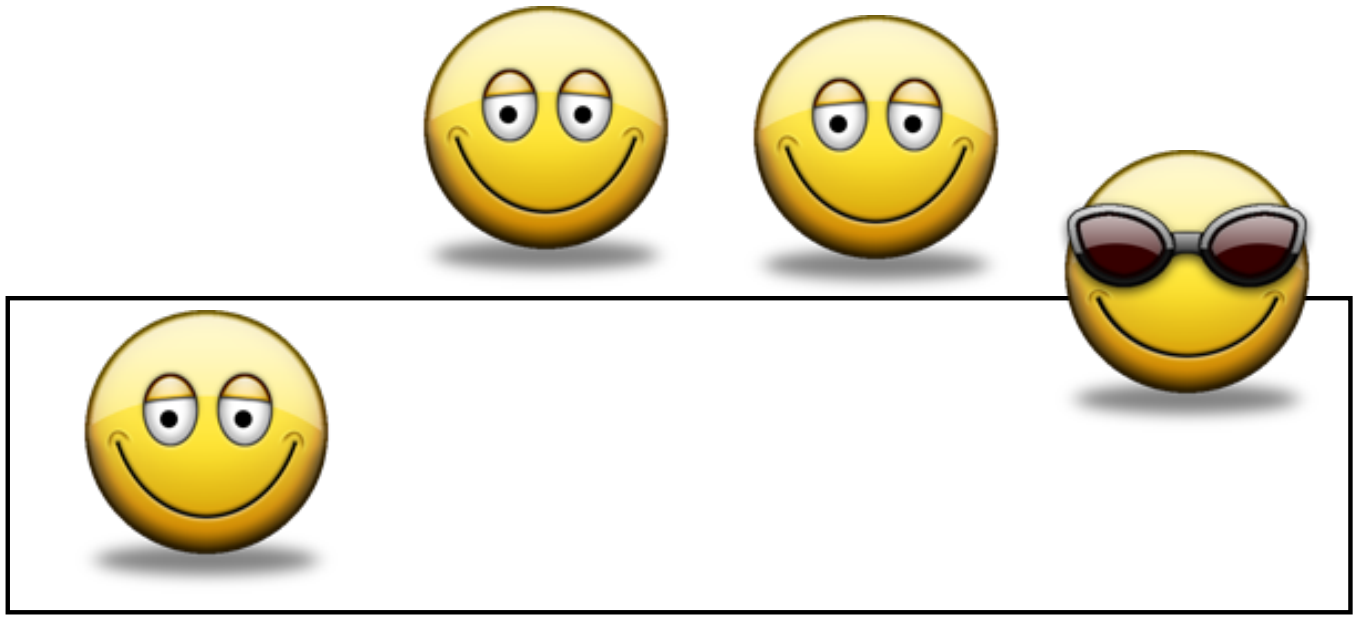
Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Threads devem se ressincronizar!



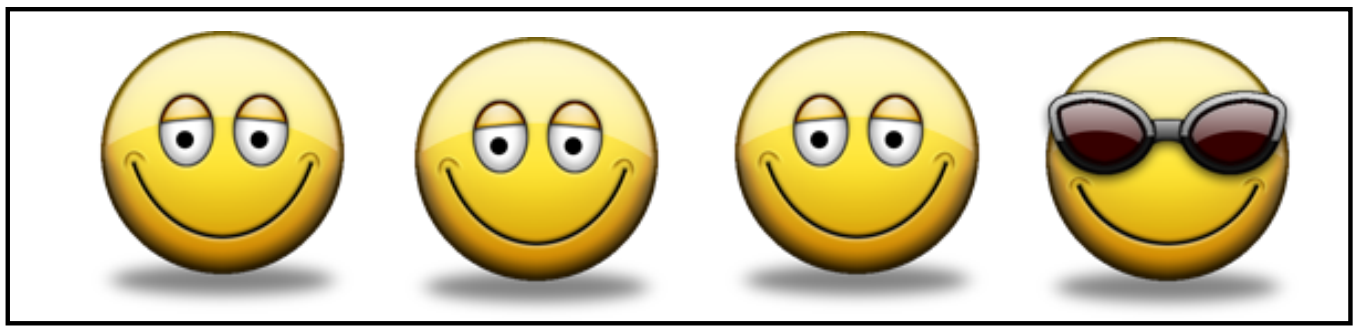
Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Threads devem se ressincronizar!



Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Threads devem se ressincronizar!



Segunda tentativa (3.5)

Barreiras reutilizáveis???

```
int c;
sem barreira = 0;
atomic_inc(c);
if (c == N) sem_post(barreira);
sem_wait(barreira);
sem_post(barreira);
```

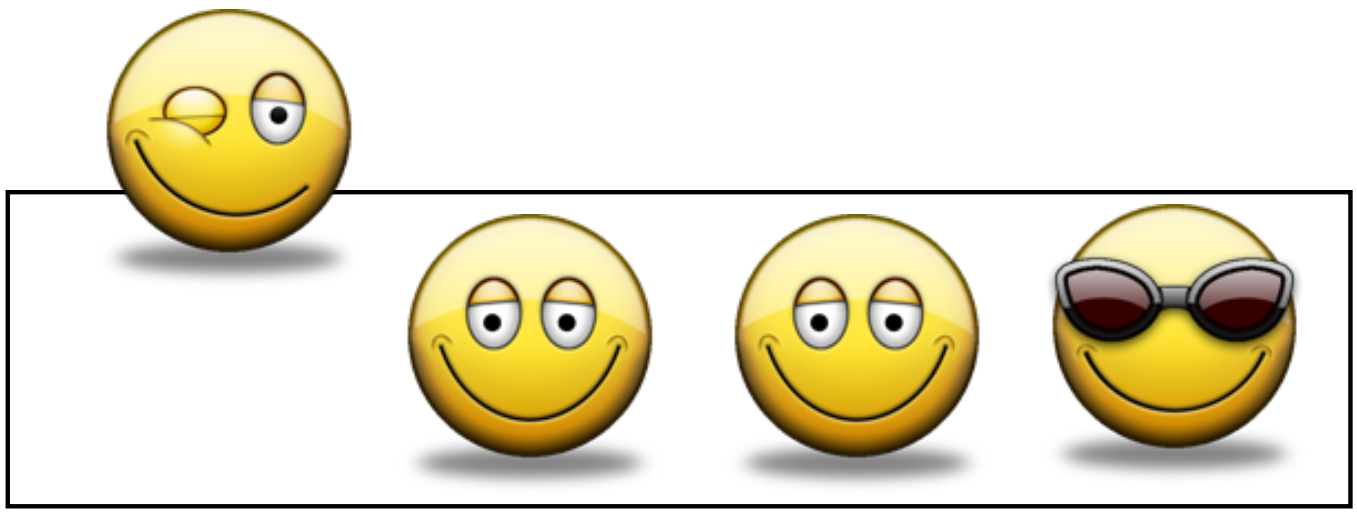
- Veja o código `barreira2b.c`

Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Cuidado com os espertinhos!

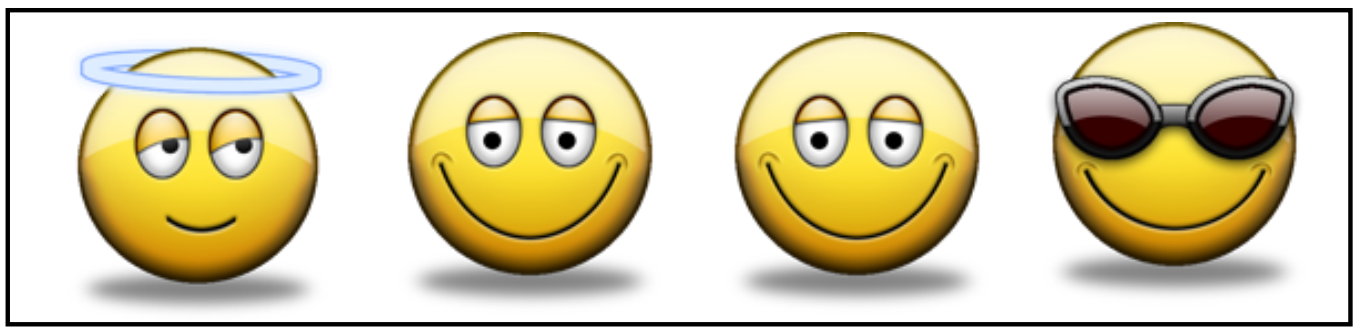
Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Cuidado com os espertinhos!



