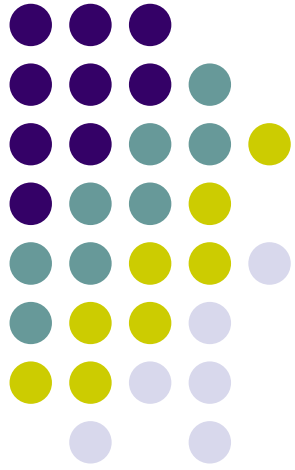
Computação Paralela

OpenMP

João Luís Ferreira Sobral
Departamento do Informática
Universidade do Minho

Novembro 2005



OpenMP

Standard para programação de sistemas de memória partilhada

- Promovido pela Intel para programação de processadores com *hyperthreading*
- Implementado pelo compilador C++ 7.0 da Intel
- Será suportado na versão de gcc 4.0
- Será uma referência para os processadores *multicore*?
- Proporciona uma alternativa (mais simples) do que a utilização de *threads* em Java para desenvolvimento de aplicações
- Baseada em directivas que são ignoradas pelos compiladores que não suportam o standard:

```
# pragma omp parallel for
        for(int i=0; i<9; i++) {
                printf("%d",i);
        }
```

OpenMP

Paradigma base

- Baseado na especificação de ciclos ou secções de código cuja execução pode ser executada em paralelo
- Potencialmente cada iteração do ciclo pode ser executada por um fio de execução diferente
- Os detalhes da criação e destruição de fios são geridos pelo compilador
- O número adequado de fios de execução é determinado pela biblioteca do OpenMP em função dos recursos de hardware disponíveis
- Exemplo – conversão de uma imagem a cores para tons de cinzento:

```
# pragma omp parallel for
        for(int i=0; i<numPixels; i++) {
                grayScale[i] = 0.299*rgb[i].red + 0.587*rgb[i].green + 0.114*rgb[i].blue;
        }
```

OpenMP

Desafios na paralelização de ciclos

1. Dependências entre iterações do ciclo (obrigam à reescrita do ciclo):

```
for(int i = 2;  i<10; i++) {
    fact[i] = i * fact[i-1];
}
```

2. Corridas entre fios de execução (obrigam à introdução de sincronização)

```
for(int i = 0;  i<6; i++) {
    num = rand() +1;
    if (num>60) num = num % 60 +1;
}
```

- Variáveis privadas a cada iteração do ciclo:
  - **Declarar a variável dentro do ciclo:**
    - **int num;**
  - **Utilizar a primitiva private**
    - **# pragma omp parallel for *private(num)***

OpenMP

Desafios na paralelização de ciclos (cont.)

- Escalonamento e balanceamento dos ciclos
  - **As iterações do ciclo podem não demorar todas o mesmo tempo a executar**
  - **Por defeito o escalonamento das iterações é estático (í.é., assume que todas as iterações demoram o mesmo tempo a executar)**
  - **Tipos de escalonamento**

    # pragma omp parallel for *schedule(kind [,chunk size])*

    - **Estático: o número de iterações é dividido pelo número de processadores (chunk size)**
    - **Dinâmico: a várias iterações são colocadas numa fila de trabalho e cada fio de execução retira uma tarefa da fila de cada vez (ou o número especificado por *chunk size*)**
    - **Guiado: semelhante ao dinâmico mas o *chunk size* vai diminuindo durante a execução**

OpenMP

Desafios na paralelização de ciclos (cont.)

- Redução de vectores de valores a um só valor:

```
sum = 0;
# pragma omp parallel for reduction(+:sum)
    for(int i = 0;  i<100; i++) {
            sum += array[i];
    }
```

- Reutilização de fios de execução entre vários ciclos

```
# pragma omp parallel {
#pragma omp for
    for(int i = 0;  i<100; i++)
            …
#pragma omp for
    for(int j= 0; j<100; j++)
            …
}
```

OpenMP

Secções de código com execução em paralelo

- Permitem a especificação de tarefas heterogéneas

```
#pragma omp parallel {
#pragma omp sections {
    #pragma omp section {
            taskA();
    }
    #pragma omp section {
            taskB();
    }
    #pragma omp section {
            taskC();
    }
}
```

OpenMP

Primitivas de sincronização

- Remover a barreira no fim do ciclo for

```
# pragma omp parallel {
#pragma omp for  nowait
      for(int i = 0;  i<100; i++)
                  …
#pragma omp for
      for(int j= 0; j<100; j++)
                  …
}
```

- Acrescentar uma barreira

```
# pragma omp parallel {
                  …
#pragma omp barrier
                  …
}
```

OpenMP

Primitivas de sincronização (cont.)

- Secções criticas (executadas com exclusão mútua)

  # pragma omp *critical*

  if (max< newVal) max = newVal;

- Operações atómicas

  # pragma omp atomic

  a[i] +=x;

- Especificar uma operação a ser executada por um só fio de execução: **omp *single***

OpenMP

Exemplo: Calcular o valor de π

$$\pi = \int_0^1 \frac{4}{1+x^2}$$

- **Versão sem partição**

```
double f( double a ) {   return (4.0 / (1.0 + a*a));  }

pi = 0;
n = 10000000;  // número de pontos do integral a calcular
h = 1.0 / n;

for(i=0; i<n; i++) {
  pi = pi + f(i*h);
}

pi = pi * h - h;
```

OpenMP

Exemplo: Calcular o valor de π (cont.)

- **Versão com partição (cada processador calcula parte do integral)**

```
int pmax = numprocs;
   double *psum = new double[pmax];
   for (int p=0; p<pmax; p++) {
      psum[p]=0;
      for(int i=(int) (p*n/pmax); i<(int)((p+1)*n/pmax); i++) {
       psum[p] += f(i*h);
     }
     sum += psum[p];
   }
   sum =  h * sum - h;
```