программирование

ПРОБЛЕМЫ МНОГОПОТОЧНЫХ ПРИЛОЖЕНИЙ.

ПРИМИТИВЫ СИНХРОНИЗАЦИИ ПОТОКОВ.

План лекции

Проблемы многопоточных приложений

- Введение
  - Задачи читателей и писателей
  - Задачи спящего парикмахера
- Не DeadLock
  - Доступ к разделяемым данным
    - Atomicity-Violation Bugs
    - Order-Violation Bugs
- DeadLock
  - Примеры MSSQL
- Примитивы синхронизации
  - Критические секции
  - Мьютексы
  - Семафоры
  - События
  - Обработка таймаутов

Простое различие

Последовательная программа - программа, которая выполняет логическую операцию и когда она заканчивается, выполняет следующую логическую операцию.

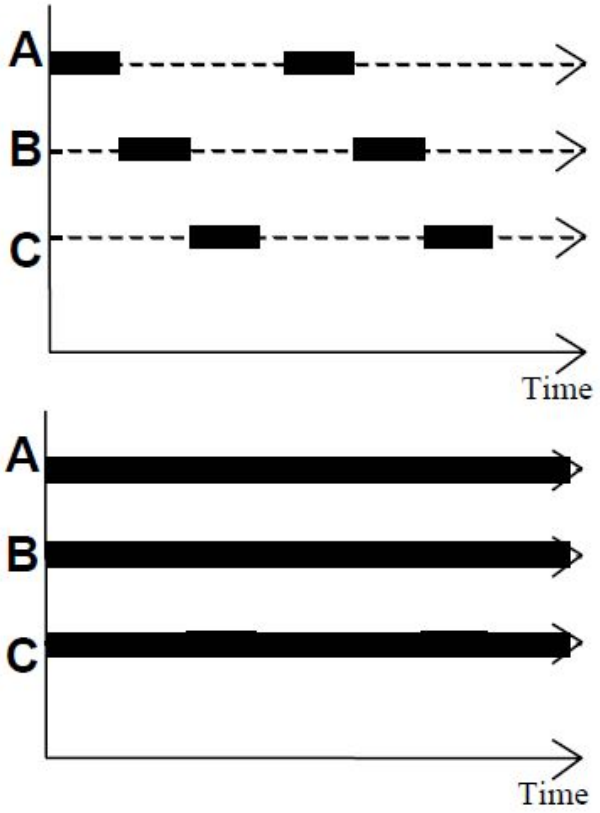
Параллельная программа - это **набор** независимых последовательных операций, **выполняющихся одновременно**.

Реализация параллельных вычислений

- Многопоточная
- Многопроцессная
- Распределенная

Parallelism vs Concurrency

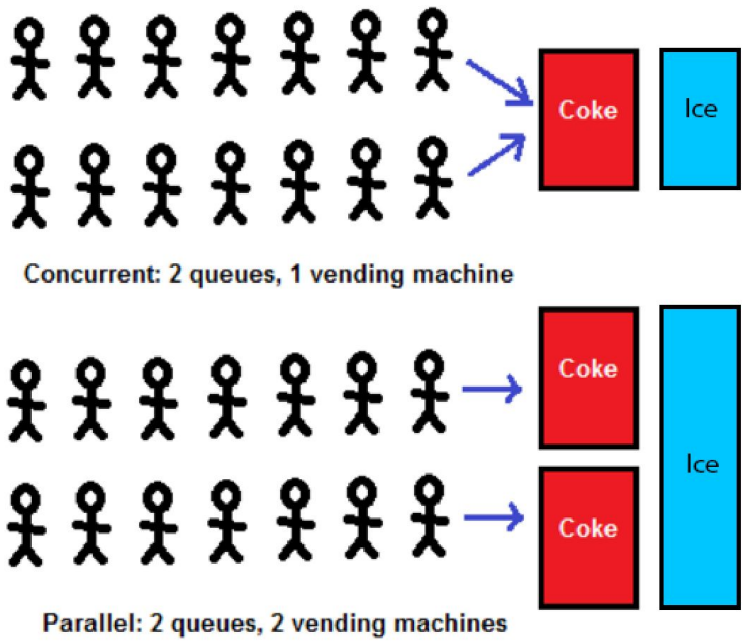
- Concurrency is not (only) parallelism
- Interleaved Concurrency
  - Logically simultaneous processing
  - Interleaved execution on a single processor
- Parallelism
  - Physically simultaneous processing
  - Requires a multiprocessors or a multicore system



