Linguagem de Programação

www.ceu-lang.org

LabLua – PUC-Rio
www.lua.inf.puc-rio.br

Francisco Sant'Anna
Noemi Rodrigues
Roberto Ierusalimschy

“Hello world!”

- Piscando LEDs
  1. *on ↔ off a cada 500ms*
  2. *Parar após 5s*
  3. *Repetir após 2s*

- Composições
  - par, seq, loop
  - ~~variáveis de estado~~

```
loop do
   par/or do
      loop do
         await 500ms;
         _leds_toggle();
      end
   with
      await 5s;
   end
   await 2s;
end
```

Visão geral de Céu

- Reativa
  - Ambiente no controle: *eventos*
- Imperativa
  - Sequências, loops e atribuições
- Concorrente
  - Múltiplas linhas de execução: *trails (trilhas)*
- Síncrona
  - Trilhas são sincronizadas a cada evento
  - **Trilhas estão sempre esperando**
- Determinística
  - Mesmo comportamento para uma dada linha de tempo

Modelos de Concorrência

- Assíncrono
  - Atividades independentes
  - Requer primitivas de sincronização (*mutexes, monitors, channels, pipes*)

- Threads (Java, p-threads)
- Processes (UNIX)
- Actors (erlang)

- Síncrono
  - Execução em passos
  - Requer primitivas assíncronas (não bloqueantes)

- Loop do Arduino
- Event-driven (callbacks)
- ***Céu***

Modelos de Concorrência

- Assíncrono
  - **programação estruturada**
  - sincronismo explícito
  - implementação complexa
  - **execução paralela**

VS

- Síncrono
  - programação não estruturada
  - **livre de sincronização**
  - ***footprint* pequeno**
  - execução serializada

- **programação estruturada**
- **livre de sincronização**
- ***footprint* pequeno**
- execução paralela

?

Exercício 1 (revisão-da-revisão)

- Piscar o LED a cada 1 segundo
- Parar ao pressionar o botão, mantendo o LED aceso para sempre

```
void loop () {
    unsigned long n
    if (now >= old+
        old = now;
        state = !st
        digitalWrit
    }
    int but = digit
    if (but) {
        digitalWrit
        while(1);
    }
}
```

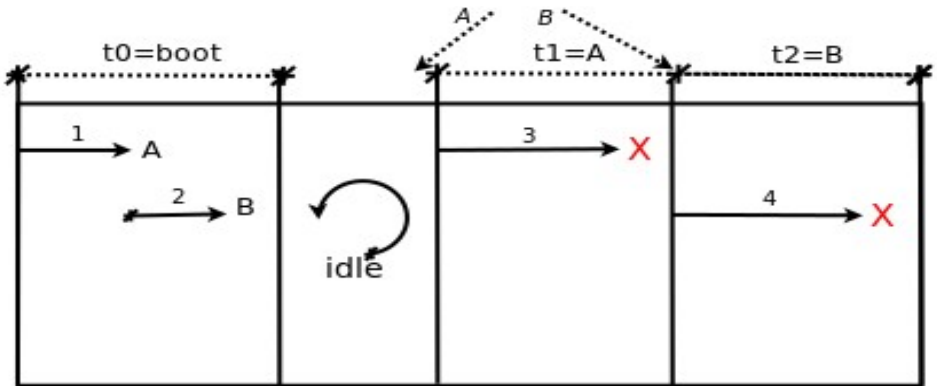
```
input  int PIN02;
output int PIN13;
par/or do
    loop do
        emit PIN13 => _HIGH;
        await 1s;
        emit PIN13 => _LOW;
        await 1s;
    end
with
    loop do
        var int on? = await PIN02;
        if on? then
            break;
        end
    end
end
emit PIN13 => _HIGH;
```

```
void Thread1 (void) {

ED_PIN, HIGH);
iseconds(1000);
ED_PIN, LOW);
iseconds(1000);

) {

talRead(BUT_PIN);

(LED_PIN, HIGH);
```

Céu: Modelo de Execução

1. O programa inicia na "reação de *boot*" em apenas uma trilha.
2. Trilhas ativas executam até esperarem ou terminarem. Esse passo é conhecido como "reação" e sempre executa em tempo *bounded*.
3. A ocorrência de um evento de entrada acorda **todas** as trilhas esperando aquele evento. Repete o "passo 2".

