

Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Mestrado Integrado em Engenharia Electrotécnica e de Computadores

Ramo Automação

Ano Lectivo 2013/2014

Informática Industrial

Automação de uma Linha de Produção

(versão 1.3)

Docentes: Mário de Sousa

Setembro de 2013.

1 Apresentação

Este documento descreve o trabalho que irá realizar ao longo da disciplina de Informática Industrial. De forma simplificada, consiste:

Requisito 1: na automatização do simulador de uma linha de produção flexível,

Requisito 2: bem como o desenvolvimento de uma plataforma de controlo e monitorização do mesmo (i.e. um MES – Manufacturing Execution System).

Tipicamente o controlo do nível mais baixo (requisito 1) irá ser alcançado com recurso a PLCs ou equipamento equivalente, enquanto que para o controlo do nível imediatamente superior (requisito 2, MES) aconselha-se a utilização de ferramentas de programação mais generalistas (C++, Java, Python, C#, ...).

A descrição dos equipamentos desta linha, e a forma de interagir com eles, é feita num documento anexo. Neste documento será apresentado apenas os requisitos que os sistemas de controlo e monitorização deverão cumprir. Para compreender estes requisitos é fundamental conhecer os equipamentos sob controlo, pelo que se sugere a leitura prévia da descrição da linha de produção.

2 Descrição da Linha de Produção Flexível

A Linha de Produção Flexível que deverá automatizar é composta por diversas células:

- Armazém automático;
- célula de máquinas em série a;
- célula de máquinas em série b;
- célula de máquinas em série c;
- célula de máquinas em paralelo a;
- célula de montagem;
- célula de carga/descarga.

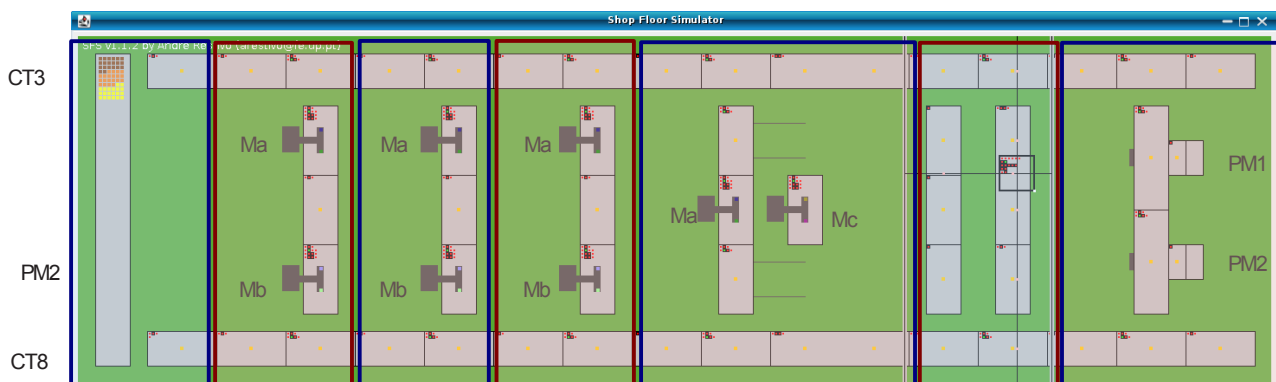


Figura 1: Linha de produção flexível – disposição dos equipamentos.

2.1 O Processo de Transformação

A linha de produção processa tipos diferentes de peças (designadas por números, por exemplo **P1**, **P2**, ...). As peças de diferentes tipos são representadas com cores diferentes. A convenção de cores utilizada (igual à convenção de cores das resistências eléctricas) está definida na tabela seguinte.

Peça	Cor
P1	Castanho
P2	Vermelho
P3	Laranja
P4	Amarelo
P5	Verde
P6	Azul
P7	Violeta

Tabela 1: Convenção de cores e tipos de peças.

Ao processar uma peça de determinado tipo numa das máquinas, utilizando uma dada ferramenta, esta peça muda de tipo.

