Memória Transacional de Software

Memória transacional de software (STM)

- Regiões da memória usadas dentro de transações
- Alternativa ao uso de exclusão mútua
  - Lembrando: **`MVar`**s criam zonas de exclusão mútua

Memória transacional de software (STM)

- Regiões da memória usadas dentro de transações
- Alternativa ao uso de exclusão mútua
  - Lembrando: **`MVar`**s criam zonas de exclusão mútua

- Ainda é um tópico de pesquisa
  - Mas Haskell tem uma implementação robusta
- Memória transacional também pode ser implementada em hardware

Por que memória transacional?

- Menos complicação
  - Travas são muito difíceis de gerenciar
  - Com STM, o *runtime* é quem trabalha
- Não há bloqueio
  - Logo, não há *deadlocks*
  - Quando só exclusão mútua é necessária
- **É novidade!** :)
  - Mas já está começando a se tornar prática

IBM Sequoia (Lawrence Livermore National Laboratory)

4o computador mais rápido do mundo (nov/2016 – https://www.top500.org/lists/2016/11/)

Usa memória transacional de hardware na *cache* L2

http://img.gawkerassets.com/img/17q5vj0579zd9jpg/original.jpg

Mais sobre STM

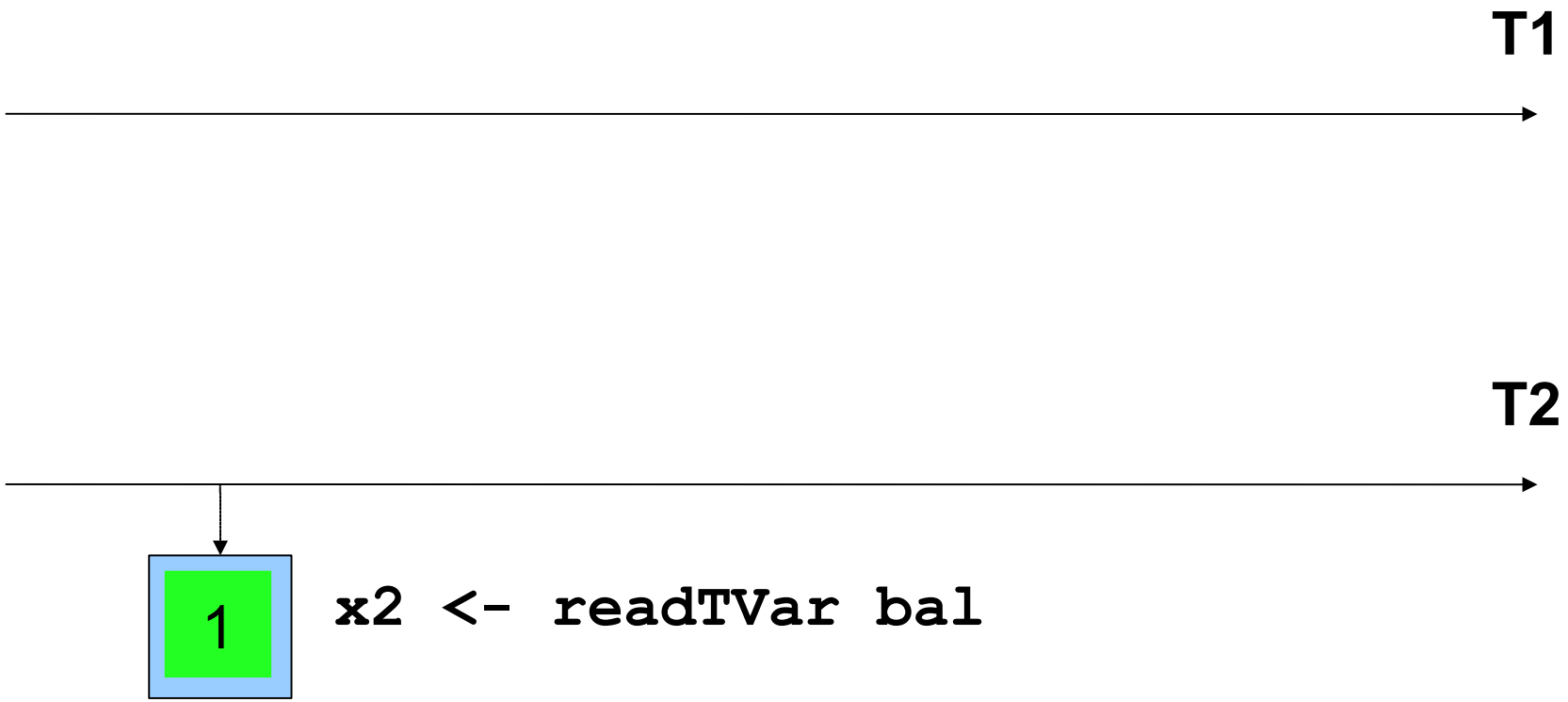
- Pacote **`Control.Concurrent.STM`**
- STM => Atomicidade + Isolamento
- Transações são definidas pela monad **`STM`**
  - Similar a **`IO`**
  - **`atomically :: STM a -> IO a`**
- Uma transação não pode realizar operações de entrada e saída
  - E comunicação entre *threads* precisa ser controlada