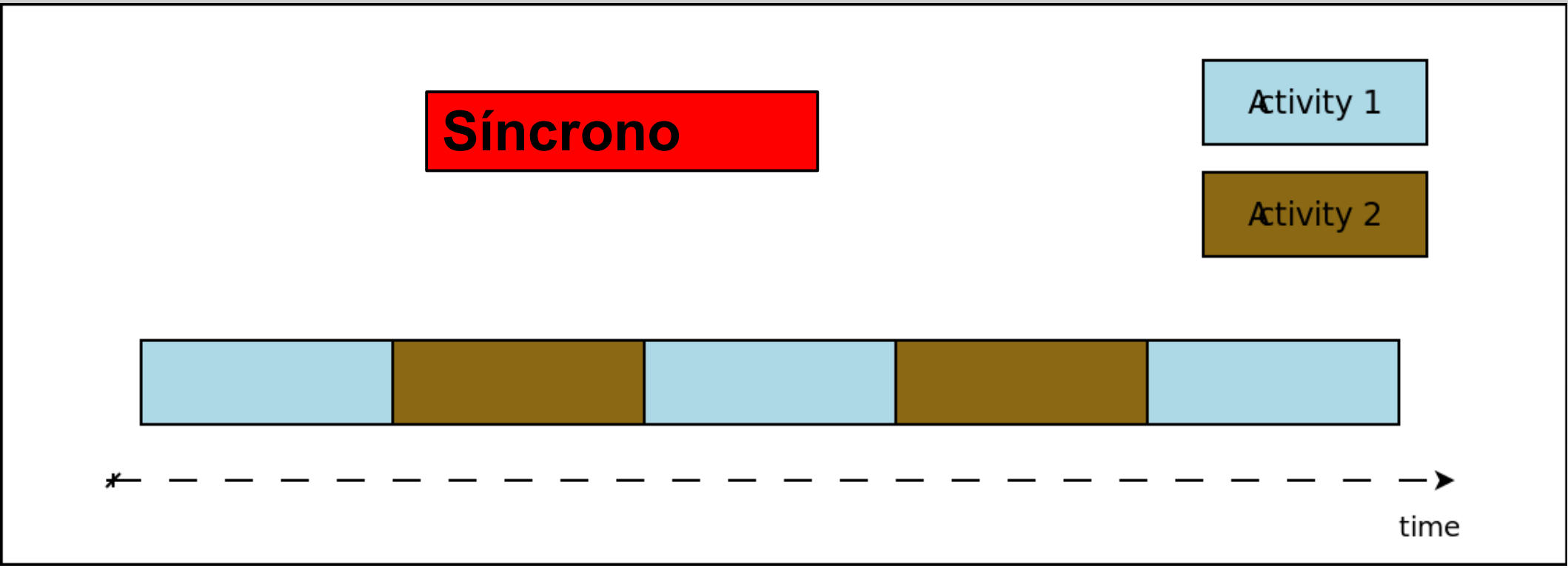
```
par/and do
   <...>        // 1
   await A;
   <...>        // 3
with
   <...>        // 2
   await B;
   <...>        // 4
end
```

