Multithreading

Многопоточность и синхронизация

Евгений Козлов

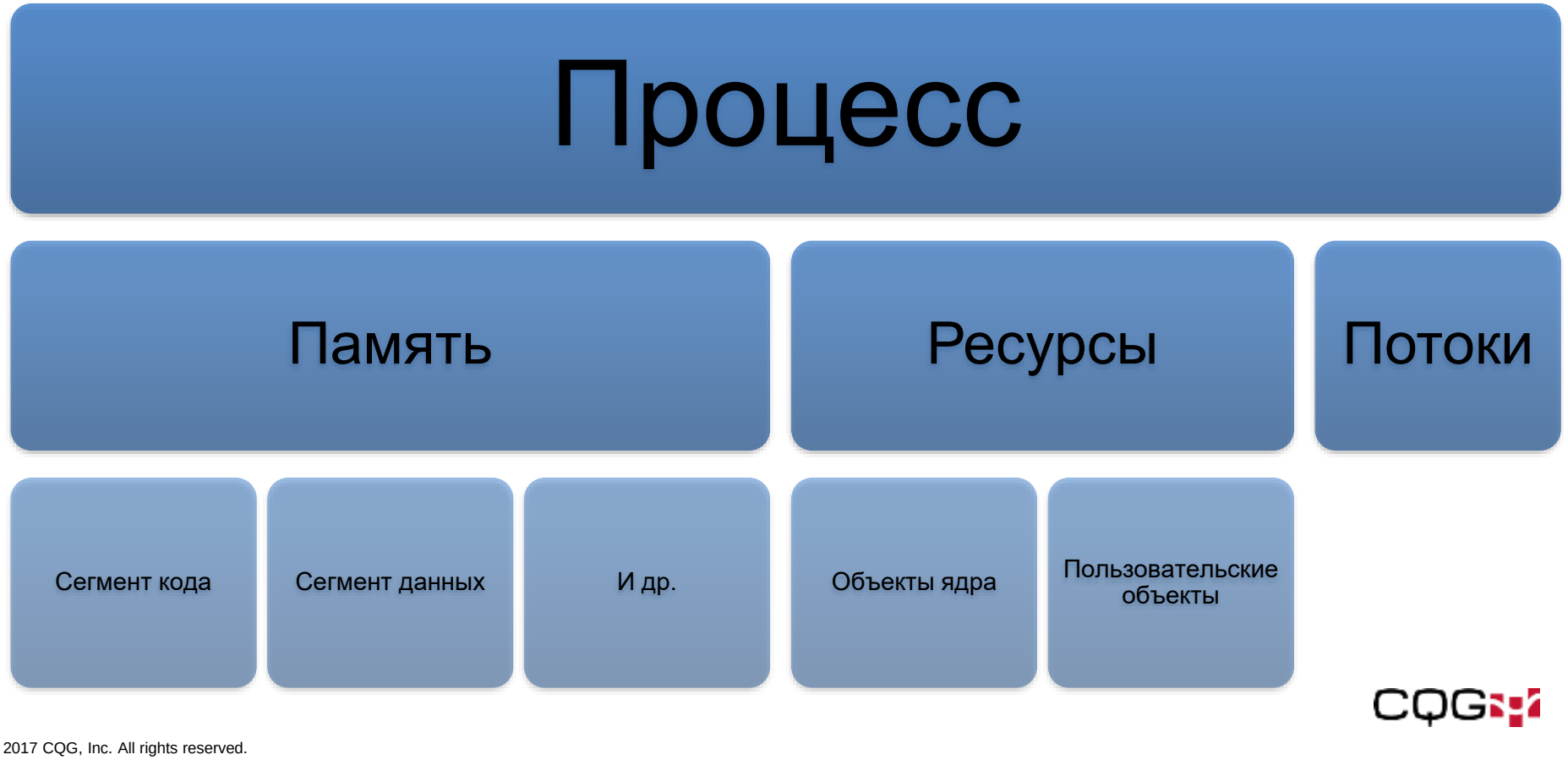
04.12.2020

CQG

Многопоточность

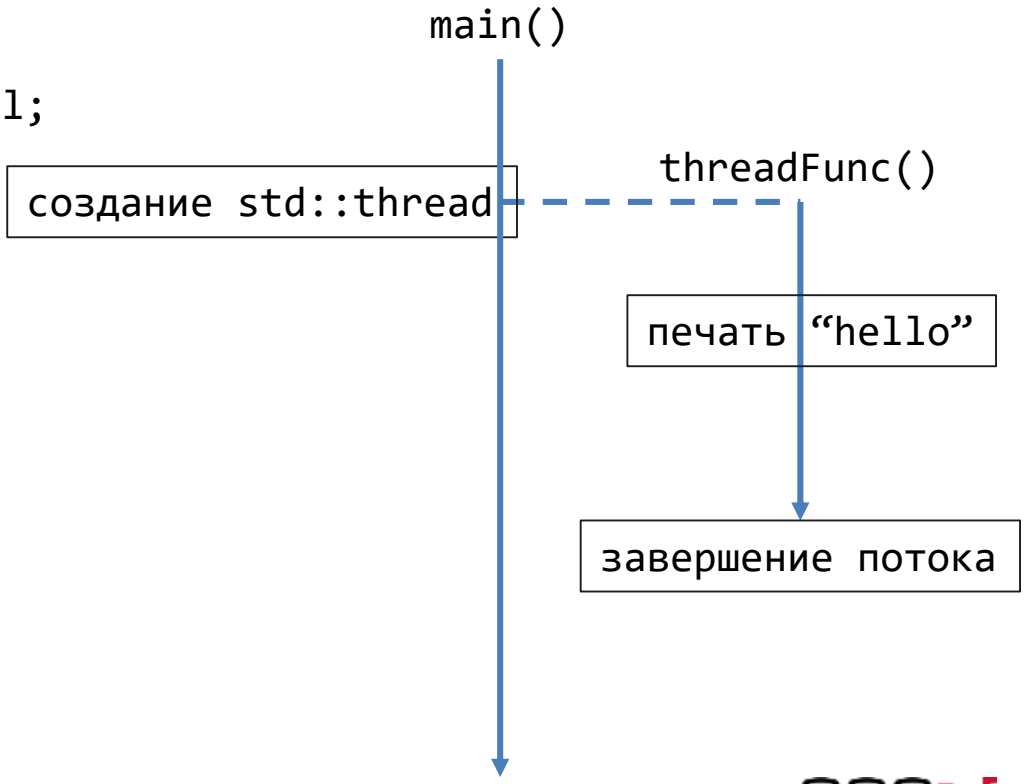
CQG

Что такое процесс и поток?



