# Arquitectura de Sistemas

## Práctica 5: Hebras

---

Gustavo Romero López

Updated: 21 de marzo de 2019

Arquitectura y Tecnología de Computadores

# Objetivos

- Aprender a utilizar hebras pthreads y C++11.
- Calcular cuánto tarda en ejecutarse la hebra nula.
- Comparar los tiempos de ejecucución del proceso nulo y la hebra nula.
- Implementar una versión multihebra de las sucesiones de Fibonacci y Ackermann.

- Introducción a hebras C++11 para usuarios de pthreads.

# pthread

| cabecera | `#include <pthread.h>` |
|---|---|

| | |
|---|---|
| `pthread_create(id, attr, func, val)` | crea una hebra que ejecuta el código de la función `func()` |
| `pthread_exit(val)` | finaliza un hebra devolviendo un valor |
| `pthread_join(id, val)` | espera la finalización de una hebra y recupera el valor que esta devuelve |
| `pthread_self()` | devuelve el identificador de una hebra |
| `pthread_yield()` | cede el procesador voluntariamente |

https://pccito.ugr.es/~gustavo/as/practicas/05/ejemplo_c.c

```c
#include <pthread.h>
#include <stdio.h>

void* hebra(void* p)
{
  printf("[2] hola: %lu\n", pthread_self());
  pthread_exit(NULL);  // return NULL;
}

int main()
{
  pthread_t id;

  printf("[1] hola: %lu\n", pthread_self());
  pthread_create(&id, NULL, hebra, NULL);
  pthread_join(id, NULL);

  return 0;  // exit(0); // estilo pre C99
}
```

# La clase std::thread de C++11

Documentación en:

- `http://en.cppreference.com/w/cpp/thread/thread`
- `http://www.cplusplus.com/reference/thread/thread/`

Cabecera: `#include <thread>`

Constructor: `thread(función, args)`

Métodos:

- `join()`: espera a que la hebra finalice.
- `get_id()` devuelve el identificador de la hebra.
- `yield()`: la hebra cede el procesador.

Funciones y variables globales:

- `std::this_thread`: hebra actual.
- `std::thread::hardware_concurrency()`: número máximo de hebras que el sistema puede ejecutar en paralelo.

https://pccito.ugr.es/~gustavo/as/practicas/05/ejemplo.cc

```
#include <future>
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <thread>

void codigo()
{
  std::stringstream oss;
  oss << "[" << std::this_thread::get_id() << "]: hola!\n";
  std::cout << oss.str();
}

int main()
{
  codigo();
  std::thread t(codigo);
  auto a = std::async(codigo);
  t.join();
}
```

# Relación entre pthread y std::thread

```
#include <pthread.h>
#include <iomanip>
#include <iostream>
#include <thread>

int main()
{
  std::cout << std::setw(30)
            << "pthread_self() = "
            << pthread_self()
            << std::endl
            << std::setw(30)
            << "std::this_thread::get_id() = "
            << std::this_thread::get_id()
            << std::endl;
}
```

https://pccito.ugr.es/~gustavo/as/practicas/05/lambda.cc

```
#include <iostream>
#include <thread>

int main()
{
  auto hola = []
  {
    std::cout << "[" << std::this_thread::get_id()
              << "]: hola!\n";
  };

  hola();
  std::thread t(hola);
  t.join();
}
```

# Proceso nulo y hebra nula

## proceso nulo

```
int main() { return 0; }
```

## hebra nula (pthread)

```
void* hebra(void*) { return NULL; }
```

## hebra nula (C++11)

```
void hebra() {}        // función vacía
std::thread t(hebra); // función vacía
std::thread t([]{});  // función anónima vacía
```

Primer ejercicio: mida y compare los tiempos de ejecución.

# ¿Cómo medir tiempos de ejecución? (1)

- ¿Cuál es la forma más precisa de medir el tiempo de ejecución? $\Longrightarrow$ **ciclos de reloj**.
- ¿Cómo medir los ciclos de reloj que tarda algo en ejecutarse? $\Longrightarrow$ mediante la instrucción **rdtsc**.
- ¿Es suficiente? $\Longrightarrow$ **NO**: repetir el cálculo para "calentar" la caché y hacer media para evitar las distorsiones introducidas por el SO.
- Conveniente sólo para reducidos conjuntos de instrucciones no para largas secciones o cuando haya llamadas al sistema.