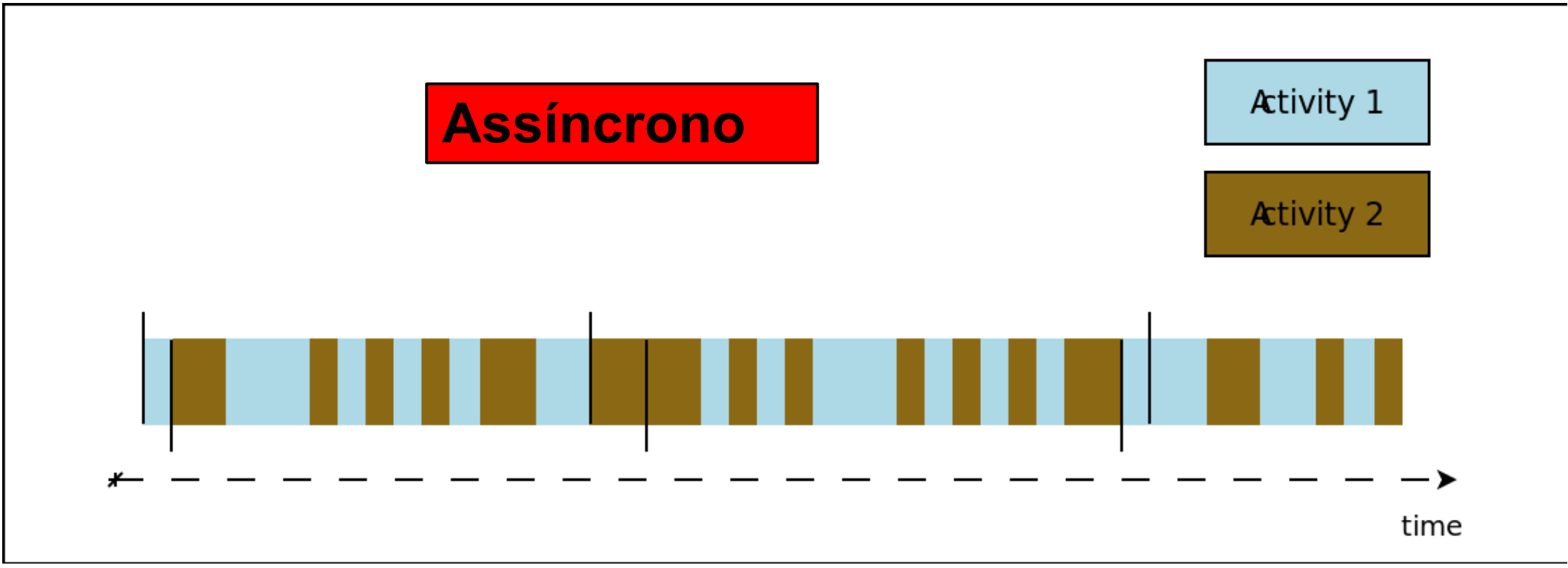


<...> *são segmentos de trilha que não esperam (e.g. atrbuições, chamadas de função)*

