

Modelo elaborado pelo Prof. Douglas Renaux para uso no Projeto Final da disciplina de Sistemas Embarcados.

## **Documentação de Projeto – Parte 1**

### **CONOPS, Domínio do Problema, Especificação**

---

Projeto: Elevador

Autores: Luka Takeshi Kato

## Parte 1a – CONOPS

---

### 1 Introdução

---

O projeto a ser desenvolvido tem como objetivo simular sistema de elevadores composto por 3 elevadores que operam em um prédio de 15 andares além do térreo. Os andares tem 5 metros de altura sendo numerados de 0 (térreo) a 15 (último andar).

Os elevadores estão divididos entre esquerda, centro e direita, de tal forma cada elevador irá operar de forma independente uns dos outros, cada elevador pode ser acionado pelo botão externo, indicando se o usuário quer subir ou descer, assim que o usuário embarca no elevador ele consegue selecionar o andar que deseja ir pelos botões internos que possui no elevador.

O projeto utilizará o simulador SimSE2 e além disso, para o desenvolvimento do algoritmo será utilizado a IDE IAR Embedded Workbench, HDD Virtual Serial Port Tools para simular as portas COM virtuais, o sistema será projetado com o fim de utilizar microcontrolador TM4C129EXL.

### 2 Descrição do Sistema

---

O sistema a ser desenvolvido tem como objetivo simular o funcionamento de um sistema de elevadores em um prédio de 15 andares, além do térreo. Este prédio será composto por 3 elevadores, à esquerda, ao centro e à direita, todos operando de maneira independente.

Cada elevador, seguindo sua respectiva coluna, pode ser chamado em qualquer um dos 15 andares, tanto para subir quanto para descer, com exceção do térreo que só irá subir e do 15º andar que só irá descer.

Quando pressionado os botões internos para selecionar o andar que deseja ir. Cada elevador possui a sua prioridade e a sua fila, caso o elevador esteja subindo ele irá até o último andar que foi solicitado para começar a descer, caso a prioridade do elevador seja descer ele irá descer até o último andar selecionado para poder voltar a subir.

O nível de prioridade é definido pela proximidade da posição atual do elevador com a posição do destino, por exemplo se o elevador está no térreo e foi selecionado para subir no 15º andar e no 10º andar, o elevador irá subir para o andar de menor valor, neste caso o 10º andar, para posteriormente subir para o 15º andar, da mesma forma, também ocorre quando o elevador está descendo.

### 3 Interface com o Usuário

---

- **Botões externos:** Serão utilizados para chamar o elevador com uma indicação se irá subir ou descer.
- **Botões internos:** Cada elevador possui 16 botões internos, onde cada um indica um andar de destino, indo do térreo ao 15º andar, quando selecionado um botão o elevador irá verificar a fila de prioridades, se ele está subindo ou descendo e se o andar é maior ou menor que o atual andar.
- **Portas:** Possuem somente duas funções de abrir e fechar, cada vez que o elevador chega no andar solicitado, as portas são abertas para o usuário entrar ou sair, depois de um certo tempo ocorre o fechamento das portas para o elevador continuar o seu processo de deslocamento.

### 4 Identificação dos Stakeholders

---

- **Empresa:** Responsável pela venda e instalação do elevador e do sistema. Podendo fornecer uma equipe técnica para a realização de manutenções ou atualizações para o produto.
- **Desenvolvedores do sistema:** São os responsáveis por entender o problema e fazerem o levantamento dos requisitos necessários para a resolução do sistema desejado pelo cliente.
- **Administração do estabelecimento:** Responsável pelo estabelecimento e pela contratação de equipes de suporte para realização da manutenção no elevador, também responsável por fazer vistorias nos elevadores, a fim de verificar se os elevadores estão funcionando corretamente, caso não esteja, agendar a visitação de um técnico para realizar a correção do produto.
- **Técnicos:** Pode haver duas equipes, uma responsável pela manutenção da parte física do elevador e outra responsável pelo sistema.
- **Usuários:** Qualquer pessoa que utilizará o elevador.

### 5 Requisitos de Stakeholders

---

- Os elevadores funcionam de forma independentes uns dos outros.
- O elevador abre as portas quando chega ao seu destino e fecha depois de um certo período de tempo.
- Para o elevador se deslocar, ele deve estar com as suas portas fechadas.
- Prioridade por andares que estão mais próximos ao elevador, porém respeitando se o elevador está subindo ou descendo.
- Quando um dos botões externos é pressionado, se desloca ao andar que foi requisitado, respeitando a prioridade relatada anteriormente.
- Quando um dos botões internos é pressionado, se desloca ao andar que foi requisitado, respeitando a prioridade relatada anteriormente.

