

SIMULADOR DA LINHA DE PRODUÇÃO FLEXÍVEL

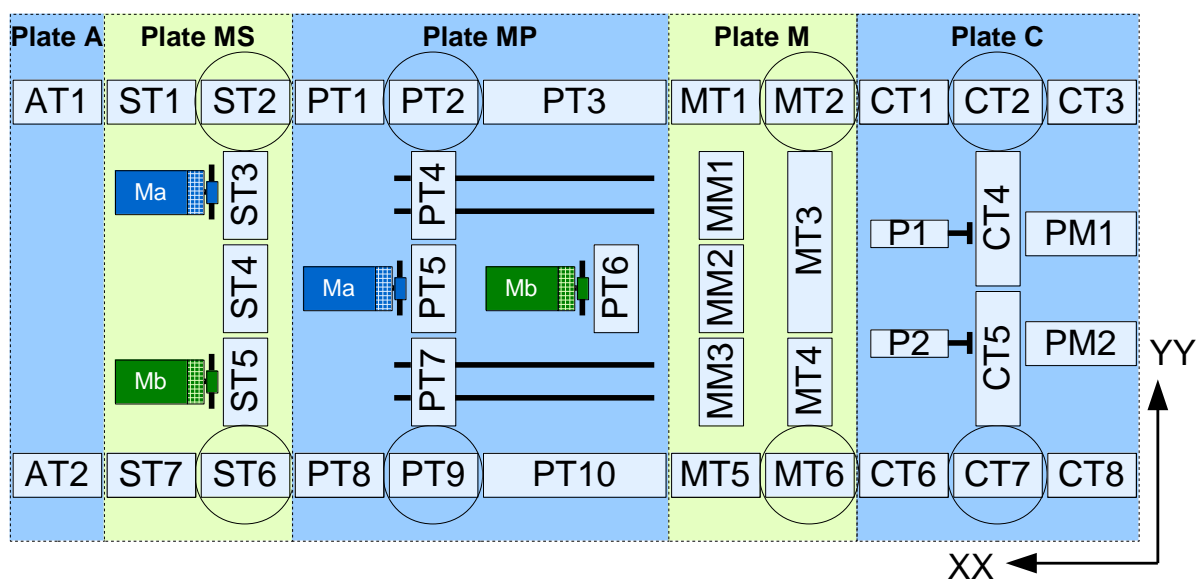
INTRODUÇÃO

Para permitir testar as aplicações ser ter de utilizar diretamente a linha de produção que existe no laboratório (ex. em casa) foi desenvolvido um simulador da mesma.

O simulador consiste num programa em Java (**sfs.jar**) o qual pode ser executado em qualquer plataforma que disponha de uma máquina virtual Java (ex. Windows, Linux, etc.). Ao contrário da linha de produção que se encontra no laboratório e que tem uma disposição fixa, o simulador permite construir linhas de produção com as disposições mais diversas e com qualquer número de componentes: máquinas ferramenta, tapetes simples, tapetes rotativos, etc. Ou seja, o layout da linha de produção é totalmente configurável, tanto na quantidade de equipamento de cada tipo, bem como na sua distribuição geográfica pela planta.

A configuração é contida num ficheiro, o qual pode ser editado manualmente. No entanto, para o trabalho que lhe é proposto, vai-lhe ser entregue um ficheiro já com a distribuição dos equipamentos pela planta. Por este motivo, o formato do ficheiro de configuração não será descrito neste documento (o formato do ficheiro é bastante intuitivo e auto explicativo, pelo que está livre de efetuar as experiências que achar interessantes).

Neste documento é apresentado o funcionamento dos vários componentes da linha de produção, incluindo os respetivos sinais de entrada e saída, bem como a respetiva representação no simulador. A figura seguinte apresenta o esquema da linha da produção e as siglas que serão utilizadas para identificar os vários equipamentos.