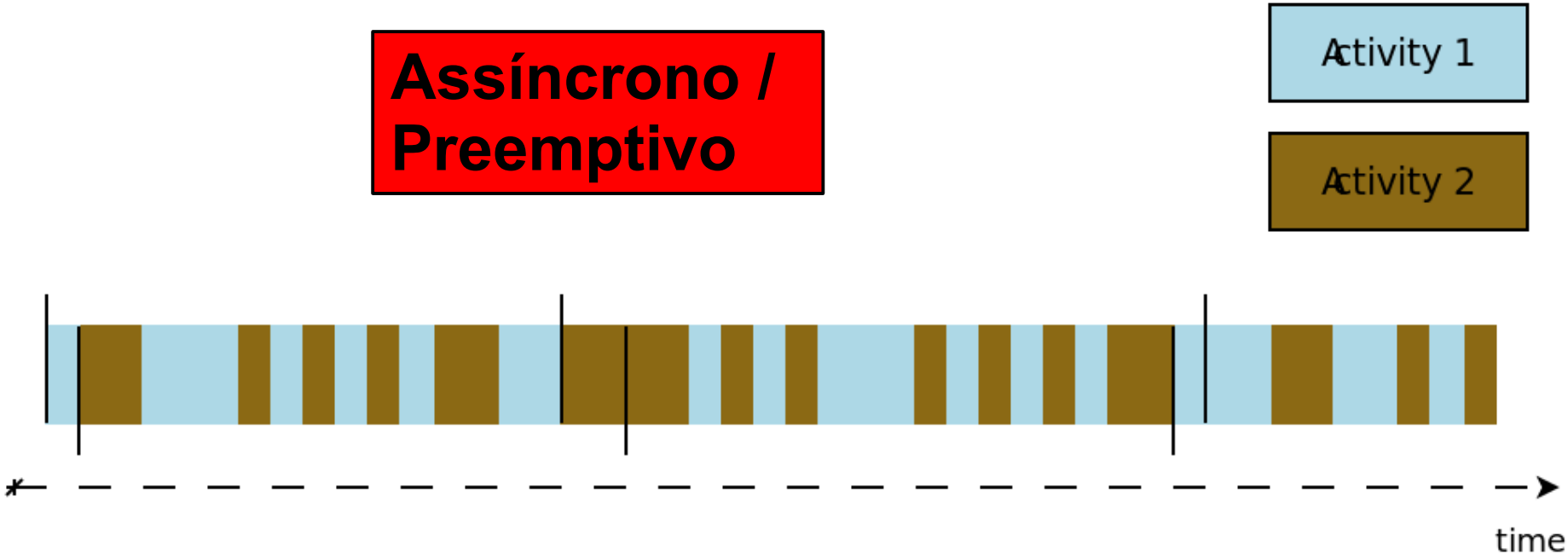
Céu: Modelo de Execução

- Hipótese de sincronismo: “Reações executam infinitamente mais rápido do que a taxa de eventos.”
- *Na teoria:* o programa não leva tempo no “passo 2” e está sempre ocioso no “passo 3”.
- *Na prática:* se um evento ocorre enquanto uma reação executa, ele é enfileirado para uma reação posterior.
- Reações a eventos nunca são sobrepostas (modelo síncrono)
- Quando múltiplas trilhas estão ativas (i.e., acordadas pelo mesmo evento), elas são executadas na ordem em que aparecem no código do programa.

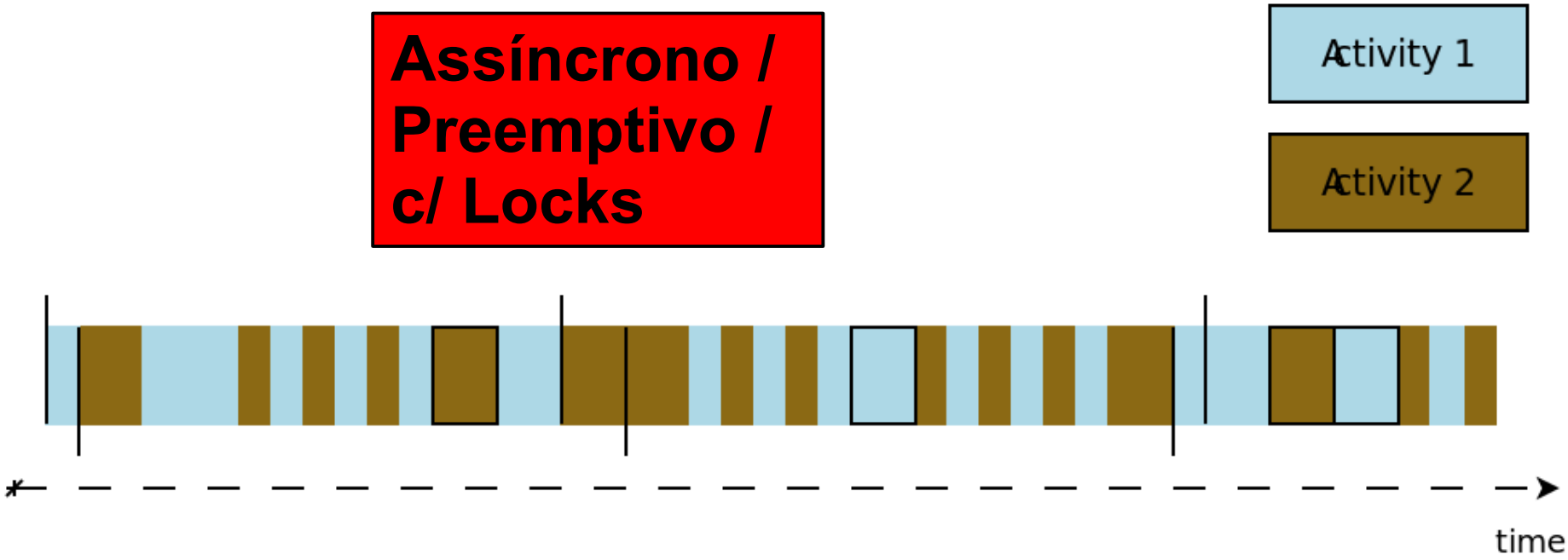

Síncrono
Activity 1
Activity 2
time


Assíncrono
Activity 1
Activity 2
time

Assíncrono / Preemptivo



Assíncrono / Preemptivo / c/ Locks



Exercício 1 (revisão-da-revisão)

```
input  int PIN02;
output int PIN13;
par/or do
   loop do
      emit PIN13 => _HIGH;
      await 1s;
      emit PIN13 => _LOW;
      await 1s;
   end
with
   loop do
      var int on? = await PIN02;
      if on? then
         break;
      end
   end
end
emit PIN13 => _HIGH;
```

```
lock();
input  int PIN02;
output int PIN13;
par/or do
   loop do
      emit PIN13 => _HIGH;
      unlock();
      await 1s;
      lock();
      emit PIN13 => _LOW;
      unlock();
      await 1s;
   end
with
   loop do
      unlock();
      var int on? = await PIN02;
      lock();
      if on? then
         break;
      end
   end
end
emit PIN13 => _HIGH;
```

