Concorrência

exercício 1

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

```
void loop () {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    delay(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    delay(1000);

    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
        while(1);
  }
}
```

- Programa interativo!

versão sem bloqueio

- Guardar *timestamp* da última mudança
- Guardar estado atual do LED

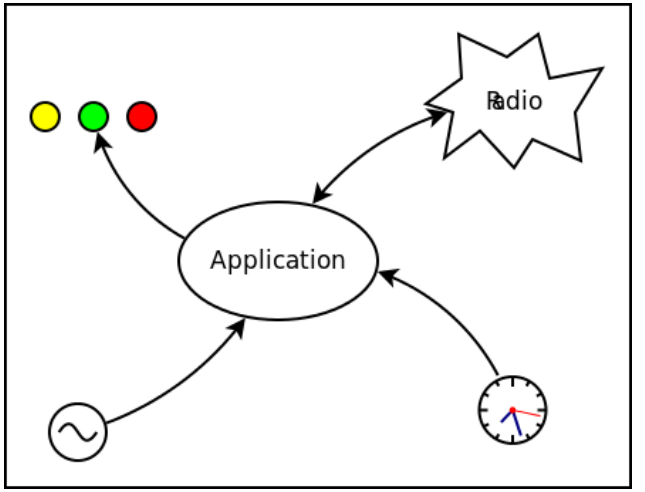
```
int state = 1;
unsigned long old;
void setup () {
    old = millis();
    digitalWrite(LED_PIN, state);
}
void loop () {
    unsigned long now = millis();
    if (now >= old+1000) {
        old = now;
        state = !state;
        digitalWrite(LED_PIN, state);
    }

    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
        while(1);
    }
}
```

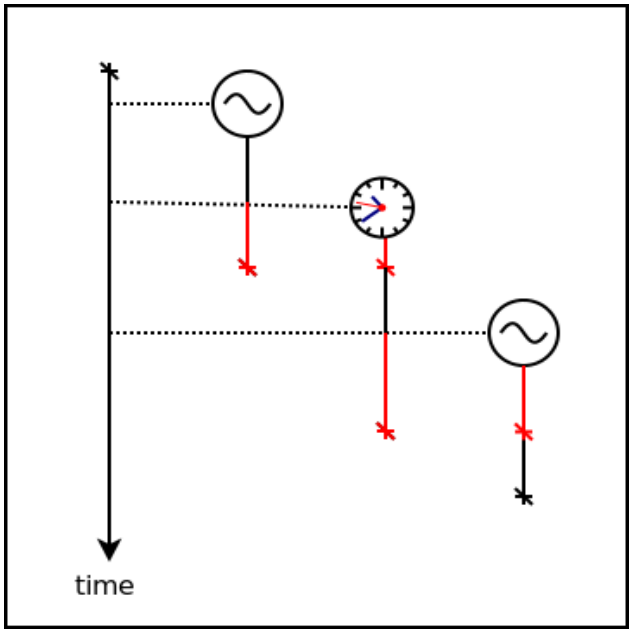
```
void loop () {
    unsigned long now = millis();
    if (now >= old+1000) {
        old = now;
        state = !state;
        digitalWrite(LED_PIN, state);
    }
}
```

```
void loop () {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
        exit();
    }
}
```

eventos concorrentes

- cada evento gera uma reação
  - reação tem duração
- cada evento pode ocorrer a qualquer momento





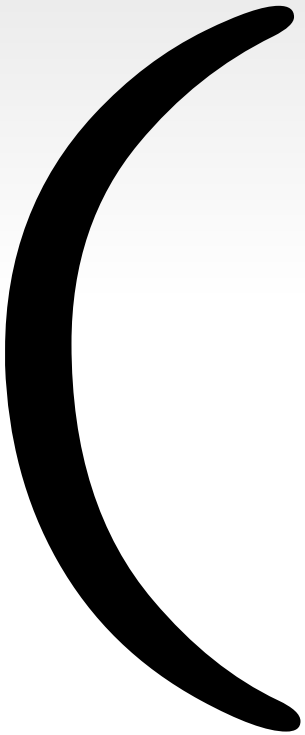
e daí?