Exemplo simplíssimo

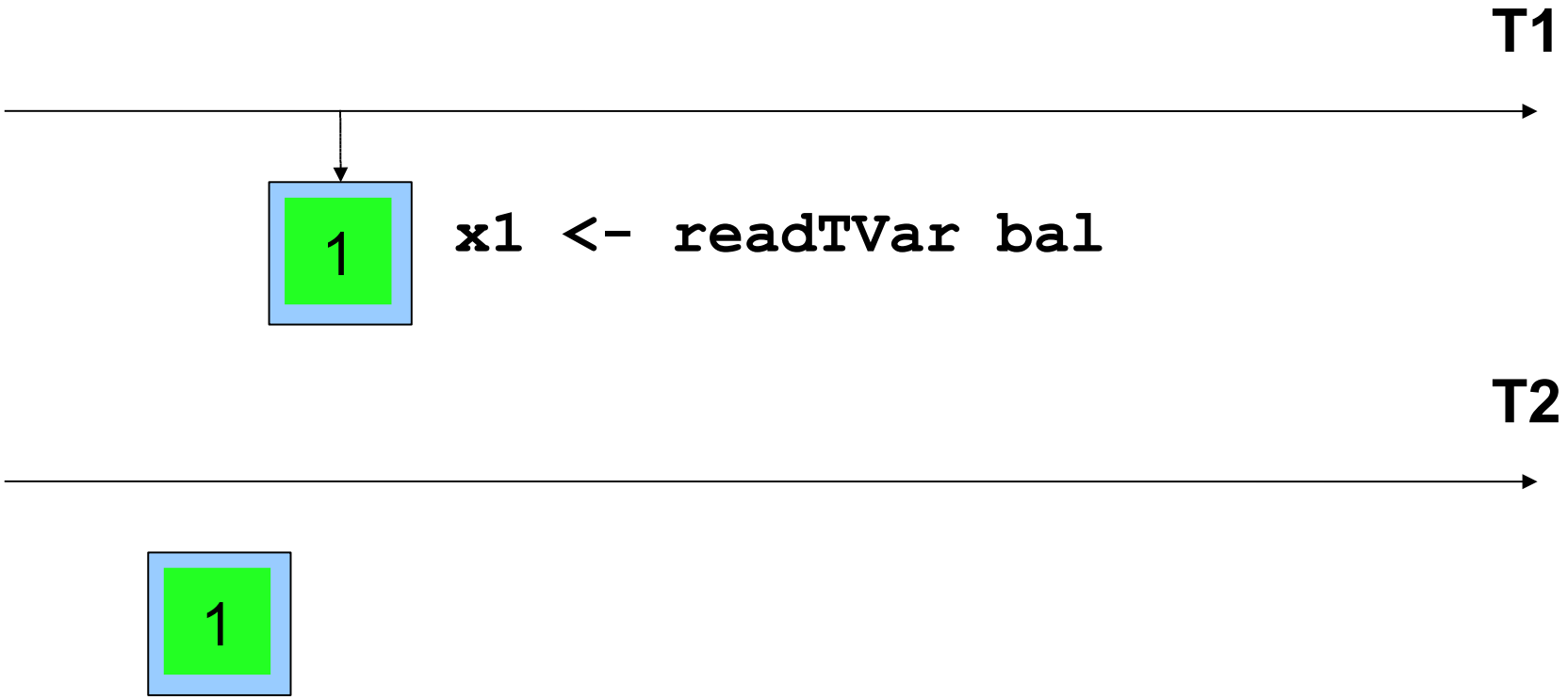
```
-- thread T1
atomically (do x1 <- readTVar bal
               writeTVar bal (x1+10)
)
-- thread T2
atomically (do x2 <- readTVar bal
               writeTVar bal (x2+2)
)
```

- Variáveis compartilhadas: **TVars**
  - Usadas apenas dentro de blocos atômicos
  - E se as duas *threads* tentarem escrever em **bal**?