Tarefa-02 (revisão)

- Piscar o LED a cada 1 segundo

- Botão 1: Acelerar o pisca-pisca a cada pressionamento
- Botão 2: Desacelerar a cada pressionamento
- Botão 1+2 (em menos de 500ms): Parar

Tarefa-02 (revisão)

- Piscar o LED a cada 1 segundo
- Botão 1: Acelerar o pisca-pisca a cada pressionamento
- Botão 2: Desacelerar a cada pressionamento
- Botão 1+2 (em menos de 500ms): Parar

```
var int dt = 1000;
par/or do
    loop do
        emit PIN13 => _HIGH;
        await (dt)ms;
        emit PIN13 => _LOW;
        await (dt)ms;
    end
with
    loop do
        await PIN02;
        await 200ms;
        dt = dt - 100;
    end
with
    loop do
        await PIN03;
        await 200ms;
        dt = dt + 100;
    end
with
    loop do
        par/or do
            par/and do
                await PIN02;
            with
                await PIN03;
            end
            break;
        with
            par/or do
                await PIN02;
            with
                await PIN03;
            end
            await 500ms;
        end
    end
end
```

```
var int dt = 1000;
par/or do
    loop do
        emit PIN13 => _HIGH;
        await (dt)ms;
        emit PIN13 => _LOW;
        await (dt)ms;
    end
with
    loop do
        var int val = await PIN02
                      until val==1;
        await 200ms;
        dt = dt - 100;
    end
with
    loop do
        await PIN03;
        await 200ms;
        dt = dt + 100;
    end
with
    loop do
        par/or do
            par/and do
                await PIN02;
            with
                await PIN03;
            end
            break;
        with
            par/or do
                await PIN02;
            with
                await PIN03;
            end
            await 500ms;
        end
    end
end
```

```
#define AWAIT_PIN_UNTIL(pin,val)      \
    do                                \
        var int on? = await pin       \
                      until on?==val; \
    end

var int dt = 1000;
par/or do
    loop do
        emit PIN13 => _HIGH;
        await (dt)ms;
        emit PIN13 => _LOW;
        await (dt)ms;
    end
with
    loop do
        AWAIT_PIN_UNTIL(PIN02,1);
        await 200ms;
        dt = dt - 100;
    end
with
    loop do
        AWAIT_PIN_UNTIL(PIN03,1);
        await 200ms;
        dt = dt + 100;
    end
with
    loop do
        par/or do
            par/and do
                AWAIT_PIN_UNTIL(PIN02,1);
            with
                AWAIT_PIN_UNTIL(PIN03,1);
            end
            break;
        with
            <...>
        end
    end
end
```

Exercício - “Reiniciar”

- Reiniciar o comportamento da “Tarefa 2” caso o Botão 1 seja pressionado por 5 segundos.

```
loop do
    <...>  // código anterior

    loop do
        AWAIT_PIN_UNTIL(PIN02,_HIGH);
        await 50ms;
        par/or do
            AWAIT_PIN_UNTIL(PIN02,_LOW);
        with
            await 5s;
            break;
        end
    end
end
```

Compilando / Executando

```
> cd /home/ceu/ceu-arduino
> make CEUFILE=/home/ceu/reativos/code/arduino/ex_01.ceu
> make CEUFILE=/home/ceu/reativos/code/arduino/ex_02.ceu
```