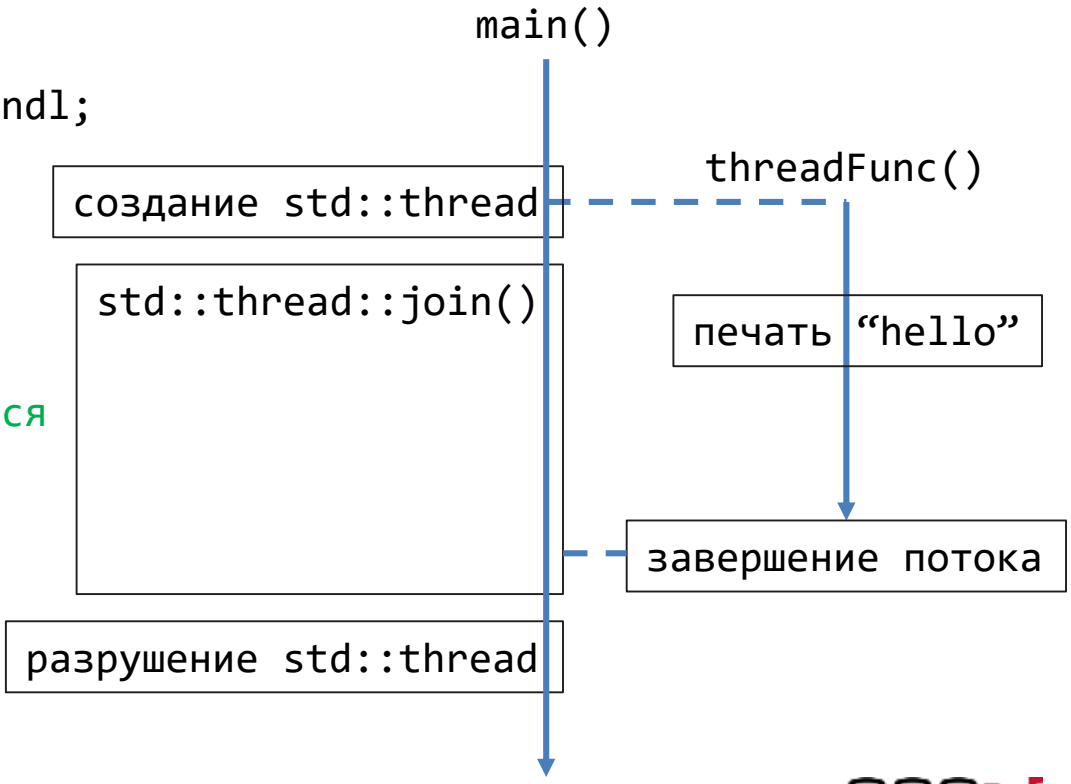
Создание потока

```
void threadFunc()
{
   std::cout << “hello” << std::endl;
}

int main()
{
   std::thread th(threadFunc);
   // Новый поток начал выполняться
}
```