Barreiras reutilizáveis: vários encontros

Cuidado com os espertinhos



Deadlock (3.6)

```
int c; lock_t mutex;
sem barreira = 0;
lock(mutex);
c++;
if (c == N) sem_post(barreira);
sem_wait(barreira);
sem_post(barreira);
unlock(mutex);
```

- Uso claro para variáveis de condição...

Terceira tentativa (3.7)

```
int c;
sem barreira = 0;
atomic_inc(c);
if (c == N) sem_post(barreira);
sem_wait(barreira);
sem_post(barreira);
atomic_dec(c);
if (c == 0) sem_wait(barreira);
```

- Veja o arquivo `barreira3.c`

Quarta tentativa (3.8)

```
int c;
sem barreira = 0;
local_c = atomic_inc(c);
if (local_c == N) sem_post(barreira);
sem_wait(barreira);
sem_post(barreira);
local_c = atomic_dec(c);
if (local_c == 0) sem_wait(barreira);
```

- Veja o arquivo `barreira4.c`

Roleta dupla

```
int c;
sem roleta_entrada = 0, roleta_saida = 1;
local_c = atomic_inc(c);
if (local_c == N)
    sem_wait(roleta_saida);
    sem_post(roleta_entrada);

sem_wait(roleta_entrada);
sem_post(roleta_entrada);
```

Roleta dupla (continuação)

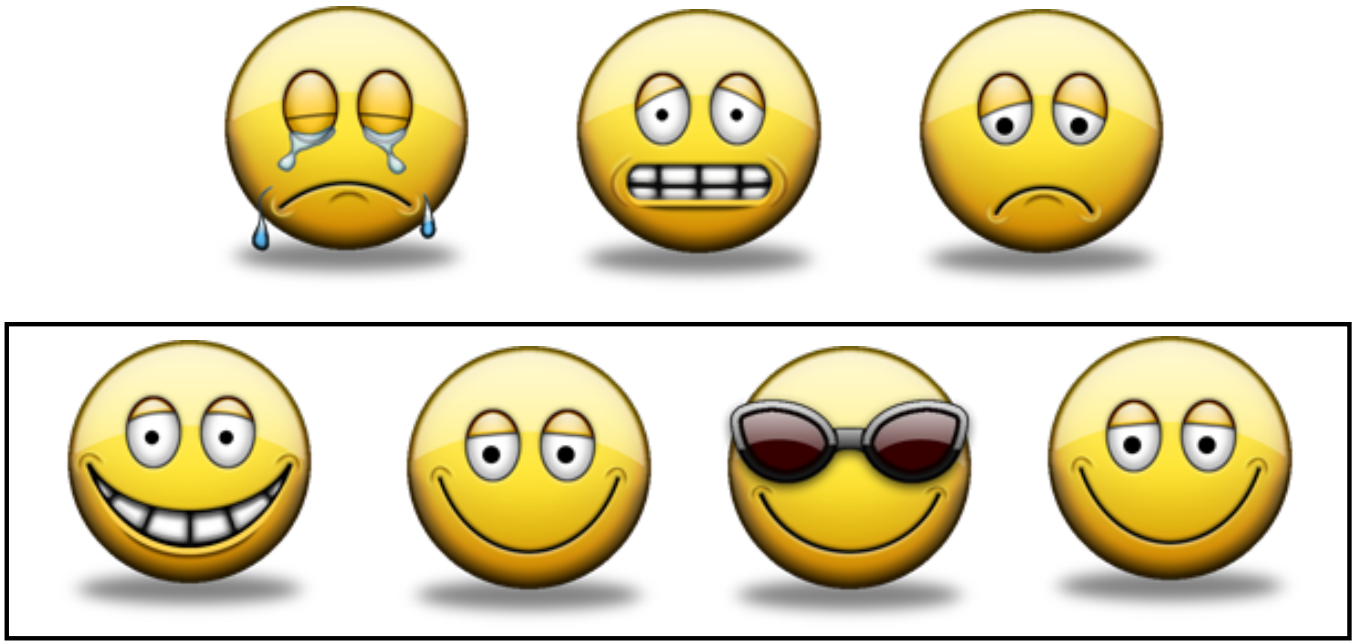
```
local_c = atomic_dec(c);
if (local_c == 0)
  sem_wait(roleta_entrada);
  sem_post(roleta_saida);

sem_wait(roleta_saida);
sem_post(roleta_saida);
```