STM em ação

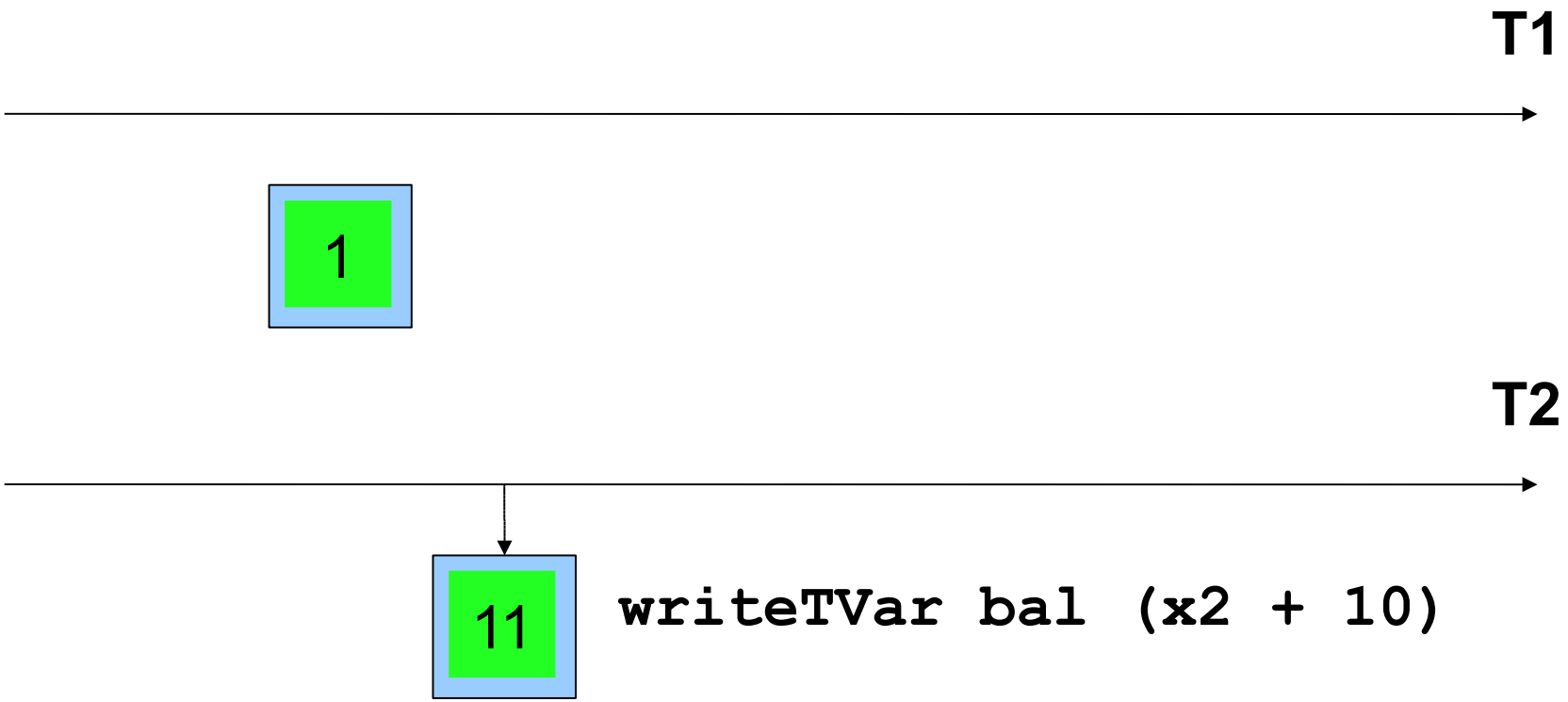


STM em ação

