

INTRODUÇÃO AOS SISTEMAS DE CONTROLE

(Cap. 1 do Dorf & Bishop)

1.1 INTRODUÇÃO

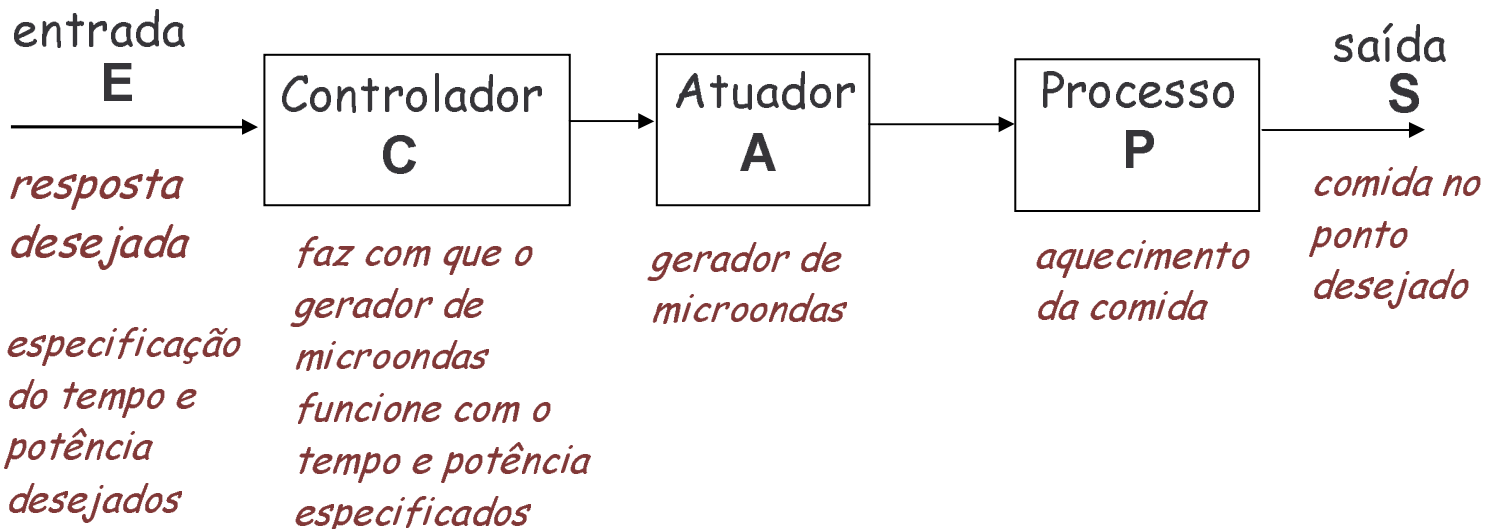
Exemplo de um sistema de controle em malha aberta:

Forno de microondas

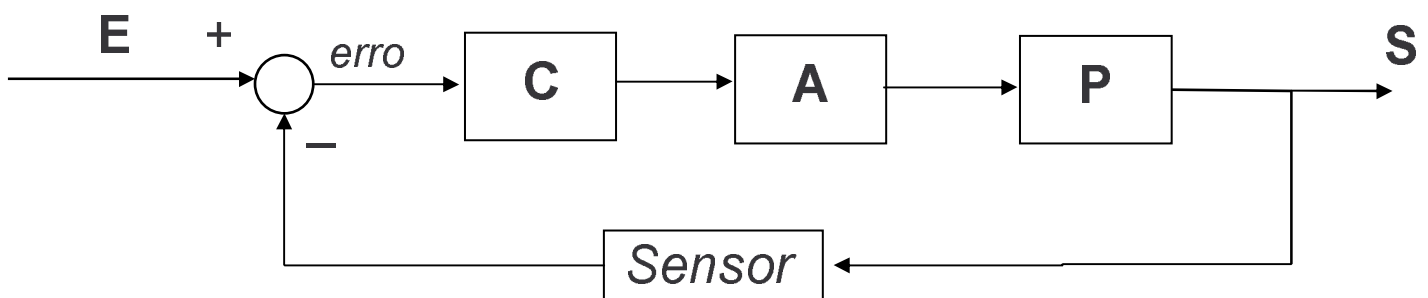
em malha fechada (com realimentação) :
(retroação)

Pessoa dirigindo um automóvel

Um diagrama de blocos para o forno de microondas:



Um diagrama de blocos para o motorista:



E : Especificação da rota desejada

C : Sinal do cérebro do motorista para que seus músculos controlem a direção

A : Ação do motorista sobre a direção do veículo

P : Colocar o automóvel na direção desejada através da orientação das rodas

Sensor : Vista do motorista, que envia a rota do carro ao cérebro

Erro : diferença entre a rota desejada e a rota atual
(produzido por realimentação negativa)

(note que são possíveis várias versões para o diagrama de blocos, dependendo do detalhe desejado, das possibilidades de projeto e da habilidade e conhecimento do projetista)

- 👉 Em malha aberta, o controlador transforma o sinal de controle em um sinal para o atuador agir sobre o processo;
- 👉 Em malha fechada, o controlador fornece o sinal para o atuador a partir do sinal de erro. Na maioria dos casos, erro zero significa sinal zero para o atuador.

USAR OU NÃO A RETROAÇÃO ?

MALHA ABERTA:

- controle simples e barato, mas não há garantia sobre a qualidade da resposta em tempo real.
- muito suscetível a pequenas variações nas características dos componentes (desgaste com o tempo, condições ambientais, etc.)

MALHA FECHADA:

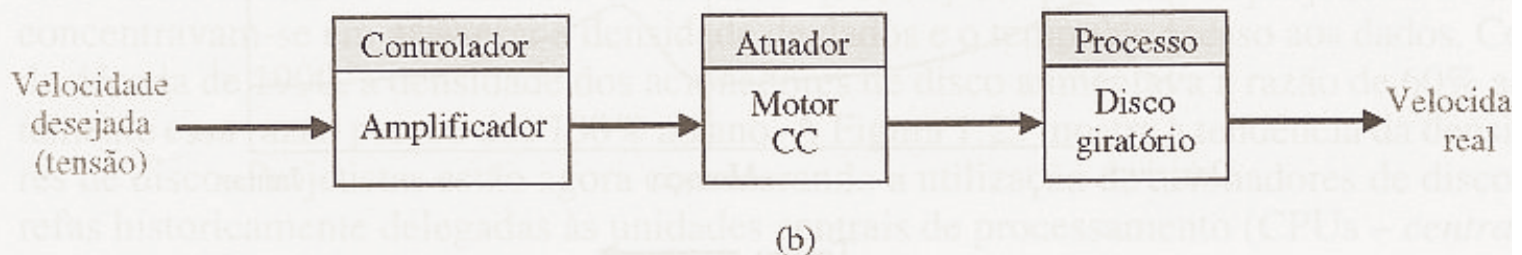
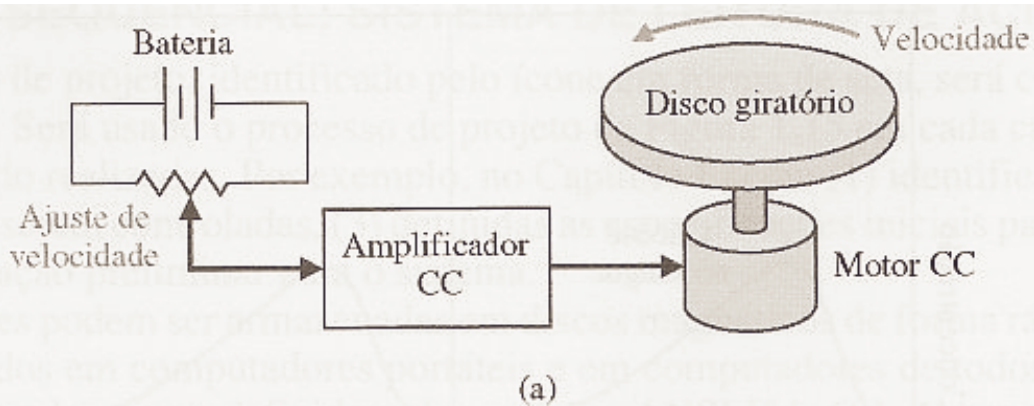
- possibilidade de controle total sobre a resposta em tempo real
- pouco suscetível a (pequenas ?) variações nas características dos componentes
- é mais caro e pode apresentar instabilidades

A instabilidade, em malha aberta, é causada por defeito em algum componente.

Em malha fechada, o controle pode ser instável mesmo quando todos os componentes funcionam perfeitamente.

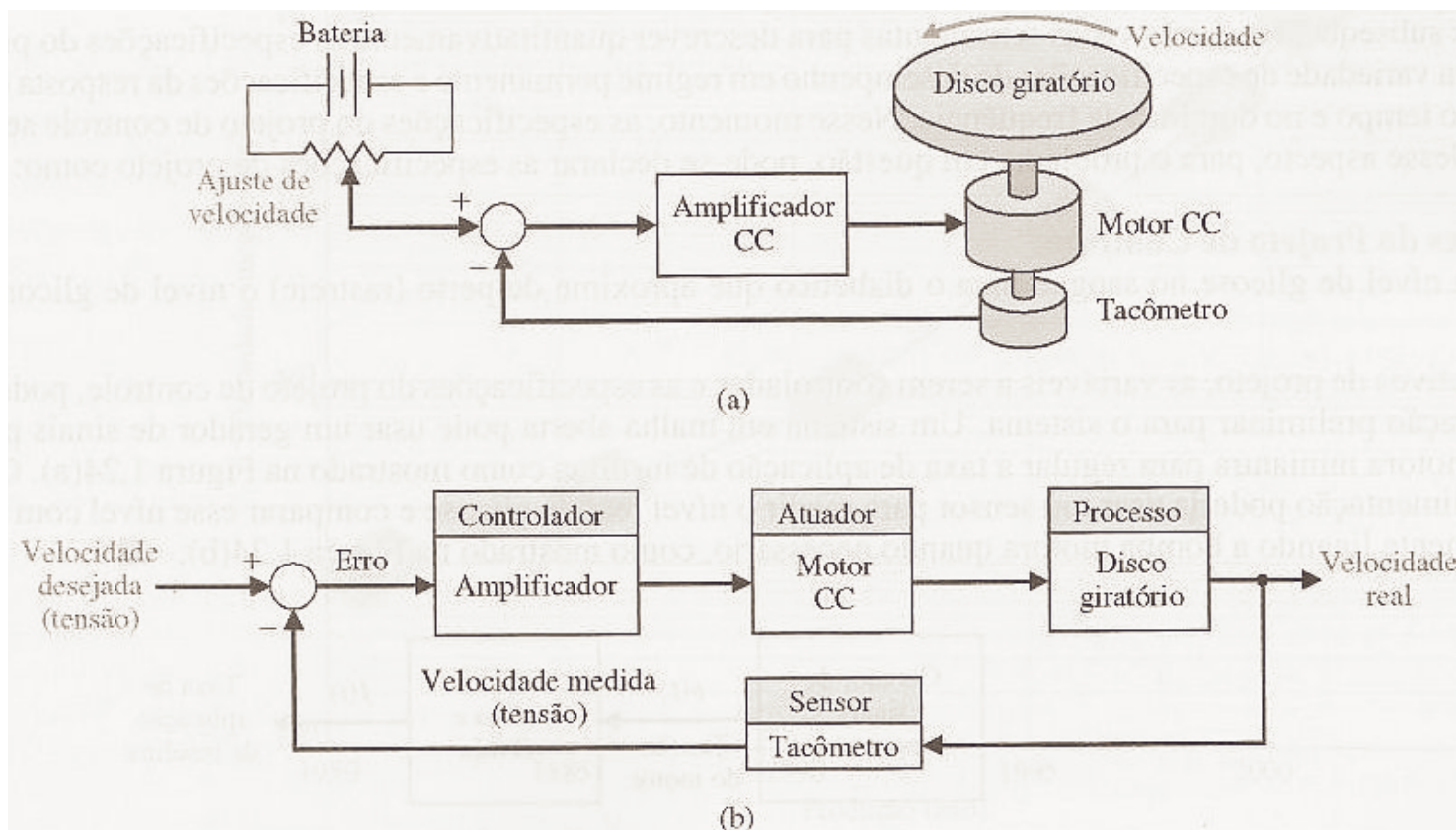
EXEMPLOS de uso comum de malha aberta:

