TÓPICOS ESPECIAIS – SISTEMAS EMBARCADOS
PROGRAMAÇÃO PARALELA E TEMPO REAL

PROF. JOSENALDE OLIVEIRA

josenalde.oliveira@ufrn.br

ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE SISTEMAS - UFRN

Um pouco de paralelismo com outras libs

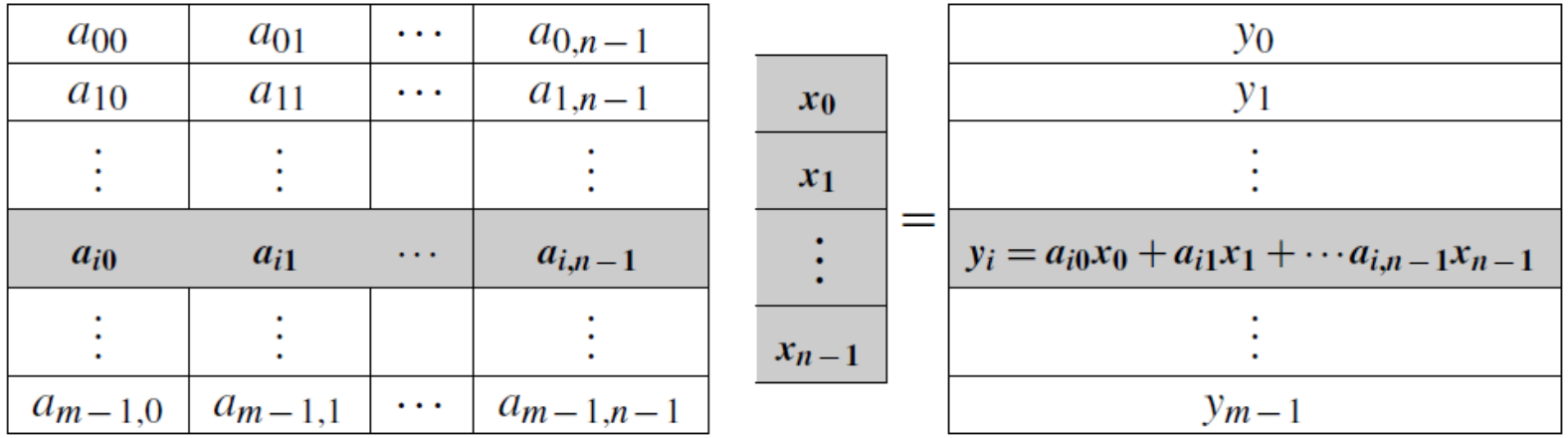
Exemplo em Java, com Threads, Locks, Synchronized, Runnable...
https://github.com/josenalde/parallel_programming_rtos/blob/main/src/Count3Sync.java

API com maior abstração que threads POSIX, desenvolvida no final dos anos 90
- ideia: incluir em códigos sequencias trechos identificáveis como passíveis de paralelização
- mais simples, mas não tão flexível quanto o controle por Pthreads
- definições de regiões paralelas com diretiva #pragma omp paralell com suas várias opções
    - laços paralelos (paralell for)
    - regiões críticas (atomic, critical, exclusive)
    - escopo de variáveis (shared, private)
    - redução

Exemplos no github, de hello world, count3s, redução, sections

Um pouco de paralelismo com outras libs

Problema proposto: multiplicação matriz vetor (resolução de sistemas lineares etc.)



$$\begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 1 & 4 & 9 \\ 1 & 8 & 27 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 3 \\ 2 \\ 1 \end{bmatrix} =$$

$$Ax = y$$

$$y_i = \sum_{j=0}^{n-1} a_{ij}x_j$$

Pseudocódigo serial:

```
/ For each row of A /
for (i = 0; i < m; i++) {
      y[i] = 0.0;
      for (j = 0; j < n; j++)
            y[i] += A[i][j] * x[j];
}
```

E para paralelizar? Ideias?

Um pouco de paralelismo com outras libs

Supondo m=n=6 com 3 threads...

Thread	Components of y
0	y[0], y[1]
1	y[2], y[3]
2	y[4], y[5]

$$\begin{bmatrix} a_{00} & a_{01} & \cdots & a_{0,n-1} \\ a_{10} & a_{11} & \cdots & a_{1,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{i0} & a_{i1} & \cdots & a_{i,n-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ a_{m-1,0} & a_{m-1,1} & \cdots & a_{m-1,n-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_0 \\ x_1 \\ \vdots \\ x_{n-1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_0 \\ y_1 \\ \vdots \\ y_i = a_{i0}x_0 + a_{i1}x_1 + \cdots a_{i,n-1}x_{n-1} \\ \vdots \\ y_{m-1} \end{bmatrix}$$

Thread 0, para calcular y[0] faria como abaixo, acessando todos os elementos da linha 0 e do vetor x:

```
y[0] = 0.0;
for (j = 0; j < n; j++)
    y[0] += A[0][j] * x[j];
```

Mais genéricamente, a thread responsável por calcular y[i] faria:

```
y[i] = 0.0;
for (j = 0; j < n; j++)
    y[i] += A[i][j] * x[j]; //vetor x totalmente compartilhado
```

Um pouco de paralelismo com outras libs

Supondo m=n=6 com 3 threads...

