



# Estudo da Migração de Um Software de Controle de Atitude e Órbita para um Sistema Operacional e um Processador em Tempo Real

OLIVEIRA, M.<sup>1</sup>, SOUZA M. L. O.<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup>Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP, Brasil

Aluno de Mestrado do Curso de Engenharia e Tecnologia Espaciais-ETE/Opção Mecânica Espacial e Controle - CMC

mmacena.eng@gmail.com

---

***Resumo.** Hoje, a tecnologia de satélites é algo comum no mundo, seja para propósitos civis ou militares. Satélites são projetos de custo extremamente alto para uma nação, e a perda de um acarreta danos da ordem de milhões. O satélite em si apresenta alto custo porém o custo de planejamento da missão também é alto e deve ser computado em uma análise de risco. Diante do risco da perda do projeto do satélite, o mesmo deve ser robusto para suportar as intempéries do espaço, e a missão deve ser muito bem planejada. Portanto, há o interesse em métodos e meios de se mitigar o risco da missão e evitar prejuízos. Um satélite é composto de diversos subsistemas e cada um à sua maneira contribui para o nível de risco de perda. Este trabalho se propõe a estudar a migração de um software de controle de atitude e órbita (SCAO) para um sistema operacional e um processador em tempo real. A proposta consiste em migrar um programa do SCAO para um chip ERC32 usado em satélites com um sistema operacional em tempo real RTEMS e comunicá-lo com um computador que emulará o ambiente espacial. Desta forma será possível testar, verificar e validar o programa do SCAO antes de embarcá-lo no modelo a ser lançado (voo) de um satélite. Conseqüentemente, o risco dele falhar será reduzido pois assim o programa SCAO será previamente testado em tempo de projeto para diversas condições que podem ocorrer em tempo de execução da missão.*

---

**Palavras-chave:** Simulação; SCAO; Tempo Real; RTEMS; ERC32.

## 1. Introdução

Satélites artificiais são veículos espaciais que operam em um ambiente completamente hostil. A perda de um satélite implica prejuízo da ordem de milhões de dólares para uma nação. Isto significa que cada passo do projeto de uma missão espacial é extremamente crítico, pois um erro conceitual, um descuido ou uma falha da equipe de projeto pode acarretar a perda total da missão. Portanto, é necessário realizar uma exaustiva análise da missão, inúmeros testes e simulações a fim de se mitigar o tanto quanto possível a



probabilidade de falha da missão. Este trabalho é baseado na abordagem de modelagem simulação e é uma continuação direta do trabalho de Francisco Carlos Amorim III (2009). O trabalho de [Amorim III 2009] consistiu em realizar uma simulação em tempo real de controle de atitude e órbita de um satélite sujeito às condições do ambiente espacial. Para isto [Amorim III 2009] desenvolveu um programa que simule o mundo externo (ambiente espacial) a um satélite e outro programa que simule o Software de Controle de Atitude e Órbita (SCAO) do satélite. O programa simulador do mundo externo foi desenvolvido para executar em um sistema operacional Linux e o programa de simulação do SCAO foi desenvolvido para executar no sistema operacional em tempo real (SOTR) RTEMS. No trabalho de [Amorim III 2009] o programa de simulação do mundo externo e o programa de simulação do SCAO executam sobre um mesmo ambiente, um PC padrão com o sistema operacional de base Linux Mandriva (kernel 2.6.17). O SOTR RTEMS foi executado em um Simulador de Instruções Sparc (SIS) que, por sua vez, foi executado sobre o sistema operacional Linux. O SIS é responsável por simular a arquitetura e as instruções de um processador ERC32, desenvolvido especificamente para satélites. A arquitetura do sistema proposto por [Amorim III 2009] pode ser melhor compreendida na Figura 1-a. No presente trabalho, pretende-se migrar o software de SCAO para um SOTR RTEMS executado em um processador ERC 32. Portanto o atual trabalho consiste em realizar a simulação em tempo real de controle de atitude e órbita de um satélite sujeito às condições do ambiente espacial, porém o SCAO estará programado sob o SOTR RTEMS embarcado em um processador real (ERC32) e o software de mundo externo (ambiente espacial) estará programado em em computador com sistema operacional Linux em tempo real (*Preempt RT*). O processador ERC32 se encontra em uma placa de interface da Tharsys. Os ambientes se comunicarão por protocolo Serial/232. A arquitetura do sistema proposta no atual trabalho pode ser melhor compreendida na Figura 1-b. Esta mudança permite um maior grau de fidelidade da simulação e a aplicação do processo de Integração, Verificação e Validação (IVV) de Softwares.