- liquidificador de cozinha
- jogo de tiro ao alvo
- controle de velocidade em prato giratório



EXEMPLOS da necessidade de uso de malha fechada:

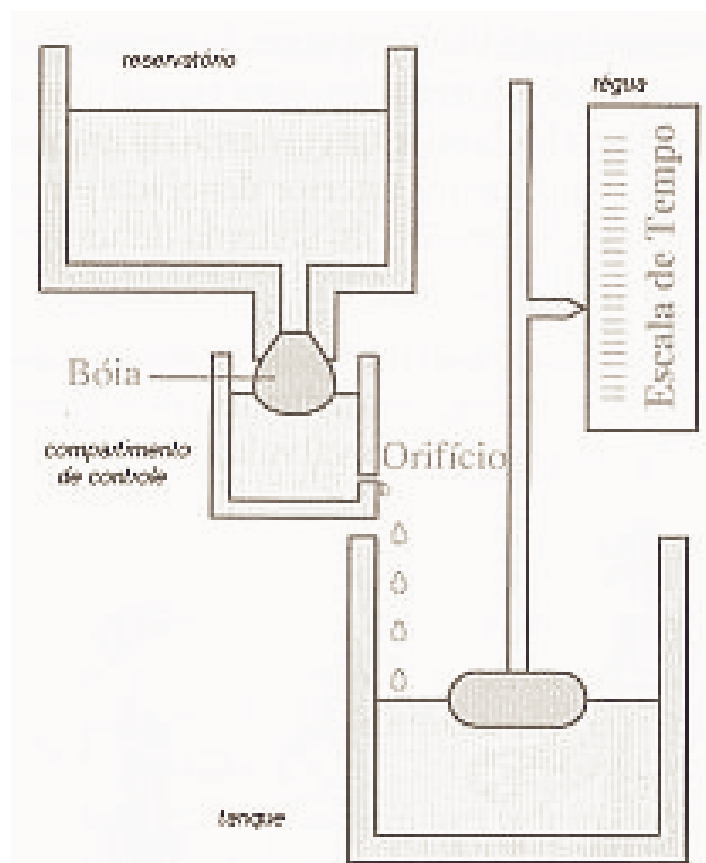
- míssil térmico
- etiquetagem automática em série
- controle de velocidade em prato giratório



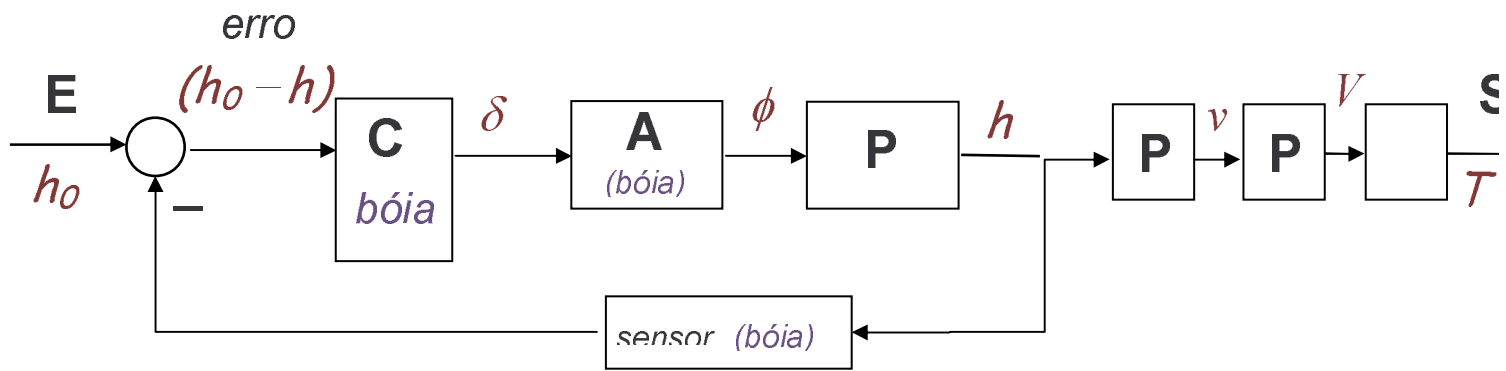
1.2 BREVE HISTÓRIA DO CONTROLE AUTOMÁTICO