Cada máquina dispõe internamente de um armazém de três ferramentas (**T1**, **T2**, e **T3**), entre as quais poderá alternar no sentido de produzir diferentes peças de acordo com a matéria-prima fornecida. As transformações de peças que poderão ocorrer, e que depende do tipo de máquina e do tipo de ferramenta, está descrita na tabela seguinte:

Matéria Prima	Peça final	Tipo de Máquina	Ferramenta	Tempo Processamento
P1	P2	Ma	T1	15 s
P3	P5	Ma	T2	15 s
P1	P4	Ma	T3	5 s
P1	P2	Mb	T1	10 s
P2	P5	Mb	T2	10 s
P1	P3	Mb	T3	15 s
P4	P6	Mc	T1	10 s
P6	P7	Mc	T2	10 s
P4	P7	Mc	T3	15 s

Tabela 2: Sequências de transformações possíveis

Se tentar efectuar operações que não se encontram na tabela acima (por exemplo, processar **P1**, na máquina **Ma**, com ferramenta **T2**), a peça ficará inutilizada, passando a ficar representada com a cor preta. De forma semelhante, se efectuar uma operação descrita na tabela acima, mas por um período de tempo superior ao indicado, a peça fica também inutilizada. Se começar a efectuar uma operação de transformação, mas parar antes de decorrido o tempo necessário, a transformação fica incompleta, ficando a peça com as duas cores (da peça original, e da peça final) na proporção correcta.

Para se produzir uma peça final é necessário ter em consideração a sequência de processamentos das matérias-primas. Esta sequência resulta da combinação sucessiva entre matéria-prima e ferramenta, que poderão gerar subprodutos para posterior processamento. Desta forma, caso se deseje produzir uma peça **P3** a partir de uma outra peça **P1** no armazém, basta aplicar sobre esta última a ferramenta **T1** na máquina **Mb**. Uma sequência alternativa seria aplicar **T1** na máquina **Ma** (sobre a peça **P1**) resultando num

subproduto do tipo **P2** e posteriormente aplicar sobre esta **P2** a ferramenta **T2** na máquina **Mb**, resultando no produto desejado, ou seja, a peça **P3**.

A linha de produção inicia com um determinado número de peças no armazém automático, todas do tipo P1.

2.2 O Processo de Montagem

O processo de montagem processa-se na célula de montagem, e recorre ao manipulador de 3 eixos aí presente. Aqui, as peças podem ser montadas duas a duas, com uma peça em cima da outra. Para efectuar a montagem, o manipulador deverá começar por colocar a peça que fica em baixo numa das mesas de montagem, colocando de seguida a peça seguinte em cima.

O conjunto de duas peças montadas não cabem no armazém automático, pelo que o resultado da montagem deverá ser sempre encaminhado para a célula de carga/descarga.

2.3 Controlo dos equipamentos de produção

Para o seu trabalho deverá desenvolver o software de controlo dos equipamentos que fazem parte das células da linha de produção acima descrita (Requisito 1 mencionado na secção §1). No entanto terá ainda de desenvolver o MES que supervisiona e monitoriza a linha de produção ((Requisito 2).

Como foi dito no início, tipicamente o controlo do nível mais baixo (requisito 1) irá ser alcançado com recurso a PLCs ou equipamento equivalente, enquanto que para o controlo do nível imediatamente superior (requisito 2, MES) aconselha-se a utilização de ferramentas de programação mais generalistas (C++, Java, Python, C#, ...).

Aconselha-se vivamente que o controlo do nível inferior não seja feito de forma holística, mas antes de forma modular. Comece por organizar/dividir a linha de produção em células de controlo – células essas que deverão conseguir operar de forma o mais independente possível das restantes células. Note que as células que definir para o seu controlo não têm que coincidir com a divisão em células que foi feita aquando da descrição da linha de produção (fig 1).

Deverá de seguida definir a forma como as duas componentes de controlo irão interagir. Em termos tecnológicos poderá adoptar a tecnologia de comunicação com a qual tem mais experiência. No entanto, como em situações reais é comum utilizar a tecnologia OPC para esta tarefa, a utilização do OPC será considerada como uma mais valia do seu projeto.

Qualquer que seja a tecnologia adotada, deverá definir no início do projeto a interface através do qual cada célula do nível inferior irá interagir com o MES. Ou seja, deverá definir os serviços que o MES pode solicitar a cada célula do nível de controlo inferior, bem como a forma que a célula irá reportar o seu estado (situações anormais, fim de execução das ordens, etc...) ao MES.

3 Serviços da Linha de Produção Flexível

Assume-se que a empresa dispõe de software de gestão de recursos (ex. ERP – Enterprise Resource Planning, MRP – Material Requirements Planning, ...) que toma a decisão das ordens de produção que devem ser executadas, garantindo também a existência no armazém da matéria prima necessária à sua execução.

Caberá ao MES garantir que as ordens de produção são todas executadas.

As ordens que o MES poderá receber, e os respectivos parâmetros, são:

– **Produção de peças (N#, PO – Peça Origem, PF – Peça Final, Q – Quantidade)**

Deverá transformar **Q** peças do tipo **PO** em peças do tipo **PF**. As peças iniciais/finais terão sempre como origem/destino o armazém. Presume-se que o software de gestão da empresa gere correctamente a existência de matéria prima no armazém, pelo que pode assumir que existirão sempre peças suficientes do tipo **PO** para efectuar esta ordem de produção. Pode assumir também que haverá sempre lugares disponíveis no armazém para armazenar as peças **PF** produzidas.