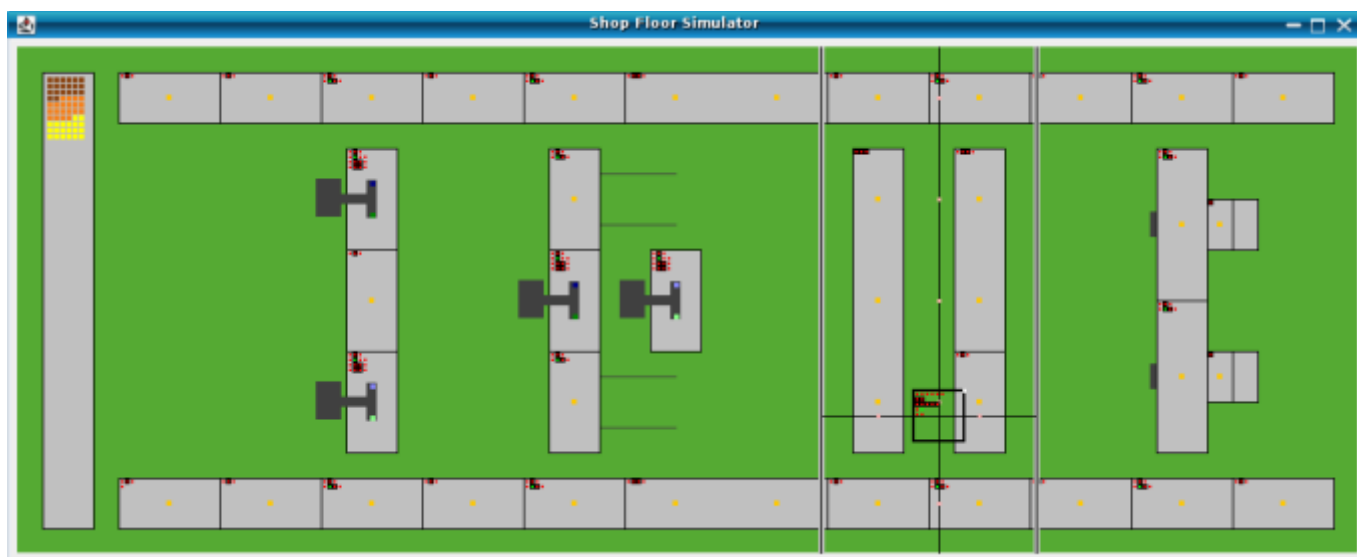
É importante ter em conta os sentidos positivos e negativos dos eixos **XX** e **YY**. O eixo **XX** positivo representa o sentido esquerda (o negativo a direita), enquanto o eixo **YY** positivo representa o sentido subir (o negativo descer). O eixo **ZZ** é perpendicular à figura, com o sentido positivo dirigido para o leitor (do documento).

EXECUTAR O SIMULADOR

O simulador pode ser ligado a vários tipos de equipamentos de controlo (ex. autómatos, SCADAS, etc.). Esta ligação realiza-se utilizando o protocolo Modbus/TCP através da Internet. De forma simplificada, este protocolo vai ser utilizado para enviar os pedidos da aplicação de controlo para o simulador (que os converte em ações visuais, ex. movimentos), e para receber os valores dos sensores (gerados pelo simulador) na aplicação de controlo.

Para executar o simulador basta fazer *click* sobre o programa **sfs.jar** que lhe foi fornecido (necessita de ter o JAVA instalado).

O simulador, depois de executado, tem o aspeto apresentado na figura seguinte.



Quando estiver a controlar o simulador, pode gravar a sequência de comandos que este recebeu (i.e. gravar a simulação) desde que o execute o simulador com o seguinte comando:

```
$ java -jar sfs.jar --record teste1
```

Esta opção que terá que ser realizada na linha de comando (ex. Windows: Start → Run → Cmd).

