

Departamento de Engenharia e Computação (DEC)

Disciplina: BiSuEEA.512 – Sistemas Embarcados

2º trimestre – 2025

Data: 09/10/2025

Instrutor: Williams L. Nicomedes

Laboratório de Automação e Controle – Núcleo 2 de Laboratórios, Sala 02

wiliams.nicomedes@ifmg.edu.br

Lista de Exercícios nº1 – (10 pontos)

Exemplo de projeto: Ferromodelismo

O diagrama mostrado na Fig. 1 (página 18, Notas de Aula 05) é resultado da especificação conceitual (*conceptual specification*), e define as classes básicas empregadas na modelagem do sistema. Note que os atributos e operações de cada classe não foram definidos.

Na especificação detalhada (*detailed specification*), a descrição de cada classe passa por um processo de refinamento.

Por exemplo, a classe *Knobs* modela os botões (giratórios) presentes no painel, e pode ser refinada de acordo com a Fig. 2.

Os atributos desta classe são:

train-knob: Número do tipo inteiro que indica o trem que está sendo controlado. Como o sistema comporta até 8 trens, este número pode ser codificado em 3 bits (000, 001, ..., 111).

speed-knob: Número do tipo inteiro (entre 0 e 63) que indica a velocidade do trem. Como o sistema prevê 63 níveis de velocidade (mais a velocidade 0), este número pode ser codificado em 6 bits (000 000, 000 001, ..., 111 111). Há ainda um outro bit, que indica movimento para frente (“1”), e para trás (“0”). No total, são empregados 7 bits.

inertia-knob: Número do tipo inteiro não-negativo que indica a inércia do trem (resistência à mudança de velocidade). Não especificamos aqui quais os valores possíveis para este campo, porém podemos proceder como no caso dos dois atributos descritos acima.

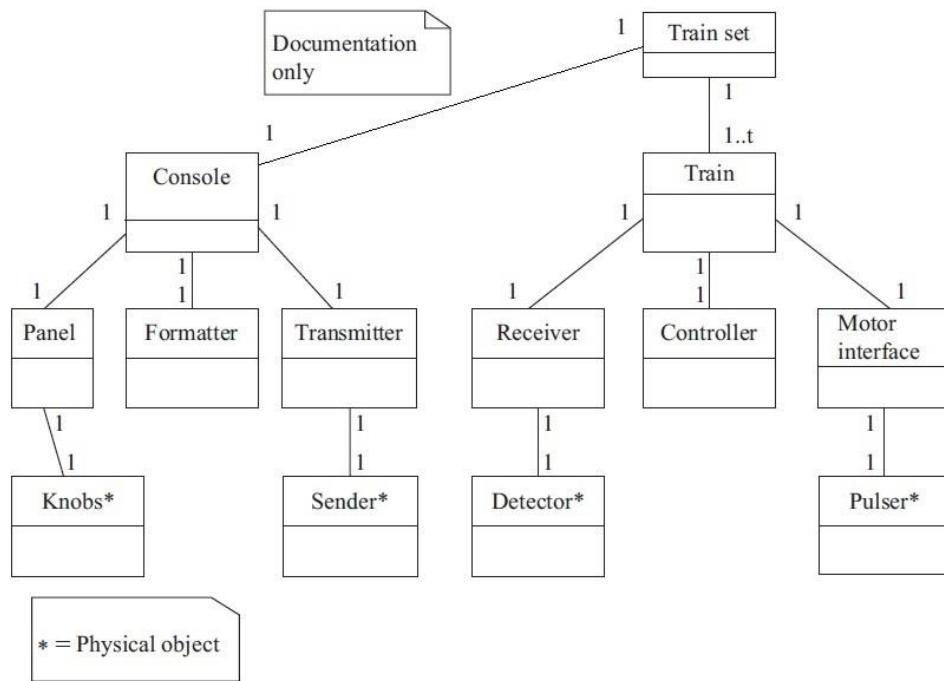


Fig. 1. Diagrama de classes resultante da especificação conceitual do sistema.