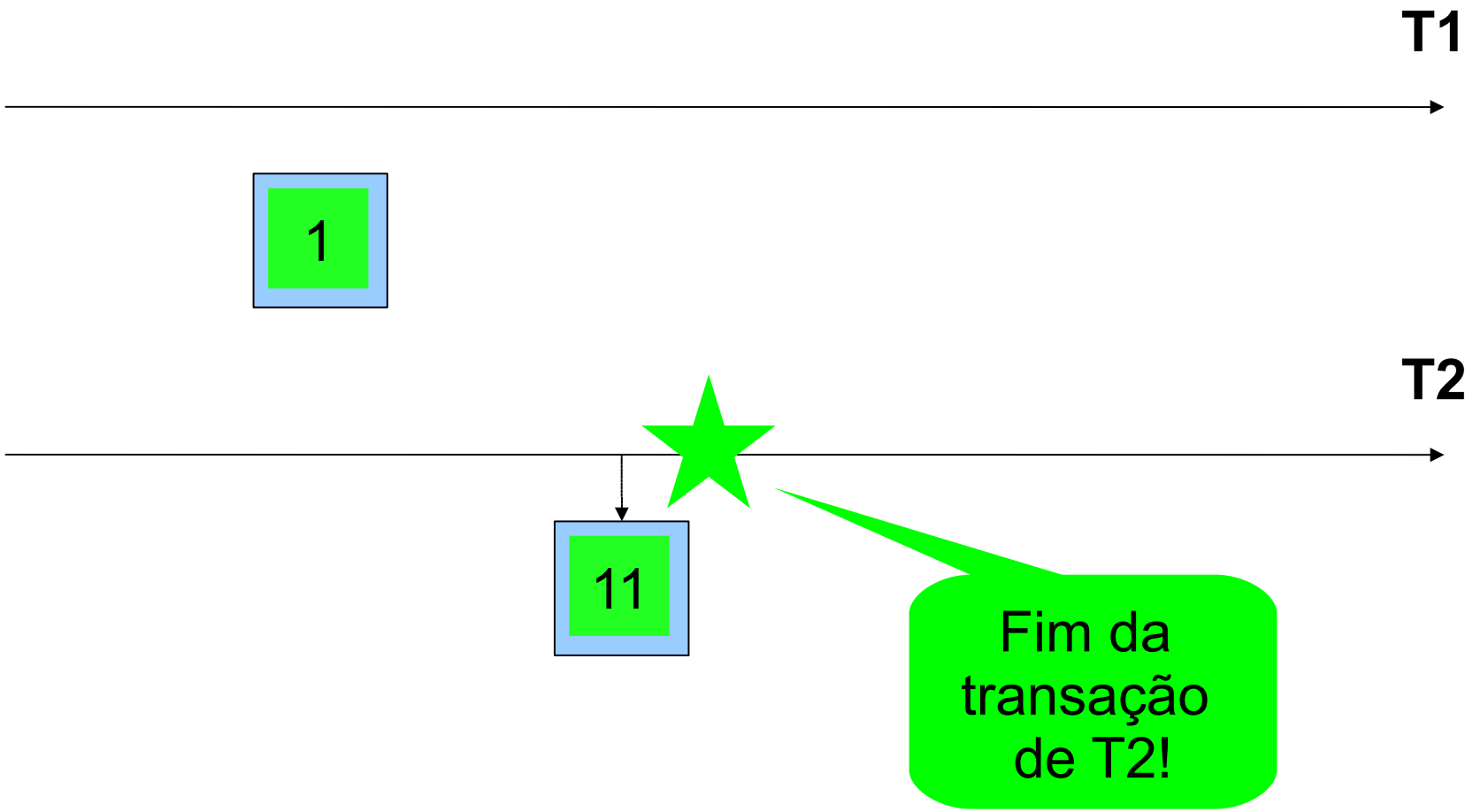


Cada transação mantém uma cópia da variável!