### 6 Cenários de Operação

---

**Situação normal:** Onde o usuário poderá solicitar qualquer um dos 3 elevadores pelo botão externo, quando o elevador chega no andar em que foi solicitado o mesmo abre a porta espera um tempo ou o usuário pressionar um botão interno e fecha a porta, com a porta fechada o elevador irá subir ou descer para o andar desejado pelo usuário.

**Situação com falha:**

- Quando o sistema do elevador faz com que o elevador não abra as portas, impedindo a entrada ou a saída dos usuários.
- Quando o sistema do elevador faz com que o elevador não feche as portas, desloca-se entre os andares com as portas abertas.
- Quando o sistema do elevador faz com que o elevador não pare no andar solicitado pelo usuário.
- Quando o sistema do elevador perde as informações de prioridade de subida e descida.

## Parte 1b – Domínio do Problema

---

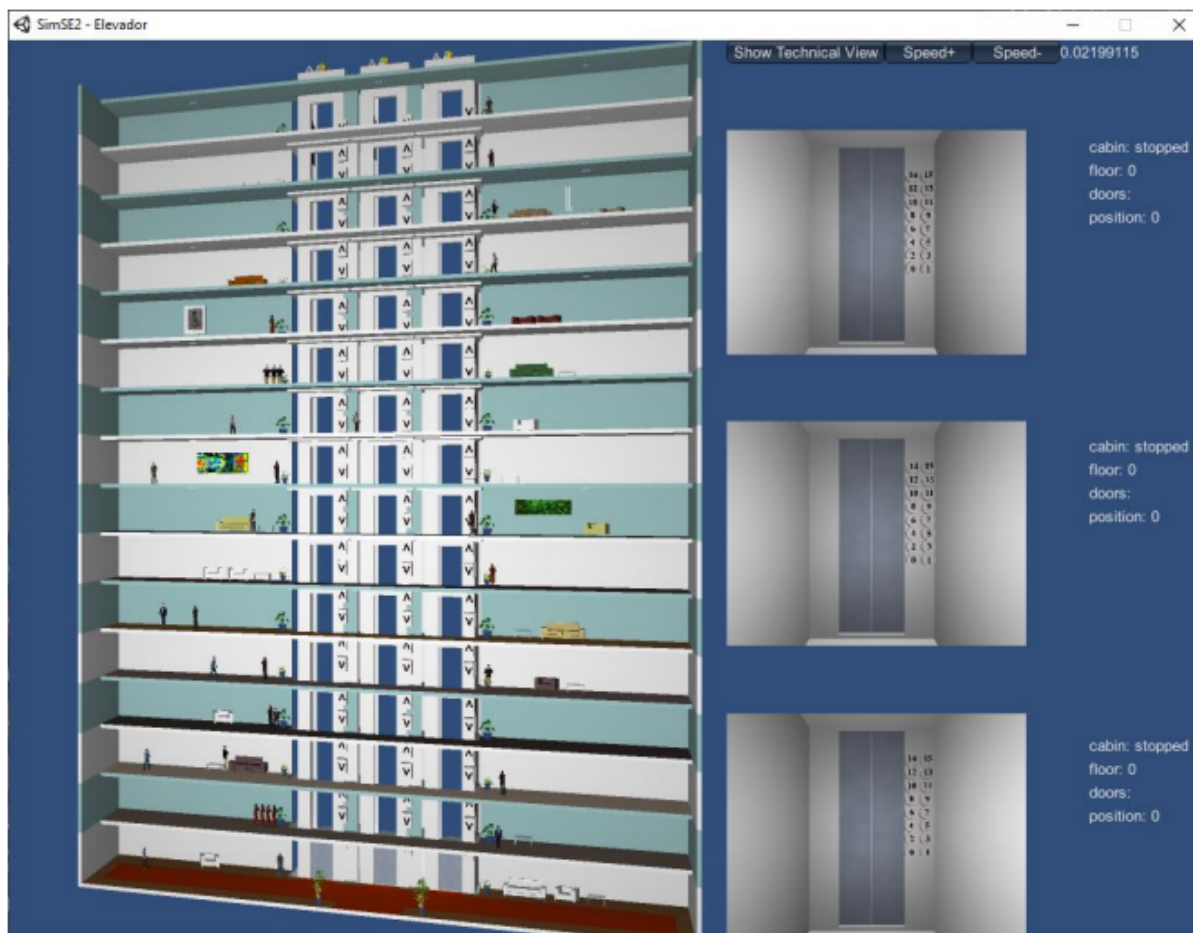
Para o desenvolvimento deste projeto será necessário a utilização do SimSE2 para realizar as simulações do projeto, TeraTerm para realizar a comunicação serial, HDD Virtual Serial Port Tools para criar portas COM virtuais, IAR Embedded Workbench para o desenvolvimento do algoritmo do sistema e o microcontrolador TM4C129E.

