

Sistemas e Automação 2022/23

Trabalho Prático 1

Versão 2.0

OBJETIVO

Pretende-se neste trabalho modelar e implementar um controlador para automatizar um sistema de separação de peças utilizando máquinas de estados. O controlador será implementado em C e terá que executar no ambiente Cygwin. O sistema a controlar será simulado através do FactoryIO. O trabalho é realizado em grupo (com 2 estudantes).

Notas:

- Confira que tem todas as ferramentas necessárias para o desenvolvimento deste trabalho instaladas e a funcionar no seu PC (ver no Moodle a seção: “Máquinas de estado: ambiente de desenvolvimento”).
- Confira a composição do seu grupo. O trabalho é submetido pelo grupo, pelo que não estiver inscrito num grupo não poderá submeter o trabalho.

AVALIAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho estende-se ao longo de duas semanas, com os seguintes momentos de avaliação:

Semana 1 – Avaliação do modelo (35%). O grupo terá que submeter no Moodle até ao final da respetiva semana o **modelo completo** das máquinas de estado que compõem o controlador. O modelo deverá ser submetido em formato PDF (com qualidade e a cores).

Semana 2 – Avaliação da implementação (65%). O grupo terá que submeter no Moodle o código fonte do controlador e o respetivo executável até ao final da respetiva semana.

No final da semana 1 **serão adicionadas novas especificações ao trabalho**. Estas especificações refletem-se apenas na avaliação da semana 2. Ou seja, os modelos submetidos na semana 1 **não devem considerar** estas novas especificações.

O trabalho deve ser realizado de forma autónoma e fora das aulas, sendo estas últimas destinadas a:

- esclarecer dúvidas junto do docente.
- obter *feedback* do docente relativamente ao modelo, implementação e cumprimento das especificações funcionais do controlador.

A avaliação do trabalho tem os pesos acima indicados e inclui:

- a qualidade do modelo (cumprimento das especificações funcionais e simplicidade).
- a qualidade do código da implementação (estruturação).
- o cumprimento das especificações funcionais do processo (pelo controlador).
- preparação do trabalho fora das aulas. Em cada semana, o docente avaliará o trabalho realizado por cada grupo fora das aulas, através de perguntas relacionadas com o modelo e a implementação.

Sugestão: faça pequenos modelos e validações parciais antes de testar o conjunto.

DESCRIÇÃO GERAL

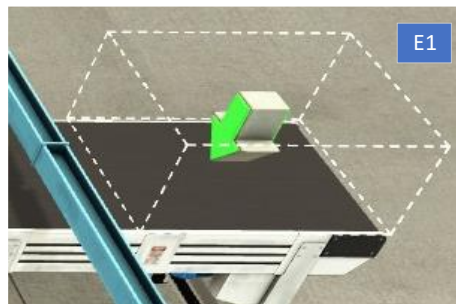
Comece por descarregar do Moodle o cenário do FactoryIO respeitante a este trabalho.

O cenário representa um sistema que permite separar peças em função da respetiva cor.

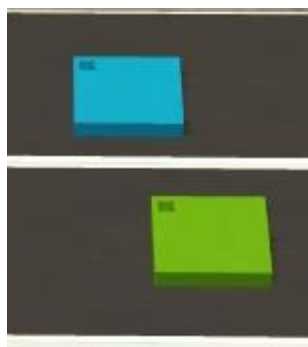
Um vídeo com o funcionamento de um sistema análogo ao proposto está disponível [aqui](#). Este vídeo é meramente informativo e o respetivo comportamento não se sobrepõe às especificações do sistema apresentadas neste documento.