Para visualizar novamente a simulação que acabou de gravar, execute o comando:

```
$ java -jar sfs.jar --playback teste1
```

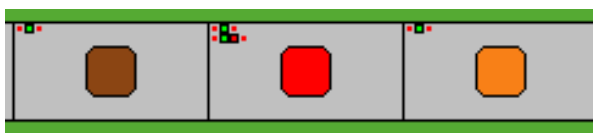
Estas opções são interessantes para repetir sequências de testes.

REPRESENTAÇÃO DOS EQUIPAMENTOS E DAS PEÇAS

Neste simulador, cada equipamento (tapete, máquina, etc.) aparece sob a forma de uns pontos coloridos no canto superior esquerdo da sua representação (i.e. na figura que representa o equipamento). Os pontos com fundo cinzento indicam o **estado dos comandos** que o equipamento está a receber e os pontos com fundo preto o **estado dos sensores**. A cor **vermelha** indica que está desativado (FALSE), e a **verde** que está ativo (TRUE).

PEÇAS

As peças são representadas por pequenos círculos coloridos, tal como representado na figura seguinte.



Para colocar uma peça num tapete deve posicionar o rato sob o tapete e com o botão do lado direito seleccionar o tipo de peça que pretende (identificadas por cores distintas). Quando uma peça é processada numa máquina ocorre uma mudança de cor da peça. Neste caso, a peça irá ser preenchida por uma outra cor (configurável no ficheiro de entrada) enquanto a peça estiver a ser processada. A percentagem de cor neste último caso é uma função linear do tempo de processamento.

TAPETES LINEARES

Um tapete linear pode movimentar uma peça em dois sentidos opostos (direita/esquerda ou cima/baixo), conforme a posição do tapete) com o auxílio de um motor eléctrico.

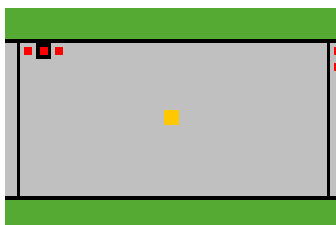
O movimento efetua-se sempre à mesma velocidade, pelo que o controlo do motor pode ser realizado através de um sinal binário para cada sentido. Todos os tapetes dispõem de um ou mais sensores os quais permitem detetar a presença de uma peça sobre o tapete. Nos tapetes mais curtos o sensor está colocado no centro do tapete. Nos tapetes mais longos existem dois sensores por tapete, colocados aproximadamente em cada extremidade do tapete. A cada um destes sensores corresponde uma saída binária.

De forma a prevenir danos físicos ao equipamento não deverá ser permitido que o motor seja ativado em ambos os sentidos simultaneamente.

O tapete linear possui os seguintes sinais de entrada e saída:

Tipo	Sigla	Nome
Atuador Binário	mp	movimento do tapete no sentido positivo (XX esquerda ou YY cima)
Atuador Binário	mm	movimento do tapete no sentido negativo (XX direita ou YY baixo)
Sensor Binário	p	presença de peça no tapete
Sensor Binário 1	p1	presença de peça no tapete (aplica-se apenas a tapetes longos)
Sensor Binário 2	p2	presença de peça no tapete (aplica-se apenas a tapetes longos)

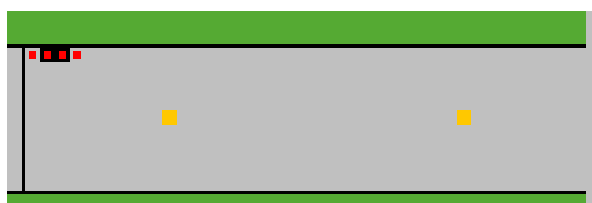
Um tapete linear é representado no simulador da seguinte forma:



Os tapetes lineares curtos têm três quadrados no canto superior esquerdo do tapete (ver figura anterior) que indicam respetivamente:

- quadrado da esquerda (fundo cinzento) : ordem de movimentação para esquerda/direita ou cima/baixo.
- quadrado do meio (fundo preto): sensor de presença de peça.
- quadrado da direita (fundo cinzento) : ordem de movimentação para direita/baixo.

