



Todos os direitos de cópia reservados. Não é permitida a distribuição física ou eletrônica deste material sem a permissão expressa e por escrito do autor.

# Tópicos Abordados

- Introdução
- Interfaces *Runnable* e *Callable*
- Criando e executando threads
- Sincronização
  - *ReentrantLock*
  - *ReentrantReadWriteLock*
- Comunicação entre threads
  - *Conditions*
- Tarefas futuras
- Operações atômicas
- Programação paralela com a API Fork & Join

- # Introdução
- Mecanismos para trabalhar com programação concorrente
    - Classe *Thread*
    - Interface *Runnable*
    - Modificador *synchronized*
    - Métodos *wait()*, *notify()* e *notifyAll()*
  - A partir da versão 5 do Java foi introduzido o pacote *java.util.concurrent*, que criou novos mecanismos para trabalhar com programação concorrente

1998, 1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 26

## Introdução

- Além do pacote `java.util.concurrent`, existem também outros dois novos pacotes
  - `java.util.concurrent.locks`
  - `java.util.concurrent.atomic`
- Estes três pacotes incorporam novas funcionalidades para trabalhar com threads
  - Executores de tarefas
  - Coleções que suportam concorrência
  - Pool de threads
  - Operações atômicas com variáveis
  - Comunicação entre threads com uso de condições
  - etc.

---

---

---

---

---

---

---

## Threads

- “Processos Leves”
- Uma thread representa uma linha de execução em um processo
- Um processo pode ter uma ou mais threads executando simultaneamente
- As threads compartilham recursos do processo

---

---

---

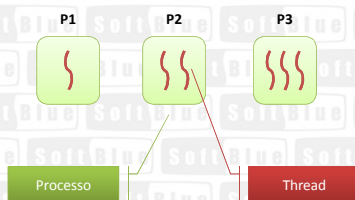
---

---

---

---

## Processos x Threads



---

---

---

---

---

---

---

## A Interface Runnable

- Esta interface é implementada por classes que desejam ter seu código executado em uma thread separada
- A classe deve implementar o método **run()**

```
public class Localizador implements Runnable {  
    public void run() {  
        //código da thread  
    }  
}
```

---

---

---

---

---

---

---

## A Interface Runnable

- A interface Runnable tem dois problemas
  - O método **run()** não pode retornar dados
  - O método **run()** não pode lançar checked exceptions

---

---

---

---

---

---

---

## A Interface Callable

- Criada para resolver os problemas da interface **Runnable**

O tipo de retorno do método **call()** é parametrizado

```
public class Localizador implements Callable<String> {  
    public String call() throws Exception {  
        //código da thread  
    }  
}
```

O método pode lançar exceções

---

---

---

---

---

---

---

## Criando e Executando Threads

- Usando o novo pacote *java.util.concurrent* você não precisa mais lançar mão da classe *Thread* para criar e executar threads
- A criação e execução das threads fica a cargo dos executores (executors)

## Criando e Executando Threads

- Trabalhando com uma thread

```
public class Handler implements Runnable {  
    public void run() {  
        //código da thread  
    }  
}
```

```
ExecutorService e = Executors.newSingleThreadExecutor();  
e.execute(new Handler());  
e.shutdown();
```

Cria um executor para uma thread

Recebe um *Runnable* como parâmetro e o executa

## Criando e Executando Threads

- Trabalhando com um pool de threads fixo

```
public class Handler implements Runnable {  
    public void run() {  
        //código da thread  
    }  
}
```

```
ExecutorService e = Executors.newFixedThreadPool(5);  
e.execute(new Handler());  
e.shutdown();
```

Cria um executor baseado num pool de threads de tamanho fixo

Recebe um *Runnable* como parâmetro e o executa

## Sincronização

- Existem porções de código que não podem ser executadas por duas threads ao mesmo tempo
  - Região crítica
- O Java trabalha com o conceito de monitor, que garante esta sincronização
  - Um monitor pode ser qualquer objeto
  - Cada monitor possui um lock, que é entregue à thread que acessa a região crítica
  - O modificador *synchronized* é usado para delimitar a região crítica
  - Threads sem lock aguardam

