# Programação concorrente multi-tarefa por memória partilhada

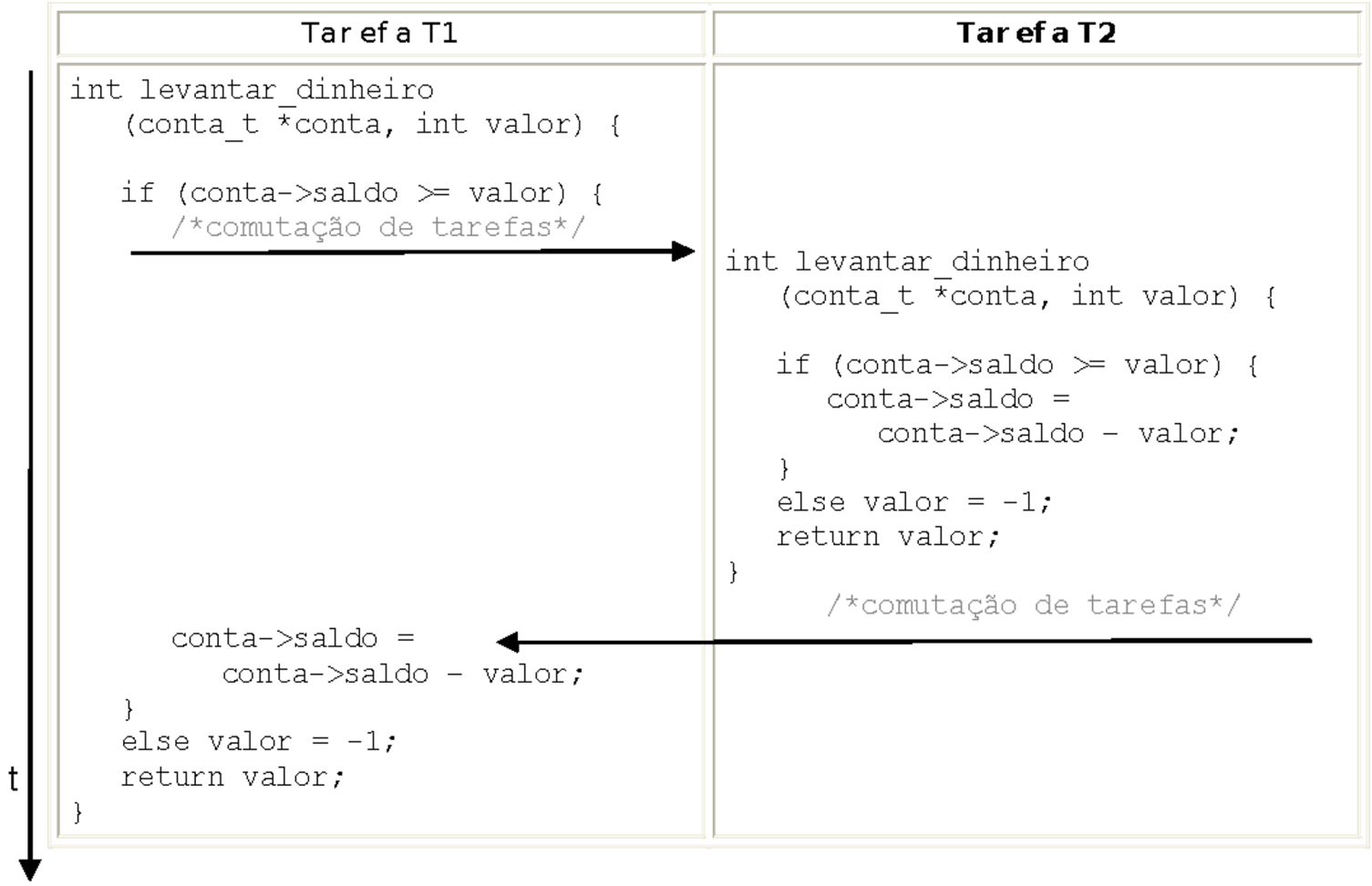
Sistemas Operativos

# Execução Concorrente

```
struct {
   int saldo;
   /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
   if (conta->saldo >= valor) {
     conta->saldo = conta->saldo - valor;
   }
   else
     valor = -1;

   assert(conta->saldo >= 0);

   return valor;
}
```

Problema se for multi-tarefa?

# Problema 1


Tarefa T1
Tarefa T2
int levantar_dinheiro
(conta_t *conta, int valor) {
if (conta->saldo >= valor) {
/*comutação de tarefas*/
int levantar_dinheiro
(conta_t *conta, int valor) {
if (conta->saldo >= valor) {
conta->saldo =
conta->saldo - valor;
}
else valor = -1;
return valor;
}
/*comutação de tarefas*/
conta->saldo =
conta->saldo - valor;
}
else valor = -1;
return valor;
}
t

# E assim?

```
struct {
    int saldo;
    /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
    conta->saldo = conta->saldo - valor;
    return valor;
}
```

Se a função for chamada N vezes, o que pode corer mal?