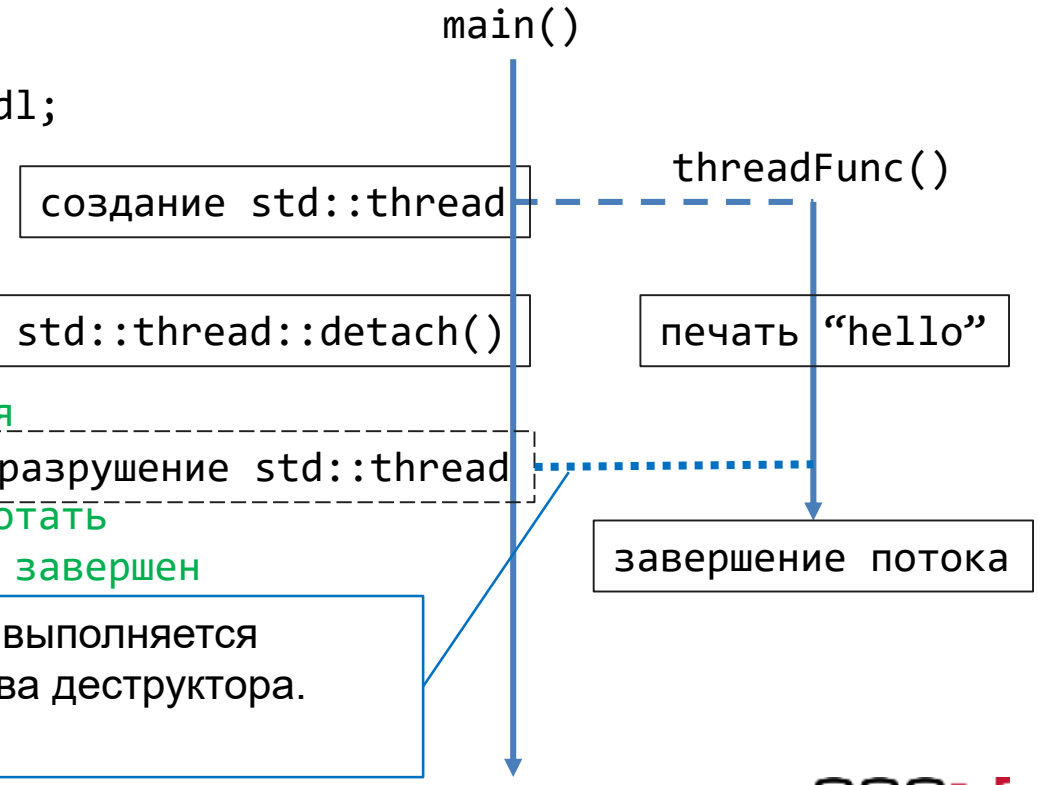
Ожидание завершения потока

```
void threadFunc()
{
    std::cout << “hello” << std::endl;
}

int main()
{
    std::thread th(threadFunc);
    // Новый поток начал выполняться
    th.join();
    // Новый поток завершил работу
}
```



