Xenomai Short Intro

Paulo Pedreiras
pbrp@ua.pt
DETI/University of Aveiro

Sistemas Tempo-Real
Out/2013

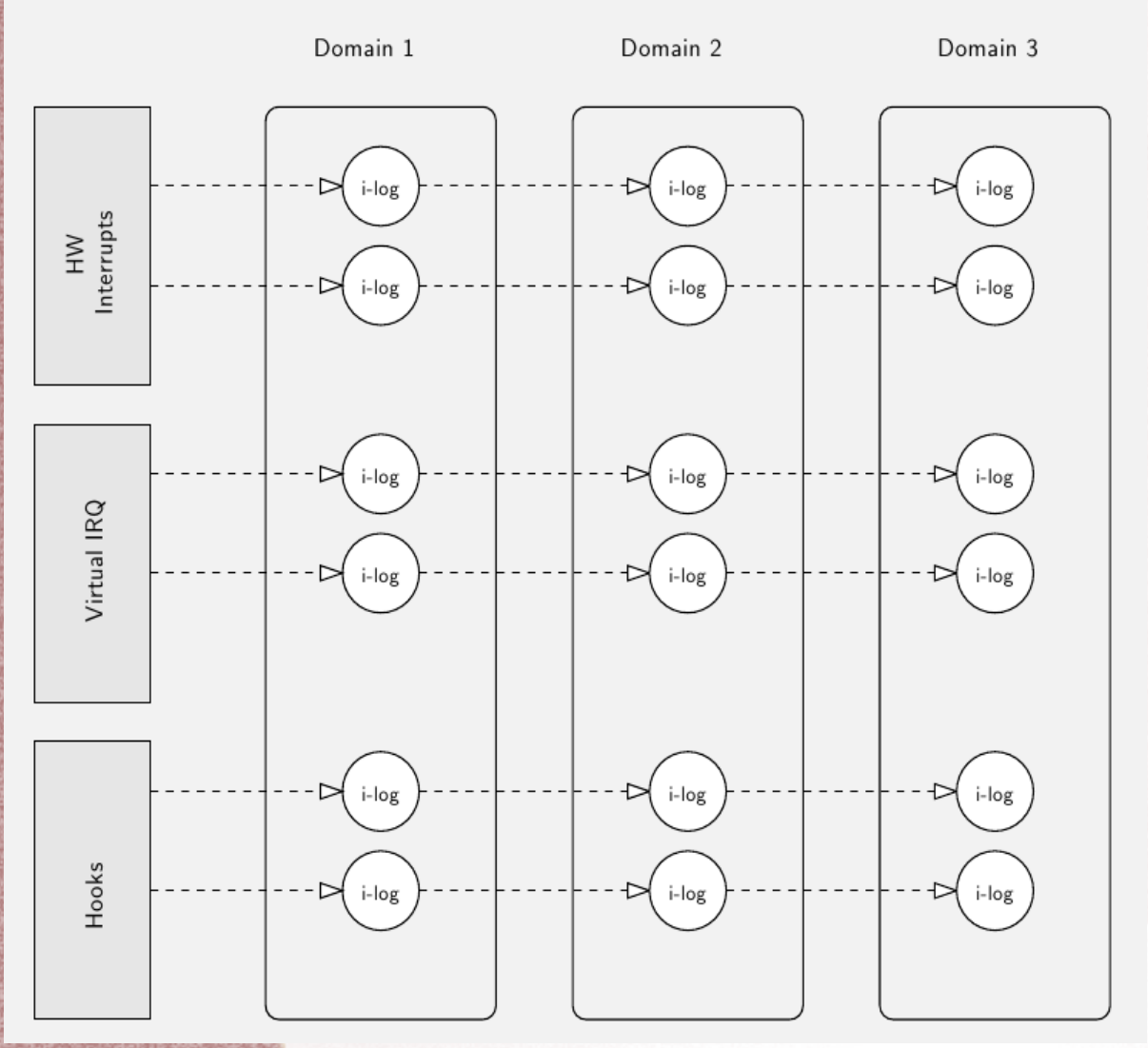
Agenda

- Adeos
- Xenomai
  - Introdução
  - Estrutura de domínios
  - Interrupções
  - Threads em modo utilizador
  - Interfaces
  - Exemplo de aplicação
  - Sumário

Adeos

- Adeos (Adaptive Domain Environment for Operating Systems)
  - É uma camada de abstracção de hardware integrada com um nanokernel
    - Também conhecido por “hypervisor”
  - Opera directamente sobre o HW e suporta um ou mais sistemas operativos
  - Cada SO faz parte de um domínio distinto
  - Cada domínio contém uma entidade para gerir interrupções
    - Estas interrupções são definidas em sentido lato e incluem
      - Interrupções propriamente ditas, geradas por HW e SW,
      - *hooks* para mudanças de contexto,
      - etc.

