

## 5 Estudos de Caso

Neste capítulo são apresentados quatro estudos de caso, que demonstram a utilização da linguagem RS na especificação e projeto de sistemas reativos. Estes estudos de caso podem ser divididos em dois grupos: aplicações industriais e aplicações embarcadas. No grupo das aplicações industriais tem-se o controle de uma caldeira e o controle de uma célula de produção. No grupo das aplicações embarcadas tem-se o sistemas PODOS e o controle de um elevador.

### 5.1 Controle da caldeira a vapor

O problema do controle de uma caldeira a vapor é descrito em Abrail [ABR 96]. Este problema tem sido utilizado como *benchmark* para comparação de diferentes métodos de especificação de problemas industriais. A tarefa consiste em desenvolver um programa para controlar a quantidade de água em uma caldeira a vapor. Se o nível d'água não for mantido dentro de certos limites a caldeira pode ser seriamente afetada.

O sistema físico é composto das seguintes unidades: uma caldeira a vapor, um dispositivo (sensor) que mede a quantidade de água na caldeira, quatro bombas que fornecem água para a caldeira, quatro dispositivos (sensores) que supervisionam as bombas e um dispositivo (sensor) que mede a quantidade de vapor que sai da caldeira. A fig. 5.1 ilustra sistema físico.

O programa é cíclico e não tem um termino pré-determinado. Em cada ciclo são realizadas as seguintes ações:

- Recepção das mensagens provenientes das unidades físicas;
- Análise das informações recebidas;
- Transmissão dos comandos para as unidades físicas.

O programa pode operar em diferentes modos. Os diferentes modos possuem as seguintes funções:

- *inicialização* - neste modo diversas verificações são realizadas. São verificados o nível da água, a quantidade de vapor que está saindo a caldeira, os possíveis problemas com os dispositivos físicos, etc. De acordo com as verificações, o sistema poderá ir para os modos *normal*, *degradado*, *salvamento* ou *parada de emergência*.
- *normal* - neste modo o sistema deve manter o nível da água entre os níveis mínimo e máximo, através do controle das bombas. De acordo com o tipos de falhas dos dispositivos físicos, o sistema poderá ir para os modos *degradado*, *salvamento* ou *parada de emergência*.

- *degradado* - este modo tenta manter o nível de água satisfatório mesmo com a presença de falha em algum dispositivo físico. Se o dispositivo físico avariado for reparado o sistema retornará para o modo *normal*. Dependendo de novos defeitos nos dispositivos físicos, o sistema poderá ir para os modos *salvamento* ou *parada de emergência*.
- *salvamento* - este modo tenta manter o nível de água satisfatório mesmo com o defeito no dispositivo que mede a quantidade de água na caldeira. De acordo com os reparos ou defeitos que poderão ocorrer o sistema decide em que modo entrar.
- *parada de emergência* - neste modo, devido a defeitos irreversíveis em alguns dispositivos físicos ou devido à ultrapassagem dos limites d'água (máximo ou mínimo), todos os procedimentos são parados e o ambiente externo é sinalizado.

A especificação completa do controle da caldeira a vapor e a especificação do sistema de controle através de outros formalismos é encontrado em Abrail [ABR 96].

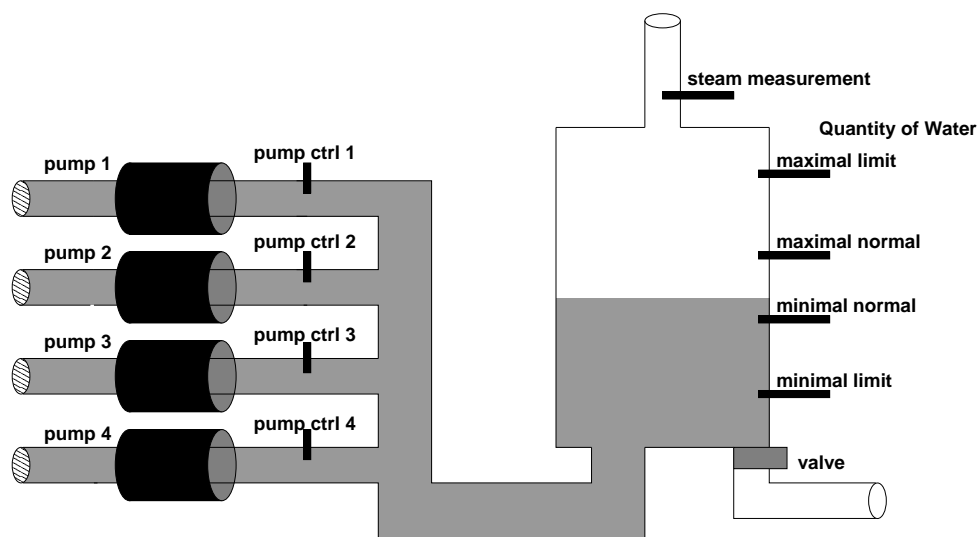


FIGURA 5.1 - Caldeira a Vapor.

Para este trabalho o problema foi simplificado, considerando a existência de apenas uma bomba. O programa RS que controla a caldeira a vapor é organizado em diferentes módulos, responsáveis pelas atividades de monitoramento dos níveis de água e vapor, pelo controle dos diferentes modos de operação, pelo controle da bomba e pelo controle as falhas provenientes dos equipamentos.