- Veja o arquivo `barreira5.c`

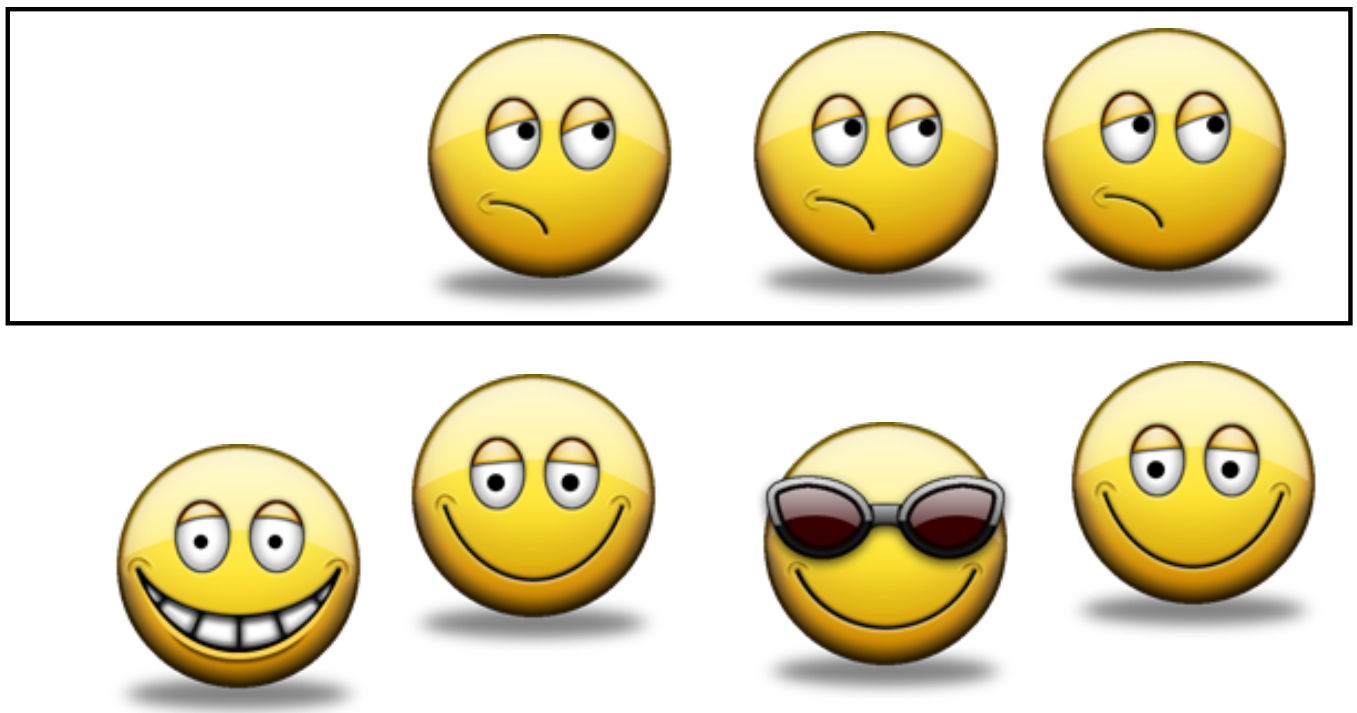
Barreiras restritas

Não há lugar para todos...