- problemas quando reações concorrentes acessam o mesmo recurso.

```
int state = 1;
unsigned long old;
void setup () {
    old = millis();
    digitalWrite(LED_PIN, state);
}
void loop () {
    unsigned long now = millis();
    if (now >= old+1000) {
        old = now;
        state = !state;
        digitalWrite(LED_PIN, state);
    }
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
        while(1);
    }
}
```

```
void loop () {
    unsigned long now = millis();
    if (now >= old+1000) {
        old = now;
        state = !state;
        digitalWrite(LED_PIN, state);
    }
}
```

```
void loop () {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
        digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
        exit();
    }
}
```



concorrência

- várias atividades simultâneas
  - recursos em comum

concorrência

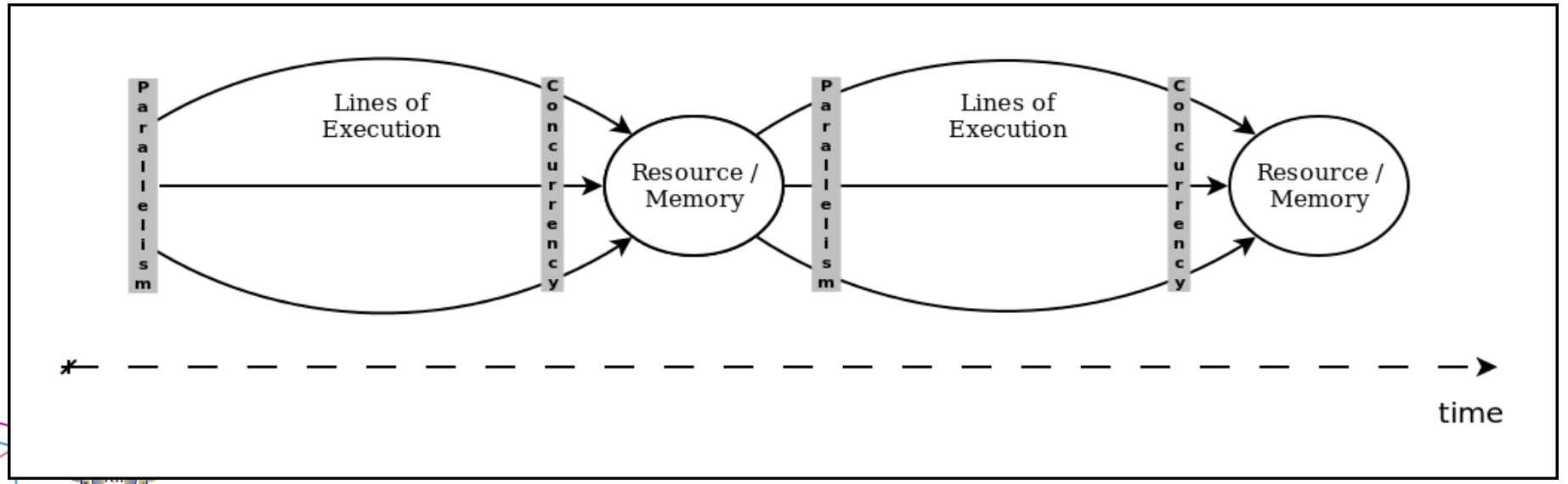
- uma ou mais linhas de execução

concorrência vs paralelismo

- concorrência: várias atividades simultâneas
  - recursos compartilhados
- paralelismo: várias linhas de execução

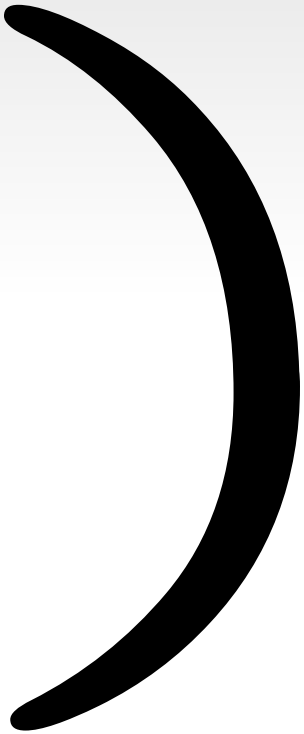
concorrência e paralelismo

- concorrência
  - acessos “simultâneos” a recursos
- paralelismo
  - execução simultânea



videos e textos - 2

- Concorrência e Paralelismo
  - Rob Pike - *“Concurrency Is Not Parallelism”*
  - Wikipedia - *“Embarrassingly Parallel”*



