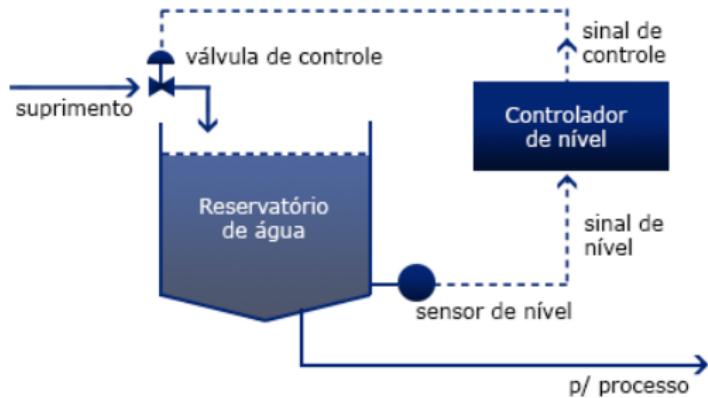


Sistemas Embarcados (C213)

Prof. Samuel Baraldi Mafra



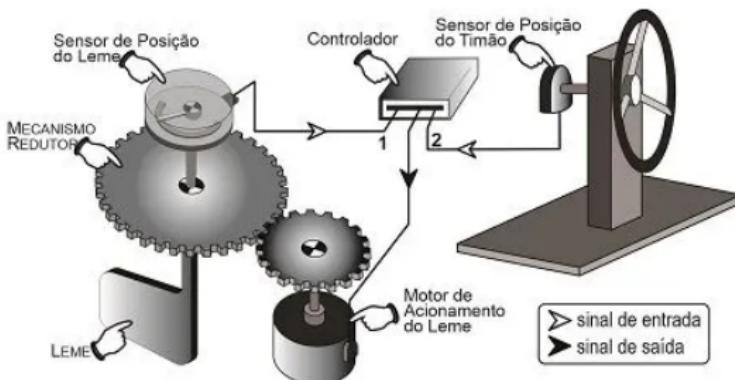
Introdução aos Sistemas de Controle



Qual a diferença entre este dois sistemas?
Furacão Avião



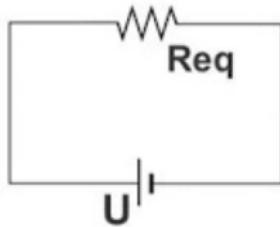
- Controlar um sistema físico é fazer com que uma ou mais variáveis do sistema assumam um valor desejado, ou sigam uma trajetória de referência.



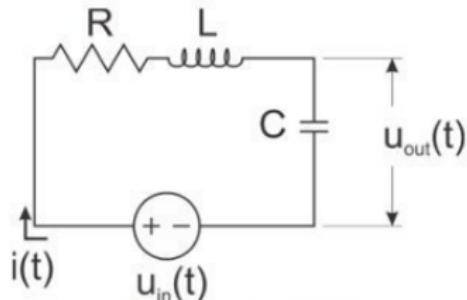
Understanding Control System

<https://www.youtube.com/watch?v=2BwUMk10WqI>

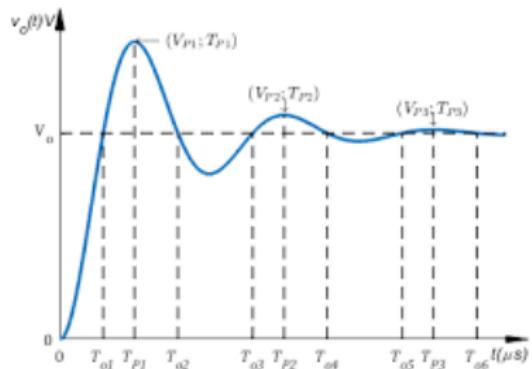
- Sistemas Estáticos x Sistemas dinâmicos;
 - Sistemas Estáticos ou Instantâneos são sistemas que respondem instantaneamente a uma excitação (Sistema de Memória Nula);



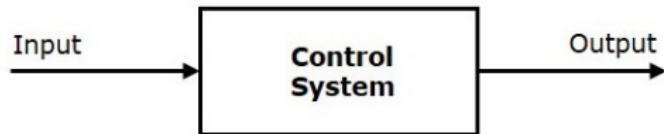
- Sistemas Estáticos x Sistemas dinâmicos;
 - Sistemas Dinâmicos são sistemas que possuem memória, ou seja, seu comportamento depende de condições iniciais e varia em função do tempo.