Adeos

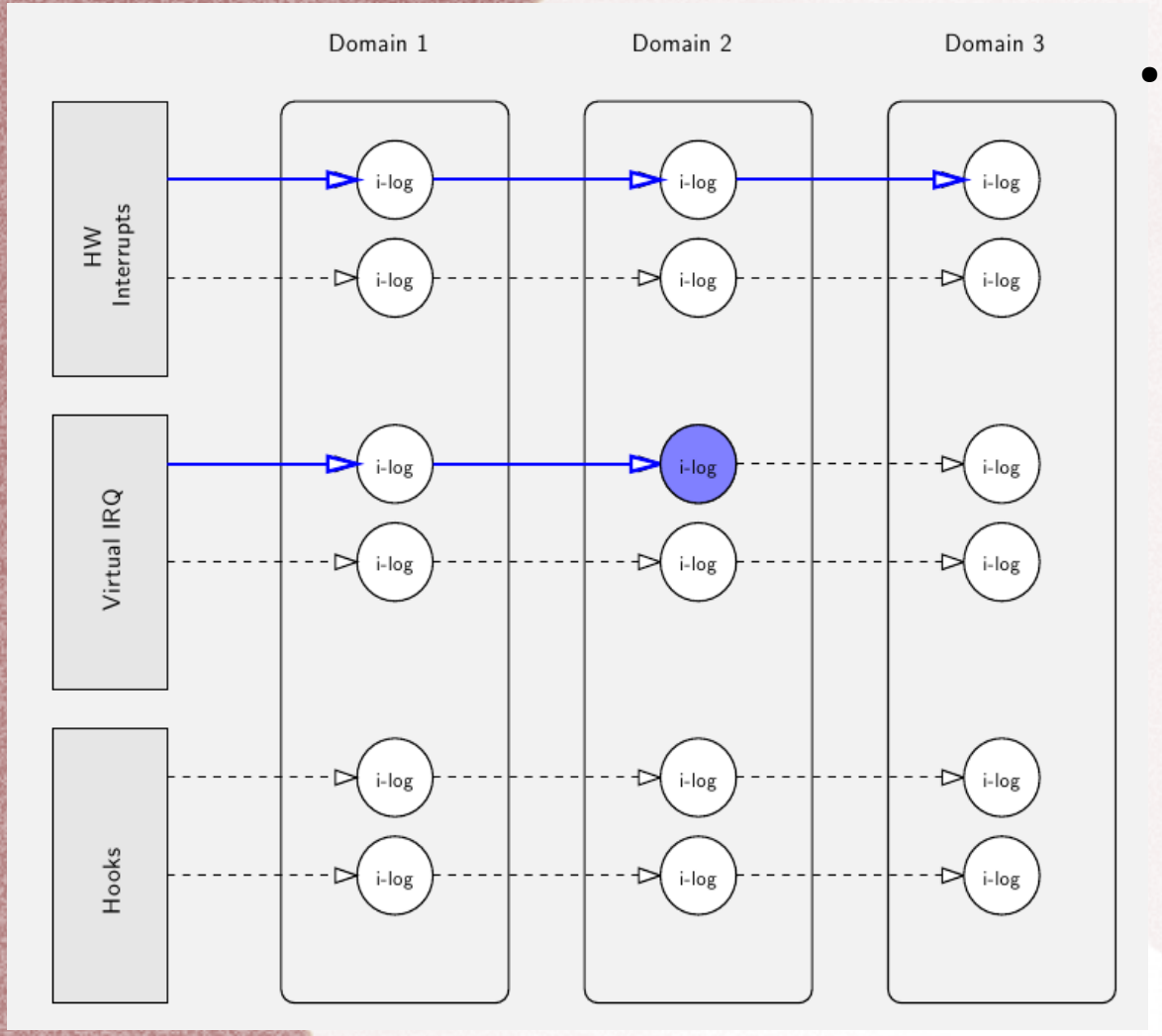


- Domínios são identificados por um número único
- E estão organizados por prioridades
  - Menor número -> maior prioridade a tratar os eventos
- Eventos são propagados de acordo com uma pipeline