Modelos de Execução Concorrente

- Por quê?
  - Como descrever e entender as partes de um sistema concorrente (e.g., atividades, processos, atores, etc.).
  - Vocabulário e semântica
    - execução (escalonamento)
    - composição
    - compartilhamento
    - comunicação
    - sincronização

Modelos de Execução Concorrente

- Modelo Assíncrono
  - Execução independente / Sincronização explícita
    - *Threads* + *locks*/*mutexes* (*pthreads*, *Java-Threads*)
    - Atores + troca de mensagens (*Erlang*, *Go*)

- Modelo Síncrono
  - Execução dependente / Sincronização implícita
    - *Arduino-Loop*, *Game-Loop*, Padrão *Observer*

Modelo assíncrono

- Execução independente
  - Arduino: *ChibiOS*

```
void Thread1 (void) {
  <...>
}

void Thread2 (void) {
  <...>
}

void setup() {
  chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

exemplo com threads

```
int state = 1;
unsigned long old;

void setup () {
   old = millis();
   digitalWrite(LED_PIN, state);
}

void loop () {
   unsigned long now = millis();
   if (now >= old+1000) {
      old = now;
      state = !state;
      digitalWrite(LED_PIN, state);
   }

   int but = digitalRead(BUT_PIN);
   if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      while(1);
   }
}
```

```
void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}

void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      break;
    }
  }
}

void setup () {
  chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

exercício 1 (versão assíncrona)

```
void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}

void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      break;
    }
  }
}

void setup () {
  chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

mas e a thread 1 continua fazendo sua tarefa?

exercício 1 (assíncrono)

```
void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}

void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      break;
    }
  }
}

void setup () {
  chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

```
Thread* t1;

void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}
void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      chThdTerminate(t1);
      break;
    }
  }
}
void setup () {
  t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

exercício 1 (assíncrono)

```
void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}

void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      break;
    }
  }
}

void setup () {
  chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

```
Thread* t1;

void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}
void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      chThdTerminate(t1);
      break;
    }
  }
}
void setup () {
  t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

Quando?

exercício 1 (assíncrono)

```
void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}

void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      break;
    }
  }
}