A transformação das peças **PO** em **PF** deverá ser feita da forma mais eficiente (mais rapidamente) possível, e utilizando todos os recursos que tiver à sua disposição.

– **Montagem de peças (N#, Pb – Peça em Baixo, Pc – Peça em Cima, Q – Quantidade)**

Deverá montar **Q** conjuntos de peças constituídas por peças **Pb** em baixo, e peças **Pc** em cima. As peças iniciais terão sempre como origem o armazém. Após a montagem, as peças deverão ser directamente encaminhadas para o processo seguinte, através do tapete CT3. Caso o local de descarga fique completo, e o operador se atrasar a retirar as peças, as restantes peças do pedido deverão permanecer nos tapetes (caso já tenham sido retiradas do armazém) ou no armazém, até que haja novamente disponibilidade no local de destino;

– **Descarga de peças (N#, P – Tipo de Peça, D- Destino, Q – Quantidade)**

Indica um pedido para depositar no local de descarga **D** indicado (D=1 → PM1, D=2 → PM2), **Q** exemplares de peças do tipo **P**. As peças depositadas serão posteriormente removidas manualmente de PM1 e PM2. Caso o local de descarga fique completo, e o operador se atrasar a retirar as peças, as restantes peças do pedido deverão permanecer nos tapetes (caso já tenham sido retiradas do armazém) ou no armazém, até que haja novamente disponibilidade no local de destino;

– **Carga de peças**

Armazenar no armazém todas as peças que sejam depositadas no local de carga (i.e. CT8). Assume-se que neste tapete serão apenas depositadas peças do tipo P1. Não deverá ser necessário o envio de qualquer tipo de ordem; a presença de uma peça em CT8 deverá ser suficiente para despoletar esta ordem.

Todo os pedidos acima descritos deverão ser tratados e processados em simultâneo, desde que a disposição da fábrica e os recursos disponíveis o permitam. Deverá no entanto dar prioridade às ordens que deram entrada primeiro. Isto não quer dizer que a conclusão das ordens seja a sempre mesma pela qual estas deram entrada (por exemplo, uma ordem que requeira apenas as máquinas C poderá acabar antes de outra ordem que recorra apenas à máquina B, embora esta última tenha chegado primeiro)

Poderá ainda considerar que nunca existirão mais do que 20 pedidos de **Produção/Montagem/Descarga** pendentes ou em execução simultânea.

Para permitir aos utilizadores acompanhar o processo produtivo, o MES deverá disponibilizar a seguinte informação:

– **Lista de Ordens**

Uma lista das ordens pendentes, em execução, ou já executadas. Para cada uma destas ordens, deverá ser disponibilizado

- o número de peças já produzidas/montadas/descarregadas,
- o número de peças em produção/montagem/descarga,
- o número de peças ainda pendentes,
- a hora de entrada da ordem,
- a hora de início da sua execução,
- a hora do fim da sua execução.

– **Estatística das Máquinas**

Uma lista com a estatística da operação de cada máquina. Para cada máquina, disponibilizar:

- tempo total de operação,
- número de peças operadas (total e por cada tipo).

– **Peças Descarregadas**

- o número total de peças descarregadas em cada zona de descarga.

Não se encontra especificada a interface através da qual se dá a entrada das ordens, e é feita a monitorização, pelo que está livre de a implementar como achar mais conveniente.

4 Objectivos do Projeto

Este projeto deverá ser executado por grupos de 4 alunos.

Toda a lógica de funcionamento por detrás do controlo da linha de produção deverá ser analisada, projectada e implementada pelos alunos, que deverão identificar, para além dos componentes descritos anteriormente, todos os componentes que serão necessários ao funcionamento da linha. Recomenda-se que comece primeiro por não considerar a possível optimização de utilização dos recursos disponíveis. A optimização de recursos não deixará no entanto de ser valorizada aquando da avaliação do projecto.

Os resultados esperados do trabalho são:

1. **Modelo da arquitectura da aplicação**, composto, no mínimo, pelos diagramas UML de classes, objectos, e sequência. Este modelo será o objecto do primeiro relatório, a ser entregue até **13 de Outubro**;
2. **Relatório Final**, no qual deverá descrever a arquitectura do código realmente implementado, justificar as diferenças entre este modelo, e o modelo projetado no início, bem como os testes efectuados, e os resultados obtidos. Este relatório deverá ser entregue até **22 de Dezembro** ;
3. **Demonstração** e discussão da aplicação, na semana de **16 a 20 de Dezembro**.