Ruben

Gonçalo

Ribafeita

Ferreira

**Slide 1 (Capa)**

Boa tarde a todos! Vimos partilhar convosco a nossa experiência ao visitar uma empresa. Essa empresa foi a Mahle, produtora de segmentos para motores de combustão, a quem desde já agradecemos toda a amabilidade demonstrada.

**Slide 2 (The Company)**

Sobre a Mahle localiza-se no parque industrial da Murtede, entre Coimbra e Aveiro. Foi fundada em 1990 como CofapEuropa e iniciou a produção em 1993, tendo produzido nesse ano 1 milhão de peças. Foi adquirida pela Mahle em 1997 e ao longo dos últimos anos tem vindo a aumentar o número de linhas de produção, não só para satisfazer a necessidade dos clientes como para aumentar a gama de produtos.

**Slide 3 (The Products)**

Esta empresa é especializada em segmentos para motores de combustão. Estes são utilizados em motores de gasolina e gasóleo quer em veículos ligeiros quer em pesados e têm como principais funções a vedação da câmara de combustão (permitindo manter a compressão), ajudar na transferência de calor e permitir a correcta lubrificação do pistão.

A título de curiosidade, os segmentos produzidos podem ser de ferro fundido (com ou sem cromagem) e segmentos de aço (de compressão ou óleo) cromados (por processo normal ou PVD). A nível mais técnico, estes são produzidos com diâmetro entre os 60 e os 150 milímetros. Os principais clientes são os fabricantes de automóveis. Outra parte da produção é destinada ao mercado pós-venda (reparações, …).

**Slide 4 (The Factory)**

A fábrica possui 8 linhas de produção, 3 das quais a produzir segmentos de ferros fundido, 4 a produzir segmentos de aço e a última dedicada a segmentos para alta competição e prototipagem. O custo destes últimos chega a ser da ordem dos 50€ enquanto que os primeiros andam na ordem dos cêntimos. A fábrica encontra-se equipada com um sistema modular de distribuição de energia (como se pode ver pela figura). A vantagem é poder definir o sistema de acordo com o layout da fábrica e não ter a obrigação de mexer nos quadros da fábrica sempre que se quer ligar ou desligar uma máquina.

A existência de ModBUS e Scada permite monitorizar a produção (Objetivos de produção, refugo e deteção de avarias), bem como outros parâmetros relevantes, como a qualidade de energia da fábrica.

**Animação ao clicar (Factory)**

Como se pode observar, existem diversas linhas de produção agrupadas por blocos, em que o bloco FFSC significa ferro fundido sem cromagem corresponde ao nosso foco e o bloco 8 é transporte/armazenamento.

**Slide 5 (Manufacturing Line)**

Relativamente à linha de produção, existem 2 grupos distintos. Um responsável pela maquinação dos segmentos e o outro responsável por acabamentos, entre os quais, pintura, inspecção e gravação a laser (permitindo a rastreabilidade dos artigos). Neste trabalho, iremos focar na máquina número 7 que executa a lapidação dos segmentos.

**Slide 6 (The Machine)**

A máquina escolhida corta a folga dos segmentos. Através da análise do ladder diagram, verifica-se que a última programação foi efetuada em 1993. Os segmentos são carregados manualmente pelo operador, sendo processados pela máquina individualmente, até acabarem os segmentos.

**Slide 7 (The Machine – PLC, Sensors and Actuators)**

São utilizados PLC’s da Siemens, com sensores indutivos e microswitches. Existe um atuador elétrico e os restantes são hidráulicos. A figura à esquerda é a PLC e à direita (em baixo) é a fonte de alimentação.

**Slide 8 (Petri Net (Industrial Process))**

Foi feita esta petri net, que consiste numa versão simplificada do funcionamento da máquina. Assume-se que a máquina começa desligada, passa por uma verificação de segurança antes de operar. Uma vez terminada esta verificação é efectuado o carregamento dos segmentos por um operador, de seguida são posicionadas as ferramentas. Depois são processados os segmentos até ao fim do cartucho, findo este a máquina regressa ao estado on, em que espera por novo cartucho.

Temos agora uma animação com a petri net em execução.

**Slide 9 (Petri Net (Industrial Process))**

(Após o primeiro loop dizer) Como esta é uma versão simplificada da rede não verifica as propriedades que seriam espectáveis. Nomeadamente a liveness é de nível 1 para algumas transições e nível 3 para outras, sendo a rede de nível 1.

**Slide 10 (Safety constraints)**

Por forma a garantir a segurança dos seus trabalhadores é prática comum nas empresas investirem em medidas de paragem automática das máquinas. Na nossa máquina existiam 2 interruptores de emergência um que pára o processo e outro que desliga por completo a máquina. Para além desta segurança para as emergências existem medidas adicionais de proteção, programadas na máquina.

Outras alternativas (usadas na weber, por exemplo), podem ser sensores nas portas, barreiras ópticas (ou físicas, especialmente relevante quando se usam robôs) e cadeados/mecanismos LOTO.

Mostramos agora o impacto destas medidas de segurança na Petri net apresentada.

**Slide 11 (Petri Net (Complete Industrial Process))**

Apresentamos agora a rede de Petri completa, incluindo os mecanismos de paragem (normal e de emergência), além dos mecanismos de alarme e de alerta de manutenção.

Independentemente do estado, sempre que seja disparado um alarme (por aquecimento, sobrecorrente do motor, …), a máquina pára e entra num estado de “alarme”, até que o operador o desactive; nesse caso, a máquina efectua novamente um diagnóstico e, caso não existam problemas, retoma a operação normal; o mesmo acontece no caso das paragens de emergência (“soft” e “hard”) – a máquina só retoma a operação normal caso a paragem de emergência seja desactivada e o diagnóstico não revele problemas.

Existe ainda um estado adicional, que indica a necessidade de efectuar manutenção à máquina/ferramentas da máquina: no caso de ser necessário manutenção, a máquina deixa de operar normalmente, e apenas retoma a operação depois de a manutenção ser efectuada (com o reset do contador de manutenção).

**Slide 12 (Petri Net Properties)**

Quanto à Reachability (#1) podemos ver pela figura que é possível chegar a um dado estado a partir de um qualquer, ou seja nunca ficamos presos num estado.

A liveness (#2) desta petri net é diferente da que tínhamos proposto anteriormente, porque todas as transições são de nível 4. E o que quer isto dizer? Quer dizer que não só elas podem ser disparadas infinitamente, como o disparar de uma transição nunca vai impedir que se disparem outras transições.

Relativamente à Temporal Invariance, esta varia com o tempo, porque pode estar a correr durante longos períodos de tempo, mas não indefinidamente, uma vez que deteta desgaste

**Slide 13 (Questions)**

Dúvidas, questões, autógrafos?

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | **T00** | **T01** | **T02** | **T03** | **T04** | **T05** | **T06** | **T07** | **T08** | **T09** | **T10** | **T11** | **T12** | **T13** | **T14** | **T15** | **T16** | **T17** | **T18** | **T19** | **T20** | **T21** | **T22** |
| **P00** | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | **1** | 0 |
| **P01** | **1** | **-1** | **-1** | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 |
| **P02** | 0 | **1** | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | **1** | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** |
| **P03** | 0 | 0 | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **P04** | 0 | 0 | 0 | **1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | **1** | **1** | **1** | **1** | -**1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** |
| **P05** | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 |
| **P06** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 |
| **P07** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 |
| **P08** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **1** | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | **-1** | 0 | **-1** | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |