



# 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.

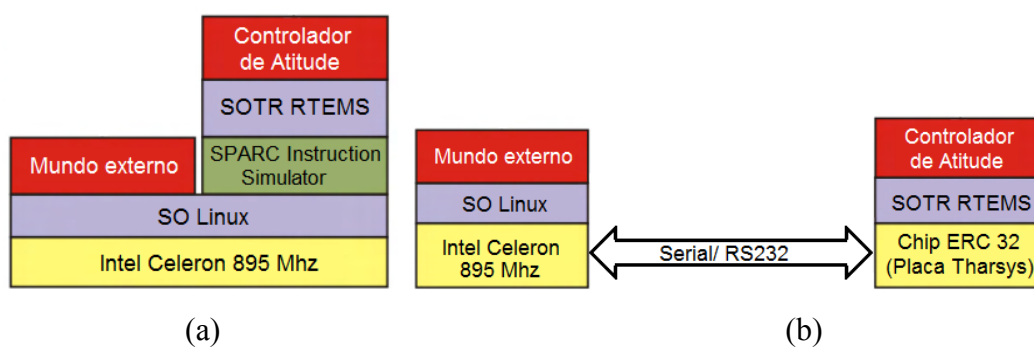


Figura 1. a) Arquitetura proposta por [Amorim III 2009], b) Arquitetura proposta no trabalho atual.

[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:

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

Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
Hello World Michel
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.

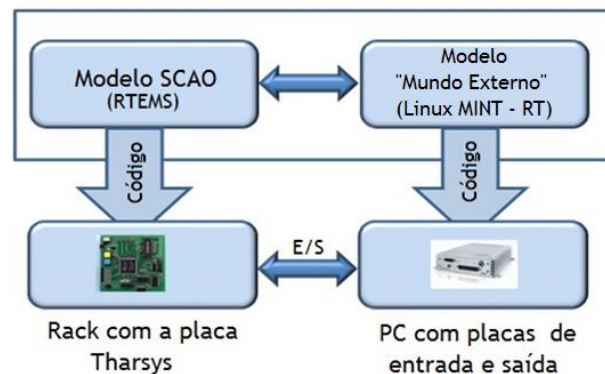


Figura 3. Sistema de simulação final esperado

[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.