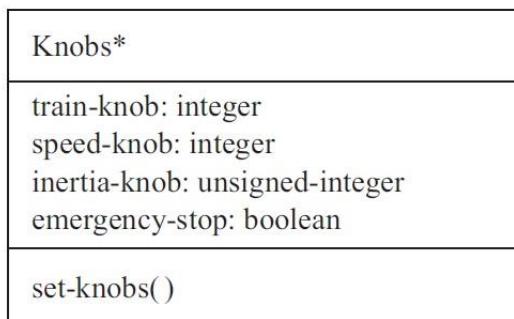


Fig. 2. Refinamento da classe *Knobs*.

Por exemplo, poderíamos especificar 4 níveis de inércia, refletindo um trem vazio (nível 1) até um trem totalmente carregado (nível 4). Este número seria então codificado em 2 bits (00, 01, 10, 11).

emergency_stop: Variável do tipo booleana que indica se o botão de parada de emergência foi pressionado ou não. Um único bit é necessário para codificar esta variável (botão pressionado = 1, e botão não-pressionado = 0).

Há ainda uma operação *set-knobs()*, que em princípio não retorna nenhuma variável. Esta operação pode ser descrita da seguinte forma:

Ao inicializar o sistema,

- O usuário seleciona o trem 1, escolha sua velocidade v_1 e sua inércia i_1 ;
- O usuário seleciona o trem 2, escolha sua velocidade v_2 e sua inércia i_2 ;
- (...)
- O usuário seleciona o trem 8, escolha sua velocidade v_8 e sua inércia i_8 .

Todos os trens agora estão rodando com suas respectivas velocidades e inéncias. O último trem a ser configurado foi o trem 8, de modo que a classe *Knobs* foi instanciada em:

```
train-knob = 8;  
speed-knob = v8;  
inertia-knob = i8;  
emergency_stop = 0.
```

Suponhamos agora que o usuário queira alterar a velocidade do trem 5. Ele então:

- Seleciona o trem 5, i.e., insere o valor 5 no campo *train-knob*.

Entretanto, ele ainda **não inseriu os valores de velocidade e de inércia**. Neste momento, a classe *Knobs* foi instanciada em:

```
train-knob = 5;  
speed-knob = v8;  
inertia-knob = i8;  
emergency_stop = 0.
```

Porém, **o usuário não quer atribuir a velocidade e a inércia do trem 8 para o trem 5!** (Se v_8 for muito diferente de v_5 , o trem 5 poderia sofrer um “tranco”.) É aí que entra a operação *set-knobs()*: Quando o usuário:

- Seleciona o trem 5, i.e., insere o valor 5 no campo *train-knob*,

a classe *Knobs* não deve ser instanciada como mostrado acima, mas como:

```
train-knob = 5;  
speed-knob = v5;  
inertia-knob = i5;  
emergency_stop = 0.
```

Ou seja, quando o usuário muda o campo *train-knob* de 8 para 5, um evento é gerado, que chama a operação *set-knobs()*. Esta operação volta com os antigos valores de velocidade e de inércia para o trem 5, i.e., ela automaticamente faz *speed-knob = v₅* e *inertia-knob = i₅*. Agora o usuário pode modificá-las de forma suave.

(**Obs.:** A nível de programação, possivelmente os valores de velocidade e inércia para cada trem são armazenados em variáveis internas.)

A classe *Panel* é responsável por ler o estado atual dos botões (atributos da classe *Knobs*). Ela pode ser detalhada como na Fig. 3.

Esta classe não possui nenhum atributo. Entretanto, ela possui operações (que não recebem nenhum parâmetro, e que provavelmente são disparadas por eventos):

Panel
<p>panel-active(): boolean train-number(): integer speed(): integer inertia(): integer estop(): boolean</p>

Fig. 3. Refinamento da classe *Panel*.

panel-active(): Retorna uma variável do tipo booleana que codifica se o painel do console está ativo ou inativo (por exemplo, o console possui uma chave que permite ativá-lo ou travá-lo, i.e., o usuário não pode mudar os valores de velocidade e inércia dos trens);

train-number(): Retorna/armazena/captura a variável do tipo inteiro que o usuário inseriu no atributo *train-knob* da classe *Knobs*;

speed(): Retorna/armazena/captura a variável do tipo inteiro que o usuário inseriu no atributo *speed-knob* da classe *Knobs*;

inertia(): Retorna/armazena/captura a variável do tipo inteiro que o usuário inseriu no atributo *inertia-knob* da classe *Knobs*;

estop(): Retorna uma variável do tipo booleana que codifica se o botão de parada de emergência (*emergency_stop*) da classe *Knobs* foi pressionado pelo usuário.