Exemplo da Grécia A.C.:
relógio de água de Klesibios

(problema 1.11 do Dorf & Bishop)



Um diagrama de blocos do relógio de água poderia ser como segue:



h_0 = nível de referência no compartimento de controle

δ = espaço de escoamento de água do reservatório para o comp. de controle

ϕ = fluxo de água do reservatório para o compartimento de controle

h = nível de água no compartimento de controle

v = velocidade de gotejamento

V = velocidade de subida do flutuador da régua

T = marcação da régua

OUTROS EXEMPLOS HISTÓRICOS INTERESSANTES

Papin (1647 – 1712) : regulador de pressão para caldeiras (semelhante à válvula de panelas de pressão)

James Watt, 1769 : regulador de esferas para controle de velocidade em máquinas a vapor

Polzunov, 1765 (russo): regulador de nível de água em caldeiras

Black, 1927, na Bell Labs : amplificadores lineares para telefonia (uso da realimentação negativa na eletrônica)

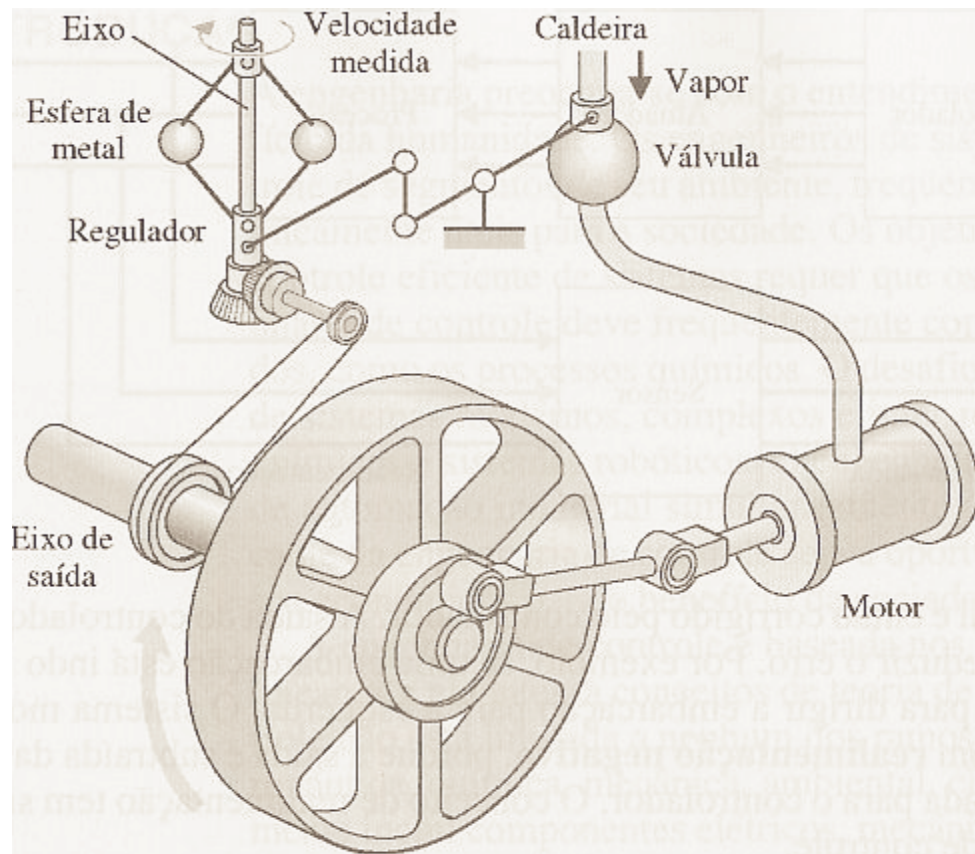


FIGURA 1.5 Regulador de esferas de Watt.