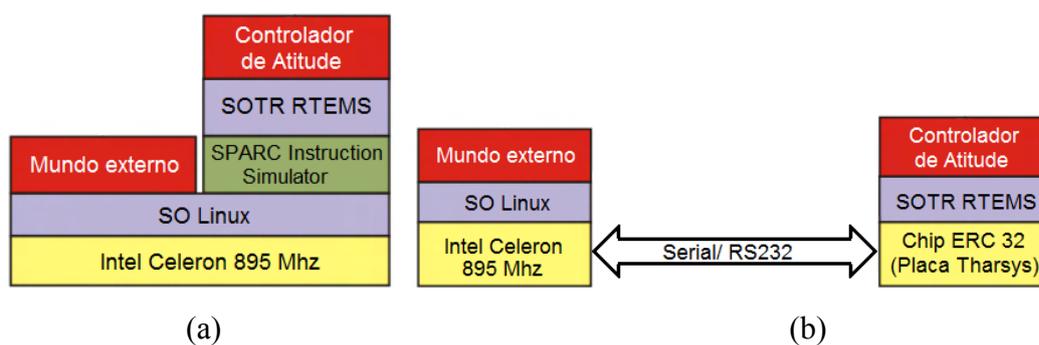


Figura 1. a) Arquitetura proposta por [Amorim III 2009], b) Arquitetura proposta no trabalho atual.

[Fonte: Amorim III 2009 (adaptada)]



## **1.1 Objetivos**

- I. Compilar, configurar e executar o programa que simula o mundo externo no PC com o sistema operacional Linux Mint com kernel em tempo real (ambiente I);
- II. Compilar, configurar e executar o programa que simula o software de controle de atitude e órbita no chip ERC32 com o sistema operacional em tempo real RTEMS (ambiente II);
- III. Comunicar os dois ambientes por meio de comunicação serial utilizando protocolo RS232;
- IV. Executar a simulação integrada dos dois ambientes.

## **2. Metodologia**

A Metodologia está dividida da seguinte maneira:

- I. Rever a literatura sobre SCAO's em processadores ERC32 emulados e tentativas de execução de SCAO's em processadores reais;
- II. Estudar o SOTR RTEMS.
- III. Estudar o Sistema Operacional Linux Mint com Kernel em tempo real (*Preempt RT*).
- IV. Estudar e executar a versão emulada do SCAO sobre o ERC32. Estudar o funcionamento da Placa da Tharsys (plataforma para o processador ERC32);
- V. Estabelecer comunicação entre a placa da Tharsys e um computador PC;
- VI. Estudar o modelo de emulação do ambiente espacial sobre o computador pc;
- VII. Comunicar e temporizar o chip ERC 32 com o SCAO embarcado com o computador emulador do modelo de ambiente espacial.

## **3. Semelhanças e diferenças em relação ao trabalho anterior**

A simulação do atual trabalho, como citada anteriormente consiste em realizar uma simulação em tempo real de um controle de atitude e órbita de um satélite sujeita às mesmas condições espaciais utilizadas no trabalho anterior [Amorim III 2009]. A diferença principal está no fato de que o software de controle de atitude e órbita executará no processador ERC 32 e não em um simulador. Portanto a proposta de simulação atual é mais fiel que a anterior pois o software será executado em um processador utilizado em satélites. Isto permite descobrir problemas intrínsecos de um hardware real os quais necessariamente não se apresentam em simuladores.