### 1 SimSE2

---

O simulador SimSE2 é uma ferramenta desenvolvida para simular sistemas físicos de elevadores, no ambiente Unity, para serem controlados por sistemas embarcados. Neste projeto iremos trabalhar com a simulação de um sistema de 3 elevadores, cada um com 15 andares, com duas portas COM, configuradas com Baud rate de 115200bps.

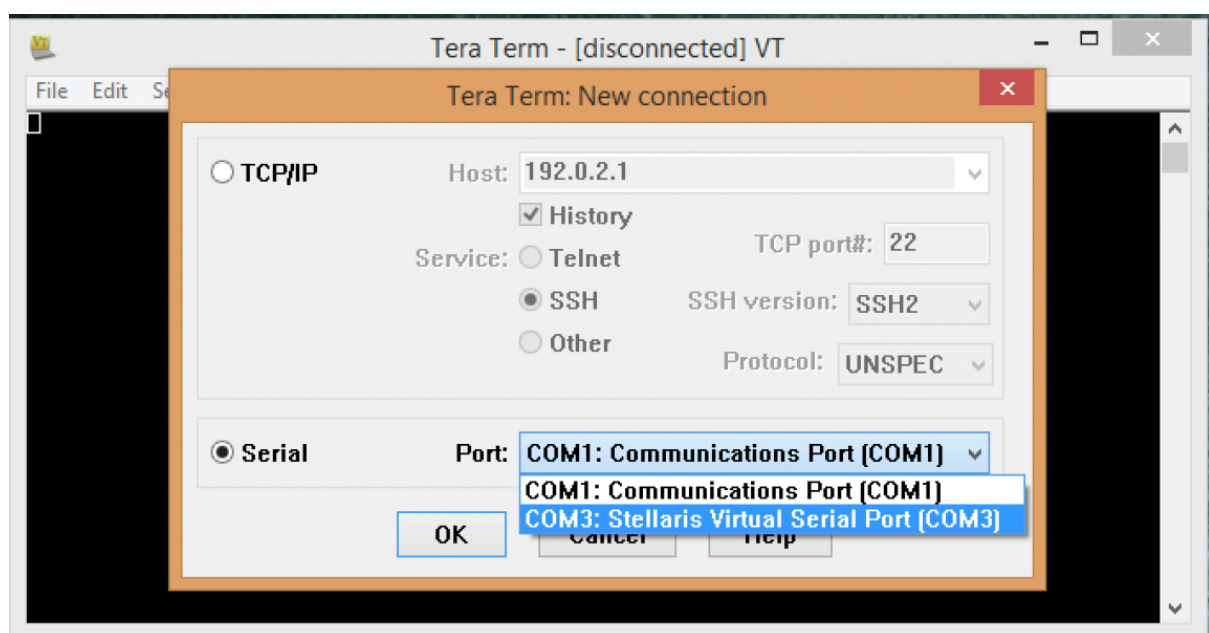
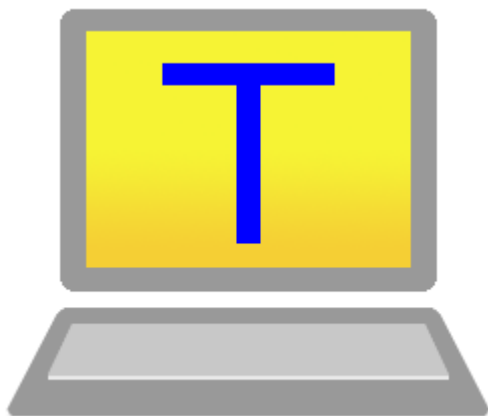
Onde é possível interagir, clicando nos botões externos para a chamada do elevador para subir ou descer e os botões internos do elevador para selecionar o andar que deseja ir.