Parallelism vs Concurrency

Сходства

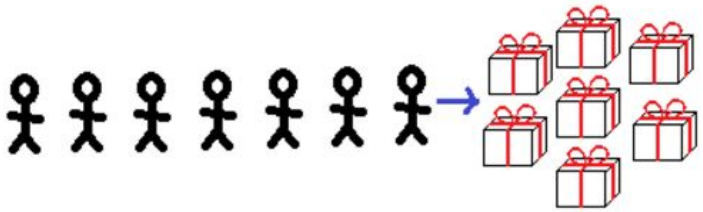
- Более быстрое выполнение по сравнению с одной очередью
- Последовательное выполнение в рамках одной очереди
- Борьба за ресурсы (теряется скорость паралеллизма)



Parallelism vs Concurrency

Отличия

- В случае Concurrency
  - необходима очередь
  - первый получает любой подарок
- В случае Parallelism
  - очередь не нужна (выигрыш по скорости)
  - заранее известно кто какой подарок возьмет



Concurrency: 7 kids queueing for presents from 1 heap

Parallelism: 7 kids getting 7 labeled presents, no queue

Parallelism vs Concurrency

Лабораторная работа №1

- Concurrency ?
- Parallelism?

Проблемы

- Shared resources
- DeadLocks
- ABA problem

Проблемы и примеры

- SharedResources
  - Банковский счет (*неверная запись переменной)*
  - Слишком много молока (*одновременное выполнение действия)*
  - Проблема спящего парикмахера (*неверное состояние системы)*
- DeadLocks
  - Проблема обедающих философов (*взаимная блокировка, бездействие, простаивание*)
- ABA problem

Проблемы и примеры

SharedResources

Гонки потоков. Банковский счет.

```
import java.util.*;

public class Account {
      String id;
      String password;
      int balance;

      Account(String id, String password, String balance) {
            this.id = id;
            this.password = password;
            this.balance = balance;
      }

      boolean is_password(String password) {
            return password == this.password;
      }

      int getbal() {
            return balance;
      }

      void post(int v) {
            balance = balance + v;
      }
}
```

```
import java.util.*;

public class Bank {
      HashMap<String, Account> accounts;
      static Bank theBank = null;

      private Bank() {
            accounts = new HashMap<String, Account>();
      }

      public static Bank getbank() {
            if (theBank == null)
                  theBank = new Bank();
            return theBank;
      }

      public Account get(String ID) {
            return accounts.get(ID);
      }
      …
}
```

Гонки потоков. Терминал оператора.

```
public void run() {
    while(true) {
        try {
            out.print("Account ID > " );
            String id = in.readLine();
            String acc = bnk.get(id);
            if (acc == null) throw new Exception();
            out.print("Password > " );
            String pass = in.readLine();
            if (!acc.is_password(pass))
               throw new Exception();
            out.print("your balance is "  +  acc.getbal());
            out.print("Deposit or withdraw amount > " );
            int val = in.read();
            if (acc.getbal() + val > 0)
                acc.post(val);
            else
               throw new Exception();
            out.print("your balance is "  +  acc.getbal());
        } catch(Exception e) {
            out.println("Invalid input, restart" );
        }
    }
}
```

Гонки потоков. Одновременное снятие.

balance	ATM 1	ATM 2
100		out.print("your balance is " + acc.getbal()); Your account balance is 100
	out.print("your balance is " + acc.getbal()); Your account balance is 100 out.print("Deposit or withdraw amount > "); Deposit or Withdraw amount >	out.print("Deposit or withdraw amount > "); Deposit or Withdraw amount >
	-90	-90
100	int val = in.read();	int val = in.read();
100	if (acc.getbal() + val > 0)	if (acc.getbal() + val > 0)
10 10	acc.post(val);	acc.post(val);
	out.print("your balance is " + acc.getbal()); Your account balance is 10	out.print("your balance is " + acc.getbal()); Your account balance is 10

Гонки потоков. Длительные операции.

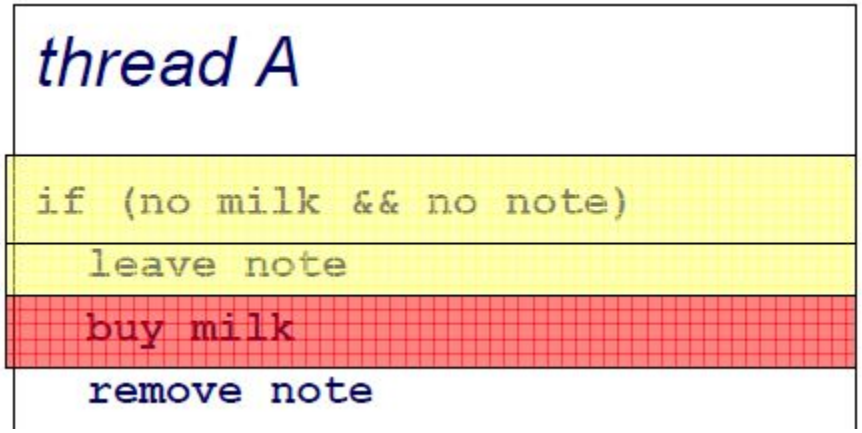
time	You	Your Roommate
3:00	Arrive home	
3:05	Look in fridge, no milk	
3:10	Leave for grocery	
3:15		Arrive home
3:20	Arrive at grocery	Look in fridge, no milk
3:25	Buy milk	Leave for grocery
3:35	Arrive home, put milk in fridge	
3:45		Buy Milk
3:50		Arrive home, put up milk
3:50		Oh no!

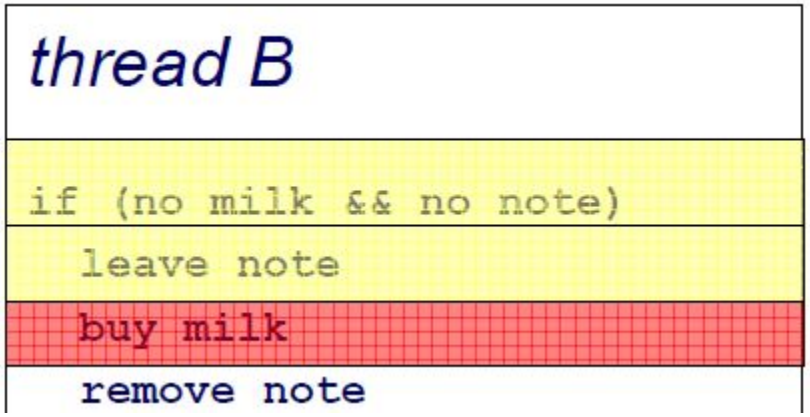
Гонки потоков. Длительные операции.

Нужна блокировка двойного выполнения.

Варианты?

Гонки потоков. Длительные операции.





Критическая секция

Участок исполняемого кода программы, в котором производится доступ к общему ресурсу (данным или устройству), который не должен быть одновременно использован более чем одним потоком исполнения.

При нахождении в критической секции двух (или более) процессов возникает состояние «гонки» («состязания»).

Гонки потоков. Одновременное снятие.

```
synchronized int getbal() {
        return balance;
    }
synchronized void post(int v) {
        balance = balance + v;
    }
```

Эксклюзивный доступ

```
if (acc.getbal() + val > 0)
    acc.post(val);
else
    throw new Exception();
```

Код снятия со счета

Решена ли проблема?

Гонки потоков. Двойное списание.

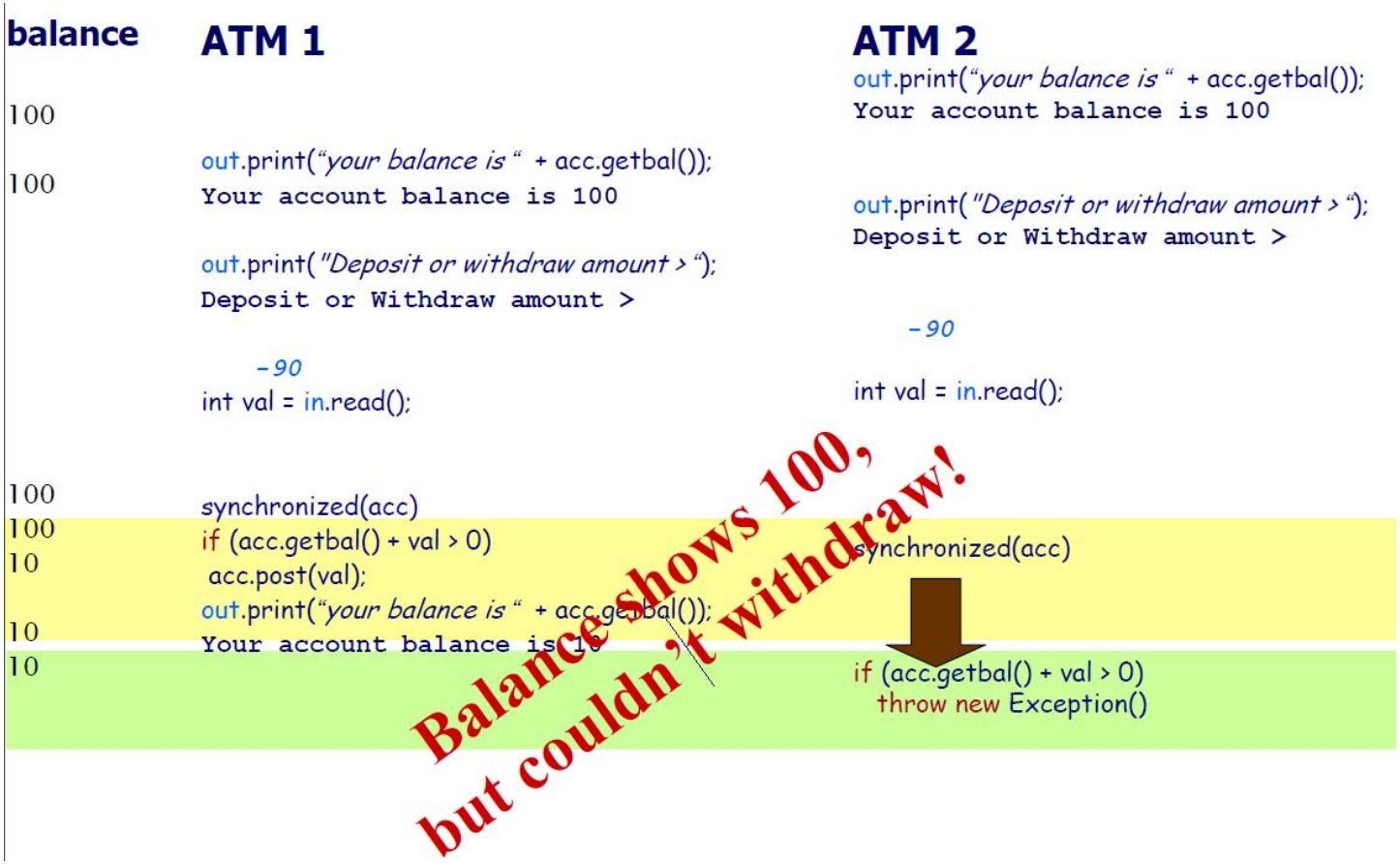
balance	ATM 1	ATM 2
100		int val = in.read();
	int val = in.read();	
100		if (acc.getbal() + val > 0)
100	if (acc.getbal() + val > 0)	
100		acc.post(val);
10	acc.post(val);	
-80		
		out.print("your balance is " + acc.getbal());
		Your account balance is -80
	out.print("your balance is " + acc.getbal());	
	Your account balance is -80	

Negative Bank Balance!

Гонки потоков. Невозможность снятия.

```
public void run() {
        while(true) {
            try {
                out.print( "Account ID > " );
                String id = in.readLine();
                String acc = bnk.get(id);
                if (acc == null) throw new Exception();
                out.print( "Password > " );
                String pass = in.readLine();
                if (!acc.is_password(pass))
                   throw new Exception();
                out.print("your balance is " + acc.getbal());
                out.print( "Deposit or withdraw amount > " );
                int val = in.read();
                synchronized (acc) {
                   if (acc.getbal() + val > 0)
                     acc.post(val);
                   else
                     throw new Exception();
                   out.print("your balance is " + acc.getbal());
                }
            } catch(Exception e) {
                out.println( "Invalid input, restart" );
            }
        }
    }
```

Гонки потоков. Невозможность снятия.



Гонки потоков. Подвисание интерфейса.

```
synchronized (acc) {
    out.print("your balance is " + acc.getbal());
    out.print("Deposit or withdraw amount > " );
    int val = in.read();
    if (acc.getbal() + val > 0)
      acc.post(val);
    else
      throw new Exception();
    out.print("your balance is " + acc.getbal());
}
```

Гонки потоков. Подвисание интерфейса.

ATM 1

```
Account ID >
```

ben

```
Password >
```

6189cell

```
synchronized(acc)
out.print("your balance is " + acc.getbal());
Your account balance is 100

out.print("Deposit or withdraw amount > ");
Deposit or Withdraw amount >
```

-90

ATM 2

```
Account ID >
```

ben

```
Password >
```

6189cell

```
synchronized(acc)
```

Гонки потоков. Трансфер денег.

```
public boolean transfer(Account from, Account to, int val) {
        synchronized(from) {
            if (from.getbal() > val)
                from.post(-val);
            else
                throw new Exception();
            synchronized(to) {
                to.post(val);
            }
        }
    }
```

SharedResources. Безопасная запись.

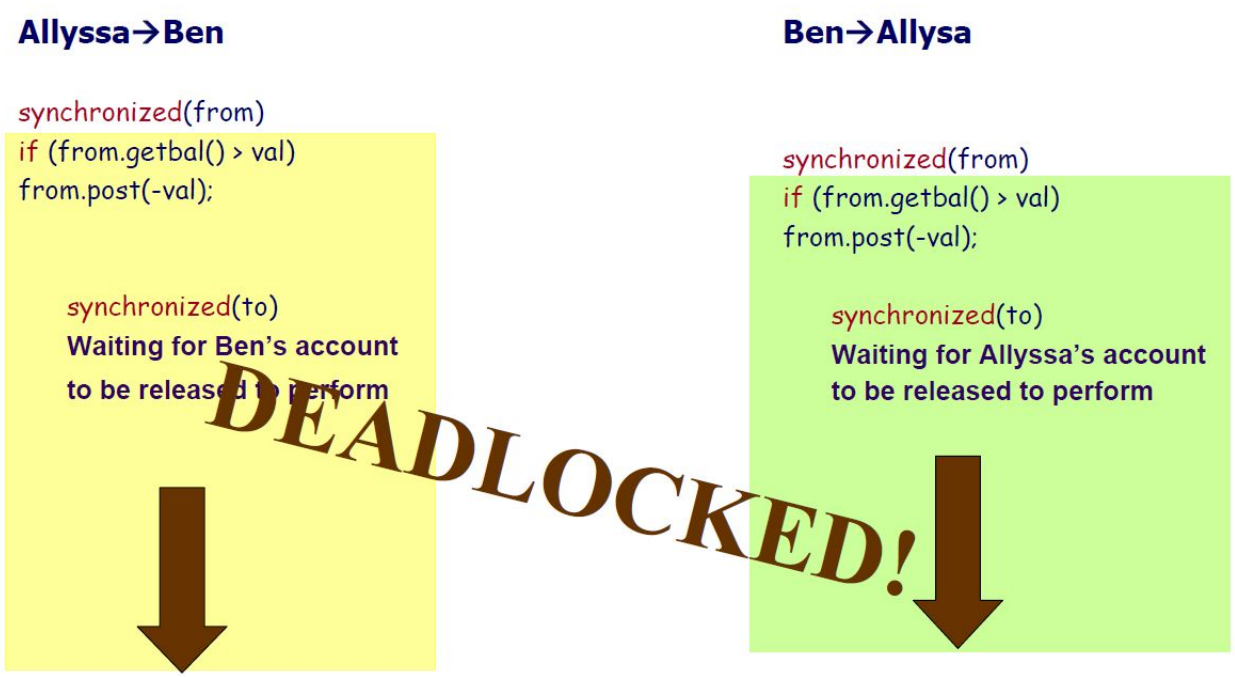
- Доступ к ресурсу не изменяет ресурс – например операция чтения;
- Изменение данных является идемпотентным – повторные запросы на изменение приводят к одинаковому результату;
- Изменение данных выполняется только одним объектом – персональный доступ, критическая секция.

Проблемы и примеры

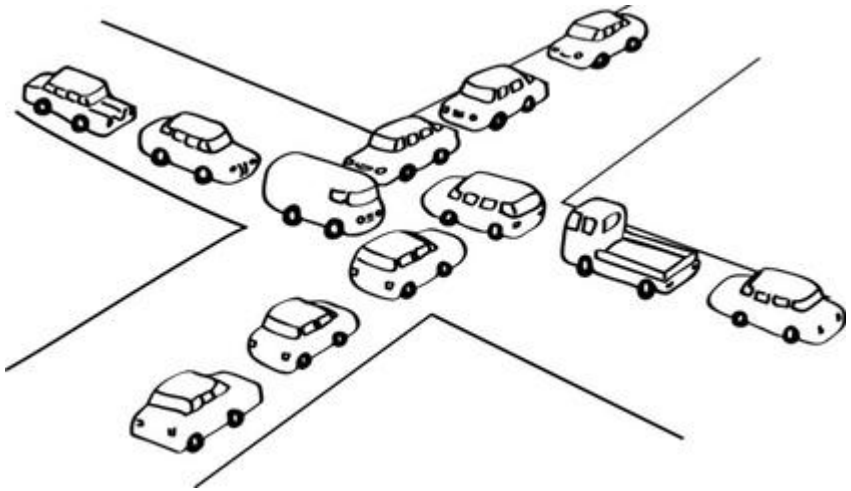
DeadLocks

Гонки потоков. Взаимная блокировка.

Allyssa wants to transfer $10 to Ben's account
While Ben wants to also transfer $20 to Allyssa's account



DeadLock



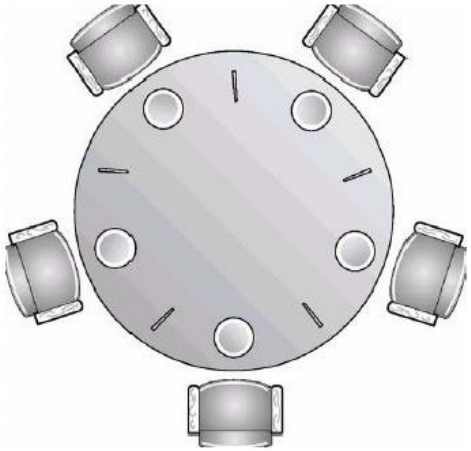
DeadLock

```
public boolean transfer(Account from,
                        Account to,
                        int val) {

    Account first = (from.rank > to.rank)?from:to;
     Account second = (from.rank > to.rank)?to:from;
        synchronized(first) {
            synchronized(second) {
                if (from.getbal() > val)
                    from.post(-val);
                else
                    throw new Exception();
                to.post(val);
            }
        }
}
```

Проблема обедающих философов.

- Пять философов
- Перед каждым тарелка спагетти.
- Между парой философов вилка.



- Либо есть двумя вилками
- Либо размышлять

- Может посмотреть и взять ближайшую вилку, если она доступна
- Может положить вилку

Проблема обедающих философов.

Нужен алгоритм действия философов.

Варианты?

Еще проблемы

- Livelock – потоки работают, но ничего не делают, потому как не могут захватить все необходимые ресурсы.
- Starvation (голодание) – потоку может совсем не доставаться ресурсов.
- Lack of fairness – кому-то достается больше ресурсов, кому то меньше.
- Shared Resources –
- DeadLocks –
- ABA - ??

DeadLocks

- Соблюдать последовательность входа и выхода в критические секции
- Использовать библиотечные классы (std, boost)
- Обрабатывать исключения
- Использовать правильную стратегию синхронизации

Примитивы синхронизации потоков.

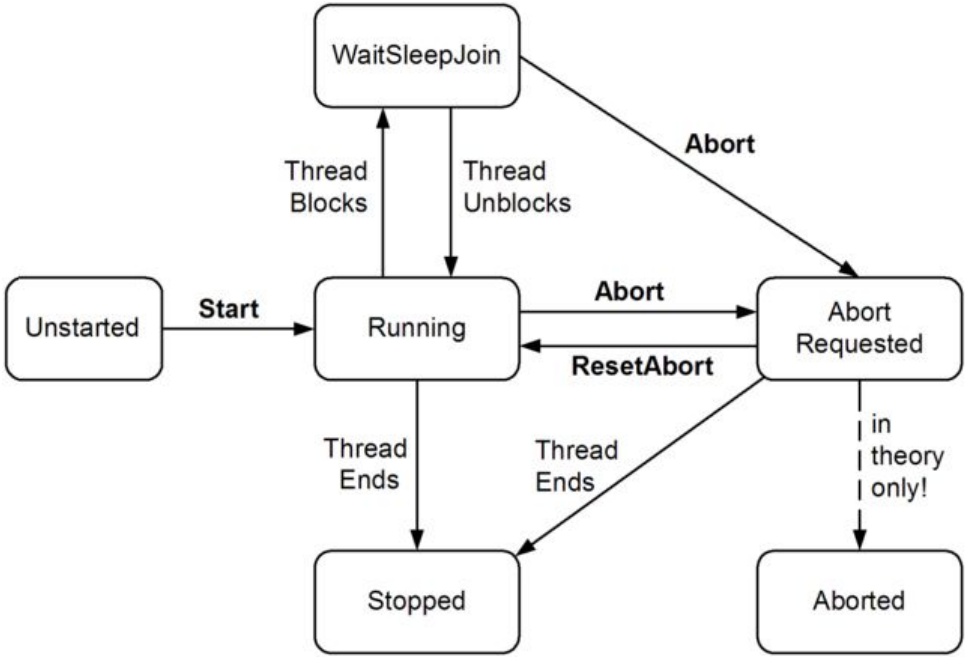
- Простые блокирующие методы
- Блокирующие конструкции
- Сигналы
- Неблокирующие конструкции

Примитивы синхронизации потоков.

Простые блокирующие методы

Простые блокирующие методы

- Wait
- Sleep
- Join



Простые блокирующие методы

Ожидание может завершиться по следующим причинам:

- Выполнилось условие ожидания
- Закончилось время ожидания
- Поток прерван функцией TerminateThread

Простые блокирующие методы. Условие ожидания

Минусы:

- Нагрузка на процессор
- Простои

```
while (!proceed);
```

or:

```
while (DateTime.Now < nextStartTime);
```

Простые блокирующие методы. Таймаут

WaitForSingleObject(.. INFINITE)

WaitForMultipleObjects(.. INFINITE)

Примитивы синхронизации потоков.

Блокирующие конструкции

Блокирующие конструкции

- Семафор — объект, ограничивающий количество потоков, которые могут войти в заданный участок кода.
- Мьютекс – семафор, разрешающий вход только одному потоку.

C++ Критическая секция

1. Назначение: предоставление доступа ОДНОМУ потоку
2. Скорость: высокая
3. Область видимости: процесс
4. Пример:
    1. CRITICAL_SECTION cs;
    2. InitializeCriticalSection(&cs);
    3. EnterCriticalSection(&cs);
    4. // ?? Только один поток
    5. LeaveCriticalSection(&cs);
    6. DeleteCriticalSection(&cs);

C++ Мьютекс

Именованная критическая секция, доступная для использования в рамках операционной системы.

1. Назначение: предоставление доступа ОДНОМУ потоку
2. Скорость: медленнее
3. Область видимости: ОС
4. Пример:
    1. HANDLE hMutex;
    2. hMutex = CreateMutex(NULL, false, NULL);
    3. WaitForSingleObject(hMutex, INFINITE);
    4. // ?? Только один поток
    5. ReleaseMutex(hMutex);
    6. CloseHandle(&cs);

C++ Семафор

1. Назначение: предоставление доступа НЕСКОЛЬКИМ потокам
2. Скорость: медленнее
3. Область видимости: ОС
4. Пример:
    1. HANDLE hSemaphore;
    2. hSemaphore = CreateSemaphore(NULL, [CURRENT],[MAX], NULL);
    3. WaitForSingleObject(hSemaphore, INFINITE);
    4. // ?? Не более MAX потоков
    5. ReleaseSemaphore(hSemaphore, 1, NULL);

Примитивы синхронизации потоков.

Сигналы

C++ Событие

1. HANDLE hEvent;
2. hEvent = CreateEvent(NULL, false (autoreset event), false, NULL);
3. WaitForSingleObject(hEvent, INFINITE);
4. // ?? один поток за счет autoreset
5. CloseHandle(hEvent);

Список литературы

Википедия

- **Введение**
  - https://habrahabr.ru/company/piter/blog/274569
- **Проблемы параллельного программирования**
  - https://ru.wikipedia.org/wiki/Проблема_спящего_парикмахера
  - https://ru.wikipedia.org/wiki/Проблема_обедающих_философов
- **Threading in C#**
  - http://www.albahari.com/threading
- **Best practices**
  - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/ff601929.aspx
  - https://msdn.microsoft.com/en-us/library/1c9txz50(v=vs.110).aspx

Введение в параллельное программирование

“To put it quite bluntly: as long as there were no machines, programming was no problem at all; when we had a few weak computers, programming became a mild problem, and now we have gigantic computers, programming has become an equally gigantic problem."

-- E. Dijkstra, 1972 Turing Award Lecture

Знаменитый закон Мура

I Закон Мура (1965): каждые 2 года количество транзисторов в интегральной микросхеме удваивается.

Следствие Хауса: производительность центрального процессора компьютера удваивается каждые 18 месяцев.

Мур, 2007: закономерности перестанут работать вследствие атомарной природы вещества и ограничения скорости света.

Вопросы