Os tapetes longos dispõem de dois sensores, um em cada extremidade do tapete, pelo que a sua representação inclui quatro quadrados no canto superior esquerdo, dois para os comandos, e outros dois (ao centro) para os sensores, sendo representados no simulador da seguinte forma:



TAPETES ROTATIVOS

Um tapete rotativo comporta-se de forma idêntica a um tapete linear, sendo no entanto possível controlar a sua rotação sobre o eixo dos ZZ. A rotação é realizada por intermédio de um motor elétrico.

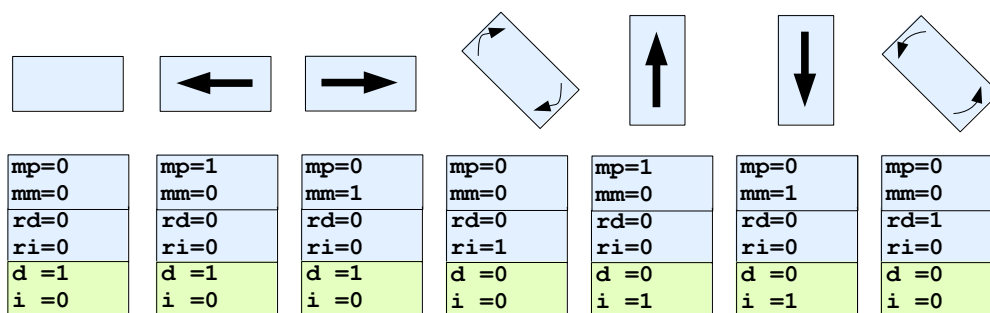
Para controlar esta rotação, o tapete dispõe de mais 2 sinais binários, um para cada sentido de rotação. Só é permitido rodar o tapete no máximo 90°. Os dois extremos da rotação são sinalizados por dois sensores de fim-de-curso.

De forma a prevenir danos físicos ao equipamento, não deverá ser permitido que o movimento de rotação ultrapasse os limites máximos (bem como os limites do tapete linear descritos anteriormente)

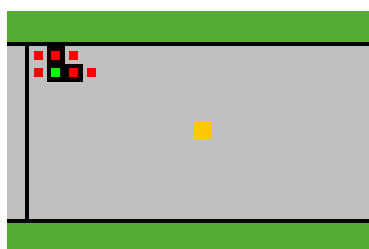
O tapete rotativo possui os seguintes sinais de entrada e saída:

Tipo	Sigla	Nome
Atuador Binário	mp	movimento do tapete no sentido positivo (XX esquerda ou YY cima)
Atuador Binário	mm	movimento do tapete no sentido negativo (XX direita ou YY baixo)
Atuador Binário	rd	rotação do tapete no sentido direto (contrário aos ponteiros do relógio)
Atuador Binário	ri	rotação do tapete no sentido inverso (no sentido dos ponteiros do relógio)
Sensor Binário	p	presença de peça no tapete
Sensor Binário	d	fim de rotação do tapete no sentido direto
Sensor Binário	i	fim de rotação do tapete no sentido inverso

A sequência de comandos, movimentos, rotações e posições possíveis de um tapete rotativo está representado na figura seguinte:



Um tapete rotativo é representado no simulador da seguinte forma:



Os tapetes rotativos, para além de uma linha superior com o mesmo significado dos tapetes lineares, dispõem de uma segunda linha com o seguinte significado:

- quadrado da esquerda (fundo cinzento) : ordem de rotação no sentido direto.
- quadrado da esquerda (fundo preto): tapete na posição extrema de rotação no sentido direto.
- quadrado da direita (fundo preto): tapete na posição extrema de rotação no sentido inverso.
- quadrado da direita (fundo cinzento): ordem de rotação no sentido inverso.