A partir daí, o console reúne e envia os valores numéricos para o ‘formatador’ (*Formatter*), que os converterá para bits, que por sua vez servirão de base para a modulação do sinal de alimentação, realizada pelo transmissor (*Transmitter*), ver Fig. 1.

Atividades

Questão 1 – O motor de cada trem é controlado através de modulação por largura de pulso (PWM). Baixas velocidades empregam uma largura de pulso menor, enquanto velocidades mais altas empregam uma largura de pulso maior, ver Fig. 4.

A classe *Motor-interface* (Fig. 1) é a responsável por produzir a forma de onda PWM, a partir do valor de velocidade enviado pelo controlador do trem (*Controller*). Esta forma de onda será enviada ao motor pelo ‘pulsador’ (*Pulser*), que é apenas um circuito eletrônico (i.e., não exige maiores detalhes neste nível).

Como a classe *Motor-interface* (mostrada sem nenhum atributo ou operação) na Fig. 1 poderia ser refinada?

Questão 2 – No nosso sistema de ferromodelismo, o usuário pode enviar sinais de controle apenas para os trens. A pista (trilhos) não é sujeita a alterações. Entretanto, um modelo mais sofisticado pode incorporar modificações nas ligações entre um trilho e outro, o que permite a um trem mudar de trilho/direção. Isto pode ser realizado através de *switches* (ver Fig. 5).

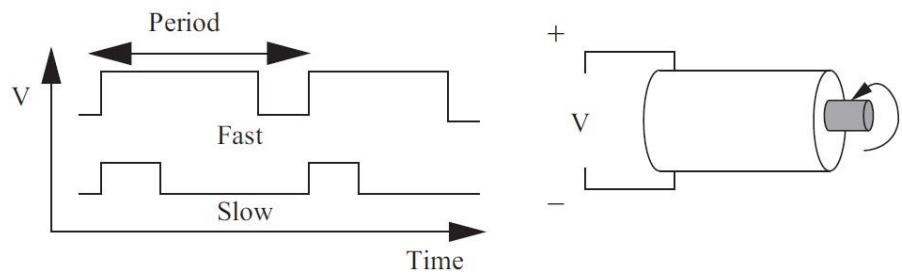


Fig. 4. Princípio da PWM.

Suponha que nossa pista possui um conjunto de até no máximo 16 *switches*, e que cada *switch* permite a ramificação em 2 trilhos.

Descreva uma possível maneira de incorporar esta modificação ao sistema.

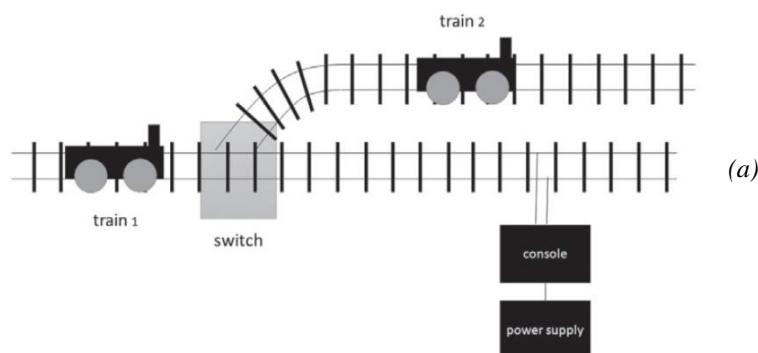


Fig. 5. Os switches são empregados para mudar a direção dos trens.

(a)



(b)



(c)

Objetivos do trabalho: Perceber que:

1. Especificar um sistema não é fácil;
2. Podemos aprender muito sobre o funcionamento do sistema que estamos tentando construir quando escrevemos a sua especificação.

Entrega: Até às 23:59 do dia **30/10/2025**, pelo AVA.

Converter em .pdf.