---

---

---

---

---

---

---

## Sincronização

- Com a chegada do pacote *java.util.concurrent.locks*, não é mais necessário usar o modificador *synchronized*
- Um novo conceito de **lock** é usado no lugar
  - *ReentrantLock*
  - *ReentrantReadWriteLock*

---

---

---

---

---

---

---

## ReentrantLock

- Quando a thread chama o método **lock()** no objeto, ela possui acesso exclusivo, até que chame o método **unlock()**
- Se outra thread tentar chamar o método **lock()** neste meio tempo, ficará aguardando

```
ReentrantLock l = new ReentrantLock();  
  
l.lock();  
try {  
    //região crítica  
} finally {  
    l.unlock();  
}
```

Garante acesso exclusivo ao código

Libera o acesso para outras threads

---

---

---

---

---

---

---

## ReentrantReadWriteLock

- Possui um par de locks: um para leitura e outro para escrita
- O lock de leitura pode ser obtido por múltiplas threads simultaneamente
- Na hora em que uma thread possui o lock de escrita, ela tem acesso exclusivo (nenhuma outra thread pode estar lendo ou escrevendo)

---

---

---

---

---

---

---

## ReentrantReadWriteLock

```
ReentrantReadWriteLock rwl = new ReentrantReadWriteLock();  
Lock r = rwl.readLock();  
Lock w = rwl.writeLock();
```

Par de locks para  
leitura e escrita

Os métodos **lock()** e **unlock()**  
são invocados para obter e  
liberar os locks

---

---

---

---

---

---

---

## Comunicação entre Threads

- Na forma "clássica", a comunicação entre threads era feita usando três métodos
  - `wait()`
  - `notify()`
  - `notifyAll()`
- No pacote `java.util.concurrent.locks`, são usadas as condições (conditions)

---

---

---

---

---

---

---

## Comunicação entre Threads

```
ReentrantLock l = new ReentrantLock();
Condition c = l.newCondition();

l.lock();
try {
    while (count < 10) {
        c.await();
    }
    c.signal();
} finally {
    l.unlock();
}
```

Cria uma condição

Faz a thread dormir até que  
ela seja avisada de que  
pode acordar

Acorda uma thread que  
estava aguardando

Forma Clássica	Usando Condições
wait()	await()
notify()	signal()
notifyAll()	signalAll()

## Tarefas Futuras

- Às vezes você precisa iniciar uma thread para realizar um processamento assíncrono e esta thread vai retornar um valor no futuro
- O pacote `java.util.concurrent` tem a classe **FutureTask** que serve para este propósito

## Exemplo de FutureTask

```
public class Somador implements Callable<Integer> {
    private int x;
    private int y;

    public Somador(int x, int y) {
        this.x = x;
        this.y = y;
    }

    public Integer call() throws Exception {
        return x + y;
    }
}
```

## Exemplo de FutureTask

```
ExecutorService e = Executors.newSingleThreadExecutor();  
Somador s = new Somador(10, 5);  
FutureTask<Integer> task = new FutureTask<Integer>(s);  
e.execute(task);  
  
int soma = task.get();  
e.shutdown();
```

O método `get()` bloqueia até que o resultado esteja disponível

Uma `FutureTask` usa um `Callable` para realizar a tarefa

O método `get()` retorna o resultado vindo do `Callable`.

## Operações Atômicas

- Em um ambiente multithread às vezes é necessário sincronizar o acesso a uma variável para garantir a consistência do seu valor
- O pacote `java.util.concurrent.atomic` possui classes que fazem operações de forma atômica em variáveis sem o uso de locks

## Classes para Operações Atômicas

- Existem diversas classes que suportam este tipo de operação atômica
  - `AtomicInteger`
  - `AtomicIntegerArray`
  - `AtomicBoolean`
  - `AtomicBooleanArray`
  - etc.
- Todas elas funcionam de forma semelhante