# ¿Cómo medir tiempos de ejecución? (2)

Alternativas para medir tiempos de ejecución:

- `std::chrono::high_resolution_clock` $\Longrightarrow$ precisión: nanosegundos.
- `clock_gettime` $\Longrightarrow$ precisión: nanosegundos.
- `gettimeofday` $\Longrightarrow$ precisión: microsegundos.
- `getrusage` $\Longrightarrow$ precisión: microsegundos.
- `clock` $\Longrightarrow$ precisión: ticks del reloj.
- `time` $\Longrightarrow$ precisión: milisegundos.

# ¿Cómo medir tiempos de ejecución? (3)

C++ proporciona un conjunto de clases realmente interesantes para contabilizar y medir tiempo dentro del espacio de nombres `std::chrono`:

- `high_resolution_clock`, `steady_clock` y `system_clock`
- ..., `microseconds`, `milliseconds`, `seconds`, `minute`,...
- `duration<representación, periodo>`
- `time_point<reloj, duración>`
- literales: `auto un_minuto = 60s;`

## clock.cc

```
auto start = high_resolution_clock::now();
std::cout << "Hello World!" << std::endl;
auto end = high_resolution_clock::now();

std::cout << "Printing took "
          << duration_cast<microseconds>(end -
              start).count()
          << "µs" << std::endl;
```

## clock2.cc

```
  auto start = high_resolution_clock::now();
  std::cout << "Hello World!" << std::endl;
  auto stop = high_resolution_clock::now();

  duration<double, std::micro> d = stop - start;

  std::cout << "Printing took "
            << d.count()
            << "µs" << std::endl;
}
```

# La sucesión de Fibonacci

- El programa recibe un número y escribe en la salida estándar su correspondiente valor de la función de Fibonacci.
- La hebra principal puede calcular por si sóla los casos base: 0 y 1.
- En otro caso debe crear 2 hebras para calcular los valores de la función para $(n-1)$ y $(n-2)$ y escribir por pantalla la suma.
- Comparar mediante la orden `time` la velocidad de ejecución de las versiones monohebra y multihebra.
- Con las clases `std::future` y `std::async` es fácil.

## `fibonacci`

```
template<class T> T fib(T n)
{
  if (n < 2)
    return n;
  else
    return fib(n - 1) + fib(n - 2);
}
```

```
#include <cstdlib>
#include <iostream>
#include <sstream>
#include <stdexcept>

using namespace std;

template<class T> T fib(T n)
{
  if (n < 2)
    return n;
  else
    return fib(n - 1) + fib(n - 2);
}

int main(int argc, char *argv[])
{
  if (argc < 2)
    throw invalid_argument("necesito un número como parámetro");
```

```
  istringstream iss(argv[1]);
  unsigned long long n;
  iss >> n;
  if (!iss)
    throw invalid_argument("el parámetro no es un número válido
        ");

  cout << argv[0] << "(" << argv[1] << ") = " << fib(n) << endl;
}
```

# una forma mejor de calcular la sucesión de fibonacci

- El trabajo que realiza la función es tan escaso frente al coste de lanzar una nueva hebra que no merece la pena paralelizarla.
- Implemente una versión mejor...
- Puede probar a precalcular valores y almacenarlos en...
- ¿Se te ocurre algo mejor?