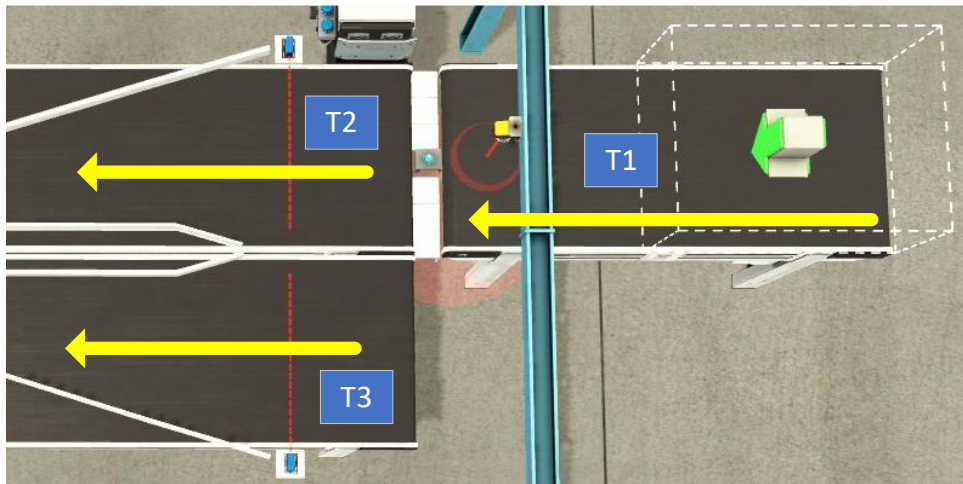
As peças chegam ao sistema através de um *emitter* (bloco gráfico tracejado com uma seta verde na vertical). Um [emitter](#) é um objeto do FactoryIO que permite gerar peças (i.e., introduzir peças no cenário). O sistema possui um *emitter*: **E1**. É possível ligar (desligar) a emissão de peças do *emitter* utilizando o atuador digital **EM**.



As peças são bases quadradas de cor **azul** ou **verde**. Depois de ativada a emissão, as peças chegam ao sistema de forma automática, com intervalos de tempo aleatórios e com cores desconhecidas à partida. Quando é gerada uma peça pelo *emitter*, esta é depositada automaticamente sobre o tapete imediatamente por baixo. Enquanto a peça não for removida da zona do *emitter* (zona tracejada) este não gera novas peças.

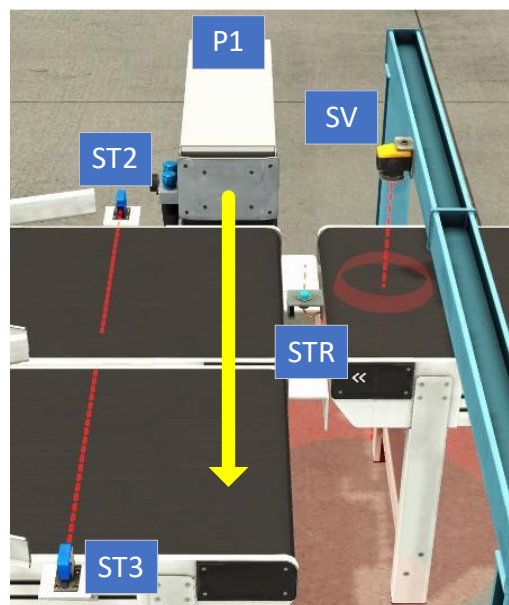


As peças são movimentadas utilizando os tapetes de transporte **T1**, **T2** e **T3**. Os tapetes movimentam as peças no sentido das setas. A cada tapete está associado um atuador que permite ligar (desligar) o tapete, respetivamente **T1A**, **T2A** e **T3A**. Estes atuadores são digitais.



A cor das peças é detetada pelo sensor de visão: **SV**. O sensor produz um valor **numérico** que identifica a cor da peça que está na sua linha de visão da seguinte forma:

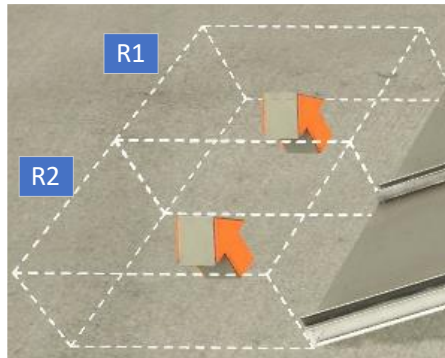
- Azul : 1
- Verde : 4
- Sem peça : 0



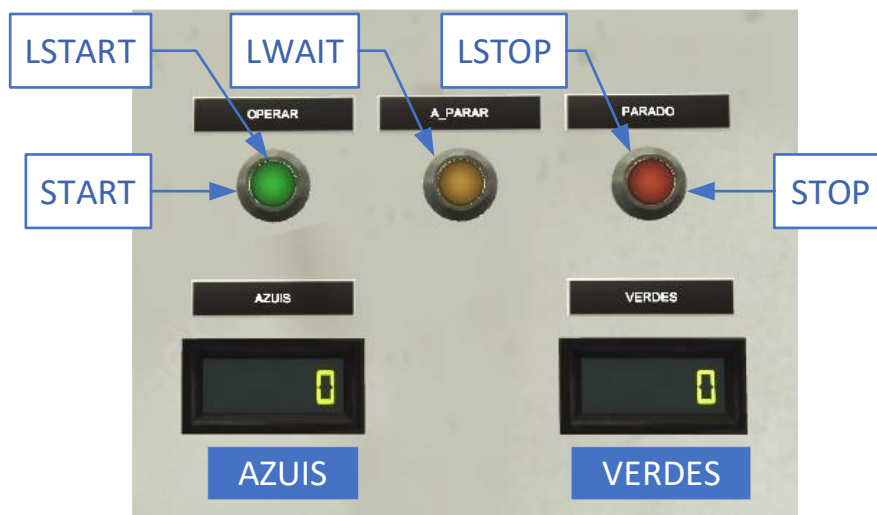
Os pushers são utilizados para movimentar peças entre tapetes adjacentes utilizando um braço extensível. O sistema possui um *pusher*: **P1**. O *pusher* opera da seguinte forma:

- Por defeito o braço do *pusher* está recolhido (posição de repouso).
- Para estender o braço do *pusher* (i.e., avançar no sentido da seta), e assim movimentar a peça, é necessário ligar o atuador **PE**. Para recolher o braço do *pusher* para a posição de repouso deve ser ligado o atuador **PR**. Quando o *pusher* chega à posição desejada, o respetivo atuador deve ser desligado. Ambos os atuadores são digitais.
- O *pusher* possui 2 sensores (digitais): **SPE** e **SPR**, que permitem saber se o *pusher* está na posição estendida ou recuada, respetivamente.

No final dos tapetes **T2** e **T3** as peças são removidas através de um *remover* (bloco gráfico tracejado com uma seta laranja na vertical). Um *remover* é um objeto do FactoryIO que retira peças do cenário. O sistema possui dois *removers*: **R1** e **R2**, que estão sempre ativos. Ou seja, quando uma peça entre na respetiva zona de cobertura (zona tracejada) é automaticamente retirada do cenário.

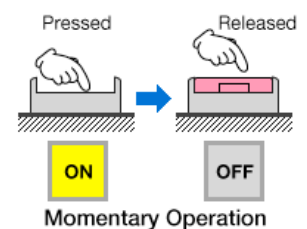


A interface com o operador é realizada através de um quadro de comando.



Este painel é constituído pelos seguintes elementos:

- Botões: **START** e **STOP**. Estes botões são do tipo momentâneos e digitais. O botão **STOP** funciona em **lógica negada** (i.e., ativo ao nível baixo).
- Indicadores luminosos (i.e., luzes): **LSTART**, **LSTOP** e **LWAIT**, todos do tipo digital.
- Visualizadores (i.e., display): **AZUIS** e **VERDES**, ambos do tipo numérico.



ESPECIFICAÇÃO FUNCIONAL

Objetivo: o controlador deve separar as peças que são geradas em **E1** de acordo com a sua cor, da seguinte forma:

- As peças **azuis** devem ser encaminhadas para o tapete **T2**. Estas peças serão posteriormente removidas do sistema quando atingirem **R1**.
- As peças **verdes** devem ser encaminhadas para o tapete **T3**. Estas peças serão posteriormente removidas do sistema quando atingirem **R2**.
- O controlador deve **maximizar o número de peças processadas por unidade de tempo** (i.e., deve maximizar o *throughput* do sistema).

MODOS DE FUNCIONAMENTO

O sistema tem 3 modos de funcionamento: **PARADO**, **OPERAR** e **A_PARAR**.

O sistema arranca no modo **PARADO**. Neste modo:

- Todos os tapetes devem estar desligados.
- O indicador luminoso **LSTOP** deve ser ligado e os restantes desligados.
- O atuador **EM** deve ser desligado, para não serem emitidas peças.

Este modo de funcionamento mantém-se até que o sistema mude para o modo **OPERAR**.

A mudança para o modo **OPERAR** ocorre quando o operador pressiona e liberta o botão **START**. Quando isto ocorre:

- O indicador luminoso **LSTART** deve ser ligado e os restantes desligados.
- O atuador **EM** deve ser ligado, para permitir a emissão de peças.
- Os visualizadores **AZUIS** e **VERDES** devem ser inicializados com zero.