## 2 Tera Term

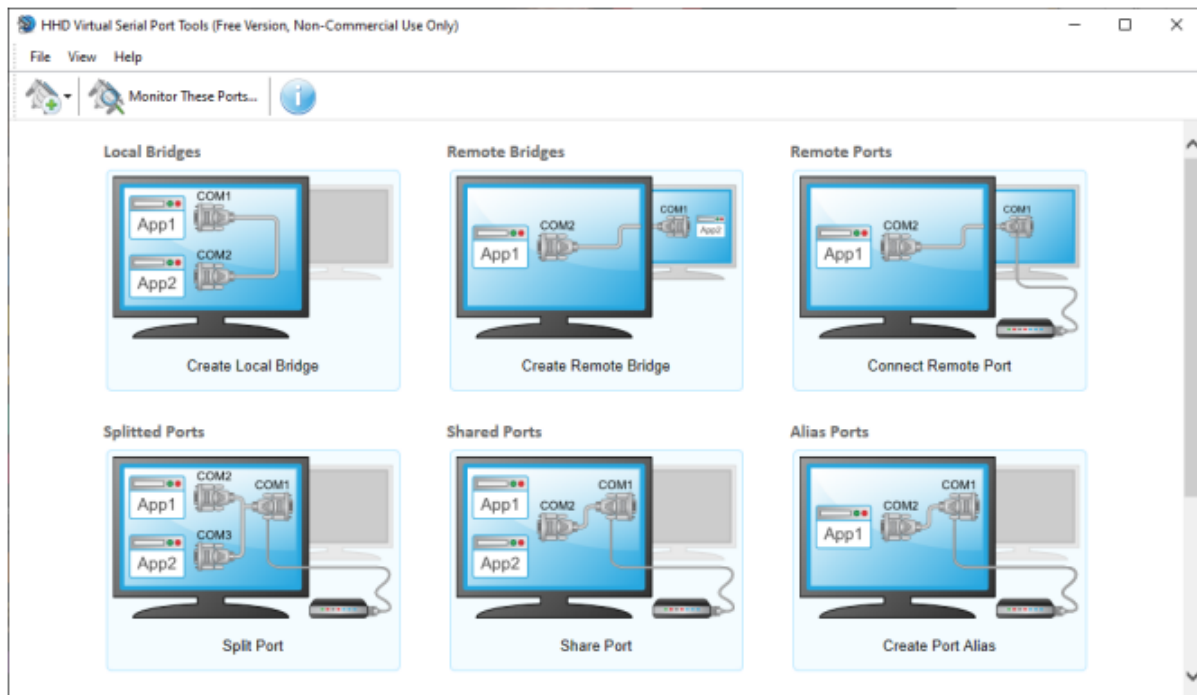
O Tera Term é um programa emulador de terminal de código aberto. Como ele emula diferentes tipos de terminais de computador, utilizamos ele para testar o funcionamento do sistema de elevadores do SimSE2.

Para configurar o TeraTerm foi necessário criar portas COM no software HDD Virtual Serial Port Tools, após a criação das portas COM virtuais foi estabelecido a comunicação com a porta COM1 criada pelo software HDD Virtual Serial Port Tools. Como Baud rate utilizado é de 115200bps foi necessário configurar a porta serial do TeraTerm para a mesma velocidade utilizada no simulador.