Fonte: elaborado pelo autor



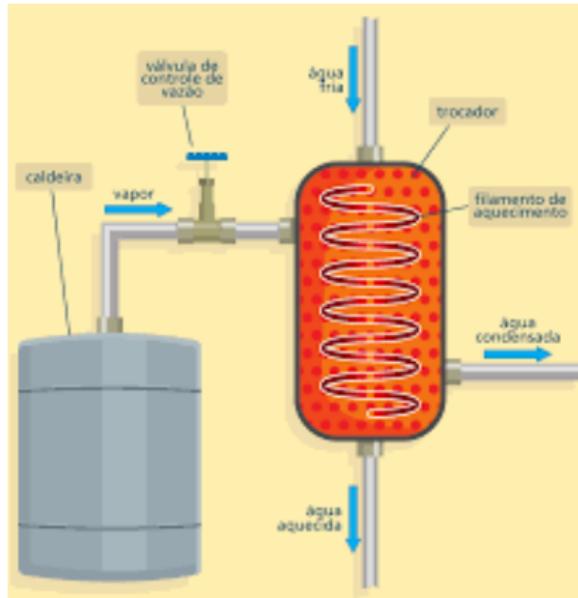
- Um sistema de Controle é uma interconexão de componentes formando uma configuração de sistema, que proporcionará uma resposta desejada em um sistema dinâmico (Dorf 2013)
- Um processo a ser controlado pode ser representado por um bloco
- A relação entrada saída deste bloco representa a relação causa efeito do processo (Dorf 2013)



Composição de um Sistema de Controle

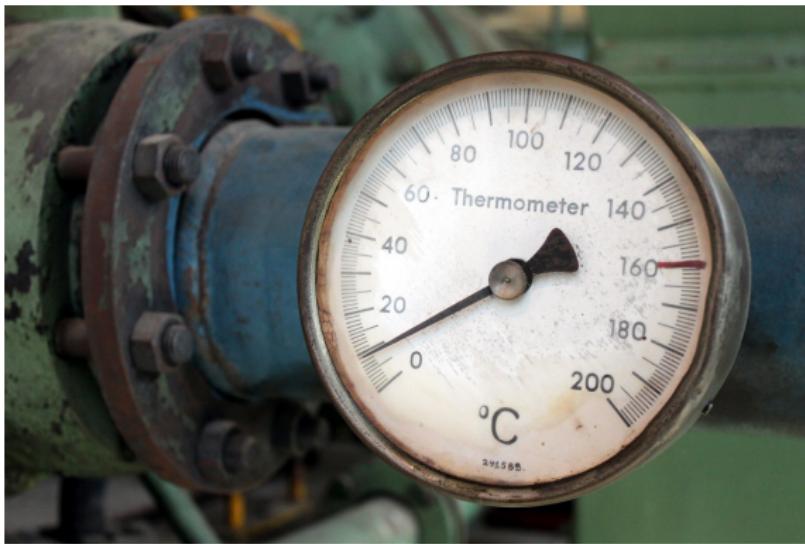
- Processo é o sistema físico que se deseja controlar.

Controle de temperatura de processo industrial



- Variável Controlada (ou Saída) é a variável do processo físico que deverá ser forçada a um valor fixo ou a seguir uma trajetória de referência.

Temperatura da água



- Variável Manipulada (ou Entrada) é a variável através da qual o sistema de controle atua sobre a planta visando forçar a variável controlada a seguir o sinal de referência.

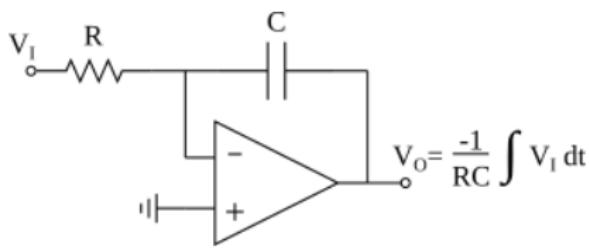
Exemplo: A pressão do gás.

- Atuador é o dispositivo que recebe um sinal de controle (geralmente uma tensão ou corrente elétrica) e atua fisicamente no processo, modificando sua entrada (variável manipulada).