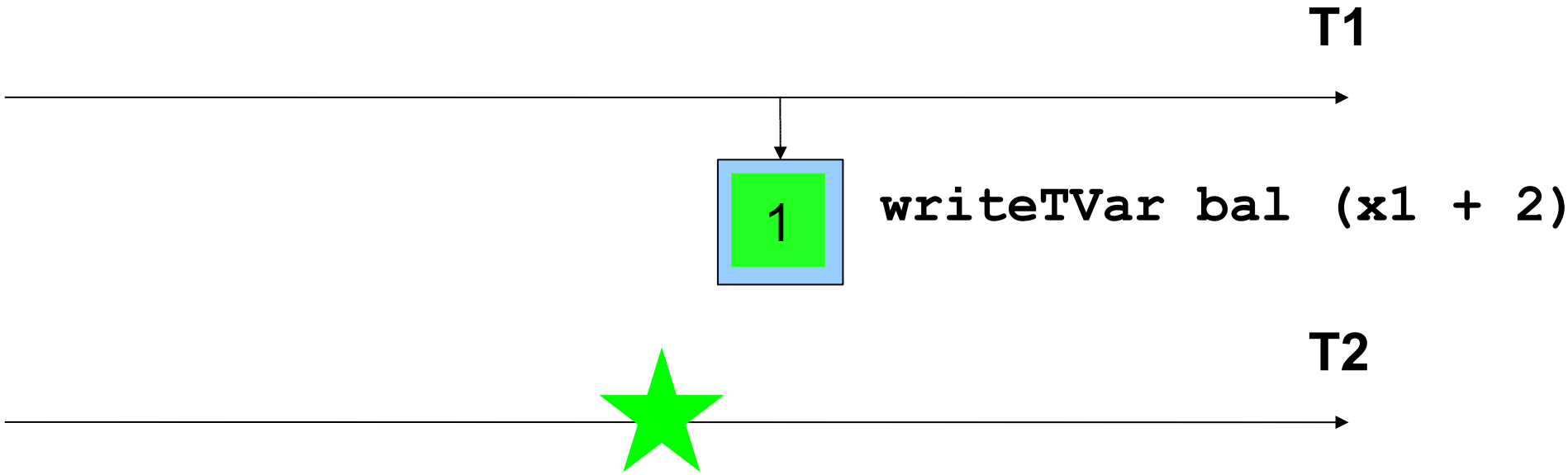
STM em ação



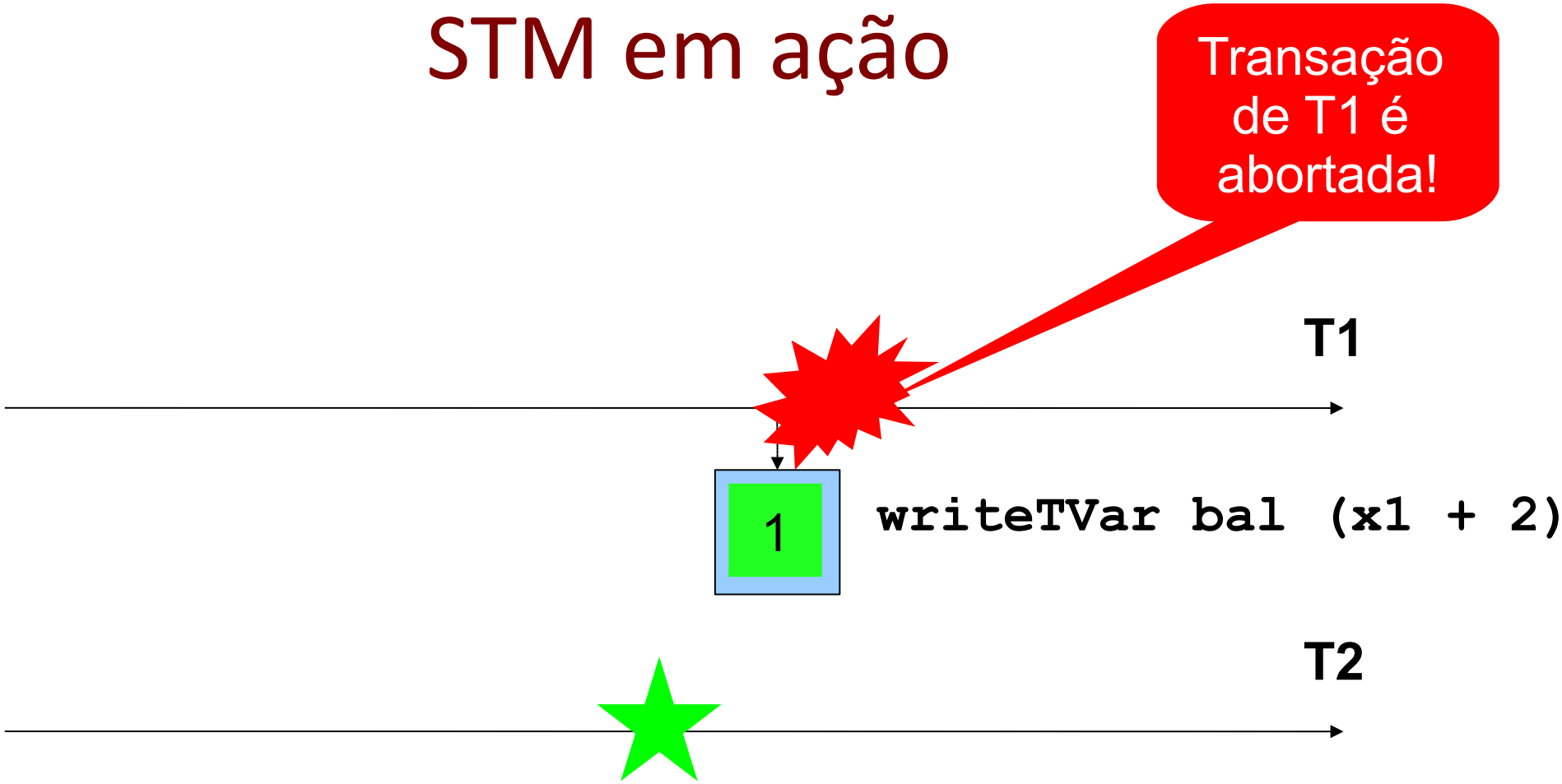
STM em ação



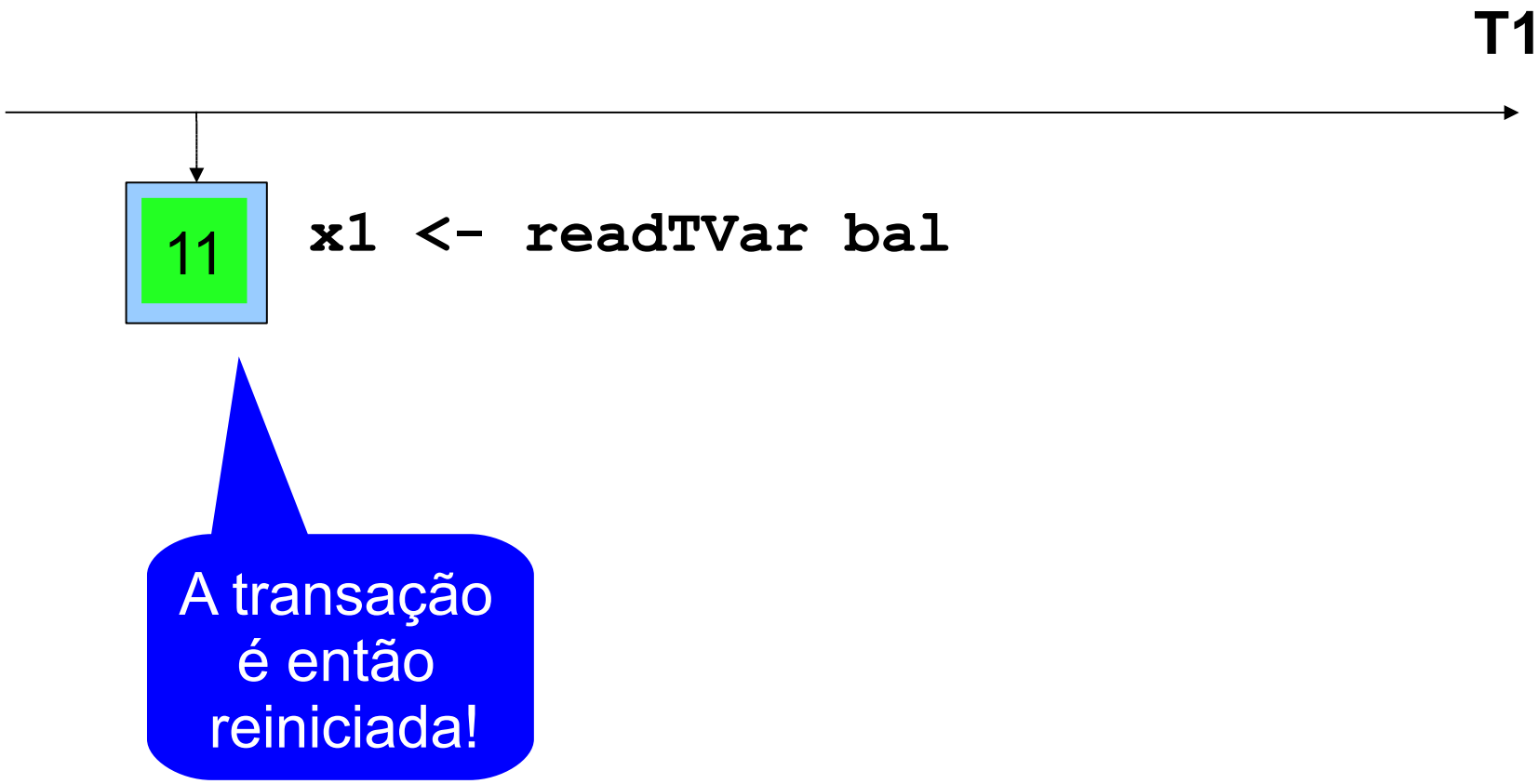
STM em ação



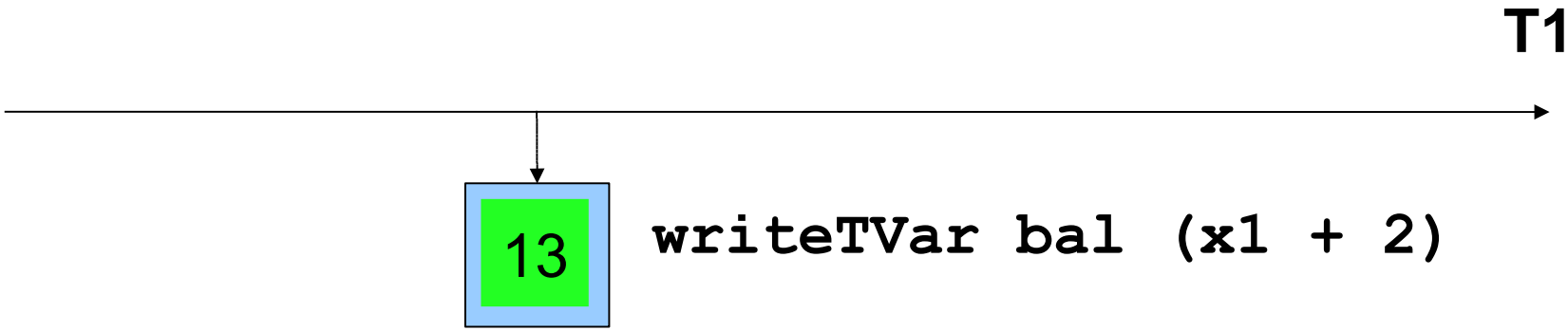
STM em ação



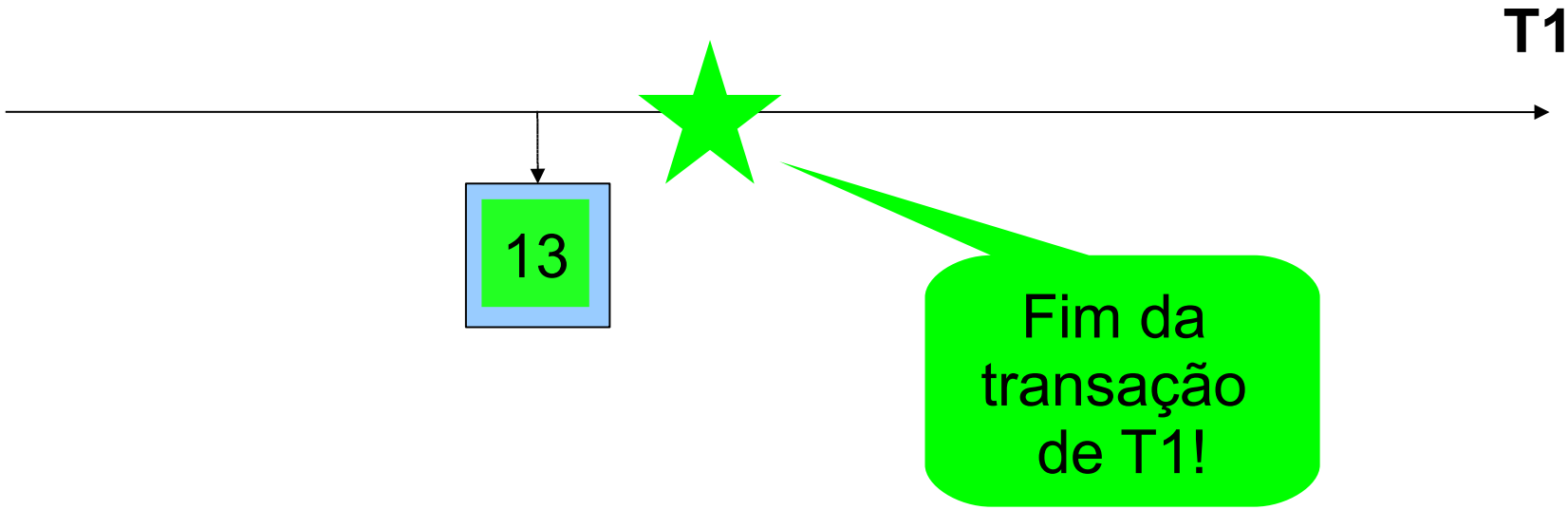
STM em ação



STM em ação



STM em ação



Algumas definições importantes

```
data TVar a

readTVar :: TVar a -> STM a

writeTVar :: TVar a -> a -> STM ()

newTVar :: a -> STM (TVar a)

retry :: STM a

orElse :: STM a -> STM a -> STM a
```

Contador transacional

```
import Control.Concurrent.STM