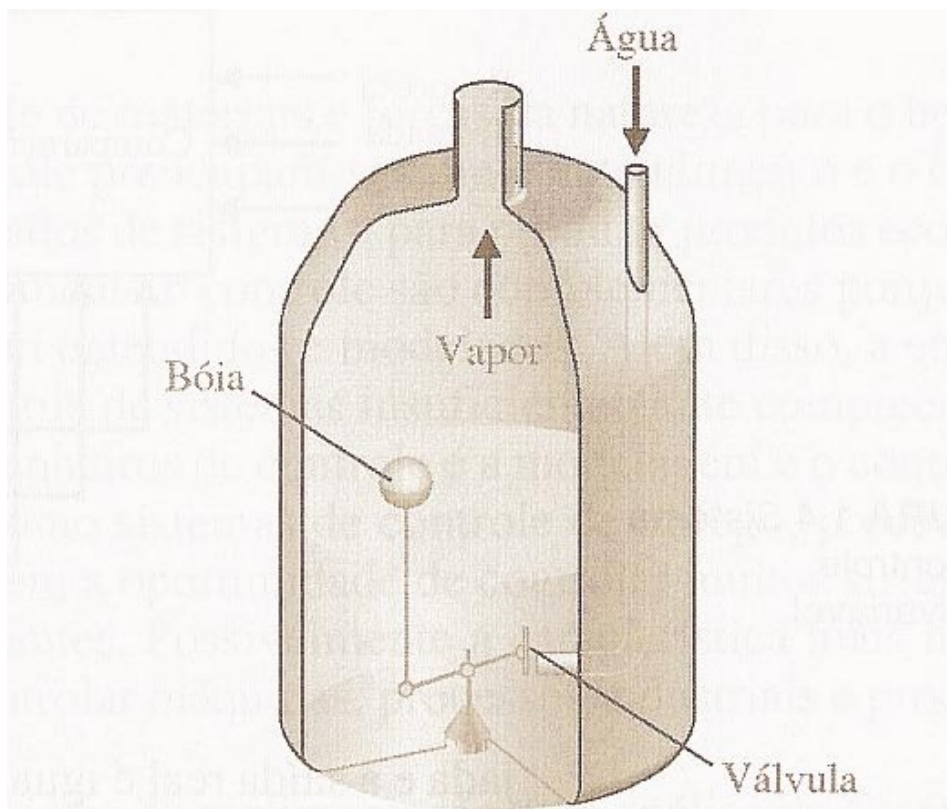
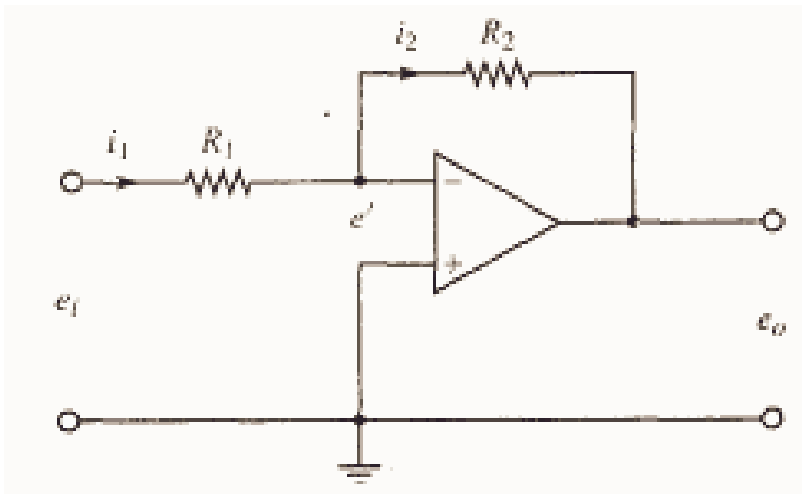


FIGURA 1.6 Regulador de bóia de nível de água.



Se o ganho em malha aberta é muito grande, então o ganho em malha fechada é R_2/R_1

A década de 1940: 2ª guerra mundial: marcou a transição de projetos de controle artesanais para as técnicas de projeto modernas, que usam modelos físico-matemáticos.

1950 – 1980 : A era da abordagem o domínio da frequência (Laplace)

1980 em diante :

- computadores
- engenharia espacial

A era do controle ótimo e robusto.

