Breve introdução ao "Real Time Application Interface" (RTAI)

Sistemas de Tempo-Real

DETI/UA

Paulo Pedreiras

DETI/UA

Set/2009

Conteúdo

- Requisitos
- Kernel Linux
- O RTAI
- Como carregar uma aplicação
- Anatomia de uma aplicação

Requisitos

- Muitas aplicações integram componentes **com e sem requisitos de tempo-real**, logo poderão beneficiar da existência de plataformas com suporte e serviços "standard", sem requisitos de tempo-real.
- Estas plataformas são habitualmente compostas por um **sistema operativo *standard***, que fornece um leque **alargado** de serviços (e.g. file-system, HMI, ...) e um executivo/kernel **tempo-real** para suporte aos componentes com este tipo de requisitos
- Soluções baseadas em Linux:
  - Suporte tempo-real nativo em Linux
  - Modificações ao kernel para tempo-real (low-latency patch, KURT, ...)
  - Linux como uma tarefa de um kernel tempo-real (RTAI, RTLinux, eCos, ...)

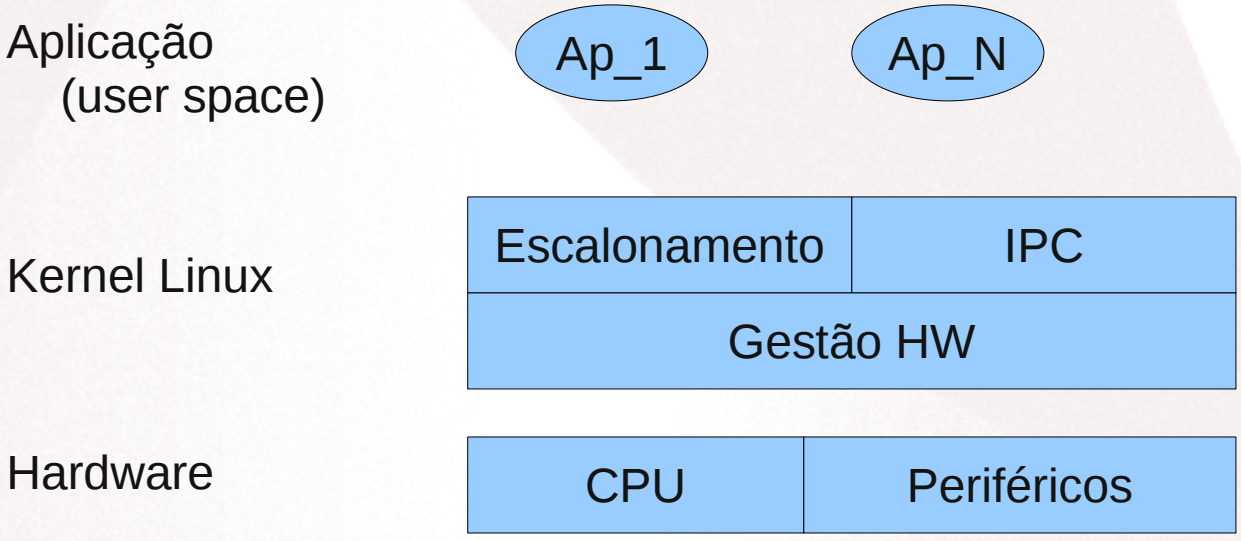
Suporte a tarefas tempo-real em Linux

- O Linux suporta o as “POSIX 1003.13 real-time extensions”, todavia ...
- O suporte a tarefas tempo-real em Linux usando POSIX é **pouco eficiente**:
  - O kernel sofre de **longos tempos de bloqueio**
    - Resultado de um critério de desenho que beneficia o throughput
  - **Preempção** de tarefas durante system calls **não é permitida**
    - Tarefas de alta prioridade podem ser bloquedas por tarefas de baixa-prioridade por períodos relativamente longos
  - Mecanismos de **escalonamento pouco flexíveis** e eficientes
    - Apenas Round-Robin e FIFO para tempo-real

Serviços do kernel Linux

O kernel Linux oferece às aplicações (entre outros) os seguintes serviços:

- **Camada de gestão de hardware:** gestão de periféricos e do CPU (tratamento de eventos, interrupções, ...)
- **Camada de escalonamento:** responsável pela activação de processos, prioridades, ...
- **Comunicação:** comunicação entre processos (FIFO, shared memory, ...)