main :: IO ()
main = do contador <- atomically (newTVar 0)
          fim <- newMVar 2
          forkIO (oper (+) contador fim 100000)
          forkIO (oper (-) contador fim 100000)
          waitThreads fim
          v <- atomically (readTVar contador)
          putStr (show v)

waitThreads :: MVar Int -> IO ()
waitThreads fim =
  do f <- takeMVar fim
     if (f > 0)
     then do { putMVar fim f; waitThreads fim }
     else return ()
```

Contador transacional

```
oper :: (Int->Int->Int) -> TVar Int ->
        MVar Int -> Int -> IO()
oper op cont fim 0
  = do f <- takeMVar fim
       putMVar fim (f-1)
oper op cont fim num
  = do v <- atomically (readTVar cont)
       atomically (writeTVar cont (op v 1))
       oper op cont fim (num-1)
```

Código rodando...

Contador transacional ERRADO

```
oper :: (Int->Int->Int) -> TVar Int ->
        MVar Int -> Int -> IO()
oper op cont fim 0
  = do f <- takeMVar fim
       putMVar fim (f-1)
oper op cont fim num
  = do v <- atomically (readTVar cont)
       atomically (writeTVar cont (op v 1))
       oper op cont fim (num-1)
```

Leitura e escrita precisam estar na mesma transação!!!