void setup () {
  chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

```
Thread* t1;

void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    chThdSleepMilliseconds(1000);
  }
}
void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
    int but = digitalRead(BUT_PIN);
    if (but) {
      digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
      chThdTerminate(t1);
      break;
    }
  }
}
void setup () {
  t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
  chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

Quando?

artigos e videos

- Terminação de Threads
  - Java - "*Why Are Thread.stop, Thread.suspend, Thread.resume and Runtime.runFinalizersOnExit Deprecated?*"
  - pthreads – `man pthreads_cancel`
  - ChibiOS - *"How to cleanly stop the OS"*

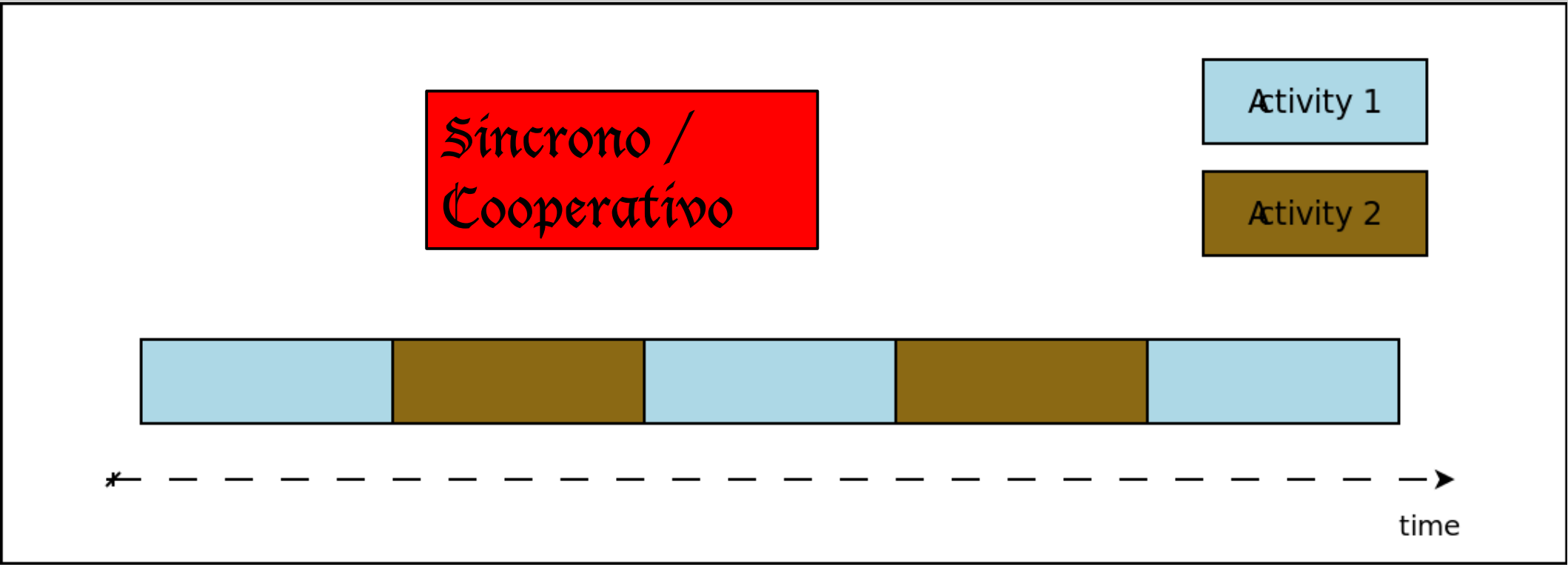
Exercício 1 (async)

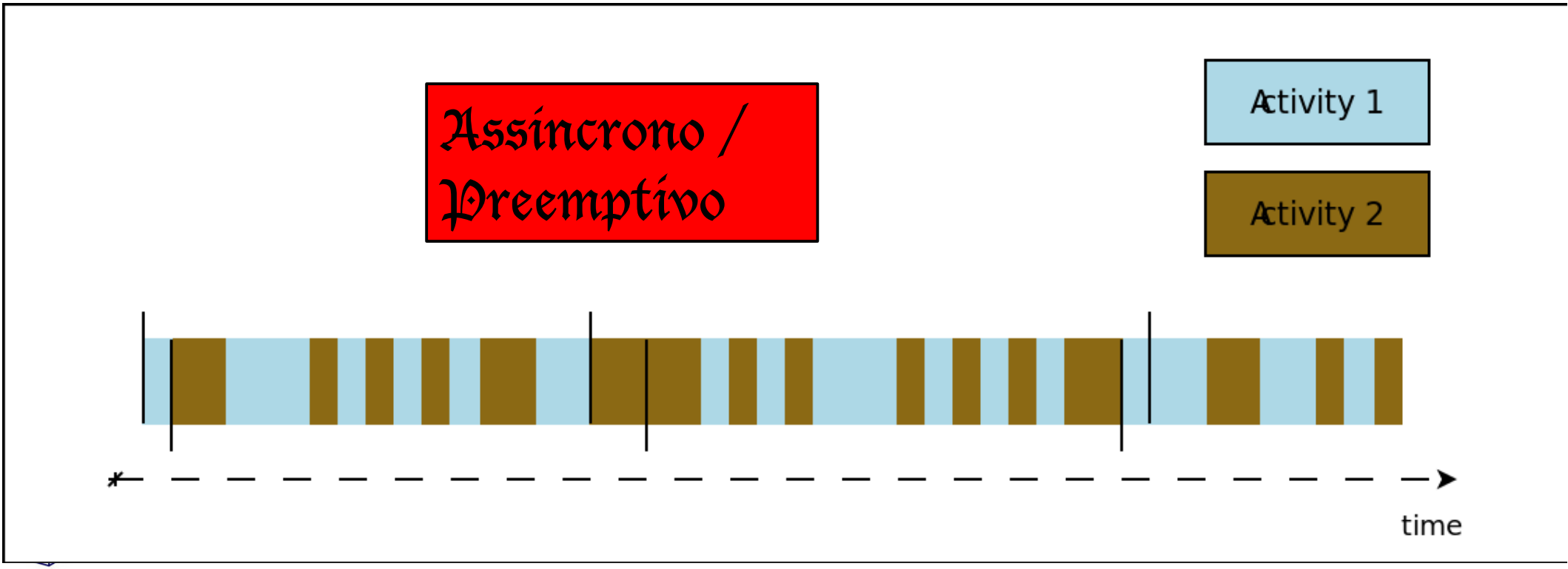
```
Thread* t1;