Exemplo: Válvula de controle

- Controlador (ou Compensador) é o dispositivo que recebe o sinal de referência a ser seguido e emite o sinal de controle para o atuador, com o objetivo de forçar que a saída do processo siga o sinal de referência recebido

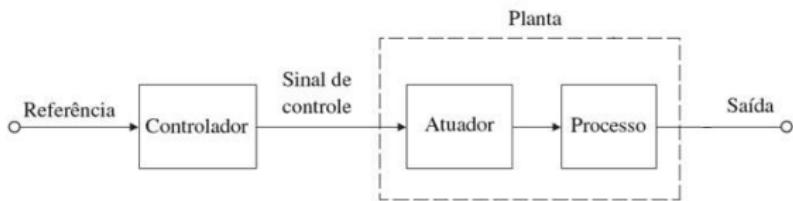
Analógico



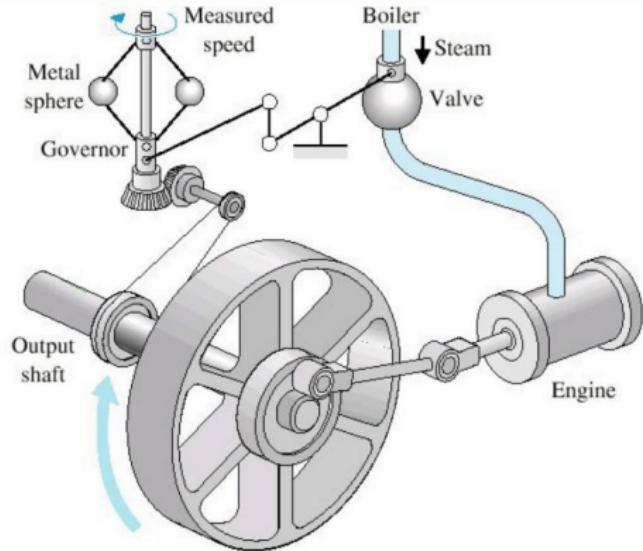
Digital



Planta é o conjunto: Atuador + Processo.



- Perturbação (ou Distúrbio) é todo tipo de interferência externa inevitável que afeta a variável que se deseja controlar.
- Exemplo: Abertura de um forno cuja temperatura está sendo controlada.



Regulador centrífugo de Watt

(Figura de Dorf & Bishop, *Modern Control Systems*, 9a Ed.)

Pontaria Automática de Canhão Antiaéreo (década de 1940 - segunda guerra mundial)

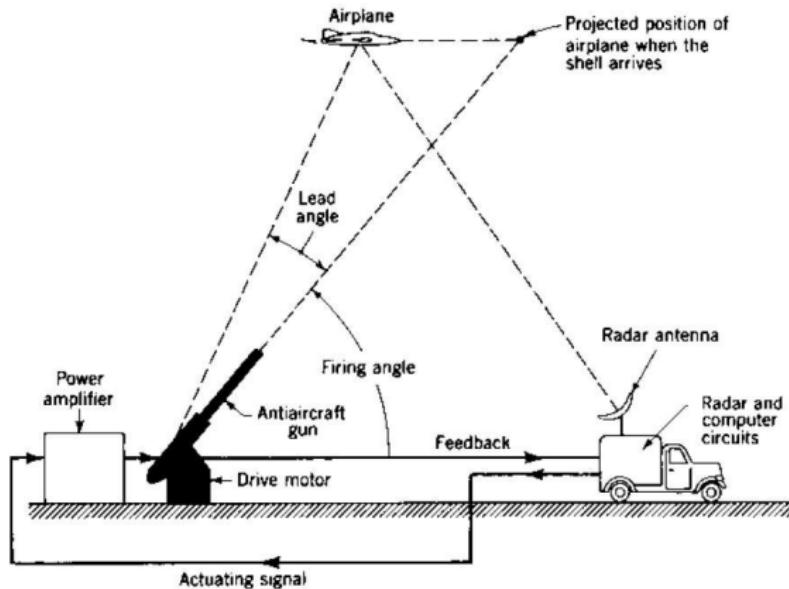
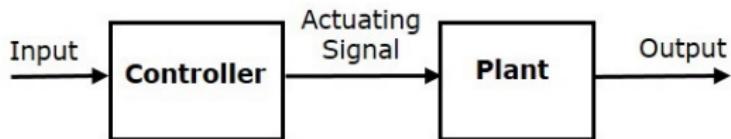


FIGURE 1.12 Antiaircraft radar-tracking control systems.

Classificação dos Sistemas de Controle:

- Sistema Regulador: a variável de saída deve manter um valor constante igual ou proporcional ao valor fixo aplicado na entrada. Exemplo: Regulador de Temperatura, Pressão, Velocidade ...
- Sistema Rastreador: as variáveis de saída devem seguir (acompanhar) as variáveis de entrada. Exemplo: Robô de solda, sistema de posicionamento, ...

- Malha Aberta: Um sistema de controle em Malha Aberta utiliza um dispositivo de atuação para controlar o processo diretamente sem usar realimentação

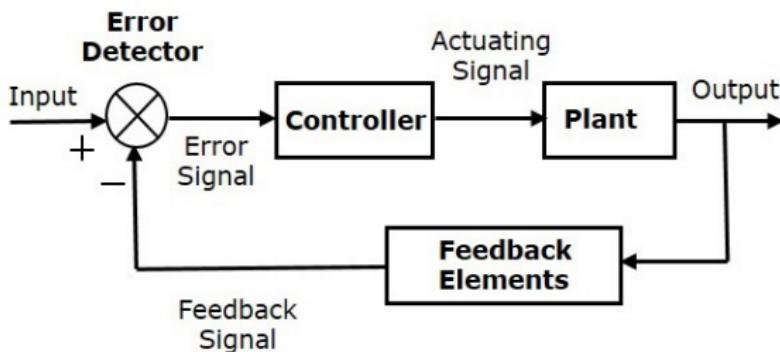


Temperatura do Forno de um fogão

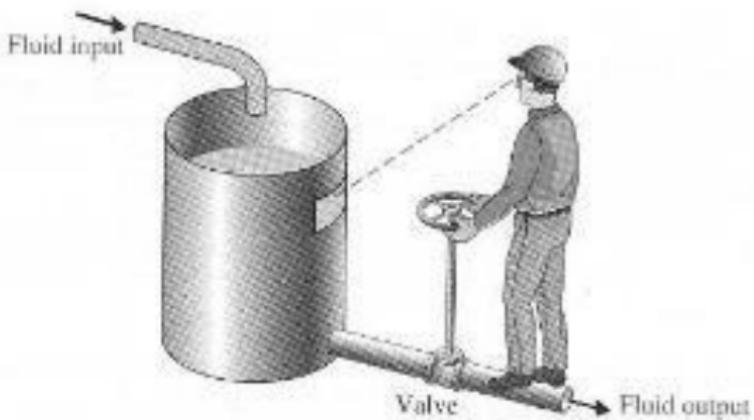


- Vantagens do Controle em Malha Aberta:
 - Simples construção e fácil manutenção, visto que não há sensores e todos os sinais de controle seguem uma temporização fixa pré-configurada.
 - Não há problemas com estabilidade, exceto quando o processo já é naturalmente instável (exemplo: fissão nuclear).
 - É uma solução conveniente quando é difícil (ou muito caro) se construir um sensor (exemplo: um sensor que verifique e indique que todas as roupas estão limpas seria bem difícil de ser construído).
- Desvantagens:
 - Alta sensibilidade a perturbações: pequenas perturbações no processo podem ocasionar valores diferentes dos desejados na saída do processo.
 - Alta sensibilidade a variação paramétrica: pequenas variações nos parâmetros do processo, atuadores ou sensores também podem ocasionar valores diferentes dos desejados na saída do processo — — > necessidade de calibração frequente

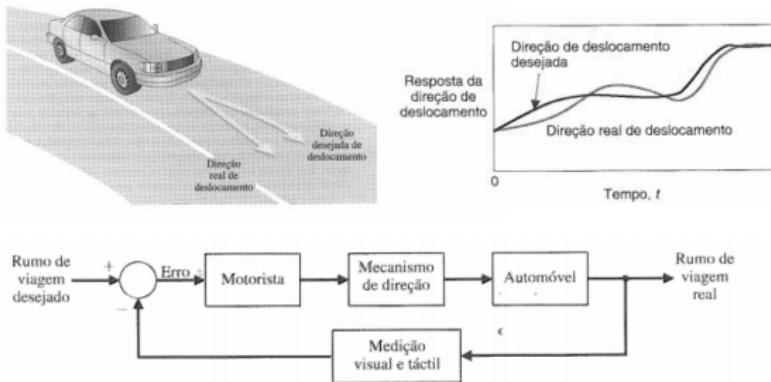
- Malha Fechada: Um sistema de controle de Malha fechada utiliza uma medida da saída e a realimentação desse sinal para compará-lo com a saída desejada (referência ou set point)



Controle de Nível Manual

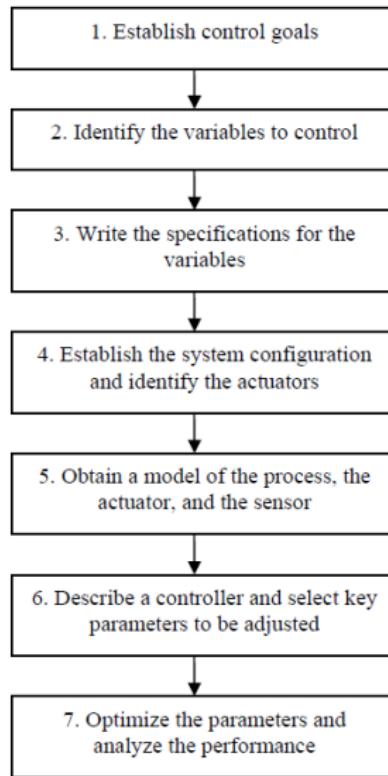


Controle de um automóvel

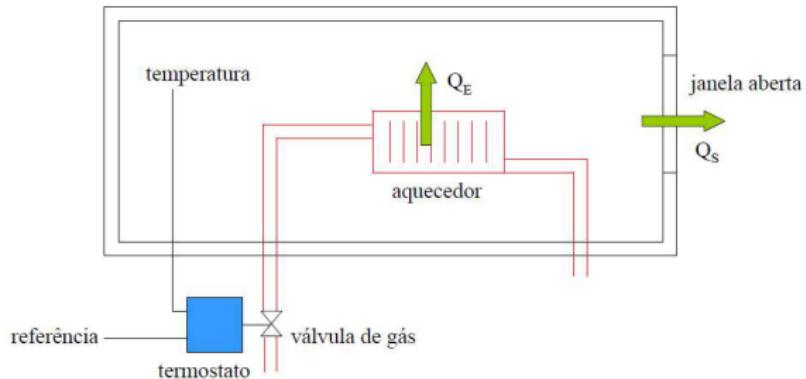


- Vantagens da malha fechada:
 - maior precisão;
 - rejeição do efeito de perturbações externas;
 - melhora do desempenho dinâmica do sistema (resposta mais rápida, amortecimento de oscilações, etc.)
 - menor sensibilidade a variações paramétricas no processo, nos sensores e nos atuadores (sistema mais robusto).
- Desvantagens:
 - maior custo
 - manutenção mais complexa (mais componentes para dar problema)
 - risco de instabilidade

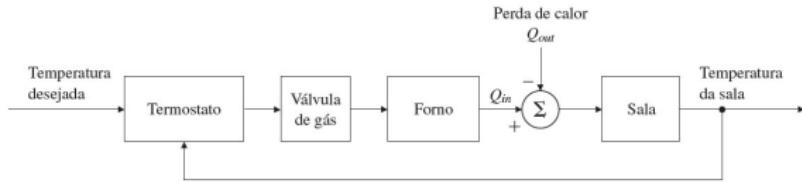
Etapas de um projeto de controle



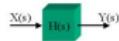
Controle de aquecimento de uma residência



Sistema de aquecimento

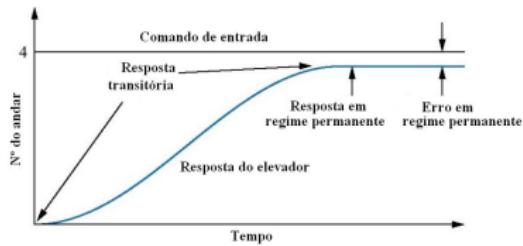


Elevador



Sistemas de Controle

Exemplo: Controle da posição de um elevador



Ball and Plate PID control with 6 DOF Stewart platform
https://www.youtube.com/watch?v=j40mVLc_oDw

Robotic Car, Closed Loop Control Example

<https://www.youtube.com/watch?v=LfydfvHyikM>