Este modo de funcionamento mantém-se até que o sistema mude para o modo **A_PARAR**. Esta mudança ocorre quando o operador pressiona e liberta o botão **STOP**. Quando isto ocorre:

- O atuador **EM** deve ser desligado, parando a emissão de peças.
- O indicador luminoso **LWAIT** deve ser colocado a piscar com uma frequência de 0.5Hz. Os restantes indicadores devem ser desligados.
- O sistema deve continuar a separar as peças por cores, caso seja necessário.
- Depois de iniciar o movimento do tapete **T1**, se não forem detetadas peças no tapete durante os próximos 10s assume-se que este está vazio. Neste caso o tapete deve parar. Depois de se considerar que o tapete **T1** está vazio, os tapetes **T2** e **T3** devem ser ligados durante 15 segundos para remover todas as peças do sistema.
- No final dos 15s o sistema retorna ao estado **PARADO**.

Em qualquer dos modos de funcionamento:

- O visualizador **AZUIS** deve apresentar o número de peças **azuis** que foram encaminhadas para a saída de **T2**.
- O visualizador **VERDES** deve apresentar o número de peças **verdes** que foram encaminhadas para a saída de **T3**.

[NOTA: sempre que inicie uma simulação e existam peças no sistema faça *reset* do cenário no FactoryIO – botão de Reset Simulation – para remover essas peças]

SEPARAÇÃO DE PEÇAS

A separação das peças ocorre apenas quando o sistema está no modo OPERAR ou A_PARAR.

O sensor de visão (**SV**) permite, para além de detetar a cor da peça, detetar que a peça está próxima do fim do tapete **T1**. Ou seja, quando o seu valor muda de $0 \rightarrow C$ significa que chegou uma peça de cor **C** ao fim do tapete. Quando toma o valor 0 significa que a peça está fora do alcance do sensor.

A transferência de peças entre os tapetes **T1**→**T2** tem que ser realizada ligando os 2 tapetes em simultâneo. Durante a transferência o tapete **T1** só deve ser desligado quando existir a certeza absoluta que a peça já não está nesse tapete.

O sensor digital **STR**, colocado entre os tapetes **T1** e **T2**, permite detetar o início e o fim da transferência de peças entre **T1**→**T2**.

A transferência de peças entre os tapetes **T2**→**T3** tem que ser realizada estendendo **P1** com os tapetes **T2** e **T3** desligados. O recuo de **P1** também tem que ser realizado com os tapetes desligados.

Depois da transferência da peça para **T2** (ou **T3**), estes tapetes devem movimentar a peça até que o sensor **ST2** (**ST3**) passe de ativo a inativo. Estes sensores são ambos digitais. Quando isto ocorre o tapete respetivo deve ser desligado até à próxima transferência. Notar que o comportamento deste tapete depende também do modo de funcionamento.

As zonas de deteção dos sensores do tipo *detetor* estão assinaladas por uma linha vermelha tracejada. O comprimento dessa linha corresponde ao alcance do sensor. No caso do sensor de visão, a zona de deteção é assinalada por um círculo.

SENSORES E ATUADORES

Sensores		Atuadores	
Sigla	Descrição	Sigla	Descrição
SV	Deteta cor e a presença da peça em T1	EM	Emite peças
STR	Deteta transferência de T1 → T2	T1A	Movimenta o tapete T1
SPE	Pusher estendido	T2A	Movimenta o tapete T2
SPR	Pusher recolhido	T3A	Movimenta o tapete T3
ST2	Deteta peça em T2	PE	Estende o braço do pusher
ST3	Deteta peça em T3	PR	Recolhe o braço do pusher
STOP	Botão STOP	LSTOP	Indicador luminoso do modo PARADO
START	Botão START	LSTART	Indicador luminoso do modo OPERAR
		LWAIT	Indicador luminoso do modo A_PARAR
		AZUIS	Número de peças azuis

		VERDES	Número de peças verdes
--	--	--------	------------------------

IMPLEMENTAÇÃO DO CONTROLADOR

Descarregue do Moodle (da secção do trabalho) a biblioteca **IO**. Analise as variáveis associadas aos sensores e atuadores, nomeadamente o seu tipo de dados.

O controlador do sistema deve operar segundo o modo de **execução cíclico**.

Após ter o sistema totalmente operacional, analise os seguintes cenários:

- Configure o controlador para uma execução periódica de 100ms, 1 e 5 segundos.

Que comportamentos observou? Porque motivo o sistema se comporta dessa forma?

FIM