Thread	Components of y
0	y[0], y[1]
1	y[2], y[3]
2	y[4], y[5]

Considerando que m é divisível por t, cada thread q irá manipular

m/t elementos

Primeiro: q x m/t
Último: (q+1) x m/t - 1

m/t = 2
Thread 0
Primeiro: 0
Último: (0+1) x 2 - 1 = 1

Thread 1
Primeiro: 1 x 2 = 2
Último: (1+1) x 2 - 1 = 3

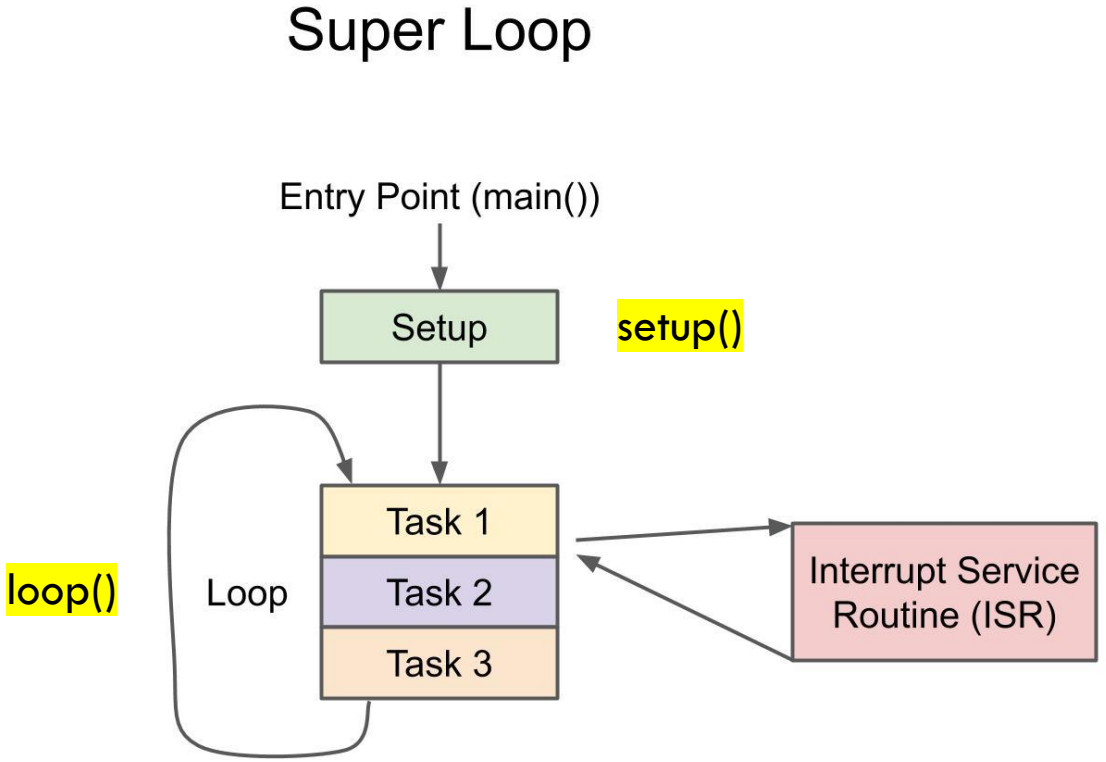
Thread 2:
Primeiro: 2 x 2 = 4
Último: (2 + 1) x 2 - 1 = 5

```
void matVectParallel(void *tid) {
     long my_tid = (long) tid;
     int i, j;
     int local_m = m/thread_count;
     int my_first_row = my_tid * local_m;
     int my_last_row = (my_tid+1)*local_m - 1;
     for (i = my_first_row; i <= my_last_row; i++) {
          y[i] = 0.0;
          for (j = 0; j < n; j++)
               y[i] += A[i][j] * x[j];
     }
     return NULL;
}

// com a matriz A, vetor x, vetor y, m e n globais
```

