

1.1 Introdução aos Sistemas de Controlo

Os sistemas de controlo automático desempenham um papel de extrema importância nos dias de hoje. Eles são um componente essencial em qualquer sociedade industrial, sendo necessários para a produção de bens necessários para uma população cada vez maior.

Um dos aspectos mais importantes da teoria de controlo consiste na sua igual aplicabilidade a problemas dos mais diversos ramos de conhecimento. Esta teoria não se limita a uma única disciplina, mas é igualmente aplicável às engenharias electrotécnica, aeronáutica, química, mecânica, do ambiente e civil. Mais recentemente, tem vindo a ser aplicada a sistemas económicos e políticos.

Considere um forno como aquelas que se encontram na maioria dos lares. Estes equipamentos dispõem de um potenciômetro que permite regular a temperatura, isto é, manter o forno mais ou menos quente. A regulação do potenciômetro, que regula a potência do aquecimento, representa a *variável de entrada*, e a temperatura do forno a *variável de saída*. Se a temperatura a que está realmente o forno não for medida por um sensor de temperatura, não temos maneira de a saída influenciar a quantidade de entrada. O sistema de aquecimento do forno (excluindo o temporizador) representa o *sistema a controlar*.

Esquematicamente, este sistema pode ser representado por:

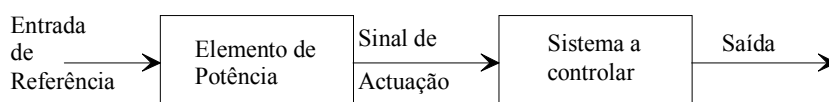


FIGURE 1.1 - Sistema em malha aberta

Os sistemas em que a saída não afecta a entrada do sistema a controlar (em inglês, *plant*) são chamadas de *sistemas em malha aberta* (*open-loop systems*). A temperatura desejada é a *entrada de referência*, a determinação da potência é realizado pelo bloco do *elemento de potência*, cuja saída é denotada por *signal de actuação*. Esta entrada é finalmente aplicada ao sistema a controlar.

Normalmente os fornos dispõem de um (ou mais) sensor(es) de temperatura. O papel deste sensor é então o de modificar a entrada com os resultados obtidos na saída do sistema, isto é, tem um papel de *realimentação* (*feedback*). Esta acção de realimentação controla desta maneira a entrada do sistema a controlar. Sistemas nos quais a saída tem um efeito na entrada da plant são chamados de *sistemas em malha fechada* (*closed-loop systems*).

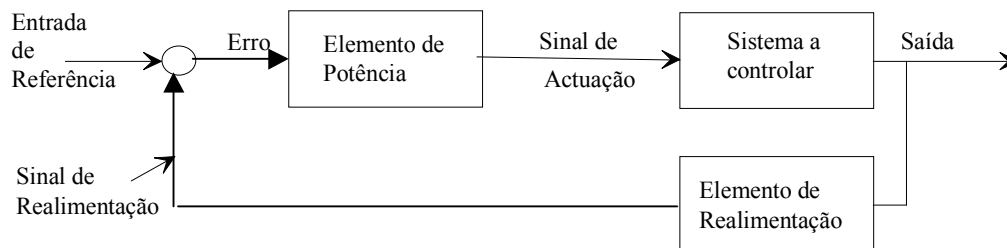


FIGURE 1.2 - Sistema em malha fechada

Um sistema de aquecimento de uma sala constitui um exemplo de um sistema realimentado ou em malha fechada. O utilizador selecciona a temperatura desejada da sala, ajustando, por exemplo, a referência de temperatura de um termostato. Não entrando em detalhes sobre como o sistema funciona (há-os de vários tipos), quando a temperatura da sala está abaixo da temperatura de referência, o sistema directamente responsável pelo aquecimento do ar (a *plant*) funciona; caso contrário, não funciona.

Na maior parte dos casos práticos, torna-se necessário controlar o sistema na presença de ruídos perturbadores, gerados interna ou externamente ao sistema, razão pela qual os diagramas das fig. 1.1 e fig. 1.2 não se encontram completos.

Os sistemas descritos até agora são sistemas com uma única entrada e com uma única saída, denominados sistemas *SISO* (*single-input, single-output*). Genericamente, teremos sistemas com várias entradas e várias saídas. Estes sistemas são chamados de sistemas *MIMO* (*multiple-input, multiple-output*).