# Problema 2

;assumindo que a variável conta->saldo está na posição SALDO da memória

;assumindo que variável valor está na posição VALOR da memória

```
mov AX, SALDO ;carrega conteúdo da posição de memória
              ;SALDO para registo geral AX
mov BX, VALOR ;carrega conteúdo da posição de memória
              ;VALOR para registo geral BX
sub  AX, BX   ;efectua subtracção AX = AX - BX
mov SALDO, AX  ;escreve resultado da subtracção na
               ;posição de memória SALDO
```

# Secção Crítica

```
int levantar_dinheiro (ref *conta, int valor)
{
  if (conta->saldo >= valor) {
    conta->saldo = conta->saldo – valor;
  } else valor = -1;
  return valor;
}
```

Secção crítica

# Secção Crítica

```
int levantar_dinheiro (ref *conta, int valor)
{
   inicia_seccao_critica();
   if (conta->saldo >= valor) {
     conta->saldo = conta->saldo – valor;
   } else valor = -1;
   termina_seccao_critica();
   return valor;
}
```

Secção crítica

**O que gostaríamos que estas funções fizessem?**

# O que devemos impor quando uma tarefa entra numa secção crítica?

- Parar o resto do sistema?
- Barrar outras tarefas (do mesmo processo) que tentem entrar em qualquer secção crítica?
- Barrar outras tarefas (do mesmo processo) que tentem entrar em alguma secção crítica que aceda aos mesmos dados partilhados?

```
struct {
   int saldo;
   /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
   if (conta->saldo >= valor)
      conta->saldo = conta->saldo - valor;
   else
      valor = -1; /* -1 indica erro ocorrido */
   return valor;
}
```

# Objeto trinco lógico também chamado *mutex*

- Pode ser fechado ou aberto
- Uma vez fechado, outra tarefa que tente fechar espera até ser aberto
  - Esta propriedade chama-se exclusão mútua
- Usar trincos diferentes para secções críticas independentes:
  - maximizar paralelismo!

# Mesmo exemplo com mutex

```
trinco_t t;

struct {
   int saldo;
   /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
   fechar(t);
   if (conta->saldo >= valor)
      conta->saldo = conta->saldo - valor;
   else
      valor = -1; /* -1 indica erro ocorrido */
   abrir(t);
   return valor;
}
```

# Solução ainda melhor!...

```
struct {
   int saldo;
   trinco_t t;
   /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
   fechar(conta->t);
   if (conta->saldo >= valor)
      conta->saldo = conta->saldo - valor;
   else
      valor = -1; /* -1 indica erro ocorrido */
   abrir(conta->t);
   return valor;
}
```

# Interface POSIX para mutexes

```
int pthread_mutex_init(pthread_mutex_t *mutex,
                       pthread_mutexattr_t *attr);
int pthread_mutex_lock(pthread_mutex_t *mutex);
int pthread_mutex_unlock(pthread_mutex_t *mutex);
int pthread_mutex_trylock(pthread_mutex_t *mutex);
int pthread_mutex_timedlock(pthread_mutex_t *mutex,
                            const struct timespec *timeout);
```

Exemplo:

```
//no início do main
pthread_mutex_t count_lock;
pthread_mutex_init(&count_lock, NULL);
…
//todas as secções críticas do programa
pthread_mutex_lock(&count_lock);
count++;
pthread_mutex_unlock(&count_lock);
```

# Preciso mesmo usar mutex?

# Preciso mesmo usar mutex? Exemplo

```
struct {
   int saldo;
   int numLevantamentos;
    pthread_mutex_t mutex;
   /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
   pthread_mutex_lock(&conta->mutex);
   if (conta->saldo >= valor) {
      conta->saldo = conta->saldo - valor;
      conta->numLevantamentos ++;
      pthread_mutex_unlock(&conta->mutex);
   }
   else {
      pthread_mutex_unlock(&conta->mutex);
      valor = -1;
   }
   return valor;
}

int consultar (conta_t* conta, int *levantamentos) {
   int s;
   pthread_mutex_lock(&conta->mutex);
   if (levantamentos)
      *levantamentos = conta->numLevantamentos;
   s = conta->saldo;
   pthread_mutex_unlock(&conta->mutex);
   return s;
}
```

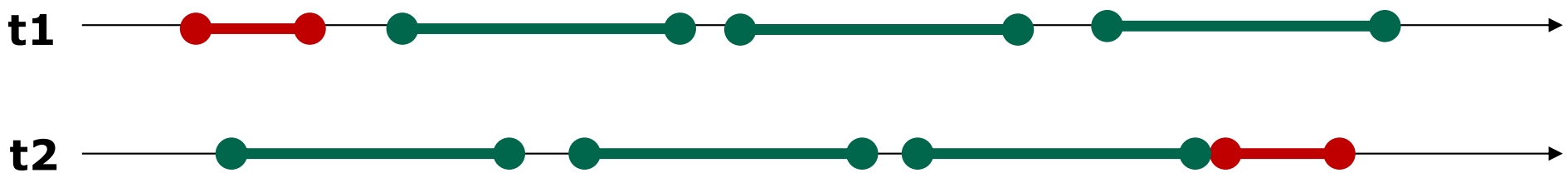
**Se esta função só lê, é mesmo preciso mutex?**

Não usar trinco: arriscamos resultado inconsistente!