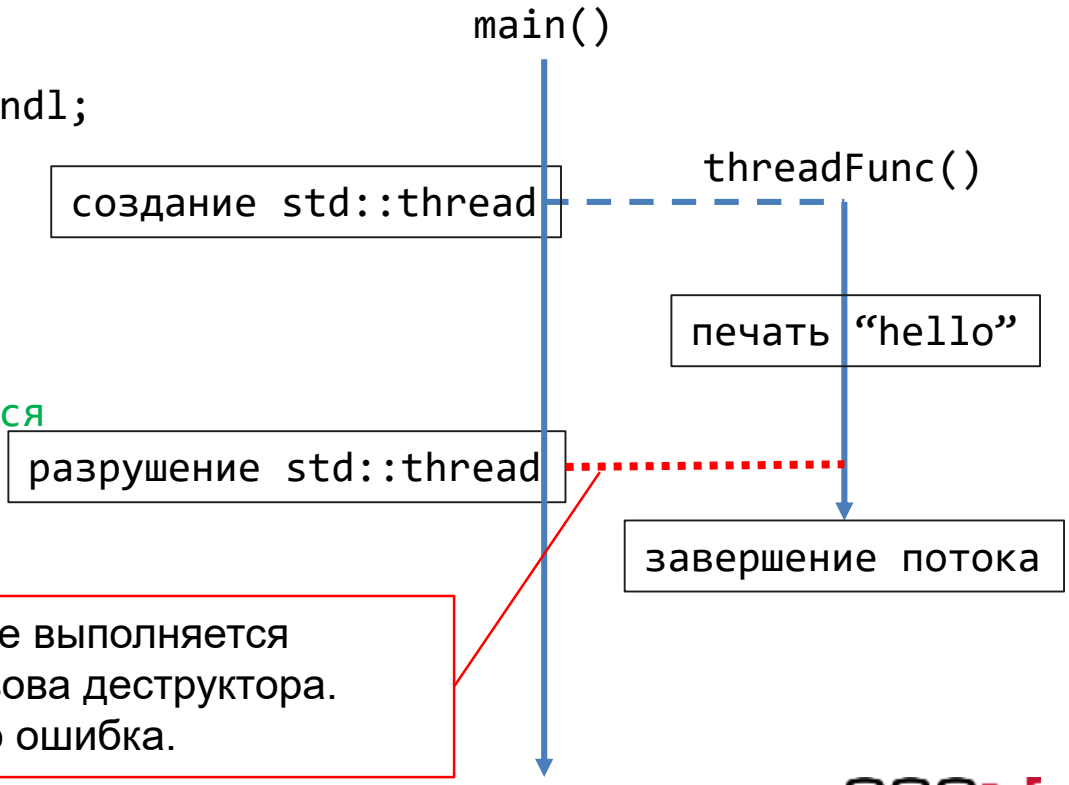
Фоновые потоки

```
void threadFunc()
{
   std::cout << “hello” << std::endl;
}

int main()
{
   std::thread th(threadFunc);
   // Новый поток начал выполняться
   th.detach();
} // Новый поток может все еще работать
// Новый поток будет принудительно завершен
```



Создание потока

```
void threadFunc()
{
   std::cout << “hello” << std::endl;
}

int main()
{
   std::thread th(threadFunc);
   // Новый поток начал выполняться
} // Crash!
```



Создание потока

```
void foo() { ... }
void bar(int a, std::string str) { ... }

class Object { void baz(int i) { ... } };

int main()
{
   std::thread th0; // Поток не был создан!
   std::thread th1(foo);
   std::thread th2(bar, 10, “text”);
   std::thread th3([](int i) { ... }, 10);

   Object obj;
   std::thread th4(&Object::baz, &obj, 10);
   ...
}
```

CQG

Передача объектов по ссылке

```
void foo(int& a)
{
   ++a;
}

int main()
{
   int a = 1;
   std::thread th(foo, a); // Ошибка компиляции
   th.detach();
}
```

CQG

Передача объектов по ссылке

```
void foo(int& a)
{
   ++a;
}

int main()
{
   int a = 1;
   std::thread th(foo, std::ref(a));
   th.join();
   // a == 2
}
```

CQG

Синхронизцаия потоков

```
std::queue<int> q;

void input() // Поток 1
{
   while (true)
      q.push_back(rand());
}

void output() // Поток 2
{
   while (true)
   {
      if (!q.empty())
         q.pop_front();
   }
}
```

Синхронизцаия потоков

```
std::queue<int> q;

void input() // Поток 1
{
   while (true)
      q.push_back(rand()); // Упадет здесь
}

void output() // Поток 2
{
   while (true)
   {
      if (!q.empty())
         q.pop_front(); // Или здесь
   }
}
```

CQG

std::mutex

```
std::queue<int> q;
std::mutex m;

void input() // Поток 1
{
   while (true)
   {
      m.lock();
      q.push_back(rand());
      m.unlock();
      // PS: еще есть try_lock
   }
}
```

```
void output() // Поток 2
{
   while (true)
   {
      m.lock();
      if (!q.empty())
         q.pop_front();
      m.unlock();
   }
}
```

CQG

std::lock_guard

```
// 1
{
   mutex.lock();
   ...
   mutex.unlock();
}

// 2
{
   std::lock_guard<std::mutex> guard(mutex); // mutex.lock()
   ...
} // mutex.unlock()
```

CQG

std::unique_lock

```
{  // std::defer_lock, std::try_to_lock, std::adopt_lock, или без параметра
   std::unique_lock<std::mutex> g(m, std::defer_lock);
   // Не заблокирован

   g.lock(); // Заблокирован
   ...
   g.unlock(); // Разблокирован

   g.lock(); // Заблокирован
   std::unique_lock<std::mutex> g2 = std::move(g);
   // Все еще заблокирован, но уже lock-ом g2
} // Разблокируется автоматически при разрушении g2
// PS: еще есть try_lock
```

CQG

Синхронизцаия потоков

```
std::string* data = new std::string();

void providerThread()
{
   while (true)
      data = new std::string("one two three four five");
}

void consumerThread()
{
   while (true)
      std::cout << *data << std::endl;
}
```

std::atomic

```
std::atomic<std::string*> data(new std::string());

void providerThread()
{
   while (true)
      data.store(new std::string("one two three four five"));
}

void consumerThread()
{
   while (true)
      std::cout << *data.load() << std::endl;
}
```

CQG

Conditional variables

```
std::queue<int> q;
std::mutex m;
```

```
void input() // Поток 1
{
   while (true)
   {
      std::unique_lock<mutex> g(m);
      q.push_front(rand());
      locker.unlock();
      // Этот поток почти всегда спит
      this_thread::sleep_for(
         chrono::seconds(1));
   }
}
```

```
void output() // Поток 2
{
   while (true)
   {
      std::unique_lock<mutex> g(m);
      if (!q.empty())
      {
         int n = q.back();
         q.pop_back();
         g.unlock();
         ... // Делаем что-нибудь
      }
   }
}
```

CQG

Conditional variables

```
std::queue<int> q;
std::mutex m;
std::conditional_variable cv;

void input() // Поток 1
{
   while (true)
   {
      std::unique_lock<mutex> g(m);
      q.push_front(rand());
      locker.unlock();
      cv.notify_one();
      this_thread::sleep_for(
         chrono::seconds(1));
   }
}
```

```
void output() // Поток 2
{
   while (true)
   {
      std::unique_lock<mutex> g(m);
      cond.wait(g,
         [](){ return !q.empty(); });
      int n = q.back();
      q.pop_back();
      g.unlock();
      ... // Делаем что-нибудь
   }
}
```

CQG

Отложенная инициализация

```
std::unique_ptr<ThreadSafeLogger> logger;


void thread_safe_log(const Message& message)
{
   if (!logger)
      logger = std::make_unique<ThreadSafeLogger>();
   logger.log(message); // Считаем, что этот вызов потокобезопасен
}
```