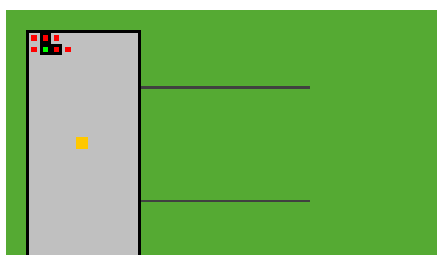
TAPETES DESLIZANTES

Os tapetes deslizantes são semelhantes aos rotativos, com a única diferença que o movimento de rotação passa a ser um movimento de translação linear (ao longo do eixo XX). Assim, os atuadores e os sensores são os mesmos do tapete rotativo, apenas com nomes diferentes.

O tapete deslizante possui os seguintes sinais de entrada e saída:

Tipo	Sigla	Nome
Atuador Binário	mp	movimento do tapete no sentido positivo (YY cima)
Atuador Binário	mm	movimento do tapete no sentido negativo (YY baixo)
Atuador Binário	tp	translação do tapete no sentido positivo (XX esquerda)
Atuador Binário	tm	translação do tapete no sentido negativo (YY direita)
Sensor Binário	p	presença de peça no tapete
Sensor Binário	fp	fim de translação do tapete no sentido positivo (XX esquerda)
Sensor Binário	fm	fim de translação do tapete no sentido negativo (XX direita)

Um tapete deslizante é representado no simulador da seguinte forma:



Os tapetes deslizantes têm quatro quadrados no canto superior esquerdo do tapete que indicam respectivamente:

- quadrado da esquerda (fundo cinzento): ordem de movimentação para esquerda/direita.
- quadrado da esquerda (fundo preto): tapete na posição extrema de translação para a esquerda.
- quadrado da direita (fundo preto): tapete na posição extrema de translação para a direita.
- quadrado da direita (fundo cinzento): ordem de movimentação para a direita.

MÁQUINA FERRAMENTA

Uma máquina ferramenta realiza operações (virtuais) sobre a peça que se encontra sobre o tapete adjacente à máquina (i.e. imediatamente 'em frente' à máquina). Este tapete é considerado parte integrante da máquina, sendo comandado por atuadores semelhantes aos utilizados nos tapetes lineares.

Existem 2 tipos de máquinas ferramentas:

- Com 1 ferramenta.
- Com 3 ferramentas.

No caso de uma máquina com 3 ferramentas estas encontram-se montadas numa torre. A seleção das ferramentas efetua-se através da rotação da torre, sempre no mesmo sentido, até que a ferramenta desejada se encontre na posição de maquinação. A rotação é realizada por intermédio de um motor. Um sensor binário é ativado sempre que uma ferramenta (qualquer delas) se encontra na posição de maquinação. Uma vez que este sensor não indica qual a ferramenta, mas apenas a presença de uma qualquer ferramenta, é da responsabilidade do programa de controlo da máquina manter em memória o número de rotações efetuadas, e assim determinar qual a ferramenta que se encontra na posição de

maquinação. Sempre que a máquina é iniciada, considera-se que a ferramenta T1 é a que está na posição de maquinação. As ferramentas encontram-se montadas pela seguinte ordem: T1, T2 e T3.

Depois de selecionada a ferramenta, a operação sobre a peça consiste na rotação da ferramenta realizada através de um motor elétrico. A velocidade de rotação é fixa (ligar/desligar).

A torre na qual se encontra a montada a ferramenta pode ser deslocada segundo 2 eixos independentes: cima-baixo (eixo ZZ) ou esquerda/direita (eixo XX), utilizando para isso de 2 motores. Para o controlo de posição, cada um destes eixos dispõe de 2 atuadores binários e de 2 sensores binários que indicam a chegada a cada uma das posições extremas (i.e. cima/baixo, esquerda/direita).