Importância crescente das técnicas no domínio do tempo (equações diferenciais e variáveis de estado)

ALGUNS DOS DESAFIOS ATUAIS

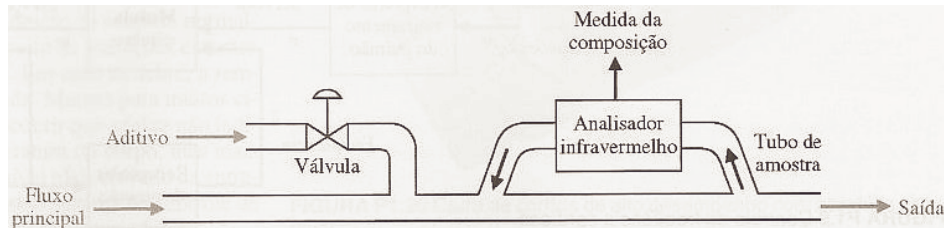
- automação de sistemas de captação de energia, notadamente solares e eólicos;
- biomedicina e prótese: imitação dos sistemas de controle biológicos (uma hierarquia de sistemas de controle em malha fechada)
- modelos de controle com retroalimentação para os fenômenos sociais, políticos e econômicos;
- VANT's : veículos aéreos não tripulados

EXERCÍCIOS

1. Forneça três exemplos de aparelhos que usam controle de malha aberta, e de outros três que usam controle em malha fechada.

2. (Dorf & Bishop)

P1.3 Em um sistema de controle de processo químico, é importante controlar a composição química do produto. Para isso, uma medida da composição pode ser obtida usando-se um analisador de fluxo infravermelho, como mostrado na Figura P1.3. A válvula no fluxo aditivo pode ser controlada. Complete a malha de controle com realimentação e esboce um diagrama de blocos descrevendo a operação da malha de controle.



3. (Dorf & Bishop)

P1.4 O controle exato de um reator nuclear é importante para geradores de sistemas de energia. Admitindo-se que o número de nêutrons presentes é proporcional ao nível de energia, uma câmara de ionização é usada para medir o nível de energia. A corrente i_0 é proporcional ao nível de energia. A posição das barras de controle de grafite modera o nível de energia. Complete o sistema de controle do reator nuclear mostrado na Figura P1.4 e esboce o diagrama de blocos descrevendo a operação da malha de controle com realimentação.

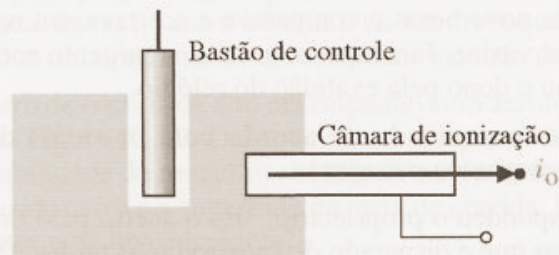


FIGURA P1.4 Controle de reator nuclear.

4. (Dorf & Bishop)

P1.5 Um sistema de controle seguidor de luz, usado para rastrear o sol, é mostrado na Figura P1.5. O eixo de saída, direcionado por um motor através de uma engrenagem redutora helicoidal, tem um suporte no qual são montadas duas fotocélulas. Complete o sistema em malha fechada de modo que o sistema siga a fonte de luz.

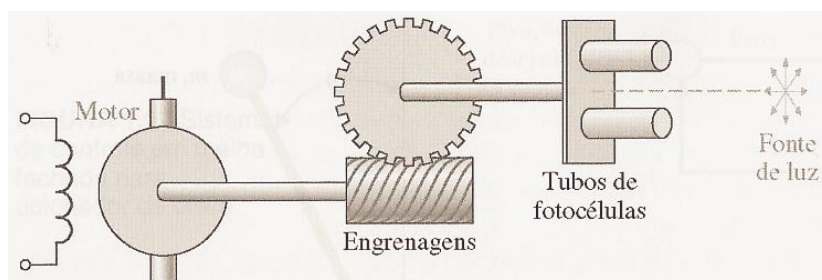


FIGURA P1.5 Uma fotocélula é montada em cada tubo. A luz incidindo em cada célula é a mesma nas duas apenas quando a fonte de luz está exatamente no centro, como mostrado.