void Thread1 (void) {
 while (TRUE) {
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
 }
}
void Thread2 (void) {
 while (TRUE) {
  int but = digitalRead(BUT_PIN);
  if (but) {
   digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
   chThdTerminate(t1);
   break;
  }
 }
}
void setup () {
 t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
 chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

```
Thread* t1;
void Thread1 (void) {
 while (TRUE) {
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  if (chThdShouldTerminateX())
    break;
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  if (chThdShouldTerminateX())
    break;
 }
}
void Thread2 (void) {
 while (TRUE) {
  int but = digitalRead(BUT_PIN);
  if (but) {
   digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
   chThdTerminate(t1);
   break;
  }
 }
}
void setup () {
 t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
 chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

escalonamento de threads

- como se compartilha o recurso CPU?
  - threads preemptivas e cooperativas


Síncrono / Cooperativo
Activity 1
Activity 2
time


Assíncrono / Preemptivo
Activity 1
Activity 2
time

exercício

```
Thread* t1;
void Thread1 (void) {
 while (TRUE) {
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  if (chThdShouldTerminateX())
    break;
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  if (chThdShouldTerminateX())
    break;
 }
}
void Thread2 (void) {
 while (TRUE) {
  int but = digitalRead(BUT_PIN);
  if (but) {
   digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
   chThdTerminate(t1);
   break;
  }
 }
}
void setup () {
 t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
 chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

```
MUTEX_DECL(mut);
Thread* t1;
void Thread1 (void) {
 while (TRUE) {
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  chMtxLock(&mut);
  if (chThdShouldTerminate())
    break;
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  chMtxUnlock(&mut);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  if (chThdShouldTerminate())
    break;
 }
}
void Thread2 (void) {
 while (TRUE) {
  int but = digitalRead(BUT_PIN);
  if (but) {
   chMtxLock(&mut);
   digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
   chThdTerminate(t1);
   chMtxUnlock(&mut);
   break;
  }
 }
}
void setup () {
 t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
 chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

```
MUTEX_DECL(mut);
Thread* t1;
void Thread1 (void) {
 while (TRUE) {
  digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  chMtxLock(&mut);
  if (chThdShouldTerminate())
    break;
  digitalWrite(LED_PIN, LOW);
  chMtxUnlock(&mut);
  chThdSleepMilliseconds(1000);
  if (chThdShouldTerminate())
    break;
 }
}
void Thread2 (void) {
 while (TRUE) {
  int but = digitalRead(BUT_PIN);
  if (but) {
   chMtxLock(&mut);
   digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
   chThdTerminate(t1);
   chMtxUnlock(&mut);
   break;
  }
 }
}
void setup () {
 t1 = chThdCreateStatic(..., Thread1);
 chThdCreateStatic(..., Thread2);
}
```

exemplo - cálculo pesado

- *ordenação, criptografia, compressão, codificação/conversão*
- Piscar o LED a cada 1 segundo

```
void loop () {
    digitalWrite(LED_PIN, HIGH);
    f();
    digitalWrite(LED_PIN, LOW);
    f();
}
```