Adeos

- Propagação de eventos
  - Os eventos propagam-se do primeiro domínio até ao último
  - Um domínio pode encaminhar o evento para o domínio subsequente ou pará-lo
  - Um domínio pode também suspender eventos
    - Equivalente a desligar as interrupções para os domínios subsequentes
    - Os eventos podem ser retomados posteriormente
    - A suspensão de eventos pode ser efectuada selectivamente

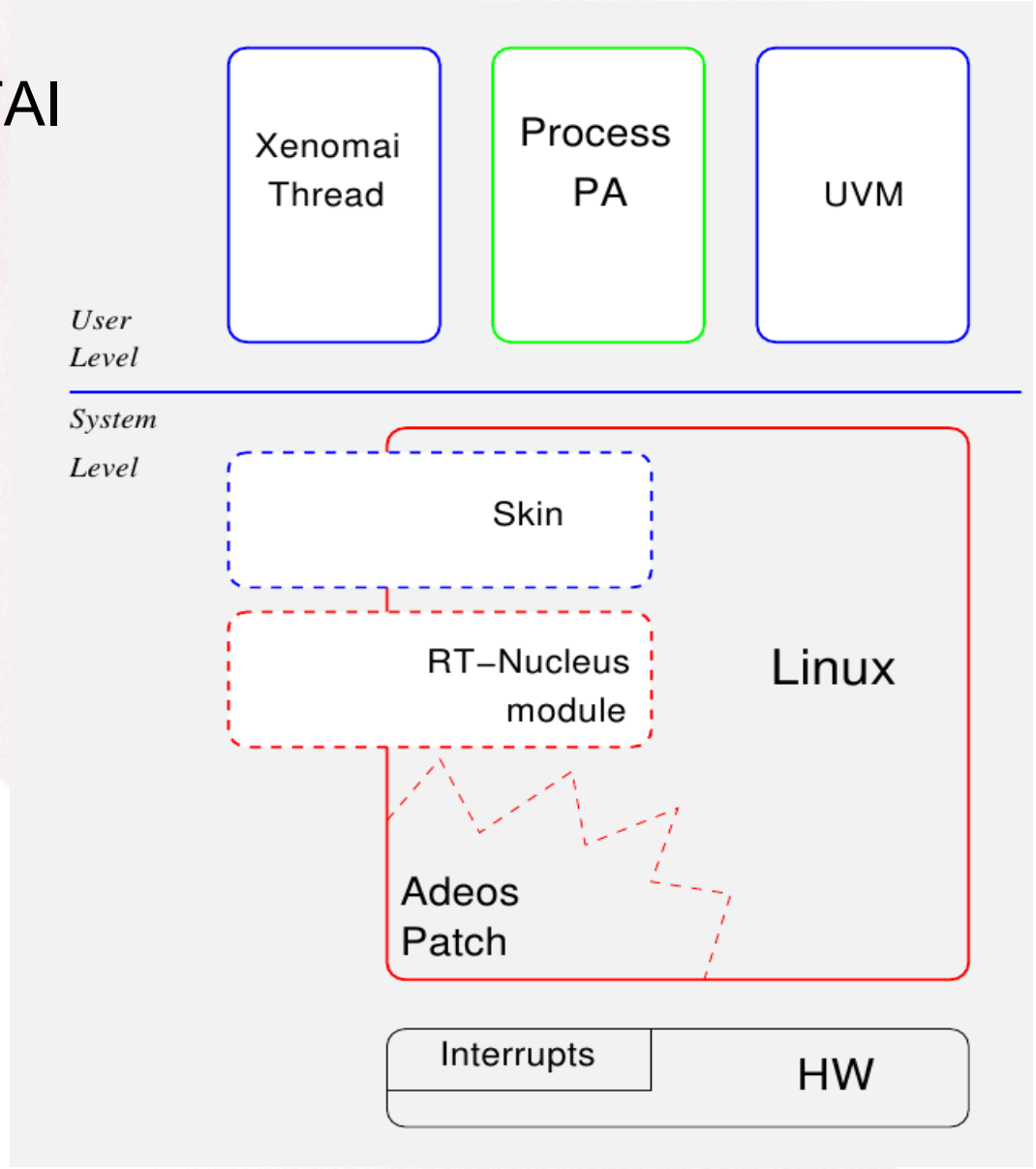
Xenomai no Adeos



- Ideia básica
  - Linux no domínio 3
  - RTOS no domínio 1
  - Domínio 2 usado para suspender selectivamente eventos
  - Operações Linux para fazer enable/disable de interrupções são modificadas para *stall* e *unstall*