SDL: “Input” (Céu)

```
SDL_Event e;
while (1) {
  while (SDL_PollEvent(&e) == 0);
  if (e.type == SDL_QUIT) {
    break;
  } else if (e.type == SDL_KEYDOWN) {
    switch (e.key.keysym.sym) {
      case SDLK_UP:
        r.y -= 10;
      case SDLK_DOWN:
        r.y += 10;
      case SDLK_LEFT:
        r.x -= 10;
      case SDLK_RIGHT:
        r.x += 10;
    }
  }
  SDL_SetRenderDrawColor(renderer, ...);
  SDL_RenderFillRect(renderer, NULL);
  SDL_SetRenderDrawColor(renderer, ...);
  SDL_RenderFillRect(renderer, &r);
  SDL_RenderPresent(renderer);
}
```

```
input void                  SDL_QUIT;
input _SDL_KeyboardEvent*   SDL_KEYDOWN;
input void                  SDL_REDRAW;

par/or do
  await SDL_QUIT;
with
  var _SDL_KeyboardEvent* key;
  every key in SDL_KEYDOWN do
    if key:keysym.sym == _SDLK_UP then
      r.y = r.y - 10;
    else/if key:keysym.sym == _SDLK_DOWN then
      r.y = r.y + 10;
    else/if key:keysym.sym == _SDLK_LEFT then
      r.x = r.x - 10;
    else/if key:keysym.sym == _SDLK_RIGHT then
      r.x = r.x + 10;
    end
  end
with
  every SDL_REDRAW do
    _SDL_SetRenderDrawColor(renderer, ...);
    _SDL_RenderFillRect(renderer, null);
    _SDL_SetRenderDrawColor(renderer, ...);
    _SDL_RenderFillRect(renderer, &r);
    _SDL_RenderPresent(renderer);
  end
end
```

SDL: “Animação” (Céu)

(code/sdl/ex_01.ceu)

```
par/or do
    loop do
        loop i in 100 do
            await 10ms;
            r1.x = r1.x + 1;
        end
        loop i in 100 do
            await 10ms;
            r1.y = r1.y + 1;
        end
        loop i in 100 do
            await 10ms;
            r1.x = r1.x - 1;
        end
        loop i in 100 do
            await 10ms;
            r1.y = r1.y - 1;
        end
    end
with
    var _SDL_MouseButtonEvent* but;
    but = await SDL_MOUSEBUTTONDOWN
          until _SDL_Rect_vs_Mouse(&r1, but);
end
```

Exercício - “Retomar”

- Retomar o movimento do retângulo após clicar novamente nele.

Compilando / Executando

```
> cd /home/ceu/ceu-sdl

> make CEUFILE=/home/ceu/reativos/code/sdl/01_input.ceu
> /home/ceu/reativos/code/sdl/01_input.exe

> make CEUFILE=/home/ceu/reativos/code/sdl/ex_01.ceu
> /home/ceu/reativos/code/sdl/ex_01.exe
```

Documentação

- Tutorial online
  - `http://www.ceu-lang.org/try.php`
- Manual de referência
  - `https://github.com/fsantanna/ceu/blob/master/manual/manual-toc.md`
- Exemplos para Arduino e SDL
  - `https://github.com/fsantanna/ceu-arduino/tree/master/samples`
  - `https://github.com/fsantanna/ceu-sdl/tree/master/samples`
- Grupo da Turma (!)

Artigos & Videos - 05

- Safe Concurrent Abstractions for Wireless Sensor Networks
  - `http://ceu-lang.org/chico/ceu_sensys13_pre.pdf`
- Dynamic Organisms in Céu
  - `http://vimeo.com/96915338`

par/and, par/or, par

```
loop do
    par/and do
        ...
    with
        await 1s;
    end
end
// SAMPLING ("at least")
```

```
loop do
    par/or do
        ...
    with
        await 1s;
    end
end
// WATCHDOG ("at most")
```

1st class Timers

- Timers are very common in embedded apps

```
loop do
    await 2min30s400ms;
    ... // do something
end
```

```
loop do
    par/or do
        // do something
    with
        await 500ms;
    end
end
```

1st class Timers

- 1s + 1s = 2s (?!)

```
loop do
    await 10ms;
    _printf("1\n");
    await 1ms;
    _printf("2\n");
end
```

- 15ms elapse
- late = 5ms
- late = 4ms

```
par/or do
   loop do
      await 10ms;
      _printf("1\n");
      await 1ms;
      _printf("2\n");
   end
with
   await 15ms;
   _printf("3\n");
end
```

1st class Timers

- Temporal Analysis

```
var int v;
par/or do
    loop do
        await 10ms;
        v = 1;
    end
with
    await 100ms;
    v = 2;
end
```

Summary

- Safety
  - deterministic execution
  - sync-free concurrency
- Expressiveness
  - structured / parallel compositions
  - 1st-class timers
- Small footprint
  - ROM: 3 Kbytes
  - RAM: 100 bytes