Genericamente, podemos representar um sistema MIMO, em que se introduzem perturbações, pelo seguinte diagrama esquemático:

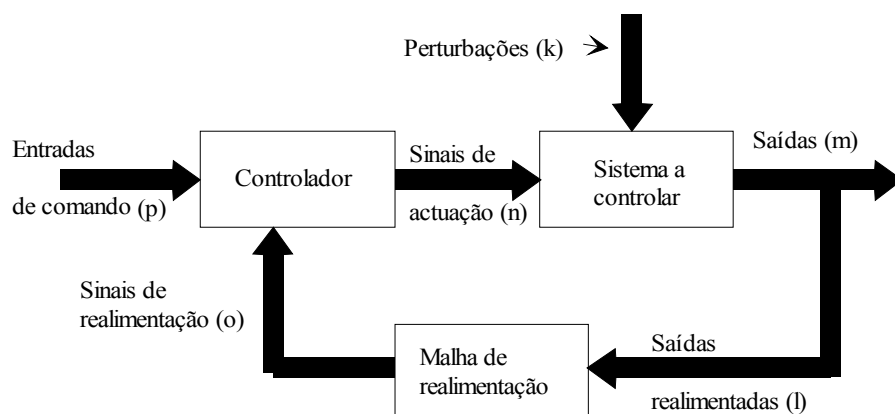


FIGURE 1.3 - Diagrama geral de um sistema de controlo

No caso da fig. 1.3, o controlador pode variar desde um simples equipamento que compara o sinal de entrada com o sinal de realimentação, até ao caso de um ou vários computadores que controlam um sistema multidimensional.

1.2 Definições

É conveniente introduzir nesta fase algumas definições:

- **Sistema** - um conjunto de componentes que interactivam entre si de modo a realizar uma determinada função, que não é possível de ser realizada com qualquer uma das suas partes individuais. Note que esta definição é tanto válida para a plant como para o sistema total.
- **Entrada de referência** - O sinal de entrada do sistema total, que é independente da saída.
- **Sinal de actuação** - O sinal que é aplicado directamente à plant. No caso de sistemas realimentados, coincide com a saída do controlador.
- **Saída** - A saída do sistema que se pretende controlar.
- **Perturbações de entrada** - Sinais (não desejados) que têm um efeito não pretendido na saída do sistema
- **Sinais de realimentação** - Sinais que são função das saídas do sistema, que são utilizadas para comparar as saídas obtidas com as entradas de comando.
- **Sistema em malha aberta** - É um sistema em que a saída não influencia o desempenho do sistema
- **Sistema em malha fechada** - Aquele em que as saídas têm efeito nos sinais de actuação.

1.3 Projecto, modelagem e análise

Antes de um sistema ser construído, ele tem de ser projectado, modelado e analisado. A análise de um sistema desempenha um papel fundamental mesmo no processo de projecto. Geralmente inicia-se o projecto de um sistema através da sua concepção mental. De seguida criamos um modelo matemático para o sistema, que é analisado. Os resultados desta análise são comparados com as especificações para o sistema a construir. Nesta fase de análise, os testes normalmente aplicados visam a conhecer a resposta transitória, a resposta em regime estacionário e a estabilidade. O peso a atribuir a cada uma dessas especificações depende do sistema em causa. Essas especificações são muitas vezes contraditórias (por exemplo uma resposta mais rápida pode traduzir-se em menor estabilidade), o que implica que a solução final é sempre de compromisso.

É também importante lembrarmo-nos que os sistemas reais são sempre não-lineares; contudo muitos sistemas podem considerar-se lineares dentro de uma determinada gama de funcionamento, o que permite utilizar as propriedades de linearidade e o uso da transformada de Laplace.

Os sistemas são normalmente representados por equações diferenciais de ordem elevada às quais se aplica o cálculo operacional. Esta técnica é usada quando tratamos de sistemas SISO, dado que, quando os sistemas se tornam mais complexos, é conveniente representar o sistema por um conjunto de equações diferenciais de 1ª ordem. Esta aproximação é conhecida por *espaço de estados*, e é extremamente conveniente para tratamento computacional.

Qualquer que seja a técnica usada para projectarmos e analisarmos um sistema, devemos sempre progredir ao longo dos seguintes passos:

1. Enunciar as especificações do sistema a serem satisfeitas e postular o sistema;
2. Gerar um diagrama de blocos funcional e obter a representação matemática do sistema;
3. Analisar o sistema utilizando os métodos disponíveis;
4. Verificar se o sistema satisfaz as especificações;
5. Optimizar os parâmetros de modo a que elas sejam satisfeitas.