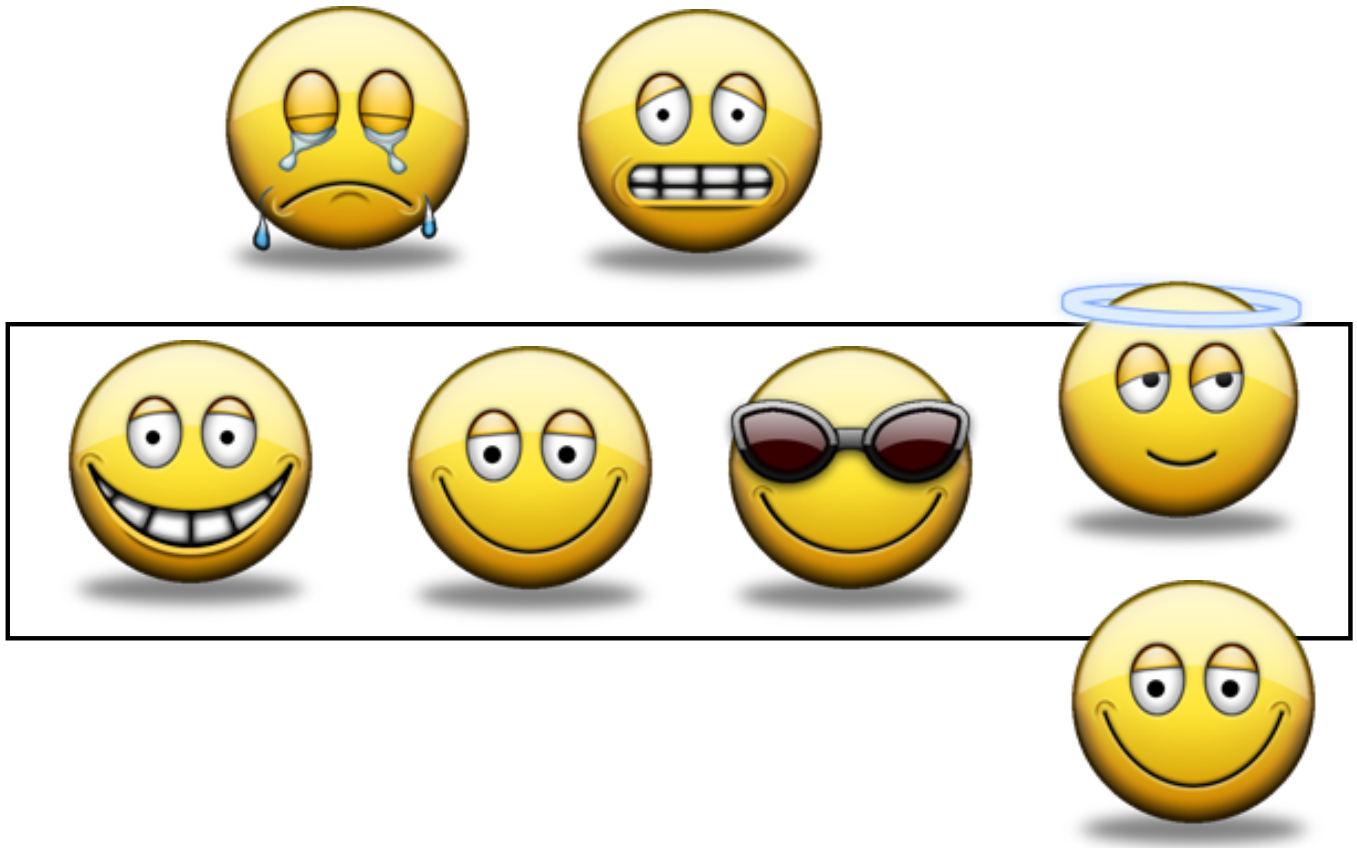
Barreiras restritas

Um grupo deve sair para que outro possa entrar!



Barreiras restritas

Cuidado com os espertinhos!



Sobre desempenho...

- Duas roletas causam muitas trocas de contexto
- Na seção 3.6.6 o livro sugere um semáforo de incremento maior do que 1
- Variáveis de condicão e broadcast?
- Futex?

Tentativa com futex: roleta dupla

```
int c;
int roleta_entrada = 0, roleta_saida = 1;
local_c = atomic_inc(c);
if (local_c == N)
   roleta_saida = 0;
   roleta_entrada = 1;
   futex_wake(&roleta_entrada, N-1);
else
  futex_wait(&roleta_entrada, 0);
```

Tentativa com futex: roleta dupla (continuação)

```
local_c = atomic_dec(c);
if (local_c == 0)
  roleta_entrada = 0;
  roleta_saida = 1;
  futex_wake(&roleta_saida, N-1);
else
  futex_wait(&roleta_saida, 0);
```

- Veja o arquivo `barreira_futex.c`

Vamos analisar a implementação da glibc?

- Veja o arquivo `barrier_wait.c` e teste o comando `pthread_barrier_wait`
- Veja o código `pthread_barrier_wait.c`

Algoritmo da glibc com semáforos

```
sem_t sem_mutex = 1, sem_barreira = 0;

sem_wait(sem_mutex);
c++;
if (c < N) {
  sem_post(sem_mutex);
  sem_wait(sem_barreira); }
local_c = atomic_dec(c);
if (local_c > 0)
  sem_post(sem_barreira);
else
  sem_post(sem_mutex);
```

- Veja o arquivo `barreira6.c`