## 4. Resultados e Discussão

Este projeto está em andamento, portanto há resultados parciais e os que se esperam obter.

### 4.1 Resultados parciais

- I. O computador PC responsável pela simulação do mundo externo está configurado com o sistema operacional Linux Mint com kernel Linux em tempo real (*Preempt RT*);
- II. Comunicação com a placa estabelecida;
- III. Compilação e carregamento de um programa de baixa complexidade no chip ERC32 da placa da Tharsys realizados.

### 4.2 Discussão

Os resultados II e III foram obtidos e confirmados por meio de um terminal para comunicação serial. O resultado I trata-se apenas de configuração de sistema portanto não há o que discorrer sobre. Uma imagem do terminal pode ser vista abaixo na figura 2:

```
Termit 3.4 (by CompuPhase)
COM1 19200 bps, 8N1, no handshake  Settings  Clear  About  Close

Hello World Michel

rdbmon v1.1 - bug reports to Jiri Gaisler, ESA (jgais@ws.estec.esa.nl)

Adapted for Tharsys ERC32 SPARC RT SBC - Release 12/11/1999

Bug report to tharsys@csi.com
```

Figura 2. Terminal Serial

[Fonte: Próprio Autor]



## 4.2 Resultados esperados

O resultado final esperado é executar uma simulação em tempo real integrada do ambiente Mundo Externo no computador PC com o Linux Mint com núcleo em tempo real com o ambiente do SCAO implementado sobre o SOTR RTEMS programado no processador ERC32. Um diagrama do sistema final esperado pode ser visto na Figura 3.

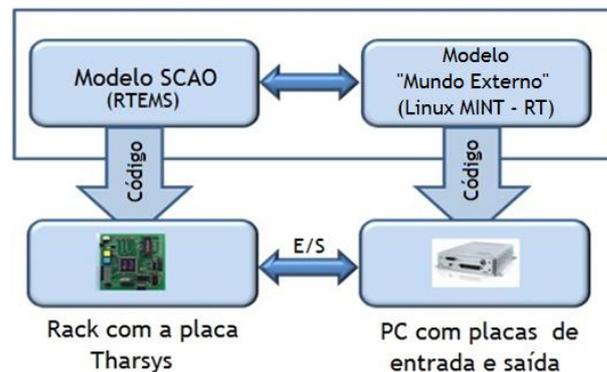


Figura 3. Sistema de simulação final esperado

[Fonte: Próprio Autor]

## 5. Conclusão

O trabalho até o presente momento apresentou resultados relevantes. Estes apontam que o trabalho tem chance significativa de sucesso quanto ao seu resultado final esperado. Espera-se com o sistema final em funcionamento, deixar um ambiente de simulação pronto para que outros pesquisadores do INPE possam desenvolver simulações em tempo real para chips de satélites. O ambiente permitirá a simulação de diferentes SCAO's e de outros softwares desenvolvidos para o chip ERC32. Sugere-se para trabalhos futuros configurar o sistema para que se possa desenvolver softwares para modelos de chips para satélites mais modernos como, por exemplo, toda a família de processadores LEON.

*Agradecimentos:* Agradeço ao meu orientador Marcelo Lopes de Oliveira e Souza por toda orientação, conhecimento e sabedoria passados até o momento. Agradeço ao Dr. Francisco Carlos Amorim III pelas heranças técnicas fornecidas. Agradeço a CAPES pela bolsa de estudos fornecida.

## Referências

AMORIM III, F.C. **Simulação paralela de um controle discreto de atitude, com dois processadores e um sistema operacional de tempo real, para a plataforma multi-missão.** 2009. 212. Dissertação (Mestrado em Mecânica Espacial e Controle) - Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (INPE), São José dos Campos, 2009.