```
void Thread1 (void) {
  while (TRUE) {
    f();  // operação longa
  }
}

void Thread2 (void) {
  while (TRUE) {
     // pisca led!
  }
}
```

como tratar tarefas demoradas

- O que fazer se a execução demora demais?
  - sistema não mais reativo
- Inversão de controle
  - re-implementar o algoritmo!
- Usar *threads*
  - Praticamente não há concorrência

modelo síncrono

- Durante uma unidade de tempo lógico, o ambiente está invariante e não interrompe o programa
- Implementação:
  - *Sampling*: Arduino Loop
  - *Event-driven*: Padrão *Observer*

Hipótese de sincronismo: "*Reações executam infinitamente mais rápido do que a taxa de eventos.*"

padrão observador

```
wait ANY_EVENT_CHANGE do
  react();
end
```

- “Hollywood principle: don't call us, we'll call you.”
- Ocorrência de um evento executa uma “callback” no código
  - Botão => button_changed()
  - Timer => timer_expired()
  - Rede => packet_received()

padrão observador - exemplo

hello world

```
#include "pindefs.h"

void setup () {
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(KEY1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(KEY2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(KEY3, INPUT_PULLUP);
}

void loop () {
    int but = digitalRead(KEY1);
    digitalWrite(LED1, but);
}
```

```
 #include "event_driven.h"
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void appinit(){
    button_listen(KEY1);
}
void button_changed (int pin, int v) {
    digitalWrite(LED1, v);
}

void timer_expired () {
}
```

padrão observador - exemplo

hello world

```
#include "pindefs.h"

void setup () {
    pinMode(LED_PIN, OUTPUT);
    pinMode(KEY1, INPUT_PULLUP);
    pinMode(KEY2, INPUT_PULLUP);
    pinMode(KEY3, INPUT_PULLUP);
}

void loop () {
    int but = digitalRead(KEY1);
    digitalWrite(LED1, but);
}
```

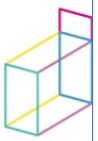
```
 #include "event_driven.h"
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void appinit(){
    button_listen(KEY1);
}
void button_changed (int pin, int v) {
    digitalWrite(LED1, v);
}

void timer_expired () {
}
```

```
#include “event_driven.h”
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void setup(){…}
void loop {...}
```

“casca” criando interface dirigida a eventos

tarefa 3 – API (event_driven.ino)

```
/* Funções de registro: */

void button_listen (int pin) {
   <...>                  // “pin” passado deve gerar notificações
}

void timer_set (int ms) {
   <...>                  // timer deve expirar após “ms” milisegundos
}

/* Callbacks */

void button_changed (int pin, int v);  // notifica que “pin” mudou para “v”
void timer_expired (void);             // notifica que o timer expirou

/* Programa principal: */

void setup () {
    <...>                 // inicialização da API
    init();               // inicialização do usuário
}

void loop () {
    <...>                 // detecta novos eventos
    button_changed(...);    // notifica o usuário
    <...>                 // detecta novos eventos
    timer_expired(...);     // notifica o usuário
}
```



tarefa

- Implementar “event_driven.ino”
  - Tratador para botões da placa
  - 2 timers

- Reimplementar os exemplos com orientação a eventos:
  - Hello World: Input
  - Tarefa 2

framework event_driven

event_driven.h

```
void button_listen (int pin);

void timer_set (int ms);
```

app.h

```
void appinit(void);

void button_changed ( int pin, int v);

void timer_expired(void);
```

event_driven.ino

```
#include “event_driven.h”
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void setup(){…}
void loop {...}
```

app.ino

```
#include “event_driven.h”
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void appinit(void) {…}

void button_changed(int p, int v) { …}

void timer_expired(void) {...}
```

framework event-driven

event_driven.h

```
void button_listen (int pin);

void timer_set (int ms);
```

app.h

```
void appinit(void);

void button_changed ( int pin, int v);

void timer_expired(void);
```

event_driven.ino

```
#include “event_driven.h”
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void setup(){…}
void loop {...}
```

app.ino

```
#include “event_driven.h”
#include "app.h"
#include "pindefs.h"

void appinit(void) {…}

void button_changed(int p, int v) { …}

void timer_expired(void) {...}
```