# La mejor forma de paralelizar algo es...

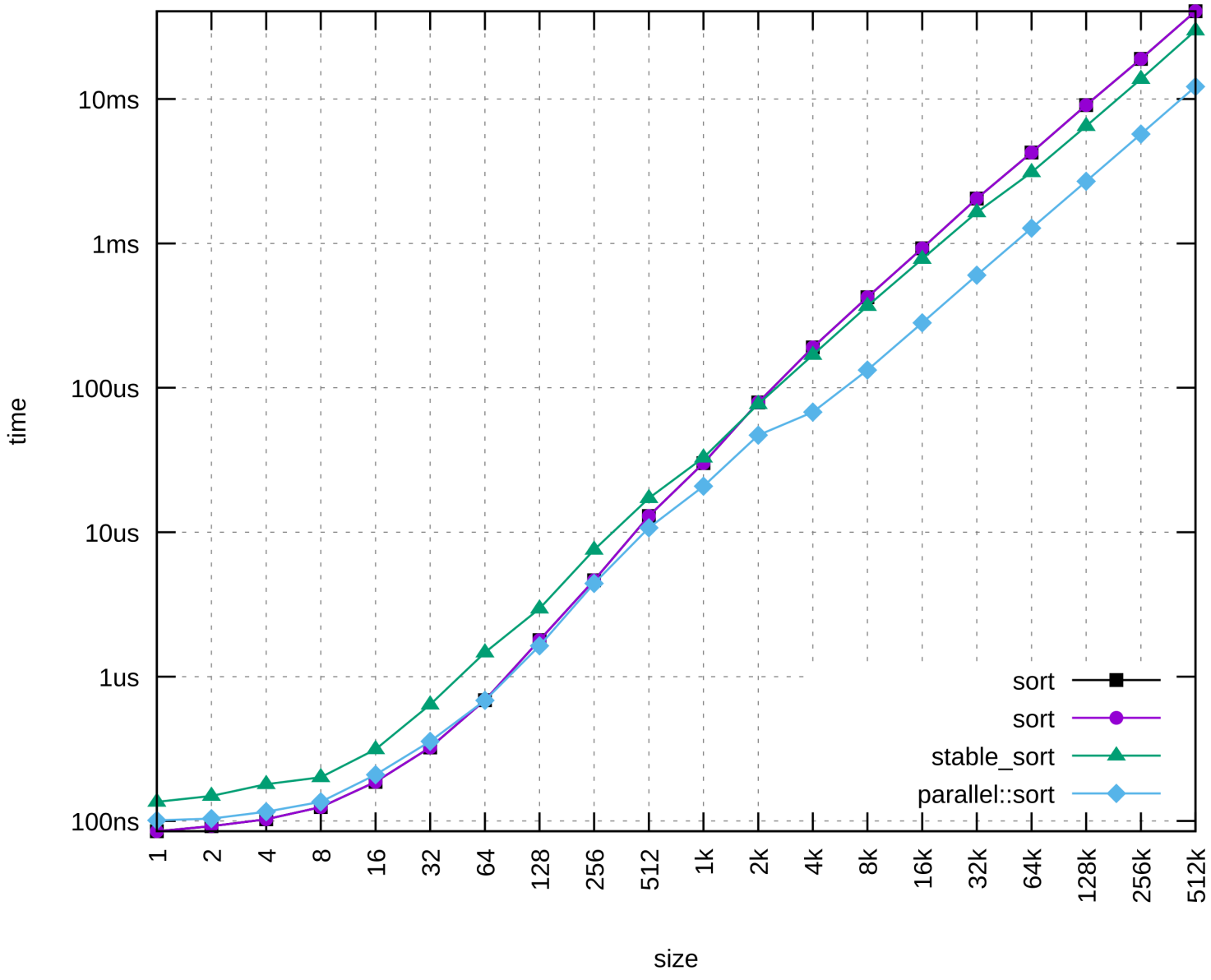
- Observe el código del programa `sort.cc`

```
std::sort(tmp.begin(), tmp.end());
std::stable_sort(tmp.begin(), tmp.end());
std::__parallel::sort(tmp.begin(), tmp.end())
    ;
std::__parallel::stable_sort(tmp.begin(), tmp
    .end());
```

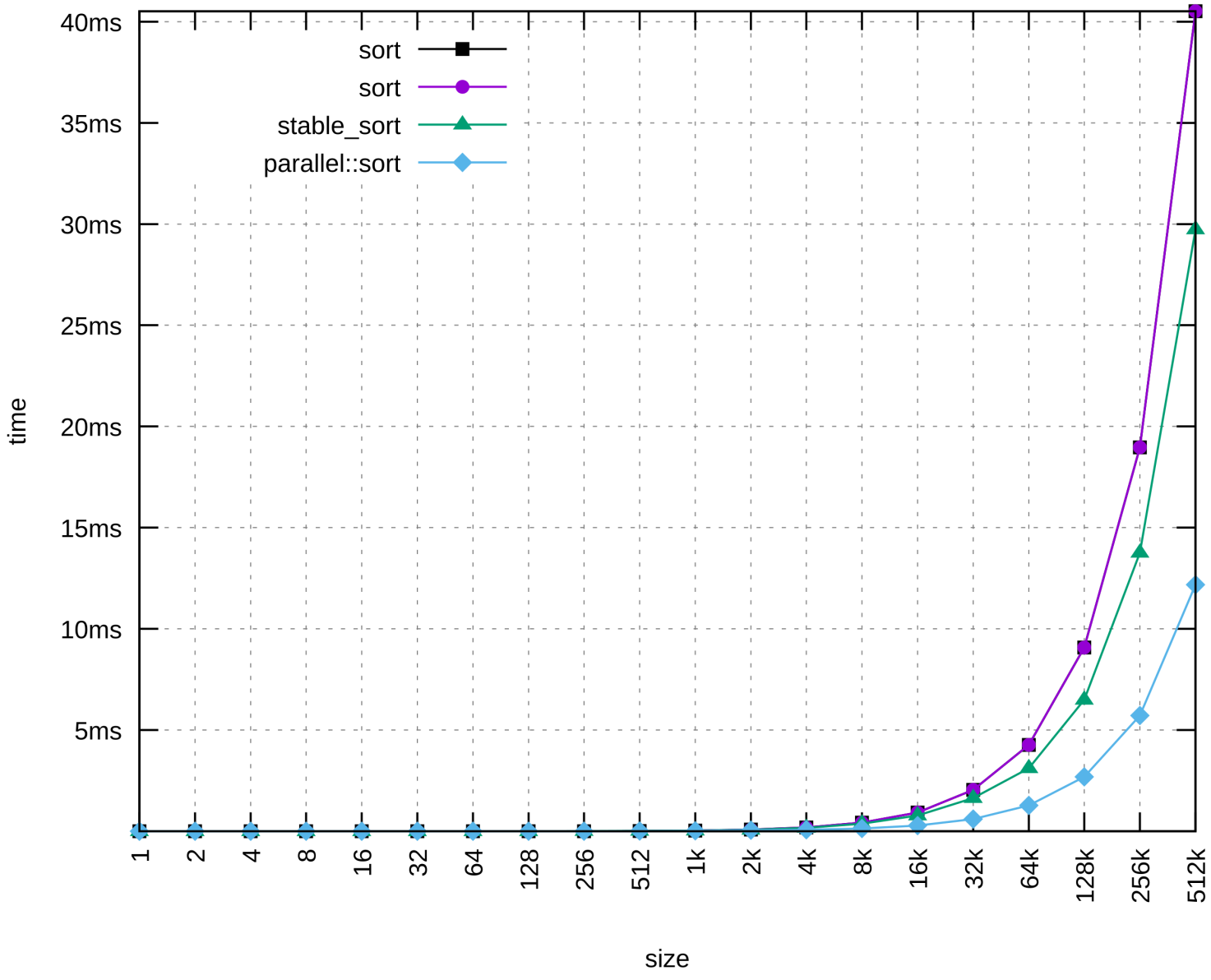
- Ejecute el código para comprobar la ganancia en velocidad:

```
make all
```

# La mejor forma de paralelizar algo es...



# La mejor forma de paralelizar algo es...



# Ackermann

## Ackermann

```
template<typename T> T ackermann(T m, T n)
{
  if (m == 0) return n + 1;
  if (n == 0) return ackermann(m - 1, 1);
  return ackermann(m - 1, ackermann(m , n - 1));
}
```

- Intente escribir una versión de la función de Ackerman mejor que las que se le proporcionan en `http://pccito.ugr.es/~gustavo/as/practicas/05/ackermann.cc` y `http://pccito.ugr.es/~gustavo/as/practicas/05/benchmark.cc`.
- La herramienta `perf` le resultará muy útil.