CQG

Отложенная инициализация

```
std::unique_ptr<ThreadSafeLogger> logger;
std::mutex mutex;

void thread_safe_log(const Message& message)
{
   {
      std::unique_lock<std::mutex> locker(mutex);
      if (!logger)
         logger = std::make_unique<ThreadSafeLogger>();
   } // std::mutex блокируется каждый раз, хотя нужно это лишь однажды
   logger.log(message);
}
```

CQG

Отложенная инициализация

```
std::unique_ptr<ThreadSafeLogger> logger;
std::once_flag flag;

void thread_safe_log(const Message& message)
{
   std::call_once(flag, // Гарантированно вызывается не больше одного раза
      []() { logger = std::make_unique<ThreadSafeLogger>(); });

   logger.log(message);
}
```

CQG

Deadlock

```
struct Safe
{
   std::mutex m_mutex;
   int m_money;
};

// Должен быть потокобезопасным
void Transfer(Safe& from, Safe& to, int delta)
{
   std::lock_guard<std::mutex> fromGuard(from.m_mutex);
   std::lock_guard<std::mutex> toGuard(to.m_mutex);

   from.m_money -= delta;
   to.m_money += delta;
}
```

CQG

Deadlock

```
struct Safe
{
   std::mutex m_mutex;
   int m_money;
};

// Должен быть потокобезопасным
void Transfer(Safe& from, Safe& to, int delta)
{
   std::lock_guard<std::mutex> fromGuard(from.m_mutex); // Deadlock
   std::lock_guard<std::mutex> toGuard(to.m_mutex);

   from.m_money -= delta;
   to.m_money += delta;
}
```

```
// Поток 1
Transfer(safeA, safeB, 10);

// Поток 2
Transfer(safeB, safeA, 20);
```

CQG

Deadlock

```
struct Safe
{
   std::mutex m_mutex;
   int m_money;
};

// Должен быть потокобезопасным
void Transfer(Safe& from, Safe& to, int delta)
{
   std::lock(from.m_mutex, to.m_mutex);
   std::lock_guard<std::mutex> fromGuard(from.m_mutex, std::adopt_lock);
   std::lock_guard<std::mutex> toGuard(to.m_mutex, std::adopt_lock);

   from.m_money -= delta;
   to.m_money += delta;
}
```

```
// Поток 1
Transfer(safeA, safeB, 10);

// Поток 2
Transfer(safeB, safeA, 20);
```

CQG

Исключения из потоков

```
void threadFunc()
{
   throw std::runtime_error("some failure");
}

int main()
{
   std::thread th(threadFunc);
   th.join();
}
```

Исключения из потоков

```
void threadFunc()
{   // Лучше не надо
   // throw std::runtime_error("some failure");
}

int main()
{
   std::thread th(threadFunc);
   th.join();
}
```

CQG

Time constraints

```
std::this_thread::sleep_for(duration);
std::this_thread::sleep_until(time_point);

timed_mutex.try_lock_for(duration);
timed_mutex.try_lock_until(time_point);

unique_lock.try_lock_for(duration);
unique_lock.try_lock_until(time_point);

condition_variable.wait_for(unique_lock, duration, condition);
condition_variable.wait_until(unique_lock, time_point, condition);
condition_variable.wait(unique_lock);
condition_variable.wait_for(unique_lock, duration);
condition_variable.wait_until(unique_lock, time_point);
```

CQG

Дополнительно

```
std::recursive_mutex rm;
// Может быть заблокирован несколько раз из одного и того же потока

std::recursive_timed_mutex rtm;
// recursive_mutex & timed_mutex

std::this_thread::get_id();
// Системный идентификатор потока

std::this_thread::yield();
// Возможно, отдает управление другим потокам
// А возможно и нет
```

CQG

Асинхронное программирование

CQG

Синхронное программирование

```
double integrate(Range range) { ... }

// 1. Передать исходные данные
// 2. Вызвать функцию
// 3. Сохранить результат работы функции

dest->result = integrate(src->GetRange());
```

CQG

Асинхронное программирование

```
double integrate(Range range) { ... }

// 3. Сохранить результат работы функции
// 1. Передать исходные данные
// 2. Вызвать функцию

dest->result = /*...*/
...
// Прошло время
...
                /*...*/ = integrate(src->GetRange());
```