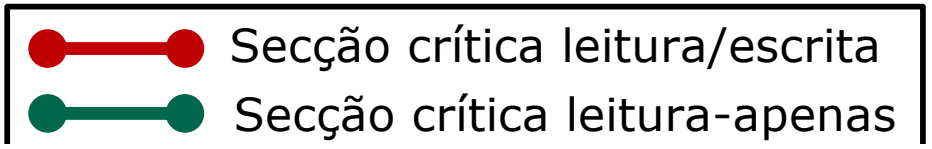
Usar trinco: proíbe que duas tarefas executem a função em paralelo

# O custo da sincronização (com mutex)

- Sem sincronizar
  - Bom desempenho mas **incorreto**!




- Sincronizando com mutex

# Trincos de leitura-escrita

Podem ser fechados de duas formas:

- fechar para ler ou fechar para escrever

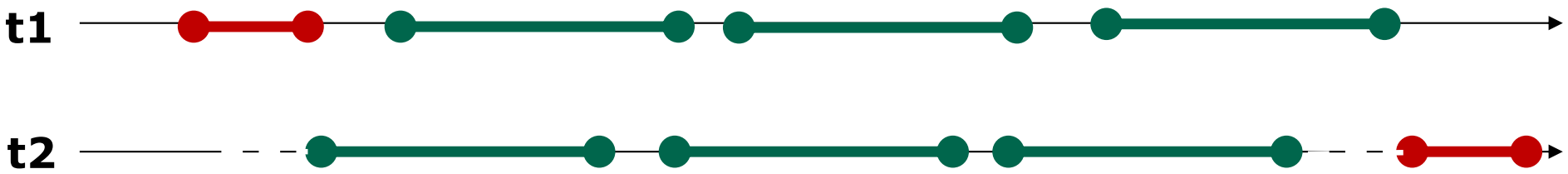
Semântica:

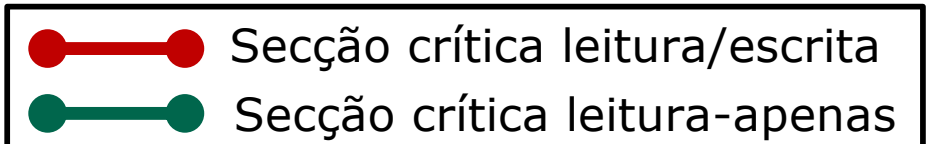
- Os escritores só podem aceder em exclusão mútua
- Os leitores podem aceder simultaneamente com outros leitores mas em exclusão mútua com os escritores
- Vantajoso quando acessos a secções críticas de leitura são dominantes

# O custo da sincronização (com mutex)

- Sincronizando com mutex


- Sincronizando com trinco de leitura-escrita



# Trincos de leitura-escrita em POSIX

Tipo de dados: `pthread_rwlock_t`

Fechar para ler:

```
int pthread_rwlock_rdlock(pthread_rwlock_t *lock);
```

Fechar para escrever:

```
int pthread_rwlock_wrlock(pthread_rwlock_t *lock);
```

Abrir:

```
int pthread_rwlock_unlock(pthread_rwlock_t *lock);
```

Mais variantes disponíveis

trylock, timedlock, etc. Ver *man pages.*

# Mesmo exemplo com trincos de leitura-escrita

```
struct {
   int saldo;
   int numLevantamentos;
   pthread_rwlock_t rwlock;
   /* outras variáveis,ex. nome do titular, etc. */
} conta_t;

int levantar_dinheiro(conta_t* conta, int valor) {
   pthread_rwlock_wrlock(&conta->rwlock);
   if (conta->saldo >= valor) {
      conta->saldo = conta->saldo - valor;
      conta->numLevantamentos ++;
   }
   else valor = -1;
   pthread_rwlock_unlock(&conta->rwlock);
   return valor;
}

int consultar (conta_t* conta, int *levantamentos) {
   int s;
   pthread_rwlock_rdlock(&conta->rwlock);
   if (levantamentos)
      *levantamentos = conta->numLevantamentos;
   s = conta->saldo;
   pthread_rwlock_unlock(&conta->rwlock);
   return s;
}
```