O “Real-Time Application Interface”

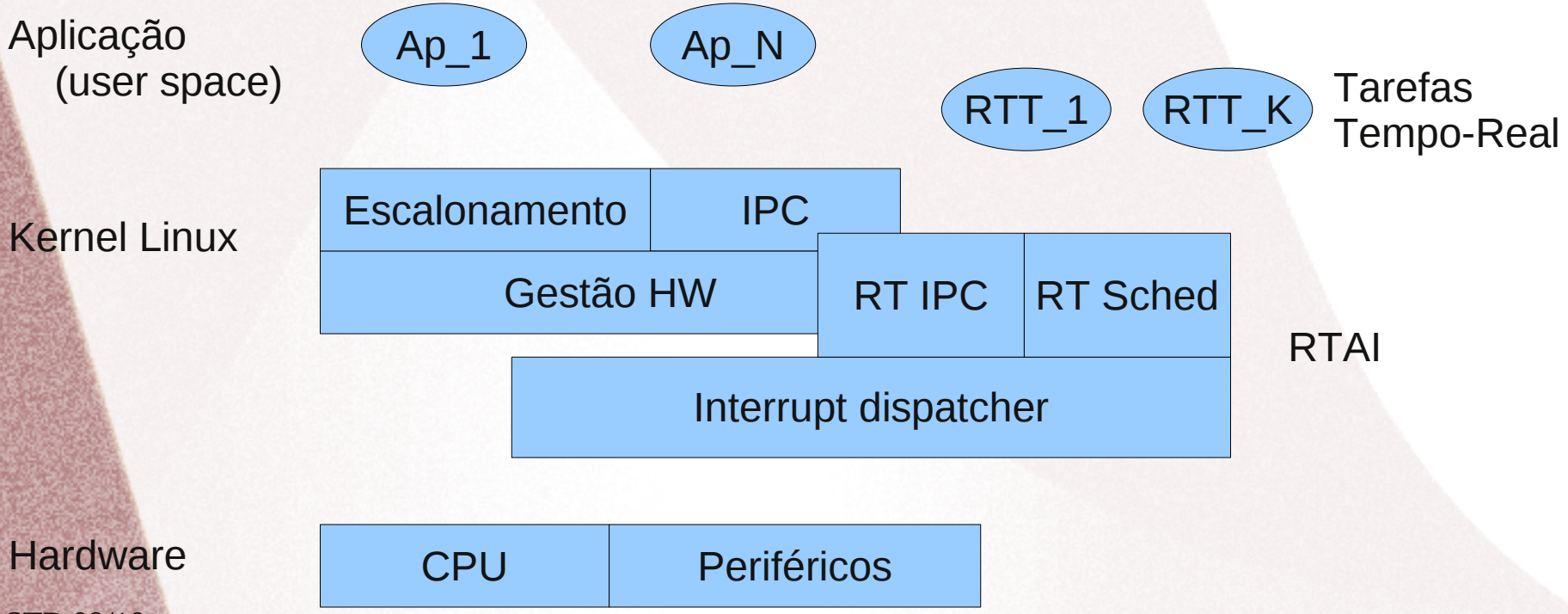
Conjunto de módulos de kernel Linux, com as seguintes propriedades:

- **Linux** torna-se um tarefa **background**
- Captura e age como **dispatcher de interrupções**. Intercepta todas as interrupções encaminhando-as, se necessário para o kernel Linux
- Torna o **kernel** Linux completamente **preemptível**
- Pouco intrusivo para o kernel Linux. Funcionalidade do kernel não é alterada.

Real-Time Application Interface

Disponibiliza as seguintes classes de serviços:

- **Gestão de HW** (periféricos)
- **Escalonamento**, gerindo tarefas, prioridades, activações, ...
- **Comunicação** entre tarefas tempo-real e entre os domínios tempo-real e processos Linux “normais” (FIFO, shared memory, mailbox, ...)



Blocos RTAI

- A arquitectura de software do RTAI é composta por:
  - Interface para o “Linux HW Management” (HAL): basicamente uma estrutura de dados
  - Dispatcher, scheduler e IPC
  - Interface usado pelas tarefas do utilizador para gerir componentes
- Do ponto de vista do **Linux** estes serviços encontram-se encapsulados em **módulos do kernel**.

Virtualização das interrupções

- O RTAI mantém uma imagem do estado das interrupções visto pelo Linux.
  - Funções **Cli ()** and **Sti ()** afectam apenas uma estrutura de dados do RTAI e **não o controlador de interrupções** propriamente dito

- As **interrupções reais são interceptadas** pelo RTAI. São encaminhadas para o Linux apenas quando apropriado (RSI registada e interrupção *enabled*).
  - Linux **não bloqueia** tarefas tempo-real. Do ponto de vista do RTAI o kernel torna-se completamente preemptível

Real-Time Application Interface

- Principais módulos
  - Rtai_hal:
    - **Criação** e **inicialização** de estruturas de dados (TCBs, ..), inicialização do esquema de captura e gestão de interrupções
  - Rtai_sched:
    - Atribui o **CPU** às diversas **tarefas** de acordo com a sua prioridade.
    - Diversas classes de escalonadores suportados (processador único, multi-processador)
  - Rtai_shm/Rtai_fifos/...:
    - Mecanismos **IPC**. Serviços para criação, leitura e escrita. Mecanismos funcionam entre tarefas tempo-real e entre estas e processos linux (vistos como /dev/fifo_x; /dev/shm_x; ...)

Carregar uma aplicação

Componentes RTAI são vistos pelo Linux como módulos do Kernel

- *Adicionar módulo*
  - ***/sbin/insmod mod_name.ko***
- *Remover módulo*
  - ***/sbin/rmmod mod_name***
- *Listagem de módulos carregados*
  - ***/sbin/lsmod***
- *Informação de estado e debug via "kernel ring buffer"*
  - *Instrução **dmesg** para consultar*

Carregar uma aplicação

Passo 1: carregar o RTAI

- Exemplo de script para carregar RTAI

```
...
prefix="/usr/realtime"
insmod='sudo /sbin/insmod'
MODULES=$prefix/modules
sync
$insmod $MODULES/rtai_hal.ko IsolCpusMask=0;
$insmod $MODULES/rtai_up.ko;
$insmod $MODULES/rtai_sem.ko;
...
```

Carregar uma aplicação

- **Passo 2:** carregar o módulo da aplicação

  sudo /sbin/insmod app_name.ko

- Os módulos RTAI necessitam de ser carregados **apenas uma vez** após o arranque do sistema
- A aplicação pode ser carregada/descarregada o **número de vezes necessário** (e.g. para debug)
- Os módulos RTAI podem ser **removidos** e novamente **carregados** a **qualquer altura** sem que o Linux seja afectado

Anatomia de uma aplicação

- Duas funções especiais
  - Função de **inicialização**
    - Executada automaticamente aquando do carregamento do módulo
      - Alocação de recursos (e.e shared memory, fifos), criação das tarefas, inicialização do sistema de contagem de tempo
  - Função de **terminação**
    - Executada automaticamente aquando da remoção do módulo
      - Paragem das tarefas, libertação dos recursso alocados
  - Não há função “main()”!

Anatomia de uma aplicação

- **Função de inicialização**

```
int __str_test_init(void)
{
  RTIME tick_period;
  RTIME startTime;
  int res;
  printk("[str_test] Initializing RTAI module ...\n");
  /* RT FIFO initialization */
  res =rtf_create(FIFO_ID, FIFO_SIZE);
  if (res) { ...
 /* Initialize user RT tasks */
  rt_task_init(&utask0, fun0, 0, STACK_SIZE, 0, USE_FPU, 0);
...
```

Anatomia de uma aplicação

```
  /* Compute system tick (tick_period in internal timer units) */
  tick_period = start_rt_timer(nano2count(PERIOD));
  startTime = rt_get_time() + NUM_TASKS*tick_period*1000;
  /* Start User RT Tasks */
  rt_task_make_periodic(&utask0, startTime, TASK0_PERIOD*tick_period);
...
printk("[str_test] Module successfuly loaded!\n");
  return 0;
}
```

Anatomia de uma aplicação

- **Função de remoção**

```
void __str_test_exit(void)
{
  int res;
  stop_rt_timer();
  rt_busy_sleep(10000000);
  /* Remove user RT tasks */
  rt_task_delete(&utask0);
...
  /* Release FIFO  */
  res=rtf_destroy(FIFO_ID);
...
  printk("\n Finito!\n");
}
```

Anatomia de uma aplicação

- **Corpo de uma tarefa**

```
static void fun1(long t)
{
   /* Local vars and startup code here (executed once)*/
   ...
   /* Task body */
   while(1) {
   /* task code here */
   ....
   /* Can use IPC */
   rtf_put(FIFO_ID,&tevt,sizeof(tevt));
   /* Sleep until next activation */
   rt_task_wait_period();
  }
}
```