CQG

std::future & std::promise

```
double integrate(Range range) { ... }

// 3. Сохранить результат работы функции
// 1. Передать исходные данные
// 2. Вызвать функцию

dest->result = /* std::future  */
...
// Прошло время
...
               /* std::promise */ = integrate(src->GetRange());
```

CQG

std::future & std::promise

```
// Поток 1                          // Поток 2
std::future<double> input;          std::promise<double> output;

// Инициализация (обычно делается перед запуском Потока 2)
                                    input = output.get_future();

// ... работа Потока 1 ...          // ... работа Потока 2 ...

// Получение результата             // Отправка результата
double result = input.get();        output.set_value(12.98);
```

std::future & std::promise

```
int factorial(int n) { ... }


std::future<int> fu1 = std::async(std::launch::async, factorial, 4);
... // Факториал вычисляется прямо сейчас в другом потоке
int x1 = fu1.get(); // Поток завершен, результат получен


std::future<int> fu2 = std::async(std::launch::deferred, factorial, 4);
... // Никаких дополнительных потоков не создано
int x2 = fu2.get(); // Факториал вычисляется здесь


std::future<int> fu3 = std::async(factorial, 4);
... // Одно из двух
int x3 = fu3.get(); // Но здесь результат будет в любом случае
```

CQG

std::future & std::promise

```
int factorial(int n)
{
   ...
   if (n < 0)
      throw std::runtime_error(“n is negative!”);
   ...
}

std::future<int> fu = std::async(std::launch::async, factorial, n);
int x = fu.get(); // Либо будет получен результат, либо вылетит исключение
// future::get() можно вызвать лишь один раз
```

CQG

std::future & std::promise

```
int increment(std::future<int> a)
{
   return a.get() + 1;
}

int main()
{
   std::promise<int> p;
   std::future<int> fa = p.get_future(); // Может быть вызвано лишь раз
   std::future<int> fb = std::async(increment, std::move(fa));
   //int b = fb.get(); // Этот вызов зависнет!
   p.set_value(5);
   int b = fb.get(); // b == 6
}
```

CQG

std::future & std::promise

```
int increment(std::future<int> a)
{
   return a.get() + 1;
}

int main()
{
   std::promise<int> p;
   std::future<int> fa = p.get_future(); // Может быть вызвано лишь раз
   std::future<int> fb = std::async(increment, std::move(fa));
   p.set_exception(std::make_exception_ptr(
      std::runtime_error("Not going to keep promise")));
   int b = fb.get(); // Будет выброшено исключение
}
```

CQG

std::shared_future

```
int increment(std::shared_future<int> a)
{
   return a.get() + 1;
}

int main()
{
   std::promise<int> p;
   std::future<int> f = p.get_future(); // Может быть вызвано лишь раз
   std::shared_future<int> sf = f.share(); // Может быть вызвано лишь раз
   // f больше использовать нельзя!
   std::future<int> fu = std::async(increment, sf); // sf можно копировать
   std::future<int> fu2 = std::async(increment, sf); // sf.get() можно вызвать
   std::future<int> fu3 = std::async(increment, sf); // несколько раз
}
```

CQG

Time constraints

```
future.wait();
future.wait_for(duration);
future.wait_until(time_point);

// Проверить, что результат future уже готов
future.wait_for(0s) == future_status::ready
// std::async(std::launch::deferred) не готов никогда!
```

CQG

Итоги

CQG

Зачем все это?

- Горизонтальное масштабирование:
  - Более эффективное использование процессора для вычислительно сложных задач.
- Отзывчивый интерфейс:
  - Приложение должно выполнять ресурсоемкие задачи, но при этом иметь отзывчивый пользовательский интерфейс.
- Работа с блокирующими API (сокеты, консоль, файлы).

CQG


Buy
100
8119
LMT DAY
Sell 100
8119
STP DAY
Sell 100
8119
LMT DAY
Buy 100@8119 LMT DAY

Q&A

References

https://www.justsoftwaresolutions.co.uk/threading/multithreading-in-c++0x-part-1-starting-threads.html

http://www.bogotobogo.com/cplusplus/multithreaded4_cplusplus11.php

https://habrahabr.ru/post/182610/
https://habrahabr.ru/post/182626/

CQG