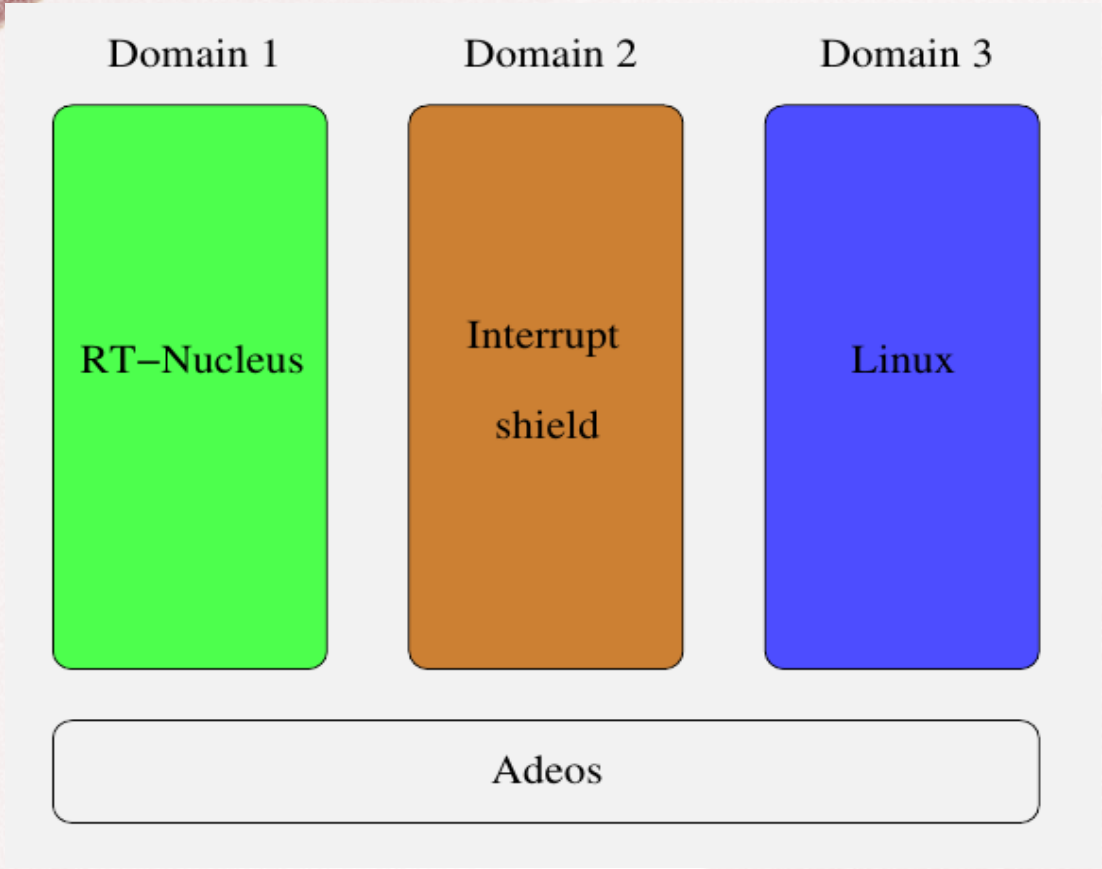
Xenomai

- Surgiu como um ramo do RTAI
- Documentação é bastante extensa e completa
- Possui um conjunto de primitivas nativas (RT-Nucleos) e um conjunto de skins que emulam outros RTOS
  - Estes incluem VXWorks, u-Itron, ...



Estrutura de domínios

- Estrutura de domínios em Xenomai



- Domínio principal: Xenomai
- Domínio secundário Linux
- Domínio intermédio: interrupt shield

Xenomai threads

- Uma therad tempo-real pode
  - Executar sempre no domínio primário
    - Espaço de endereçamento é “kernel space”
    - Tempos de resposta muito curtos
    - Semelhante a RTLinux e RTAI
  - Executar nos domínios primário e secundário
    - São designadas “Xenomai Threads”
    - Espaço de endereçamento é “user space”
    - Espaço de endereçamento é privado
      - Não interferem com a memória de outros processos nem do kernel
        - Facilita debug
  - As therads Xenomai começam em domínio primário e mudam automaticamente para secundário quando invocam uma “system call” não RT