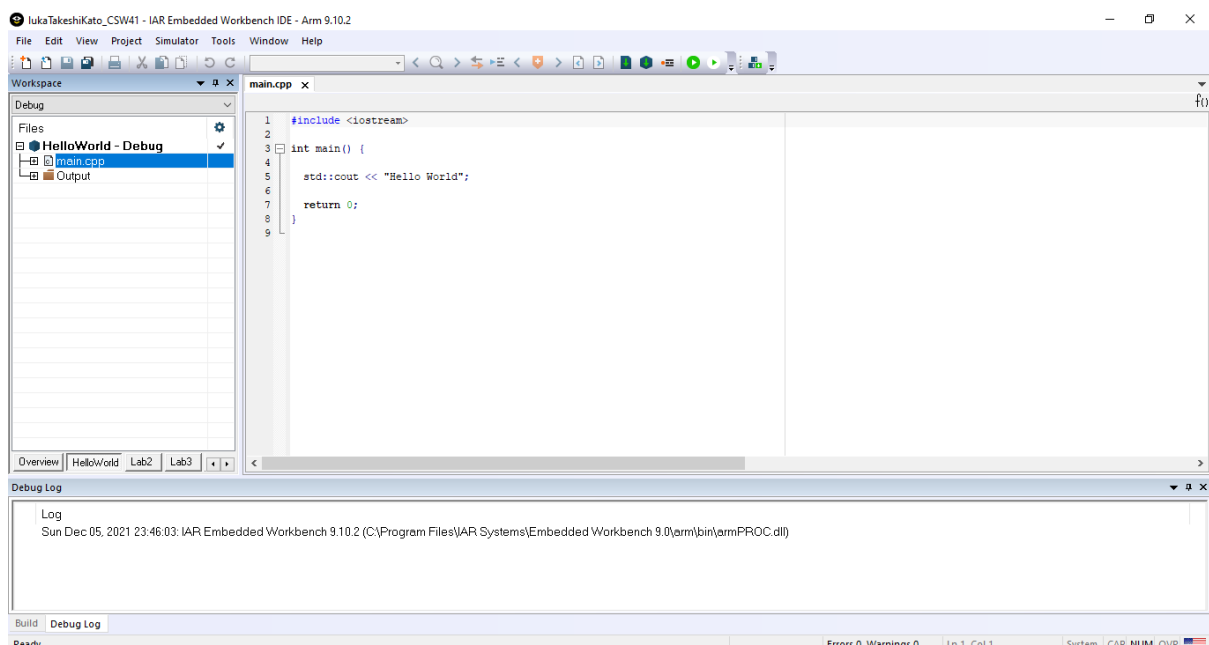
### 3 HDD Virtual Serial Port Tools

O HDD Virtual Serial Port Tools é uma solução de software que permite criar portas de comunicação virtuais e conectá-las entre si. Para o desenvolvimento deste projeto foi necessário criar duas portas COM virtuais, utilizando a função “Create Local Bridge” do software, que permite criar qualquer número de portas virtuais e conectá-las em pares por meio de cabos virtuais. Para qualquer aplicação serial, as portas virtuais, tem seu comportamento são completamente idênticos às portas e cabos de hardware.



## 4 IAR Embedded Workbench

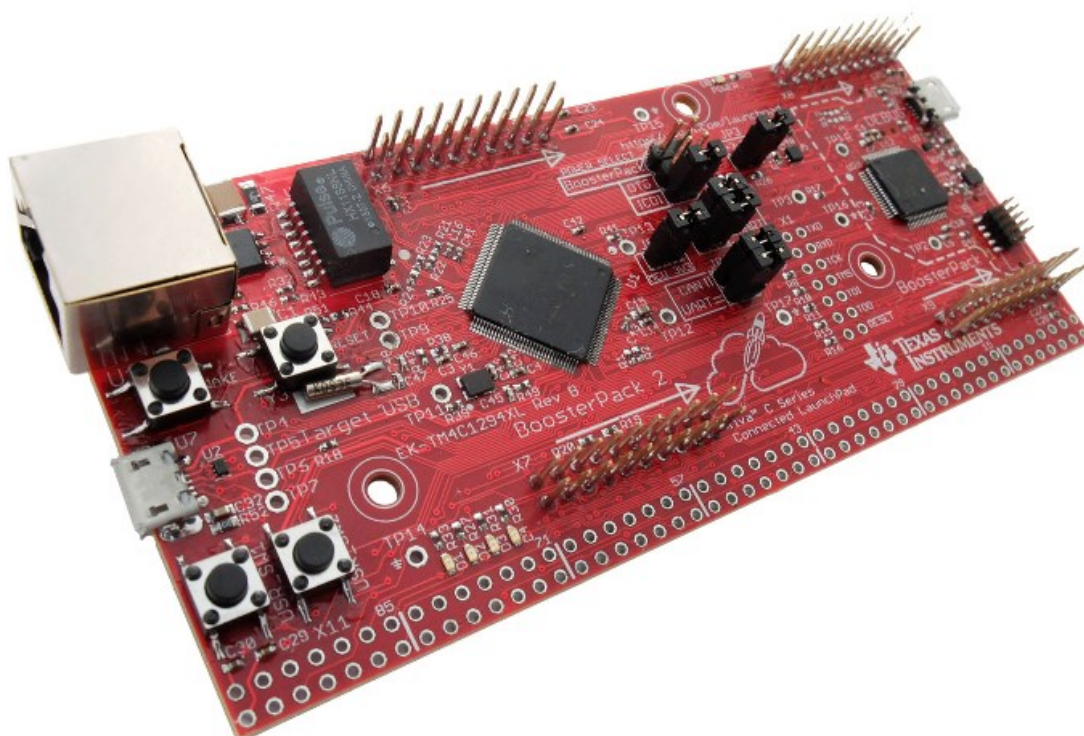
O IAR Embedded Workbench é um conjunto de ferramentas de desenvolvimento para a construção e depuração de aplicativos embutidos utilizando assembly, C e C++. Esta IDE possui suporte para todos os núcleos Arm de 32bits e 64bits de todos os principais fornecedores.