Graphical Demos

```
input void SDL_QUIT;
input void SDL_REDRAW;

<...>  // initialize graphical library, renderer, etc.

var _SDL_Rect r;
r.w = 100;
r.h = 100;
r.x = 20;
r.y = 200;

par/or do
    every 20ms do
        r.x = r.x + 1;
    end
with
    every SDL_REDRAW do
        _SDL_SetRenderDrawColor(ren,0xFF,0xFF,0xFF,0);
        _SDL_RenderFillRect(ren, &r);
    end
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
var _SDL_Rect r;
r.w = 100;
r.h = 100;
r.x = 20;
r.y = 100;

var _SDL_Rect s;
s.w = 100;
s.h = 100;
s.x = 20;
s.y = 300;

par/or do
    every 20ms do
        r.x = r.x + 1;
    end
with
    every SDL_REDRAW do
        _SDL_SetRenderDrawColor(ren,0xFF,0xFF,0xFF,0);
        _SDL_RenderFillRect(ren, &r);
    end
with
    every 10ms do
        s.x = s.x + 1;
    end
with
    every SDL_REDRAW do
        _SDL_SetRenderDrawColor(ren,0xFF,0xFF,0xFF,0);
        _SDL_RenderFillRect(ren, &s);
    end
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
class Rect with
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
    par do
        every (this.dt)ms do
            r.x = r.x + 1;
        end
    with
         every SDL_REDRAW do
            _SDL_SetRenderDrawColor(ren, 0xFF,0xFF,0xFF, 0);
            _SDL_RenderFillRect(ren, &r);
        end
    end
end

par/or do
    <...>
with
    var Rect a with
        this.r.y = 100;
        this.dt  = 10;
        this.ren = ren;
    end;
    var Rect b with
        this.r.y = 300;
        this.dt  = 5;
        this.ren = ren;
    end;
    await FOREVER;
with
    await SDL_QUIT;
end
```

interface (fields & methods)

body (all Céu statements)

declaration & constructor (lexical scope)

```
class Rect with
    <...>
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
end

par/or do
    <...>
with
    var int i = 1;
    var Rect[20] rs with
        this.r.y = 20 * i;
        this.dt  = 10 + i;
        this.ren = ren;
        i = i + 1;
    end;
    await FOREVER;
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
class Rect with
    <...>
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
end

par/or do
    <...>
with
    loop do
        var int i = 1;
        var Rect[20] rs with
            this.r.y = 20 * i;
            this.dt  = 10 + i;
            this.ren = ren;
            i = i + 1;
        end;
        await SDL_MOUSEBUTTONDOWN;
    end
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
class Rect with
    <...>
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
end

par/or do
    <...>
with
    do
        every 1s do
            spawn Rect with
                this.r.y = 20 + _rand()%400;
                this.dt  = 10 + _rand()%10;
                this.ren = ren;
            end;
        end
    end
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
class Rect with
    <...>
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
    par/and do
        every (this.dt)ms do
            r.x = r.x + 1;
            if r.x >= 500 then
                break;
            end
        end
    with
        every SDL_REDRAW do
            _SDL_SetRenderDrawColor(ren, 0xFF,0xFF,0xFF, 0);
            _SDL_RenderFillRect(ren, &r);
        end
    end
end

par/or do
    <...>
with
    <...>
            spawn Rect with
                <...>
            end;
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
class Rect with
    <...>
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
    par/or do
        every (this.dt)ms do
            r.x = r.x + 1;
            if r.x >= 500 then
                break;
            end
        end
    with
        every SDL_REDRAW do
            _SDL_SetRenderDrawColor(ren, 0xFF,0xFF,0xFF, 0);
            _SDL_RenderFillRect(ren, &r);
        end
    end
end

par/or do
    <...>
with
    <...>
            spawn Rect with
                <...>
            end;
with
    await SDL_QUIT;
end
```

```
class Rect with
    <...>
    var _SDL_Rect      r;
    var int            dt;
    var _SDL_Renderer* ren;
do
    <...>
end

par/or do
    <...>
with
    loop do
        par/or do
            do
                every 1s do
                    spawn Rect with
                        this.r.y = 20 + _rand()%400;
                        this.dt  = 10 + _rand()%10;
                        this.ren = ren;
                    end;
                end
            end
        with
            await SDL_MOUSEBUTTONDOWN;
        end
    end
with
    await SDL_QUIT;
end
```

Future work...

- Distributed events
  - `await <MACHINE>.<EVENT>`
- Reactive OS
  - Microkernel for Arduino
- General purpose
  - Games? Webapps?