5. (Dorf & Bishop)

P1.12 Um mecanismo de direcionamento automático para moinhos de vento foi inventado por Meikle por volta de 1750 [1, 11]. A engrenagem das pás da cauda mostrada na Figura P1.12 gira o moinho automaticamente na direção do vento. As pás da traseira do moinho, em ângulo reto com as pás principais, são usadas para girar a torre. A razão entre as engrenagens é da ordem de 3000 para 1. Discuta a operação do moinho de vento e estabeleça a operação de realimentação que mantém as pás principais na direção do vento.

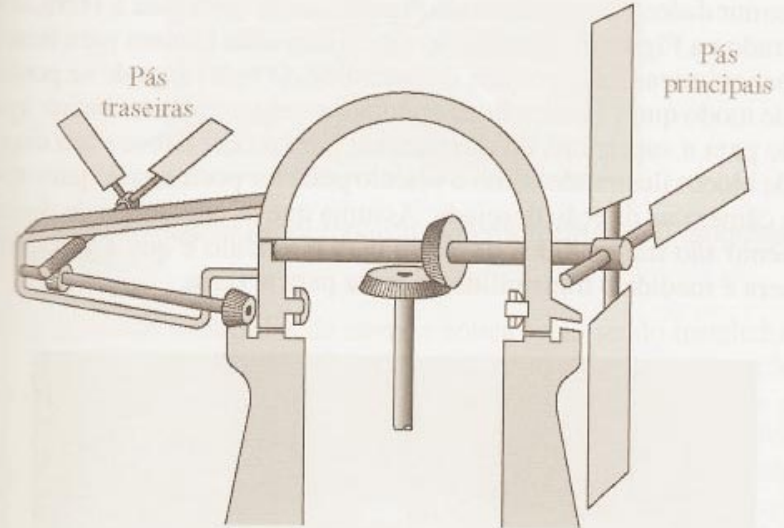


FIGURA P1.12 Mecanismo de direcionamento automático para moinhos. (De Newton, Gould e Kaiser, *Analytical Design of Linear Feedback Controls*. Wiley, Nova York, 1957, com autorização.)

6. (Dorf & Bishop)

P1.18 Uma vista em corte de um regulador de pressão comumente utilizado é mostrada na Figura P1.18. A pressão desejada é ajustada girando-se um parafuso calibrado. Ele comprime a mola e aumenta a força que se opõe ao movimento para cima do diafragma. A parte inferior do diafragma é exposta à pressão da água que deve ser controlada. Desse modo, o movimento do diafragma é uma indicação da diferença de pressão entre a pressão desejada e a real. Ele age como um comparador. A válvula é conectada ao diafragma e se move de acordo com a diferença de pressão até que atinja uma posição na qual a diferença seja zero. Esboce um diagrama de blocos mostrando o sistema de controle com a pressão de saída como a variável regulada.

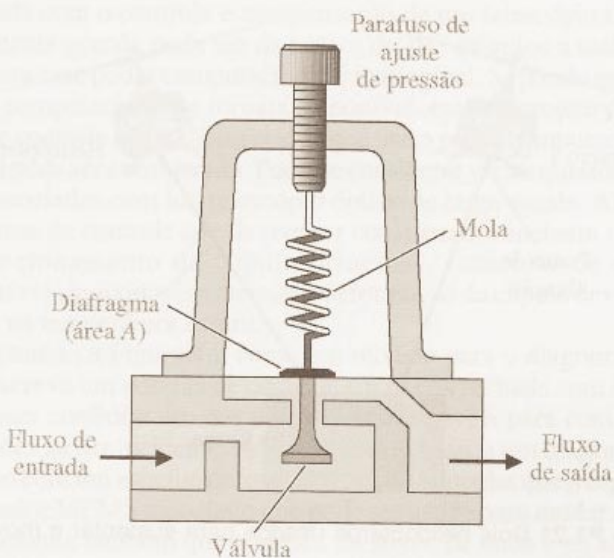


FIGURA P1.18 Regulador de pressão.