## 5 Microcontrolador TM4C129E

Para o desenvolvimento final do projeto, o sistema de 3 elevadores irá utilizar o microcontrolador TM4C129E que é fabricado pela Texas Instruments. Que é uma plataforma de desenvolvimento de baixo custo para microcontroladores baseados em ARM Cortex-M4. O design do Connected LaunchPad destaca o TM4C129ENCPDT MCU com seu 10/100 Ethernet MAC e PHY no chip, USB 2.0, módulo de hibernação, modulação por largura de pulso de controle de movimento e uma infinidade de conectividade serial simultânea.

Alimentado por MCUs habilitados para acelerador de criptografia de hardware, o Crypto Connected LaunchPad permite que você desenvolva aplicativos de IoT conectados de alto desempenho, protegidos por dados, de conexão segura em nuvem, automação de edifício/fábrica e rede inteligente para controles industriais.





## Parte 1c – Especificação

---

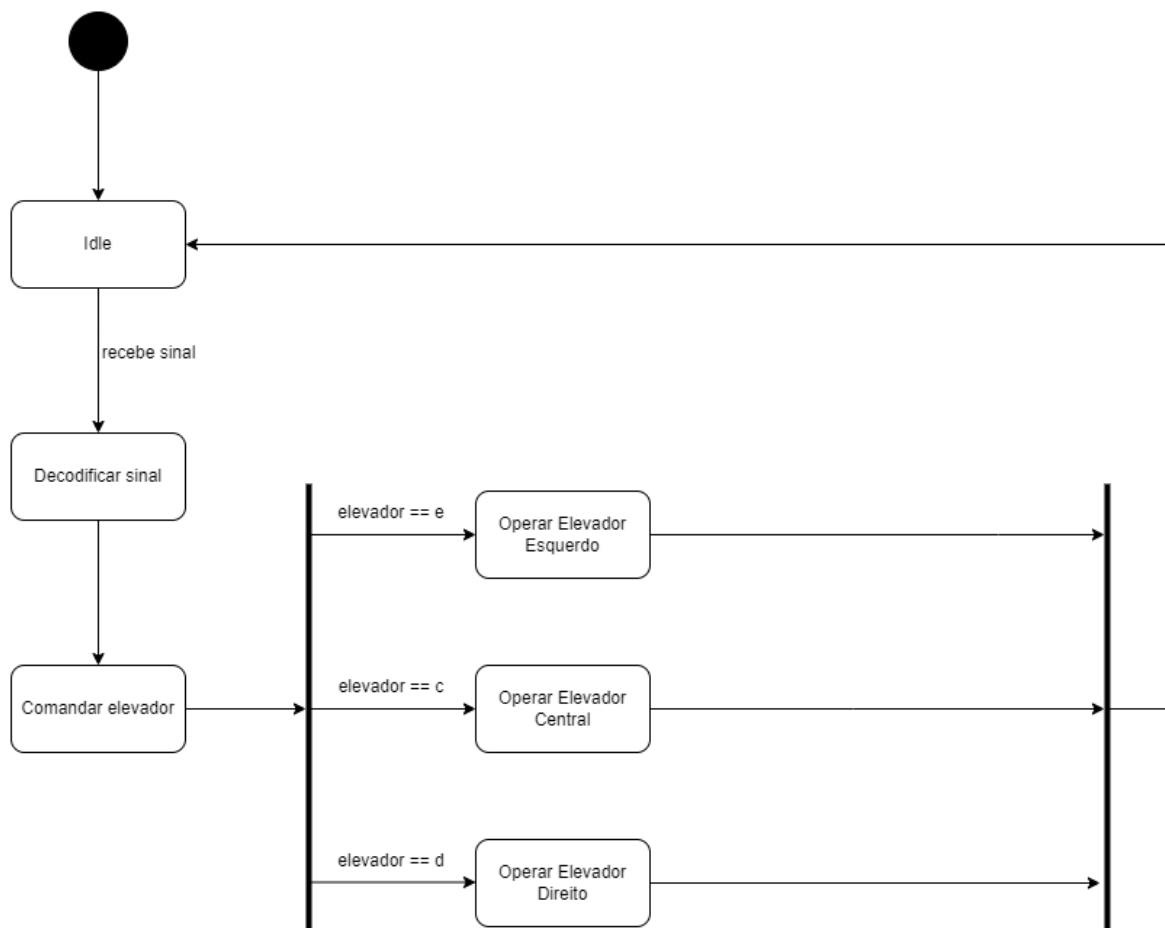
### 1 Introdução

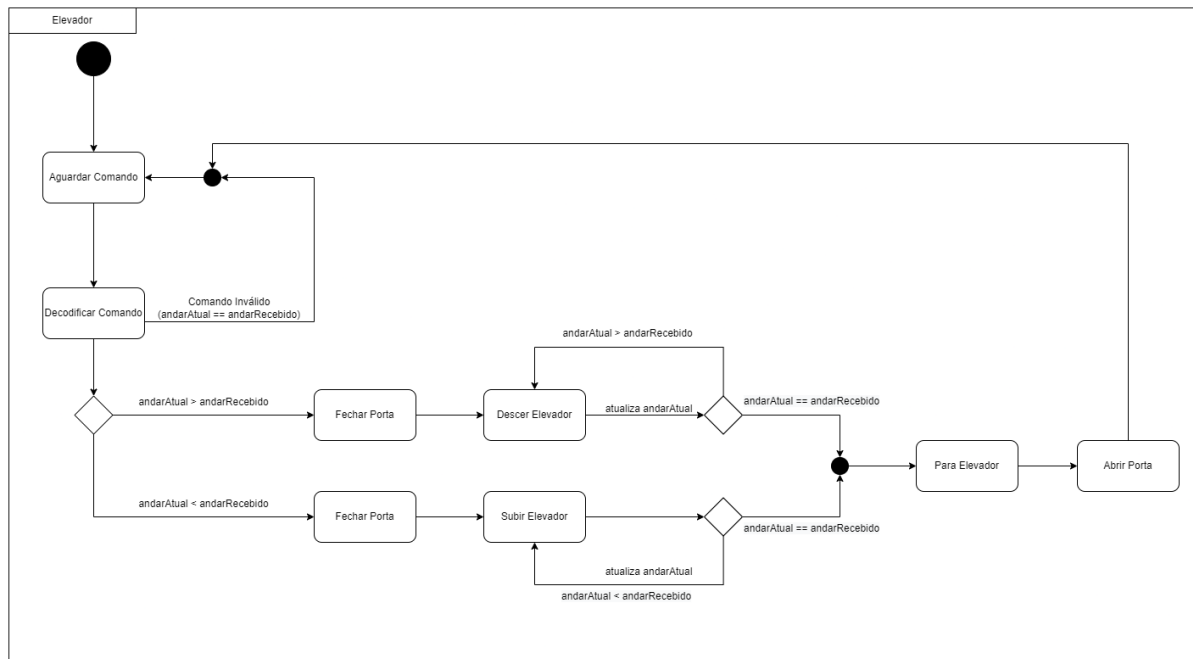
---

Nessa seção será apresentado o diagrama de estrutura do sistema e o diagrama de arquitetura funcional, para facilitar o entendimento da solução a ser desenvolvida e as suas interações. Também serão apresentadas as especificações funcionais, não funcionais e as restrições do projeto.