Xenomai threads

- As prioridades usadas no domínio principal (RT-Nucleos) são compatíveis com as usada no secundário (Linux)
- Quando uma thread Xenomai migra de domínio preserva a sua prioridade
- As threads Xenomai iniciam-se no modo primário
- Quando no domínio primário uma therad
  - É removida da ready queue do Linux
  - É escalonada pelo escalonador do RT-Nucleos
  - Tem sempre precedência sobre qualquer tarefa Linux, qualquer que seja a sua prioridade
    - As tarefas Linux são escalonadas em background em relação às tarefas em domínio primário

Xenomai threads

- Uma thread Xenomai mantém-se em modo primário até que invoque uma primitiva não TR
  - E.g. escrever para um ficheiro
- Quando tal acontece é mudada transparentemente para o domínio secundário
- Quando é movida para o domínio secundário, uma tarefa Xenomai:
  - É inserida na ready queue do Linux
  - O RT-Nucleos invoca o scheduler do Linux
  - As tarefas Xenomai migradas comportam-se como se fossem tarefas nativas Linux, nomeadamente:
    - Podem fazer preempção sobre tarefas Linux
    - Podem sofrer preempção de tarefas Linux
      - Perda de propriedades tempo-real!

Interrupts

- Para reduzir a latência
  - Os interrupts não são imediatamente encaminhados para o Linux se uma Xenomai Thread está em execução
  - Este mecanismo funciona da seguinte forma:
    - Quando uma Xenomai Thread está em execução o “Interrupt shield domain” é activado
    - Todos os interrupts Linux são suspensos
    - Esta suspensão termina quando a Xenomai Thread termina
    - E assim os interrupts pendentes são servidos
  - Desta forma a latência das Xenomai therads é reduzida, mesmo quando executam em domínio secundário.

Interfaces

- O Xenoami disponibiliza diversas API ao utilizador
  - A API interna (core) é a interface usada pelo RT-Nucleos.
    - Não deve ser usada directamente
  - Há diversas skins
    - Uma é a Native Xenomai Interface
      - Pode ser usada em novas aplicações
      - Conjunto de primitivas bem organizado
    - As skins são módulos que podem ou não ser usados
    - Exemplos
      - POSIX
      - RTAI
      - U-Itron
      - VxWorks
    - A ideia é facilitar o porting de aplicações já existentes

Exemplo

- Corpo da terefa

```
void task_a(void *cookie) {
        RTIME to=0,ta=0;
        unsigned long overruns;
        int err;

        rt_printf("Task a init\n");

        /* Set task as periodic */
        err=rt_task_set_periodic(NULL, TM_NOW, TASK_A_PERIOD_NS);  /Definir tarefa como
periódica
        // Ciclo infinito ("job")
        for(;;) {
                err=rt_task_wait_period(&overruns); // Suspende até novo período
                ta=rt_timer_read();
                if(err) {
                        rt_printf("Task a overrun!!!\n");
                        break;
                }
                rt_printf("Task a activation\n");
                if(to!=0)
                        rt_printf("Measured period (ns)= %lu\n",ta-to);
                to=ta;

                /* Task "load" */
                simulate_load(TASK_A_LOAD_NS);
        }
        return;
}
```

Exemplo

- Criação de tarefas

```
....

  /* Create RT task */
  /* Args: descriptor, name, stack size, prioritry [0..99] and mode (flags for CPU, FPU,
  joinable ...) */
  err=rt_task_create(&task_a_desc, "Task a", TASK_STKSZ, TASK_A_PRIO, TASK_MODE);
  if(err) {
          rt_printf("Error creating task a (error code = %d)\n",err);
          return err;
  } else
          rt_printf("Task a created successfully\n");


  /* Start RT task */
  /* Args: task decriptor, address of function/implementation and argument*/
  rt_task_start(&task_a_desc, &task_a, 0);

....
```

Sumário

- Xenomai
  - Suporta modo kernel/tempo-real com alto desempenho
  - Permite execução em user-space, logo
    - Protecção de memória
    - Facilidade de debug
  - Prioridades são portadas entre domínios
  - Latência melhorada em user-space por meio de interrupt shielding
  - Skins para diversos RTOS
    - Facilita porting de aplicações

Bibliografia e links

- Building a RTOS over Adeos (http://home.gna.org/adeos/)
- Xenomai Programming Interfaces (http://www.xenomai.org/index.php/Included_documentation_summary#Programmer.27s_reference_manuals)
- Karim Yaghmour, Jon Masters, "Building Embedded Linux Systems, 2nd Edition", O'Reilly Media, Inc, 2008 ISBN: 0596529686