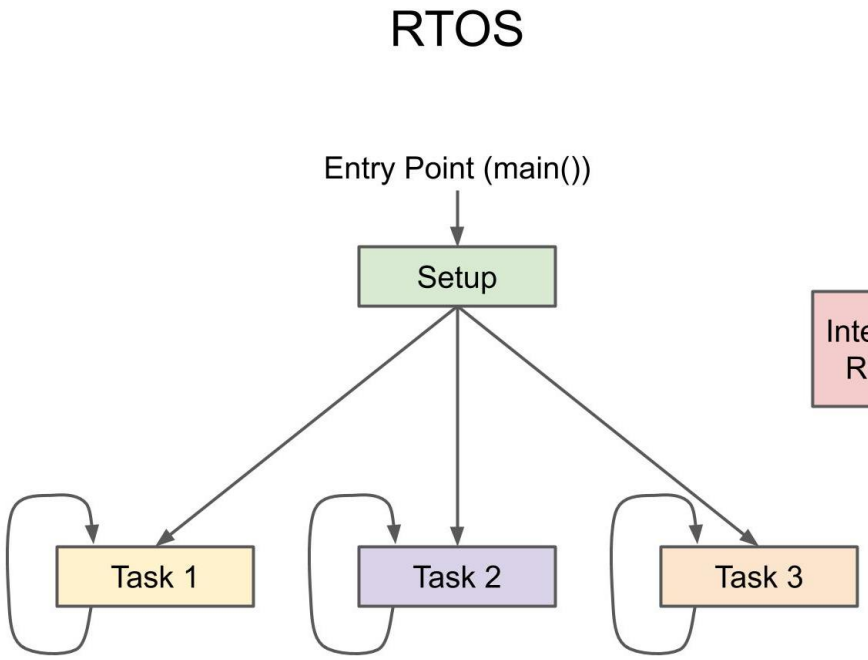
Exercício: transcrever para openMP com reduction

Alguns exercícios sobre sincronismo e tarefas

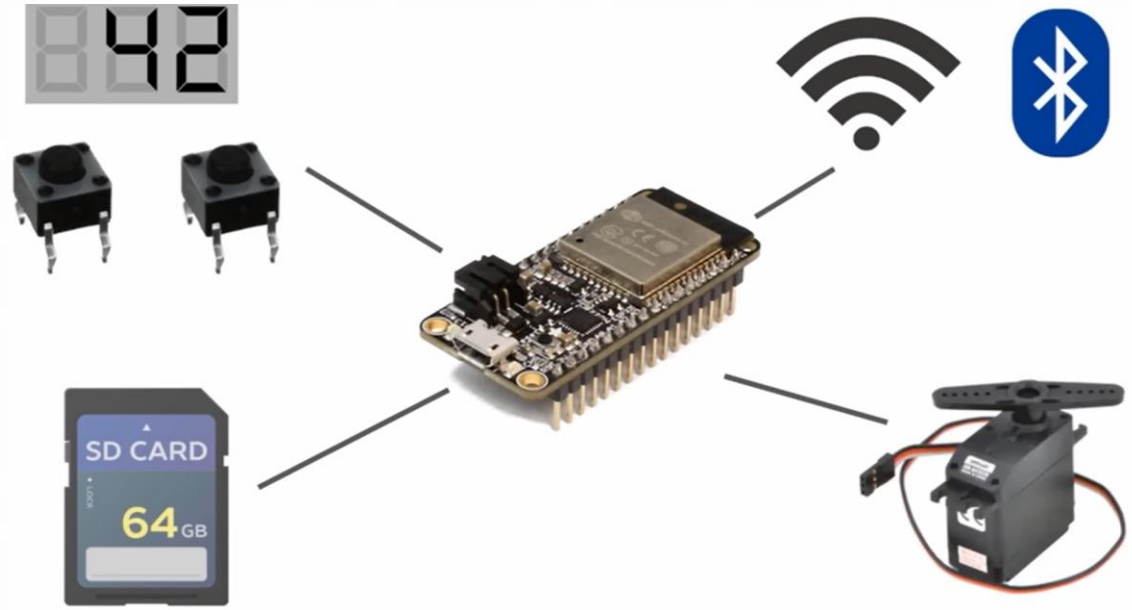


Programação convencional de embarcados (bare metal) sem SO – tarefas sequenciais no Loop
Escalonador baseado em round-robin, com distribuição de tempo igualitária. Para muitas tarefas pode comprometer

Alguns exercícios sobre sincronismo e tarefas



Interrupt Service Routine (ISR)



Programação com RTOS – tarefas em loop, podendo ser interrompidas por ISR, que devolve à task após a execução

Vamos olhar dois exemplos simples de multitask no ESP32

Objetivo: a) OUTPUT único com 2 TASKS variando prioridades (piscar leds por tempos diferentes)

b) OUTPUT duplo com 2 TASKS, cada uma acionando uma saída.