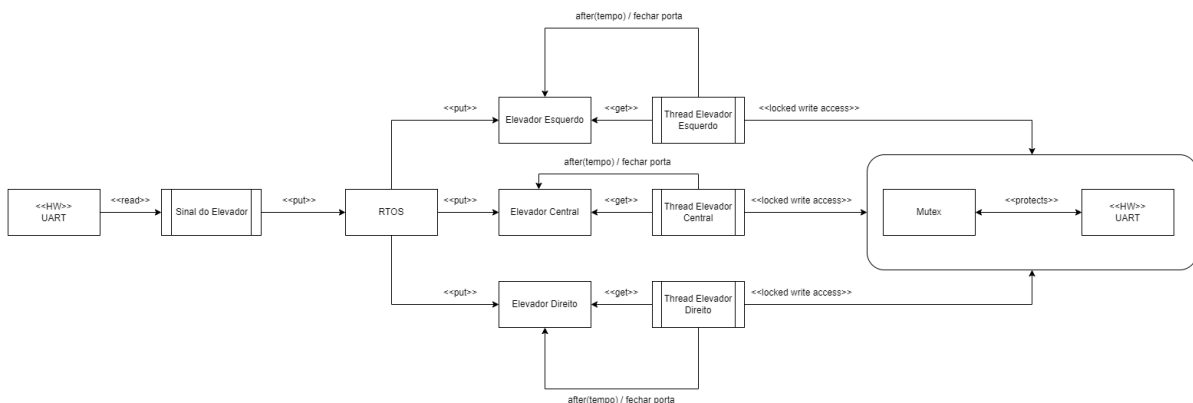
### 2 Estrutura do Sistema

---





### 3 Arquitetura funcional



### 4 Especificação Funcional

- **RF-1:** O microcontrolador deve interagir com o simulador através da comunicação serial UART, atendendo as especificações do simulador.
- **RF-2:** O elevador não deve subir acima do 15º andar.
- **RF-3:** O elevador não deve descer abaixo do térreo.
- **RF-4:** O sistema deve receber informações do usuário por meio do simulador.
- **RF-5:** O sistema deve enviar comandos de saída para o simulador fornecido.
- **RF-6:** O sistema deve controlar os elevadores de forma independente um do outro.
- **RF-7:** O usuário pode requisitar qualquer um dos elevadores: Esquerda, centro ou direita.
- **RF-8:** O sistema solicita o elevador ao andar correspondente quando um usuário pressiona um dos botões externos para subida ou descida.
- **RF-9:** O sistema desloca o elevador para um determinado andar quando um usuário pressiona um dos botões internos do elevador.

- **RF-10:** Quando o elevador chegar ao andar de destino, deve abrir a porta para a entrada ou saída dos usuários.
- **RF-11:** O sistema abre as portas do elevador apenas quando o mesmo estiver nivelado em um dos andares (na posição correta).
- **RF-12:** As portas devem ficar abertas por determinada quantidade de tempo.
- **RF-13:** O sistema deve fechar as portas após um determinado tempo e se manter parado caso não haja nenhuma requisição.
- **RF-14:** O sistema só poderá se deslocar quando as portas do elevador estiverem fechadas.
- **RF-15:** O sistema deve priorizar o destino dos elevadores pela proximidade com andar de destino, e não na sequência em que foram pressionados.
- **RF-16:** O sistema deve ignorar uma ordem repetida quando já está sendo executada ou quando já está na fila de espera.

## 5 Especificação não Funcional

---

- RNF-01: O hardware do sistema utilizado é o microcontrolador EK-TM4C129EXL.
- RNF-02: O ambiente de desenvolvimento do sistema vai ser IAR Embedded Workbench IDE - Arm 9.10.2.
- RNF-02: O sistema vai ser desenvolvido em linguagem C ou C + +.
- RNF-04: O microcontrolador deve gerenciar 3 elevadores simultaneamente de forma independente.
- RNF-05: O software deve possuir pelo menos três threads implementadas.
- RNF-06: Cada elevador deve atender somente às requisições de sua coluna: Esquerda, centro ou direita.
- RNF-07: O sistema deve parar o elevador alinhado com o andar, quando atingir o destino solicitado.

## 6 Restrições

---

- O hardware do sistema utilizado é o microcontrolador EK-TM4C129EXL.
- O ambiente de desenvolvimento do sistema vai ser IAR Embedded Workbench IDE - Arm 9.10.2.
- O sistema vai ser desenvolvido em linguagem C ou C + +.
- O Software deve utilizar a biblioteca TivaWare.
- O sistema deve realizar comunicação serial por meio da UART.
- O Baud rate da comunicação é 115200bps
- O sistema deve ser multi-thread, com uma thread dedicada para cada elevador.
- O sistema não precisa ser expansível para mais de 3 elevadores.
- O sistema não precisa ser expansível para mais de 15 andares.
- O sistema deve funcionar apenas com os comandos fornecidos pelo manual do simulador.