## 5.2 Controle da célula de produção

Este estudo de caso apresenta o controle de uma célula de produção industrial. esta célula está descrita em Lewerentz & Lindner [LEW 95] e também tem sido

utilizada como *benchmark* para comparação métodos de especificação de problemas industriais. A tarefa consiste em desenvolver um programa que controla uma célula de processamento de um metal, garantindo diversas propriedades de segurança. O sistema físico é composto das seguintes unidades: uma esteira de alimentação, uma mesa giratória e de elevação, um robô, uma prensa, uma esteira de depósito e um guindaste. A célula de produção processa metais brutos (metais brancos) que são conduzidos por uma esteira de alimentação para serem prensados. O robô pega cada peça de metal bruto da esteira de alimentação e a coloca na prensa. Após a prensa forjar o metal bruto, o robô pega o metal processado e o coloca na esteira de depósito. A fig. 5.2 ilustra a arquitetura da célula de produção.

A seqüência básica do controle célula é o seguinte:

1. A esteira de alimentação (*feed belt*) transporta o metal bruto até a mesa giratória e de elevação (*elevating rotary table*).
2. A mesa move-se para a posição adequada para que o braço 1 do robô (*arm 1*) possa pegar o metal bruto.
3. O braço 1 do robô (*arm 1*) pega o metal bruto.
4. O robô gira no sentido anti-horário até ficar em frente à prensa (*press*) aberta, coloca o metal na prensa e retira-se da prensa.
5. A prensa forja o metal e abre novamente.
6. O robô retira o metal forjado usando o braço 2 (*arm 2*), rotaciona e descarrega na esteira de depósito (*deposit belt*).
7. A esteira de depósito transporta o metal até o guindaste (*travelling crane*).
8. O guindaste retira o metal da esteira, move-se até a esteira de alimentação e descarrega o metal na esteira.

A célula de produção é composta por diversos sensores e atuadores. Os atuadores podem ligar e desligar motores e mudar direções. Os sensores retornam valores booleanos ou valores contínuos, os quais podem ser discretizados se isto for interessante para uma determinada implementação.

A especificação completa do controle da caldeira a vapor e a especificação do controle através de outros formalismos é encontrado em Lewerentz & Lindner [LEW 95].

Na modelagem do controle da célula de produção na linguagem RS são utilizados diferentes módulos. Cada um destes módulos é responsável por um dispositivo físico. De maneira similar à abordagem utilizada por Budde [BUD 95] são utilizados sinais internos para comunicação entre os módulos.

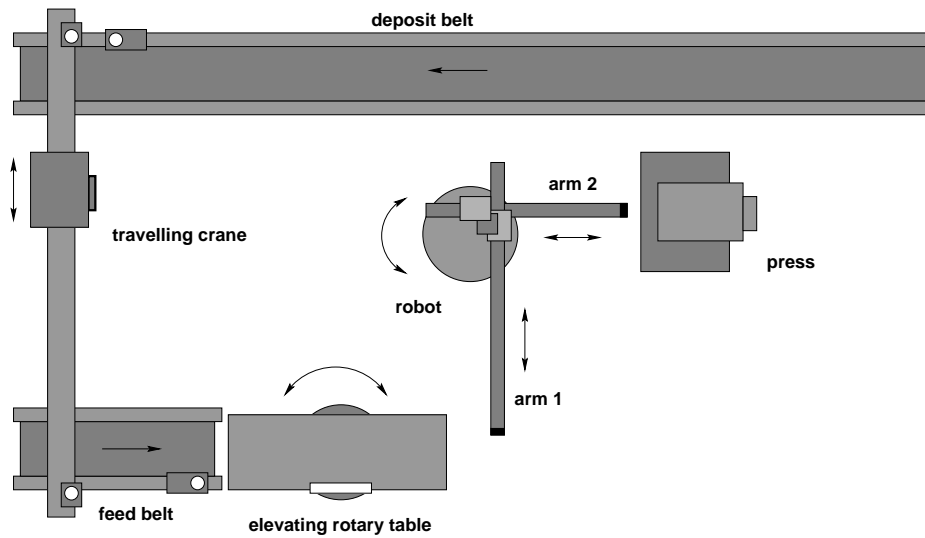


FIGURA 5.2 - Célula de Produção.

### 5.3 Sistema PODOS

O projeto PODOS (PODOS - Distance Measurement Device) [NAL 98] visa criar um dispositivo portátil capaz de medir a distância percorrida por uma pessoa seja caminhando ou correndo. Pretende-se fornecer um equipamento de auxílio à avaliação biomédica e ao controle das atividades físicas de uma pessoa.

O sistema é composto por um dispositivo que é colocado no tênis e que se comunica com um *display* e um teclado localizados no pulso da pessoa. Também existem opções de entrada de idade, peso e altura bem como para aquisição de batimentos cardíacos.

Os conceitos envolvidos neste projeto são relativamente simples, porém para se obter uma boa precisão é necessário levar em conta diversas variáveis, como por exemplo peso, altura e padrão de caminhada de cada indivíduo. Neste trabalho o sistema PODOS foi considerado de maneira ideal, ou seja, sem considerar estas variáveis, já que estudos para elaboração dos algoritmos que compensam estas variações estão atualmente em andamento.

O método para obter a distância percorrida é baseado fundamentalmente no cálculo da integral dupla da aceleração imprimida pela pessoa durante o seu movimento. A aceleração é captada por sensores (acelerômetros) fixos no tênis da pessoa e os dados obtidos são processados para acumular o valor da distância percorrida. O cálculo da distância percorrida é através das seguintes equações:

$$V = \frac{\sqrt{a_v^2 + a_h^2}}{2}$$

$$D = \frac{V_i + V_{i-1}}{2}$$