## Exemplo de Operação Atômica

```
AtomicInteger i = new AtomicInteger(10);  
int valor = i.incrementAndGet();
```

Representa o 10

Incrementa o valor e retorna o novo valor (operação atômica)

```
AtomicIntegerArray a = new AtomicIntegerArray(new int[]{1, 2, 3});  
int valor = a.getAndDecrement(1);
```

Representa um array

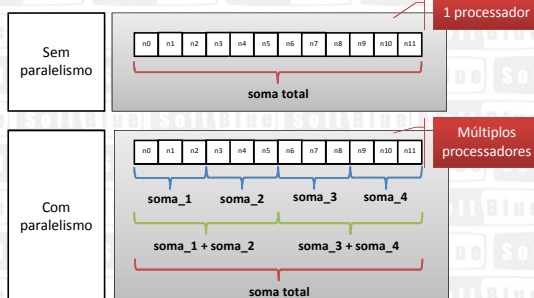
Retorna o valor do índice 1 do array e decrementa o valor (operação atômica)

## Programação Paralela

- Executar tarefas ao mesmo tempo buscando um objetivo comum
- O Java sempre deu suporte à programação concorrente
- A partir do Java 7, a linguagem passa a ter suporte à programação paralela
  - Fork & Join API
- Por que programação paralela?
  - Computadores e dispositivos *multicore*
  - Divisão de uma tarefa "pesada" em tarefas mais "leves"

## Programação Paralela

- Soma de valores de um array



## Fork & Join

- A **Fork & Join API** permite o uso de programação paralela
- Ela é baseada na divisão de um problema em problemas menores, dividindo a tarefa entre os processadores
- Baseada em duas operações
  - **Fork**: cria uma subtarefa para ser executada de forma assíncrona
  - **Join**: aguarda até que a subtarefa seja completada

---

---

---

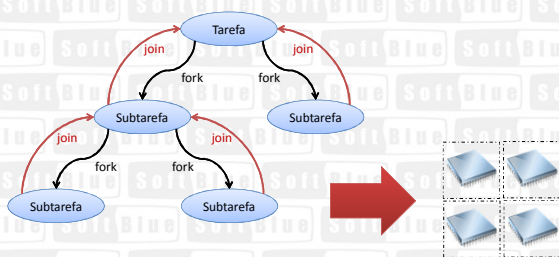
---

---

---

---

## Fork & Join



---

---

---

---

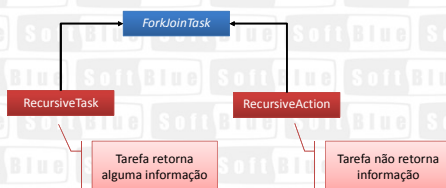
---

---

---

## Criando Tarefas

- Uma tarefa deve ser uma classe que herde de **RecursiveTask** ou **RecursiveAction**



---

---

---

---

---

---

---

## Criando Tarefas

- Exemplo de tarefa

```
public class SumArray extends RecursiveTask<Long> {  
    public Long compute() {  
        SumArray subTask = new SumArray();  
        subTask.fork();  
  
        // Faz o processamento necessário...  
  
        Long result = subTask.join();  
    }  
}
```

Submete uma sub tarefa  
para execução

Aguarda a sub tarefa  
terminar

## Iniciando a execução

- O início da execução da tarefa é feito através do método **invoke()** da classe **ForkJoinPool**

```
SumArray task = new SumArray();  
ForkJoinPool pool = new ForkJoinPool();  
Long result = pool.invoke(task);
```

Cria um pool de  
threads

Executa a tarefa e fica  
aguardando o resultado

## Usar ou não usar paralelismo?

- A programação paralela só pode ser usada quando
  - Uma tarefa pode ser dividida em subtarefas
  - Uma sub tarefa não depende do resultado de outras subtarefas
- Testes são necessários para encontrar o grau de paralelismo que vai trazer o maior ganho de performance
  - Em alguns casos o uso do paralelismo pode deixar o código mais lento

## Colocando em Prática...



Agora que você já aprendeu a teoria, acesse as vídeo-aulas práticas e pratique os assuntos abordados neste módulo!

[Clique aqui para acessar as vídeo-aulas práticas](#)

---

---

---

---

---

---

---

---