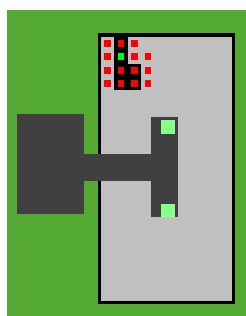
No caso das máquinas com uma única ferramenta, a torre pode apenas ser movimentada segundo o eixo cima-baixo (eixo ZZ). A operação consiste na rotação da ferramenta, que é operada através de um motor. A velocidade de rotação é fixa (ligar/desligar).

De forma a prevenir danos físicos ao equipamento, não deverá ser permitido que os movimentos segundo os eixos ultrapassem os respetivos limites.

A máquina ferramenta possui os seguintes sinais de entrada e saída:

Tipo	Sigla	Nome
Atuador Binário	mp	movimento do tapete da máquina no sentido positivo (XX esquerda ou YY baixo)
Atuador Binário	mm	movimento do tapete da máquina no sentido negativo (XX direita ou YY baixo)
Atuador Binário	tc	troca de ferramenta (sentido direto)
Atuador Binário	--	troca de ferramenta (sentido inverso)
Atuador Binário	tr	acionamento da ferramenta
Atuador Binário	xp	movimento da máquina no sentido positivo (XX esquerda)
Atuador Binário	xm	movimento da máquina no sentido negativo (XX direita)
Atuador Binário	zp	movimento da torre no sentido positivo (ZZ cima)
Atuador Binário	zm	movimento da torre no sentido negativo (ZZ baixo)
Sensor Binário	p	presença de peça no tapete
Sensor Binário	pt	presença de ferramenta
Sensor Binário	xp	fim do movimento da máquina no sentido positivo (XX esquerda)
Sensor Binário	xm	fim do movimento da máquina no sentido negativo (XX direita)
Sensor Binário	zp	fim do movimento da torre no sentido positivo (ZZ cima)
Sensor Binário	zm	fim do movimento da torre no sentido negativo (ZZ baixo)

Uma máquina ferramenta é representada no simulador da seguinte forma:



Os tapetes associados às máquinas ferramenta, para além de uma linha superior com o mesmo significado dos tapetes lineares, dispõem de uma segunda linha com o estado da máquina associada. Nesta segunda linha:

- quadrado da esquerda (fundo cinzento) : ordem de acionamento da ferramenta da máquina.
- quadrado do meio (fundo preto): ferramenta alinhada e pronta para ser acionada.

- quadrado do meio (fundo cinzento) : ordem de troca de ferramenta.
- quadrado da direita (fundo cinzento) : ordem de troca de ferramenta (sentido inverso).

As duas linhas seguintes dizem respeito à deslocação da máquina nos eixos esquerda/direita (XX) e cima/baixo (ZZ) respetivamente (no simulador a deslocação no eixo cima/baixo é representada por uma deslocação no eixo esquerda/direita- não há 3D !!). Em cada uma destas linhas a informação é a seguinte:

- quadrado da esquerda (fundo cinzento): ordem de translação para a esquerda/cima.
- quadrado da esquerda (fundo preto): tapete na posição extrema de translação para a esquerda/cima.
- quadrado da direita (fundo preto): tapete na posição extrema de translação para a direita/baixo.
- quadrado da direita (fundo cinzento): ordem de translação para a direita/baixo.

COMANDOS DOS EQUIPAMENTOS

Ao clicar com o botão direito do rato em cima de um dos equipamentos do simulador (por exemplo, num tapete linear), poderá alterar o estado dos atuadores desse equipamento, bem como inserir ou remover uma peça. Repare no entanto que a mudança de estado do atuador do equipamento é feita de forma momentânea, pelo que só permanecerá no novo estado caso não haja mais nenhum comando a fazer novas mudanças (ex. o autómato). Caso o autómato esteja a comandar o simulador este está continuamente a atualizar o estado das suas saídas, pelo que rapidamente o estado do atuador voltará para estado indicado pelo autómato. No entanto, se o autómato não estiver ligado, o atuador permanecerá com o novo valor até ser novamente alterado.

FIM