Contador transacional CORRIGIDO

```
oper :: (Int->Int->Int) -> TVar Int ->
        MVar Int -> Int -> IO()
oper op cont fim 0
  = do f <- takeMVar fim
       putMVar fim (f-1)
oper op cont fim num
  = do atomically (do{ v <- readTVar cont;
                       writeTVar cont (op v 1);
                     }
                  )
       oper op cont fim (num-1)
```

Tentando de novo: função `retry`

- Tenta executar uma transação novamente, do começo

- Usada quando uma condição necessária não é satisfeita
  - **Bloqueia** a transação temporariamente
  - Tenta de novo quando os **`TVars`** envolvidos mudam

Um exemplo bancário

```
import ...
waitThreads :: MVar Int -> IO()
...
main::IO()
main = do
          bal <- atomically (newTVar 0.0)
          invest <- atomically (newTVar 0.0)
          fim <- newMVar 2
          forkIO (makeInvestment bal invest fim)
          forkIO (incrementBalance bal fim)
          waitThreads fim
          e <- atomically (readTVar bal)
          f <- atomically (readTVar invest)
          putStr ("Balance: " ++ show e ++ "\n")
          putStr ("Investment: " ++ show f ++ "\n")
```

Um exemplo bancário (cont.)

```
incrementBalance :: TVar Float -> MVar Int -> IO ()
incrementBalance tvb fim = do
                                atomically(ib tvb)
                                f <- takeMVar fim
                                putMVar fim (f-1)

ib :: TVar Float -> STM ()
ib tvb = do
           y <- readTVar tvb
           if y < 10000
           then do{ writeTVar tvb (y + 1);
                    ib tvb;
                  }
           else return ()
```

...

Um exemplo bancário (cont².)

```
makeInvestment :: TVar Float -> TVar Float -> MVar Int -> IO()
makeInvestment bal inv fim =
    do
      atomically(
         do
           a <- readTVar bal
           if a < 1000
           then retry --condição não satisfeita
           else do {
                writeTVar inv 1000;
                writeTVar bal (a - 1000);
                }
      )
      f <- takeMVar fim
      putMVar fim (f-1)
```

Rodando o exemplo bancário

- Saída:
  - Balance: 9000.0
  - Investment: 1000.0
  - Esperada?

- **`ib`** roda sempre na mesma transação
  - Em que isso afeta **`makeInvestment`**?

Um outro exemplo bancário

```
import Control.Concurrent.STM
Import Control.Concurrent


main :: IO()
main =  do
          bal <- atomically (newTVar 0.0)
          invest <- atomically (newTVar 0.0)
          fim <- newEmptyMVar
          forkIO (incrementBalance bal fim)
          forkIO (makeInvestment bal invest)
          dummy <- takeMVar fim
          e <- atomically (readTVar bal)
          f <- atomically (readTVar invest)
          putStr ("Balance: " ++ show e ++ "\n")
          putStr ("Investment: " ++ show f ++ "\n")
          return ()
```

Um outro exemplo bancário (cont.)

```
incrementBalance :: TVar Float -> MVar Int -> IO ()
incrementBalance tvb fim = do
                           atomically(ib tvb)
                           x <- atomically(readTVar tvb)
                           if (x < 10000)
                           then incrementBalance tvb fim
                           else putMVar fim 0

-- ib é uma transação menor
ib :: TVar Float -> STM ()
ib tvb = do
           y <- readTVar tvb
           writeTVar tvb (y + 1)
```

Um outro exemplo bancário (cont².)

```
makeInvestment :: TVar Float -> TVar Float -> IO ()
makeInvestment bal inv =
    do {
      atomically(
          do { a <- readTVar bal;
            if a < 1000 then retry
                        else do { writeTVar inv 1000;
                                  writeTVar bal (a - 1000);
                                };
          }
      )         f <- takeMVar fim
                putMVar fim (f-1); }
```

- Saída:
  - Balance: 10000.0 ou 9000.0
  - Investment: 1000.0

Implemente um tipo de dados chamado `CountDownLatch`. Implemente também dois métodos, `await()` e `countDown()`. Esse tipo e esses métodos devem se comportar conforme o tipo e os métodos homônimos do exercício da aula passada.

Implemente um tipo chamada `BlockingQueue` que representa uma fila bloqueante segura para múltiplas threads. Implemente também dois métodos, `take() e put()`, que incluem e removem um elemento da fila. O construtor da classe recebe sua capacidade máxima. Chamadas a `take()` removem um elemento da fila, se houver. Se a fila estiver vazia em uma chamada a `take()`, a thread que invocou o método fica bloqueada. Analogamente para uma chamada a `put()` quando o buffer está cheio. Sua implementação deve funcionar corretamente para múltiplos produtores e consumidores, deve garantir que produtores conseguem colocar itens em um buffer não-cheio, se assim o desejarem, que consumidores conseguem remover itens de um buffer não-vazio se assim o desejarem e que, a qualquer momento, não mais que um produtor e não mais que um consumidor estão usando a fila.